



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (21) 210-3122
Fax: (21) 220-1762/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2000,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MARÇO

2006

02:136.01.001/2

Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho

Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais

ABNT/CB 02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil

CE 02.136.01 - Desempenho de Edificações

Performance of up to five storied residential buildings - Part 2: Structure

Descriptors: Performance, residential building, structure

Verde Hexagrama / azul GT2 / vermelho pendências

Palavra(s)-chave: Desempenho, edifícios habitacionais, estrutura

24 páginas

Sumário

Prefácio

Introdução

- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições
- 4 Exigências dos usuários
- 5 Incumbência dos intervenientes
- 6 Avaliação do desempenho
- 7 Segurança estrutural
- 8 Segurança contra incêndio
- 9 Segurança no uso e operação
- 10 Estanqueidade
- 11 Conforto térmico
- 12 Conforto acústico
- 13 Conforto lumínico
- 14 Durabilidade e manutenibilidade
- 15 Saúde, higiene e qualidade do ar
- 16 Funcionalidade e acessibilidade
- 17 Conforto táctil e antropodinâmico
- 18 Adequação ambiental

Anexos

- A** Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto – Método de ensaio
- B** Modelagem matemática do comportamento conjunto para a deformação de trabalho – Método de ensaio
- C** Verificação de impactos de corpo mole – Método de ensaio
- D** Verificação de impactos de corpo mole – Método de ensaio
- E** Índice dos requisitos e critérios

Prefácio

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (ABNT/CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB ou ABNT/ONS, circulam para Consulta Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Os sistemas elétricos das edificações habitacionais fazem parte de um conjunto mais amplo de normas com base na ABNT NBR 5410 e, portanto, os requisitos de desempenho para esses sistemas não estão estabelecidos nesta Norma.

Esta Norma, sob o título geral de Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho, é constituída pelas seguintes partes:

Parte 1: Requisitos gerais

Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais

Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos

Parte 4: Requisitos para os sistemas de fachadas e paredes internas

Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas

Parte 6: Requisitos para os sistemas de hidrossanitárias

Os anexos A, B, e C têm caráter normativo e os anexos ????? são informativos.

0 INTRODUÇÃO

0.1 igual para todas as partes

0.2 Esta parte 2 trata do desempenho estrutural do edifício, de seus elementos e de seus componentes, que devem ser analisados do ponto de vista dos estados limites último e de utilização, pelo método semiprobabilístico de cálculo estrutural.

Devem ser consideradas a resistência mecânica dos materiais ou componentes e as solicitações características de acordo com as prescrições da presente Norma e das normas brasileiras NBR 8681 (Ações e Segurança nas Estruturas), NBR 6120 (Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações) e NBR 6123 (Forças Devidas ao Vento em Edificações), simulando-se através de modelos matemáticos e físicos as situações de ruína por esgotamento da capacidade de resistência dos materiais ou por instabilidade do equilíbrio.

O estado limite de serviço deve garantir a durabilidade e utilização normal da estrutura, limitando-se a formação de fissuras, a magnitude das deformações e a ocorrência de falhas localizadas que possam prejudicar os níveis de desempenho previstos para a própria estrutura e para os demais elementos e componentes que constituem a edificação, incluindo as instalações hidrossanitárias e demais sistemas prediais.

Adicionalmente, deve a estrutura garantir outros aspectos de desempenho que condigam com a sua inserção no meio habitacional, tais como segurança contra o fogo, estanqueidade, saúde e higiene, funcionalidade e sustentabilidade.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis à estrutura de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, a seus elementos e componentes, considerando-se os estados limites último e de serviço (utilização).

1.2 Os requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma podem ser aplicados para edifícios habitacionais ou sistemas, com mais de cinco pavimentos, excetuados aqueles que dependem diretamente da altura do edifício habitacional,

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A edição indicada estava em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita à revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usar a edição mais recente da norma citada a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

| | |
|--|---|
| NBR 5628/01 | Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo |
| NBR 5629/96 | Execução de tirantes ancorados no terreno |
| NBR 5674/99 | Manutenção de edificações – Procedimento |
| NBR 5987/80 | Tintas – preparo para utilização e técnicas de aplicação na pintura de estruturas, instalações e equipamentos industriais |
| NBR 6118/03 | Projeto de estruturas de concreto – Procedimento |
| NBR 6120/80 | Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento |
| NBR 6122/96 | Projeto e execução de fundações |
| NBR 6123/90 | Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento. |
| NBR 7190/97 | Projeto de estruturas de madeira – Procedimento |
| NBR 8681/03 | Ações e segurança nas estruturas - Procedimento |
| NBR 8800/86 | Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites – Procedimento |
| NBR 9062/01 | Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento |
| NBR 9575/03 | Impermeabilização – Seleção e projeto |
| NBR-10837/89 | Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento |
| NBR 10844/89 | Instalações prediais de águas pluviais |
| NBR 11297/88 | Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço-carbono zincado |
| NBR 11682/91 | Estabilidade de taludes |
| NBR 11702/92 | Tintas para edificações não industriais |
| NBR 13245/95 | Execução de pinturas em edificações não industriais |
| NBR 13532/95 | Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura – Procedimento |
| NBR 14037/98 | Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação |
| NBR 14125/03 | Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Revestimento orgânico para fins arquitetônicos - Pintura |
| NBR 14718/ 01 | Guarda-corpos para edificação |
| NBR 14762/01 | Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento |
| Projeto 02:136.01.001/1:2006 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1:Requisitos gerais | |
| Projeto 02:136.01.001/3:2006 - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos | |
| Projeto 02:136.01.001/4:2006 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Requisitos para as vedações verticais internas e externas. | |
| Projeto 02:136.01.001/5:2006 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas | |

Projeto 02:136.01.001/6:2005 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

3 Definições

Para os efeitos da presente norma aplicam-se as definições apresentadas nos projetos 02:136.01.001/1, e na norma NBR 8681 e as definições a seguir indicadas.

3.1 Integridade estrutural

Capacidade da estrutura de evitar o colapso progressivo da mesma na ocorrência de danificações localizadas.

3.2 Ruína

Característica do estado limite último, seja ou por ruptura, ou perda de estabilidade ou deformação excessiva.

3.3 Falha

Ocorrência que compromete o estado de utilização do elemento, por fissuração, deslocamentos acima de limites aceitáveis, avarias no elemento, nas interfaces com outros elementos ou em outros elementos etc.

3.4 Deformação

Varição da distância entre pontos de um corpo submetido a uma determinada tensão, com modificação de sua forma e volume primitivos.

3.5 Deslocamento

Afastamento entre a elástica e o eixo original de uma barra (ou plano original de uma placa) submetida a um carregamento estático ou dinâmico.

3.6 Flecha

Máximo afastamento entre a elástica e a posição primitiva de uma barra ou de uma placa submetida à flexão.

3.7 Fissura de componente estrutural

Seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante).

3.13. Estado inaceitável de fissuração

Ocorrência de fissura isolada ou fissuras múltiplas, ativas ou passivas, que repercutam em não atendimento a qualquer um dos critérios que constituem o presente conjunto normativo (Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1 a 6).

3.14. Trinca

Expressão coloquial que denota uma fissura com abertura maior ou igual a 0,6 mm.

3.15 Mossa

Vestígio de pancada ou pressão

4 Exigências do usuário

Ver projeto 02:136.01-001/1.

5 Incumbência dos intervenientes

Ver projeto 02:136.01-001/1.

6 Avaliação do desempenho

Ver projeto 02:136.01-001/1.

7 Segurança estrutural

7.1 Requisitos gerais para o edifício habitacional

Atender durante a sua vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição, (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento etc), aos seguintes requisitos gerais:

- a) não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b) garantir a segurança dos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal do edifício, previsíveis na época do seu projeto;
- c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos do edifício, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;
- d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação, nem dos acabamentos, nem prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações etc. em face das deformações dos elementos estruturais;
- e) cumprir as disposições das normas NBR 5629, NBR 11682 e NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno do edifício.

7.2 Requisito - Estabilidade e resistência estrutural do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural

Apresentar um nível específico de segurança contra a ruína, considerando-se as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, ou seja, aquelas que se referem ao estado limite último.

Elementos com função de vedação (paredes e divisórias, não estruturais) devem ter capacidade de transmitir à estrutura seu peso próprio e os esforços externos que sobre eles diretamente venham atuar, decorrentes de sua utilização.

7.2.1 Critério – estado limite último

Atender as disposições aplicáveis das normas que abordam a estabilidade e a segurança estrutural para todos os componentes estruturais do edifício habitacional, incluindo-se as obras geotécnicas.

Devem ser necessariamente consideradas nos projetos as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devidas ao vento e a deformações impostas (variação de temperatura e umidade, recalques das fundações), conforme NBR 8681, NBR 6122 e NBR 6123.

Notas:

- 1) para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à retração por secagem, onde aplicável, caso os materiais apresentarem índices de retração livre em corpos-de-prova de laboratório inferiores a 0,06%;
- 2) para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à variação de temperatura, caso sejam empregados materiais com coeficientes de dilatação térmica linear $\leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$; para comprimentos em planta inferiores a 30 metros, levar em consideração somente para valores acima de $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$;
- 3) para efeitos do estado limite último, podem ser desprezadas as solicitações devidas à variação da umidade relativa do ar, caso sejam empregados materiais que, no aumento da umidade relativa de 50% para 100%, estabilizam-se com expansão não superior a 0,1%; da mesma forma, o efeito da variação da umidade pode ser desprezado para estruturas cujos componentes forem protegidos com sistemas de impermeabilização que atendam aos requisitos deste conjunto de Normas.

7.2.2 Métodos de avaliação

Análise do projeto com respeito aos itens 7.2.2.1, ou conforme o caso ao item 7.2.2.2.

7.2.2.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais do edifício habitacional deve ser feita com base nas seguintes normas, NBR 6118, NBR 6120, NBR 6122, NBR 6123, NBR 7190, NBR 8681, NBR 8800, NBR 9062, NBR 10837, NBR 14762.

As condições de desempenho devem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e as considerações estabelecidas em projeto.

Para casas térreas e sobrados, cuja altura total não ultrapasse 8,0 metros, desde o respaldo da fundação de cota mais baixa até o topo da cobertura, não há necessidade de atendimento às resistências mínimas dos materiais nem às

dimensões mínimas dos componentes estruturais estabelecidas no conjunto de normas citado, resguardada a demonstração da segurança e estabilidade, durabilidade, segurança contra o fogo, desempenho acústico etc.

Na inexistência de norma técnica brasileira específica para o tipo de estrutura ou material que se estiver analisando, a estabilidade e a segurança estrutural devem ser demonstradas através de cálculos, modelos e ensaios, respeitado o determinado em 7.2.2.2 (ensaios), devidamente fundamentados em normas estrangeiras ou literatura técnica de reconhecido valor no meio técnico nacional.

7.2.2.2 Ensaios

Quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem o componente, ou dos componentes que constituem a estrutura em questão, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se, para fins deste projeto de norma, estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no anexo A.

7.2.3 Premissas de projeto

O projeto deve mencionar, quando da inexistência de normas brasileiras, os fundamentos técnicos com base em normas internacionais ou justificações com base na literatura técnica.

7.2.4 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja atende, às análises efetuadas no projeto com respeito aos disposto em 7.2.2.1 (Cálculos) ou conforme o caso em 7.2.2.2 (Ensaio), além de atender às premissas de projeto..

7.3 Requisito – Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural

Não ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas ou quaisquer falhas 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, em face das deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural.

Nota:

Nestas condições, a probabilidade de ocorrência de fissuras e danos inaceitáveis tende a ser mínima.

7.3.1 Critério – estados limites de utilização

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

- deslocamentos superiores àqueles indicados nas Tabelas 1 e 2; e
- fissuras com aberturas maiores que os limites indicados nas NBR 6118 e NBR 9062, ou outra norma específica para o método construtivo adotado ou abertura superior a 0,6 mm em qualquer situação;

Tabela 1 – Deslocamentos limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral

| Razão da Limitação | Elementos | Deslocamento Limite | Tipo de Deslocamento |
|---|--|---------------------------------------|--|
| Visual / insegurança psicológica | Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis) | $L / 250$ ou $H / 300$ ⁽¹⁾ | Deslocamento final incluindo fluência (carga total) |
| Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações | Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros etc) | $L / 800$ | Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso etc) |
| | Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc) | $L / 600$ | |
| Destacamentos e fissuras em vedações | Paredes e/ou acabamentos rígidos | $L / 500$ ou $H / 500$ ⁽¹⁾ | Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais) |
| | Paredes e acabamentos flexíveis | $L / 400$ ou $H / 400$ ⁽¹⁾ | |

(H igual à altura do componente estrutural e L igual ao vão teórico do componente estrutural)

⁽¹⁾ Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a $H_{total} / 500$ ou 3 cm, respeitando-se o menor dos dois limites.

Tabela 2 - Flechas máximas para vigas e lajes (cargas gravitacionais - permanentes e acidentais)

| Vigas e lajes servindo de suporte a: | | Flecha imediata ⁽¹⁾ | | | Flecha final (total) |
|--|---|--------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| | | S_{gk} | S_{qk} | $S_{gk} + 0,7 S_{qk}$ | $S_{gk} + 0,7 S_{qk}$ |
| Paredes monolíticas, em alvenaria ou em painéis unidos ou rejuntados com material rígido | Com aberturas ⁽²⁾ | $L / 1000$ | $L / 2800$ | $L / 800$ | $L / 400$ |
| | Sem aberturas | $L / 750$ | $L / 2100$ | $L / 600$ | $L / 340$ |
| Paredes em painéis com juntas flexíveis, divisórias leves, gesso acartonado | Com aberturas ⁽²⁾ | $L / 1050$ | $L / 1700$ | $L / 730$ | $L / 330$ |
| | Sem aberturas | $L / 850$ | $L / 1400$ | $L / 600$ | $L / 300$ |
| Pisos | Constituídos e/ou revestidos com material rígido | $L / 700$ | $L / 1500$ | $L / 530$ | $L / 320$ |
| | Constituídos e/ou revestidos com material flexível | $L / 750$ | $L / 1200$ | $L / 520$ | $L / 280$ |
| Forros | Constituídos e/ou revestidos com material rígido | $L / 600$ | $L / 1700$ | $L / 480$ | $L / 300$ |
| | Forros falsos e/ou revestidos com material flexível | $L / 560$ | $L / 1600$ | $L / 450$ | $L / 260$ |
| Laje de cobertura impermeabilizada, com declividade $\geq 2\%$ | | $L / 850$ | $L / 1400$ | $L / 600$ | $L / 320$ |
| Vigas calha com inclinação $i \geq 2\%$ | | $L / 750$ | - | - | $L / 300$ |

L igual ao vão teórico do componente estrutural

⁽¹⁾ Para vigas e lajes em balanço, admitem-se deslocamentos correspondentes a 1,5 vezes os respectivos valores indicados.

⁽²⁾ No caso do emprego de dispositivos e detalhes construtivos que absorvam as tensões concentradas no contorno das aberturas das portas e janelas, as paredes podem ser consideradas como sendo "sem aberturas".

7.3.2 Método de avaliação

Análise do projeto com respeito aos itens 7.3.2.1 Cálculos, ou conforme o caso ao item 7.3.2.2 Ensaios, e concomitantemente ao atendimento às tabelas 1 e 2.

7.3.2.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais do edifício habitacional deve ser feita com base nas seguintes normas NBR 6118, NBR 6120, NBR 6123, NBR 7190, NBR 8681, NBR 8800, NBR 9062, NBR 10837, NBR 14762. Devem ser consideradas as cargas permanentes, acidentais, devidas ao vento e a deformações específicas, conforme as seguintes expressões:

$$\text{Solicitação: } S_d = \psi_g S_{gk} + \psi_q S_{qk} + \psi_w S_{wk} + \psi_e S_{ek} \quad (\text{eq. 1})$$

Nos casos mais gerais, na análise das deformações podem ser consideradas apenas as ações permanentes e acidentais (sobrecargas) características, tomando-se para ψ_g o valor 1,0 e para ψ_q o valor 0,7.

$$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} \quad (\text{eq. 2})$$

Na avaliação dos deslocamentos, cujos limites são apresentados nas Tabelas 1 e 2 devem ser levadas em conta as deformações imediatas e as diferidas no tempo.

Para o caso de estruturas de concreto ou argamassa armada, compósitos reforçados com fibras ou materiais semelhantes, devem ser levados em conta os efeitos de diminuição da rigidez com a ocorrência da fissuração.

7.3.2.2 Ensaios

Quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem o componente, ou dos componentes que constituem a estrutura em questão, não for conhecida e consolidada por experimentação, permite-se, para fins desta Norma, estabelecer uma resistência de trabalho através de ensaios destrutivos e o traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no anexo B.

Os componentes devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando-se o gráfico carga x deslocamento, conforme indicado no anexo B, os quais devem ser caracterizados em cada ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelecer uma falha.

7.3.3 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja atende, às análises efetuadas no projeto com respeito ao disposto em 7.3.2.1 (Cálculos) ou conforme o caso em 7.3.2.2 (Ensaios), e concomitantemente ao atendimento às tabelas 1 e 2.

7.4 Requisito: Impactos de corpo mole e corpo duro

Não sofrer ruptura ou instabilidade sob as energias de impacto indicadas nas tabelas 4 a 6.

NOTAS:

- 1) A resistência aos impactos de corpo mole e duro, que podem ser produzidos durante a utilização do edifício habitacional, traduz-se na resistência à energia de impacto a ser aplicada em componentes estruturais responsáveis pela segurança do edifício,
- 2) No que se refere ao estado de utilização e resistência superficial, os impactos são menos rigorosos.

7.4.1 Critérios e níveis de desempenho para resistência a impactos de corpo mole

Sob ação de impactos de corpo mole os componentes da estrutura:

- a) não devem sofrer ruptura ou instabilidade sob as energias de impacto estabelecidas nas tabelas 4 a 6, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, escamações, delaminações e outros danos em impactos de segurança, respeitados os limites para deformações instantâneas e residuais dos componentes.
- b) não podem causar danos a outros componentes acoplados aos componentes sob ensaio.

As limitações de deslocamentos instantâneos (d_h ou d_v) e residuais (d_{hr} ou d_{vr}), assim como os níveis de desempenho, são apresentados nas tabelas 4 a 6.

Tabela 4 - Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados na fachada do edifício, inclusive guarda-corpos, em exteriores acessíveis ao público – impactos de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro.

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho | Nível de desempenho | | |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|
| | | M | I | S |
| 960 | - Não ocorrência de ruína; - Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | | ✓ |
| 960 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | ✓ | |
| 720 | - Não ocorrência de ruína; - Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | | ✓ |
| 720 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | ✓ | |
| 480 | - Não ocorrência de ruína; - Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | ✓ | ✓ |
| 480 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | | |
| 360 | - Não ocorrência de falhas - Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga | | ✓ | ✓ |
| 360 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | | |
| 240 | - Não ocorrência de falhas - Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga | ✓ | ✓ | ✓ |
| 180 | - Não ocorrência de falhas | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas | ✓ | ✓ | ✓ |

Tabela 5 – Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados no interior do edifício e na fachada, inclusive guarda-corpos, considerando-se neste caso os impactos de corpo mole aplicados na face interna, ou seja, de dentro para fora.

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho | Nível de desempenho | | |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|
| | | M | I | S |
| 480 | - Não ocorrência de ruína; - Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | | ✓ |
| 480 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | ✓ | |
| 360 | - Não ocorrência de ruína; - Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | | ✓ |
| 360 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | ✓ | |
| 240 | - Não ocorrência de falhas - Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga | | ✓ | ✓ |
| 240 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | | |
| 180 | - Não ocorrência de falhas | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas - Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga | ✓ | ✓ | ✓ |

Tabela 6 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos

| Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho | Nível de desempenho | | |
|--------------------------------------|--|---------------------|---|---|
| | | M | I | S |
| 960 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | | ✓ | ✓ |
| 720 | - Não ocorrência de ruína - Não ocorrência de falhas | | | ✓ |
| 720 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | ✓ | |

| | | | | |
|-----|---|---|---|---|
| 480 | - Não ocorrência de ruína - Não ocorrência de falhas | | ✓ | ✓ |
| 480 | - Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras) | ✓ | | |
| 360 | - Não ocorrência de falhas - Limitação de deslocamento vertical $d_v \leq L/300$; $d_{vr} \leq L/1500$ | | ✓ | ✓ |
| 360 | - Não ocorrência de falhas | ✓ | | |
| 240 | - Não ocorrência de falhas - Limitação de deslocamento vertical $d_v \leq L/300$; $d_{vr} \leq L/1500$ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 120 | - Não ocorrência de falhas | ✓ | ✓ | ✓ |

7.4.1.1 Método de avaliação

7.4.1.1.1 Verificações

As verificações da resistência e deslocamento dos componentes estruturais devem ser por meio de ensaios de impacto de corpo mole, realizados em laboratório ou em protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições executivas da obra, inclusive tipos de apoio / vinculações, conforme método de ensaio indicado no anexo C.

7.4.1.1.1 Componentes específicos

Para cada situação ou localização dos componentes deve-se considerar, quando ensaiados, as seguintes especificidades adicionais:

- os componentes estruturais localizados na fachada do edifício, inclusive guarda-corpos, em exteriores acessíveis ao público, devem ser submetidos a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360 e 480J (níveis M, I ou S);
- os componentes estruturais localizados no interior do edifício e na fachada, inclusive guarda-corpos, devem ser submetidos a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360 e 480J (níveis M, I ou S);
- s componentes de pisos devem ser submetido a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120, 180, 240, 360, 480 e 720J (nível M); 120, 180, 240, 360, 480, 720 e 960J (níveis I ou S);
- os guarda-corpos instalados em terraços, coberturas etc devem, adicionalmente, resistir a um impacto com energia de 600J; e relativamente às cargas estáticas, concentradas ou distribuídas, devem atender as exigências da NBR 14718;
- para os componentes estruturais leves, ou seja aqueles com massa específica $\leq 1200\text{kg/m}^3$ ou peso próprio $\leq 60\text{kg/m}^2$, admite-se deslocamentos instantâneos equivalentes ao dobro dos valores indicados nas tabelas 4 e 5.

7.4.1.2 Nível de desempenho

Os níveis mínimos para aceitação estão indicados nas Tabelas 4, 5 e 6, assinalados com ✓.

Para casas térreas, podem ser empregados componentes com nível de desempenho M, I ou S.

Para edificações com mais de um pavimento devem ser empregados componentes com nível de desempenho I ou S;

7.4.2 Critérios e níveis de desempenho para resistência a impactos de corpo duro

Sob a ação de impactos de corpo duro os componentes da edificação não devem sofrer ruptura ou traspasseamento sob qualquer energia de impacto, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, lascamentos e outros danos em impactos de segurança.

As Tabelas 8 a 10 apresentam os critérios de desempenho e os correspondentes níveis de desempenho.

Tabela 8 - Critérios e níveis de desempenho para impactos de corpo duro na face externa para componentes estruturais localizados na fachada do edifício e nas faces exteriores acessíveis ao público, inclusive guarda-corpos

| Energia de impacto ⁽¹⁾ de corpo duro (J) | Critério de desempenho | Nível de desempenho |
|---|---|---------------------|
| 3,75 | - Não ocorrência de falhas - Mossas com qualquer profundidade | M |
| 20 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 3,75 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm | I |
| 20 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 3,75 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm | S |
| 20 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| ⁽¹⁾ Sentido do impacto de fora para dentro | | |

Tabela 9 – Critérios e níveis de desempenho para componentes estruturais localizados no interior do edifício e na fachada, inclusive guarda-corpos.

| Energia de impacto ⁽¹⁾ de corpo duro (J) | Critério de desempenho | Nível de desempenho |
|--|---|---------------------|
| 2,5 | - Não ocorrência de falhas - Mossas com qualquer profundidade | M |
| 10 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 2,5 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm | I |
| 10 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 2,5 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm | S |
| 10 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| ⁽¹⁾ Sentido do impacto de dentro para fora, aplicados na face interna | | |

Tabela 10 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em pisos

| Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho | Nível de desempenho |
|--------------------------------------|---|---------------------|
| 5 | - Não ocorrência de falhas - Mossas com qualquer profundidade | M |
| 30 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 5 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 5$ mm | I |
| 30 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |
| 5 | - Não ocorrência de falhas - Profundidade da mossa: $p \leq 2$ mm | S |
| 30 | - Não ocorrência de ruína e traspassamento - Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações | |

7.4.2.1 Método de avaliação

Verificação da resistência e depressão¹ provocada pelo impacto de corpo duro, por meio de ensaios em laboratório executados em protótipos ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições executivas da obra, inclusive tipos de apoio / vinculações, conforme método de ensaio indicado no anexo D.

7.4.2.2. Nível de desempenho

Os níveis mínimos para aceitação são os indicados nas Tabelas 8, 9 e 10, assinalados com ✓.

8 Segurança contra incêndio

Os requisitos de desempenho de segurança contra incêndio são estabelecidos no Brasil por decretos estaduais, que devem ser integralmente atendidos e consideram a sequência de etapas possíveis no desenvolvimento do incêndio, no caso de um edifício habitacional: início, crescimento do incêndio no ambiente de origem, propagação para outros ambientes da unidade habitacional de origem, combate ao fogo, evacuação do edifício, propagação para outras unidades habitacionais ou outros edifícios, risco de ruína parcial ou total do edifício.

As exigências do projeto de Norma 02:136.001.01/1 relativamente à segurança contra incêndio são pautadas em:

- baixa probabilidade de início de incêndio;
- alta probabilidade dos usuários sobreviverem sem sofrer qualquer injúria;
- reduzida extensão de danos à propriedade e à vizinhança imediata ao local de origem do incêndio.

De forma a atender às exigências do usuário quanto à segurança devem ser cumpridos os requisitos estabelecidos no projeto de Norma 02:136.001.01/1.

9 Segurança ao uso e operação

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1 e 001/3, citado nesta parte apenas para manter a numeração.

10 Estanqueidade

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1 e 001/3, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

11 Conforto térmico

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

¹ indentação

12 Conforto acústico

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

13 Conforto lumínico

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1 e 001/5, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

14 Durabilidade e Manutenibilidade

14.1 Requisito de durabilidade dos sistemas estruturais

Conservar a segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

14.1.1 Critério – vida útil de projeto da estrutura e dos seus componentes

A estrutura principal e quaisquer elementos ou componentes comprometidos com a segurança e 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 anexo E tabela E.1 do projeto 02;136.01-001/1, bem como atender as diretrizes contidas no anexo C do projeto 02;136.01-001/1.

14.1.2 Método de avaliação

A comprovação do atendimento aos critérios descritos em 14.1.1 devem ser feitos ou pela análise do projeto, ou por ensaios físico-químicos ou por aplicação de modelos conforme explicitado abaixo:

- a) análise do projeto, considerando-se a adequação dos materiais, detalhes construtivos adotados e o atendimento às disposições previstas nas normas específicas constantes no projeto; ou
- b) ensaios físico-químicos e ensaios de envelhecimento acelerado (porosidade, absorção de água, permeabilidade, dilatação térmica, choque térmico, expansão higroscópica, câmara de condensação, câmara de névoa salina, câmara CUV, câmara de SO₂, Wheater-O-Meter, etc); ou
- c) aplicação de modelos para previsão do avanço de frentes de carbonatação, cloretos e outros.

14.1.3 Premissas de projeto

O projeto deve mencionar as normas aplicáveis, as condições ambientais vigentes na época do projeto e a utilização prevista da edificação.

14.1.4 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja atende ao projeto no que tence à adequação dos materiais, detalhes construtivos adotados e o atendimento às disposições previstas nas normas específicas constantes no projeto, atende às premissas de projeto, além de atenderem às especificações resultados dos ensaios indicados em 14.1.2 b), e aplicação de modelos de previsão indicados em 14.1.2 c).

14.2 Requisito – Manutenibilidade da estrutura e dos seus componentes

A fim de que seja atendida a durabilidade projetada para a estrutura e seus componentes, conforme anexo E tabela E.1 do projeto 02;136.01-001/1 devem ser previstas e realizadas manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo.

Estas últimas devem ser realizadas assim que o problema se manifestar, impedindo que pequenas falhas progridam às vezes rapidamente para extensas patologias.

As manutenções devem ser realizadas obedecendo-se manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador ou construtora.

14.2.1 Critério – Manual de operação, uso e manutenção da estrutura e seus componentes

O fabricante do produto, o construtor e o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar todas as condições de uso, operação e manutenção da estrutura e seus componentes, ou seja:

- a) recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (sobrecargas não previstas no projeto estrutural, abertura de vãos de portas ou janelas em paredes estruturais, ampliações verticais não previstas, perfuração de peças estruturais para passagem de dutos etc);
- b) periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- c) periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções; e

- d) técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção.

14.2.3 Método de avaliação

Análise do manual de operação, uso e manutenção das edificações, atendendo as diretrizes das normas NBR 5674 e NBR 14037.

NOTA:

Esta análise pode levar em consideração as instruções constantes no anexo F do projeto 02:136.01-001/1.

14.2.4 Nível de desempenho

O nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja atende as diretrizes indicadas nas NBR 5674 e NBR 14037, e os critérios indicados em 14.2.1.

15 Saúde, Higiene e qualidade do ar

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

16 Funcionalidade e acessibilidade

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

17 Conforto táctil e antropodinâmico

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

18 Adequação ambiental

Este item se encontra detalhado no projeto 02:136.01-001/1, incluso apenas para manter a seqüência da numeração.

Anexo A (normativo)

Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto

1 Princípio

Ensaio destrutivo, com traçado de diagramas de carga x deslocamento, e registros da história do carregamento conforme indicada na figura 1.

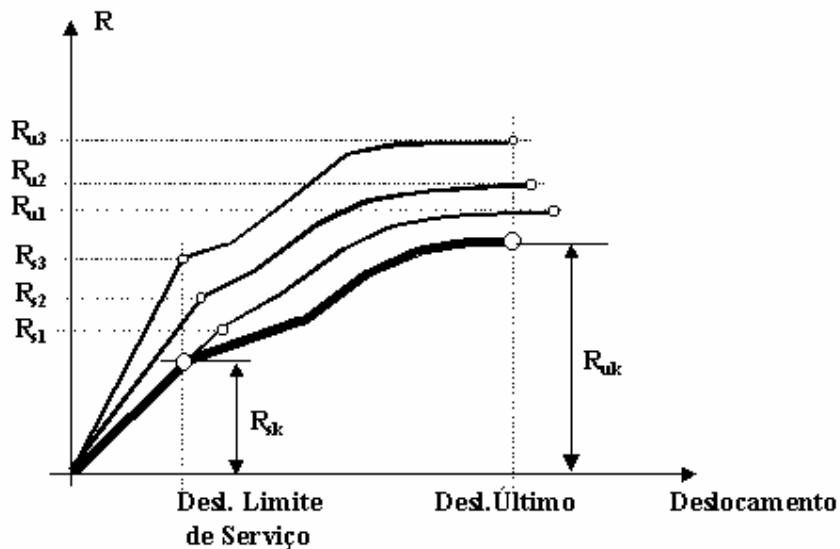


Figura 1 – Gráfico carga x deslocamento para determinação de R_{ud} e R_{sd} por meio de ensaios

2 Objetivo

Esta metodologia estabelece a resistência mínima de projeto, para aqueles sistemas ou componentes constituídos de materiais que não possuem modelagem matemática conhecida ou norma técnica, e consolidada por experimentação.

3 Aparelhagem

Devem ser empregados instrumentos que forneçam medição de centésimos de milímetro, e que registrem toda a história de carregamento, inclusive e principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitadas.

4 Preparação dos corpos-de-prova

3.1 Confeccionar os componentes com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo construtivo a ser adotado no canteiro de obras.

3.2 Para elementos estruturais comprimidos, as cargas devem ser aplicadas com excentricidade

de $\frac{t}{30} \geq 1$ cm :

onde:

t é igual à menor dimensão do espécime (normalmente a espessura).

3.3 A caracterização dos constituintes A, B, C etc, e o tipo de resistência que os caracteriza individualmente, podem ser obtidas com a própria realização dos ensaios, examinando-se minuciosamente o comportamento de ruptura do conjunto e sua dependência do comportamento dos materiais individuais.

5 Procedimento

4.1 Conduzir o ensaio com pelo menos dez etapas de carregamento, com repetição para três modelos geométricos idênticos e em escala real.

4.2 Caracterizar os componentes, pelas resistências R_{u1} , R_{u2} e R_{u3} , resultados das resistências últimas observadas nos ensaios

4.3 Ensaar conforme as condições de solitação a que se pretende submetê-los na edificação

4.4 Ordenar as resistências em ordem crescente conforme indicado na Figura 1.

6 Expressão dos resultados

5.1 Resistência de projeto em ELU

A resistência de projeto admitida, com o seu valor já minorado, deve ser :

$$R_{ud} = \left[R_{u1} - \frac{R_{u3} - R_{u1}}{2} \cdot \xi \right] \frac{1}{\gamma_m} \leq (1 - 0,2 \cdot \xi) \cdot R_{u1} \cdot \frac{1}{\gamma_m} \quad (\text{eq. 4})$$

com $\gamma_m \geq 1,5$

Onde:

$$\xi = [(1 + \delta_{uA}) \cdot (1 + \delta_{uB}) \cdot (1 + \delta_{uC}) \dots] \quad (\text{eq. 5})$$

Sendo:

δ_{uA} igual ao coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a R_{ud} ;

δ_{uB} igual ao coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a R_{ud} ;

δ_{uC} igual ao coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a R_{ud} .

5.2 Casos particulares

No caso de edificações térreas e sobrados cuja altura total não supere 8 metros, não sendo possível realizar, por motivos técnicos ou de viabilidade econômica, o controle sistemático dos materiais A, B, C etc, permite-se prescindir da obtenção estatística de δ_{sA} , δ_{sB} , δ_{sC} etc, desde que se adote $\xi = 1,5$ e $\gamma_m = 2,0$;

5.3 Comprovação

Os materiais A, B, C etc devem constituir e reger, de forma majoritária, o comportamento mecânico do componente em análise na composição da resistência R_{ud} .

Desta forma deve-se comprovar a condição:

$$S_d \leq R_{ud}$$

com S_d determinado conforme NBR8681

5.4 Validade

É de suma importância que, para conservar válida a expressão de R_{ud} , as resistências médias dos materiais A, B, C etc estejam caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção das peças e componentes estruturais de forma que estas médias sejam mantidas

5.5 Estatísticas

5.5.1 A resistência característica assumida para componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser tomada como a correspondente ao quantil inferior de 5%, ou seja, 95% dos componentes devem apresentar para as propriedades escolhidas como representativas, um valor igual ou acima do característico.

5.5.2 Na resistência de cálculo dos componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser considerado um coeficiente de minoração com base na variabilidade dos resultados de ensaios; este coeficiente, contudo, não deve ser inferior a 2.

7 Relatório de ensaio

O Relatório do ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
 - b) identificação do fornecedor;
 - c) identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
 - d) desenho do ensaio tipo e sua geometria;
 - e) caracterização dos constituintes;
 - f) data do recebimento da amostra;
 - g) gráficos de carga x deslocamento;
 - h) deslocamentos;
 - i) resistências últimas;
 - j) nível de desempenho
 - k) data do ensaio;
 - l) referência a esta Norma;
 - m) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.
-

Anexo B (normativo)

Modelagem matemática do comportamento conjunto para as deformações de trabalho

1 Princípio

Ensaio destrutivo, com traçado de diagramas de carga x deslocamento, e registros da história do carregamento conforme indicada na figura 1.

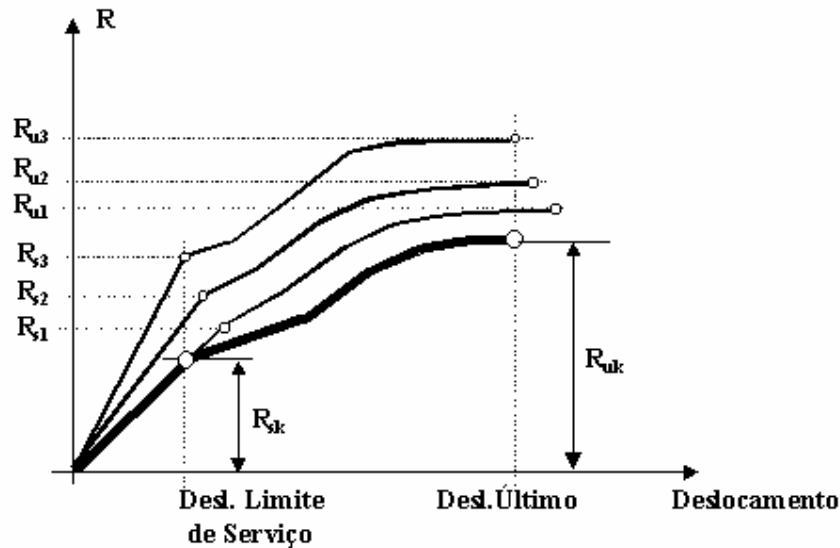


Figura 1 – Gráfico carga x deslocamento para determinação de R_{ud} e R_{sd} por meio de ensaios

2 Objetivo

Esta metodologia estabelece a resistência para a deformação de trabalho para aqueles sistemas ou componentes constituídos de materiais que não possuem modelagem matemática conhecida ou norma técnica, e consolidada por experimentação.

3 Aparelhagem

Devem ser empregados instrumentos que forneçam medição de centésimos de milímetro, e que registrem toda a história de carregamento, inclusive e principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitadas.

4 Preparação dos corpos-de-prova

4.1 Confeccionar os componentes com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo construtivo a ser adotado no canteiro de obras.

4.2 Para elementos estruturais comprimidos, as cargas devem ser aplicadas com excentricidade

de $\frac{t}{30} \geq 1$ cm :

onde:

t é igual à menor dimensão do espécime (normalmente a espessura).

4.3 A caracterização dos constituintes A, B, C etc, e o tipo de resistência para a deformação que os caracteriza individualmente, podem ser obtidas com a própria realização dos ensaios, examinando-se minuciosamente o comportamento de ruptura do conjunto e sua dependência do comportamento dos materiais individuais.

5 Procedimento

5.1 Conduzir o ensaio com pelo menos dez etapas de carregamento, com repetição para três modelos geométricos idênticos e em escala real.

5.2 Caracterizar os componentes, pelas resistências R_{s1} , R_{s2} e R_{s3} , resultados das resistências últimas observadas nos ensaios

5.3 Ensaio conforme as condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação

5.4 Ordenar as resistências em ordem crescente conforme indicado na Figura 1.

6 Expressão dos resultados

6.1 Resistência de serviço

A resistência de projeto, com o seu valor já minorado, deve ser :

$$R_{sd} = \left[R_{s1} - \frac{R_{s3} - R_{s1}}{2} \cdot \xi \right] \leq (1 - 0,2 \cdot \xi) \cdot R_{s1} \quad (\text{eq. 8})$$

Onde:

$$\xi = [(1 + \delta_{sA}) \cdot (1 + \delta_{sB}) \cdot (1 + \delta_{sC}) \dots] \quad (\text{eq. 9})$$

Sendo:

δ_{sA} igual ao coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a R_{sd} ;

δ_{sB} igual ao coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a R_{sd} ;

δ_{sC} igual ao coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a R_{sd} .

6.2 Casos particulares

Para edificações térreas, onde não seja possível, por motivos técnicos ou de viabilidade econômica, o controle sistemático dos materiais A, B, C etc, permite-se prescindir da obtenção estatística de δ_{sA} , δ_{sB} , δ_{sC} etc, desde que se venha a fixar $\xi = 1,5$.

6.3 Comprovação

Os materiais A, B, C etc devem constituir e reger, de forma majoritária, o comportamento mecânico do componente em análise na composição da resistência R_{sd} .

Desta forma deve-se comprovar a condição:

$$S_d \leq R_{sd}$$

com S_d determinado conforme a NBR8681.

6.4 Validade

É de suma importância que, para conservar válida a expressão de R_{sd} , as resistências médias dos materiais A, B, C etc estejam caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção das peças e componentes estruturais de forma que estas médias sejam mantidas

6.5 Estatísticas

6.5.1 A resistência característica assumida para componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser tomada como a correspondente ao quantil inferior de 5%, ou seja, 95% dos componentes devem apresentar para as propriedades escolhidas como representativas, um valor igual ou acima do característico.

6.5.2 Na resistência de cálculo dos componentes de ligação e ancoragens, quando não existirem normas específicas, deve ser considerado um coeficiente de minoração com base na variabilidade dos resultados de ensaios; este coeficiente, contudo, não deve ser inferior a 2.

7 Relatório de ensaio

O Relatório do ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
- b) identificação do fornecedor;
- c) identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- d) desenho do ensaio tipo e sua geometria;
- e) caracterização dos constituintes;
- f) data do recebimento da amostra;
- g) gráficos de carga x deslocamento;
- h) deslocamentos
- i) resistências de serviço;
- j) nível de desempenho
- k) data do ensaio;
- l) referência a esta Norma;
- m) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.

Anexo C (normativo)

Verificação de impactos de corpo-mole

1 Princípio

Corpo com massa e forma conhecidas, abandonado de altura estabelecida, em movimento pendular, atingindo o componente provoca deslocamentos ou deformações ou rupturas verificáveis.

2 Objetivo

Verificar os deslocamentos ou deformações provenientes do impacto de corpo mole sobre elementos estruturais ou componentes.

2 Aparelhagem

Devem ser empregados:

- a) corpo impactador, com forma e massa (M) definidas na NBR 11675;
- b) defletômetros com resolução de ?
- c) estrutura de apoio rígida

3 Preparação dos corpos-de-prova

3.1 Confeccionar os componentes com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo

4 Procedimento

4.1 Conduzir o ensaio no corpo-de-prova tipo, aplicando energias de impacto indicadas na tabela 7.

Tabela 7 – Massa de corpo mole, altura e energia do impacto

| Impacto | m (kg) | h (m) | E (J) |
|--|--------|-------|-------|
| Corpo mole de acordo com a NBR 11675/90 – 1 impacto para cada energia | 40 | 0,30 | 120 |
| | 40 | 0,45 | 180 |
| | 40 | 0,60 | 240 |
| | 40 | 0,90 | 360 |
| | 40 | 1,20 | 480 |
| | 40 | 1,80 | 720 |
| | 40 | 2,40 | 960 |

5 Expressão dos resultados

Medição dos deslocamentos horizontal e vertical, d_h ou d_v , e residuais d_{hr} ou d_{vr} , em mm, incluindo-se observações visuais das falhas, fissuras, destacamentos, ruínas.

6 Relatório de ensaio

O Relatório do ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) identificação do solicitante;
- b) identificação do fornecedor;
- c) identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- d) desenho do ensaio tipo e sua geometria;
- e) caracterização dos constituintes;
- f) data do recebimento da amostra;
- g) deslocamentos;
- h) análise visual;
- i) fotos;
- j) nível de desempenho
- k) data do ensaio;
- l) referência a esta Norma;
- m) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.

Anexo D (normativo)**Verificação de impactos de corpo duro****1 Princípio**

Corpo com massa e forma conhecidas, abandonado de altura estabelecida, em queda livre, atingindo o componente provoca indentação (depressão) verificáveis.

2 Objetivo

Verificar a indentação proveniente do impacto de corpo duro sobre elementos estruturais ou componentes.

2 Aparelhagem

Devem ser empregados:

- corpo impactador – esfera de aço maciça de grandes dimensões com $\phi = ?$ e com massa = ?
- corpo impactador – esfera de aço maciça de pequenas dimensões com $\phi = ?$ e com massa = ?;
- paquímetro com resolução de ?

3 Preparação dos corpos-de-prova

3.1 Confeccionar os componentes com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo

4 Procedimento

4.1 Aplicar os impactos por meio de esferas de aço maciças, abandonadas em queda livre, registrando-se as profundidades das mossas e os eventuais danos ocorridos.

4.2 Para cada energia especificada são aplicados dez impactos, em pontos ou seções representativas do componente (seções enfraquecidas etc).

4.3 As condições de ensaio relativas às massas do corpo duro (M), alturas de queda (h) e energias de impacto (E) estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Massa de corpo duro, altura e energia do impacto

| Impacto | m (kg) | h (m) | E (J) |
|---|--------|-------|-------|
| Corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia | 1 | 1,00 | 10 |
| | 1 | 2,00 | 20 |
| | 1 | 3,00 | 30 |
| Corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia | 0,5 | 0,50 | 2,5 |
| | 0,5 | 0,75 | 3,75 |
| | 0,5 | 1,00 | 5 |

5 Expressão dos resultados

Medição das profundidades das mossas, em mm, incluindo-se observações visuais das falhas, fissuras, destacamentos, ruínas.

6 Relatório de ensaio

O Relatório do ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- identificação do solicitante;
- identificação do fornecedor;
- identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- desenho do ensaio tipo e sua geometria;
- caracterização dos constituintes;
- data do recebimento da amostra;
- profundidades das mossas;
- análise visual;
- fotos;
- destacamentos, desagregação, fissuras
- nível de desempenho
- data do ensaio;
- referência a esta Norma;
- registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.

Anexo G (informativo)

Lista dos requisitos e critérios

7. Segurança estrutural

7.1 Requisitos gerais para o edifício habitacional

7.2 Requisito - Estabilidade e resistência estrutural do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural

7.2.1. Critério – Estado limite último

7.3 Requisito – Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural

7.3.1. Critério – Estados limites de utilização

7.4 Requisitos – Impactos de corpo mole e corpo duro

7.4.1. Critério – Resistência a impactos de corpo mole

7.4.2. Critério – Resistência a impactos de corpo duro

8. Segurança contra incêndio

9. Segurança no uso e operação

10. Estanqueidade

11. Conforto térmico

12. Conforto acústico

13. Conforto lumínico

14. Durabilidade e manutenibilidade

14.1 Requisito de durabilidade dos sistemas estruturais

14.1.1 Critério – vida útil de projeto da estrutura e dos seus componentes

14.2 Requisito – Manutenibilidade da estrutura e dos seus componentes

14.2.1. Critério - Manual de operação, uso e manutenção da estrutura e seus componentes

15. Saúde, higiene e qualidade do ar

16. Funcionalidade e acessibilidade

17. Conforto tátil e antropodinâmico

18. Adequação ambiental