



## Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais

### APRESENTAÇÃO

1) Este 1º Projeto de Norma foi elaborado pela CE-02.136.01 - Comissão de Estudos de desempenho de Edificações - do ABNT/CB-02 - Comitê Brasileiro da Construção Civil, nas reuniões de:

12/01/2007	08/02/2007	02/03/2007
16/03/2007	18/05/2007	15/06/2007

2) Não tem valor normativo;

3) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

4) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante	Representante
INÊS LARANJEIRAS S. BATTAGIN (SECRETÁRIA)	ABCP/MASTER ENGENHARIA
ARCINDO VAQUERO	ABESC
ROSE DE LIMA	ABNT/CB-02
LAURA MARCELLINI	ABRAMAT
GILBERTO ALVES MARTINS	AESABESP
JORGE NEVES MOLL	AMANCO BRASIL
RUBENS MOREL N. REIS	ANAMACO
SILVIO R. B. DE CARVALHO	ANDIV-ABNT/CB-37
MAURÍCIO M. PAGANI	ASTRA S/A
PAULO GRANDISKI	AUTÔNOMO
LUIS H. M. DE PAOLI	BRAZIL REALTY/CYRELA
JAMES A ROQUE	CAIXA ECONÔMICA FEDERAL
DANIEL SARTORI	CARDINALI S/A
ROBERTO INABA	COSIPA
ANA ROCHA MELHADO	CONSTRUTORA TARJAB
FABIO VILLAS BOAS	CONSTRUTORA TECNISA
KATIA CILENE BERTOLINI	CONCREMAT
PLÍNIO GRIZOLIA	DOCOL



JOÃO MARCELO OCCHIUCCI	DU PONT DO BRASIL
JOSÉ LUIZ G. M. LEDUC	ELETROBRÁS
JOSÉ PIANHERI	ETERNIT
FABIO DOMINGOS PANNONI	GERDAU AÇOMINAS S/A
FERNANDO OTTOBONI PINHO	GERDAU AÇOMINAS S/A
SHIRLEY REGINA BEREZUTCHI	GERDAU AÇOMINAS S/A
MONICA CAMARGO	GIBWOOD
JOÃO DE VALENTIN	HEXAGRAMA
JERÔNIMO CABRAL P. F. NETO	IBAPE/SP
FERNANDO JOSÉ E. DE MATOS	IBS
CLAUDIO MITIDIERI	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ERCIO THOMAZ	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MARIA AKUTSU	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MARIA DE FATIMA NETO	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
PETER JOSEPH BARY	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
JEAN JORGE DE OLIVEIRA	ISOVER
JOSÉ PAULO JEREISSATI	JEREISSATI ENGENHARIA
MAURÍCIO MARQUES RESENDE	L. A FALCÃO BAUER
LEONEL TULA	L. A FALCÃO BAUER
CHRISTIAN JOSÉ NOGUEIRA	LENC LABORATÓRIO
PRISCILA DE FRANÇA PINHEIRO	LUCIO ENGENHARIA
LILIAN SARROUF	L. SARROUF ENGENHARIA
MARCELO MING	L WART
FERNANDO HENRIQUE SABBATINI	POLI/USP
ANTONIO CARLOS DA COSTA	PROMAPLAC/FADEMAC
RICARDO REIS CHAIM	SABESP
CARLOS PINTO DEL MAR	SECOVI/SINDUSCON
CARLOS ALBERTO DE MORAES BORGES (COORDENADOR)	SECOVI
RONEY HONDA MARGUTTI	SIAMFESP
DANIEL DE LUCAS	SINAPROCIM/SINAPROCIM
ANDERSON A OLIVEIRA	SINAPROCIM/SINAPROCIM
ALEXANDRE LUIS DE OLIVEIRA	SINDUSCON-SP/DMO



JORGE BATLOUNI NETO	SINDUSCON-SP/TECNUM
LUIZ FERNANDO BUENO	SINDUSCON-SP/GAFISA
MAURÍCIO L. BIANCHI	SINDUSCON-SP/BKO
PAULO EDUARDO F. DE CAMPOS	SINDUSCON-SP/SECOVI/CBIC
SALVADOR BENEVIDES	SINDUSCON-SP/PROJETO
SIMONE NAKAMOTO	TESIS
LUIZ HENRIQUE CEOTTO	THISMAN SPEYER PROPERTIES
FERNANDO LENTE ANDRADE	TIGRE S/A
HELI ALVES GARCIA	TUPY FUNDIÇÕES
NEIDE M. N. SATO	UNINOVE
MARCOS STORTE	VIAPOL





## **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho**

### **Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**

*Residential buildings up to five storied – Performance – Part 2: Requirements for structural systems*

Palavras-chave: Desempenho. Edifício habitacional. Sistema estrutural.  
Descriptors: Performance. Residential buildings. Structural system.

## **Sumário**

### **Prefácio**

- 1 **Escopo**
- 2 **Referências normativas**
- 3 **Termos e definições**
- 4 **Exigências do usuário**
- 5 **Incumbência dos intervenientes**
- 6 **Avaliação do desempenho**
- 7 **Segurança estrutural**
- 8 **Segurança contra incêndio**
- 9 **Segurança ao uso e operação**
- 10 **Estanqueidade**
- 11 **Desempenho térmico**
- 12 **Desempenho acústico**
- 13 **Desempenho lumínico**
- 14 **Durabilidade e Manutenibilidade**
- 15 **Saúde, Higiene e qualidade do ar**
- 16 **Funcionalidade e acessibilidade**
- 17 **Conforto táctil e antropodinâmico**
- 18 **Adequação ambiental**

**ANEXO A (normativo) Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto**

- A.1 **Princípio**
- A.2 **Diretrizes**
- A.3 **Aparelhagem**
- A.4 **Preparação dos corpos-de-prova**
- A.5 **Procedimento**
- A.6 **Expressão dos resultados**
- A.7 **Relatório de ensaio**

**ANEXO B (normativo) Modelagem matemática do comportamento para as deformações de serviço**

- B.1 **Princípio**
- B.2 **Diretrizes**
- B.3 **Aparelhagem**
- B.4 **Preparação dos corpos-de-prova**
- B.5 **Procedimento**
- B.6 **Expressão dos resultados**
- B.7 **Relatório de ensaio**

**ANEXO C (normativo) Ensaio de impacto de corpo-mole**



- C.1 Princípio**
- C.2 Diretrizes**
- C.3 Aparelhagem**
- C.4 Preparação dos corpos-de-prova**
- C.5 Procedimento**
- C.6 Expressão dos resultados**
- C.7 Relatório de ensaio**
- ANEXO D (normativo) Ensaio de impacto de corpo duro**
- D.1 Princípio**
- D.2 Diretrizes**
- D.3 Aparelhagem**
- D.4 Preparação dos corpos-de-prova**
- D.5 Procedimento**
- D.6 Expressão dos resultados**
- D.7 Relatório de ensaio**
- ANEXO E (informativo) Níveis de desempenho**
- E.1 Generalidades**
- E.2 Impacto de corpo mole**
- E.3 Impacto de corpo duro**

## **Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As normas brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), 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 e ABNT/ONS, circulam para Consulta Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

## **Introdução**

A abordagem desta Norma explora conceitos que muitas vezes não são considerados em Normas prescritivas específicas como, por exemplo, a durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação, o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

A inter-relação entre Normas de desempenho e Normas prescritivas deve possibilitar o atendimento às exigências do usuário, com soluções tecnicamente adequadas e economicamente viáveis.

Todas as disposições contidas nesta Norma, aplicáveis a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos e a sistemas, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam às instruções específicas do respectivo Manual de operação, uso e manutenção.

Requisitos e critérios particularmente aplicáveis a determinado sistema são tratados separadamente em cada Parte desta Norma.

Objetivamente, esta Norma visa alavancar tecnicamente a qualidade requerida e a oferta de moradias, ao estabelecer regras para avaliação do desempenho de imóveis habitacionais, auxiliando nas análises que definem o financiamento de imóveis e possibilitando adequações nos procedimentos de execução, uso e manutenção dos imóveis.



Esta Parte 2 do Projeto 02:136.01-001 trata dos requisitos para os sistemas estruturais aplicáveis a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos com respeito ao desempenho estrutural, analisado do ponto de vista dos estados limites último e de serviço pelo método semi-probabilístico de projeto estrutural.

Esta Norma considera as solicitações características de acordo com as prescrições das ABNT NBR 8681, ABNT NBR 6120 e ABNT NBR 6123, simulando 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 tem como premissa assegurar a durabilidade quando da utilização normal da estrutura, limitando a formação de fissuras, a magnitude das deformações e a ocorrência de falhas localizadas que possam prejudicar os níveis de desempenho previstos para a estrutura e os demais elementos e componentes que constituem a edificação, incluindo as instalações hidrossanitárias e demais sistemas prediais.

Outros aspectos do desempenho que condigam com a sua inserção no meio habitacional, tais como: segurança contra incêndio, segurança no uso e operação, estanqueidade, conforto térmico, conforto acústico, conforto lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico e adequação ambiental estão tratados mais propriamente na Parte 1 desta Norma.

## 1 Escopo

**1.1** Esta Norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural do edifício habitacional de até cinco pavimentos, como um todo integrado, e que podem ser avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas estruturais específicos, considerando os estados limites último e de serviço.

**1.2** Os requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma podem ser aplicados a edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos, excetuados aqueles que dependem diretamente da altura do edifício habitacional, desde que atendidas as normas prescritivas específicas.

## 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5629, *Execução de tirantes ancorados no terreno*

ABNT NBR 5674, *Manutenção de edificações*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto*

ABNT NBR 6120, *Cargas para o cálculo de estruturas de edificações*

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações*

ABNT NBR 6123, *Forças devidas ao vento em edificações*

ABNT NBR 7190, *Projeto de estruturas de madeira*

ABNT NBR 8681, *Ações e segurança nas estruturas*

ABNT NBR 8800, *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (método dos estados limites)*

ABNT NBR 9062, *Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*

ABNT NBR 10837, *Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*

ABNT NBR 11682, *Estabilidade de taludes*

ABNT NBR 13532, *Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura*

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

ABNT NBR 14718, *Guarda-corpos para edificação*

ABNT NBR 14762, *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio*

Projeto 02:136.01.001/1, *Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1:Requisitos gerais*



Projeto 02:136.01.001/3, *Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos*

Projeto 02:136.01.001/4, *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Requisitos para as vedações verticais internas e externas*

Projeto 02:136.01.001/5, *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas*

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

### **3 Termos e definições**

Para os efeitos desta Parte aplicam-se as definições apresentadas na Parte 1 desta Norma, as constantes da ABNT NBR 8681 e as seguintes:

#### **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 sistema ou elemento, por fissuração, deslocamentos acima de limites aceitáveis, avarias no sistema ou no elemento estrutural ou nas interfaces com outros sistemas ou elementos.

#### **3.4 deformação**

variação 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, provocada 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).

#### **3.8 estado inaceitável de fissuração**

ocorrência de fissura isolada ou de fissuras múltiplas, ativas ou passivas, que repercutam em não atendimento a qualquer um dos critérios desta Norma.



### 3.9

#### **trinca**

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

### 3.10

#### **mossa**

vestígio de pancada ou pressão.

## 4 Exigências do usuário

Ver Parte 1 desta Norma.

## 5 Incumbência dos intervenientes

Ver Parte 1 desta Norma.

## 6 Avaliação do desempenho

Ver Parte 1 desta Norma.

## 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 e outros), aos seguintes requisitos gerais:

- a) não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal do edifício, previsíveis na época do 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 e acabamentos;
- e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f) cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno do edifício.

### 7.2 Requisito – Estabilidade e resistência 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 ABNT NBR 8681, ABNT NBR 6120, ABNT NBR 6122 e ABNT 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 apresentem 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 desta Norma.

## 7.2.2 Métodos de avaliação

Análise do projeto conforme 7.2.2.1 ou 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, quando aplicáveis: ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6120, ABNT NBR 6122, ABNT NBR 6123, ABNT NBR 7190, ABNT NBR 8681, ABNT NBR 8800, ABNT NBR 9062, ABNT NBR 10837, ABNT 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 6,0 m (desde o respaldo da fundação de cota mais baixa até o topo da cobertura), não há necessidade de atendimento às dimensões mínimas dos componentes estruturais estabelecidas nas normas de projeto estrutural específicas (ABNT NBR 6118, ABNT NBR 7190, ABNT NBR 8800, ABNT NBR 9062, ABNT NBR 10837, ABNT NBR 14762), resguardada a demonstração da segurança e estabilidade pelos ensaios previstos nesta Norma (7.2.2.2 e 7.4), bem como atendidos os demais requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma.

Na inexistência de norma técnica brasileira de projeto estrutural específica para o tipo de estrutura analisado, pode ser aceito o atendimento aos respectivos Eurocódigos, em sua última versão, ou a demonstração da estabilidade e da segurança estrutural através de cálculos, modelos e ensaios, respeitado o estabelecido em 7.2.2.2.

### 7.2.2.2 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, para fins desta 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 apresentar a justificativa dos fundamentos técnicos com base em normas brasileiras ou, em sua ausência, com base nos Eurocódigos ou em ensaios conforme 7.2.2.2.



### 7.2.4 Nível de desempenho

O cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

### 7.3 Requisito – Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural

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

NOTA Com o atendimento a este requisito a probabilidade de ocorrência de danos inaceitáveis tende a ser mínima.

#### 7.3.1 Critério – Estados limites de serviço

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:

- deslocamentos maiores que os estabelecidos nas normas de projeto estrutural (ABNT NBR 6118, ABNT NBR 7190, ABNT NBR 8800, ABNT NBR 9062, ABNT NBR 10837, ABNT NBR 14762) ou, na falta de norma específica, usar as Tabelas 1 ou 2;
- fissuras com aberturas maiores que os limites indicados nas ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, ou outra norma específica para o método construtivo adotado ou abertura superior a 0,6 mm em qualquer situação.

NOTA A Tabela 1 apresenta limitações de desempenho genéricas e abrangentes, objetivando preservar os elementos estruturais através de uma modelagem detalhada. A Tabela 2 é expedita e inclui as expectativas com relação a deformações dependentes do tempo.

**Tabela 1 — Deslocamentos limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral**

Razão da limitação	Elemento	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* é a altura do elemento estrutural  
*L* é o vão teórico do elemento estrutural  
<sup>(1)</sup> 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)

Parcela de carga permanente sobre vigas e lajes		Flecha imediata <sup>1)</sup>			Flecha final (total) <sup>3)</sup>
		$S_{gk}$	$S_{qk}$	$S_{gk} + 0,7 S_{qk}$	$S_{gk} + 0,7 S_{qk}$
Paredes monolíticas, em alvenaria ou painéis unidos ou rejuntados com material rígido	Com aberturas <sup>2)</sup>	$L / 1000$	$L / 2800$	$L / 800$	$L / 400$
	Sem aberturas	$L / 750$	$L / 2100$	$L / 600$	$L / 340$
Paredes em painéis com juntas flexíveis, divisórias leves, gesso acartonado	Com aberturas <sup>2)</sup>	$L / 1050$	$L / 1700$	$L / 730$	$L / 330$
	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 inclinação $i \geq 2\%$		$L / 850$	$L / 1400$	$L / 600$	$L / 320$
Vigas calha com inclinação $i \geq 2\%$		$L / 750$	-	-	$L / 300$

$L$  é o vão teórico  
<sup>1)</sup> Para vigas e lajes em balanço admite-se deslocamentos correspondentes a 1,5 vezes os respectivos valores indicados.  
<sup>2)</sup> 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".  
<sup>3)</sup> Para a verificação dos deslocamentos na flecha final, reduzir a rigidez dos elementos analisados pela metade.

### 7.3.2 Método de avaliação

Atendimento aos valores das normas brasileiras específicas ou das Tabelas 1 ou 2. Caso esses valores não sejam atendidos, proceder à análise do projeto cumprindo o estabelecido em 7.3.2.1 ou 7.3.2.2.

#### 7.3.2.1 Cálculos

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

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

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

Na avaliação dos deslocamentos, cujos limites são apresentados nas normas brasileiras de projeto estrutural ou na Tabela 1, 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 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, para fins desta Norma, estabelecer uma modelagem matemática do comportamento conjunto para as deformações de serviço através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B.

Os elementos estruturais devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando o gráfico: carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B, de forma a serem caracterizados em cada ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelecer uma falha.

### 7.3.3 Nível de desempenho

O cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

## 7.4 Requisito: Impactos de corpo mole e corpo duro

Não sofrer ruptura ou instabilidade sob as energias de impacto indicadas nas Tabelas 3 a 5. São dispensadas da verificação deste requisito as estruturas projetadas conforme as ABNT NBR 6118, ABNT NBR 7190, ABNT NBR 8800, ABNT NBR 9062, ABNT NBR 10837, ABNT NBR 14762, respeitado 7.2.2.1.

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 limite de serviço e à 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 3 a 5, 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  $d_{vr}$ ), sendo que  $h$  se refere ao deslocamento horizontal e  $v$  se refere ao deslocamento vertical, para o nível mínimo de são apresentados nas Tabelas 3 a 5. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, são recomendados os valores constantes no Anexo E para os níveis de desempenho intermediário (*I*) e superior (*S*).



**Tabela 3 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada do edifício, em exteriores acessíveis ao público – Impacto de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas 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
180	Não ocorrência de falhas
120	Não ocorrência de falhas

**Tabela 4 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior do edifício e na fachada – Impacto de corpo mole aplicado na face interna, ou seja, de dentro para fora**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
360	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
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 5 — Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
360	Não ocorrência de falhas
240	Não ocorrência de falhas Limitação de deslocamento vertical $d_v \leq L/300$ ; $d_{vr} \leq L/900$
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 elementos estruturais devem ser feitas 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.

##### 7.4.1.1.2 Componentes específicos

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

- a) os elementos estruturais localizados na fachada do edifício, em exteriores acessíveis ao público, devem ser submetidos a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120 J, 180 J, 240 J, 360 J e 480J (níveis *M*, *I* ou *S*);
- b) os elementos estruturais localizados no interior do edifício e na fachada devem ser submetidos a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120 J, 180 J, 240 J, 360 J e 480 J (níveis *M*, *I* ou *S*);
- c) os elementos estruturais de piso devem ser submetidos a um impacto para cada uma das energias especificadas, ou seja: 120 J, 180 J, 240 J, 360 J, 480 J e 720J (nível *M*); 120 J, 180 J, 240 J, 360 J, 480 J, 720 J e 960 J (níveis *I* ou *S*);
- d) os guarda-corpos instalados em terraços, coberturas etc , devem atender as exigências da NBR 14718;
- e) para os componentes estruturais leves, ou seja aqueles com massa específica menor ou igual a  $1200 \text{ kg/m}^3$  ou peso próprio menor ou igual a  $60 \text{ kg/m}^2$ , admite-se deslocamentos instantâneos equivalentes ao dobro dos valores indicados nas Tabelas 4 e 5.

##### 7.4.1.3 Nível de desempenho

O cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

#### 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 traspassamento sob qualquer energia de impacto, sendo tolerada a ocorrência de fissuras, lascamentos e outros danos em impactos de segurança. As Tabelas 6 a 8 apresentam os critérios de desempenho. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, são recomendados os valores constantes no Anexo E para os níveis de desempenho intermediário (*I*) e superior (*S*).



**Tabela 6 — Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro na face externa de elementos estruturais localizados na fachada do edifício e nas faces externas acessíveis ao público**

<b>Energia de impacto<sup>1)</sup> de corpo duro J</b>	<b>Critério de desempenho</b>
3,75	Não ocorrência de falhas Mossas com qualquer profundidade
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações

<sup>(1)</sup> Sentido do impacto de fora para dentro

**Tabela 7 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior do edifício e na fachada**

<b>Energia de impacto<sup>1)</sup> de corpo duro J</b>	<b>Critério de desempenho</b>
2,5	Não ocorrência de falhas Mossas com qualquer profundidade
10	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações

<sup>1)</sup> Sentido do impacto de dentro para fora, aplicado na face interna.

**Tabela 8 — Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em pisos**

<b>Energia de impacto de corpo duro J</b>	<b>Critério de desempenho</b>
5	Não ocorrência de falhas Mossas com qualquer profundidade
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 depressão 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.

Os guarda-corpos instalados em terraços, coberturas e outros, devem atender as exigências da NBR 14718;

#### 7.4.2.2 Nível de desempenho

O cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

### 8 Segurança contra incêndio

Ver Parte 1 desta Norma.

### 9 Segurança ao uso e operação

Ver Parte 1 desta Norma.

### 10 Estanqueidade

Ver Parte 1 desta Norma.

### 11 Desempenho térmico

Ver Parte 1 desta Norma.

### 12 Desempenho acústico

Ver Parte 1 desta Norma.

### 13 Desempenho lumínico

Ver Parte 1 desta Norma.

## 14 Durabilidade e Manutenibilidade

### 14.1 Requisito - Durabilidade do sistema estrutural

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

#### 14.1.1 Critério – Vida útil de projeto do sistema estrutural

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

#### 14.1.2 Método de avaliação

A comprovação do atendimento aos critérios de 14.1.1 deve ser feita pela análise do projeto ou por ensaios ou por aplicação de modelos conforme explicitado a seguir:

- a) análise do projeto, considerando a adequação dos materiais, detalhes construtivos adotados visando o atendimento às disposições previstas nas normas específicas utilizadas 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 SO<sub>2</sub>, Wheater-O-Meter, e outros); ou
- c) aplicação de modelos para previsão do avanço de frentes de carbonatação, cloretos, corrosão 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 cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

#### 14.2 Requisito – Manutenção do sistema estrutural

A fim de que seja alcançada a durabilidade projetada para a estrutura e seus elementos, conforme Parte 1 desta Norma 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 ao manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador ou construtora e às boas práticas, de acordo com a ABNT NBR 5674.

##### 14.2.1 Critério – Manual de operação, uso e manutenção do sistema estrutural

O manual de operação, uso e manutenção do sistema estrutural deve prever:

- 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 e outros);
- b) periodicidade, forma de realização e forma de registro das inspeções prediais;
- 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.

##### 14.2.2 Método de avaliação

Verificação do atendimento às diretrizes das normas ABNT NBR 5674 e ABNT NBR 14037 constantes do manual de operação, uso e manutenção das edificações,.

NOTA Esta análise pode levar em consideração as instruções constantes no Anexo D da Parte 1 desta Norma.

##### 14.2.3 Nível de desempenho

O cumprimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (*M*).

#### 15 Saúde, Higiene e qualidade do ar

Ver Parte 1 desta Norma.

#### 16 Funcionalidade e acessibilidade

Ver Parte 1 desta Norma.

#### 17 Conforto tátil e antropodinâmico

Ver Parte 1 desta Norma.

#### 18 Adequação ambiental

Ver Parte 1 desta Norma.

## Anexo A (normativo)

### Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto

#### A.1 Princípio

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

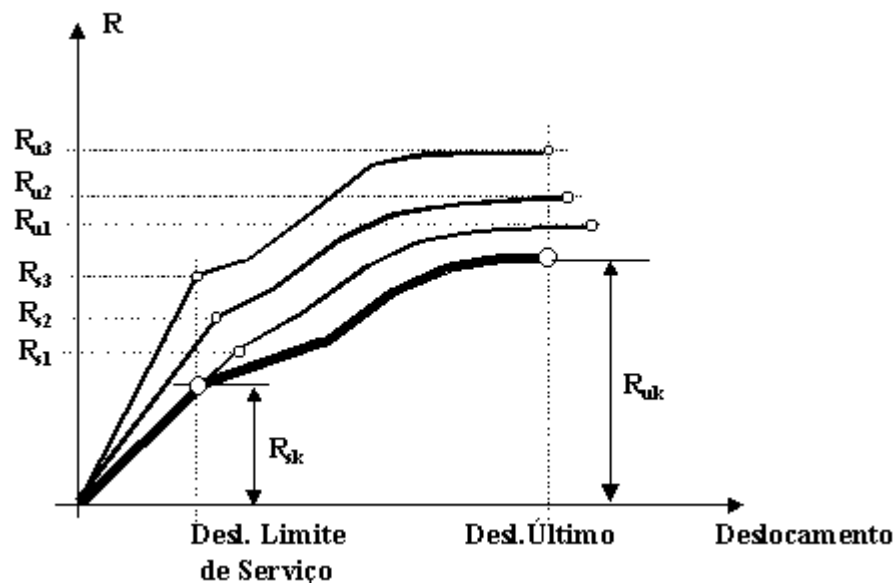


Figura A.1 – Gráfico carga x deslocamento para determinação de  $R_{ud}$  e  $R_{sd}$  por meio de ensaios

#### A.2 Diretrizes

Estabelecer a resistência mínima de projeto para os sistemas estruturais ou componentes em que não há norma brasileira de projeto de sistemas que não possuem modelagem matemática conhecida e consolidada por experimentação.

#### A.3 Aparelhagem

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

#### A.4 Preparação dos corpos-de-prova

A.4.1 Confeccionar os elementos estruturais com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais do processo construtivo a ser adotado no canteiro de obras.

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

$$\frac{t}{30} \geq 1 \text{ cm}$$

onde:

$t$  é igual à menor dimensão do elemento estrutural (normalmente a espessura).

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

## A.5 Procedimento

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

A.5.2 Caracterizar os componentes, pelas resistências  $R_{u1}$ ,  $R_{u2}$  e  $R_{u3}$ , resultados das resistências últimas observadas nos ensaios

A.5.3 Ensaiair conforme as condições de solitação a que se pretende submetê-los na edificação.

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

## A.6 Expressão dos resultados

### A.6.1 Resistência de projeto no estado limite último (ELU)

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

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

com  $\gamma_m \geq 1,5$

onde:

$$\xi = [(1 + *_{uA}) \cdot (1 + *_{uB}) \cdot (1 + *_{uC}) \dots]$$

(5)

sendo:

\*<sub>uA</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a  $R_{ud}$ ;

\*<sub>uB</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a  $R_{ud}$ ;

\*<sub>uC</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a  $R_{ud}$ .

### A.6.2 Casos particulares

No caso de edificações térreas e sobrados cuja altura total não supere 6,0 m, não sendo possível realizar, por motivos técnicos ou de viabilidade econômica, o controle sistemático dos materiais A, B, C e outros, permite-se prescindir da obtenção estatística de \*<sub>sA</sub>, \*<sub>sB</sub>, \*<sub>sC</sub> etc, desde que se adote  $\xi = 1,5$  e  $\gamma_m = 2,0$ ;

### A.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  $R_{ud}$ . Desta forma deve-se comprovar a condição:

$$S_d \leq R_{ud}$$

com  $S_d$  determinado conforme NBR 8681.

### A.6.4 Validade

Para conservar válida a expressão de  $R_{ud}$ , as resistências médias dos materiais *A*, *B*, *C* etc devem estar caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção dos elementos estruturais, de forma que estas médias sejam mantidas.

#### **A.6.5 Estatísticas**

**A.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.

**A.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.

#### **A.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 serviço

#### B.1 Princípio

Ensaios destrutivos, com traçado de diagramas de carga x deslocamento, e registros da história do carregamento conforme indicada na Figura B.1.

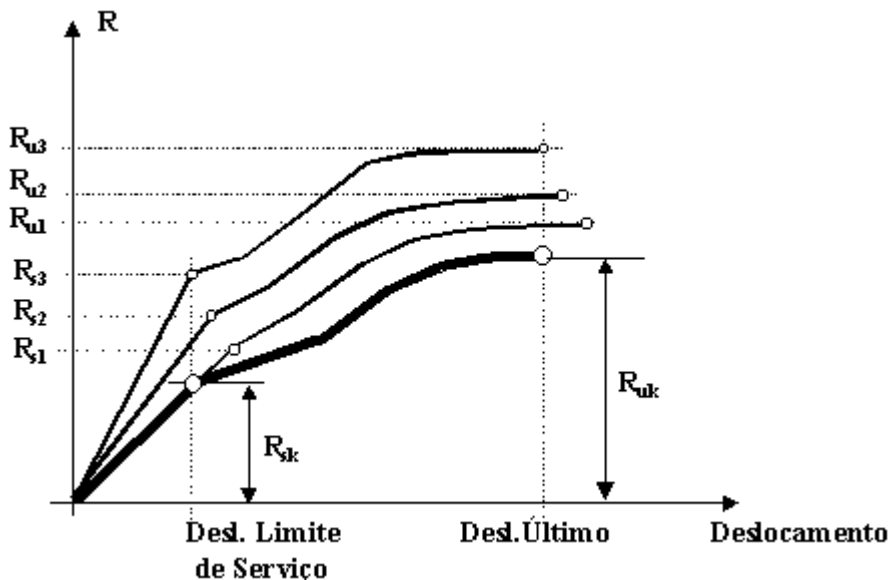


Figura B.1 – Gráfico carga x deslocamento para determinação de  $R_{ud}$  e  $R_{sd}$  por meio de ensaios

#### B.2 Diretrizes

Estabelecer a resistência para a deformação de trabalho para os casos em que não há norma brasileira de projeto de sistemas e que não possuem modelagem matemática conhecida e consolidada por experimentação.

#### B.3 Aparelhagem

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

#### B.4 Preparação dos corpos-de-prova

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

**B.4.2** Para elementos estruturais comprimidos, as cargas devem ser aplicadas com excentricidade:

$$\frac{t}{30} \geq 1 \text{ cm}$$

onde:

$t$  é igual à menor dimensão do elemento estrutural (normalmente a espessura).

**B.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.

## B.5 Procedimento

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

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

**B.5.3** Ensaiai conforme as condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação.

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

## B.6 Expressão dos resultados

### B.6.1 Resistência de serviço

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

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

sendo:

$$\xi = [(1 + *_{sA}) \cdot (1 + *_{sB}) \cdot (1 + *_{sC}) \dots] \quad (9)$$

onde:

\*<sub>sA</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa a  $R_{sd}$ ;

\*<sub>sB</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa a  $R_{sd}$ ;

\*<sub>sC</sub> igual ao coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa a  $R_{sd}$ .

### B.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 \*<sub>sA</sub>, \*<sub>sB</sub>, \*<sub>sC</sub> etc, desde que se venha a fixar  $\xi = 1,5$ .

### B.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 ABNT NBR 8681.

### B.6.4 Validade

Para conservar válida a expressão de  $R_{sd}$ , as resistências médias dos materiais A, B, C etc devem estar caracterizadas para o ensaio, garantindo-se ainda a homogeneidade do processo de produção dos elementos estruturais de forma que estas médias sejam mantidas.



### **B.6.5 Estatísticas**

**B.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.

### **B.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)

### Ensaio de impacto de corpo-mole

#### C.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.

#### C.2 Diretrizes

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

#### C.3 Aparelhagem

Para a realização deste ensaio deve ser empregada a seguinte aparelhagem:

- corpo impactador, com forma e massa ( $m$ ) definidas na NBR 11675;
- defletômetros com resolução de 0,1mm;
- estrutura de apoio rígida.

#### C.4 Preparação dos corpos-de-prova

Confeccionar os elementos com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo.

#### C.5 Procedimento

Conduzir o ensaio no corpo-de-prova tipo, aplicando energias de impacto indicadas na Tabela C.1.

Tabela C.1 – Massa de corpo mole, altura e energia do impacto

Impacto	$m$ kg	$h$ m	$E$ J
Aplicar 1 impacto de corpo mole, de acordo com a ABNT NBR 11675, 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

#### C.6 Expressão dos resultados

Medição dos deslocamentos horizontal e vertical ( $d_h$  e  $d_v$ ) e residuais ( $d_{hr}$  e  $d_{vr}$ ), em milímetros, incluindo observação visual das falhas, fissuras, destacamentos e ruínas.

#### C.7 Relatório de ensaio

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

- identificação do solicitante;
- 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)

### Ensaio de impacto de corpo duro

#### D.1 Princípio

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

#### D.2 Diretrizes

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

#### D.3 Aparelhagem

Para a realização deste ensaio deve ser empregada a seguinte aparelhagem:

- corpo impactador – esfera de aço maciça com massa de 1kg;
- corpo impactador – esfera de aço maciça com massa de 0,5kg;
- paquímetros com resolução de 0,1mm.

#### D.4 Preparação dos corpos-de-prova

Confeccionar os elementos com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais ao processo.

#### D.5 Procedimento

**D.5.1** 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.

**D.5.2** Para cada energia especificada são aplicados dez impactos, em pontos ou seções representativas do elemento (seções enfraquecidas etc).

**D.5.3** As condições de ensaio relativas às massas do corpo duro ( $m$ ), alturas de queda ( $h$ ) e energias de impacto ( $E$ ) estão apresentadas na Tabela D.1.

**Tabela D.1 – Massa de corpo duro, altura e energia do impacto**

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

#### D.6 Expressão dos resultados

Medição das profundidades das mossas, em milímetros, incluindo observação visual das falhas, fissuras, destacamentos e ruínas.

#### D.7 Relatório de ensaio

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

- 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) profundidades das moedas;
- h) análise visual;
- i) fotos;
- j) destacamentos, desagregação, fissuras
- k) nível de desempenho
- l) data do ensaio;
- m) referência a esta Norma;
- n) registros sobre eventos não previstos no decorrer dos ensaios.



**Anexo E**  
(Informativo)  
**Níveis de desempenho**

**E.1 Generalidades**

**E.1.1** Esta Norma estabelece os níveis mínimos (*M*) de desempenho, que são obrigatórios para o atendimento de cada requisito.

**E.1.2** Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, são indicados os níveis de desempenho intermediário (*I*) e superior (*S*).

**E.1.3** Recomenda-se que o construtor ou incorporador informem o nível de desempenho dos sistemas que compõem o edifício habitacional, quando exceder ao nível mínimo (*M*).

**E.2 Impacto de corpo mole**

As Tabelas E.1 a E.3 apresentam os critérios de desempenho recomendados para os resultados máximos obtidos em ensaios de impacto de corpo mole, para os níveis de desempenho intermediário (*I*) e superior (*S*). Os valores obrigatórios estabelecidos para o nível mínimo, conforme 7. 4.2, aparecem na Tabela para fins comparativos.



Tabela E.1 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada do edifício, em exteriores acessíveis ao público – Impacto de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro

Energia de impacto de corpo mole J	Critério 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 E.2 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior do edifício e na fachada – Impacto de corpo mole aplicado na face interna, ou seja, de dentro para fora

Energia de impacto de corpo mole J	Critério 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 $d_{hr} \leq h/1000$ 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 E.3 — Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério 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 $d_v \leq L/300$ ; $d_{vr} \leq L/900$		✓	✓
360	Não ocorrência de falhas	✓		
240	Não ocorrência de falhas Limitação de deslocamento vertical $d_v \leq L/300$ ; $d_{vr} \leq L/900$	✓	✓	✓
120	Não ocorrência de falhas	✓	✓	✓

### E.3 Impacto de corpo duro

As Tabelas E.4 a E.6 apresentam os critérios de desempenho recomendados para os resultados máximos obtidos em ensaios de impacto de corpo duro, para os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S). Os valores obrigatórios estabelecidos para o nível mínimo, conforme 7. 4.2, aparecem na Tabela para fins comparativos.



Tabela 9 — Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro na face externa de elementos estruturais localizados na fachada do edifício e nas faces externas acessíveis ao público

Energia de impacto <sup>1)</sup> de corpo duro J	Critério de desempenho	Nível de desempenho
3,75	Não ocorrência de falhas Mossas com qualquer profundidade	<i>M</i>
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
3,75	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 5$ mm	<i>I</i>
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
3,75	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 2$ mm	<i>S</i>
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

<sup>(1)</sup> Sentido do impacto de fora para dentro



Tabela 10 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior do edifício e na fachada

Energia de impacto <sup>1)</sup> 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 moossa: $p \leq 5$ 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 moossa: $p \leq 2$ mm	S
10	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

<sup>1)</sup> Sentido do impacto de dentro para fora, aplicado na face interna.

Tabela 11 — 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 moossa: $p \leq 5$ mm	I
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
5	Não ocorrência de falhas Profundidade da moossa: $p \leq 2$ mm	S
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	