

ABNT NBR 15575-2:2013

3.10

trinca

expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras conforme 3.7

3.11

mossa

vestígio de pancada ou pressão

3.12

estado-limite último

estado crítico em que o SVVIE não mais atende aos critérios de desempenho relativos à segurança, ou seja, é o momento a partir do qual ocorre rebaixamento perigoso dos níveis de segurança, com risco de colapso ou ruína do SVVIE. A ruína pode ser caracterizada pela ruptura, pela perda de estabilidade, por deformações ou fissuras excessivas

3.13

estado-limite de serviço

estado de solicitação do SVVIE a partir do qual começam a ser prejudicadas a funcionalidade, a utilização e/ou a durabilidade do sistema, configurando-se, em geral, pela presença de deslocamentos acima de limites preestabelecidos, aparecimento de fissuras e outras falhas

4 Requisitos do usuário

Ver ABNT NBR 15575-1.

5 Incumbências dos intervenientes

Ver ABNT NBR 15575-1.

6 Avaliação de desempenho

Ver ABNT NBR 15575-1.

7 Segurança estrutural

7.1 Requisitos gerais para a edificação habitacional

Atender, durante a 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 qualquer de suas partes;
- b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, permitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;

- d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissura de vedação e acabamentos;
- e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem prejudicar o funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f) atender às disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativas às interações com o solo e com o entorno da edificação.

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

O manual do proprietário deve conter as informações relativas às sobrecargas limitantes no uso das edificações.

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 carga 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 às disposições aplicáveis das normas que abordam a estabilidade e a segurança estrutural para todos os componentes estruturais da edificação habitacional, incluindo-se as obras geotécnicas.

Devem ser necessariamente consideradas nos projetos as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devido 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.

NOTA 1 Para efeitos do estado-limite último, podem ser desprezadas as solicitações devido à retração por secagem, onde aplicável, caso os materiais apresentem índices de retração livre em corpos de prova de laboratório inferiores a 0,06 %.

NOTA 2 Para efeitos do estado-limite último, podem ser desprezadas as solicitações devido 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 m, levar em consideração somente para valores acima de $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

NOTA 3 Para efeitos do estado-limite último, podem ser desprezadas as solicitações devido 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 foram 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.

ABNT NBR 15575-2:2013

7.2.2.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais da edificação habitacional deve ser feita com base nas seguintes Normas, quando aplicáveis: ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6120, ABNTNBR6122, ABNTNBR6123, ABNTNBR7190, ABNTNBR8681, ABNTNBR8800, ABNTNBR9062, ABNT NBR 15961, ABNT NBR 15812.

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 a laje ou forro do segundo pavimento), 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 15961 e ABNT NBR 14762), resguardada a demonstração da segurança e a 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 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 Brasileira, permite-se, para os efeitos desta Norma, desde que aplicado a edificações habitacionais de até cinco pavimentos, estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga \times 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 atendimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (M).

7.3 Requisito – Deformações ou estados de fissura 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 da edificação, 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 podem 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 15961 e ABNT NBR 14762) ou, na falta de Norma Brasileira específica, utilizar 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 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	Deslocamentolimites	Tipo de deslocamento
Visual/insegurança psicológica	Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)	L/250 ou H/300 ^a	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 ^a	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 ^a	
<p>H - é a altura do elemento estrutural. L - é o vão teórico do elemento estrutural.</p> <p>^a 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.</p> <p>NOTA. Não podem ser aceitas falhas, a menos aquelas que estejam dentro dos limites previstos nas normas prescritivas específicas.</p>			

ABNT NBR 15575-2:2013

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

Parcela de carga permanente sobre vigas e lajes		Flecha imediata ^a			Flecha final (total) ^c
		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 ^b	L/1 000	L/2 800	L/800	L/400
	Sem aberturas	L/750	L/2 100	L/600	L/340
Paredes em painéis com juntas flexíveis, divisórias leves, gesso acartonado	Com aberturas ^b	L/1 050	L/1 700	L/730	L/330
	Sem aberturas	L/850	L/1 400	L/600	L/300
Pisos	Constituídos e/ou revestidos com material rígido	L/700	L/1 500	L/530	L/320
	Constituídos e/ou revestidos com material flexível	L/750	L/1 200	L/520	L/280
Forros	Constituídos e/ou revestidos com material rígido	L/600	L/1 700	L/480	L/300
	Forros falsos e/ou revestidos com material flexível	L/560	L/1 600	L/450	L/260
Laje de cobertura impermeabilizada, com inclinação $i \geq 2\%$		L/850	L/1 400	L/600	L/320
Vigas calha com inclinação $i \geq 2\%$		L/750	–	–	L/300
<p>L é o vão teórico.</p> <p>^a Para vigas e lajes em balanço, são permitidos deslocamentos correspondentes a 1,5 vez os respectivos valores indicados.</p> <p>^b 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 “sem aberturas”.</p> <p>^c Para a verificação dos deslocamentos na flecha final, reduzir a rigidez dos elementos analisados pela metade.</p>					

7.3.2 Método de avaliação

Atendimento aos valores das Normas Brasileiras específicas ou das Tabelas 1 ou 2. Caso estes valores não sejam atendidos, proceder à análise do projeto, atendendo ao estabelecido em 7.3.2.1 ou 7.3.2.2.

7.3.2.1 Cálculos

A análise do projeto dos componentes estruturais da edificação 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 15961 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 ABNT NBR 8681.

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

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

Na avaliação dos deslocamentos, cujos limites são apresentados nas Normas Brasileiras de projeto estrutural ou na Tabela 1, devem ser levadas em consideração as deformações imediatas e as diferidas no tempo.

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

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 os efeitos desta Norma, desde que aplicado a edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, estabelecer uma modelagem matemática do comportamento conjunto para as deformações de serviço através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga \times 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 \times 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 atendimento 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 15961 e ABNT NBR 14762, respeitado o descrito em 7.2.2.1.

NOTA 1 A resistência aos impactos de corpo mole e duro, que podem ser produzidos durante a utilização da edificação habitacional, traduz-se na resistência à energia de impacto a ser aplicada em componentes estruturais responsáveis pela segurança da edificação.

NOTA 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 podem 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.

ABNT NBR 15575-2:2013

As limitações de deslocamentos instantâneos (d_h ou d_v) e residuais (d_{hr} ou d_{vr}), sendo que h refere-se ao deslocamento horizontal e v refere-se ao deslocamento vertical, para o nível mínimo, são apresentadas nas Tabelas 3 a 5. Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, são recomendados os valores constantes no Anexo D para os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S).

Tabela 3 – Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada da edificação, 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 mínimo – M
960	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
720	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
480	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
360	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
240	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ 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 da edificação e na fachada – Impacto de corpo mole aplicado na face interna, ou seja, de dentro para fora

Elemento	Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho mínimo – M
Elementos estruturais situados na fachada	480	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
	240	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
	180	Não ocorrência de falhas
	120	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga
Elementos estruturais situados no interior da edificação	360	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
	240	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
	180	Não ocorrência de falhas
	120	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar. $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga.

ABNT NBR 15575-2:2013

Tabela 5 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho mínimo – M
960	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
720	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
480	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações
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 – Verificações

As verificações da resistência e o deslocamento dos elementos estruturais devem ser feitos 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 e vinculações, conforme método de ensaio indicado no Anexo C, para pisos, ou conforme o método de ensaio indicado na ABNT NBR 11675, para paredes.

7.4.1.2 Componentes específicos

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

- os guarda-corpos instalados em terraços, coberturas etc. devem atender aos requisitos da ABNT NBR 14718;
- para os componentes estruturais leves, ou seja, aqueles com massa específica menor ou igual a $1\,200\text{ kg/m}^3$ ou peso próprio menor ou igual a 60 kg/m^2 , são permitidos deslocamentos instantâneos equivalentes ao dobro dos valores indicados nas Tabelas 4 e 5.

7.4.1.3 Nível de desempenho

O atendimento dos requisitos estabelecidos corresponde ao nível de desempenho mínimo (M), apresentados nas Tabelas 3 a 5.

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 estruturais da edificação não podem 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 D para os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S).

Os impactos com maiores energias referem-se ao estado-limite último, e os de menores energias referem-se aos estados-limites de utilização.

Tabela 6 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro na face externa de elementos estruturais localizados na fachada da edificação e nas faces externas acessíveis ao público

Energia de impacto^a de corpo duro J	Critério de desempenho mínimo – M
3,75	Não ocorrência de falhas no elemento estrutural (estado-limite de serviço) Permitidas: Mossas com qualquer profundidade
20	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais como mossas, fissuras, lascamentos e desagregações
^a Sentido do impacto de fora para dentro.	

Tabela 7 – Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior da edificação e na fachada

Energia de impacto^a de corpo duro J	Critério de desempenho mínimo – M
2,5	Não ocorrência de falhas no elemento estrutural (estado-limite de serviço) Permitidas: Mossas com qualquer profundidade
10	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais como mossas, fissuras, lascamentos e desagregações
^a Sentido do impacto de dentro para fora, aplicado na face interna.	

ABNT NBR 15575-2:2013**Tabela 8 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em pisos**

Energia de impacto de corpo duro J	Critério de desempenho mínimo - M
5	Não ocorrência de falhas no elemento estrutural (estado-limite de serviço) Permitidas: Mossas com qualquer profundidade
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas: falhas superficiais como mossas, fissuras, lascamentos 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 na ABNT NBR 15.575-3 Anexo A, para pisos ou conforme o método de ensaio indicado na ABNT NBR 15.575-4 Anexo B, para paredes.

Os guarda-corpos instalados em terraços, coberturas e outros devem atender aos requisitos da ABNT NBR 14718.

7.4.2.2 Nível de desempenho

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

8 Segurança contra incêndio

Ver ABNT NBR 15575-1.

9 Segurança ao uso e operação

Ver ABNT NBR 15575-1.

10 Estanqueidade

Ver ABNT NBR 15575-1.

11 Desempenho térmico

Ver ABNT NBR 15575-1.

12 Desempenho acústico

Ver ABNT NBR 15575-1.

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 \times deslocamento, e registros da história da carga conforme indicado na Figura A.1.

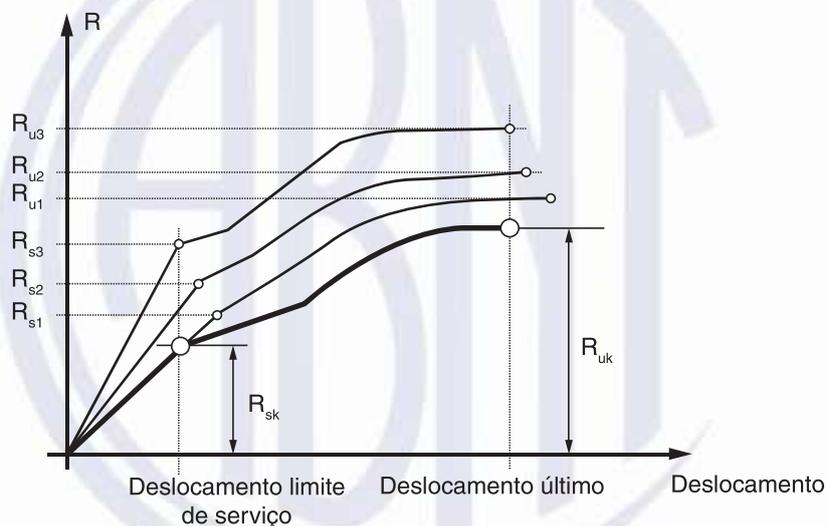


Figura A.1 – Gráfico carga \times deslocamento para determinação de R_{ud} e R_{sd} por meio de ensaios

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 da carga, principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitados.

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.

ABNT NBR 15575-2:2013

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 podem ser obtidos com a 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 carga, 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 Ensaiar conforme as condições de sollicitação a que se pretende submeter os sistemas estruturais ou componentes 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 permitida de projeto, com o seu valor já minorado, deve ser:

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

com $\gamma_m \geq 1,5$

onde

$$\xi = [(1 + *_{uA}) \cdot (1 + *_{uB}) \cdot (1 + *_{uC}) \dots] \quad (2)$$

sendo

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

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

* $_{uC}$ 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 $*_{sA}$, $*_{sB}$, $*_{sC}$ 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 ABNT 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 a 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 pode ser inferior a 2.

A.7 Relatório de ensaio

O relatório de 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 de tipo e sua geometria;
- e) caracterização dos constituintes;
- f) data do recebimento da amostra;

ABNT NBR 15575-2:2013

- 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

Ensaio destrutivo, com traçado de diagramas de carga \times deslocamento, e registros da história da carga, conforme indicado na Figura B.1.

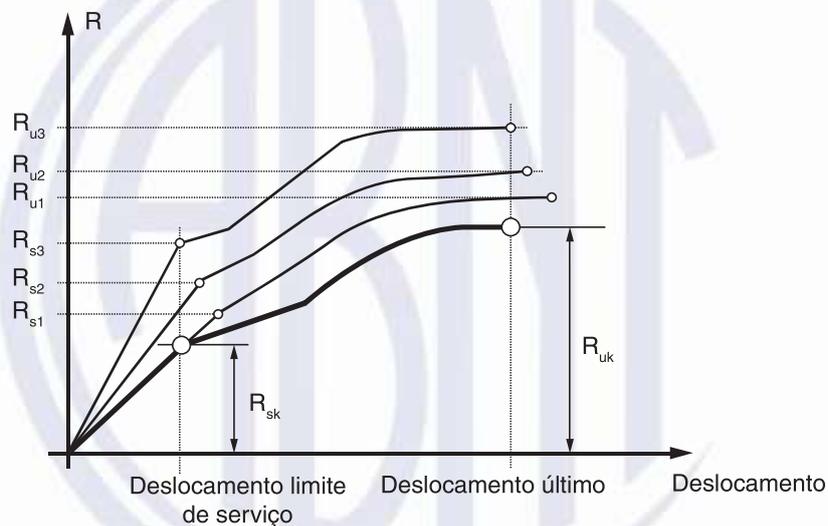


Figura B.1 – Gráfico carga \times deslocamento para determinação de R_{ud} e R_{sd} por meio de ensaios

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 há 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 da carga, principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitados.

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.

ABNT NBR 15575-2:2013

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 obtidos 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 carga, 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 Ensaier conforme as condições de solicitação a que se pretende submeter os sistemas na edificação.

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

B.6 Expressão dos resultados**B.6.1 Resistência de serviço**

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

$$R_{sd} = \left[R_{s1} - \frac{R_{s3} - R_{s1}}{2} \cdot \xi \right] \leq (1 - 0,2 \cdot \xi) \cdot R_{s1} \quad (3)$$

sendo

$$\xi = [(1 + *_{sA}) \cdot (1 + *_{sB}) \cdot (1 + *_{sC}) \dots] \quad (4)$$

onde

*_{sA} é igual ao coeficiente de variação da resistência do material A, correlativa à R_{sd} ;

*_{sB} é igual ao coeficiente de variação da resistência do material B, correlativa à R_{sd} ;

*_{sC} é igual ao coeficiente de variação da resistência do material C, correlativa à 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 *_{sA}, *_{sB}, *_{sC} 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 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.

B.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 pode ser inferior a 2.

B.7 Relatório de ensaio

O relatório de 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 de 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, liberado de altura estabelecida para ensaios de componentes horizontais, que, ao atingir 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:

- a) corpo percussor de impacto, com forma e massa (m) definidas na ABNT NBR 11675;
- b) defletômetros com resolução de 0,1 mm;
- c) 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 de 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 um impacto de corpo mole, 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 de 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 de 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 (informativo)

Níveis de desempenho

D.1 Generalidades

D.1.1 Considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, neste Anexo são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) e repetido o nível M para facilitar a comparação.

D.1.2 Recomenda-se que o construtor ou incorporador informe o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

D.2 Impacto de corpo mole

As Tabelas D.1 a D.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).

Tabela D.1 – Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada da edificação, 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 permitidas 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 permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓	✓	

Tabela D.1 (continuação)

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho	Nível de desempenho		
480	Não ocorrência de ruína Não ocorrência de falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)		✓	✓
480	Não ocorrência de ruína; são permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓		
360	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga		✓	✓
360	Não ocorrência de ruína; são permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓		
240	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga	✓	✓	✓
180	Não ocorrência de falhas	✓	✓	✓
120	Não ocorrência de falhas	✓	✓	✓

ABNT NBR 15575-2:2013

Tabela D.2 – Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior da edificação 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 permitidas 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 permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓	✓	
240	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_h \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 000$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga		✓	✓
240	Não ocorrência de ruína; são permitidas 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 $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $d_h \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga	✓	✓	✓

Tabela D.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 permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓	✓	✓
720	Não ocorrência de ruína Não ocorrência de falhas			✓
720	Não ocorrência de ruína; são permitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)	✓	✓	
480	Não ocorrência de ruína Não ocorrência de falhas		✓	✓
480	Não ocorrência de ruína; são permitidas 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	✓	✓	✓

ABNT NBR 15575-2:2013

D.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).

Tabela D.4 – Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro na face externa de elementos estruturais localizados na fachada da edificação e nas faces externas acessíveis ao público

Energia de impacto ^a 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 Permitidas 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 Permitidas 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 Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

^a Sentido do impacto de fora para dentro.

Tabela D.5 – Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados no interior da edificação e na fachada

Energia de impacto ^a 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 Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
2,5	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 5$ mm	I
10	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
2,5	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 2$ mm	S
10	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

^a Sentido do impacto de dentro para fora, aplicado na face interna.

Tabela D.6 – 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 Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
5	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 5$ mm	I
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
5	Não ocorrência de falhas Profundidade da mocha: $p \leq 2$ mm	S
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	