

Estudos em edificações de estruturas de concreto armado construídas em desacordo com a norma ABNT NBR 6118/2014

Studies on building of armed concrete structures constructed under ABNT NBR 6118/2014

Daniel Marcos de Lima e Silva

Pós-graduando do curso de Gestão de Obras de Edificações, Tecnologia e Desempenho da Construção Civil (UNIPAM).

E-mail: daniel_m.eng@hotmail.com

Rogério Borges Vieira

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: rogeriobv@unipam.edu.br

Resumo: Muitas edificações são feitas sem seguir as recomendações da NBR 6118/2014, que estabelece os requisitos mínimos para as estruturas de concreto armado, como dimensões mínimas de elementos estruturais, áreas mínimas e máximas de aço e concreto, resistência mínima de concreto, prazos mínimos de desforma e escoramento, cobrimentos mínimos de elementos, etc. Essas obras realizadas em desacordo com as normas pertinentes estão sujeitas à ruína, ou colapso precoce, ou são um perigo para a sociedade? Aparentemente não, pois muitas que foram feitas nessas condições ainda estão em uso e estruturalmente estáveis. Portanto, esse cenário leva a questionar se vale a pena seguir as recomendações normativas para as estruturas das edificações sendo que muitas são feitas subdimensionadas em relação a essas normas, e muitas não apresentam problemas estruturais mesmo sendo feitas de acordo com o conhecimento empírico dos colaboradores e/ou dos construtores e proprietários. O presente trabalho foi realizado para estudar a viabilidade de se fazer obras em desacordo com a norma ABNT NBR 6118/2014, em que foram feitas análises em duas edificações desde a fase de construção até sua finalização e entrega ao cliente. De acordo com os estudos realizados, não foram constatados problemas relevantes nas edificações e elas se encontram em estabilidade funcional e em perfeitas condições de uso e ocupação.

Palavras-chave: Concreto armado. NBR-6118. Dimensionamento. Estruturas. Desempenho.

Abstract: Many buildings are made without following the recommendations of NBR 6118/2014, which establishes the minimum requirements for reinforced concrete structures, such as the minimum dimensions of structural elements, minimum and maximum areas of steel and concrete, minimum concrete strength, minimum deformation and shoring times, minimum element coverage, etc. Are these works in violation of the relevant standards subject to ruin, or early collapse, or are they a danger to society? Apparently not, as many works that were made under these conditions are still in use and structurally stable. Therefore, this scenario leads to the question whether it is worth following the normative recommendations for building structures, many of which are undersized in relation to these norms, and many do not present structural problems even though they are made according to the empirical knowledge of the

collaborators and/or the builders and owners. The present work was carried out to study the feasibility of making works in disagreement with ABNT NBR 6118/2014, in which analyzes were made in two buildings from the construction phase to completion and delivery to the customer. According to the studies carried out, no relevant problems were found in the buildings and they are in functional stability and in perfect conditions of use and occupation.

Keywords: Reinforced concrete. NBR-6118. Sizing. Structures. Performance.

1 INTRODUÇÃO

A partir do momento em que o homem decidiu fazer seu próprio abrigo, o setor da construção civil nunca mais parou de evoluir. Os materiais de construção no início eram apenas madeira e rocha, e eram suficientes para que o homem pudesse construir um local que o protegesse das intempéries.

Atualmente, a evolução tecnológica proporciona níveis elevados de conforto. Existem incontáveis tipos de materiais de construção para os mais variados fins. Não obstante ter apenas abrigo, também é necessário que ele desempenhe padrões mínimos previstos por normas regulamentadoras, o que garante que o futuro morador receba um produto com qualidade adequada. São justamente essas normas o objeto do presente estudo, a ABNT NBR 6118/2014 e a ABNT NBR 15575/2013 — a primeira é a norma que estabelece como deverão ser construídas as estruturas de concreto armado; a segunda é a norma que estabelece os critérios mínimos de desempenho das edificações. Assim, foram estudadas as consequências de se fazer uma edificação sem seguir as recomendações e orientações da primeira norma citada e seus impactos na segunda.

De acordo com IBGE (2018), o Índice Nacional da Construção Civil (Sinapi) apresentou variação de 0,30% em fevereiro, ficando 0,03 ponto percentual (p.p.) acima da taxa de janeiro. O acumulado nos últimos doze meses ficou em 3,82%, resultado acima dos 3,71% registrados nos doze meses imediatamente anteriores. Em fevereiro de 2017, o índice foi 0,19%. Com base nesses números, conclui-se que o setor está sempre ativo, e a cada dia mais pessoas realizam o sonho da casa própria, e muitas outras realizarão, considerando que no ano de 2015 o país contava com um déficit habitacional de 6.186.503 habitações, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CIBIC, 2018).

No Brasil, o método construtivo predominante, principalmente para edificações de pequeno porte ou populares, é de alvenaria convencional com estrutura de concreto armado. Assim, todas as edificações desse tipo devem ser obrigatoriamente construídas de acordo com a norma que determina como devem ser as estruturas de concreto armado, a ABNT NBR 6118/2014. No entanto, grande parte das obras é feita em desacordo com a norma mencionada, e grande parte não apresenta sinais de instabilidade estrutural, ou danos quaisquer, o que leva as pessoas a muitas vezes questionar o trabalho dos engenheiros, e até mesmo nem sequer procurá-los para fazer o projeto ou acompanhar sua obra, deixando tudo nas mãos de um “pedreiro de confiança”.

Portanto, este cenário leva a questionar se vale a pena seguir as recomendações normativas para as estruturas das edificações de pequeno porte e populares, sendo que muitas são feitas subdimensionadas em relação a essas normas — relevante maioria dessas obras não apresentam problemas estruturais, mesmo sendo feitas de acordo com o conhecimento empírico dos colaboradores e/ou dos construtores e proprietários.

Este trabalho tem como objetivo principal verificar a eficiência estrutural de obras pequenas ou populares, considerando a segurança e a viabilidade financeira de fazer uma estrutura subdimensionada em relação às normas pertinentes, analisando o desempenho de uma edificação construída em desacordo com a norma NBR 6118/2014, e comparando com o mínimo determinado pela Norma de Desempenho das Edificações NBR 15575/2013.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO E DESENVOLVIMENTO

Segundo o IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto), o concreto é o material construtivo mais consumido no mundo, e, segundo a ABCP, o concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, perdendo apenas para a água. Estima-se que as concreteiras tenham produzido 51 milhões de m³ no ano de 2012, somente no Brasil. O crescimento geral da construção civil, principalmente em obras de infraestrutura e habitação, foi o grande responsável pelo aumento da demanda do setor de concreto, sendo um material de fácil produção e matéria-prima abundante e barata. Assim, o estudo do concreto faz-se significativo, pois é o material predominante no contexto cultural e social brasileiro, e a maioria das obras é feita de concreto armado.

A “NBR 6118/2014 Projeto de estruturas de concreto — Procedimento” é a norma que estabelece os parâmetros e critérios gerais que regem o projeto das estruturas de concreto, e também os requisitos mínimos, sejam edifícios, pontes, obras hidráulicas, portos ou aeroportos etc. Importante ressaltar que essa norma mencionada deve ser complementada por outras normas que estabelecem critérios para estruturas ou partes específicas, como determinado pela própria.

Essa norma define todos os critérios de dimensionamento e execução das edificações de concreto armado, porém nem sempre é seguida na prática. As recomendações da NBR 6118/2014 determinam critérios como as dimensões mínimas de elementos estruturais, áreas mínimas de aço e concreto, resistência mínima de concreto, prazos mínimos de desforma e escoramento, cobrimentos mínimos de elementos, etc. Assim, a NBR 6118/2014 estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado ou protendido (excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais), sendo que estes requisitos obrigatoriamente devem ser atendidos pelo projeto como um todo, bem como os requisitos específicos relativos a cada uma de suas etapas.

Inúmeras das edificações que estão em uso há muitos anos e outras que estão em fase construtiva não foram ou não são feitas de acordo com a ABNT NBR 6118/2014, mesmo assim muitas delas não ruíram, ou não apresentam riscos estruturais aos usuários e áreas adjacentes. Todas as pessoas buscam economia quando vão

construir, sejam elas construtores e empreendedores a fim de baixar o custo de suas obras para aumentar o lucro, ou buscar melhor competitividade no mercado, ou mesmo pessoas comuns que desejam realizar o sonho de sua casa própria. Em busca de economia, inúmeras edificações são feitas subdimensionadas em relação à norma mencionada, mesmo assim a grande maioria se encontra em perfeito estado estrutural, e não apresentam riscos.

2.2 ESTADOS-LIMITES

Os estados-limites podem ser estados-limites últimos ou estados-limites de serviço. Os estados-limites considerados nos projetos de estruturas dependem dos tipos de materiais de construção empregados e devem ser especificados pelas normas referentes ao projeto estrutural escolhido. Os estados-limites são estabelecidos pela norma ABNT NBR 8681/2013 Versão Corrigida: 2014 - Ações e Segurança nas Estruturas, em que se aplicam as seguintes definições:

- Estados-limites de uma estrutura: estados a partir dos quais a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da construção;
- Estados-limites últimos: estados que, pela sua simples ocorrência, determinam a paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção;
- Estados-limites de serviço: estados que, por sua ocorrência, repetição ou duração, causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal da construção, ou que são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura.

A NBR 6118/2014 define limites para condições estruturais, sendo o ELU – Estado-Limite Último como o estado limite relacionado ao colapso, ou qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. Existem outros estados limites a serem atendidos, porém comumente não são considerados relevantes. Muitos são imperceptíveis de forma normal, exigem ferramentas ou equipamentos específicos para detectar, outros considerados irrelevantes. São eles:

- ELS-F: Estado-limite de formação de fissuras;
- ELS-W: Estado-limite de abertura de fissuras;
- ELS-DEF: Estado-limite de deformações excessivas;
- ELS-D: Estado-limite de descompressão;
- ELS-DP: Estado-limite de descompressão parcial;
- ELS-CE: Estado-limite de compressão excessiva;
- ELS-VE: Estado-limite de vibrações excessivas.

Todos esses estados devem ser atendidos de acordo com os requisitos determinados pela NBR 6118/2014, porém no cotidiano a maioria é de comum ocorrência e as pessoas não se importam ou não percebem.

2.3 REQUISITOS GERAIS DE QUALIDADE DA ESTRUTURA

Todas as estruturas devem obrigatoriamente atender aos requisitos mínimos de qualidade durante toda sua vida útil, incluindo o seu período de construção, e aos

requisitos adicionais estabelecidos de comum acordo entre as partes envolvidas, contratantes e contratados (NBR 6118/2014).

A segurança estrutural também é abordada na norma ABNT NBR 15575/2013, a qual determina os requisitos gerais para edificações habitacionais, que devem atender durante a sua vida útil de projeto. Todas as diversas condições de exposição devem ser consideradas no projeto (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), e as edificações devem atender ao seguinte:

- Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida, caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos;
- Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- 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;
- Cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação.

Ainda de acordo com a NBR 15575/2013, quanto ao requisito estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural, as edificações devem 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, e os 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.

Vale ressaltar que o atendimento a normas de desempenho depende também do usuário da edificação, proprietário ou não, que é responsável por utilizar corretamente a edificação, não realizando sem prévia autorização da construtora e/ou do poder público alterações na sua destinação, nas cargas ou nas solicitações previstas nos projetos originais, e também deve realizar e registrar as manutenções preventivas de acordo com o estabelecido no manual de uso.

2.4 VIDA ÚTIL DE PROJETO

De acordo com a NBR 6118/2014, as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas para que sempre conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil.

A vida útil de projeto corresponde ao período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo

construtor, bem como da execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

2.5 DETERMINAÇÕES DA NBR 6118/2014 – DIMENSÕES MÍNIMAS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Uma das recomendações menos seguidas é a de dimensões mínimas de elementos estruturais. Há situações em que muitas edificações são feitas sem vigas e pilares, fazendo da alvenaria sua estrutura.

2.6 DETERMINAÇÕES DA NBR 6118/2014 – CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Um projeto adequado sempre leva em consideração todas as condições do local onde ficará enquanto estiver em vida útil, e uma das condições mais influentes na durabilidade das estruturas é o ambiente ao qual serão expostas. A agressividade do meio ambiente está relacionada a ações físicas e químicas que atuam de forma constante nas estruturas, intempéries naturais ou fatores relacionados ao homem.

De acordo com a NBR 6118/2014, nos projetos de estruturas, a agressividade ambiental apresenta classes, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental:	Agressividade	Classificação do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha Industrial	Grande
IV	Muito forte	Industrial Respingos de maré	Elevado

Fonte: NBR 6118/2014 (adaptado).

De acordo com Souza e Ripper (1998), a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção. Nesse sentido, a escolha adequada da classe de agressividade ambiental é extremamente relevante e influencia diretamente na durabilidade da estrutura.

2.7 DETERMINAÇÕES DA NBR 6118/2014 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE A QUALIDADE DO CONCRETO

A referida norma determina a qualidade mínima do concreto de acordo com a classe de agressividade ambiental, o que está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

Fonte: NBR 6118/2014 (adaptado).

De acordo com Souza e Ripper (1998),

[...] serão a quantidade de água no concreto e a sua relação com a quantidade de ligante o elemento básico que irá reger características como densidade, compacidade, porosidade, permeabilidade, capilaridade e fissuração, além de sua resistência mecânica, que, em resumo, são os indicadores de qualidade do material, passo primeiro para a classificação de uma estrutura como durável ou não. (SOUZA; RIPPER, 1998, P. 19).

Para os elementos estruturais das edificações de concreto armado, deve ser utilizado o concreto C-20 ou superior, portanto ele deve ter no mínimo resistência de 20 MPa aos 28 dias.

2.8 DETERMINAÇÕES DA NBR 6118/2014 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE O COBRIMENTO NOMINAL DAS ARMADURAS E AS CLASSES DE AGRESSIVIDADE

As estruturas estão constantemente expostas a agressividades física e química, variações térmicas e intempéries em geral, por isso o cobrimento nominal das armaduras é determinado de acordo com a classe de agressividade ambiental, e é um fator extremamente influenciador na durabilidade do aço utilizado, pois é justamente esse cobrimento que protege as armaduras dos efeitos da carbonatação e/ou dos cloretos, que agem corroendo o aço e causando danos gravíssimos às estruturas.

A NBR 6118/2014 determina o cobrimento nominal mínimo, como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento mínimo

Tipo de Estrutura:	Componente ou elemento:	Classe de agressividade ambiental:			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm):			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30		40	50
Concreto protendido	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118/2014 (adaptado).

2.9 DETERMINAÇÕES DA NBR 6118/2014 – ARMADURAS LONGITUDINAIS MÁXIMAS E MÍNIMAS

O colapso estrutural da estrutura e sua ruína podem ser evitados com um cálculo estrutural adequado. O cálculo estrutural tem como função fornecer informações específicas do concreto e aço, que serão utilizadas para estabelecer a seção dos elementos estruturais, e quantidade de barras e seus respectivos diâmetros.

Podem ocorrer casos em que, de acordo com as solicitações, os cálculos forneçam áreas de aço muito altas, ou muito baixas, o que pode ser comprometedora em relação à velocidade de ruína da estrutura. A especificação de valores máximos para as armaduras decorre da necessidade de se assegurar condições de ductilidade e de se respeitar o campo de validade dos ensaios que deram origem às prescrições de funcionamento do conjunto aço-concreto (NBR 6118/2014).

Além de valores máximos, existem também os valores mínimos, como a armadura de tração em vigas armadas deve respeitar a taxa mínima absoluta de 0,15% da área de sua seção transversal.

A armadura lateral deve ser 0,10% da área de concreto da alma em cada face da viga e composta por CA-50 ou CA-60, com espaçamento não maior que 20 cm e devidamente ancorada, e não sendo superior a 5 cm²/m por face.

A soma das armaduras de tração e compressão não pode ter valor maior do que 4% da área de concreto, calculada na região fora da zona de emendas.

Todos os elementos lineares submetidos a esforços cortantes (com as exceções informadas na NBR 6118/2014) devem ser constituídos de armaduras transversais mínimas constituídas por estribos, estes que não podem ser de diâmetro inferior a 5 mm, sem exceder 1/10 da largura da alma da viga. Quando a barra for lisa, seu diâmetro não poderá ser superior a 12 mm, e em telas soldadas o diâmetro poderá ser reduzido para 4,2 mm (desde que sejam tomadas precauções contra a corrosão).

O diâmetro mínimo das barras longitudinais nos pilares não pode ser inferior a 10 mm nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal. A taxa geométrica de armadura máxima deve ser 8% da área de concreto. O diâmetro dos estribos dos pilares não pode ser inferior a 5 mm nem 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente ao feixe que constitui a armadura longitudinal.

2.10 CARACTERÍSTICAS DO AÇO UTILIZADO NAS ARMADURAS

As armaduras utilizadas comumente nas obras são do tipo passivo, ou seja, as barras não estão sujeitas a tensões previamente inseridas nos elementos; elas apenas são dispostas nos locais específicos de acordo com o projeto. Nos projetos das estruturas de concreto armado, deve ser utilizado aço classificado pela ABNT NBR 7480 com o valor característico de escoamento nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60. Os diâmetros e seções transversais nominais também são estabelecidos por essa norma.

Os fios e barras podem ser lisos, entalhados ou com saliências (mossas). A configuração e geometria das saliências devem satisfazer o especificado na ABNT NBR 6118.

2.11 DESLOCAMENTOS-LIMITES

De acordo com a NBR 6118/2014, deslocamentos-limites são valores práticos utilizados para a verificação em serviço do estado-limite de deformações excessivas da estrutura. São classificados em quatro grupos básicos, relacionados a seguir.

- Aceitabilidade sensorial: o limite é caracterizado por vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável;

- Efeitos específicos: os deslocamentos não podem impedir a utilização adequada da construção;

- Efeitos em elementos não estruturais: deslocamentos estruturais podem ocasionar o mau funcionamento de elementos que, apesar de não fazerem parte da estrutura, estão a ela ligados;

- Efeitos em elementos estruturais: os deslocamentos podem afetar o comportamento do elemento estrutural, provocando afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas, e seus efeitos devem ser considerados e incorporados ao modelo estrutural.

A NBR 6118/2014 apresenta uma tabela classificando os deslocamentos que podem ocorrer nas edificações e as recomendações de limites para proporcionar um adequado comportamento da estrutura em serviço, a qual foi adaptada e representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Limites para deslocamentos

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$\ell/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$\ell/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$\ell/250$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$\ell/250$
			Ocorrido após a construção do piso	$\ell/600$
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após o nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$\ell/500$ e 10 mm e $\Theta = 0,0017$ rad.
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$\ell/250$ e 25 mm
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas.	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.		

Fonte: NBR 6118/2014 (adaptado).

2.12 ASPECTOS LEGAIS

Desde os tempos imemoriais, como na Babilônia antiga, por volta de 1772 a. C., o sexto rei Hamurabi já estabelecia como lei o código que recebera seu nome. O Código de Hamurabi é a legislação mais antiga de que se tem conhecimento, e seu original possui três mil e seiscentas linhas, sendo ordenadas em duzentos e oitenta e dois artigos (INFOESCOLA, 2018). O Código de Hamurabi continha artigos específicos para as práticas construtivas, o que se pode verificar a seguir:

228º - Se um arquiteto constrói uma casa para alguém e a leva a execução, deverá receber em paga dois *siclos*¹, por cada *sar*² de superfície edificada.

¹ Unidade de peso usada no antigo Egito e na Judéia também usada como moeda. Eram peças ou barras de metal (prata, ouro) usadas como meio de pagamento (1 *siclo* = 11,4 g ~ 15 g).

² Unidade de área usada no antigo Egito e na Judéia.

229º - Se um arquiteto constrói para alguém e não o faz solidamente e a casa que ele construiu cai e fere de morte o proprietário, esse arquiteto deverá ser morto.

230º - Se fere de morte o filho do proprietário, deverá ser morto o filho do arquiteto.

231º - Se mata um escravo do proprietário ele deverá dar ao proprietário da casa escravo por escravo.

232º - Se destrói bens, deverá indenizar tudo que destruiu e porque não executou solidamente a casa por ele construída, assim que essa é abatida, ele deverá refazer à sua custa a casa abatida.

233º - Se um arquiteto constrói para alguém uma casa e não a leva ao fim, se as paredes são viciosas, o arquiteto deverá à sua custa consolidar as paredes.

Além de ser um dever moral, é também um dever legal sempre que houver lei estabelecendo a obrigatoriedade de cumprimento. O contemporâneo também possui leis que protegem os consumidores, e a Constituição brasileira assegura seus direitos. De acordo com o Código de Defesa do Consumidor, Art. 39, é vedado ao fornecedor de produtos e serviços:

VIII – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO.

Os códigos de obras municipais exigem o atendimento às normas técnicas, e a Lei 4.150/62 define como regime obrigatório de cumprimento das normas da ABNT nos contratos de obras e compras do serviço público federal. Outras leis também exigem o cumprimento das normas técnicas, como:

- Lei de incorporações (4.591/64);
- Lei de acessibilidade (10.098/2000);
- Lei de licitações (n. 8.666/93).

Portanto, as leis asseguram aos consumidores o recebimento de bens de qualidade, que desempenhem o mínimo estabelecido pelas normas pertinentes e que sejam acessíveis aos portadores de necessidades especiais, dentre vários outros aspectos. Mas nem sempre isso acontece. Vários fatores fazem com que muitas obras não desempenhem o esperado, ou o mínimo determinado pelas normas. Portanto, não seguir as normas técnicas pode impactar negativamente no uso, no desempenho e na vida útil da edificação, e os responsáveis poderão sofrer as penas previstas pela lei.

3 METODOLOGIA

Foram feitos projetos estruturais em estruturas de concreto armado com os elementos dimensionados de acordo com a ABNT NBR 6118/2014 e comparado com o executado em desacordo com a norma mencionada. Os cálculos estruturais foram feitos por meio de programa computacional legal e licenciado. O programa utilizado para cálculo estrutural foi o Eberick V10. Tudo foi feito de acordo com o recomendado pela NBR 6118/2014, e todo levantamento de cargas foi de acordo com a NBR 6120/2000.

Foram feitas visitas técnicas, acompanhamento e estudos em obras feitas em desacordo com o recomendado pela NBR 6118/2014, a fim de analisar a segurança e viabilidade de seguir as recomendações das normas pertinentes. As edificações foram acompanhadas desde a fase de projeto até a finalização.

Convém ressaltar que a concepção estrutural é algo inerente a cada calculista, então pode haver infinitas possibilidades para um mesmo projeto.

4 RESULTADOS

De acordo com as análises feitas, conclui-se que cada caso tem suas peculiaridades. Ocorreu predominantemente a seguinte situação: a estrutura ser dimensionada de forma exagerada em alguns traz muita segurança, mas aumenta significativamente seu custo; aquém em outros, mas sem comprometimento de suas funções estruturais.

Nas edificações em análise, nas fundações foram feitas estacas de profundidade variando entre três e quatro metros, de ≈ 30 cm (diâmetro), em que foi colocada armadura de 1,5 metros de comprimento, com quatro barras de ≈ 10 mm e estribo de $\approx 4,2$ mm a cada 20 cm, em que 20 cm foram deixados acima da base do bloco. Não foi feita nenhuma análise do solo, e os elementos foram feitos abaixo do recomendado. Para vãos de 3,5 m e 4 m, foram feitas estacas no ponto médio, de 1,5 m de profundidade média e ≈ 30 cm (diâmetro), preenchidos por concreto produzido na obra. Nessas estacas intermediárias, não foi utilizada armadura. Considerando o modelo estrutural calculado, não seria necessária a utilização das estacas intermediárias, mas como as vigas baldrames ficaram abaixo do calculado, considera-se que houve um balanceamento de cargas, mas com um maior custo.

Os blocos de coroamento foram dimensionados de forma exagerada. Foram feitos blocos de dimensões 50 cm por 50 cm e 60 cm de altura, com barras de 8 mm a cada 10 cm, muito além do necessário, tanto em dimensões, quanto em área de aço. Vale ressaltar que poderiam ter sido adotados outros tipos de fundação.

As vigas baldrames foram feitas com blocos de concreto preenchidos com concreto, em que foram colocadas duas barras de ≈ 10 mm, o que é bem abaixo do recomendado.

Os pilares foram feitos após o levantamento da alvenaria, deixando os espaços para amarração das armaduras que foram colocadas posteriormente. Sua secção transversal foi em média 14 cm (largura do bloco cerâmico) por 20 cm. Nos pilares, foram colocadas armaduras com quatro barras de ≈ 8 mm, e estribos de $\approx 4,2$ mm a

cada 20 cm. Depois, foram colocadas tábuas e preenchido com concreto. Sua seção transversal e áreas de aço (tanto longitudinais como estribos) foram inferiores ao determinado pela norma ABNT NBR 6118/2014. Não foram obedecidos os critérios de cobertura mínima. Todos os pilares foram feitos em desacordo com o determinado pela norma em estudo, que estabelece armadura longitudinal mínima de \varnothing 10 mm, e estribos de \varnothing 5 mm. Os pilares também ficaram abaixo do determinado pelos estruturais, porém não ocorreram problemas, pois toda alvenaria passou a fazer parte da estrutura, fornecendo suporte às cargas.

Exercendo função de vergas e contra vergas, foram utilizados blocos de concreto com uma barra de 10 mm, preenchidos com concreto, em todo perímetro das edificações.

Nos elementos dimensionados de forma aquém, ocorreram deformações excessivas, como em vigas e lajes, mas sem comprometimento de suas funções estruturais.

Analisando as vigas, foram identificadas deformações em torno de $\ell/180$, o que excede o recomendado para efeitos de aceitabilidade sensorial ($\ell/250$), mas não é perceptível a olho nu. No caso das deformações das vigas, não é possível identificar as causas das deformações excessivas, pois foram vários fatores em desacordo com as recomendações, como o escoramento, que é recomendado por vinte e oito dias, e o utilizado nas obras foi de apenas sete dias. Outra causa para deformações excessivas pode ser a resistência do concreto inferior à mínima determinada pela norma, pois sua dosagem é feita sem controle de qualidade, sendo de modo muito artesanal e utilizando alta quantidade de água.

Importante ressaltar que a maioria das vigas ficou apoiada nas paredes, sendo difícil determinar suas deformações.

O respaldo com a laje foi feito utilizando canaletas de concreto de 14 cm (largura do bloco cerâmico) preenchidas com armaduras de 1 barra de aço \varnothing 8 mm e concreto produzido no local.

As lajes foram feitas utilizando vigotas treliçadas pré-moldadas com lajotas de cerâmica, e foram os elementos que sofreram maiores deformações, o que levou à necessidade de se fazer um revestimento mais espesso próximo às paredes. Suas deformações giraram em torno de $\ell/180$, e houve um caso de $\ell/120$, em que uma laje com vão 4,5 metros deformou 3,7 centímetros. São deformações que excedem o recomendado pela norma, como mencionado anteriormente (aceitabilidade sensorial: $\ell/250$). Todas essas deformações não são notadas, e podem ocorrer por vários fatores, como:

- curto tempo de cura das vigotas pré-moldadas, pois foram feitas apenas cinco dias antes da montagem e concretagem;
- retirada de escoramento com apenas sete dias, e ainda não foi deixado reescoramento;
- baixo controle de qualidade na dosagem do concreto e excesso de água.

Vários fatores podem levar a problemas estruturais em uma edificação, porém não ocorre devido à alvenaria fornecer suporte à estrutura, como mencionado anteriormente. Nesse caso, não é recomendada a retirada de nenhuma parede.

Não foram seguidos os critérios de cobertura mínima em nenhum elemento, sendo que em alguns a camada de cobertura foi da mesma espessura do diâmetro dos estribos (4,2 mm), nem foram utilizados espaçadores.

Importante ressaltar que nem toda fissura é relacionada à questão estrutural, pois outros fatores podem causar esse problema nos revestimentos. Pelo conhecimento empírico de vários profissionais da área, é sabido que excesso de cimento na argamassa de reboco causa fissuras, uma ocorrência que pode ser mal interpretada pelas pessoas, levando a crer que foi falha estrutural.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as edificações em estudo, mesmo sendo feitas com vários fatores em desacordo com a norma NBR 6118/2014, estão em perfeitas condições de uso e ocupação. Houve algumas deformações excessivas em alguns elementos, mas nada que possa comprometer a estabilidade estrutural ou que seja perceptível à grande maioria das pessoas.

Vários fatores levam à construção de uma edificação em desacordo com as normas, como necessidade de se construir de maneira o mais barato possível, por falta de recursos para aumentar os lucros ou compensar uma carga tributária elevada, utilização de mão de obra desqualificada, materiais de baixa qualidade, fatores culturais, regionais etc.

Muitas edificações são feitas sem a consideração de fatores importantes, como classe de agressividade ambiental, relação água/cimento, cobertura mínima das armaduras, qualidade do concreto, dentre outros, que não produzem efeitos em curto prazo, mas podem comprometer a vida útil das estruturas, levando-se à necessidade de intervenções precoces ou até mesmo a problemas mais graves ou ruína.

Conclui-se também que, nas edificações com estruturas insuficientes, a alvenaria serve de suporte às cargas, apesar de não ser essa sua função, e que a retirada de paredes pode ser algo muito arriscado; se for necessária, deve ser muito bem analisada previamente.

Para questões de desempenho, de acordo com a ABNT NBR 15575/2013, as condições devem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado-limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e as considerações estabelecidas em projeto.

A norma de desempenho ainda determina:

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 e 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. (ABNT NBR 15575/2013, Parte 2, p. 8).

Conclui-se que os projetos podem não atender o determinado pela ABNT NBR 6118/2014 (desde que sua altura não seja maior que seis metros), mas devem obrigatoriamente atender ao determinado pela norma de desempenho ABNT NBR 15575/2013, o que aconteceu nas duas obras durante o período estudado. É conveniente lembrar que muitas patologias apenas se manifestam em um maior intervalo de tempo.

REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland.

Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>. Acesso em: 14 abr. 2018.

AGÊNCIA IBGE. Índice Nacional da Construção Civil varia 0,30% em fevereiro.

Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/20335-indice-nacional-da-construcao-civil-varia-0-30-em-fevereiro.html>. Acesso em: 20 maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Versão Corrigida: 2014. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120/2000 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Versão Corrigida: 2000. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681/2013 - Ações e Segurança nas Estruturas. Versão Corrigida: 2014. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para Sistemas Estruturais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para sistemas de pisos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.

BRASIL. Constituição (1992). Lei nº 4150, de 21 de novembro de 1962. Regime obrigatório de preparo e observância das normas técnicas nos contratos de obras e compras do serviço público de execução direta.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L4150.htm. Acesso em: 12 jun. 2018.

BRASIL. Constituição (1992). Lei nº 4591, de 16 de dezembro de 1964. **Condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4591.htm. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Constituição (1992). Lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990. **Direitos do consumidor**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm.

Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Constituição (1992). Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993. **Normas para licitações e contratos da administração pública**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Constituição (1992). Lei nº 10098, de 19 de dezembro de 2000. **Acessibilidade**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L10098.htm. Acesso em: 10 jun. de 2018.

CBIC. **Banco de dados**: déficit habitacional no Brasil. Disponível em:

<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em: 21 maio de 2018.

IBRACON. **Revista Concreto e Construções**. Ano XXXVII, nº 53. ISSN 1809-7197.

Disponível em:

http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/revista_concreto_53.pdf. Acesso em: 14 abr. de 2018.

INFOESCOLA. **Código de Hamurabi**. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/historia/codigo-de-hamurabi/>. Acesso em: 30 jun. de 2018.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.