



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA CLARA GENÚ DE ARAÚJO FERREIRA

**ATUALIZAÇÕES NA NORMA ABNT NBR 6118:2023 COM IMPACTO DIRETO NA
ANÁLISE DOS PAVIMENTOS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:
ESTUDO COMPARATIVO**

JOÃO PESSOA

2025

MARIA CLARA GENÚ DE ARAÚJO FERREIRA

**ATUALIZAÇÕES NA NORMA ABNT NBR 6118:2023 COM IMPACTO DIRETO NA
ANÁLISE DOS PAVIMENTOS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:
ESTUDO COMPARATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro(a) Civil.

Orientadora: Ana Cláudia Leão Borges

JOÃO PESSOA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa

F383a Ferreira, Maria Clara Genú de Araújo.

Atualizações na norma ABNT NBR 6118:2023 com impacto direto na análise dos pavimentos de edifícios em concreto armado : estudo comparativo / Maria Clara Genú de Araújo Ferreira. - 2025.

57 f. : il.

TCC (Graduação – Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, 2025.

Orientação: Prof^a Dra. Ana Cláudia Leão Borges.

1. NBR 6118:2023 – atualização. 2. Concreto armado. 3. Dimensionamento estrutural. 4. Estudo comparativo. 5. Pavimento de edifício. I. Título.

CDU 69.032.22:006.022(043)

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

MARIA CLARA GENÚ DE ARAÚJO FERREIRA

**ATUALIZAÇÕES NA NORMA ABNT NBR 6118:2023 COM IMPACTO DIRETO NA
ANÁLISE DOS PAVIMENTOS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:
ESTUDO COMPARATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro(a) Civil.

Orientadora: Ana Cláudia Leão Borges

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Ana Cláudia Leão Borges

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Breno José Santos da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Sara Fragoso Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

JOÃO PESSOA

2025



DECISÃO 27/2025 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/IP/REITORIA/IFPB, de 10 de junho de 2025.

MARIA CLARA GENÚ DE ARAÚJO FERREIRA

**ATUALIZAÇÕES NA NORMA ABNT NBR 6118:2023 COM IMPACTO DIRETO NA ANÁLISE DOS
PAVIMENTOS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO COMPARATIVO**

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil
--	---

Aprovado em 22 de abril de 2025

Banca Examinadora

Dra. Ana Cláudia Leão Borges (IFPB) Orientadora

Me. Breno José Santos da Silva (IFPB) Examinador Interno

Me. Sara Fragoso Pereira (IFPB) Examinadora Interna

JOÃO PESSOA

2025

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Claudia Leao Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/06/2025 17:12:56.
- Sara Fragoso Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/06/2025 13:50:17.
- Breno Jose Santos da Silva PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/06/2025 18:53:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/04/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 702673

Verificador: 715e92e48e

Código de Autenticação:



NOSSA MISSÃO: Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

VALORES E PRINCÍPIOS: Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas ao longo desta jornada. À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e por sempre acreditarem em mim. A minha orientadora, pela orientação, confiança e pela sabedoria compartilhada, que tornaram este trabalho possível.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força e sabedoria que me foram concedidas ao longo de toda esta jornada.

Aos meus pais e meus irmãos, pelo amor incondicional, pelo incentivo constante e pelo apoio inestimável. Sem vocês, nada disso seria possível.

A minha orientadora, pela paciência, dedicação, orientação técnica e por acreditar em mim desde o início deste projeto. Sua orientação foi essencial para que este trabalho fosse possível.

Aos meus amigos e colegas, pela companhia, pelas trocas de ideias e pela constante motivação, mesmo nos momentos de dificuldades.

A todos os professores que, ao longo da minha formação acadêmica, compartilharam seus conhecimentos e experiências, preparando-me para enfrentar os desafios desta pesquisa.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar as atualizações na norma ABNT NBR 6118:2023 e seus impactos no dimensionamento de pavimentos em concreto armado, por meio de um estudo comparativo com a versão anterior da norma ABNT NBR 6118:2014. Inicialmente foram descritas as principais modificações normativas com potencial influência na análise estrutural dos pavimentos, relacionadas ao concreto, ao aço, às ações, aos limites de deslocamento e ao detalhamento das armaduras. Em seguida, foi realizada a modelagem estrutural de um edifício modelo, disponibilizado pelo software de cálculo estrutural TQS, adotando-se os critérios de ambas as versões da norma, com o objetivo de comparar os efeitos no pavimento tipo quanto às flechas, aos esforços e à distribuição das armaduras nas vigas. Os resultados apontaram variações nos valores de reações de apoio, momentos fletores e esforços cortantes, além de mudanças na configuração das armaduras, como inclusão de dobras e ajustes nos espaçamentos dos estribos. Conclui-se que a nova versão da norma ABNT NBR 6118 promove avanços no desempenho estrutural e melhor adequação às exigências atuais de projeto, sem comprometer a segurança, o desempenho e a durabilidade da construção.

Palavras-chave: ABNT NBR 6118:2023; Concreto Armado; Dimensionamento estrutural; Estudo Comparativo.

ABSTRACT

This study aims to analyze the updates in the ABNT NBR 6118:2023 standard and their impacts on the structural design of reinforced concrete floors, through a comparative study with the previous version, ABNT NBR 6118:2014. Initially, the main normative changes with potential influence on floor structural analysis were described, including aspects related to concrete, steel, actions, displacement limits, and reinforcement detailing. Subsequently, the structural modeling of a sample building was carried out using the TQS structural design software, adopting the criteria of both standard versions to compare the effects on the typical floor in terms of deflections, internal forces, and reinforcement distribution in beams. The results showed variations in support reactions, bending moments, and shear forces, as well as changes in reinforcement configurations, such as the inclusion of anchorage bends and adjustments in stirrup spacing. It is concluded that the new version of the ABNT NBR 6118 standard promotes improvements in structural performance and better alignment with current design demands, without compromising safety, performance and durability of the construction.

Key words: ABNT NBR 6118:2023; Reinforced Concrete; Structural Design; Comparative Study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Patologias nas etapas do processo de construção.....	20
Figura 2 - Novo símbolo no item 8.1.....	23
Figura 3 - Mudança na fórmula no item 8.2.5.....	24
Figura 4 - Atualização na norma de ensaio no item 8.2.8.....	24
Figura 5 - Retirada da tabela 8.1.....	25
Figura 6 - Mudanças nos intervalos e na resistência utilizada.....	25
Figura 7 - Alterações no diagrama tensão-deformação.....	26
Figura 8 - Adição do diagrama tensão-deformação para análise não linear.....	26
Figura 9 - Alterações na tabela 8.2.....	27
Figura 10 - Modificação de norma para realizar ensaios de dobramento a 180°.....	27
Figura 11 - Mudança na norma que estabelece os limites.....	28
Figura 12 - Melhoria no texto sobre ancoragem por aderência.....	28
Figura 13 - Mudanças no item 9.4.6.1.....	29
Figura 14 - Comprimento de traspasse de barras emendadas.....	30
Figura 15 - Variação de classificação da ação da água.....	30
Figura 16 - Adição de texto sobre empuxo no item 11.3.2.3.....	31
Figura 17- Consulta a norma ABNT NBR 8681 para determinar coeficientes.....	31
Figura 18 - Acréscimo na nota “a” na tabela 11.1.....	32
Figura 19 - Mudanças nas notas “b” e “c” na tabela 11.2.....	32
Figura 20 - Adição da nota 5 na tabela 13.3.....	33
Figura 21 - Acréscimo do procedimento da grelha equivalente.....	34
Figura 22 - Modificações na hipótese “e” do item 17.2.2.....	34
Figura 23 - Criação dos itens 17.2.4.4, 17.2.4.4.1 e 17.2.4.4.2.....	35
Figura 24 - Adição da figura 17.3 e de novos textos.....	36
Figura 25 - Melhoria na descrição do tempo t0.....	36
Figura 26 - Alteração na tabela 17.3.....	37
Figura 27 - Mudança na fórmula da força de tração.....	37
Figura 28 - Alteração no cálculo do deslocamento do diagrama de momento fletor.....	38
Figura 29 - Determinação de bw para seções vazadas.....	38
Figura 30 - Modificações no item “b” do item 18.3.2.4.....	39
Figura 31 - Novos parágrafos no item 18.3.6.....	39
Figura 32 - Limitação do Rd no item 19.4.1.....	40
Figura 33 - Retirada de trecho no item 22.7.4.1.1.....	40
Figura 34 - Representação do edifício.....	42
Figura 35 - Pavimento tipo usado na análise.....	43
Figura 36 - Flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR - 2014.....	44
Figura 37 - Flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR - 2023.....	45

Figura 38 - Flechas do pavimento tipo ANÁLISE NÃO LINEAR - 2023.....	46
Figura 39 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V2 - 2014 47	
Figura 40 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V2 - 2023 47	
Figura 41 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V7 - 2014 48	
Figura 42 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V7 - 2023 48	
Figura 43 - Distribuição das armaduras da viga V2 - 2014.....	49
Figura 44 - Distribuição das armaduras da viga V2 - 2023.....	50
Figura 45 - Distribuição das armaduras da viga V7 - 2014.....	51
Figura 46 - Distribuição das armaduras da viga V7 - 2023.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores por laje das flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR.....	45
--	----

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
b_w	Largura da alma de uma viga
CEB	Comitê Europeu do Concreto
ELU	Estado-Limite Último
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto
f_{ckj}	Resistência característica à compressão do concreto na idade “j” dias
F_{sd}	Força de tração de cálculo na armadura
IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
INMETRO	Instituto Brasileiro de Metrologia
ISO	International Organization for Standardization
NB-1	Norma Brasileira Número 1
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
η_c	Coefficiente de fragilidade do concreto
η_1	Valor do coeficiente de aderência
τ_{Rd}	Tensão resistente de cálculo
V_C	Força cortante
V_{Rd1}	Força cortante resistente de cálculo
$V_{Sd,máx}$	Força cortante solicitante de cálculo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 CONCRETO ARMADO	17
3.2 ENGENHARIA ESTRUTURAL	17
3.3 SURGIMENTO DA NORMATIZAÇÃO	19
3.4 DEFORMAÇÕES EM PAVIMENTOS DE CONCRETO ARMADO	21
4 DESCRIÇÃO DOS ITENS COM POTENCIAL IMPACTO NO ESTUDO	23
4.1 CONCRETO	23
4.1.1 Simbologia (item 8.1)	23
4.1.2 Resistência à tração (item 8.2.5)	23
4.1.3 Módulo de Elasticidade (item 8.2.8)	24
4.1.4 Diagrama tensão deformação (item 8.2.10)	25
4.2 AÇO PARA ARMADURA PASSIVA	27
4.2.1 Tipo de superfície aderente (item 8.3.2)	27
4.2.2 Características de ductilidade (item 8.3.7)	27
4.2.3 Soldabilidade (item 8.3.9)	28
4.2.4 Ancoragem das armaduras (item 9.4)	28
4.2.5 Ancoragem dos estribos (item 9.4.6)	29
4.2.6 Proporção de barras emendadas por traspasse (item 9.5.2.1)	29
4.3 AÇÕES	30
4.3.1 Classificação das ações (11.2.2)	30
4.3.2 Caso de ação do tipo EMPUXO PERMANENTE (11.3.2.3)	30
4.3.3 Coeficientes de ponderação das ações (11.7)	31
4.4 LIMITES PARA DIMENSÕES, DESLOCAMENTOS E ABERTURA DE FISSURAS	33
4.4.1 Deslocamentos limites (item 13.3)	33
4.5 ANÁLISE ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS	33
4.5.1 Análise estrutural de elementos de placa - LAJES (item 14.7)	33
4.5.2 Análise estrutural de elementos lineares - VIGAS (item 17.2)	34
4.5.3 Elementos lineares sujeitos à força cortante (item 17.4)	36
4.5.4 Elementos lineares sujeitos à torção (item 17.5)	37
4.6 DETALHAMENTO DE ARMADURAS	38
4.6.1 Armadura de tração (item 18.3.2.4)	38
4.6.2 Armadura de suspensão (item 18.3.6)	38
4.6.3 Armadura de cisalhamento em lajes (item 19.4.1)	39
4.6.4 Armadura de distribuição (item 22.7.4.1.2)	40
5 METODOLOGIA	41

5.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO USADO NO ESTUDO	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
6.1 DEFORMAÇÃO DO PAVIMENTO	44
6.2 ANÁLISE DE VIGAS	46
6.3 DETALHAMENTO DAS VIGAS	48
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A construção civil acompanha a humanidade desde os tempos mais remotos, surgindo no momento em que o homem saiu das cavernas e começou a construir seus abrigos. Desde essa época, inúmeros materiais e técnicas foram sendo utilizados para a construção de habitações que os protegessem. Conforme Boyer (1979, apud Queiroz, 2019, p. 21, 22), as demandas da prática construtiva e da mensuração dos espaços e atividades no cotidiano de cada sociedade, foram responsáveis pelo estímulo no surgimento da geometria, possibilitando medições, desenhos e cálculos fundamentais para a segurança das primeiras construções.

A partir dessas construções rudimentares em pedra e barro, no decorrer do anos, a construção civil vai se tornando fundamental para o desenvolvimento das civilizações. A necessidade de expansão das primeiras cidades e a criação de elementos representativos para a cultura dos povos impulsionaram a construção de grandes monumentos históricos, como as pirâmides do Egito e o Coliseu de Roma. Tais avanços construtivos possibilitaram a implementação de melhores materiais, e com a evolução das técnicas e tecnologias obteve-se um progresso nos métodos construtivos e na segurança das estruturas.

No contexto contemporâneo, o concreto armado se destaca como um dos sistemas construtivos mais empregado no Brasil, em razão do aproveitamento das vantagens dos dois materiais, a resistência à compressão do concreto e a resistência à tração do aço. Assim como os materiais, as técnicas construtivas também foram evoluindo ao longo dos anos, os avanços tecnológicos proporcionaram diversas evoluções nos procedimentos utilizados para o desenvolvimento das construções, visando melhorar o desempenho dos materiais e a qualidade das edificações. Diante desta evolução, surge a necessidade de padronização desses procedimentos a fim de garantir a segurança das construções.

Desse modo, em 1940, surge a Norma Brasileira Número 1 (NB-1), a primeira norma brasileira de concreto armado, que ao longo dos anos evoluiu para a Norma Brasileira Regulamentadora 6118 (ABNT NBR 6118), considerada a principal norma para projetos de estruturas de concreto do Brasil. Essa norma técnica estabelece os critérios e métodos para o dimensionamento e detalhamento do projeto de estruturas de concreto armado e protendido, visando garantir construções seguras e duráveis.

O constante desenvolvimento de novas metodologias e tecnologias para emprego do concreto na construção civil demandam adequações nas especificações da norma, por isso a necessidade da norma está em constante atualização, acompanhando os avanços tecnológicos

e as inovações no setor da construção civil, além de alinhar as práticas de projeto às diretrizes internacionais.

Com o objetivo de manter a padronização das técnicas empregadas para continuar garantindo a segurança, a durabilidade e o desempenho de todas as construções, a ABNT NBR 6118 passou por diversas atualizações com o passar dos anos, sendo a mais recente publicada em 2023. Essa atualização apresentou mudanças em seus textos e imagens, e incorporou novos critérios de dimensionamento, adequações às normas internacionais, novos coeficientes, dentre outros. Tais mudanças refletem os avanços nas áreas dos materiais e nos métodos de cálculo e demandam uma análise detalhada uma vez que alteram os resultados dos projetos.

O presente estudo tem por motivação a importância do conhecimento e do cumprimento do que está prescrito na ABNT NBR 6118, devido a relevância que a mesma tem para o setor construtivo e para a sociedade, visto que, um projeto elaborado corretamente garante segurança e durabilidade a edificação, e assim, evitam-se altos custos com manutenção e reparos significativos. Por outro lado, projetos com falhas, quando não há atendimento das instruções prescritas, podem ocasionar transtornos com danos materiais, ou até mortes.

Desse modo, este trabalho apresenta uma pesquisa descritiva, com base em uma revisão bibliográfica sobre as versões da ABNT NBR 6118, com destaque para os últimos 20 anos e, mais especificamente para as versões ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 6118:2023. A partir desse estudo, elabora-se uma comparação entre os resultados de análise de lajes maciças a partir dessas duas últimas versões, a fim de verificar seus impactos nos projetos estruturais. Para tal objetivo, utiliza-se o software TQS, disponível na versão UNIPRO - EDUCACIONAL, na instituição IFPB - *campus* João Pessoa, e que é amplamente utilizado no Brasil para a elaboração de projetos estruturais conforme as normas nacionais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar comparativamente as versões de 2014 e 2023 da ABNT NBR 6118, avaliando as mudanças e implicações para o setor da construção civil, no que diz respeito à análise de pavimentos compostos por vigas e lajes maciças.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as duas últimas versões da NBR 6118;
- Apresentar um levantamento dos tópicos da ABNT NBR 6118:2023 que sofreram atualizações;
- Destacar os pontos relativos ao cálculo de lajes e vigas;
- Realizar um estudo comparativo com a versão anterior ABNT NBR 6118:2014 a partir da apresentação dos resultados de um modelo analisado segundo as duas versões;
- Verificar o impacto das atualizações na análise de pavimentos compostos por vigas e lajes maciças.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCRETO ARMADO

Segundo Metha e Monteiro (2008, p. 10), “Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas ou fragmentos de agregado.”. O aglomerante consiste na mistura do cimento com a água e o agregado é um material, como areia, pedregulho, escória de alto-forno, dentre outros, que é empregado em conjunto com um meio cimentício para produção do concreto.

O concreto é um material que apresenta alta resistência à compressão, sendo assim um ótimo material para ser utilizado em estruturas submetidas a compressão. No entanto, a sua baixa resistência à tração e a sua fragilidade restringem o seu uso em estruturas submetidas a tração. Para vencer essas limitações, emprega-se o aço em conjunto com o concreto de maneira que consiga resistir às tensões de tração. “Um conjunto de barras de aço forma a armadura, que envolvida pelo concreto origina o concreto armado, um excelente material para ser aplicado na estrutura de uma obra.” (Bastos, 2023, p. 1).

As estruturas de concreto armado são preponderantes no Brasil, devido a disponibilidade dos materiais, aço e concreto, e a facilidade de aplicação. E pelo aproveitamento das características de ambos, como durabilidade, boa resistência à compressão e a tração, que permitem a construção de elementos com formas variadas em diversos tipos de construção. Apresenta também desvantagens, algumas relacionadas ao processo de utilização, por esta razão tornou-se necessário a padronização dos procedimentos através de normas técnicas.

3.2 ENGENHARIA ESTRUTURAL

O termo engenharia vem do latim “ingenium”, que tem o significado de inteligência, criatividade, pensar na concepção de algo, ele é derivado do verbo “gignere”, que significa criar, fazer, produzir (Queiroz, 2019, p. 15). Desde a antiguidade, com as primeiras descobertas do ser humano, ele se utiliza da sua inteligência e criatividade para fabricação de ferramentas necessárias à sua sobrevivência.

Quando os povos começaram a construir os primeiros templos e pirâmides, verificou-se a necessidade de conhecer os materiais e suas características, como por exemplo a resistência, para projetar elementos com dimensões seguras. A engenharia antiga era baseada no empirismo, “Até o século XIX, quase todos os projetos de sistemas de infraestrutura eram realizados sem os benefícios e vantagens da matemática avançada e sem conhecimento sobre como os materiais reagem quando colocados sob cargas repetidas.” (Neumann, 2017, p. 16).

Com a evolução da matemática e das teorias científicas, a engenharia vai sendo estruturada, chegando à engenharia moderna que é marcada pela utilização dos conhecimentos científicos para resolução dos desafios. Com esse desenvolvimento chega-se à engenharia estrutural, que é um ramo da engenharia civil que tem o objetivo de garantir a execução de estruturas seguras e funcionais, e para isso utiliza-se de cálculos estruturais para projetar, analisar e executar os projetos.

O projeto estrutural é um documento que contempla o dimensionamento e o detalhamento de uma estrutura que atenda as necessidades para as quais será construída. O projeto estrutural começa com a determinação do material que será utilizado na estrutura, na maioria dos casos escolhe-se o concreto armado, depois define-se o sistema estrutural que será empregado, a depender da arquitetura e do material escolhido. Depois segue para a definição dos tipos de carregamentos que atuam na estrutura, sobre isso Santos (2017, p. 16), escreveu:

A determinação dos carregamentos que incidem sobre a estrutura é uma das fases mais importantes do desenvolvimento do projeto estrutural naquilo que diz respeito à segurança. É preciso que se estime essas cargas com certa precisão para que o dimensionamento dos elementos possa ser feito de modo a evitar o desperdício ou, o que é pior, a perda da estabilidade, que poderia resultar num inteiro colapso.

Por fim, realiza-se a análise estrutural, fase em que é feito o cálculo dos esforços para determinar o comportamento da estrutura. A respeito disso, Martha (2022, p. 1) discorre:

De maneira geral, a análise estrutural tem como objetivo a determinação de esforços internos e externos (cargas e reações de apoio), e das tensões correspondentes, bem como a determinação dos deslocamentos e as correspondentes deformações da estrutura que está sendo projetada.

“A engenharia estrutural teve um grande avanço no final do século XIX, com a Revolução Industrial.” (Martha, 2022). Nessa época a invenção da máquina a vapor e o surgimento de ferrovias, estimulou o crescimento da engenharia civil, já que para a construção exigia estudos de viabilidade e projetos precisos. Desde essa época, a tecnologia foi sendo

empregada para facilitar as atividades desempenhadas, na engenharia estrutural, ocorre o desenvolvimento de softwares que simulam o comportamento da edificação para cálculos dos esforços, dimensionamento e detalhamento, o que facilitou a elaboração dos projetos estruturais.

3.3 SURGIMENTO DA NORMATIZAÇÃO

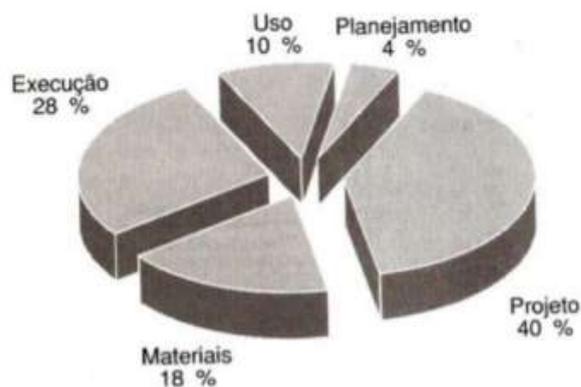
Durante a década de 20, o Brasil estava passando por um momento de consolidação do transporte ferroviário, fato que demandou investimentos em obras de arte, como pontes e túneis, que passaram a ser construídas com concreto armado. A crescente evolução das construções em concreto armado, levou os engenheiros a utilizarem normas estrangeiras para aplicação deste material, e com o tempo, a necessidade de conhecer a natureza e o comportamento do mesmo estimulou o surgimento de normas em nosso país.

“O pioneirismo do esforço no mundo e sua escala no Brasil dependeram, naturalmente, de pesquisa realizada no próprio país, sobre o uso do cimento e sobre a resistência dos materiais empregados.” (Dias, 2011, pág. 28). Com isso, começaram a surgir várias normas, cada uma sendo empregada em diferentes regiões do país. Essa diversidade de normas tornou necessário a criação de uma norma nacional brasileira que fosse aceita e aplicada em todo o território nacional.

Diante desse cenário, “a primeira norma de concreto armado foi feita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e foi chamada de NB-1 (foi também a primeira Norma Brasileira de Engenharia).” (Botelho e Marchetti, 2007 p. 13). A norma NB-1 - Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado, foi publicada no ano de 1940. Essa norma estabeleceu o método de cálculo da resistência à compressão axial na ruptura - estágio III, e, permitiu também a opção de utilizar esse método para a resistência à flexão.

A NB-1 passou por alterações, em 1950, quando teve uma revisão no seu texto. Em 1960, por influência do Comitê Europeu do Concreto - CEB que estava estudando a definição do valor característico da resistência à compressão, com isso a NB-1/60 antecipa esse valor e, por fim, nova revisão é publicada em 1978. Depois disso, a norma passou por modificações, em 1980, com a fundação do Instituto Brasileiro de Metrologia - INMETRO, que ocasionou a mudança no nome da norma NB-1, que passou a ser chamada de NBR 6118. Em 1991, ela adquiriu caráter de lei, assim todos os projetos teriam que estar de acordo com as prescrições presentes na norma, estando assim resguardados.

Figura 1 - Patologias nas etapas do processo de construção



Fonte: (Helene, 1992 apud Mol, 2021)

Na década de 1990, alguns trabalhos indicavam que apesar do esforço em manter a norma atualizada, várias estruturas apresentavam patologias e a responsabilidade recaía sobre o projeto, a exemplo do resultado descrito na Figura 1. A partir dessa constatação, houve a necessidade de incorporar ao documento medidas efetivas de garantia de durabilidade, com relação a isso, surgiu a versão mais significativa da norma, cuja publicação ocorreu em 2003, com destaque para a definição das classes de agressividade ambiental e sua correspondência com a qualidade do concreto (classe do concreto, relação água/cimento em massa e espessura do cobrimento nominal), cujo título passou a ser ABNT NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

Essa versão passou a abordar exclusivamente o dimensionamento do projeto estrutural. Segundo Botelho e Marchetti (2007), algumas das mudanças foram a integração da norma de concreto simples, armado e protendido, alteração significativa no cálculo do Módulo de Elasticidade, modificações nos projetos de pilares, cisalhamento e flechas, cuidados para o combate de fadiga e vibrações e exigências para garantia da durabilidade. Essa versão da norma, foi submetida a um processo de análise e em 2008, foi reconhecida oficialmente pela International Organization for Standardization - ISO, tornando-se norma com padrão internacional.

Em 2014, a norma passou por uma nova revisão, NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, apresentando alterações como: a extensão dos critérios de projeto as classes C50 a C90, melhora no método de cálculo do módulo de elasticidade, novas características no diagrama tensão-deformação do concreto, novas tabelas para dimensionamento à flexão simples e para as armaduras mínimas na flexão simples, novos

critérios para a consideração da retração e da fluência, dentre outros. Conforme, Santos (2014, p. 52) “Esta versão coloca a NBR 6118 no mesmo nível de atualização das normas internacionais mais conceituadas”. Por isso, em 2015, foi novamente reconhecida pela ISO, como uma norma que atende às exigências internacionais, podendo ser usada em todo o mundo.

A sua última atualização ocorreu em 2023, essa versão apresentou uma nova mudança em seu título, que passou a ser NBR 6118:2023 - Projeto de estruturas de concreto, mas manteve os mesmo capítulos presentes nas normas anteriores. Conforme, Kimura (apud Alto Qi, 2023), as principais modificações foram nas imagens e textos da norma para melhoria do entendimento dos requisitos básicos e procedimentos. Além disso, teve alterações em alguns coeficientes de cálculo, tabelas e critérios para análise estrutural, dentre outras. Algumas dessas alterações, a exemplo do coeficiente de fragilidade do concreto (η_c) para concretos de alta resistência e novos critérios para análise não linear física, serão abordadas com mais detalhes a seguir tendo em vista sua influência direta na análise de pavimentos de concreto armado.

3.4 DEFORMAÇÕES EM PAVIMENTOS DE CONCRETO ARMADO

Os pavimentos de estruturas de concreto armado são convencionalmente constituídos por vigas e lajes, cujo comportamento conjunto deve garantir bom desempenho, principalmente no que se refere aos deslocamentos-limites que correspondem a valores práticos utilizados para verificação em serviço do estado-limite de deformações excessivas da estrutura.

A deformação em pavimentos de concreto armado é um fenômeno que influencia diretamente o desempenho estrutural e funcional das edificações. Segundo Moura e Marcellino (2003, apud PITOL, 2017, p. 33):

As deformações em estruturas podem ser divididas em deformações que dependem do carregamento, destacando a deformação elástica imediata e a lenta, e deformações que não dependem do carregamento, essas deformações são causadas por fluência e retração do concreto ou ainda pela variação da temperatura.

Diversos fatores influenciam as deformações em pavimentos de concreto armado, tais como a magnitude e distribuição das cargas atuantes, as propriedades do concreto, a

distribuição da armadura, a geometria da estrutura e as condições ambientais. Dessa forma, o controle das deformações é essencial para garantir a durabilidade e o bom funcionamento das estruturas de concreto armado.

A norma NBR 6118:2023 estabelece os critérios que devem ser adotados para evitar que ocorram as deformações que prejudiquem a estrutura, como a determinação das dimensões limites, que são os valores limites mínimos das dimensões dos elementos estruturais de concreto com a finalidade de evitar o desempenho inaceitável e proporcionar condições adequadas para execução dos mesmo. E também dos deslocamentos limites, que são classificados nos seguintes grupos: aceitabilidade sensorial, efeitos específicos, efeitos em elementos não estruturais e efeitos em elementos estruturais.

4 DESCRIÇÃO DOS ITENS COM POTENCIAL IMPACTO NO ESTUDO

Neste tópico serão citados os itens alterados na nova versão da NBR 6118:2023 que podem ter impacto direto na análise estrutural de pavimentos de edifícios em concreto armado. Esses itens são relativos ao comportamento dos materiais, concreto e aço para armadura passiva, como também ao cálculo das ações, à análise estrutural propriamente dita, aos limites de deslocamento e ao detalhamento das armaduras.

4.1 CONCRETO

4.1.1 Simbologia (item 8.1)

Esse item é referente aos símbolos a serem usados na descrição dos materiais concreto e aço. Na versão 2023 surge um símbolo referente ao coeficiente que considera a fragilidade do concreto (η_c) (Figura 2).

Figura 2 - Novo símbolo no item 8.1

8.1 Simbologia específica desta seção

De forma a simplificar a compreensão e, portanto, a aplicação dos conceitos estabelecidos nesta Seção, os símbolos mais utilizados, ou que poderiam gerar dúvidas, encontram-se a seguir definidos.

A simbologia apresentada nesta Seção segue a mesma orientação estabelecida na Seção 4. Dessa forma, os símbolos subscritos têm o mesmo significado que os apresentados em 4.3.

α_E – parâmetro em função da natureza do agregado que influencia o módulo de elasticidade

η_c – fator que considera a fragilidade do concreto

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.1.2 Resistência à tração (item 8.2.5)

Esse item traz as fórmulas para os cálculos das resistências à tração, e na nova publicação da norma houve uma mudança na fórmula utilizada para calcular a resistência média à tração do concreto para concretos com $f_{ck} > 50$ MPa (Figura 3).

Figura 3 - Mudança na fórmula no item 8.2.5

8.2.5 Resistência à tração

A resistência à tração indireta $f_{ct,sp}$ e a resistência à tração na flexão $f_{ct,f}$ devem ser obtidas em ensaios realizados segundo as ABNT NBR 7222 e ABNT NBR 12142, respectivamente.

A resistência à tração direta f_{ct} pode ser considerada igual a $0,9 f_{ct,sp}$ ou $0,7 f_{ct,f}$, ou, na falta de ensaios para obtenção de $f_{ct,sp}$ e $f_{ct,f}$, pode ser avaliado o seu valor médio ou característico por meio das seguintes equações:

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ct,m}$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ct,m}$$

— para concretos com $f_{ck} \leq 50$ MPa:

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$$

— para concretos com $f_{ck} > 50$ MPa:

$$f_{ct,m} = 2,12 \ln [1 + 0,1 (f_{ck} + 8)]$$

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.1.3 Módulo de Elasticidade (item 8.2.8)

Esse tópico trata do módulo de elasticidade onde é citada a norma que deve ser utilizada para a realização do ensaio para encontrar o valor do módulo de elasticidade. Na versão de 2014 citava-se a norma ABNT NBR 8522, mas em 2023 essa norma também passou por uma atualização sendo dividida em duas partes. Por isso, na ABNT NBR 6118:2023, passou a citar que o ensaio para definição do módulo de elasticidade deve estar em conformidade com as normas ABNT NBR 8522-1 e ABNT NBR 8522-2 (Figura 4).

Figura 4 - Atualização na norma de ensaio no item 8.2.8

8.2.8 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade (E_{ci}) deve ser obtido segundo o método de ensaio estabelecido na **ABNT NBR 8522-1 e ABNT NBR 8522-2**, sendo considerado nesta Norma o módulo de deformação tangente inicial, obtido aos 28 dias de idade.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

A versão de 2014 continha a tabela 8.1 (Figura 5) com o título “Valores estimados de módulo de elasticidade em função da resistência característica à compressão do concreto (considerando o uso de granito como agregado graúdo)”, por esses valores representarem exatamente a aplicação da fórmula, optaram pela retirada dessa tabela na versão de 2023.

Figura 5 - Retirada da tabela 8.1

Tabela 8.1 – Valores estimados de módulo de elasticidade em função da resistência característica à compressão do concreto (considerando o uso de granito como agregado graúdo)

Classe de resistência	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C60	C70	C80	C90
E_{ci} (GPa)	25	28	31	33	35	38	40	42	43	45	47
E_{cs} (GPa)	21	24	27	29	32	34	37	40	42	45	47
α_{ci}	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00	1,00

Fonte: ABNT NBR 6118:2014 - Adaptado

Também nesse tópico houve uma mudança nos intervalos considerados para aplicação das fórmulas para cálculo do módulo de elasticidade em uma idade menor que 28 dias. Na nova versão os intervalos passaram a ser $f_{ck} \leq 50$ Mpa e $f_{ck} > 50$ Mpa. Além disso, passa a ser utilizado o f_{ckj} que é a resistência característica à compressão do concreto na idade “j” dias. (Figura 6).

Figura 6 - Mudanças nos intervalos e na resistência utilizada

O módulo de elasticidade em uma idade menor que 28 dias pode ser avaliado pelas expressões a seguir:

$$E_{ci}(t) = \left[\frac{f_{ckj}}{f_{ck}} \right]^{0,5} \cdot E_{ci}, \text{ para os concretos com } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa};$$

$$E_{ci}(t) = \left[\frac{f_{ckj}}{f_{ck}} \right]^{0,3} \cdot E_{ci}, \text{ para os concretos com } f_{ck} > 50 \text{ MPa}.$$

onde

$E_{ci}(t)$ é a estimativa do módulo de elasticidade do concreto em uma idade entre 7 dias e 28 dias;

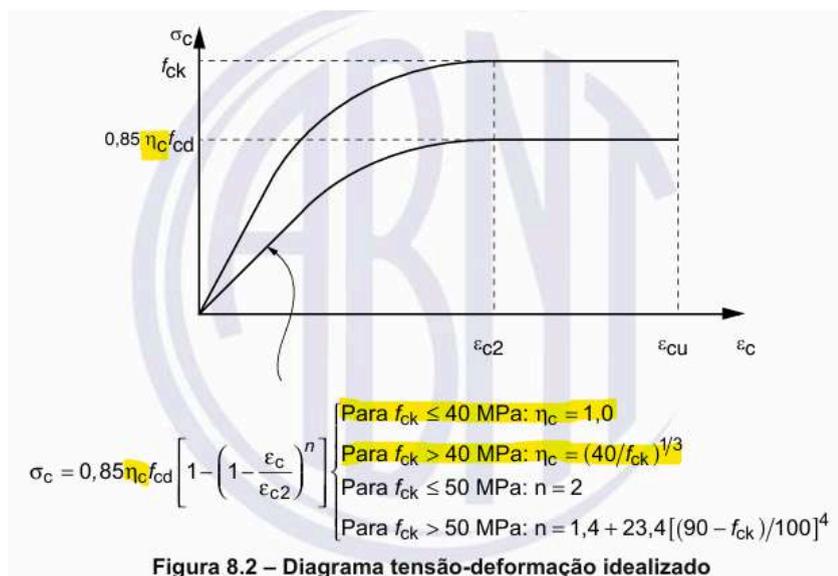
f_{ckj} é a resistência característica à compressão do concreto na idade em que se pretende estimar o módulo de elasticidade, em megapascal (MPa).

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.1.4 Diagrama tensão deformação (item 8.2.10)

Nesse item há uma mudança na figura 8.2 que contém o diagrama de tensão-deformação idealizado. Na nova versão da norma, incluiu-se o coeficiente de fragilidade do concreto (η_c) nas fórmulas apresentadas e aumentou-se os intervalos para aplicação das fórmulas (Figura 7).

Figura 7 - Alterações no diagrama tensão-deformação

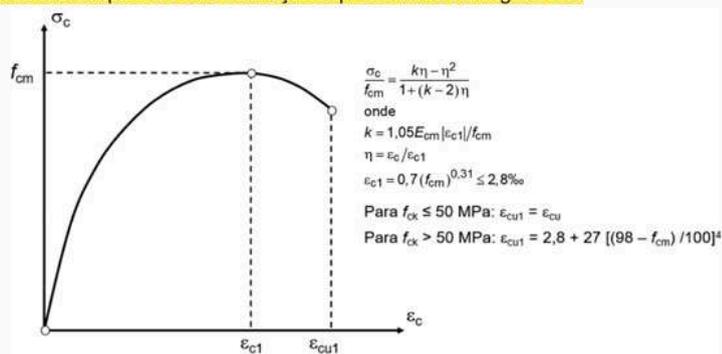


Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

Na nova versão da norma também foi adicionado um diagrama de tensão-deformação para análise não linear, que não havia na versão de 2014. Esta mudança teve como base a norma europeia (Figura 8).

Figura 8 - Adição do diagrama tensão-deformação para análise não linear

Para a análise estrutural não linear, pode, alternativamente, ser utilizado o diagrama de tensão-deformação para a compressão simples de curta duração representado na Figura 8.3.



Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2 AÇO PARA ARMADURA PASSIVA

4.2.1 Tipo de superfície aderente (item 8.3.2)

Na versão de 2014 a Tabela 8.3 trazia o valor do coeficiente de aderência η_1 baseado no tipo de superfície, na nova versão foi feita uma alteração nessa tabela em que esse coeficiente passou a ser definido de acordo com a categoria do aço (Figura 9).

Figura 9 - Alterações na tabela 8.2

Tabela 8.2 – Valor do coeficiente de aderência η_1

Categoria do aço	η_1
CA-25	1,00
CA-50	2,25
CA-60	1,00

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2.2 Características de ductilidade (item 8.3.7)

Também relativo ao aço para concreto armado, na versão anterior, tinha-se que os ensaios de dobramento a 180° deveriam ser realizados com base na norma ABNT NBR 6153, mas na versão de 2023 passou-se a utilizar a norma ABNT NBR ISO 7438 como a norma de referência (Figura 10). Devido ao fato da ABNT NBR ISO 7438 ser mais recente e tratar também sobre o ensaio de dobramento, estando portanto alinhada com os padrões internacionais vigentes, a norma mais antiga ABNT NBR 6153 foi substituída.

Figura 10 - Modificação de norma para realizar ensaios de dobramento a 180°

8.3.7 Características de ductilidade

Os aços CA-25 e CA-50, que atendam aos valores mínimos de f_{st}/f_y e ϵ_{uk} indicados na ABNT NBR 7480, podem ser considerados de alta ductilidade. Os aços CA-60 que obedecem também às especificações desta Norma podem ser considerados de ductilidade normal.

Em ensaios de dobramento a 180°, realizados de acordo com a **ABNT NBR ISO 7438** e utilizando os diâmetros de pinos indicados na ABNT NBR 7480, não pode ocorrer ruptura ou fissuração.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2.3 Soldabilidade (item 8.3.9)

Na versão anterior, para determinação de um aço soldável a composição deveria estar de acordo com os limites definidos na norma ABNT NBR 8965, com a publicação da nova versão passou a ser considerado os limites definidos na norma ABNT NBR 7480 (Figura 11), pois essa última abrange várias categorias de barras de aço, enquanto a ABNT NBR 8965 trata especificamente das barras de aço de aço CA 42 S.

Figura 11 - Mudança na norma que estabelece os limites

8.3.9 Soldabilidade

Para que um aço seja considerado soldável, sua composição deve obedecer aos limites estabelecidos na **ABNT NBR 7480**.

A emenda de aço soldada deve ser ensaiada à tração segundo a ABNT NBR 8548. A força de ruptura mínima, medida na barra soldada, deve satisfazer o especificado na ABNT NBR 7480, e o alongamento sob carga deve ser tal que não comprometa a ductilidade da armadura. O alongamento total plástico medido na barra soldada deve atender a um mínimo de 2 %.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2.4 Ancoragem das armaduras (item 9.4)

O subitem 9.4 faz parte do item 9 que trata do comportamento conjunto dos materiais. No subitem 9.4.1.1 apresentam-se as características da ancoragem por aderência. Na versão de 2023, o texto reformulado explica melhor como funciona esse tipo de ancoragem e quais os dispositivos que podem ser utilizados (Figura 12).

Figura 12 - Melhoria no texto sobre ancoragem por aderência

9.4.1.1 Ancoragem por aderência

As armaduras podem ser ancoradas apenas por aderência, em que a transferência da força na armadura é realizada por meio de um comprimento reto, ou pela combinação de aderência do trecho reto da barra com um ou mais dos seguintes dispositivos:

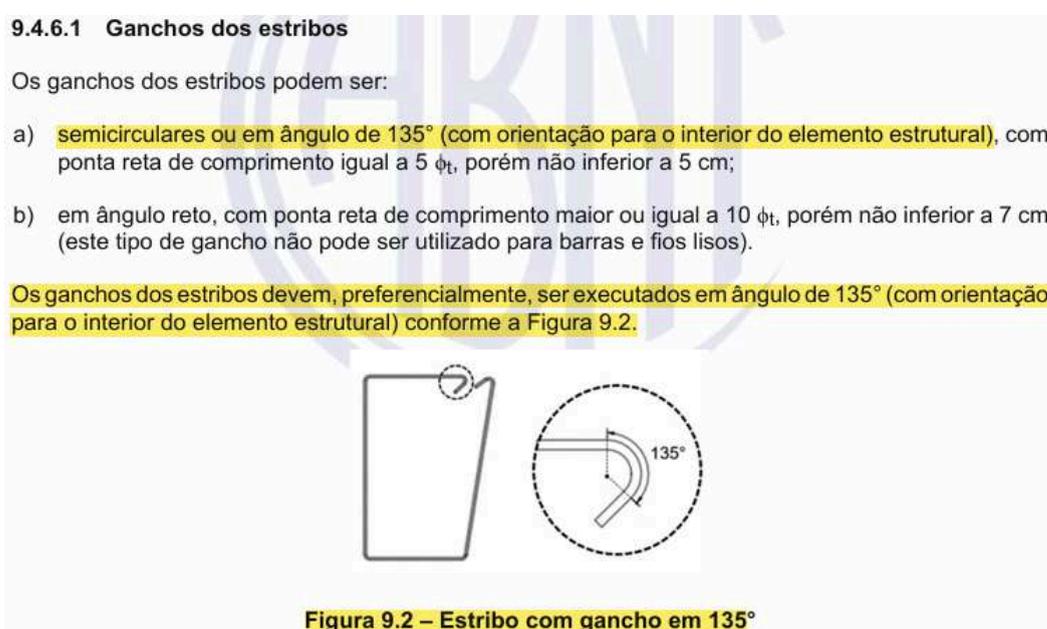
- gancho (apenas barras tracionadas);
- barra transversal soldada;
- chapa soldada na ponta da barra.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2.5 Ancoragem dos estribos (item 9.4.6)

Ainda sobre ancoragem, na versão de 2023 foram acrescentadas informações no item 9.4.6 que trata sobre ancoragem de estribos, especificamente como os ganchos dos estribos devem ser. Houve uma mudança no ângulo a ser considerado no caso dos ganchos semicirculares, acrescentou-se a Figura 9.2 que mostra um estribo com gancho em 135° e um texto após os tipos de ganchos. (Figura 13).

Figura 13 - Mudanças no item 9.4.6.1



Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.2.6 Proporção de barras emendadas por traspasse (item 9.5.2.1)

Esse item apresenta qual deve ser a proporção de barras emendadas. Na versão 2023 da norma afirma-se que entre duas barras com diâmetros diferentes, o comprimento de traspasse deve ser calculado levando em consideração a de menor diâmetro. E também foi acrescentado um texto tratando do caso de mais de duas barras (Figura 14).

Figura 14 - Comprimento de traspasse de barras emendadas

9.5.2.1 Proporção das barras emendadas

Consideram-se como na mesma seção transversal as emendas que se superpõem ou cujas extremidades mais próximas estejam afastadas de menos que 20 % do comprimento do trecho de traspasse.

Quando duas barras emendadas entre si têm diâmetros diferentes, o comprimento de traspasse deve ser calculado pela barra de menor diâmetro. Nos casos de mais de duas barras de diferentes diâmetros emendadas, deve-se calcular o comprimento de traspasse considerando o esforço solicitante de cálculo em cada uma das barras.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.3 AÇÕES

4.3.1 Classificação das ações (11.2.2)

No item que trata sobre as classificações das ações, na nova versão da norma, foi acrescentado um texto sobre como a ação da água pode ser considerada a depender da situação, de acordo com as normas ABNT NBR 8681 e ABNT NBR 6120 (Figura 15).

Figura 15 - Variação de classificação da ação da água

11.2.2 Classificação das ações

As ações a considerar classificam-se, de acordo com a ABNT NBR 8681, em permanentes, variáveis e excepcionais.

Para cada tipo de construção, as ações a considerar devem respeitar suas peculiaridades e as normas a ela aplicáveis.

A ação da água pode ser considerada como permanente, variável ou especial, dependendo da situação, conforme as ABNT NBR 6120 e ABNT NBR 8681.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.3.2 Caso de ação do tipo EMPUXO PERMANENTE (11.3.2.3)

Nesse item houve acréscimo de texto, na versão de 2023, para evidenciar que os empuxos a serem considerados devem ser calculados conforme as normas ABNT NBR 8681, ABNT NBR 6120 e ABNT NBR 6122 (Figura 16).

Figura 16 - Adição de texto sobre empuxo no item 11.3.2.3

11.3.2.3 Empuxos permanentes

Consideram-se permanentes os empuxos de terra e outros materiais granulosos quando forem admitidos como não removíveis.

Consideram-se representativos os valores característicos $F_{k,sup}$ ou $F_{k,inf}$, conforme a ABNT NBR 8681.

O empuxo deve ser considerado conforme as ABNT NBR 6120, ABNT NBR 8681 e ABNT NBR 6122.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.3.3 Coeficientes de ponderação das ações (11.7)

Especificamente no item 11.7.1 que trata dos coeficientes de ponderação das ações no estado-limite último (ELU), a versão de 2023, afirma que deve ser verificada a norma ABNT NBR 8681 para determinação desses coeficientes (Figura 17). Na Tabela 11.1 encontra-se a informação que, nos outros casos, é necessário recorrer a ABNT NBR 8681 (Figura 18). Por fim, na Tabela 11.2, as descrições dos índices “b” e “c” foram aperfeiçoadas (Figura 19).

Figura 17- Consulta a norma ABNT NBR 8681 para determinar coeficientes

11.7.1 Coeficientes de ponderação das ações no estado-limite último (ELU)

A ABNT NBR 8681 deve ser consultada para determinação de coeficientes de ponderação. Os valores-base para verificação são os apresentados nas Tabelas 11.1 e 11.2, para γ_{f1} , γ_{f3} e γ_{f2} , respectivamente.

Para elementos estruturais esbeltos críticos para a segurança de estrutura, como pilares e pilares-paredes com espessura inferior a 19 cm e lajes em balanço com espessura inferior a 19 cm, os esforços solicitantes de cálculo devem ser multiplicados pelo coeficiente de ajustamento γ_n (ver 13.2.3 e 13.2.4.1).

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

Figura 18 - Acréscimo na nota “a” na tabela 11.1

Tabela 11.1 – Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$

Combinações de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ^a	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0,9	0	0

onde
D é desfavorável, *F* é favorável, *G* representa as cargas variáveis em geral e *T* é a temperatura.

^a Para as ações permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3. Neste caso, as demais ações permanentes devem ser ponderadas conforme a ABNT NBR 8681:2003 Versão Corrigida:2004, Tabela 1.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

Figura 19 - Mudanças nas notas “b” e “c” na tabela 11.2

Tabela 11.2 – Valores do coeficiente γ_{f2}

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	ψ_1^a	ψ_2
Cargas de utilização de edificações	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

^a Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga, ver Seção 23.
^b Áreas com ocupação residencial ou hospedagem e áreas de acesso restrito.
^c Áreas com ocupação comercial, de escritórios, lojas, estações de passageiros, edifícios públicos e áreas de acesso público.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.4 LIMITES PARA DIMENSÕES, DESLOCAMENTOS E ABERTURA DE FISSURAS

4.4.1 Deslocamentos limites (item 13.3)

Deslocamentos limites são valores práticos utilizados para verificação em serviço, especificamente no estado limite de deformações excessivas da estrutura. Esse item mostra os valores limites a depender do tipo de efeito e da razão da limitação conforme apresentado na Tabela 13.3, na versão de 2023 ao final da tabela acrescentou-se a NOTA 5, relativa a combinação de ações mais adequada para realizar o cálculo das flechas que correspondem a deformação do pavimento, (Figura 20).

Figura 20 - Adição da nota 5 na tabela 13.3

<p>NOTA 1 Todos os valores-limites de deslocamentos supõem elementos de vão ℓ suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.</p> <p>NOTA 2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor ℓ é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.</p> <p>NOTA 3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na Seção 11.</p> <p>NOTA 4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.</p> <p>NOTA 5 Para determinação da flecha de longa duração, adotar a combinação quase permanente.</p>
--

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.5 ANÁLISE ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS

4.5.1 Análise estrutural de elementos de placa - LAJES (item 14.7)

Nos subitens 14.7.7 e 14.7.8 são retratados os casos de lajes nervuradas, lisas e do tipo cogumelo. Na versão de 2023, no item 14.7.7 que trata das lajes nervuradas foi retirado o último parágrafo presente na versão de 2014. E no item 14.7.8 das lajes lisas e cogumelo, foi acrescentado o procedimento numérico da grelha equivalente para análise estrutural das lajes (Figura 21).

Figura 21 - Acréscimo do procedimento da grelha equivalente

14.7.8 Lajes lisas e lajes-cogumelo

Lajes-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis.

A análise estrutural de lajes lisas e cogumelo deve ser realizada mediante a utilização de procedimento numérico adequado, por exemplo, diferenças finitas, elementos finitos, **grelha equivalente** ou elementos de contorno.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.5.2 Análise estrutural de elementos lineares - VIGAS (item 17.2)

O item 17.2 discorre sobre os elementos lineares sujeitos a solicitações normais - Estado-limite último. Nele, o subitem 17.2.2 apresenta as hipóteses básicas que devem ser consideradas. Na nova versão da norma, a hipótese “e” teve acréscimo do coeficiente de fragilidade do concreto, na tensão de pico e nas fórmulas para a tensão atuante até a profundidade y , além de mudanças nos intervalos de resistência. (Figura 22).

Figura 22 - Modificações na hipótese “e” do item 17.2.2

- e) a distribuição de tensões no concreto é feita de acordo com o diagrama **idealizado curvo e retangular**, especificado em 8.2.10.1, com tensão de pico igual a $0,85 \eta_c f_{cd}$, com f_{cd} definido em 12.3.3. Esse diagrama pode ser substituído pelo retângulo de profundidade $y = \lambda x$, onde o valor do parâmetro λ pode ser tomado igual a:
- $\lambda = 0,8$, para $f_{ck} \leq 50$ MPa; ou
 - $\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400$, para $f_{ck} > 50$ MPa.
- e onde a tensão constante atuante até a profundidade y pode ser tomada igual a:
- $\alpha_c \eta_c f_{cd}$, no caso da largura da seção, medida paralelamente à linha neutra, não diminuir a partir desta para a borda comprimida;
 - $0,9 \alpha_c \eta_c f_{cd}$, no caso contrário;
- sendo α_c definido como:
- para concretos com $f_{ck} \leq 50$ MPa, $\alpha_c = 0,85$
 - para concretos $f_{ck} > 50$ MPa, $\alpha_c = 0,85 \cdot [1,0 - (f_{ck} - 50) / 200]$

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

Na versão de 2023, foi criado o item 17.2.4.4 que aborda o estado-limite de serviço, trazendo em seguida os itens 17.2.4.4.1 que tratam sobre os limites de tensão de compressão e o 17.2.4.4.2 que trata sobre os limites de tensão de tração (Figura 23).

Figura 23 - Criação dos itens 17.2.4.4, 17.2.4.4.1 e 17.2.4.4.2

17.2.4.4 Estado-limite de serviço

Devem ser atendidas as verificações do ELS estabelecidas na Tabela 13.4 de acordo com o nível de protensão definido em projeto.

17.2.4.4.1 Limites de tensão de compressão

Tensões de compressão excessivas no concreto sob cargas em serviço podem provocar fissuras longitudinais e elevadas perdas de protensão por fluência. Para evitar esses efeitos, devem se limitar as tensões de compressão do concreto a um nível apropriado.

Para protensão completa (Nível 3) e protensão limitada (Nível 2), as tensões no concreto em serviço (considerando a seção não fissurada e após todas as perdas de protensão) não podem exceder os seguintes limites:

- na combinação quase permanente – $0,45 f_{ck}$;
- na combinação frequente – $0,6 f_{ck}$;
- na combinação rara – $0,6 f_{ck}$ (somente para protensão completa, Nível 3).

17.2.4.4.2 Limites de tensão de tração

A limitação das tensões de tração no concreto é uma medida adequada para reduzir a probabilidade de fissuração. Dependendo do estado-limite considerado, ELS-F e ELS-D, diferentes limites de tensão devem ser aplicados, tomando-se como base a seção não fissurada do concreto.

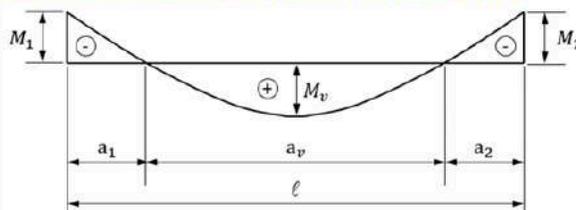
Quando a tensão de tração máxima no concreto no ELS-F (ver a Tabela 13.4) exceder $0,7 \alpha f_{ctm}$, a seção passa a trabalhar no Estádio II (seção fissurada). No ELS-D, considera-se a tensão-limite nula de tração.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

O item 17.3.2.1.1 é utilizado para avaliação aproximada da flecha imediata em vigas, e nele foi adicionada a Figura 17.3 - rigidez equivalente para vão em vigas contínuas, e antes e após a figura, foram adicionados textos que tratam de algumas considerações para obter o valor da rigidez equivalente (Figura 24).

Figura 24 - Adição da figura 17.3 e de novos textos

Para vãos de vigas contínuas, quando for necessária maior precisão, pode-se adotar, para a rigidez equivalente, o valor ponderado com o critério estabelecido na Figura 17.3.



$$(EI)_{eq} = \frac{1}{l} \left[(EI)_{eq,1} \cdot a_1 + (EI)_{eq,v} \cdot a_v + (EI)_{eq,2} \cdot a_2 \right]$$

onde: $\left\{ \begin{array}{l} (EI)_{eq,1} \text{ é a rigidez equivalente no trecho 1;} \\ (EI)_{eq,v} \text{ é a rigidez equivalente no trecho de momentos positivos;} \\ (EI)_{eq,2} \text{ é a rigidez equivalente no trecho 2.} \end{array} \right.$

Figura 17.3 – Rigidez equivalente para vãos de vigas contínuas

Em cada trecho, a rigidez equivalente deve ser calculada com EI_{II} considerando as armaduras existentes no trecho e com M_a igual a M_1 , M_v e M_2 respectivamente.

Pode-se adotar a_1/l e a_2/l aproximadamente iguais a 0,15.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

O item 17.3.2.1.2, descreve como deve ser o cálculo da flecha diferida no tempo para vigas de concreto armado. Ele apresenta a tabela 17.1 que mostra os valores do coeficiente em função do tempo e em seguida apresenta também a descrição de como esses tempos são considerados. A nova versão da norma, apresenta melhor descrição para o tempo t_0 (Figura 25).

Figura 25 - Melhoria na descrição do tempo t_0

t o tempo, em meses, quando se deseja o valor da flecha diferida;

t_0 a idade, em meses, relativa à data de aplicação da carga de longa duração, **considerando-se como $t = 0$ o momento da concretagem**. No caso de parcelas da carga de longa duração serem aplicadas em idades diferentes, pode-se tomar para t_0 o valor ponderado a seguir:

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

No subitem 17.3.5.2.1 trata-se da armadura mínima de tração, fornecendo na Tabela 17.3 as taxas mínimas de armadura de flexão para vigas.

Na versão de 2014, destacava-se a forma retangular para a seção na própria tabela e não apresentava a referência à resistência característica do concreto. Na nova versão, a estrutura da tabela foi modificada, trazendo essa especificação para o título da tabela que passou a ser “Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas com seção transversal retangular” (Figura 26) tornando-a de mais visualização.

Figura 26 - Alteração na tabela 17.3

Tabela 17.3 – Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas com seção transversal retangular

f_{ck} MPa	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\rho_{min} = A_{s,min}/A_s$ %	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256

^a Os valores de ρ_{min} estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $d/h = 0,8$ e $\gamma_C = 1,4$ e $\gamma_S = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{min} deve ser recalculado.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.5.3 Elementos lineares sujeitos à força cortante (item 17.4)

O item 17.4 trata da verificação ao cisalhamento. No subitem 17.4.2.2 trata-se do modelo de cálculo I para verificação do estado-limite último. E no item “c”, que trata sobre a

decalagem do diagrama de força no banzo tracionado, houve uma mudança na fórmula da força de tração que passou a ficar em função da razão entre o deslocamento do diagrama do momento fletor e a altura útil (Figura 27).

Figura 27 - Mudança na fórmula da força de tração

A decalagem do diagrama de força no banzo tracionado pode também ser obtida simplesmente empregando a força de tração, em cada seção, dada pela expressão:

$$F_{Sd,cor} = \frac{M_{Sd}}{z} + |V_{Sd}| \frac{a_t}{d} \leq \frac{M_{Sd,máx}}{z_{máx}}$$

onde

$M_{Sd,máx}$ é o momento fletor de cálculo máximo no trecho em análise;

$z_{máx}$ o valor de z que corresponde ao valor de $M_{Sd,máx}$.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

No item 17.4.2.3 é exposto o modelo de cálculo II, na nova versão da norma, no item “c” aconteceu uma mudança na fórmula para calcular o deslocamento do diagrama de momentos fletores, ficando em função da força cortante solicitante de cálculo ($V_{Sd,máx}$) e da parcela da força cortante que resistida por mecanismo complementares ao modelo treliça (V_C) (Figura 28).

Figura 28 - Alteração no cálculo do deslocamento do diagrama de momento fletor

c) deslocamento do diagrama de momentos fletores:

Se forem mantidas as condições estabelecidas em 17.4.2.2-c), o deslocamento do diagrama de momentos fletores, aplicando o processo descrito nesta Seção, deve ser:

$$a_t = 0,5d \left[\frac{V_{Sd,máx}}{(V_{Sd,máx} - V_C)} (\cot\theta + \cot\alpha) - \cot\alpha \right] \leq d$$

onde

$a_t \geq 0,5d$, no caso geral;

$a_t \geq 0,2d$, para estribos inclinados a 45° .

Permanece válida para o modelo II a alternativa para a obtenção da força de tração dada em 17.4.2.2-c).

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.5.4 Elementos lineares sujeitos à torção (item 17.5)

O item 17.5 trata dos elementos lineares sujeitos à torção – Estado-limite último, e o item 17.5.1.2 trata das condições gerais. Na nova versão da norma após as fórmulas para cálculo das taxas geométricas, descreve-se b_w para o caso de seções vazadas (Figura 29).

Figura 29 - Determinação de b_w para seções vazadas

$$\left. \begin{array}{l} \rho_{sl} = \frac{A_{sl}}{h_e u_e} \\ \rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b_w s} \end{array} \right\} \geq 0,2 \frac{f_{ctm}}{f_{ywk}}, \text{ com } f_{ywk} \leq 500 \text{ MPa}$$

Nesta expressão, para seções vazadas, b_w é igual à soma da largura das almas mais externas da seção.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.6 DETALHAMENTO DE ARMADURAS

4.6.1 Armadura de tração (item 18.3.2.4)

Nesse item apresentam-se as condições as quais as armaduras de tração nas seções de apoio devem seguir. No item “b” tem-se a condição para as armaduras serem capazes de resistir a uma força de tração (F_{sd}). Na versão de 2023, acrescentou-se uma parcela na fórmula para cálculo dessa força, além de situações em que as variáveis da fórmula devem se enquadrar para encontrar o valor requerido (Figura 30).

Figura 30 - Modificações no item “b” do item 18.3.2.4

18.3.2.4 Armadura de tração nas seções de apoio

Os esforços de tração junto aos apoios de vigas simples ou contínuas devem ser resistidos por armaduras longitudinais que satisfaçam a mais severa das seguintes condições:

- no caso de ocorrência de momentos positivos, as armaduras obtidas através do dimensionamento da seção;
- em apoios extremos, para assegurar a ancoragem da diagonal de compressão, armaduras capazes de resistir a uma força de tração $F_{sd} = M_d / z + (a_\ell / d) V_d + N_d$, onde M_d só deve ser considerado se for positivo no apoio, V_d é a força cortante desde que atue aumentando a tensão nas barras tracionadas e N_d é a força de tração eventualmente existente; os valores de M_d , V_d e N_d devem ser avaliados na extremidade do vão efetivo da viga e para a mesma combinação;

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.6.2 Armadura de suspensão (item 18.3.6)

O item 18.3.6, discorre sobre a armadura de suspensão. Na nova versão da norma incluiu-se quatro novos parágrafos, abordando a situação de vigas “não-penduradas” explicando como a armadura pode ser disposta, o fator de redução de carga que pode ser aplicado e definindo quando a viga está pendurada (Figura 31).

Figura 31 - Novos parágrafos no item 18.3.6

18.3.6 Armadura de suspensão

Nas proximidades de cargas concentradas transmitidas à viga por outras vigas ou elementos discretos que nela se apoiem ao longo ou em parte de sua altura, ou fiquem nela pendurados, deve ser colocada armadura de suspensão.

A armadura de suspensão deve ser somada à armadura de cisalhamento devida à força cortante e/ou ao momento torsor.

No caso de vigas não penduradas, a armadura de suspensão pode ser disposta na viga de apoio e na viga apoiada. Na viga de apoio, deve ser posto um mínimo de 75 % da armadura calculada do tirante, em uma extensão máxima equivalente a $h_{\text{viga apoio}}$, considerada a metade desta altura para cada um dos lados, a partir do ponto de cruzamento. Na viga apoiada deve ser posto um máximo de 25 % da armadura calculada do tirante, em uma extensão máxima equivalente a $h_{\text{viga apoiada}}$, considerada a metade para cada um dos lados, a partir do ponto de cruzamento. Caso a viga apoio e/ou a viga apoiada não se estender além do ponto de cruzamento, toda a armadura deve ser posta na extensão máxima correspondente a $h_{\text{viga}} / 2$.

No caso de vigas não penduradas com faces superiores coincidentes, pode ser aplicado um fator de redução da carga de suspensão dado por $(1 - h_d / h_{\text{viga apoio}})$, onde h_d é a diferença de nível medida entre as faces inferiores das vigas, e $h_{\text{viga apoio}}$ é a altura da viga de apoio.

Define-se uma situação de viga pendurada quando a face inferior da viga apoiada está abaixo da face inferior da viga de apoio.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.6.3 Armadura de cisalhamento em lajes (item 19.4.1)

Esse item tem como título “Lajes sem armadura para força cortante”, nele é abordado sobre a possibilidade de se dispensar a armadura transversal utilizadas para resistir às forças de tração oriundas da força cortante levando em consideração a força cortante resistente de cálculo (V_{Rd1}). Essa força, que depende da tensão resistente de cálculo (τ_{Rd}), na nova versão da norma, foi limitada ao valor correspondente ao concreto de $f_{ck} = 60$ MPa (Figura 32).

Figura 32 - Limitação do τ_{Rd} no item 19.4.1

τ_{Rd} é a tensão resistente de cálculo do concreto ao cisalhamento. O seu valor deve ser limitado ao correspondente a uma resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) igual a 60 MPa.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

4.6.4 Armadura de distribuição (item 22.7.4.1.2)

Na versão de 2023, nesse item que discorre sobre a armadura de distribuição, foi especificado que a malha deve ser distribuída uniformemente em duas direções ortogonais e que é correspondente a 20 % dos esforços totais de tração em cada direção (Figura 33).

Figura 33 - Retirada de trecho no item 22.7.4.1.1

22.7.4.1.2 Armadura de distribuição

Para controlar a fissuração, deve ser prevista armadura positiva adicional, independentemente da armadura principal de flexão, em malha uniformemente distribuída em duas direções ortogonais correspondente a 20 % do total das forças de tração em cada uma delas.

Fonte: ABNT NBR 6118:2023 - Adaptado

5 METODOLOGIA

Essa pesquisa tem como objetivo fazer a análise das atualizações presentes na norma ABNT NBR 6118:2023 e os seus impactos nos projetos estruturais. Para elaboração deste trabalho, optou-se de início, por fazer uma pesquisa bibliográfica, que reuniu as informações e os conhecimentos prévios a respeito do tema. Sobre esse tipo de pesquisa, Barros e Lehfeld (2007 p. 85) discorrem,

Para realizar uma pesquisa bibliográfica, é fundamental que o pesquisador faça um levantamento dos temas e tipos de abordagem já trabalhados por outros estudiosos, assimilando os conceitos e explorando os aspectos já publicados. Nesse sentido, é relevante levantar e selecionar conhecimentos já catalogados em bibliotecas, editoras, Internet, videotecas etc.

Foram pesquisadas e analisadas as duas últimas versões da norma ABNT NBR 6118, como também, artigos científicos, trabalhos científicos, livros, documentos, revistas técnicas e sites técnicos e de instituições que tratam sobre o tema. Com base nessas informações obtidas, identificou-se os principais pontos de contribuição para o projeto estrutural presentes em cada uma delas, demonstrando o seu desenvolvimento e reconhecimento.

Posteriormente, os itens que sofreram atualização da última versão da norma ABNT NBR 6118:2023, foram descritos, o que caracterizou a pesquisa descritiva. Segundo Cerro, Bervian e Silva (2007 p. 61), “A pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los.”. Cada um dos tópicos foi analisado e comparado com a versão anterior ABNT NBR 6118:2014, para apontar suas alterações. Em seguida, foi feito um estudo comparativo para verificar como essas mudanças podem afetar projetos futuros.

Esse estudo comparativo foi realizado utilizando como ferramenta o software TQS, na versão UNIPRO 25.5 - EDUCACIONAL que é destinado ao desenvolvimento de projetos estruturais e possibilita que os mesmos estejam conforme às exigências das normas técnicas da ABNT.

Através do software foi analisado um projeto de um edifício de três pavimentos em concreto armado, com pavimentos constituídos de vigas e lajes maciças, adotando-se, para a análise, os parâmetros estabelecidos nas duas últimas versões da norma ABNT NBR 6118 (2014 e 2023), com a finalidade de verificar na prática, como as alterações impactam os projetos. Os resultados obtidos são apresentados e analisados a seguir.

5.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO USADO NO ESTUDO

Para o estudo dos impactos decorrentes da última revisão da ABNT NBR 6118, foi adotado um projeto estrutural de um edifício chamado “modelo padrão” disponibilizado como exemplo no software TQS versão UNIPRO 25.5 - EDUCACIONAL.

A edificação utilizada consiste em um prédio composto pelo pavimento de fundação em estacas, dois pavimentos tipo, um pavimento da cobertura e um pavimento do reservatório (Figura 34).

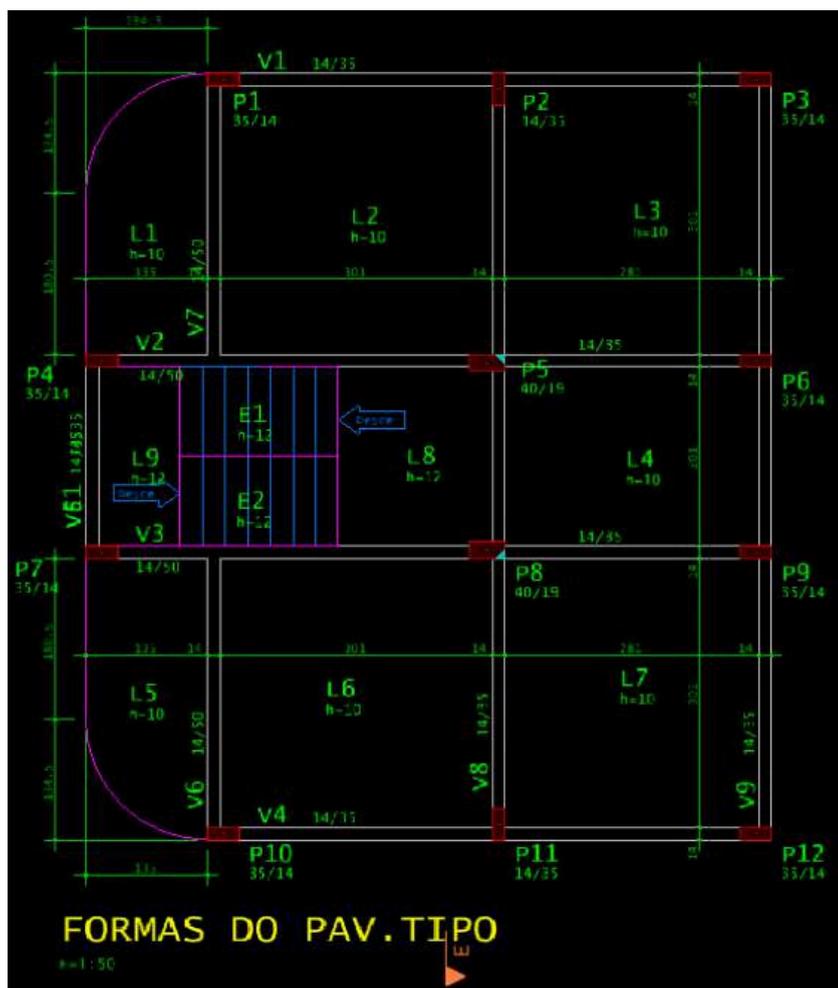
Figura 34 - Representação do edifício



Fonte: Autoria própria

Para o concreto foi considerada a classe C50. Para o pavimento tipo, utilizado como instrumento de estudo, a Figura 35 mostra que o mesmo é constituído por vigas e lajes maciças.

Figura 35 - Pavimento tipo usado na análise



Fonte: Autoria própria

Para a edificação foi realizado o processamento a partir da versão de 2014 e da versão de 2023 com vistas a comparar os seguintes resultados: cálculo das flechas através de análise linear e não linear e cálculo e detalhamento de vigas.

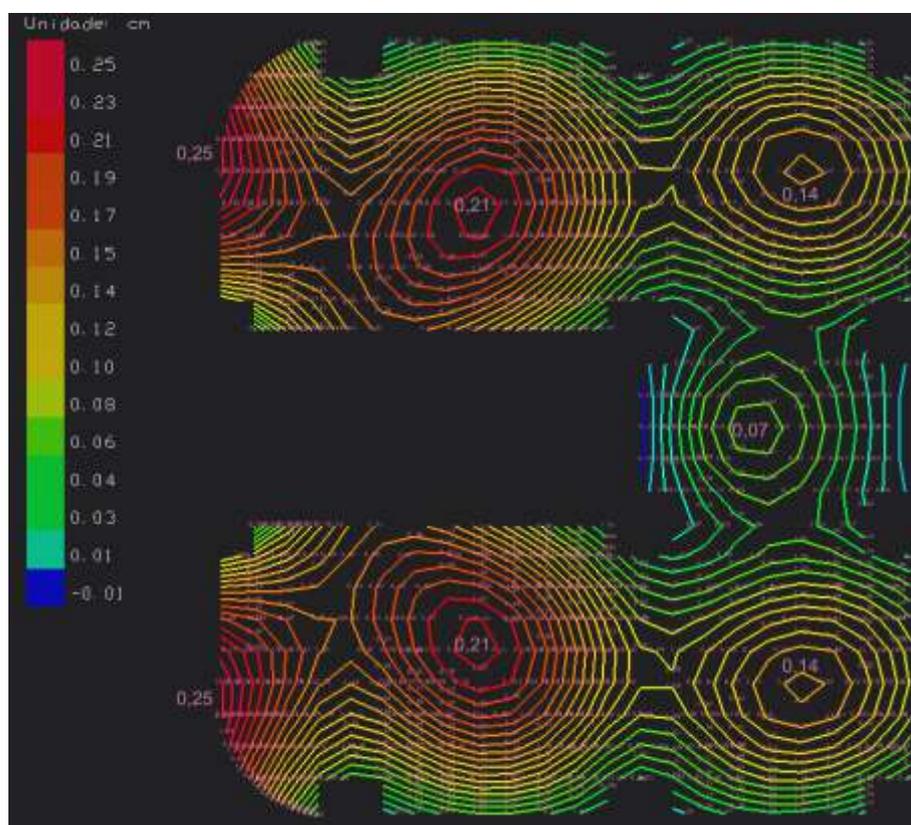
Essa análise possibilitou a verificação do impacto nos resultados provenientes de alguns dos itens destacados anteriormente, são eles: introdução de um coeficiente de fragilidade para concreto C50 ou superior, adição de um diagrama para análise não linear físico e novos requisitos para cálculo e detalhamento de vigas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DEFORMAÇÃO DO PAVIMENTO

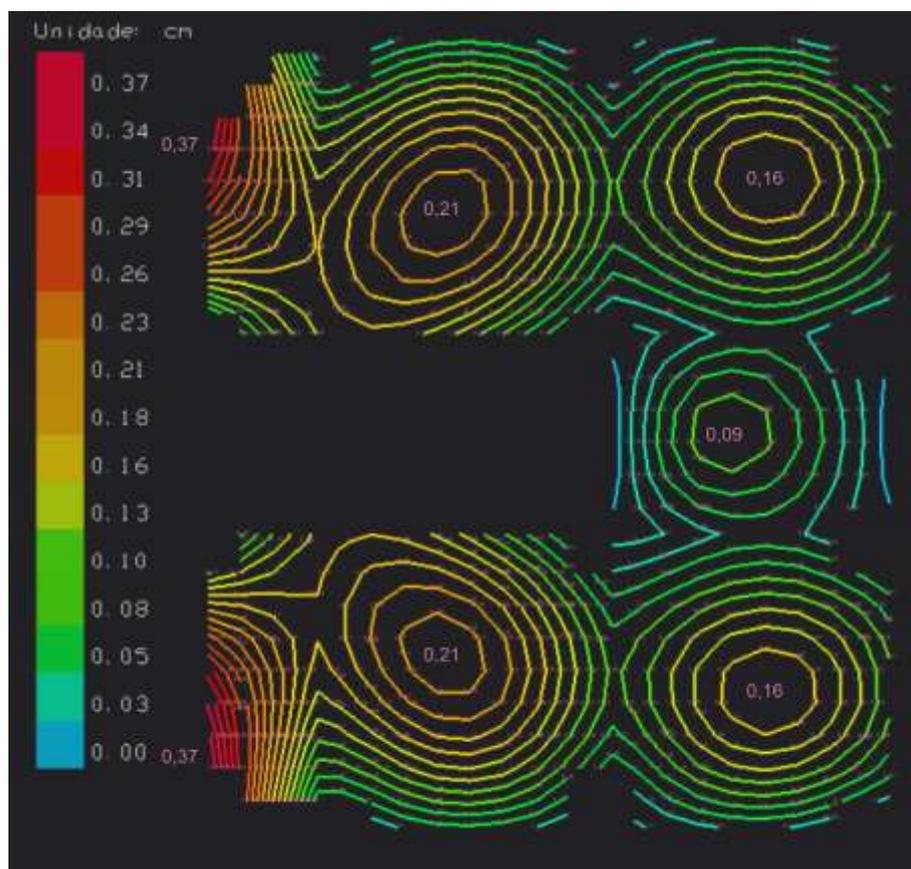
A atualização na ABNT NBR 6118:2023 trouxe o coeficiente de fragilidade do concreto (η_c) para o cálculo de obtenção do valor da deformação. Até o fck de 40 MPa, seu valor é igual a 1, a partir do fck de 50 MPa seu valor passa a depender do valor de fck adotado. Com o objetivo de avaliar o impacto dessa alteração na deformação dos pavimentos, adotou-se, no software TQS, um valor de fck igual a 50 MPa para todos os elementos estruturais, além da combinação quase permanente, conforme orienta a versão de 2023 da norma. A partir disso, foram determinados os deslocamentos do pavimento tipo considerando as versões de 2014 e 2023 da ABNT NBR 6118.

Figura 36 - Flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR - 2014



Fonte: Autoria própria

Figura 37 - Flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR - 2023



Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Valores por laje das flechas do pavimento tipo usando a combinação quase permanente ANÁLISE LINEAR

Lajes	Flechas análise linear - 2014	Flechas análise linear - 2023	Aumento (%)
Laje 1 = Laje 5	0,25	0,37	48,00%
Laje 2 = Laje 6	0,21	0,21	0,00%
Laje 3 = Laje 7	0,14	0,16	14,29%
Laje 4	0,07	0,09	28,57%

Fonte: Autoria própria

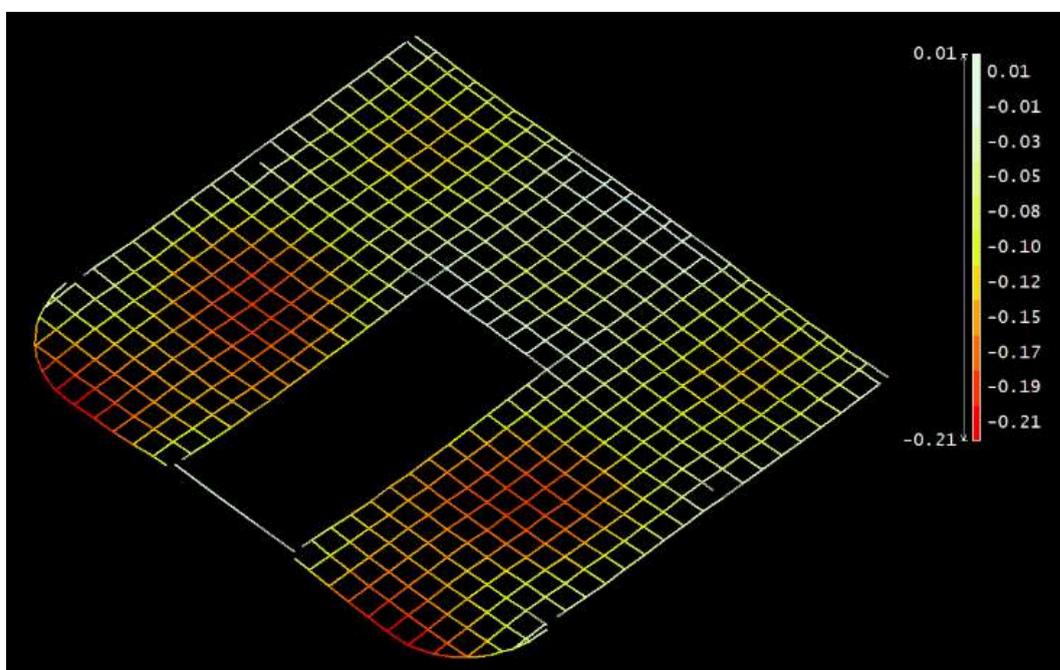
A partir das Figuras 36 e 37 percebe-se que, a mesma estrutura sob as mesmas condições de carregamento, apresentou variações nos valores de flecha entre as versões de 2014 e 2023 da norma ABNT NBR 6118. Para as lajes 1 e 5 os valores obtidos na versão 2023 foram 48% superior aos valores encontrados através da versão de 2014. Nas lajes 3 e 7,

a flecha foi 14,29% maior com a versão mais recente, enquanto na laje 4 essa diferença foi de 28,57%. Por outro lado, as lajes 2 e 6 na versão 2023 não apresentaram variação entre as versões analisadas.

A norma ABNT NBR 6118, em sua versão de 2023, passou a fornecer um diagrama tensão-deformação que permite uma análise das deformações a partir do comportamento em regime não linear, conforme apresentado na Figura 38.

Segundo o resultado apresentado, a flecha máxima do pavimento corresponde a um valor 16% inferior ao resultado apresentado para a análise linear, se aproximando mais do valor correspondente a versão de 2014.

Figura 38 - Flechas do pavimento tipo ANÁLISE NÃO LINEAR - 2023



Fonte: Autoria própria

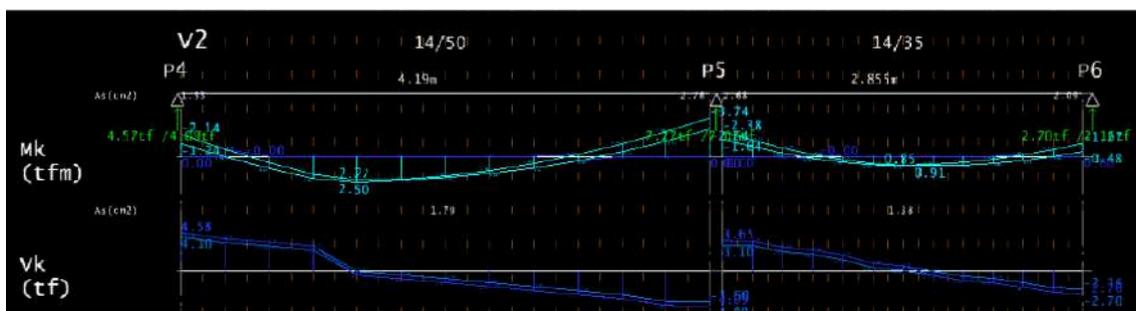
6.2 ANÁLISE DE VIGAS

Durante a análise comparativa entre as vigas dimensionadas conforme as versões de 2014 e 2023 da ABNT NBR 6118, observou-se que algumas vigas apresentaram mudanças nos diagramas de momento fletor e esforço cortante e nas suas reações de apoio.

As vigas que apresentaram essas modificações foram as V2, V3, V6 e V7, a partir da planta do pavimento tipo nota-se que as vigas V2 e V3 tem as mesmas dimensões e

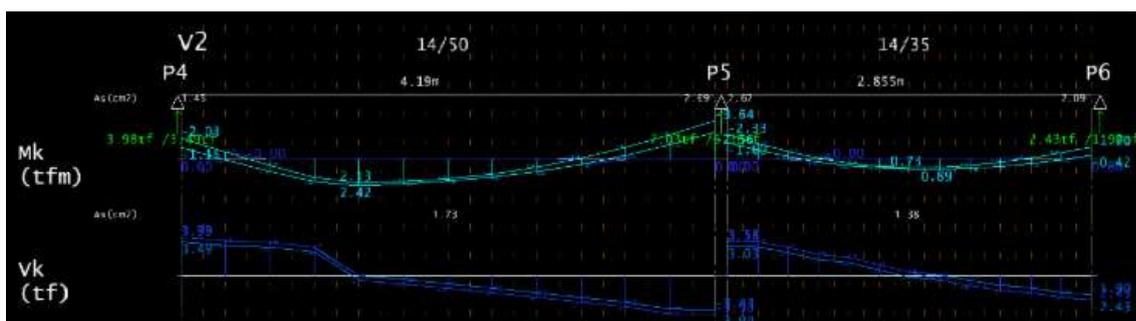
são simétricas assim como as vigas V6 e V7. Como ocorre esse espelhamento das vigas, a seguir serão demonstrados os resultados a partir dos diagramas das vigas V2 e V7.

Figura 39 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V2 - 2014



Fonte: Autoria própria

Figura 40 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V2 - 2023



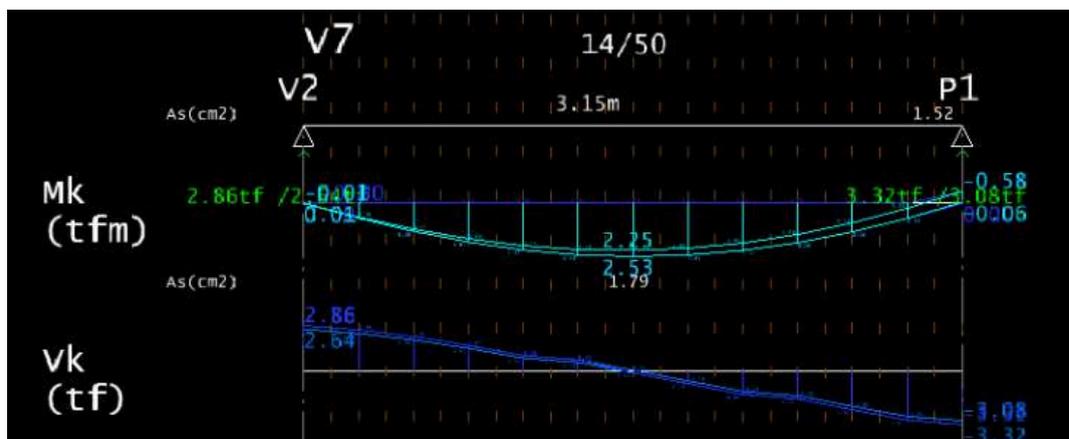
Fonte: Autoria própria

Analisando a viga V2, a partir das Figuras 39 e 40, verificou-se que as reações de apoio e os diagramas de momento fletor e esforço cortante, obtidos com base na versão 2023 apresentaram valores ligeiramente menores que os obtidos através da versão de 2014. A média das reações de apoio na versão de 2023 foi 7,63% inferior à da versão de 2014, enquanto os momentos fletores apresentaram uma redução de 3,32% e os esforços cortantes foram 7,45% menores.

Essa diferença pode ser atribuída a algumas mudanças que foram introduzidas na versão de 2023 da norma, como a adoção da rigidez equivalente para vão em vigas contínuas, conforme ilustrado na Figura 24 deste trabalho (correspondente a Figura 17.3 da NBR 6118:2023), a qual foi incorporada nessa atualização da norma. Além disso, houve uma mudança na fórmula da força de tração, apresentada no item 17.4.2.2, que levando em conta o deslocamento do diagrama do momento fletor e a altura útil, contribuindo para uma melhor

distribuição dos esforços. E também a alteração na fórmula para cálculo do deslocamento do diagrama de momento fletor, presente no item 17.4.2.3, a qual influencia na variação das intensidades dos diagramas de momento fletor.

Figura 41 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V7 - 2014



Fonte: Autoria própria

Figura 42 - Reações de apoio, diagramas de momento fletor e esforço cortante viga V7 - 2023



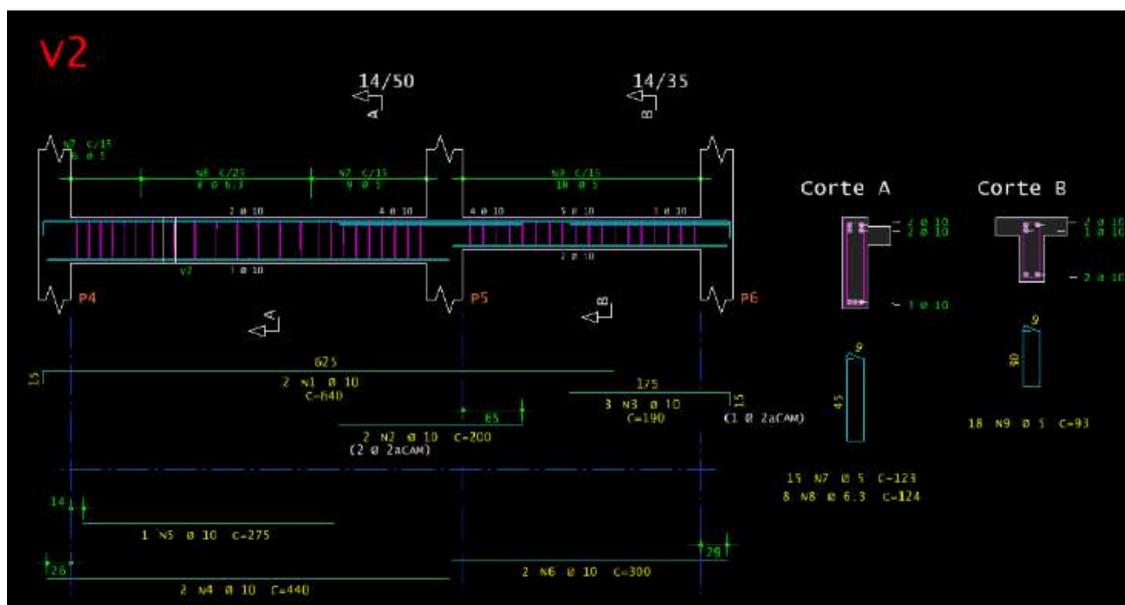
Fonte: Autoria própria

De forma semelhante, na viga V7, devido a uma das reações ser maior, obteve-se um aumento de 0,97 na média das reações de apoio e dos esforços cortantes na versão 2023, em comparação com a versão de 2014. No entanto, em relação ao momento fletor, observou-se uma redução de 7,91%, conforme as figuras 41 e 42.

6.3 DETALHAMENTO DAS VIGAS

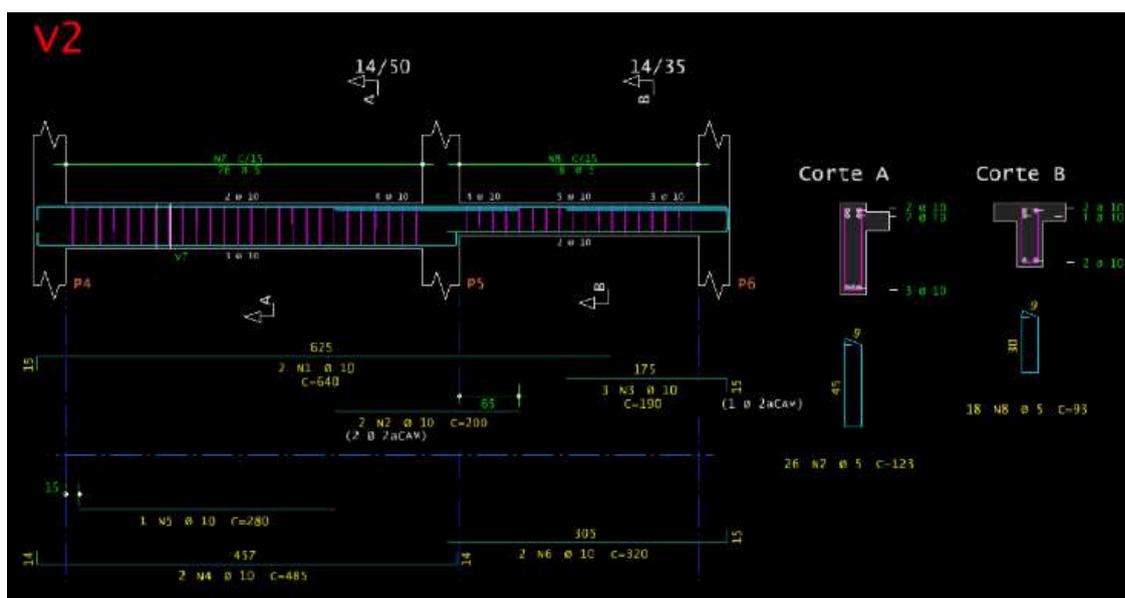
Visando avaliar os impactos das atualizações no dimensionamento das armaduras das vigas, analisou-se os detalhamentos gerados pelo software TQS das vigas citadas anteriormente segundo as versões da norma ABNT NBR 6118 de 2014 e de 2023. A seguir, nas Figuras 43 e 44, são apresentados, respectivamente, os detalhamentos das vigas V2 e V7, elaborados com base nas duas versões da norma.

Figura 43 - Distribuição das armaduras da viga V2 - 2014



Fonte: Autoria própria

Figura 44 - Distribuição das armaduras da viga V2 - 2023



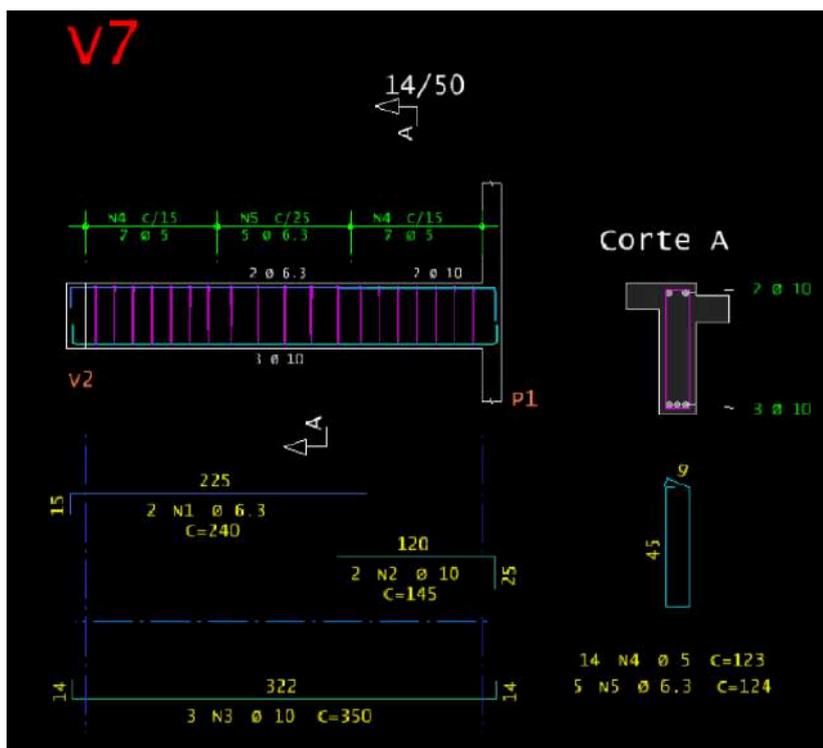
Fonte: Autoria própria

Como visto anteriormente, as alterações nos valores dos esforços as quais as vigas estavam sujeitas, resultantes da aplicação da ABNT NBR 6118:2023, já indicavam a possibilidade de mudanças no detalhamento das armaduras. Com efeito, em posse das Figuras 43 e 44, nota-se que, de fato, houve mudanças na distribuição das armaduras ao longo da viga V2, ao se comparar as figuras geradas segundo as versões de 2014 e de 2023 da norma.

Verificou-se as modificações nas três armaduras longitudinais, localizadas na parte inferior da imagem, em que elas passaram a apresentar dobras de ancoragem nas extremidades, isso pode ter sido em função da maior ênfase dada a ancoragem por aderência no item 9.4.1.1, na nova versão da norma, indicando que quando necessário deve-se fazer uso das dobras ou ganchos de ancoragem para garantir um bom desempenho estrutural.

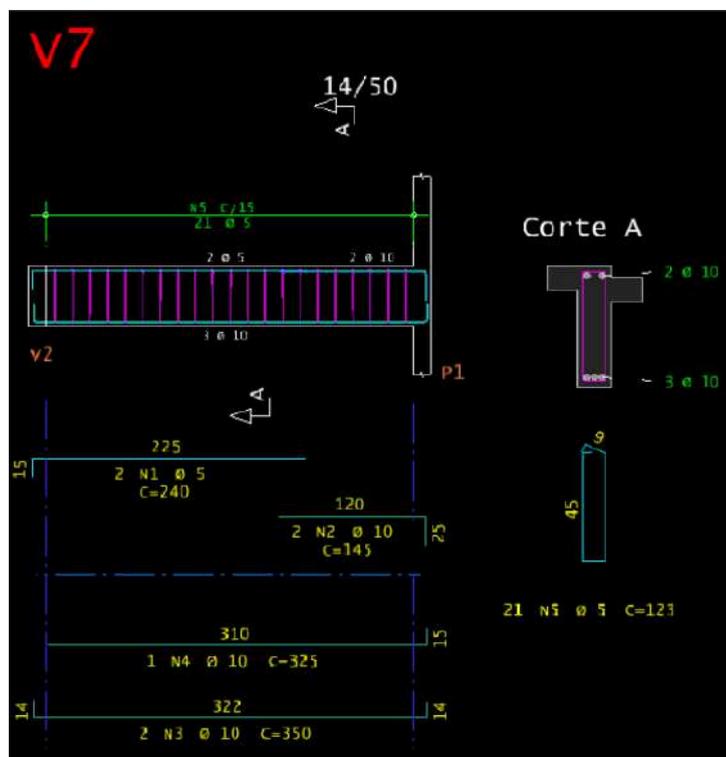
Também observa-se uma mudança com relação às bitolas e aos espaçamentos dos estribos, no trecho da viga entre os pilares P4 e P5, na versão de 2014 tem-se uma divisão de três trechos, já na versão de 2023 ficou um trecho único de distribuição dos estribos. Isso pode ter sido influenciado pela nova consideração da rigidez equivalente nos vãos e pela modificação dos momentos fletores, indicando um dimensionamento mais ajustado ao comportamento real da estrutura, com uma disposição de maneira mais econômica e mantendo os critérios de segurança.

Figura 45 - Distribuição das armaduras da viga V7 - 2014



Fonte: Autoria própria

Figura 46 - Distribuição das armaduras da viga V7 - 2023



Fonte: Autoria própria

Verificou-se também que a distribuição das armaduras da viga V7 apresentou modificações, provocadas por motivos semelhantes aos descritos acima, já que também houve mudanças nos esforços quando dimensionada com base na ABNT NBR 6118:2023 E as atualizações se aplicam a todas as vigas. Observa-se o aumento de uma barra na armadura longitudinal e alteração também nas bitolas e espaçamento dos estribos (Figuras 45 e 46).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constante revisão das normas técnicas na área da engenharia estrutural reflete não apenas a incorporação de avanços técnicos e científicos acumulados ao longo do tempo, como também a necessidade de manter o alinhamento com as diretrizes internacionais e com as crescentes demandas por segurança, desempenho e durabilidade das estruturas de concreto armado. A atualização na norma ABNT NBR 6118, em sua versão de 2023, representa um avanço importante nesse sentido, ao incorporar novos conceitos, aprimorar a descrição dos conteúdos, revisar critérios de dimensionamento e introduzir imagens que facilitam a interpretação e aplicação dos requisitos normativos, buscando a adequação dos projetos estruturais ao cenário atual.

O presente trabalho teve a finalidade de analisar as atualizações introduzidas na norma ABNT NBR 6118:2023 e compreender os impactos provocados no dimensionamento dos projetos estruturais. Para isso, adotou-se uma metodologia baseada em uma revisão bibliográfica sobre a norma e suas versões e em um estudo comparativo com base na análise de um projeto estrutural desenvolvido com base nas versões de 2014 e 2023 da norma, utilizando o software TQS como ferramenta principal de análise.

Ao longo do estudo, foram descritas algumas das alterações normativas introduzidas na versão de 2023 da norma, com potencial impacto na análise estrutural dos pavimentos. Dentre as mudanças relacionadas ao concreto, tem-se a revisão da fórmula de resistência à tração, à introdução do coeficiente de fragilidade do concreto (η_c) e a adição do diagrama de tensão-deformação para análise não linear. No que se refere ao aço, foram incorporadas melhorias como a definição do coeficiente de aderência η_1 com base na categoria do aço e clareza no texto sobre ancoragem por aderência.

Quanto às relativas às ações, houve a reclassificação da ação da água a depender da situação de atuação, sobre os deslocamentos limites, trazendo a nota que orienta o uso da combinação quase permanente para a determinação da flecha. Também foram incluídos um item sobre estado-limite de serviço e a figura que trata sobre o cálculo da rigidez equivalente para vãos em vigas contínuas, além das alterações nos critérios de detalhamento de armaduras.

No software TQS, foram desenvolvidos dois modelos estruturais, ambos mantendo as mesmas características, diferenciando-se apenas pela a versão da ABNT NBR:6118 adotada. A partir das simulações, foram analisados parâmetros como as flechas no pavimento, tanto na

análise linear quanto na não linear, além das reações de apoio e dos diagramas de momentos fletores e esforços cortantes nas vigas.

Com base nos resultados, foi possível identificar alterações relevantes no comportamento do pavimento, principalmente devido à introdução do coeficiente de fragilidade do concreto (η_c) no diagrama de tensão-deformação utilizado para análise linear. Ao se adotar um f_{ck} de 50 MPa nas estruturas do edifício em estudo, esse coeficiente de fragilidade, responsável por reduzir a tensão à compressão no concreto, resultou em um aumento de 48% nos valores de flechas ao longo do pavimento tipo analisado no modelo baseado na versão de 2023, em comparação com o modelo de 2014. Já na análise não linear, observou-se uma redução de 16% nas flechas em relação ao da análise linear de 2014.

Para a viga V2, comparando a versão de 2023 com a de 2014, observou-se uma redução de 7,63% nas reações de apoio, de 3,32% nos momentos fletores e de 7,45% nos esforços cortantes. Por outro lado, para a viga V7, as reações de apoio e os esforços cortantes aumentaram 0,97% em média, enquanto o momento fletor foi reduzido em 7,91%. Esses resultados demonstram como as alterações na norma afetaram o comportamento de diferentes tipos de vigas de maneira específica.

Além disso, as mudanças nos esforços observados influenciaram nas alterações na distribuição das armaduras ao longo das vigas. Na versão de 2023, as armaduras passaram a apresentar dobras de ancoragem, o que contribui para uma maior segurança no processo de ancoragem do aço. Também houve uma mudança com relação aos espaçamentos dos estribos e suas bitolas proporcionando um dimensionamento adequado às novas exigências da norma.

Em conclusão, o estudo evidenciou os impactos das atualizações da ABNT NBR 6118:2023 no dimensionamento do pavimento de concreto armado. O estudo comparativo entre as versões de 2014 e 2023 evidenciou a importância dessas atualizações para uma maior eficiência, qualidade e adequação às necessidades práticas, refletindo a evolução do conhecimento técnico. Assim, ressalta-se a importância de se adotar normas atualizadas para garantir segurança, desempenho e durabilidade das construções.

REFERÊNCIAS

ALTO QI. **Guia Completo NBR 6118 2023**. Disponível em:

<https://www.altoqi.com.br/conteudos-gratuitos/guia-completo-nbr-6118-2023>. Acesso em: 4 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. p. 85.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista - UNESP São Paulo, 2023. p. 1. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2024.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado Eu Te Amo**. 2. ed. rev. São Paulo: Blücher, 2007. p. 13, 14.

BUENO Suely B.; KIMURA Alio E. **ABNT NBR 6118:2023 - Principais Novidades & Futura Emenda**. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wp-content/uploads/2023/07/NBR-6118-IE-SP-2023.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2024.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto Da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. p. 61.

DIAS, José Luciano. **História da Normalização Brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2011. p. 112. Disponível em: <https://abnt-sitenovo.s3.us-east-2.amazonaws.com/documents/historia-abnt.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2024.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2.ed. São Paulo: PINI, 1992.

MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022. cap. 1.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008. p. 3-11.

NEUMANN, Edward S. **Introdução à engenharia civil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 1.

PITOL, Alana Francischett. **Análise comparativa das deformações imediatas de lajes maciças em concreto armado com e sem abertura**. Lajeado: 2007. Disponível em:

<https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/bd3ba33c-532f-47ba-9c5f-80fd931de648/content>.

QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à engenharia civil: história, principais áreas e atribuições da profissão**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2019. cap. 1, 2.

SANTOS, Jorge Sergio dos. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios: concreto armado e protendido**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. cap. 1.

SANTOS, S.H.C. **Os Concretos de Alta Resistência na NBR 6118:2014, Revista Concreto & Construções**. nº 73. p. 52-57, Jan/Mar 2014. Disponível em: https://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_73.pdf. Acesso em: 13 jul. 2024.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Restrito

Trabalho de conclusão de curso

Assunto:	Trabalho de conclusão de curso
Assinado por:	Maria Ferreira
Tipo do Documento:	Relatório
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo da Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Maria Clara Genú de Araújo Ferreira, ALUNO (202012220007) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA**, em 20/08/2025 13:56:17.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1580557

Código de Autenticação: 2a3bf1dfe4

