

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Káthia Benedetti

**SENSIBILIDADE DA SEGURANÇA DE VIGAS E LAJES
DE CONCRETO ARMADO A ERROS DE EXECUÇÃO**

Porto Alegre
dezembro 2013

KÁTHIA BENEDETTI

**SENSIBILIDADE DA SEGURANÇA DE VIGAS E LAJES
DE CONCRETO ARMADO A ERROS DE EXECUÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: João Ricardo Masuero

Porto Alegre
dezembro 2013

KÁTHIA BENEDETTI

**SENSIBILIDADE DA SEGURANÇA DE VIGAS E LAJES
DE CONCRETO ARMADO A ERROS DE EXECUÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2013

Prof. João Ricardo Masuero
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. João Ricardo Masuero (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Dra. pela Universidade de São Paulo

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco (UFRGS)
Dr. pela Pennsylvania State University

Dedico este trabalho a meus pais, Denir e Neci, e aos meus irmãos, Tatiane e Michel, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. João Ricardo Masuero, pelos ensinamentos, paciência, apoio, pela atenção e tempo disponibilizado para a realização deste trabalho.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schimitt pelo empenho e dedicação.

Agradeço à Deus, que me deu forças e amparo para seguir em frente.

Agradeço aos meus pais Denir e Neci Benedetti, que me ensinaram a lutar pelos meus objetivos e enfrentar as dificuldades, além de sempre acreditarem no meu sucesso.

Agradeço aos meus irmãos, Michel Benedetti e Tatiane Benedetti Sartori, pela torcida, apoio e confiança.

Agradeço aos meus sobrinhos Yasmin, Amanda e Lucas, pelo carinho sincero e revigorante, que só uma criança é capaz de transmitir.

Agradeço as minhas colegas e amigas Fernanda Gomes Motta e Giuliana Ferraro, pela companhia e ajuda mútua nos momentos de estudo, alguns alegres, outros tristes ou apreensivos, mas todos fundamentais para esta conquista.

É graça divina começar bem.
Graça maior persistir na caminhada certa.
Mas graça das graças é não desistir nunca.

Dom Hélder Câmara

RESUMO

Este trabalho consiste em uma análise de sensibilidade a erros de execução da segurança de vigas e lajes de concreto armado em relação ao estado limite último. Foram definidos os erros de execução considerados nas simulações utilizadas na análise de sensibilidade, sendo, para lajes, erros construtivos que afetam a capacidade resistente das peças estruturais e que afetam simultaneamente as solicitações atuantes e a capacidade resistente da peça. Para as vigas foram simulados os erros que afetam a capacidade resistente das peças e as solicitações atuantes, tanto em relação à flexão quanto ao cisalhamento. Foram definidas e dimensionadas 75 configurações de lajes e 76 configurações de vigas e após obteve-se um coeficiente de segurança global a partir da razão entre a solicitação última suportada pela seção mais crítica de cada peça estrutural e a solicitação de serviço correspondente às cargas de projeto. A análise de sensibilidade foi feita calculando-se, para cada erro que afeta a capacidade resistente, as solicitações últimas para cada configuração, comparando-as com as solicitações de serviço obtidas para as condições de projeto. Para os erros que afetam as solicitações atuantes, as mesmas foram calculadas para cada configuração das peças estruturais consideradas, e comparadas com as solicitações últimas obtidas das condições de projeto. No estudo das lajes verificou-se como os erros de maior gravidade, a alteração dos diâmetros das armaduras, na da camada de cobertura e na espessura das mesmas. Os erros com baixo impacto foram nas resistências à compressão do concreto e à tração do aço, além do espaçamento entre as armaduras. Para as vigas, identificou-se que os erros mais críticos foram os relacionados à mudança dos diâmetros das barras e fios de aço, tanto em situação de cisalhamento, quanto em flexão. Alterações na resistência à compressão do concreto utilizada gera um erro com gravidade baixa em flexão e em cisalhamento, porém deve-se considerar que ele ocorrerá simultaneamente nas duas situações, o que o torna potencialmente grave. Em se tratando da espessura da camada de cobertura, conclui-se que é uma falha de média sensibilidade à segurança estrutural, enquanto que erros de espaçamento entre estribos podem ser considerados de baixa sensibilidade. O aumento da espessura do reboco em paredes externas, se analisado individualmente é de baixa sensibilidade, porém, como ele acontece simultaneamente em flexão e cisalhamento, torna-se de média sensibilidade.

Palavras-chave: Segurança das Estruturas de Concreto Armado. Avaliação do Coeficiente de Segurança Global. Simulação de Erros em Estruturas de Concreto Armado. Análise de Sensibilidade de Erros de Execução de Lajes e Vigas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa	17
Figura 2 – Ruptura à compressão de concretos de baixa ou média resistência	20
Figura 3 – Resistência do concreto à tração	20
Figura 4 – Representação esquemática da relação entre tensão e deformação do concreto	22
Figura 5 – Influência da retração e fluência na fissuração do concreto	23
Figura 6 – Exigências atuais da NBR 7480 para barras de alta aderência	28
Figura 7 – Diagrama tensão-deformação para aços de armaduras passivas	29
Figura 8 – Situações de ruptura de uma seção de concreto armado (flexão)	35
Figura 9 – Espaçamento irregular em armaduras de lajes.....	49
Figura 10 – Armadura negativa da laje fora de posição.....	49
Figura 11 – Fissuras causadas por erros na camada de cobrimento	50
Figura 12 – Configuração das fissuras em solicitações de flexão e cortante.....	55
Figura 13 – Fissuras causadas por deficiência nas taxas de armadura.....	55
Figura 14 – Fissuração devido à sobrecarga.....	57
Figura 15 – Programa Cerberus v. 1.4: utilitário verificar.....	60
Figura 16 – Programa Cerberus v. 1.4: utilitário estribos.....	61
Figura 17 – Configuração das lajes.....	62
Figura 18 – Projeto de lajes retangulares maciças de concreto armado.....	64
Figura 19 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: resistência do concreto.....	65
Figura 20 – Programa Cerberus v. 1.4: dimensionamento de vigas	66
Figura 21 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: camada de cobrimento.....	67
Figura 22 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: diâmetro do aço.....	68
Figura 23 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: resistência do aço...	69
Figura 24 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: espaçamento entre armaduras.....	70
Figura 25 – Configurações das vigas.....	72
Figura 26 – Vigas externas: lajes apoiadas.....	73
Figura 27 – Vigas internas: lajes engastadas.....	73
Figura 28 – Programa Cerberus v. 1.4: dimensionamento de vigas.....	77
Figura 29 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: resistência do concreto em flexão.....	78
Figura 30 – Análise de sensibilidade em vigas: camada de cobrimento em flexão.....	79

Figura 31 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: diâmetro do aço em flexão.....	80
Figura 32 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: espessura do reboco de paredes externas em flexão.....	81
Figura 33 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: resistência do concreto em cisalhamento.....	82
Figura 34 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: diâmetro do aço em cisalhamento.....	84
Figura 35 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: espaçamento dos estribos.....	85
Figura 36 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: espessura do reboco de paredes externas em cisalhamento.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos erros construtivos em lajes	71
Quadro 2 – Classificação dos erros construtivos em vigas.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da resistência do concreto por grupo	19
Tabela 2 – Características das barras e fios de acordo com a NBR 7480	27
Tabela 3 – Propriedade mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado	30
Tabela 4 – Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$	39
Tabela 5 – Classes de agressividade ambiental	44
Tabela 6 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm	45
Tabela 7 – Bitolas comerciais de aço.....	60
Tabela 8 – Dimensões das lajes	63
Tabela 9 – Comprimento dos vãos das vigas	74
Tabela 10 – Dimensões das lajes utilizadas para o cálculo das vigas.....	74
Tabela 11 – Carga gerada pelas paredes	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEB – Comitê *Euro-Internationa du Betón*

ELS – Estado limite de serviço

ELS-DEF – Estado limite de deformações excessivas

ELS-F – Estado limite de formação de fissuras

ELS-VE – Estado limite de vibrações excessivas

ELS-W – Estado limite de abertura de fissuras

ELU – Estado limite último

ISO – *International Organization for Standardization*

NBR – Norma brasileira

LISTA DE SÍMBOLOS

f_{ck} – Resistência característica à compressão do concreto (MPa)

σ_c – Tensão normal de compressão

σ_t – Tensão transversal de tração

φ – Diâmetro nominal (mm)

h – Altura da seção transversal (mm)

σ_s – Tensão normal no aço de armadura passiva

f_y – Resistência ao escoamento do aço de armadura passiva (MPa)

E_{CS} – Módulo de elasticidade secante do concreto

ϵ_s – Deformação específica do aço da armadura passiva

f_{st} – Resistência à tração do aço de armadura passiva (MPa)

η – Coeficiente de conformação superficial

R_d – Esforço resistente (kN)

S_d – Esforço solicitante (kN)

ϵ_u – Deformação específica

F – Valor de ações para combinações

γ_f – Coeficiente de ponderação da variabilidade das ações

G – Ações permanentes

Q – Ações variáveis

p – Ações de protensão

ψ – Fator de redução de combinações das ações

C_{\min} – Cobrimento mínimo (mm)

C_{nom} – Cobrimento nominal (mm)

Δ_c – Tolerância de execução para o cobrimento

$d_{\text{máx}}$ – Dimensão máxima

pH – Medida de acidez ou alcalinidade

Cl⁻ – Íon cloreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	15
2.3 PRESSUPOSTOS.....	15
2.4 DELIMITAÇÕES	15
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO	16
3 PROPRIEDADES DO CONCRETO	18
3.1 RESISTÊNCIA	18
3.2 MÓDULO DE ELASTICIDADE	21
3.3 ESTABILIDADE DIMENSIONAL	22
3.4 DURABILIDADE	23
4 PROPRIEDADES DO AÇO	26
4.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS	26
4.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS	28
5 CRITÉRIOS PARA VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA	31
5.1 ESTADOS LIMITES	32
5.1.1 Estados limites últimos	33
5.1.2 Estados limites de serviço	35
5.2 AÇÕES A CONSIDERAR	36
5.2.1 Ações permanentes	36
5.2.2 Ações variáveis	37
5.2.3 Ações excepcionais	38
5.2.4 Valores das ações	38
6 ERROS CONSTRUTIVOS	40
6.1 CAMADA DE COBRIMENTO.....	43
6.2 DEFICIÊNCIAS DE CONCRETAGEM.....	46
6.3 DEFICIÊNCIAS NAS ARMADURAS.....	48
6.4 UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	51
6.5 INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE.....	51
6.6 ERROS DE EXECUÇÃO SIMULADOS.....	52
7 SEGURANÇA	53
8 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	59

8.1 LAJES	61
8.1.1 Resistência à compressão do concreto	64
8.1.2 Espessura das lajes	65
8.1.3 Camada de cobrimento	66
8.1.4 Diâmetro das armaduras.....	68
8.1.5 Resistência à tração do aço	69
8.1.6 Espaçamento entre armaduras	70
8.1.7 Análise de sensibilidade de lajes	71
8.2 VIGAS	71
8.2.1 Flexão – resistência à compressão do concreto.....	77
8.2.2 Flexão – espessura da camada de cobrimento.....	78
8.2.3 Flexão – diâmetro das armaduras.....	79
8.2.4 Flexão – espessura do reboco de paredes externas.....	81
8.2.5 Cisalhamento – resistência à compressão do concreto.....	82
8.2.6 Cisalhamento – diâmetro das armaduras.....	83
8.2.7 Cisalhamento – espaçamento dos estribos.....	84
8.2.8 Cisalhamento – espessura do reboco de paredes externas.....	85
8.2.9 Análise de sensibilidade de vigas.....	87
9. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A	92
APÊNDICE B	98
APÊNDICE C	104
APÊNDICE D	110
APÊNDICE E	116
APÊNDICE F	122
APÊNDICE G	127
APÊNDICE H	133
APÊNDICE I.....	155
APÊNDICE J.....	160
APÊNDICE L.....	178
APÊNDICE M.....	183
APÊNDICE N.....	189

APÊNDICE O.....	192
APÊNDICE P.....	196
APÊNDICE Q.....	200

1 INTRODUÇÃO

O concreto armado é o material resultante da ação conjunta do concreto e do aço, que trabalha como armadura passiva, em que o primeiro resiste às tensões de compressão e cisalhamento e, o último, principalmente às de tração, contribuindo para a resistência ao cisalhamento e, eventualmente, colaborando com o concreto nas regiões comprimidas. É utilizado nos mais diversos tipos de estruturas, sendo que seus componentes devem ser empregados de forma a se aproveitar ao máximo suas resistências, de forma econômica e racional.

Nas obras, podem ser cometidos diversos erros durante a execução dessas estruturas, que podem ser classificados de acordo com sua gravidade quanto à sensibilidade da segurança, desempenho e durabilidade da edificação. Conforme o elemento estrutural e o erro construtivo, pode ser atingido estado próximo ao estado limite último, que indica a perda ou o esgotamento da capacidade portante da peça. Os efeitos sobre a segurança, independentemente dos efeitos quanto ao desempenho ou durabilidade, são o foco deste trabalho.

O uso do concreto armado traz inúmeras vantagens. Segundo Montoya et alli (2000, tradução nossa), ele apresenta uma vantagem indiscutível frente aos outros materiais, que é a sua capacidade de adaptar-se a qualquer formato de acordo com o molde ou forma utilizados. Os autores afirmam ainda que o concreto armado proporciona ao técnico que o emprega uma maior liberdade ao projetar estruturas, com a contrapartida de exigir um projeto mais prolixo, por existir mais variáveis a definir e aspectos para detalhar.

Primeiramente, este trabalho descreve as principais propriedades dos materiais constituintes do concreto armado, no capítulo 3 o concreto e no capítulo 4, o aço. O capítulo 5 versa sobre os critérios para verificação da segurança, com uma descrição dos estados limites últimos e de serviço e das ações a considerar. Os erros construtivos mais comuns são apresentados no capítulo 6, e a segurança das estruturas nas edificações, no capítulo 7. No capítulo 8, foram definidas várias configurações de vigas e lajes, típicas dos elementos estruturais encontrados em obras correntes de edifícios, seguindo os requisitos básicos exigíveis para estruturas de concreto armado, constantes na NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Esses elementos foram dimensionados utilizando os coeficientes de segurança parciais e as cargas prescritas em normas. A partir das armaduras obtidas nestes dimensionamentos, foram obtidos os valores últimos das solicitações atuantes e, os coeficientes de segurança globais, foram

obtidos pela razão entre as solicitações últimas e as solicitações correspondentes de projeto.

Foram simuladas várias situações de erros possíveis quanto:

- a) à resistência do concreto;
- b) ao posicionamento das armaduras;
- c) às taxas de armaduras e tipos de aço utilizados;
- d) ao posicionamento relativo dos elementos estruturais e de vedação (cargas).

Para cada simulação foi calculado um novo coeficiente de segurança global, que foi comparado com a situação sem erro construtivo. Com base nestas informações, foi feita uma análise de sensibilidade da segurança estrutural em relação aos erros construtivos, identificando como cada um deles afeta a segurança, e quais são mais significativos.

Desta forma, é possível fornecer subsídios aos profissionais envolvidos na execução de estruturas de concreto armado, identificando as verificações construtivas mais críticas a serem feitas antes da concretagem de vigas e lajes.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: como os erros construtivos afetam a segurança em estruturas de concreto armado?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo principal do trabalho é a identificação, através de uma análise de sensibilidade, de quão intensamente os variados erros construtivos considerados afetam a segurança estrutural de uma edificação.

2.3 PRESSUPOSTOS

O trabalho tem por pressuposto os requisitos básicos exigíveis pela NBR 6118:2007 – Projeto de Estruturas de Concreto, no que tange a projetos de estruturas de concreto armado. Considera-se que o comportamento do material é descrito pelas equações de dimensionamento fornecidas por esta norma. Também são respeitados os valores de cargas recomendados pela NBR 6120:1980 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Os erros construtivos são independentes entre si, de modo que podem ser analisadas combinações arbitrárias de erros simultâneos, sendo a resposta obtida uma combinação linear das respostas individuais de cada tipo de erro.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise de sensibilidade a erros de execução de elementos estruturais de concreto armado hipotéticos, típicos de configurações encontradas em edifícios residenciais e comerciais correntes. A análise esta restrita ao comportamento de vigas e lajes.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) análise restrita ao estado limite último (ELU);
- b) verificação de somente algumas possibilidades de erros construtivos;
- c) as dimensões, vãos e cargas utilizados no dimensionamento dos elementos estruturais, embora sejam variados, não abrangem todas as possibilidades existentes;
- d) são analisados apenas os efeitos dos erros construtivos sobre a segurança estrutural;
- e) não contempla redistribuição de tensões;
- f) não foram considerados os efeitos sobre a deformação das peças ou sobre a durabilidade da estrutura.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1:

- a) revisão bibliográfica;
- b) concepção e projeto estrutural das peças estruturais (vigas e lajes) usados como referência para a análise de sensibilidade;
- c) apresentação e simulação dos erros de execução nos elementos estruturais considerados;
- d) análise da sensibilidade aos erros de execução;
- e) considerações finais.

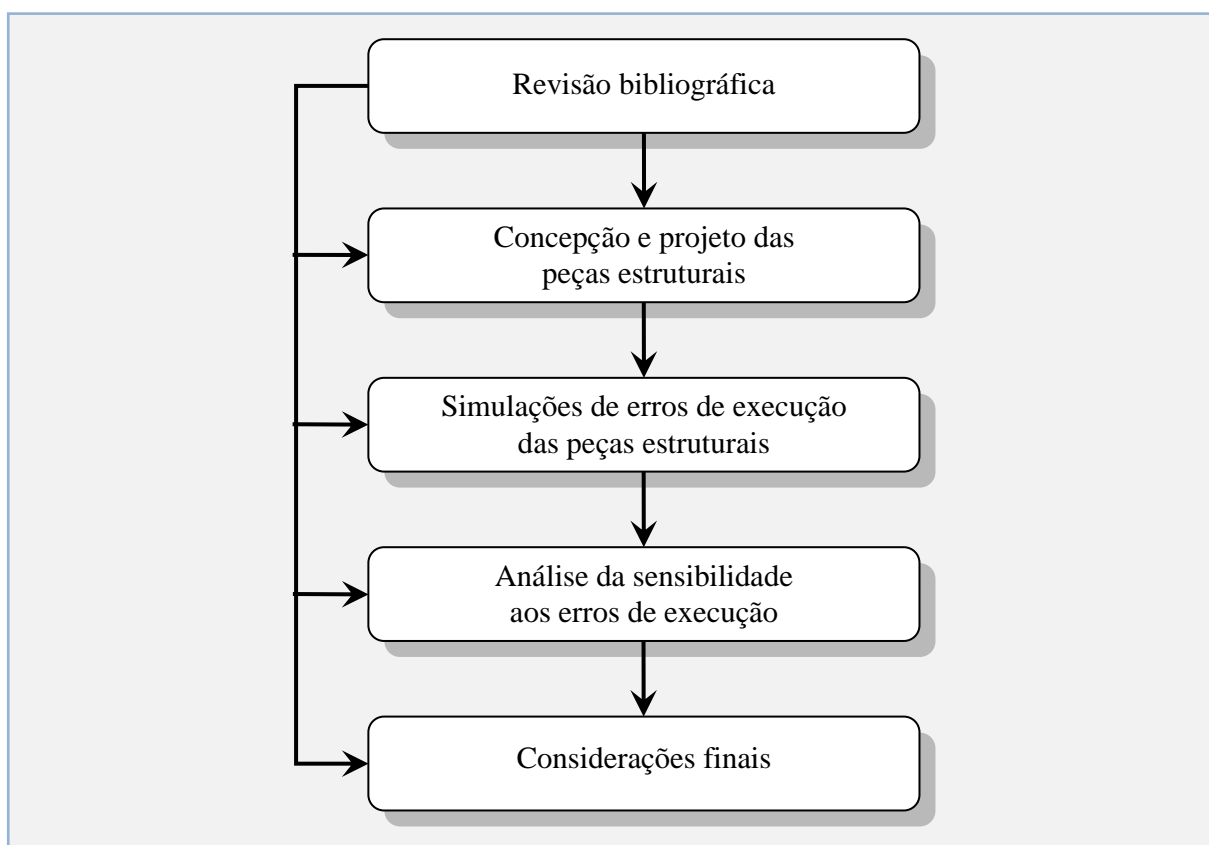
A **revisão bibliográfica** foi parte integrante de todo o trabalho. Através de normas e bibliografia técnica, foram obtidos os requisitos para o desenvolvimento do projeto das peças estruturais de referência, além de fundamentar a importância dos dados analisados, aprofundando a análise da sensibilidade e considerações finais.

Na fase de **concepção e projeto estrutural das peças estruturais**, foram definidas as dimensões, geometria e vinculações dos diversos elementos estruturais que compõem o conjunto de configurações de referência, de maneira a serem representativos dos utilizados em obras correntes. Na sequência, esses diversos elementos foram dimensionados segundo o preconizado pelas Normas Brasileiras pertinentes, de modo a utilizá-los como base de comparação para a análise de sensibilidade.

Após, foram **descritos os erros de execução** considerados e foram feitas diversas **simulações para cada elemento estrutural** definido no conjunto de referência. Para tal, foram alterados os valores definidos em projeto para a resistência do concreto, a taxa de armadura utilizada, os posicionamentos das armaduras, o valor das cargas e a posição relativa dos elementos construtivos.

Na sequência foi realizada a **análise da sensibilidade aos erros de execução**, quando foram calculados e analisados os novos coeficientes de segurança global para cada simulação acima descrita. Por fim, foram apresentadas as **considerações finais**, identificando os erros mais críticos para cada elemento estrutural estudado.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

3. RESISTÊNCIA E DURABILIDADE DO CONCRETO

Neste capítulo são descritas duas das principais propriedades do concreto. A resistência que é abordada diretamente na análise de sensibilidade deste trabalho e a durabilidade, visto que é afetada em diversas situações, em especial se pode citar alterações na espessura da camada de cobrimento.

3.1 RESISTÊNCIA

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 43), “A resistência do concreto é a propriedade mais valorizada pelos engenheiros projetistas e de controle de qualidade.”. Reforçando isso, Neville (1997, p. 277) afirma que:

[...] a resistência dá uma ideia geral da qualidade do concreto, pois ela está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratada. Além disso, a resistência é, quase invariavelmente, um elemento essencial do projeto estrutural sendo especificada para fins de aceitação.

Mehta e Monteiro (1994, p. 11) afirmam que:

Resistência é a medida da tensão exigida para romper o material. No projeto de estruturas de concreto, considera-se o concreto como o material mais adequado para resistir à carga de compressão; é por isso que a resistência à compressão do material é geralmente especificada. Sendo a resistência do concreto função do processo de hidratação do cimento, o qual é relativamente lento, tradicionalmente as especificações e ensaios de resistência do concreto são baseados em corpos de prova curados em condições específicas de temperatura e umidade por um período de 28 dias.

A NBR 8953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 1) classifica os concretos em dois grupos (I e II), conforme a resistência característica à compressão (f_{ck}), que é determinada através de ensaios normalizados de corpos de prova. Os normais, com massa específica seca de 2000 a 2800 kg/m³, são designados pela letra C seguida do valor da “ f_{ck} ”, expressa em MPa, conforme a tabela 1.

Neville (1997, p. 277) expõe que se considera a resistência do concreto plenamente adensado como inversamente proporcional à relação água/cimento. Além disso, Neville (1997, p. 278) afirma que:

Para um dado cimento e agregados aceitáveis, a resistência que pode ser obtida com uma mistura trabalhável, adequadamente lançada, de cimento, agregados e água (em iguais condições de mistura, cura e ensaio), é influenciada por:

- a) relação entre o cimento e a água de mistura;
- b) relação entre o cimento e o agregado;
- c) granulometria, textura superficial, forma, resistência e rigidez das partículas de agregado;
- d) tamanho máximo do agregado.

Tabela 1 – Classes de resistência do concreto por grupo

Grupo I	Resistência característica à compressão (MPa)	Grupo II	Resistência característica à compressão (MPa)
C10	10	C55	55
C15	15		
C20	20	C60	60
C25	25		
C30	30	C70	70
C35	35		
C40	40	C80	80
C45	45		
C50	50		

(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p. 2)

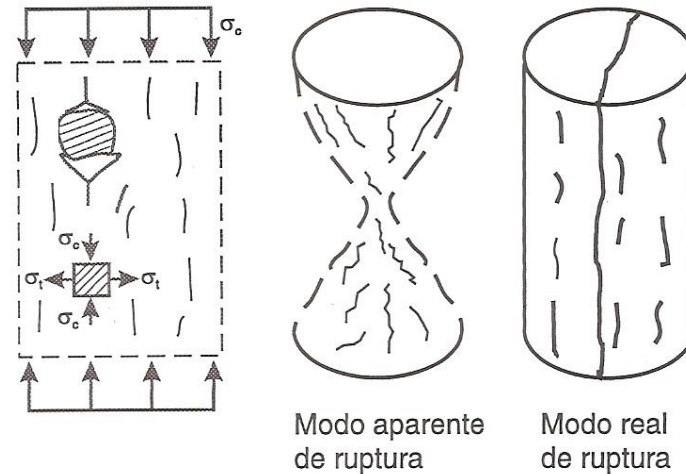
Quando há diminuição da resistência, causada por ações de longa duração, ocorre o chamado efeito *Rusch*. Sobre isso, Süssekind (1985, p. 11) afirma que:

Podemos dizer que toda peça de concreto armado tem uma parcela de seu carregamento de longa duração, sendo a mesma referente ao peso próprio e ao dos materiais de revestimento, além de algum tipo de sobrecarga que, em função de sua ocorrência, possa ser considerada praticamente permanente. Está verificado hoje ser a resistência à compressão do concreto, para cargas de longa duração, inferior àquela referente a carregamentos rápidos, constituindo ainda fator agravante a existência de excentricidade na aplicação da carga. Deste modo, se trabalhamos com uma resistência do concreto retirada de ensaios de curta duração, precisamos afetar o valor assim obtido, para que a resistência característica f_{ck} , de um fator redutor que leve em conta sua diminuição devida a carregamento de longa duração.

Fusco (1995, p. 87) expõe que, sendo os grãos do agregado graúdo mais rígido e mais resistente do que a argamassa, aparecem tensões transversais de tração, perpendiculares ao campo de compressão aplicado externamente. Como resultado, obtém-se microfissuração generalizada, sendo que as fissuras se orientam na direção do campo de compressão, tendendo ao esboroamento da estrutura interna do material.

O mecanismo de ruptura à compressão para concretos de baixa e média resistência (até 40 MPa), para ensaios em que se elimina o atrito no topo do corpo de prova, está explicitado na figura 2.

Figura 2 – Ruptura à compressão de concretos de baixa ou média resistência



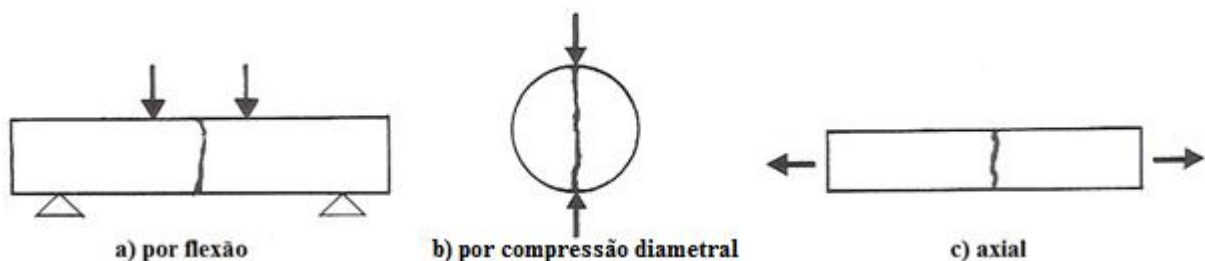
(fonte: adaptado de FUSCO, 1995, p. 87-88)

Sobre a resistência à tração, Leonhardt e Mönnig (1977, p. 15) afirmam:

A resistência à tração depende de muitos fatores, especialmente da aderência dos grãos dos agregados com a argamassa de cimento. Os valores de ensaio são muito dispersos, porque as tensões devidas à temperatura e à retração, por exemplo, não são totalmente evitáveis. De acordo com o método de ensaio, distinguem-se: resistência à tração axial, resistência à tração por fendilhamento [compressão diametral] e resistência à tração na flexão.

A figura 3 mostra como são aplicados os esforços e ocorre a fissuração em cada tipo de ensaio de tração.

Figura 3 – Resistências do concreto à tração



(fonte: adaptado de MONTOYA et alli, 2000, p. 87)

No que diz respeito ao dimensionamento dos elementos estruturais, Araújo (2003, p. 11) afirma que “A resistência à tração é desprezada, pois ela tem pouca importância na capacidade de carga

da estrutura. Entretanto, na verificação das deformações da estrutura sob as cargas de serviço, é importante levar em conta a colaboração do concreto tracionado.”.

Segundo Fusco (1995, p. 91), “Em virtude das dificuldades práticas em se realizar um verdadeiro ensaio de tração no concreto, usualmente se admitem relações padronizadas entre as resistências à tração e à compressão.”. Sobre isso, Mehta e Monteiro (1994, p. 44) apontam que “[...] as resistências à tração e à flexão típicas do concreto são da ordem de 10 e 15%, respectivamente, da resistência à compressão. A razão desta grande diferença entre resistência à tração e à compressão é atribuída à estrutura heterogênea e complexa do concreto.”.

3.4 DURABILIDADE

Para Araújo (2003, p. 45), “A durabilidade das estruturas de concreto é um dos aspectos de maior relevância, dentro da filosofia das modernas normas de projeto. As exigências relativas à durabilidade estão se tornando cada vez mais rígidas, tanto na fase de projeto, quanto na fase de execução da estrutura.”. De acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 13), durabilidade “Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.”.

Segundo Leonhardt e Mönnig (1977, p. 35), entende-se, entre outras, por durabilidade do concreto, em relação a outras solicitações que não sejam as produzidas pelas cargas:

- a) impermeabilidade;
- b) resistência ao congelamento;
- c) resistência aos ataques químicos;
- d) resistência contra ataques mecânicos (abrasão, desgaste).

Atualmente, é mais correto tratarmos o concreto como um material de baixa permeabilidade, e não impermeável como citado acima. Conforme Montoya et alli (2000, p. 98, tradução nossa), “Os elementos que mais influenciam na durabilidade do concreto, tanto o simples quanto o armado, são a presença de água e o mecanismo de transporte, através dos poros e fissuras, de gases, água e agentes agressivos dissolvidos.”. Mehta e Monteiro (1994, p. 120) indicam que “Hoje em dia é usualmente aceito que, ao projetarem-se estruturas, as características de durabilidade dos materiais em questão devam ser avaliadas com o mesmo cuidado que outros aspectos, tais como propriedades mecânicas e custo inicial.”.

Para Neville (1997, p. 481-482):

A durabilidade inadequada se manifesta por uma deterioração que pode ser originada por fatores externos ou por causas internas no interior do próprio concreto. As diferentes formas de ação podem ser físicas, químicas ou mecânicas. As causas da deterioração mecânica podem ser impacto [...], abrasão, erosão ou cavitação [...]. As causas químicas de deterioração podem incluir as reações álcali-sílica e álcali-carbonato. O ataque químico externo ocorre principalmente pela ação de íons agressivos, como cloretos, sulfatos ou dióxido de carbono e muitos líquidos ou gases naturais ou industriais. A ação deteriorante pode ser de diversos tipos bem como direta ou indireta.

As causas físicas compreendem os efeitos de altas temperaturas ou de diferenças de coeficientes de dilatação térmica do agregado e da pasta de cimento hidratado [...].

4. PROPRIEDADES DO AÇO

O aço das barras empregadas em peças de concreto armado é uma liga constituída principalmente de ferro e carbono, à qual são incorporados outros elementos para melhoria das propriedades. Ele é usado em conjunto com o concreto com a finalidade principal de resistir aos esforços de tração, que não são suportados pelo concreto. Conforme Fusco (1995, p. 5), a escolha do tipo de aço utilizado nas obras é decorrência das condições econômicas e da disponibilidade do mercado.

Segundo Leonhardt e Mönnig (1977, p. 37), os aços para concreto possuem como diferencial:

- a) qualidade: limite de escoamento, resistência à tração, alongamento de ruptura;
- b) conformação superficial: lisa = laminado áspero, nervurada;
- c) tipo de fabricação: laminado de dureza natural = não tratado, deformado a frio.

Neste capítulo, são apresentadas as propriedades geométricas e mecânicas do aço utilizado em concreto armado.

4.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

O aço destinado a armaduras para concreto armado, segundo a NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 2), classifica-se em:

- a) fios, quando possuem diâmetro nominal máximo de 10 mm, obtidos por trefilação ou processo equivalente;
- b) barras, quando possuem diâmetro nominal mínimo de 5 mm ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente.

Conforme Fusco (1995, p. 3), os fios e barras de aço podem ser classificados em A e B, conforme seu processo de fabricação e com o diagrama tensão-deformação:

Pertencem à classe A as barras produzidas por laminação a quente sem posterior deformação a frio. Pertencem à classe B os fios e as barras obtidos por processos que provocam encruamento a frio, como trefilação, torção, compressão transversal, estiramento e relaminação a frio.

Os materiais da classe A possuem escoamento bem definido. Para os materiais da classe B admite-se que a resistência de escoamento seja determinada convencionalmente pela tensão que provoca a deformação residual de 0,2%.

A tabela 2 contém as características das barras e fios normalizados.

Tabela 2 – Características das barras e fios de acordo com a NBR 7480

Fios	Barras	Diâmetro nominal (mm)	Área da seção (cm ²)	Massa linear (kg/m)	Perímetro (cm)
2,4		2,4	0,045	0,036	0,75
3,4		3,4	0,091	0,071	1,07
3,8		3,8	0,113	0,089	1,19
4,2		4,2	0,139	0,109	1,32
4,6		4,6	0,166	0,130	1,45
5	5	5,0	0,196	0,154	1,75
5,5		5,5	0,238	0,187	1,73
6		6,0	0,283	0,222	1,88
	6,3	6,3	0,312	0,245	1,98
6,4		6,4	0,322	0,253	2,01
7		7,0	0,385	0,302	2,20
8	8	8,0	0,503	0,395	2,51
9,5		9,5	0,709	0,558	2,98
10	10	10,0	0,785	0,617	3,14
	12,5	12,5	1,227	0,963	3,93
	16	16,0	2,011	1,578	5,03
	20	20,0	3,142	2,466	6,28
	22	22,0	3,801	2,984	6,91
	25	25,0	4,909	3,853	7,85
	32	32,0	8,042	6,313	10,05
	40	40,0	12,566	9,865	12,57

(fonte: ARAÚJO, 2003, p. 39)

4.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Para Montoya et alli (2000, p. 140, tradução nossa):

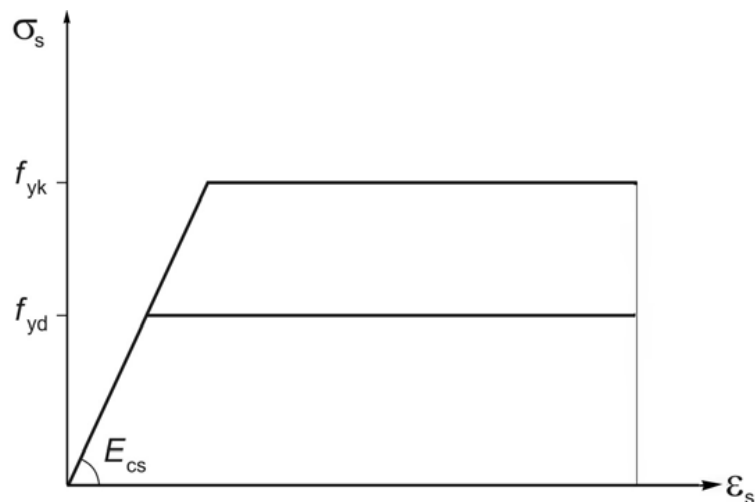
As características mecânicas mais importantes para a definição de um aço são: a resistência, o limite elástico, a relação entre os dois valores mencionados, o alongamento e a capacidade de dobrar e desdobrá-lo. A primeira qualifica o aço sob o ponto de vista resistente e as três últimas sob o ponto de vista de suas qualidades plásticas. Ambos os grupos de propriedades são necessários e, em geral, se contrapõem entre si, pelo qual o resultado final obtido durante o processo de fabricação é sempre uma solução de compromisso.

Quanto à resistência, a NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 2) classifica o aço de acordo com o valor característico da resistência de escoamento, sendo que as barras de aço podem ser das categorias CA-25 e CA-50, enquanto que os fios enquadram-se como CA-60. A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 26) indica que o diagrama tensão-deformação do aço, os valores

característicos da resistência ao escoamento, da resistência à tração e da deformação na ruptura são obtidos através de ensaios de tração realizados conforme a NBR ISO 6892.

Conforme a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 27), para cálculo nos estados limite de serviço e último, pode-se utilizar o diagrama da figura 4. Ele é válido para intervalos de temperatura entre -20°C e 150°C , podendo ser aplicado para tração e compressão.

Figura 4 – Diagrama tensão-deformação para aços de armaduras passivas



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 27)

Leonhardt e Mönnig (1977, p. 39) esclarecem que a resistência à tração é determinada pelo limite de escoamento, porém, em se tratando de aços sem limite de escoamento definido, é dado pelo limite de alongamento a 0,002 (isto é, a tensão que produz um alongamento permanente de 0,2%). Segundo Fusco (1995, p. 6), a ductilidade é necessária para uma boa acomodação plástica das estruturas e para o dobramento das barras. Ainda, segundo o autor, “Tendo em vista garantir a ductilidade das armaduras, impõe-se um certo valor mínimo para o alongamento de ruptura obtido no ensaio de tração e exige-se a realização do ensaio de dobramento.”.

Os requisitos de propriedades mecânicas de tração, conforme a NBR 7480 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996), podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado

Categoria	Ensaio de tração (valores mínimos)	Ensaio de dobramento a 180°	Aderência
-----------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------

	Resistência característica de escoamento ^(A) f_y (MPa) ^(F)	Limite de resistência ^(B) f_{st} (MPa) ^(F)	Alongamento em 10ϕ ^(C) %	Diâmetro de pino ^(D) (mm)		Coeficiente de conformação superficial mínimo para $\phi \geq 10 \text{ mm}$ H
				$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	
CA-25	250	$1,20 f_y$	18	2ϕ	4ϕ	1,0
CA-50	500	$1,10 f_y$	8	4ϕ	6ϕ	1,5
CA-60	600	$1,05 f_y$ ^(E)	5	5ϕ	-	1,5

^(A) Valor característico do limite superior de escoamento (LE ou σ_e da NBR 6152 ou f_y da NBR 6118).

^(B) O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração. [...]

^(C) ϕ é o diâmetro nominal [...].

^(D) As barras de diâmetro nominal ϕ maior ou igual a 32 das categorias CA-50 devem ser dobradas sobre pinos de 8ϕ .

^(E) f_{st} mínimo de 660 MPa.

^(F) Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir $1 \text{ MPa} = 0,1 \text{ kgf/mm}^2$.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 7)

5. CRITÉRIOS PARA VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

Segundo Leonhardt e Mönnig (1977, p. 89), o objetivo da verificação da segurança das edificações é garantir:

- a) capacidade de carga e estabilidade suficientes;
- b) boa capacidade de utilização em relação à finalidade prevista;
- c) durabilidade suficiente.

Além disso, o autor afirma que a segurança é adequada quando resiste, com margem de segurança, às diversas ações e solicitações, de acordo com os três objetivos descritos. Devem ser consideradas e comparadas, as solicitações e os limites de ruptura das estruturas.

Reforçando essa afirmação, Süssekind (1985, p. 55) expõe que:

As obras, no seu conjunto ou em parte, devem poder resistir, com uma conveniente margem de segurança, a todas as solicitações oriundas de carregamentos aplicados ou de deformações impostas durante o período de construção e futuro uso, além de não deverem apresentar deformações excessivas que possam comprometer o conforto de sua utilização, ou indesejável grau de fissuração que por facilitar a corrosão, venha a diminuir sua durabilidade.

Araújo (2003, p. 51) afirma que “Dentro de um nível de segurança preestabelecido, a estrutura deve suportar as ações que lhe são impostas durante a sua vida útil (incluindo a fase construtiva), sem a ocorrência de ruptura ou a perda do equilíbrio estático.”. Conforme a NBR 8681 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 18), o critério geral para a segurança das estruturas é a verificação em relação a todos os possíveis estados que são admitidos como limites para a estrutura considerada.

Não obstante, a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 65) preconiza que a verificação da segurança das estruturas de concreto deve atender às condições construtivas e às condições analíticas. As condições construtivas a serem atendidas são estabelecidas nos critérios de detalhamento dos elementos lineares e de lajes, nas normas de controle dos materiais (principalmente a NBR 12655¹) e no controle de execução da obra (NBR

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996.

14931² e normas brasileiras específicas). No que se refere às condições analíticas de segurança, a Norma estabelece que as resistências (R_d) não devem ser menores que as solicitações (S_d), além disso, devem ser verificadas em relação a todos os estados limites e todos os carregamentos especificados para o tipo de construção considerado. Para se verificar o ELU de perda de equilíbrio como corpo rígido, R_d assume o valor de cálculo das ações estabilizantes e S_d das desestabilizantes.

Na sequência, estão descritos os estados limites e as ações a considerar na verificação da segurança.

5.1 ESTADOS LIMITES

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 4-5) descreve os seguintes estados limites, relacionados ao concreto armado:

3.2.1 estado limite último (ELU): estado limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura.

3.2.2 estado limite de formação de fissuras (ELS-F): estado em que se inicia a formação de fissuras. Admite-se que este estado limite é atingido quando a tensão de tração máxima na seção transversal for igual a $f_{ct,f}$ [resistência do concreto à tração na flexão] [...].

3.2.3 estado limite de abertura das fissuras (ELS-W): estado em que as fissuras se apresentam com aberturas iguais aos máximos especificados [...] [quanto aos limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade].

3.2.4 estado limite de deformações excessivas (ELS-DEF): estado em que as deformações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal [limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade].

[...].

3.2.8 estado limite de vibrações excessivas (ELS-VE): estado em que as vibrações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal da construção.

Araújo (2003, p. 52) afirma que, em projetos de estruturas usuais de concreto armado, considera-se o estado limite de deformações excessivas e o de abertura de fissuras. Ainda, segundo o autor, “Observa-se que o requisito da segurança está relacionado com os estados limites últimos, enquanto a durabilidade, a aparência e o conforto estão ligados aos estados limites de utilização.”.

² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:** execução de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 50) descreve que para estruturas de concreto devem ser considerados os estados limites últimos e os de serviço. Pode-se atingir um estado limite na estrutura por uma combinação de valores aleatórios. Süssekind (1985, p. 57) elenca algumas causas que podem originar tal situação:

- a) incertezas relativas aos valores considerados como resistência dos materiais utilizados, levando-se em conta não só as condições de execução e controle da obra, como também alguns parâmetros que repercutem sobre o estado limite em questão (tais como carga de longa duração, fadiga, etc.);
- b) erros cometidos quanto à geometria da estrutura e de suas seções;
- c) avaliação inexata das ações diretas, indiretas ou excepcionais, devido à impossibilidade de defini-las, *a priori*, com precisão absoluta, ao longo de toda a vida útil da estrutura;
- d) divergência entre os valores calculados e os valores reais das solicitações, face às hipóteses simplificadoras usualmente adotadas no cálculo.

Constitui o foco principal deste trabalho, a simulação dos efeitos dos três primeiros itens citados.

5.1.1 Estados limites últimos

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 50) preconiza que a segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação aos seguintes estados limites últimos (ELU):

- a) estado limite último da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- b) estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais, admitindo-se a redistribuição de esforços internos, desde que seja respeitada a capacidade de adaptação plástica [...], e admitindo-se, em geral, as verificações separadas das solicitações normais e tangenciais [...];
- c) estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- d) estado limite último provocado por solicitações dinâmicas [...];
- e) estado limite último de colapso progressivo;
- f) outros estados limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

Sobre os estados limites últimos, Araújo (2003, p. 52-53) faz as seguintes colocações:

[...] um estado limite último pode ser atingido por ruptura de uma ou mais partes da estrutura ou por instabilidade do equilíbrio. A ruptura pode ocorrer por esmagamento do concreto ou por uma deformação plástica excessiva das armaduras (esta última sendo uma ruptura convencional).

De acordo com os procedimentos da NBR 6118 e do CEB³, admite-se que em uma peça fletida, o esmagamento do concreto ocorre quando:

- a) em seções parcialmente comprimidas, a deformação da borda comprimida atinge o valor 3,5‰;
- b) em seções totalmente comprimidas, a deformação da fibra situada a $3h/7$ da borda mais comprimida atinge o valor 2‰, onde h é a altura da seção transversal da peça.

Esses valores limites para a deformação de compressão do concreto correspondem aos valores médios das deformações ϵ_0 e ϵ_u que aparecem no diagrama tensão-deformação [...].

A deformação máxima de tração das armaduras é igual a 10‰. Observa-se que esse valor é bem inferior à deformação de ruptura dos aços [...]. Entretanto, esse limite é introduzido para evitar deformações plásticas excessivas.

Segundo Fusco (1995, p. 86):

Para a avaliação da segurança das estruturas, especialmente nos problemas de flexão, simples ou composta, no estado limite último de ruptura do concreto comprimido admite-se que no plano da seção transversal possa atuar uma tensão de compressão no máximo igual a $0,85f_{cd}$.

Em resumo, nos estados-limites de solicitações normais, a resistência do concreto à compressão vale $0,85 f_{cd}$.

Este coeficiente de modificação $k_{mod} = 0,85$, corresponde ao chamado efeito *Rüsh* [...].

Em resumo, pode dizer-se que esse coeficiente é resultante do produto de três outros, ou seja

$$k_{mod} = k_{mod,1} \cdot k_{mod,2} \cdot k_{mod,3} \cdot$$

sendo

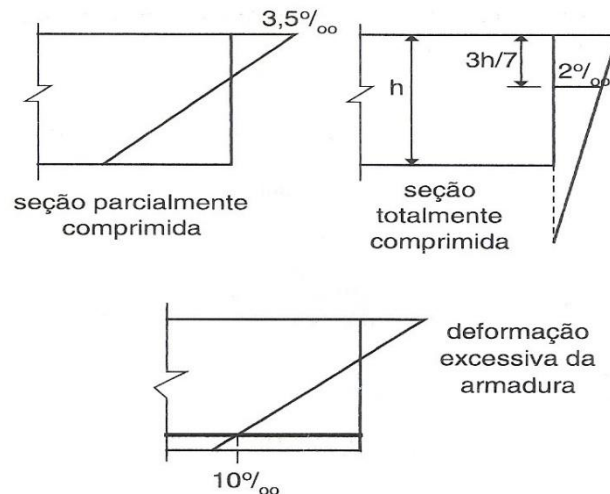
$$k_{mod} = 0,85 = 1,2 \times 0,95 \times 0,75$$

onde o coeficiente $k_{mod,1} = 1,2$ leva em conta o acréscimo de resistência do concreto após os 28 dias de idade, o coeficiente $k_{mod,2} = 0,95$ considera que a resistência medida em corpos de prova cilíndricos de 15 x 30 centímetros é superestimada, pois se sabe que a resistência medida em corpos de prova de tamanho maior seria menor, por haver menos influência do atrito do corpo de prova com os pratos na prensa de ensaio e, finalmente, o coeficiente $k_{mod,3} = 0,75$ leva em conta o efeito deletério da ação de cargas de longa duração.

³ *Comité Euro-International du Béton.*

O valor 0,85 não é fixo, pois ao se utilizar cimentos de cura rápida, que possuem alta resistência inicial, a idade na qual se deve obter a resistência f_{ck} é aquela na qual ainda há um ganho de resistência de 20% a longo prazo. A figura 5 mostra os três casos possíveis de ruptura de uma seção de concreto.

Figura 5 – Situações de ruptura de uma seção de concreto armado (flexão)



(fonte: ARAÚJO, 2003, p. 54)

5.1.2 Estados limites de serviço

Sobre os estados limites de serviço (ELS), a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 50) expõe que são aqueles relacionados à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e à boa utilização funcional das mesmas, tanto em relação aos usuários, quanto em relação às máquinas e aos equipamentos utilizados. Para construções especiais pode ser necessário verificar a segurança em relação a outros estados limites não definidos na referida Norma.

Süssekind (1985, p. 56) define estados limites de serviço como aqueles que caracterizam – mesmo não se tendo esgotado a capacidade portante – a impossibilidade de emprego da estrutura, no todo ou em parte, visto a mesma não mais oferecer as condições necessárias de conforto e durabilidade. A origem disto pode se dar numa das causas seguintes:

- aparecimento de deformações excessivas para uma utilização normal da estrutura;
- fissuração prematura ou excessiva, nas mesmas condições;
- existência de danos indesejáveis (a corrosão, por exemplo);
- vibração excessiva, etc.

5.2 AÇÕES A CONSIDERAR

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 51) expõe que na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço. A NBR 8681 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3) classifica as ações, através da sua variabilidade no tempo:

- a) ações permanentes;
- b) ações variáveis;
- c) ações excepcionais.

5.2.1 Ações permanentes

Conforme Araújo (2003, p. 55), “As ações permanentes são aquelas que ocorrem com valores constantes ou de pequena variabilidade, durante praticamente toda a vida útil da construção. Também são consideradas como permanentes as ações que crescem no tempo, tendendo a um valor limite constante.”.

A NBR 8681 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3) divide as ações permanentes em diretas e indiretas:

- a) ações permanentes diretas: os pesos próprios dos elementos da construção, incluindo-se o peso próprio da estrutura e de todos os elementos construtivos permanentes, os pesos dos equipamentos fixos e os empuxos devidos ao peso próprio de terras não removíveis e de outras ações permanentes sobre ele aplicáveis.
- b) ações permanentes indiretas: a protensão, os recalques de apoio e a retração dos materiais.

Araújo (2003, p. 3) também indica que “Os valores característicos das ações permanentes correspondem à variabilidade existente em um conjunto de estruturas análogas. Para essas ações, o valor característico é o valor médio, correspondente ao quantil de 50%, seja quando os efeitos forem favoráveis, seja quando os efeitos forem desfavoráveis.”.

5.2.2 Ações variáveis

As ações variáveis são definidas por Araújo (2003, p. 56) como:

[...] aquelas que ocorrem com valores que sofrem significativas variações durante a vida da construção. Consideram-se como ações variáveis as cargas acidentais que atuam nas construções em função de sua finalidade, como o peso das pessoas, móveis, veículos, etc. Outras ações variáveis são as forças de frenação, de impacto e centrífugas, os efeitos do vento e das variações de temperatura, e as pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, de um modo geral.

A NBR 8681 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3) classifica as ações variáveis, em função de sua probabilidade de ocorrência, em normais ou especiais:

- a) ações variáveis normais: ações variáveis com probabilidade de ocorrência suficientemente grande para que sejam obrigatoriamente consideradas no projeto das estruturas de um dado tipo de construção;
- b) ações variáveis especiais: nas estruturas em que devam ser consideradas certas ações especiais, como ações sísmicas ou cargas acidentais de natureza ou de intensidade especiais, elas também devem ser admitidas como ações variáveis. As combinações de ações em que comparecem ações especiais devem ser especificamente definidas para as situações especiais consideradas.

Ainda, segundo Araújo (2003, p. 57), “Para as ações variáveis, os valores característicos são indicados em normas específicas e correspondem a valores que têm de 25% a 35% de probabilidade de serem ultrapassados no sentido desfavorável, durante um período de 50 anos.”.

5.2.3 Ações excepcionais

Conforme a NBR 8681 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3), considera-se como ações excepcionais:

[...] as ações decorrentes de causas tais como explosões. Choques de veículos, incêndios, enchentes ou sismos excepcionais. Os incêndios, ao invés de serem tratados como causa de ações excepcionais, também podem ser levados em conta por meio de uma redução da resistência dos materiais construtivos da estrutura.

Araújo (2003, p. 57) afirma que para as ações excepcionais, os valores característicos são valores convencionais que devem ser estabelecidos por consenso entre o proprietário da obra e as autoridades competentes.

5.2.4 Valores das ações

Conforme a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 57), os valores característicos F_k das ações são estabelecidos em função da variabilidade de suas intensidades. Para as ações permanentes, são adotados valores médios das distribuições de probabilidades. Para ações variáveis, os valores característicos, F_{qk} , têm de 25% a 35% de chances

de serem ultrapassados no sentido desfavorável, durante um período de 50 anos, o que dá um período médio de retorno de 200 a 140 anos, respectivamente. Os valores para ambos os casos estão definidos na NBR 6120⁴.

Ainda, conforme estabelece a mesma Norma, as ações são quantificadas por seus valores representativos, que podem ser:

- a) os valores característicos;
- b) valores convencionais excepcionais arbitrados;
- c) valores reduzidos, em função da combinação das ações, tanto pra verificações de ELU, quanto para ELS.

Segundo Süsskind (1985, p. 60, grifo do autor):

De modo geral, os valores característicos das deformações impostas (ações indiretas) têm definição probabilística mais complexa que aqueles das ações diretas. São, na maioria dos casos, tomados iguais aos valores nominais prescritos em norma ou obtidos a partir de ábacos nelas fornecidos (caso de variação de temperatura, retração, etc.).

Definimos os “valores característicos” das ações aplicadas e resistências dos materiais, **cobrimos os diversos fatores de incerteza [...], transformando estes valores característicos em “valores de cálculo”, obtidos pela multiplicação dos primeiros por coeficientes adequados que, em última análise, são os coeficientes de segurança adotados.**

Para a obtenção dos valores de cálculo F_d , multiplicam-se os valores representativos pelos coeficientes de ponderação γ_f , que é calculado multiplicando-se os coeficientes γ_{f1} , γ_{f2} e γ_{f3} . Os coeficientes γ_{f1} e γ_{f3} estão na tabela 4.

Tabela 4 – 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 ¹⁾	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

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: cargas para o cálculo de estruturas de edificações - procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

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.

¹⁾ Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente às pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1.3

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

6 ERROS CONSTRUTIVOS

Os erros construtivos podem gerar muitos retrabalhos, gastos não previstos, atrasos na obra e até a sua condenação ou ruína. Para evitar os possíveis transtornos, é necessário que os projetos estejam coerentes, corretos e com todas as informações necessárias para sua correta execução. Sobre a clareza dos projetos, Ripper (1996, p. 13) afirma que “[...] o desenho deve ser bem explicativo e detalhado. É sempre melhor mostrar cotas a mais do que a menos, pois a interpretação é feita pelo pessoal da obra, geralmente cansado e apressado, e falhas na soma ou diferença das cotas podem levar a erros desagradáveis.”. Além disso, é imprescindível que a execução respeite as normas e técnicas previstas para cada elemento.

Souza e Ripper (1998, p. 22) afirmam que:

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido, como já dito, em três etapas básicas: concepção, execução e utilização.

Ainda, segundo Souza e Ripper (1998, p. 25):

Quando se trata de uma obra de edificação habitacional, alguns erros são grosseiros e saltam à vista. Casos como falta de prumo, de esquadro e de alinhamento de elementos estruturais e alvenarias, desnivelamento de pisos, falta de caimento correto em pisos molhados, ou execução de argamassas de assentamento de pisos cerâmicos demasiado espessas, e flechas excessivas em lajes, são exemplos de erros facilmente constatáveis. Outros erros, no entanto, são de difícil verificação e só poderão ser adequadamente observados após algum tempo de uso, como é o caso de deficiências nas instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo.

Como erros comuns, pode-se citar:

- a) congestionamento de barras, principalmente nos apoios e encontros de vigas (RIPPER, 1996, p. 14);
- b) falta de indicação da posição da armadura de espera nas bases para as colunas ou na continuação dos pilares do pavimento superior (RIPPER, 1996, p. 14);
- c) falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24);
- d) especificação inadequada dos materiais (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24);
- e) detalhamento insuficiente ou errado (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24);

- f) detalhes construtivos inexequíveis (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24);
- g) falta de padronização das representações (convenções) (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24);
- h) erros de dimensionamento (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 24).

Conforme Helene (1992, p. 22), as patologias envolvendo as estruturas de concreto armado podem ser classificadas em dois tipos:

- a) as que afetam a segurança estrutural: estão associadas ao estado limite último;
- b) as que afetam a estética, higiene e funcionamento: estão associadas ao estado limite de serviço.

Ripper (1996, p. 16) relaciona cuidados que se deve ter para evitar os erros de execução de concreto armado:

Para evitar erros na execução de concreto armado de uma estrutura ou de outros elementos da construção, todos os que participam dessa tarefa, desde o engenheiro da obra ou fiscal, mestre, encarregados, oficiais até o operador de vibrador, devem saber com certeza como realizar sua parte específica dentro do conjunto total de serviços ou operações de execução do concreto armado de boa qualidade. A falha de um desses elementos humanos, por negligência, displicência por falta de conhecimento da boa técnica ou das normas brasileiras, pode prejudicar a qualidade e até a segurança deste empreendimento e provocar, em consequência, prejuízos graves ou, em casos menos drásticos, consertos caros ou defeitos esteticamente inconvenientes.

Engenheiros, mestres e encarregados precisam sempre instruir e fiscalizar os executantes de cada uma das tarefas parciais da execução dos elementos do concreto armado, desde a escolha dos materiais, dosagem, mistura, formas, escoramento, armação, lançamento etc., como também nos controles tecnológicos. Para serem capacitados para esta missão, eles mesmos devem conhecer bem as técnicas e normas de todas as tarefas componentes deste empreendimento.

Corroborando com as afirmações acima, Souza e Ripper (1998, p. 25) coloca o seguinte:

Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde o seu fabrico até a cura.

Ainda sobre esta questão, Andrade e Dal Molin (1998, p. 243) afirmam que “[...] a grande quantidade de danos que ocorrem nas edificações poderia ser minimizada se houvesse um controle de qualidade efetivo durante o processo construtivo, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas.”. Helene (1992, p. 22) expõe que as correções dos erros são mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas.

Conforme Araújo (2003, p. 48), a durabilidade das estruturas está intimamente ligada ao cobrimento, visto que é dependente da qualidade e da espessura do concreto do cobrimento. Por sua vez, a qualidade do concreto está ligada à relação água-cimento, pois é um dos fatores que determina a porosidade da massa endurecida e, portanto, a facilidade de penetração de água ou de gases no concreto.

O autor afirma que devem ser observados diversos detalhes nas fases de projeto, execução e utilização da estrutura para evitar a deterioração prematura e satisfazer as exigências quanto à durabilidade. Dentre os principais critérios a serem observados na fase de projeto, o autor cita os seguintes:

- a) especificação de um concreto de qualidade apropriada;
- b) determinação dos cobrimentos mínimos para as armaduras;
- c) a verificação da abertura das fissuras;
- d) correto detalhamento das armaduras.

Sobre a qualidade e durabilidade das obras, Helene (1992, p. 177) afirma o seguinte:

Apesar da notória preocupação de muitos pesquisadores, projetistas, engenheiros e arquitetos com a qualidade e durabilidade das obras, a qualidade tem sido na prática relegada a segundo plano resultando (na grande maioria dos casos) na não utilização de recursos eficazes e disponíveis para a obtenção de obras duráveis. Tais recursos compreendem desde recomendações de projeto (arquitetônico e estrutural) passando pela fiscalização cuidadosa das etapas preliminares e de aplicação propriamente dita do concreto (montagem de formas, colocação de espaçadores, preparo de materiais, mistura, lançamento, adensamento e cura) até, especialmente, a utilização de sistemas de proteção eficazes constituídos por tintas, vernizes e revestimentos, que oferecerão resistência química e física às ações da atmosfera a que a construção estará submetida.

Na sequência estão comentados alguns dos erros construtivos mais comuns: erros na camada de cobrimento, na concretagem, armaduras, utilização dos materiais de construção e no controle de qualidade da obra.

6.1 CAMADA DE COBRIMENTO

Um dos erros mais comuns em obras se dá na camada de cobrimento, seja por espessura inadequada ou por falta de qualidade do concreto, podendo gerar problemas graves às estruturas. A camada de cobrimento protege a armadura. Sobre isso, é importante a afirmação de Fusco (1995, p. 15):

De modo geral a proteção das armaduras depende tanto da qualidade do concreto, isto é, de sua compacidade e de sua impermeabilidade, quanto de uma camada de cobrimento com espessura adequada.

É importante assinalar que a camada de cobrimento deve proteger todas as barras da armadura, devendo por isso ser medida a partir das barras mais próximas à superfície da peça, considerando-se inclusive a presença de estribos ou de barras de armaduras secundárias e mesmo de armaduras construtivas [...].

Conforme Andrade e Dal Molin (1998, p. 243), um elemento com cobrimento insuficiente, aliado à utilização de um concreto com alta permeabilidade, em ambientes de obras industriais, em que o concreto está submetido à ação de uma grande quantidade de agentes agressivos, pode apresentar problemas de desagregação (ataque por agentes expansivos) e, posteriormente, o fenômeno da corrosão das armaduras. Com relação ao cobrimento, Ripper (1996, p. 16) afirma que:

No projeto deve-se indicar também a espessura do cobrimento da armadura e não deixar sua fixação a critério da obra, porque nem o armador nem o encarregado têm o conhecimento de eventuais circunstâncias especiais, não conhecem as prescrições das normas brasileiras e nem conhecem as consequências prejudiciais de um comprimento insuficiente.

Sobre a agressividade do ambiente, que é fundamental para a definição da espessura da camada de cobrimento, o item 6.4.1, da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 16) descreve que:

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Na tabela 5 está a classificação da agressividade ambiental utilizada nos projetos das estruturas correntes.

Tabela 5 – Classes de agressividade ambiental

Classes de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno

III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras de regiões de clima seco, com umidade relativo do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 16)

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 18) elenca os requisitos mínimos da camada de cobrimento:

7.4.7.1 Para atender aos requisitos estabelecidos nesta Norma, o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado e que se constitui num critério de aceitação.

7.4.7.2 Para garantir o cobrimento mínimo (c_{\min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela [...] [6], para $\Delta c = 10$ mm.

7.4.7.3 Nas obras correntes o valor de Δc deve ser maior ou igual a 10 mm.

7.4.7.4 Quando houver um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução pode ser adotado o valor $\Delta c = 5$ mm, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais prescritos na tabela [...] [8] em 5 mm.

7.4.7.5 Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

a) $c_{\text{nom}} \geq \phi$ barra;

b) $c_{\text{nom}} \geq \phi$ feixe = $\phi_n = \phi \sqrt{n}$;

c) $c_{\text{nom}} \geq 0,5 \phi$ bainha.

7.4.7.6 A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento, ou seja:

$$d_{\text{máx}} \leq 1,2 c_{\text{nom}}$$

Tabela 6 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental [...]
-------------------	------------------------	---

		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal Mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

1) Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 19)

No que se refere ao controle da fissuração, o item **7.6.1** da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 19) diz que “O risco e a evolução da corrosão do aço na região das fissuras de flexão transversais à armadura principal dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura.”.

A corrosão das armaduras é uma grave consequência de problemas com a camada de cobrimento. Segundo Fusco (1995, p. 15), ela somente ocorre se for destruída a película passivadora, que acontece nas seguintes causas:

- a) pela redução do pH abaixo de 9, por efeito de carbonatação do concreto da camada de cobrimento;
- b) pela presença de íons cloreto Cl^- ou de outros íons como os provenientes da poluição atmosférica acima de certos valores críticos;
- c) pela lixiviação do concreto na presença de fluxos de água que percolem através de sua massa.

6.2 DEFICIÊNCIAS DE CONCRETAGEM

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 28):

Ao método de concretagem estão relacionadas, entre outras, as falhas no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar, por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além da formação de ninhos de concretagem e de cavidades no concreto.

Em termos de transporte do concreto, desde que a massa sai da betoneira até a sua aplicação final, os principais cuidados devem centrar-se na rapidez do processo, que deve ser tal que o concreto não seque nem perca a trabalhabilidade. Além disso, o tempo de transporte não deverá provocar grandes intervalos entre uma camada de concreto e a

anterior, o que provocaria, de imediato, a criação de juntas de concretagem não previstas, conduzindo à formação de superfícies sujeitas a concentração de tensões e perda de aderência. Os meios de transporte não devem provocar a segregação, não permitindo perda de argamassa ou de pasta de cimento, nem promovendo a separação entre os componentes do concreto.

Cánovas (1977, p. 115-(116), tradução nossa) afirma que:

A falta de uniformidade no concreto como consequência da falta de análises frequentes do cimento, agregados, umidade dos mesmos, etc., pode ser prevista ao se projetar o concreto, no entanto, existem uma série de erros de execução que podem minar ainda mais as resistências e levar a não-uniformidade na mistura com o aparecimento de fissuras, fendas, vazios, fragmentação do concreto, etc. A maior parte dos erros e descuidos com o concreto correspondem as fases de lançamento e cura do mesmo.

O primeiro dano que um concreto de boa qualidade pode sofrer pode se dar na chegada deste ao seu local de aplicação. É frequente que um concreto usinado de ótima qualidade seja estragado ao se obrigar o condutor do caminhão a adicionar água a mistura, diminuindo sua resistência mecânica. (CÁNOVAS, 1977, tradução nossa)

Sobre o lançamento do concreto Souza e Ripper (1998, p. 30) afirmam:

Diversas questões estão associadas ao lançamento (colocação) do concreto nas fôrmas. O lançamento malfeito pode ocasionar o deslocamento das armaduras, bem como de chumbadores que possam estar embutidos nas peças estruturais. Se uma nova quantidade de massa é lançada sobre uma superfície que já completou o processo de endurecimento, pode acontecer a segregação dos seus diversos componentes (efeito de ricochete). O lançamento em plano inclinado pode levar ao acúmulo de água exsudada, o que ocasionará a segregação entre o agregado graúdo e a nata de cimento ou a argamassa, fazendo com que surjam pontos frágeis na estrutura, facilitando, assim, a ocorrência de focos de corrosão.

Para evitar problemas no adensamento do concreto, é necessário que ele seja vibrado ou socado, de forma contínua e enérgica, para que preencha todos os recantos da fôrma e para que não se formem ninhos ou haja segregação dos agregados, ocasionada por vibração muito prolongada. Também é preciso evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, diminuindo a aderência das barras. (RIPPER, p. 34)

Sobre a cura do concreto Cánovas (1977, p. 118, tradução nossa) afirma que:

Para se obter um bom concreto não apenas é preciso que este seja bem dosado, lançado em obra e compactado, como também é necessário que durante o tempo de duração da cura e endurecimento do mesmo, o ambiente em que se encontra possua condições adequadas de temperatura e umidade a fim de que as reações de hidratação se realizem com toda normalidade e sem criar tensões internas que possam dar lugar a efeitos patológicos que se apresentam normalmente em forma de fissuras superficiais, [...], ou em diminuições notáveis das resistências mecânicas.

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 31-(32)), a inadequação de fôrmas e escoramentos é uma questão ampla, sendo as falhas construtivas mais comuns:

- a) falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes nas fôrmas antes da concretagem, o que acaba por ocasionar distorções e “embarrigamentos” natos nos elementos estruturais (o que leva à necessidade de enchimentos de argamassa maiores dos que os usuais e, conseqüentemente, à sobrecarga da estrutura);
- b) insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga de nata de cimento através das juntas e fendas próprias da madeira, com a conseqüente exposição desordenada dos agregados;
- c) retirada prematura das fôrmas e escoramentos, o que resulta em deformações indesejáveis na estrutura e, em muitos casos, em acentuada fissuração;
- d) remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como conseqüência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto.

6.3 DEFICIÊNCIAS NAS ARMADURAS

Deficiências ou erros na colocação das armaduras são variáveis, e os problemas patológicos causados na estrutura, em função disto, ocorrem constantemente (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 32).

Ainda, segundo os autores, estas são as deficiências mais frequentes:

- a) má interpretação dos elementos de projeto, o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca das armaduras de uma peça com as de outra;
- b) insuficiência de armaduras, como conseqüência de irresponsabilidade, dolo ou incompetência, com implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural;
- c) mau posicionamento das armaduras, que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras (em lajes isto é muito comum, como se vê na figura [6]), ou no deslocamento das barras de suas posições originais, muitas vezes motivado pelo trânsito de operários e carrinhos de mão, por cima da malha de aço, durante as operações de concretagem - o que é particularmente comum nas armaduras negativas das lajes (ver figura [7]) e poderá ser crítico nos casos de balanço. O recurso a dispositivos adequados (espaçadores, pastilhas, caranguejos) é fundamental para garantir o correto posicionamento das barras da armadura;
- d) cobrimento de concreto insuficiente, ou de má qualidade, o que facilita a implantação de processos de deterioração tal como a corrosão das armaduras, ao propiciar acesso mais direto dos agentes agressivos externos. Também neste caso torna-se indispensável o recurso aos espaçadores;
- e) dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares, fazendo com que o aço venha a "morder" o concreto, provocando seu fendilhamento por excesso de tensões trativas no plano ortogonal ao de dobramento;

- f) deficiências nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos (na compressão, por exemplo), que, muitas vezes, só vêm a introduzir estados de sobretensão (como já se referiu, para o caso do dobramento). Outra situação falha é a registrada com a não observância do correto comprimento de ancoragem, necessário para redução, ao mínimo, dos esforços transferidos ao concreto. Em ambos os casos, o resultado será o surgimento de um quadro fissuratório que, algumas vezes, poderá trazer consequências bastante graves;
- g) deficiências nos sistemas de emenda, que, para além daquelas já referidas para as ancoragens, podem surgir também como resultado da excessiva concentração de barras emendadas em uma mesma seção, e por utilização incorreta de métodos de emenda, especialmente quando do uso de soldas;
- h) má utilização de anticorrosivos nas barras da armadura, que são pinturas efetuadas nas barras para diminuir a possibilidade do ataque da corrosão, mas reduzem a aderência das barras ao concreto.

Figura 06 – Espaçamento irregular em armaduras de lajes

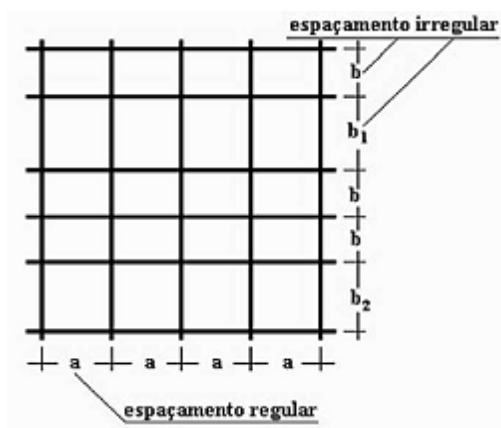
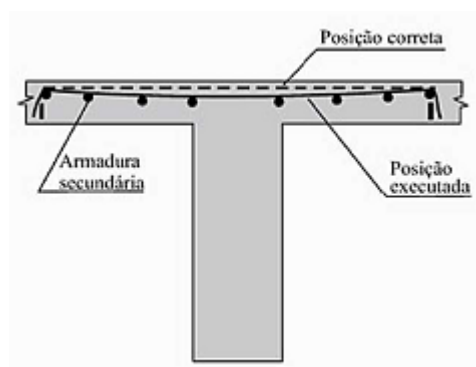


Figura 7 – Armadura negativa da laje fora de posição

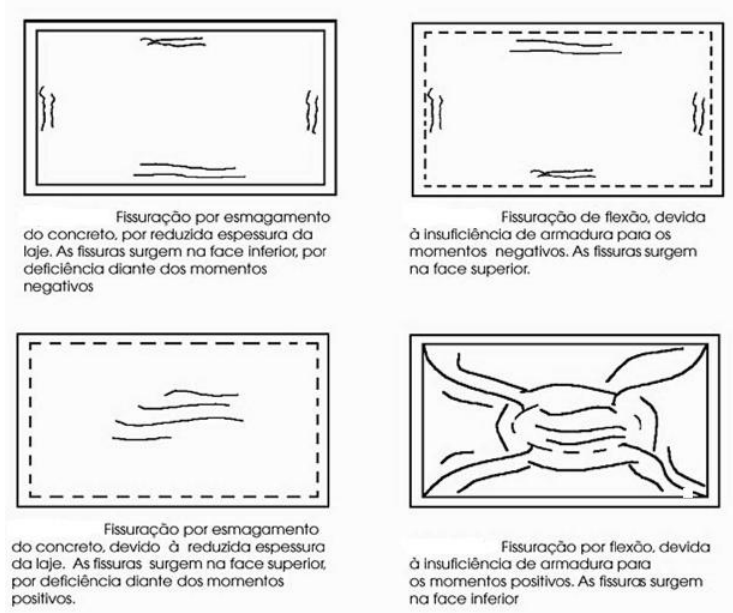


(fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 32)

Na figura 8 pode-se observar como ocorre a fissuração em função de erros graves no posicionamento das armaduras. São consequências diretas do aumento do cobrimento em lajes

junto à face inferior, da ausência de espaçadores na parte inferior da laje, baixando as armaduras negativas, ou da ausência ou insuficiência de caranguejos/cavaletes, de modo que as armaduras superiores ou negativas são pisoteadas para baixo durante a concretagem. A diminuição da altura útil é equivalente a sobrecargas.

Figura 8 – Fissuras causadas por erros na camada de cobertura



(fonte: adaptado de SOUZA; RIPPER, 1998, p. 60)

Se a execução de cobrimentos inferiores aos especificados no projeto levam a um comprometimento na durabilidade da estrutura, a execução de cobrimentos superiores aos especificados comprometem a capacidade resistente da peça, de modo que o cobrimento de projeto não deve ser considerado como um valor mínimo a ser obtido, mas simultaneamente um valor mínimo e máximo. Tal situação é particularmente crítica em peças fletidas com pequena altura útil, como lajes finas.

Sobre erros em estribos Cánovas (1977, p. 104, tradução nossa) afirma:

Em vigas é frequente que os projetistas dimensionem a separação dos estribos de acordo com as regras válidas para cargas uniformemente distribuídas e se esqueçam do efeito cortante ocasionado pelas cargas concentradas. Esta omissão pode dar lugar a efeitos patológicos bastante graves.

Igualmente é causa de patologia não verificar os estribos quando há barras levantadas próximas aos apoios, já que mesmo existindo estas barras, os estribos devem ser suficientes para absorver sozinhos a metade do esforço cortante.

6.4 UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 33-(34)), os casos mais comuns de utilização incorreta de materiais de construção são:

- a) utilização de concreto com f_{ck} inferior ao especificado, quer no caso de emenda errada ou de erro no fornecimento de concreto pronto, quer por erro em concreto virado na própria obra;
- b) utilização de aço com características diferentes das especificadas, quer termos de categorias, quer de bitolas;
- c) assentamento das fundações em camadas de solo com capacidade resistente - ou características, de uma maneira geral – inferior à requerida;
- d) utilização de agregados reativos, instaurando, desde o início, a possibilidade de geração de reações expansivas no concreto, e potencializando os quadros de desagregação e fissuração do mesmo;
- e) utilização inadequada de aditivos, alterando as características do concreto, em particular as relacionadas com resistência e durabilidade;
- f) dosagem inadequada do concreto, seja por erro no cálculo da mesma, seja pela utilização incorreta de agregados, do tipo de cimento ou de água.

Cánovas (1977, p. 71, tradição nossa) expõe que os materiais componentes do concreto devem ter características determinadas e devem estar isentos de uma série de substâncias indesejadas que podem dar lugar a enfermidades no concreto. Como é impossível chegar a materiais totalmente isentos de substâncias prejudiciais, as normas e regulamentos especificam os valores máximos de impurezas admissíveis em cada um deles.

6.5 INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 34) a inexistência de controle de qualidade, seja talvez, a maior de todas as causas relacionadas com falhas humanas na construção, pois existindo este controle, a grande maioria dos erros podem ser reduzidos ou evitados. Os autores afirmam ainda, que é essencial a assistência de um engenheiro tecnólogo e que as Normas sejam seguidas durante toda a fase de execução da obra, para diminuir a possibilidade de deterioração precoce da estrutura.

Uma vez construída, toda estrutura de concreto armado oferece inúmeras características, mais ou menos significativas, que diferem das projetadas. São elas (MONTROYA et alli, 2000, tradução nossa):

- a) as armaduras não estão exatamente na posição definida;
- b) o concreto não tem exatamente a resistência especificada;
- c) as dimensões da peça não coincidem com as previstas.

A equivalência da estrutura projetada com a construída apresenta um índice de qualidade de execução. Quanto maior for o controle, maior será este índice, indicando que as hipóteses propostas pelo projetista foram realizadas com precisão. Por consequência, os coeficientes de segurança reais presentes na estrutura se aproximarão dos teóricos. Nas obras deficitárias de controle, este índice será baixo, esgotando-se assim, as reais margens de segurança (MONTROYA et alli, 2000, tradução nossa).

7. SEGURANÇA

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) estabelece, para condições usuais de projeto, coeficientes de segurança parciais que minoram a resistência dos materiais estruturais utilizados e majoram as estimativas de cargas atuantes. Tipicamente, esses coeficientes assumem os valores:

- a) $\gamma_s = 1,15$, é um divisor da resistência característica do aço, que minoram a resistência em 13%;
- b) $\gamma_c = 1,40$, é um divisor da resistência característica do concreto, que minoram a resistência em 29%;
- c) $\gamma_f = 1,40$, é um multiplicador das cargas atuantes, que majoram as cargas em 40%.

Araújo (2003, p. 3), afirma que “A resistência característica é um valor tal que existe uma probabilidade de 5% de se obter resistências inferiores à mesma.”. Igualmente, as resistências características dos materiais são estabelecidas com um nível de confiança de 95%, ou seja, estima-se que 95% das amostras dos materiais estruturais utilizados tenham uma resistência igual ou superior ao valor característico.

Conforme Araújo (2003, p. 2-(3)):

A resistência à compressão do concreto é determinada através de ensaios padronizados de curta duração (carregamento rápido). Em alguns regulamentos de projeto, adota-se a resistência cúbica, obtida em cubos de 15 cm ou 20 cm de lado. No Brasil e nas recomendações do CEB⁵, adota-se a resistência obtida em corpos de prova cilíndricos. Em geral, os ensaios são realizados na idade padrão de 28 dias, convencionando-se que esta é a idade em que a estrutura deverá entrar em carga.

A resistência do concreto da estrutura não é representada fielmente pela resistência medida por meio de corpos de prova de controle, pois as condições de concretagem e cura são diferentes nos dois casos. Os corpos de prova de controle medem apenas a resistência da mistura empregada, ou seja, o máximo valor que pode ser alcançado caso o concreto seja manuseado em condições ideais. Logo, quando utilizado pares de corpos de prova gêmeos, é considerado o valor mais alto (resistência potencial). No plano da seção transversal se admite uma tensão de compressão máxima igual a $0,85f_{cd}$, especialmente nos problemas de flexão, simples ou composta, no estado-limite último de ruptura de concreto comprimido, para a avaliação da segurança das estruturas (FUSCO, 1995).

⁵ *Comité Euro-International du Béton.*

Os resultados obtidos a partir de tais corpos de prova devem ser relacionados com estruturas de concreto armado, que têm forma e estado de tensões complexo, grandes volumes, moldagem e compactação limitados pelas condições da obra, cura em condições não ideais de temperatura e umidade, com a aplicação de tensões mecânicas nas primeiras idades, e estão submetidas a aplicações de cargas com perfil e velocidade de carregamento aleatórios.

Considerações similares podem ser feitas em relação aos valores de resistência de corpos de prova ou amostras de aço em relação ao aço atuando em conjunto com o concreto em uma estrutura de concreto.

Parte considerável das cargas de projeto têm um caráter aleatório (sismos, ventos, cargas acidentais verticais). Sobre isso, Araújo (2003, p. 51) afirma que:

Para certos tipos de estruturas, são fixadas condições específicas, como a exigência de resistência ao fogo, à explosão, ao impacto ou às ações sísmicas, ou exigências relativas à estanqueidade, ao isolamento térmico ou acústico. Além disso, podem ser fixadas exigências referentes ao impacto ambiental.

Os coeficientes de segurança parciais tem por objetivo contemplar essas incertezas na determinação de valores críticos de projeto (resistências mínimas, cargas máximas), sendo tanto maiores quanto maior é a incerteza na definição dos valores característicos. O aço, por ser um produto industrial com processo produtivo controlado, tem um coeficiente de minoração de resistência menor que o do concreto, decorrente da maior variabilidade das matérias primas constituintes e do processo de produção do último.

O dimensionamento da peças de concreto armado é feito no estado limite último. Isto significa que, em uma peça em flexão, a resistência da seção é obtida considerando-se as armaduras longitudinais escoando em tração e o concreto sofrendo ruptura plástica em compressão, efetivamente uma situação de colapso estrutural. Sobre isso, a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 60) diz que:

A combinação das ações deve ser feita de forma que possam ser determinados os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura; a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos e aos estados limites de serviço deve ser realizada em função de combinações de serviço, respectivamente.

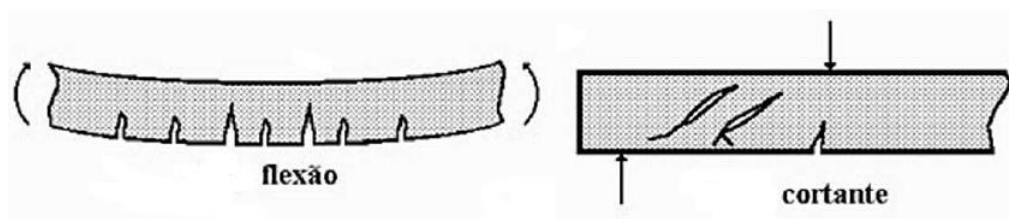
Conforme Fusco (1995, p. 41), “Para que fique garantida a segurança em relação aos estados últimos de ruptura, é preciso que uma eventual fissuração fique restrita a trechos localizados, sendo impedida a propagação das fissuras.”. As fissuras são caminhos de acesso dos agentes agressivos às armaduras, o controle do estado de fissuração é fundamental para a garantia da vida

útil de estruturas de concreto armado. Sobre isso, a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 71) expõe o seguinte:

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras.

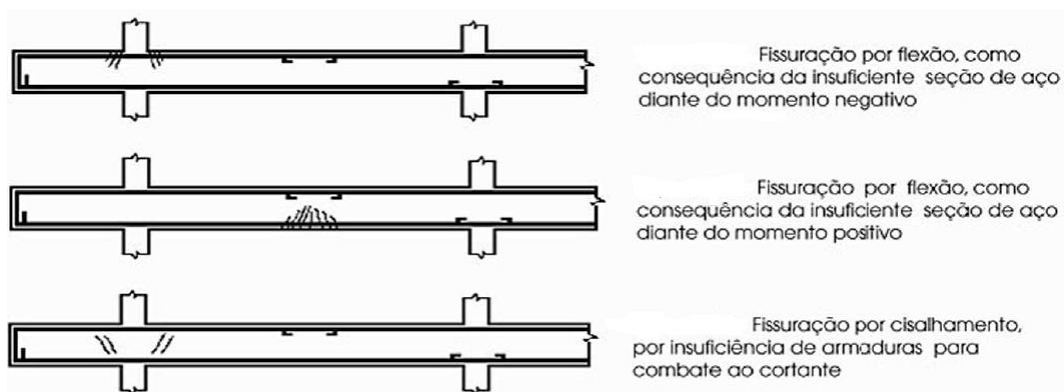
Na figura 9 estão exemplificadas como se apresentam as fissuras em vigas submetidas a esforços de flexão e de cisalhamento. Na figura 10 podem ser visualizadas como se apresentam as fissuras resultantes da deficiência de armaduras diante dos momentos positivo, negativo e para combate ao cortante.

Figura 9 – Configuração das fissuras em solicitações de flexão e cortante



(fonte: adaptado de SOUZA; RIPPER, 1998, p. 58)

Figura 10 – Fissuras causadas por deficiência nas taxas de armadura



(fonte: adaptado de SOUZA; RIPPER, 1998, p. 59)

Os coeficientes de segurança parciais devem não somente contemplar a incerteza nos valores característicos de ações e resistências, como também estabelecer, simultaneamente, estados de tensão de serviço que não acarretem prejuízo aos demais sistemas vinculados à estrutura (deformações excessivas), e uma distância entre a capacidade última da estrutura (colapso estrutural) e estados de tensão de serviço que não acarretem prejuízo à vida útil da estrutura (fissurações excessivas). Mesmo que não houvesse incerteza sobre as resistências mínimas dos

materiais ou os valores máximos das ações, o dimensionamento no estado limite último exigiria o uso de coeficientes de segurança parciais maiores que a unidade.

Um coeficiente de segurança global pode ser obtido a partir dos coeficientes de segurança parciais pela razão entre a solicitação resistente última da seção, obtida em um processo de verificação com coeficientes de segurança parciais unitários, e a solicitação de serviço. Para peças de concreto armado em flexão, este coeficiente de segurança é aproximadamente igual ao produto dos coeficientes γ_f e γ_s , tipicamente $1,4 \times 1,15 = 1,61$.

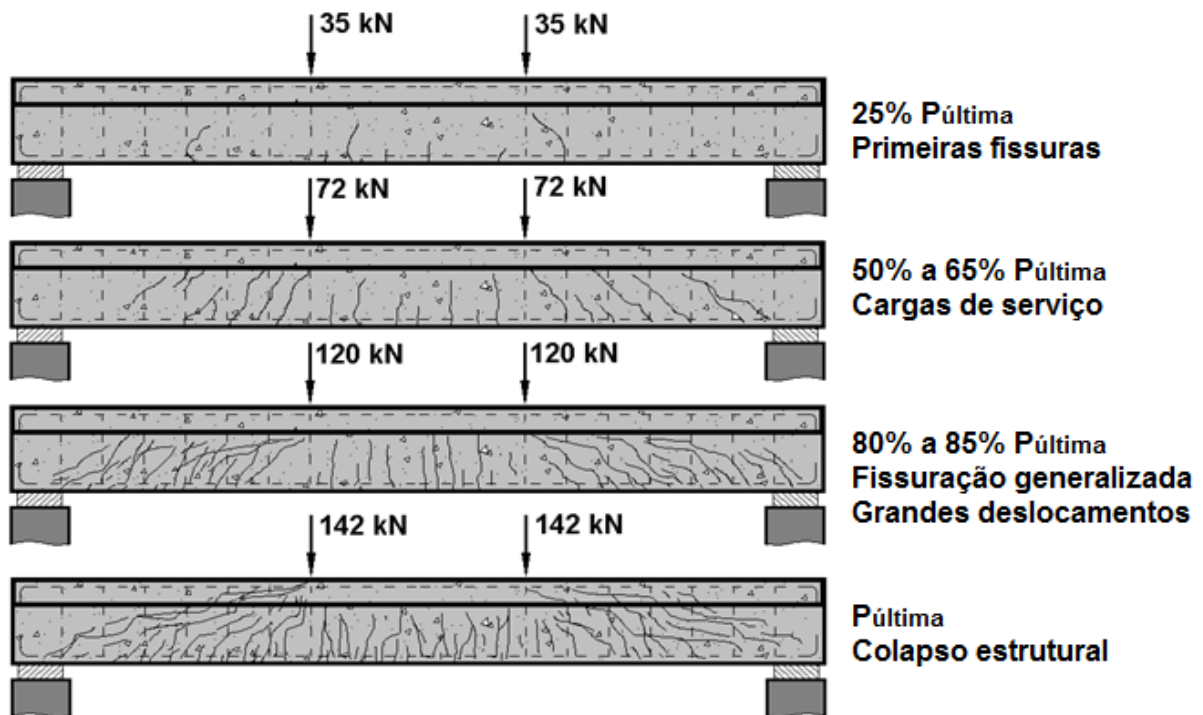
Segundo Araújo (2003, p. 68):

A segurança de uma estrutura pode ser avaliada comparando-se sua capacidade de carga com as ações que a solicitam. A diferença entre elas é uma medida da distância ao estado limite último. Uma vez que tanto a capacidade de carga, quanto as ações solicitantes, são variáveis aleatórias, o problema deve ser formulado em termos de alguma probabilidade.

Considera-se que uma peça estrutural dimensionada de acordo com os procedimentos normativos atenda às condições de resistência, durabilidade e deformação necessárias. Estima-se igualmente que a mesma peça, submetida a cargas 61% maiores, esteja no limiar do colapso estrutural, apresentando fissuração generalizada e grandes deslocamentos. Ou seja, a aplicação de cargas maiores que as de serviço é possível, uma vez que a estrutura tem reserva de resistência, mas se essa majoração é próxima da majoração que leva a peça a estados próximos do estado limite último, a durabilidade e estabilidade da estrutura a longo prazo ficam seriamente comprometidas, bem como o adequado funcionamento de todos os sistemas vinculados à estrutura (vedações, esquadrias, revestimentos e outros).

Para se ter uma estimativa de que nível de sobrecarga ou diminuição do coeficiente de segurança global é possível ser admitido, sem que isso acarrete em prejuízo à estabilidade, à durabilidade e aos demais sistemas acoplados à estrutura, é interessante ter uma noção de que tipos de efeitos (deformação, fissuração) uma parcela do carregamento último provoca sobre a estrutura. Isto está ilustrado na figura 11.

Figura 11 – Fissuração devido à sobrecarga



(fonte: adaptado de Pinheiro, 2007)

Verifica-se que as cargas de serviço correspondem a aproximadamente 50 a 65% das cargas últimas da estrutura, e que, para carregamentos na faixa de 80 a 85% da carga última, as deformações e estado de fissurações já trazem um comprometimento à durabilidade da estrutura e ao funcionamento dos demais sistemas acoplados à estrutura.

Se as cargas de serviço podem ser consideradas como a carga última dividida pelo coeficiente de segurança global ($P_{\text{última}} / 1,61$), um patamar de carregamento que poderia ser considerado como admissível, a partir do qual há comprometimento da durabilidade da estrutura e compromisso dos demais sistemas, é algo em torno de ($P_{\text{última}} / 1,30$).

Embora possa ser discutido o valor exato desse coeficiente, a ordem de grandeza do mesmo é razoável. Desta maneira, o mesmo pode ser considerado como um patamar para perdas de segurança global provocados por erros construtivos. Quando um erro construtivo gera um coeficiente de segurança global inferior ao patamar de 1,30, há a forte possibilidade de comprometimento na durabilidade da estrutura, no funcionamento dos sistemas a ela acoplados, inviabilizando o uso da estrutura sem que sejam realizados reforços ou outras medidas corretivas.

Para erros construtivos que acarretam modificação nas cargas ou solicitações atuantes, o coeficiente de segurança global pode ser obtido pela razão entre a solicitação última, obtida para

as cargas e condições usuais de projeto, e as solicitações decorrentes da situação com erro construtivo.

Para erros construtivos que acarretem modificação na capacidade resistente das peças, o coeficiente de segurança global pode ser obtido pela razão entre a solicitação última obtida com o erro construtivo e a solicitação de projeto, obtida com as cargas e condições usuais.

8. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade se deu através seguintes passos:

- a) definição e dimensionamento dos elementos estruturais a serem estudados e seus parâmetros principais;
- b) identificação das solicitações de serviço;
- c) obtenção das solicitações últimas ou limites, utilizando os coeficientes parciais γ_s , γ_c e γ_f com o valor 1,0;
- d) cálculo do coeficiente de segurança global, dado pela razão entre a solicitação limite e o obtido no dimensionamento;
- e) cálculo do coeficiente de segurança global médio para cada situação de erro construtivo simulado;
- f) identificação do comportamento do coeficiente de segurança global, em função da intensidade do erro.

Para o cálculo dos momentos de serviço limites foi utilizado o utilitário **Verificar** do programa Cerberus v. 1.4⁶ (figura 12). Tal utilitário realiza a verificação de seções retangulares de concreto armado em flexão, permitindo a simulação de vários erros construtivos, como altura, espessura da camada de cobrimento, espaçamento entre armaduras principais, suas bitolas, resistências do aço e concreto. As bitolas de aço utilizadas no dimensionamento e simulação dos erros foram as disponíveis no mercado, conforme tabela 7.

Para erros envolvendo os estribos, é necessário fazer uma verificação da seção de concreto armado quanto ao cortante. Neste caso, foi utilizado o utilitário **Estribos** do *software* Cerberus v. 1.4 (figura 13), que é efetivamente um utilitário de dimensionamento, e não de verificação. Por isso, é necessário arbitrar-se valores de esforço cortante até obter a taxa de armadura desejada para a seção.

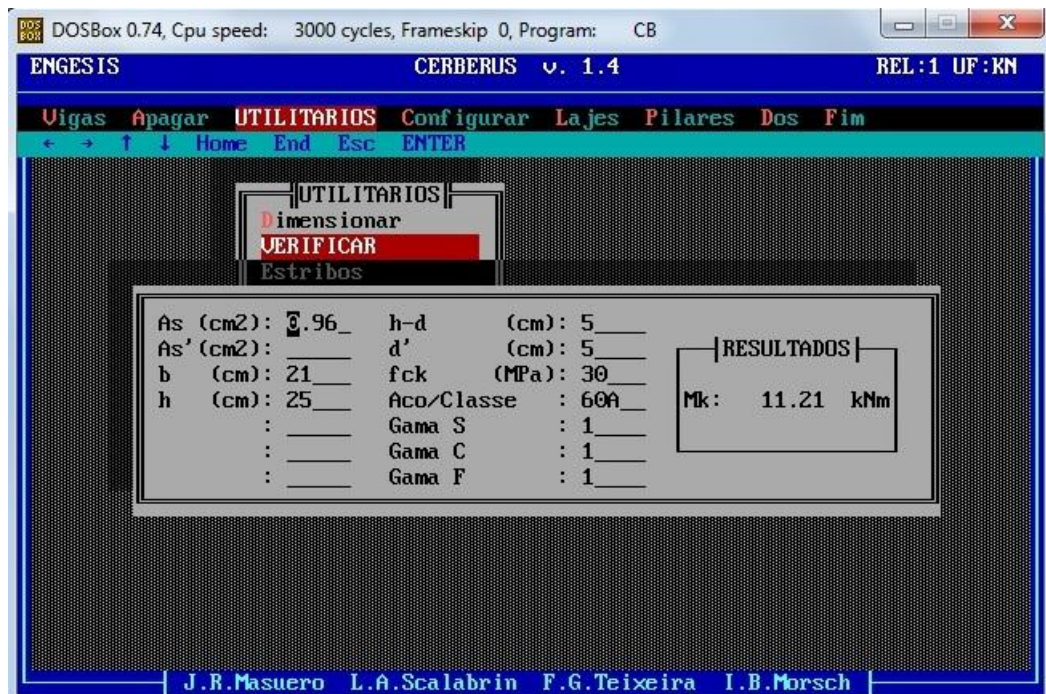
Tabela 7 – Bitolas comerciais de aço

⁶ Programa desenvolvido por MASUERO, J, R; SCALABRIN, L. A, TEIXEIRA, F. G.; MORSCH, I. B. Software para dimensionamento e verificação dos elementos estruturais.

ϕ CA-50 (mm)	ϕ CA-60 (mm)
6,3	4,2
8,0	5,0
10,0	6,0
12,5	7,0
16,0	8,0
20,0	9,5
25,0	
32,0	
40,0	

(fonte: elaborada pela autora)

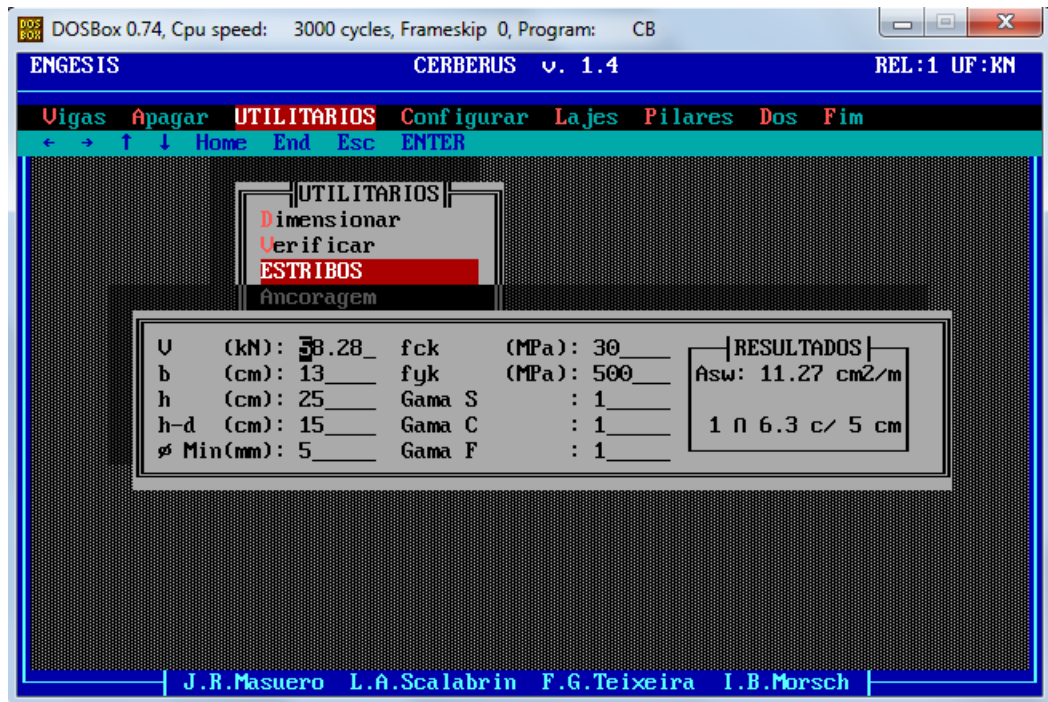
Figura 12 – Programa Cerberus v. 1.4: utilitário verificar



(fonte: elaborado pela autora⁷)

Figura 13 – Programa Cerberus v. 1.4: utilitário estribos

⁷ Programa desenvolvido por MASUERO, J. R.; SCALABRIN, L. A.; TEIXEIRA, F. G.; MORSCH, I. B. Software para dimensionamento e verificação dos elementos estruturais.



(fonte: elaborado pela autora⁸)

O coeficiente de segurança global de uma dada configuração é obtido pela razão entre a solicitação última suportada pela seção e a solicitação de serviço. A análise de sensibilidade é feita comparando-se o coeficiente de segurança global médio para todas as configurações, para um dado erro construtivo e, o coeficiente de segurança global médio obtido para as condições de projeto. As configurações que resultam em taxas de armadura mínima são desconsideradas, uma vez que o critério de armadura mínima mascara a sensibilidade ao erro simulado.

Na sequência são apresentadas as análises de sensibilidade para lajes e vigas, respectivamente.

8.1 LAJES

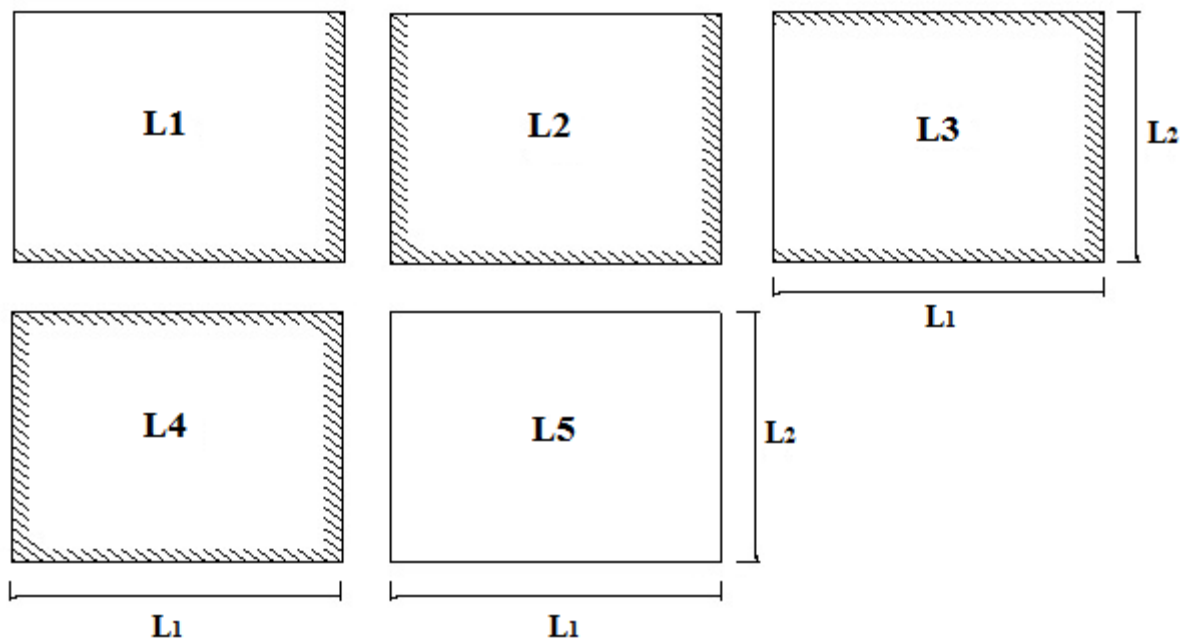
Para a realização da análise de sensibilidade aos erros de execução em lajes, primeiramente foram dimensionadas 5 lajes (L1, L2, L3, L4 e L5), cada uma delas com vinculações diferentes. A laje L1 é engastada em dois bordos adjacentes, L2 e L3 são engastadas em três bordos adjacentes, a L4 é totalmente engastada e a L5 é apoiada, conforme figura 14. Para cada configuração foram utilizadas 15 dimensões diferentes (tabela 8), resultando em 75 lajes distintas. Foram considerados para os cálculos os seguintes parâmetros:

- a) agressividade ambiental classe II;

⁸ op. cit.

- b) aço CA-60;
- c) concreto C30;
- d) carga variável de 1,5 kN/m²;
- e) cargas permanentes,
 - revestimento da face inferior com 0,2 kN/m²;
 - revestimento da face superior com 0,85 kN/m²;
 - peso específico do concreto de 25 kN/m³.

Figura 14 – Configuração das lajes



(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 8 – Dimensões das lajes

Laje	Dimensão L ₁ (cm)	Dimensão L ₂ (cm)
1	200	200
2	300	200
3	400	200

4	300	300
5	450	300
6	600	300
7	400	400
8	600	400
9	800	400
10	500	500
11	750	500
12	1000	500
13	600	600
14	900	600
15	1200	600

(fonte: elaborado pela autora)

As lajes foram dimensionadas através do programa **Projeto de Lajes Retangulares Maciças de Concreto Armado**, de autoria do Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Américo Campos Filho. Na figura 15 está a interface do *software*. Os resultados obtidos no dimensionamento das lajes estão no apêndice A.

Para a análise de sensibilidade das lajes foram seguidos os passos citados anteriormente, simulando erros na:

- a) resistência à compressão do concreto;
- b) espessura da camada de cobrimento;
- c) espaçamento das barras de aço;
- d) diâmetro das armaduras;
- e) resistência do aço e espessura da laje.

Figura 15 – Projeto de lajes retangulares maciças de concreto armado

Projeto de Lajes Retangulares Maciças de Concreto Armado

PROJETO DE LAJES RETANGULARES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO

vinculação

apoio
 engaste

apoio
 engaste

apoio
 engaste

apoio
 engaste

tipo de aço

CA-25
 CA-50
 CA-60

tipo de concreto

C15
 C20
 C25
 C30
 C35
 C40
 C45
 C50

vãos efetivos

Lx = m

Ly = m

carregamento

revestimento de tacos ou tabuões de madeira: 0,70 kN/m²
 revestimento de material cerâmico: 0,85 kN/m²
 reboco: 0,20 kN/m²
 forro falso: 0,50 kN/m²
 enchimento com espessura de cm x 14 kN/m³ = 1,40 kN/m²
 carga variável de kN/m²

classe de agressividade

CAA I
 CAA II
 CAA III
 CAA IV

resultados

espessura da laje: 8 cm; flecha provável: 1,28 cm; flecha admissível: 2,00 cm
 carga permanente: 3,05 kN/m²
 carga variável: 1,50 kN/m²
 carga total: 4,55 kN/m²
 mx=3,38kN.m/m; d=5,0cm; As=1,92cm²/m; Asmín=0,80cm²/m; bitola 5 c/10cm
 my=3,38kN.m/m; d=5,0cm; As=1,92cm²/m; Asmín=0,80cm²/m; bitola 5 c/10cm
 mx'=-5,07kN.m/m; d=6,0cm; As=2,40cm²/m; Asmín=1,20cm²/m; bitola 6,3 c/13cm
 my'=-5,07kN.m/m; d=6,0cm; As=2,40cm²/m; Asmín=1,20cm²/m; bitola 6,3 c/13cm

DECIV/UFRGS

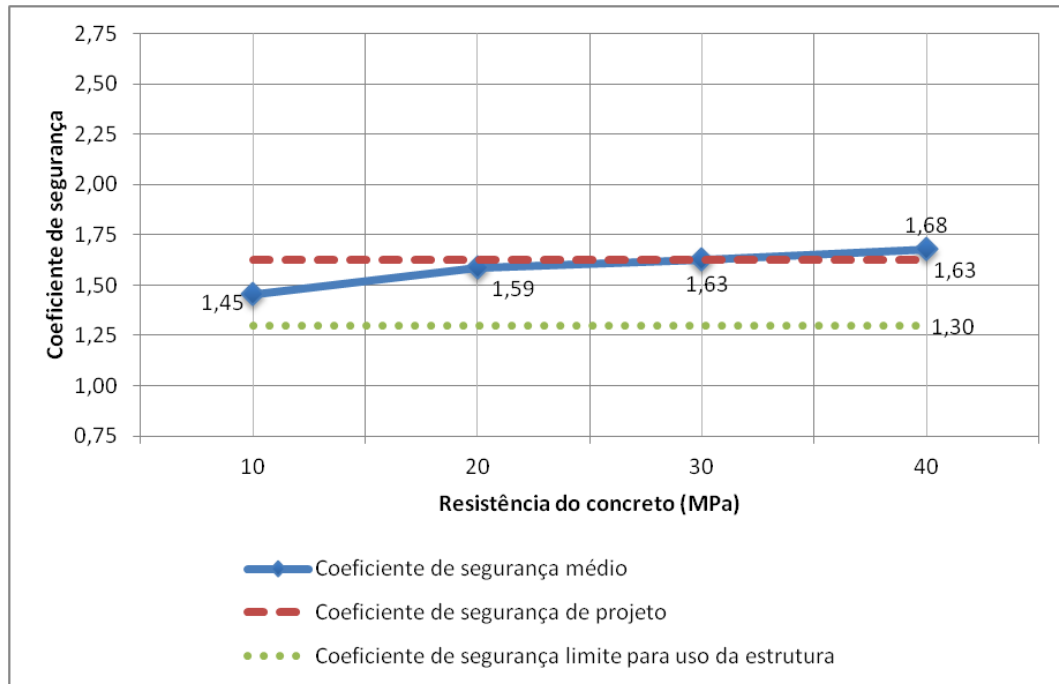
(fonte: CAMPOS FILHO, 2005)

Na determinação dos coeficientes de segurança médios para cada erro construtivo, em cada laje foram calculados dois coeficientes de segurança globais, um para o momento positivo máximo e outro para o momento negativo máximo. Os coeficientes de segurança somente foram considerados se os momentos correspondentes resultaram em armaduras superiores à armadura mínima.

8.1.1 Resistência à compressão do concreto

Os erros de execução relativos à resistência à compressão das lajes foram simulados com a utilização de concretos com f_{ck} 10, 20 e 40 MPa, em relação ao valor de referência de 30 MPa. Calculou-se a média dos coeficientes de segurança para cada uma das f_{ck} utilizadas, desconsiderando aqueles em que obteve-se armadura mínima no dimensionamento. Os resultados obtidos estão no apêndice B e o comportamento dos coeficientes de segurança médios é mostrado na figura 16.

Figura 16 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes:
resistência do concreto



(fonte: elaborado pela autora)

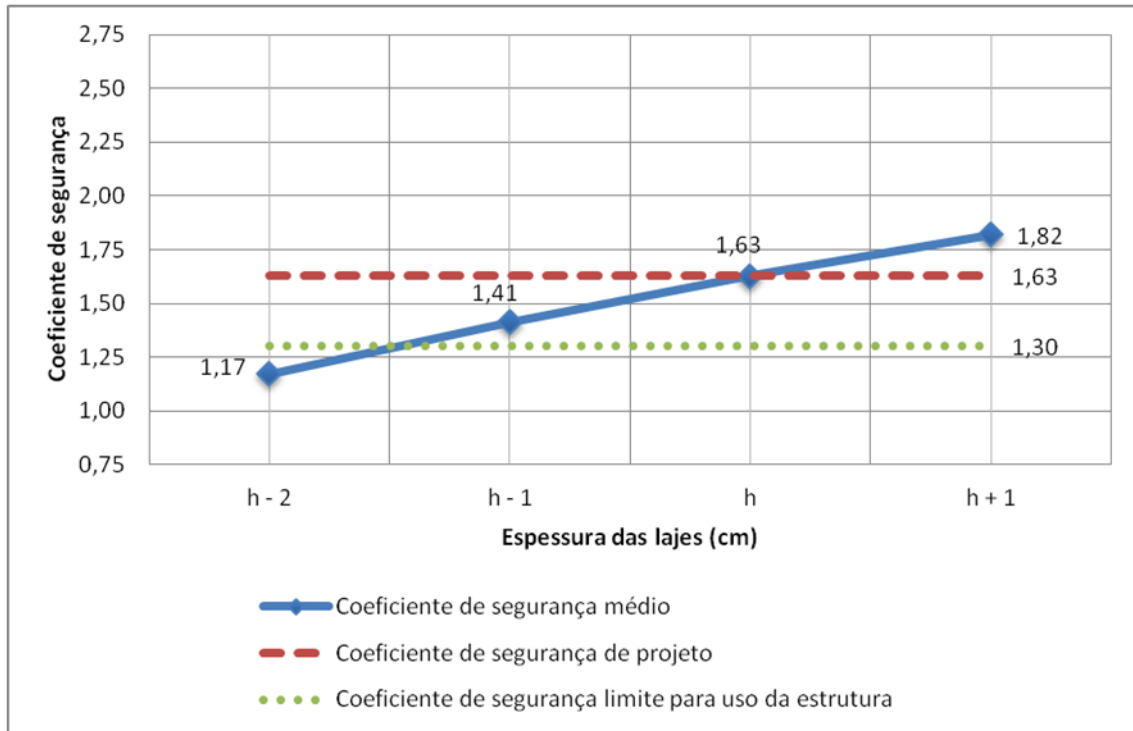
Analisando o gráfico, verifica-se que alterando a resistência do concreto de 30 para 20 MPa, o coeficiente de segurança reduziu 2,45%. Utilizando 10 MPa, a redução foi de 11,04%. Aumentando para 40 MPa, obteve-se o coeficiente de segurança 3,07% maior do que para 30 MPa. A mudança nos valores dos coeficientes de segurança globais não foi significativa, de modo que pode-se concluir que a utilização de concretos de resistência à compressão inferior à especificada em projeto não traz grandes consequências sobre a estabilidade estrutural de lajes. Porém, cabe ressaltar que os efeitos de tal emprego sobre a durabilidade e a deformação da estrutura podem ser bastante significativos.

8.1.2 Espessura das lajes

Para a análise da influência da espessura das lajes, foram simulados erros aumentando em 1 cm e diminuindo em 1 e 2 cm, sem alterar o valor da camada de cobrimento. Para esta situação também foi necessário levar em conta o acréscimo ou decréscimo na carga da laje, ocasionada pela variação de sua espessura. Os valores das solicitações de projeto, para cada nova situação, foram obtidos a partir da solicitação de projeto da configuração original (sem erro), de forma proporcional à carga total aplicada em cada situação (com erro) em relação à carga original (sem

erro). Os valores obtidos para todas as lajes estão no apêndice C. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 17.

Figura 17 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes:
espessura das lajes



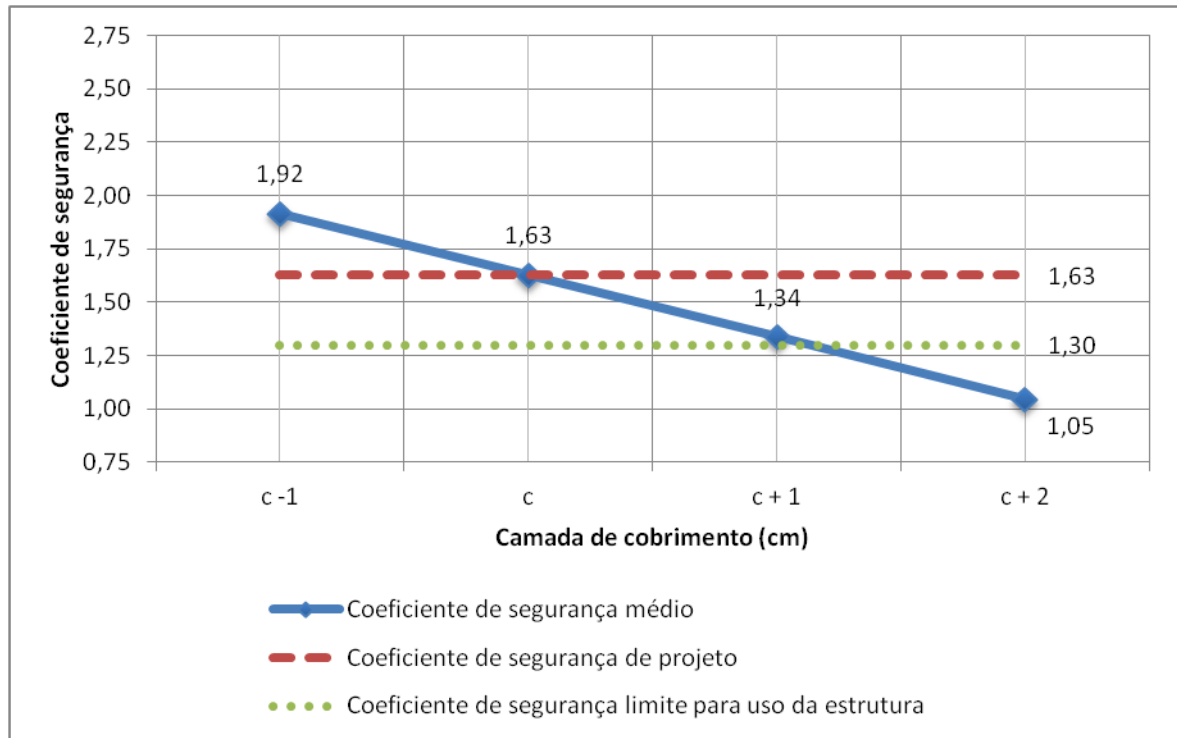
(fonte: elaborado pela autora)

Analisando o gráfico, verifica-se que aumentando em 1 cm a espessura das lajes, o coeficiente de segurança aumentou em média de 1,63 para 1,82, ou seja, 11,66%. Reduzindo em 1 cm a espessura das lajes, o coeficiente de segurança médio foi 1,41, ou seja, 13,50% menor. Diminuindo 2 cm, o coeficiente foi 1,17, valor 28,22% menor que o original. Este valor fica abaixo do limite de 1,30 admitido como seguro para uso da estrutura. Com base nos dados obtidos, conclui-se que se trata de um erro construtivo com grande influência sobre a estabilidade estrutural.

8.1.3 Camada de cobrimento

Para a análise de sensibilidade a erros de execução no cobrimento, foram simulados erros aumentando em 1 e 2 cm e diminuindo em 1 cm a camada de cobrimento. Os valores obtidos para todas as lajes estão no apêndice D. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 18.

Figura 18 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes:
camada de cobrimento



(fonte: elaborado pela autora)

Através do gráfico, verifica-se que diminuindo em 1 cm a camada de cobrimento das lajes, o coeficiente de segurança aumentou em média de 1,63 para 1,92, ou seja, 17,79%. Aumentando em 1 cm o cobrimento, o coeficiente de segurança médio foi 1,34, ou seja, 17,79% menor. Aumentando 2 cm, o coeficiente foi 1,05, valor 36,81% menor que o original. Este valor fica abaixo do limite de 1,30 admitido como seguro e bastante próximo do estado limite último. Porém, cabe ressaltar que, como está sendo estudado apenas o estado limite último, o coeficiente de segurança global aumenta conforme diminui a camada de cobrimento. Caso estivesse sendo analisada durabilidade, estes resultados seriam diferentes, já que a vida útil da estrutura é diretamente proporcional à espessura da camada de cobrimento.

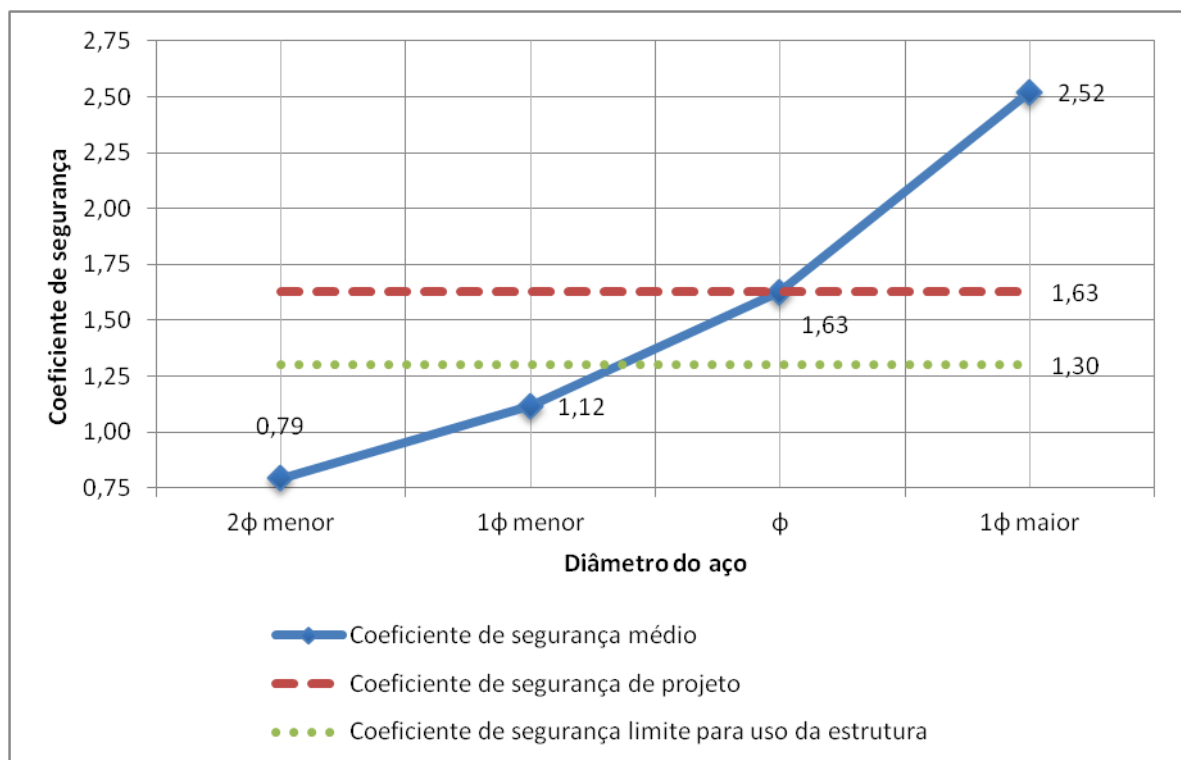
O aumento do cobrimento nas armaduras superiores pode ser decorrência do uso incorreto de espaçadores, em tamanho ou número insuficientes, permitindo o deslocamento das armaduras para baixo durante a concretagem.

8.1.4 Diâmetro das armaduras

Nos erros de execução simulando a troca dos diâmetros dimensionados, ocorre a alteração da área de aço do elemento estrutural. Foram recalculados os momentos últimos utilizando um e dois

diâmetro menores e um maior, todo em relação ao obtido originalmente. A grande maioria das lajes dimensionadas utiliza aço com diâmetro 5 mm. O erro simulado consiste em utilizar diâmetro 4,2 mm em substituição ao 5 mm (1 ϕ menor). Para uma laje dimensionada com diâmetro 6 mm, utilizou-se diâmetro 5 ou 4,2 mm (1 ϕ e 2 ϕ menores). Para algumas situações não existe diâmetro comercial menor para fazer a substituição, estes casos não foram considerados para o cálculo do coeficiente de segurança. Os valores obtidos para todas as lajes estão no apêndice E. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 19.

Figura 19 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes:
diâmetro do aço



(fonte: elaborado pela autora)

O gráfico demonstra que utilizando um diâmetro maior obteve-se um coeficiente de segurança 54,60% maior. Alterando para um diâmetro menor, diminui a segurança em 31,29%. E, para dois diâmetros menores, a redução é de 51,53%. Cabe salientar que como os diâmetros comerciais não aumentam e diminuem na mesma proporção, os resultados obtidos não são lineares. Além disso, diminuindo a área de aço utilizada foram obtidos fatores de segurança abaixo do limite de 1,30. Este erro construtivo também pode ser considerado como de grande influência sobre a estabilidade estrutural.

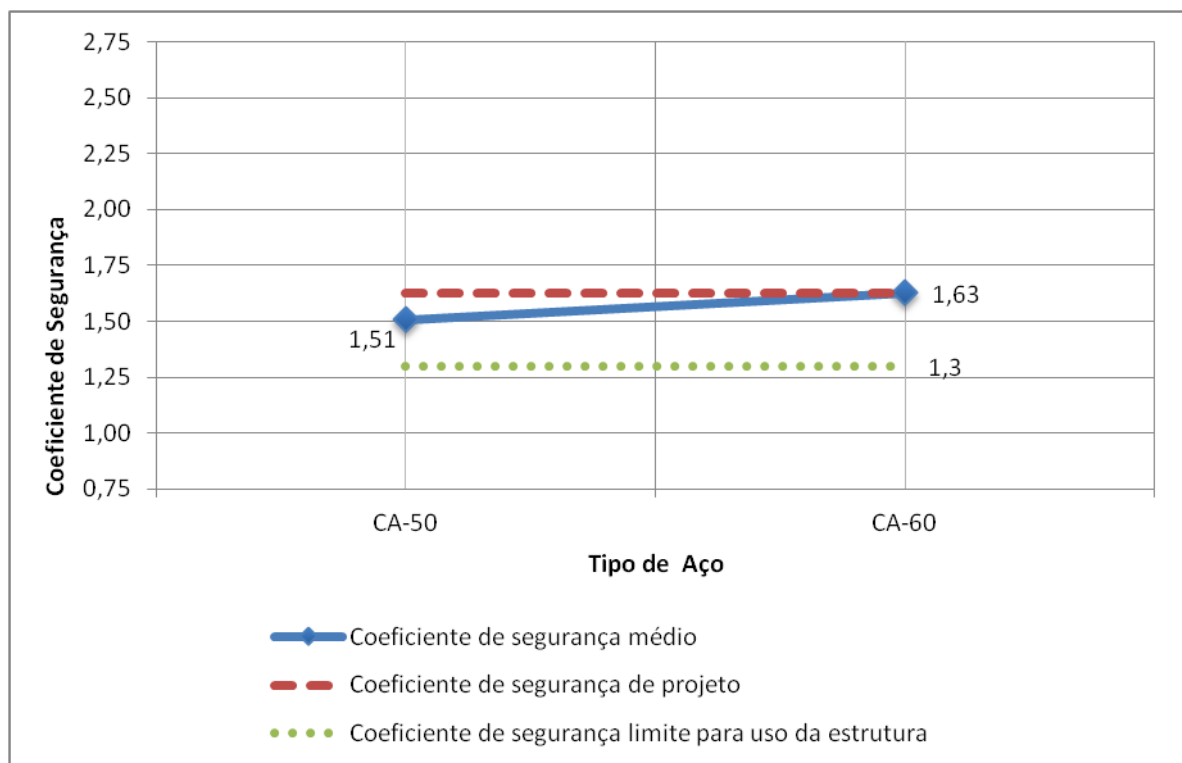
8.1.5 Resistência à tração do aço

Nesta situação, foram recalculados os momentos de serviço alterando o aço de CA-60 para CA-50, observando os casos em que há diâmetros comerciais equivalentes ou próximos. As possibilidades de trocas consideradas foram:

- $\phi 6$ mm CA-60 por $\phi 6,3$ mm CA-50;
- $\phi 8$ mm CA-60 por $\phi 8$ mm CA-50;
- $\phi 9,5$ mm CA-60 por $\phi 10$ mm CA-50.

Os valores encontrados estão no apêndice F. Na figura 20 está o gráfico com os coeficientes de segurança médios.

Figura 20 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes:
resistência do aço



(fonte: elaborado pela autora)

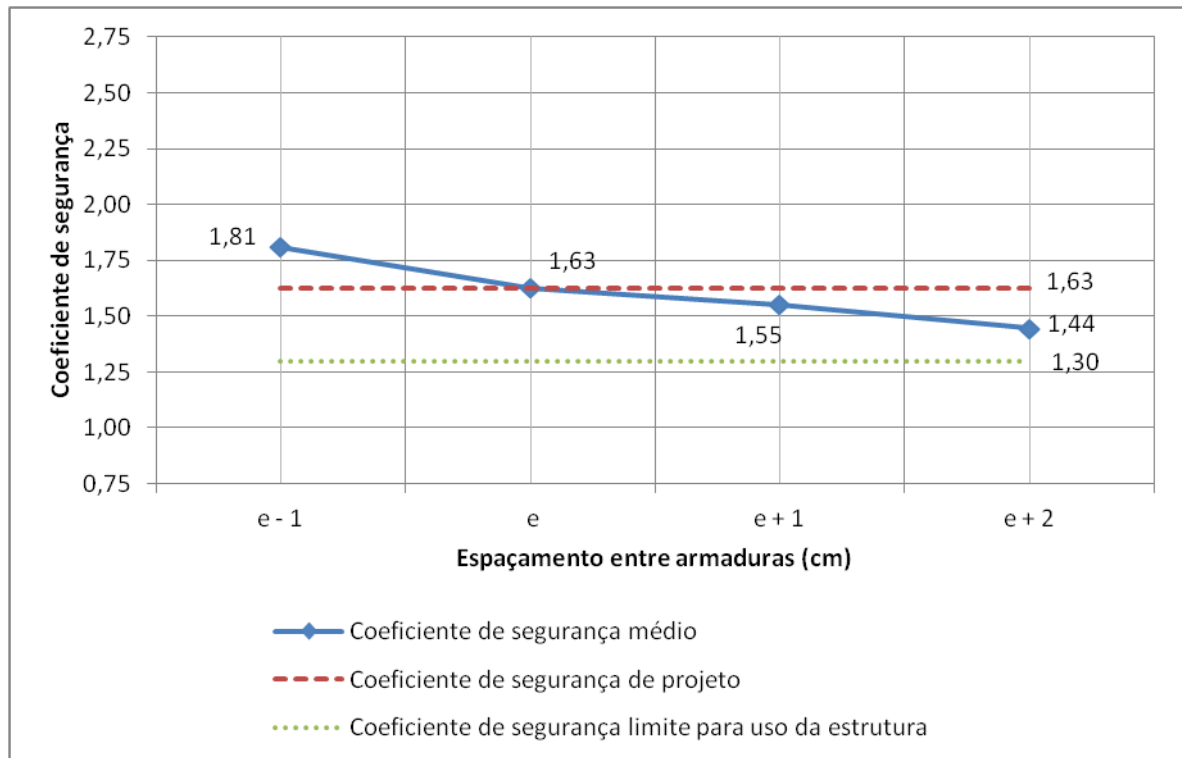
Alterando o tipo de aço utilizado, o coeficiente de segurança médio passou de 1,63 para 1,51, reduzindo 7,36%. A inclinação da reta obtida é pequena. Conclui-se, através do estudo dos resultados, que este erro não causa grandes prejuízos à segurança das lajes. A troca de CA-60 por CA-50 com a mesma bitola representa uma diminuição do coeficiente de segurança em aproximadamente 17%. O valor médio obtido é inferior, porque muitas das trocas são

parcialmente compensadas pelo uso de um diâmetro maior que o original (6,0 mm por 6,3 mm, por exemplo).

8.1.6 Espaçamento entre armaduras

Neste caso, foram simulados erros no espaçamento entre os fios/barras de aço, o que altera a taxa de armadura utilizada no elemento estrutural. Foram considerados valores 1 cm menor, 1 e 2 cm maior que o obtido no dimensionamento original. Os momentos calculados estão no Anexo G e os coeficientes de segurança médios estão no gráfico da figura 21.

Figura 21 – Análise de sensibilidade a erros de execução em lajes: espaçamento entre armaduras



(fonte: elaborado pela autora)

Diminuindo o espaçamento do aço obtido no dimensionamento em 1 cm, obteve-se um coeficiente de segurança 11,04% maior. Aumentando em 1 cm, houve redução de 4,91%. E, aumentando em 2 cm, houve redução de 11,66% na segurança. O gráfico demonstra a baixa sensibilidade da segurança em relação a este erro construtivo.

8.1.7 Análise de sensibilidade de lajes

Em função dos resultados obtidos, é possível montar o quadro 1, com o resumo da sensibilidade do coeficiente de segurança global em função dos erros construtivos.

Quadro 1 – Classificação dos erros construtivos em lajes

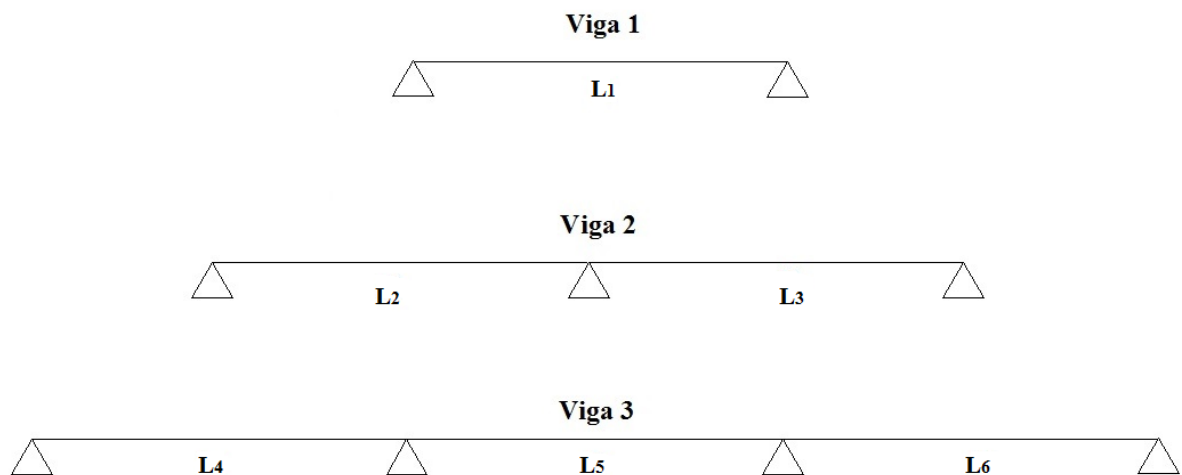
Erro considerado	Sensibilidade
Resistência à compressão do concreto	Baixa
Espaçamento das armaduras	Baixa
Tipo de aço	Baixa
Diâmetro da armadura	Alta
Camada de cobrimento	Alta
Espessura da laje	Alta

(fonte: elaborado pela autora)

8.2 VIGAS

Para a realização da análise de sensibilidade aos erros de execução em vigas, primeiramente foram definidas as configurações a serem analisadas, sendo a primeira com nove comprimentos diferentes, a segunda com quinze e a terceira com quatorze, somando 38 vigas. Cada viga foi analisada tendo laje apoiada e engastada, totalizando assim 76 vigas diferentes. As configurações e vãos utilizados estão na figura 22 e tabela 9.

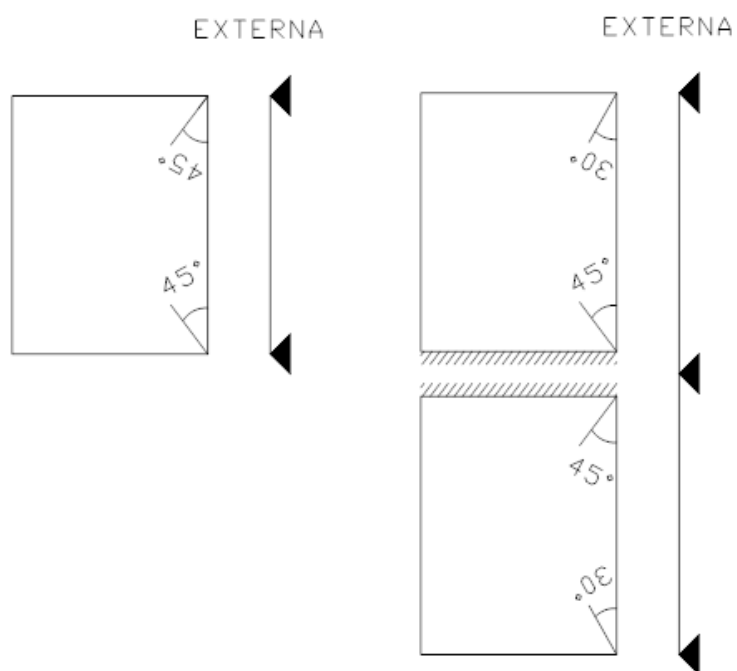
Figura 22 – Configurações das vigas



(fonte: elaborado pela autora)

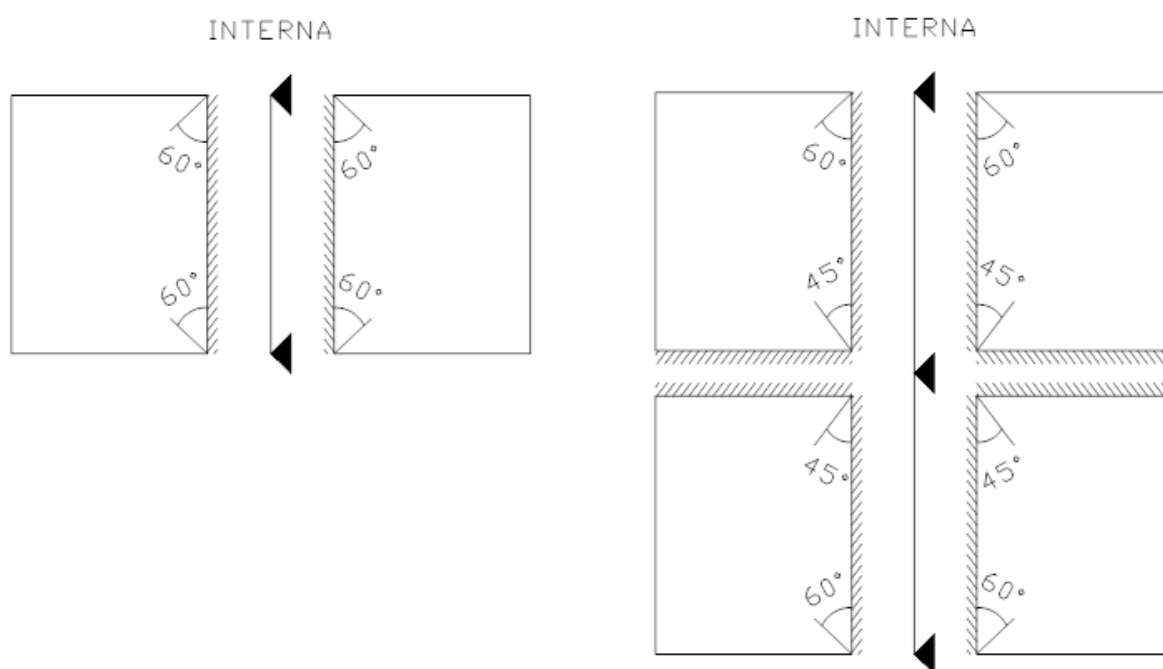
Na sequência foram calculadas as cargas atuantes em cada viga, geradas por lajes apoiadas para as externas (figura 23) e engastadas para as internas (figura 24). Para tal, foram utilizadas as lajes anteriormente dimensionadas no item 7.1, sendo que as dimensões das lajes utilizadas estão na tabela 10. Além disso, foi somada a influência de paredes externas e internas, sendo considerados os valores da tabela 11. As configurações para as vigas contínuas de 3 vãos são similares as das de 2 vãos mostradas nas figuras 23 e 24. As lajes foram concebidas como quadradas até o vão de 6 metros, para vãos superiores, as lajes foram consideradas retangulares.

Figura 23 – Vigas externas: lajes apoiadas



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 24 – Vigas internas: lajes engastadas



(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 9 – Comprimentos dos vãos das vigas

Viga 1	Viga 2		Viga 3		
L₁ (cm)	L₂ (cm)	L₃ (cm)	L₄ (cm)	L₅ (cm)	L₆ (cm)
200	200	200	300	300	300
300	200	300	400	400	400
400	200	400	500	500	500
500	300	300	600	600	600
600	300	450	400	200	400
700	300	600	400	200	300
800	400	400	500	300	500
1.000	400	600	500	300	400
1.200	400	500	600	300	600
	500	500	600	300	400
	500	750	800	400	800
	500	1.000	800	400	600
	600	600	1.000	500	1.000
	600	900	1.000	500	800
	600	1.200			

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 10 – Dimensões das lajes utilizadas para o cálculo das vigas

	Viga 1	Viga 2		Viga 3		
	Laje (m)	Laje vão 1 (m)	Laje vão 2 (m)	Laje vão 1 (m)	Laje vão 2 (m)	Laje vão 3 (m)
1	2 x 2	2 x 2	2 x 2	3 x 3	3 x 3	3 x 3
2	3 x 3	2 x 2	3 x 3	4 x 4	4 x 4	4 x 4
3	4 x 4	2 x 2	4 x 4	5 x 5	5 x 5	5 x 5
4	5 x 5	3 x 3	3 x 3	6 x 6	6 x 6	6 x 6
5	6 x 3	3 x 3	4,5 x 4,5	4 x 4	2 x 2	4 x 4
6	7 x 5	3 x 3	6 x 3	4 x 4	2 x 2	3 x 3
7	8 x 4	4 x 4	4 x 4	5 x 5	3 x 3	5 x 5
8	10 x 5	4 x 4	5 x 5	5 x 5	3 x 3	4 x 4
9	10 x 6	4 x 4	6 x 3	6 x 6	3 x 3	6 x 6
10		5 x 5	5 x 5	6 x 6	3 x 3	4 x 4
11		5 x 5	7,5 x 5	8 x 4	4 x 4	8 x 4
12		5 x 5	10 x 5	8 x 4	4 x 4	6 x 6
13		6 x 6	6 x 3	10 x 5	5 x 5	10 x 5
14		6 x 6	9 x 6	10 x 5	5 x 5	8 x 4
15		6 x 6	12 x 6			

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 11 – Carga gerada pelas paredes

	Parede interna	Parede externa
--	-----------------------	-----------------------

Base (m)	0,13	0,21
Altura (m)	2,3	2,3
Peso específico dotijolo (kN/m ³)	13	13
Espessura total de reboco (m)	0,02	0,04
Peso específico da argamassa (kN/m ³)	19	19
Carga = $b * h * \gamma$ (kN/m)	4,75	8,00

(fonte: elaborado pela autora)

Foram definidas ainda, as seguintes características para o dimensionamento das vigas:

- a) classe de agressividade ambiental II;
- b) aço CA-50 para armaduras longitudinais;
- c) aço CA-60 para estribos;
- d) concreto C30;
- e) armaduras longitudinais com diâmetro mínimo de 6,3 mm e máximo de 20 mm;
- f) estribos com diâmetro mínimo de 4,2 mm e máximo de 6 mm;
- g) cobertura para vigas internas de 2,5 cm;
- h) cobertura para vigas externas de 3,0 cm;
- i) espaçamento mínimo entre armaduras superiores de 3,5 cm;
- j) espaçamento mínimo entre armaduras inferiores de 2 cm;
- l) peso próprio do concreto armado igual a 25 kN/m³;
- m) trecho mínimo de distribuição de estribos de 100 cm;
- n) espaçamento mínimo entre estribos de 10 cm;
- o) tolerância de arredondamento inferior para área de armaduras de 1%;
- p) tolerância de espaçamento entre barras de aço de 1%;
- q) distribuição do aço em até 3 camadas.

Foi utilizado para o dimensionamento das vigas o programa Cerberus v. 1.4⁹, função **Vigas** (figura 28), sendo inseridos os seguintes dados de entrada:

- a) número da viga;
- b) vinculações dos apoios das extremidades, onde “A” representa apoio e “E” engaste;
- c) $h - d$ é a altura total menos a altura útil da viga (distância da fibra mais tracionada ao centro de gravidade das armaduras);

⁹ Programa desenvolvido por MASUERO, J. R.; SCALABRIN, L. A.; TEIXEIRA, F. G.; MORSCH, I. B. Software para dimensionamento e verificação dos elementos estruturais.

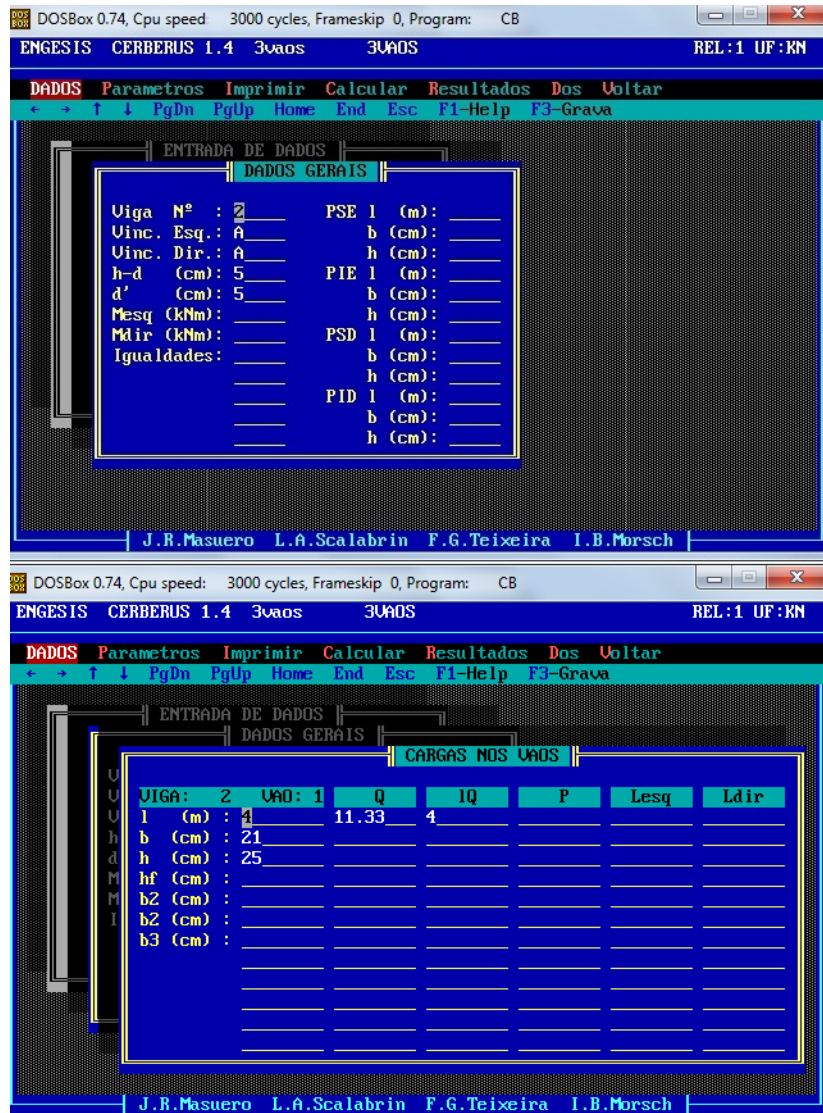
- d) d' é a distância entre o centro de gravidade da armadura comprimida (A_s') até a fibra mais comprimida do concreto;
- e) l é o comprimento do vão;
- f) b é a base da seção retangular da viga;
- g) h é a altura da seção retangular da viga;
- h) Q é a carga distribuída sobre a viga;
- i) l_Q é o comprimento da carga distribuída.

Cabe salientar que a altura da viga foi arbitrada inicialmente como 25 cm para todas as configurações e foi alterada, conforme a necessidade para tornar possível o dimensionamento, sendo admitido como valor máximo 4,5 vezes a largura da base. Nos casos em que, mesmo assim, não foi encontrado um resultado possível, foi aumentada a largura da base, de 5 em 5 cm, até se enquadrar nos parâmetros definidos. Os valores obtidos no dimensionamento das vigas estão no apêndice H.

Para a análise de sensibilidade das vigas foram seguidos os passos citados anteriormente, simulando os seguintes erros:

- a) flexão – resistência à compressão do concreto;
- b) flexão – espessura da camada de cobrimento / posicionamento das armaduras;
- c) flexão – diâmetro das armaduras;
- d) flexão – espessura do reboco de paredes externas;
- e) cisalhamento – resistência à compressão do concreto;
- f) cisalhamento – diâmetro das armaduras;
- g) cisalhamento – espaçamento dos estribos;
- h) cisalhamento – espessura do reboco de paredes externas.

Figura 25 – Programa Cerberus v. 1.4: dimensionamento de vigas



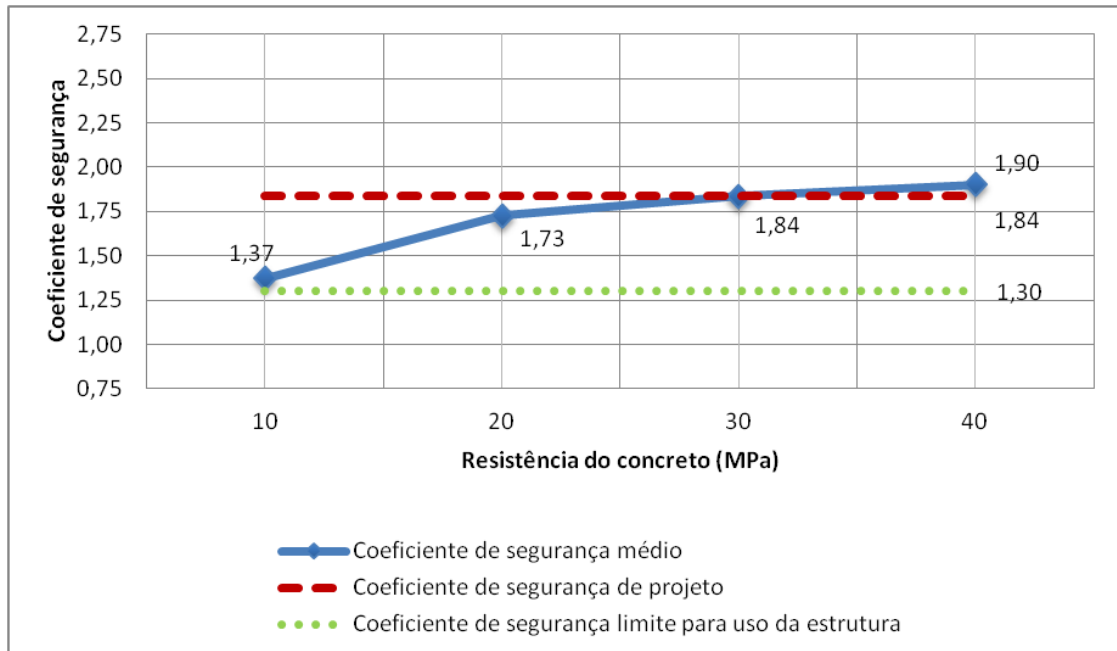
(fonte: elaborada pela autora¹⁰)

8.2.1 Flexão – resistência à compressão do concreto

Os erros de execução relativos à resistência à compressão das vigas foram simulados com a utilização de concretos com f_{ck} 10, 20 e 40 MPa, em relação ao valor de referência de 30 MPa. Calculou-se a média dos coeficientes de segurança para cada uma das f_{ck} utilizadas, desconsiderando aqueles em que se obteve armadura mínima no dimensionamento. Os resultados obtidos estão no apêndice I e o comportamento dos coeficientes de segurança médios é mostrado na figura 26.

¹⁰ Programa desenvolvido por MASUERO, J. R.; SCALABRIN, L. A.; TEIXEIRA, F. G.; MORSCH, I. B. Software para dimensionamento e verificação dos elementos estruturais.

Figura 26 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: resistência do concreto em flexão



(fonte: elaborado pela autora)

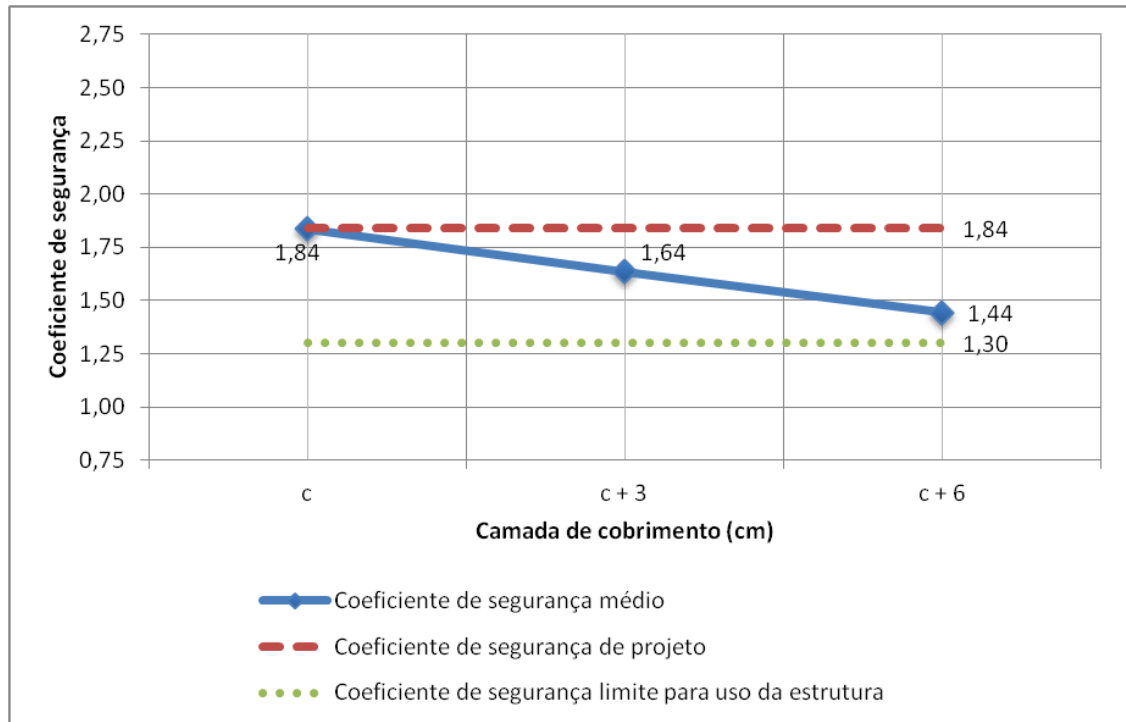
Analisando o gráfico, verifica-se que alterando a resistência do concreto de 30 para 20 MPa, o coeficiente de segurança reduziu 5,98%. Utilizando 10 MPa, a redução foi de 25,54%. Aumentando para 40 MPa, obteve-se o coeficiente de segurança 3,26% maior do que para 30 MPa. A mudança nos valores dos coeficientes de segurança globais foi sensível somente com a redução da resistência à compressão do concreto a 1/3 do valor original de projeto. Pode-se concluir que a utilização de concretos de resistência à compressão inferior à especificada em projeto pode trazer consequências sobre a estabilidade estrutural. Além disso, cabe ressaltar que os efeitos de tal emprego sobre a durabilidade e a deformação da estrutura podem ser bastante significativos.

8.2.2 Flexão – espessura da camada de cobrimento / posicionamento das armaduras

Para a análise de sensibilidade a erros de execução no cobrimento, foram simulados erros aumentando em 3 e 6 cm a espessura da referida camada. O uso de cobrimento maior que o valor especificado em projeto não é um erro construtivo usualmente encontrado nas armaduras inferiores. Contudo, a não utilização de espaçadores entre a armadura inferior e a forma, aliado a execução de estribos mais curtos, provoca o incorreto posicionamento das armaduras superiores, que é em tudo similar ao erro construtivo simulado de uso de cobrimento maior que o

especificado. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice J. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 27.

Figura 27 – Análise de sensibilidade em vigas:
camada de cobrimento em flexão



(fonte: elaborado pela autora)

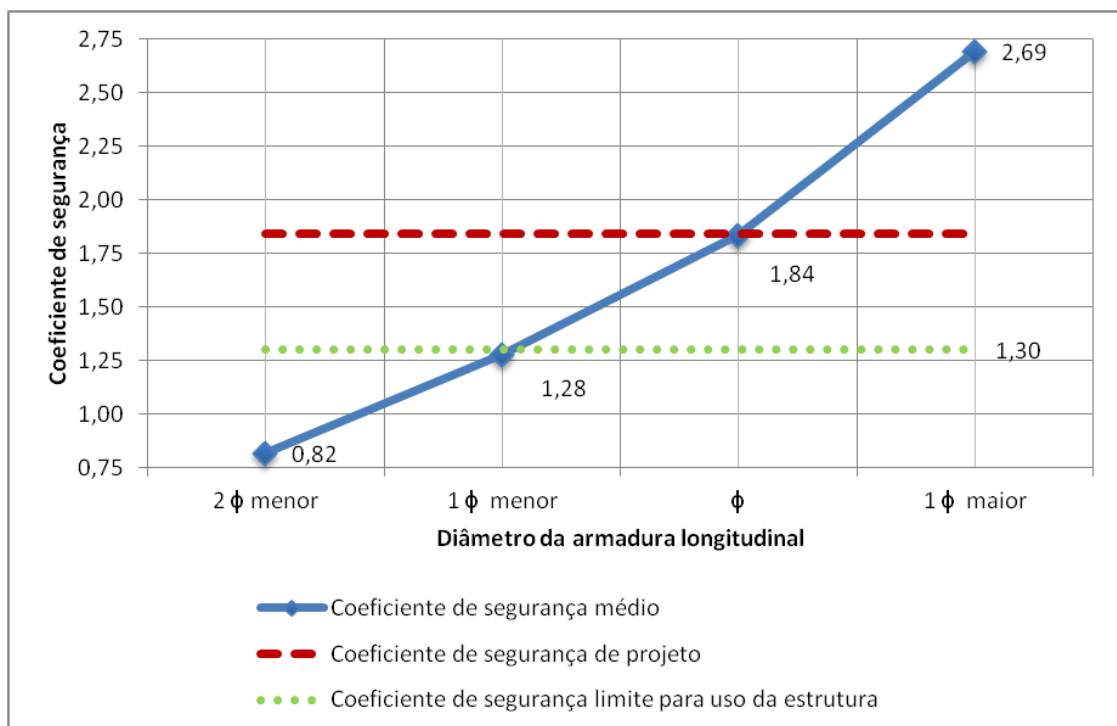
Através do gráfico, verifica-se que aumentando em 3 cm a camada de cobrimento das vigas, o coeficiente de segurança diminuiu, em média, de 1,84 para 1,64, ou seja, 10,87%. Aumentando em 6 cm o cobrimento, o coeficiente de segurança médio foi 1,44, ou seja, 21,74% menor. Cabe novamente ressaltar que, como está sendo estudado apenas o estado limite último, o coeficiente de segurança global diminui conforme aumenta a camada de cobrimento. Caso estivesse sendo analisada durabilidade, estes resultados seriam diferentes, já que a vida útil da estrutura é diretamente proporcional à espessura da camada de cobrimento.

8.2.3 Flexão – diâmetro das armaduras

Nos erros de execução simulando a troca dos diâmetros dimensionados, ocorre a alteração da taxa de armadura do elemento estrutural. Foram recalculados os momentos últimos utilizando um e dois diâmetros menores e um maior, todos em relação ao obtido originalmente. O erro simulado consiste em, por exemplo, utilizar diâmetro 6,3 mm em substituição ao de 8 mm (1 ϕ menor). Para

uma viga dimensionada com diâmetro 10 mm, utilizou-se diâmetro 8 e 6,3 mm (1 ϕ e 2 ϕ menores). Para algumas situações não existe diâmetro comercial menor para fazer a substituição. Estes casos não foram considerados para o cálculo do coeficiente de segurança. Nas vigas dimensionadas com dois diâmetros diferentes no mesmo trecho, foi realizada a simulação de erro apenas naqueles que permitiam a substituição concomitante das duas bitolas. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice L. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 28.

Figura 28 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas:
diâmetro do aço em flexão



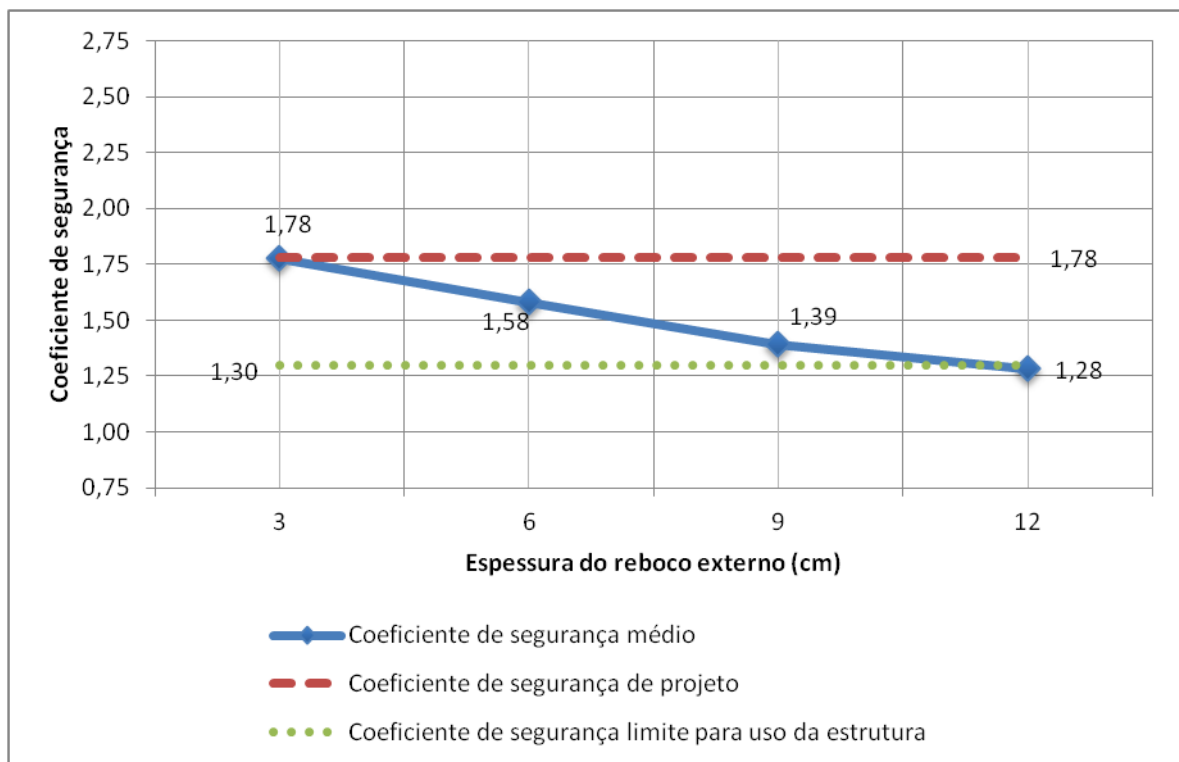
(fonte: elaborado pela autora)

O gráfico demonstra que utilizando um diâmetro maior obteve-se um coeficiente de segurança 46,20% maior. Alterando para um diâmetro menor, diminui a segurança em 30,43%. E, para dois diâmetros menores, a redução é de 55,43%. Cabe salientar que como os diâmetros comerciais não aumentam e diminuem na mesma proporção, os resultados obtidos não são lineares. Além disso, diminuindo a área de aço foram obtidos fatores de segurança abaixo do limite de 1,30. Este erro construtivo pode ser considerado como de grande influência sobre a estabilidade estrutural.

8.2.4 Flexão – espessura do reboco em paredes externas

A execução de revestimentos em paredes externas com espessuras muito acima das consideradas em projeto é um erro construtivo bastante comum, visto que é a solução mais adotada para acertar o prumo das alvenarias das fachadas. Como critério de projeto, no dimensionamento das vigas externas foi considerado 3 cm de revestimento para o lado externo e 1 cm para o interno. A simulação do erro consistiu em recalculer a carga aplicada em cada viga considerando camadas de revestimento externo de 6, 9 e 12 cm. Foram utilizadas apenas as vigas externas para a simulação deste erro, por este motivo o coeficiente de segurança médio não é o mesmo obtido nas outras verificações. Para obter o coeficiente de segurança de cada situação, o coeficiente de segurança original de projeto de cada configuração foi multiplicado pela razão entre a carga original e a carga correspondente ao erro de execução. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice M. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 29.

Figura 29 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas:
espessura do reboco de paredes externas em flexão



(fonte: elaborado pela autora)

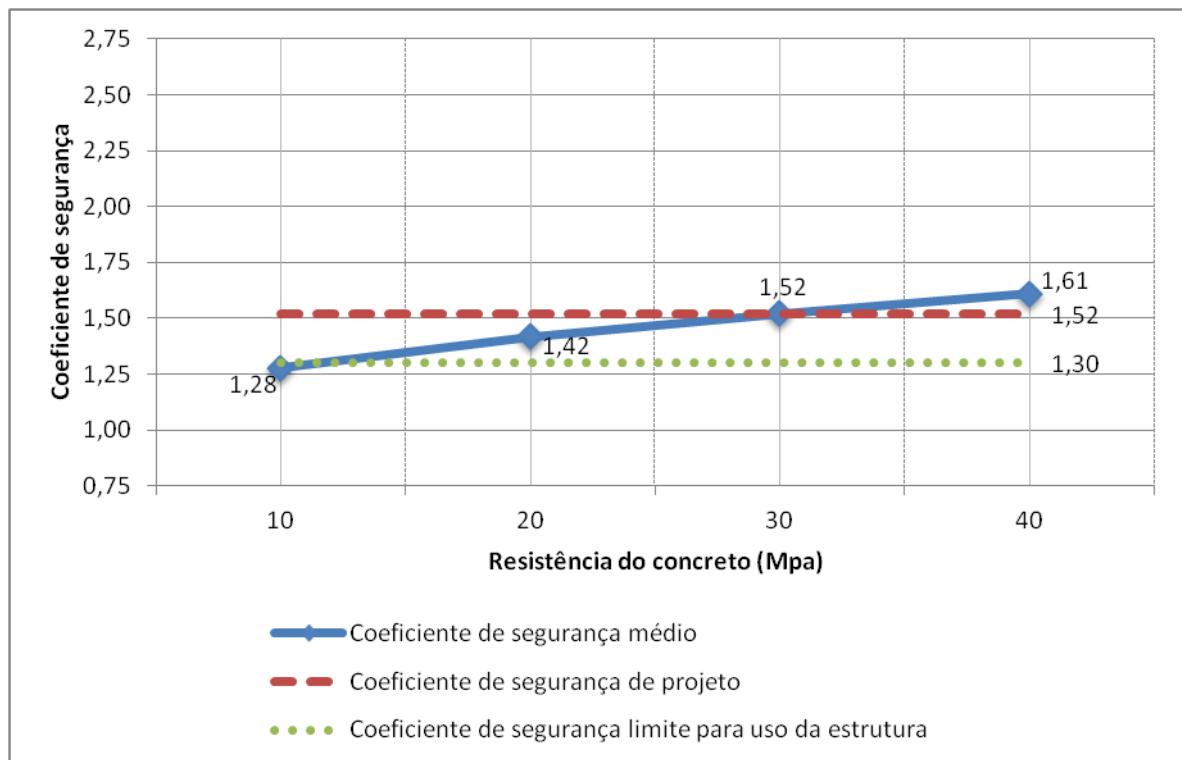
Através do gráfico, verifica-se que aumentando de 3 para 6 cm a espessura do reboco externo das paredes sobre a viga, o coeficiente de segurança diminuiu, em média, de 1,78 para 1,58, ou seja, 11,24%. Aumentando para 9 cm o reboco, o coeficiente de segurança médio foi 1,39, ou seja, 21,91% menor. E, finalmente, aumentando para 12 cm o reboco, o coeficiente de segurança médio

foi de 1,28, reduzindo 28,09%, em relação ao original. Este erro construtivo pode ser considerado como de baixa influência sobre a estabilidade estrutural.

8.2.5 Cisalhamento – resistência à compressão do concreto

Os erros de execução relativos à resistência à compressão em cisalhamento das vigas foram simulados com a utilização de concretos com f_{ck} 10, 20 e 40 MPa, em relação ao valor de referência de 30 MPa. Calculou-se a média dos coeficientes de segurança para cada uma das f_{ck} utilizadas, desconsiderando aqueles em que obteve-se armadura mínima no dimensionamento. Por este motivo, todos os valores obtidos para a viga externa com um vão não foram considerados. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice N. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 30.

Figura 30 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: resistência do concreto em cisalhamento



(fonte: elaborado pela autora)

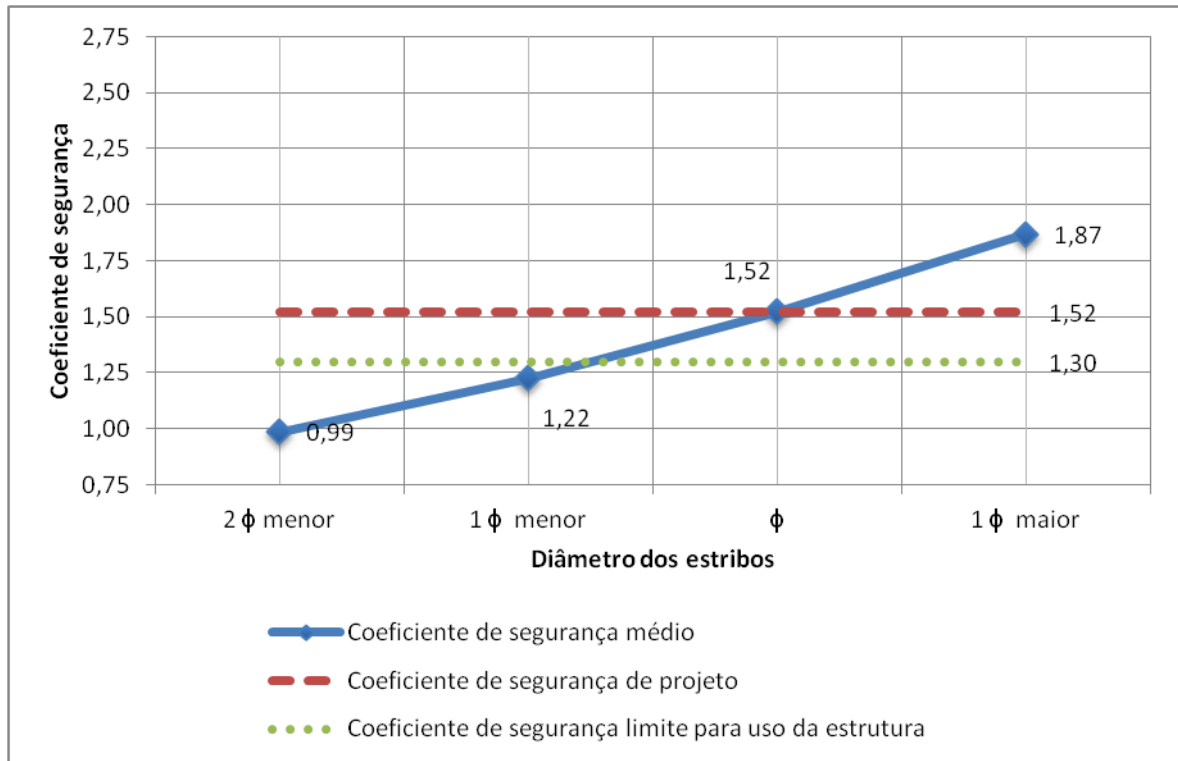
Analisando o gráfico, verifica-se que alterando a resistência do concreto de 30 para 20 MPa, o coeficiente de segurança reduziu 6,58%. Utilizando 10 MPa, a redução foi de 15,79% e o coeficiente de segurança médio (1,28) ficou abaixo do limite de uso para a estrutura (1,30). Aumentando para 40 MPa, obteve-se o coeficiente de segurança 5,92% maior do que para 30

MPa. A mudança nos valores dos coeficientes de segurança globais foi medianamente significativa, de modo que pode-se concluir que a utilização de concretos de resistência à compressão inferior à especificada em projeto pode trazer consequências sobre a estabilidade estrutural. Além disso, cabe ressaltar que os efeitos de tal emprego sobre a durabilidade e a deformação da estrutura podem ser bastante significativos. As consequências deste erro também são agravadas por acontecerem simultaneamente para as armaduras longitudinais e dos estribos.

8.2.6 Cisalhamento – diâmetro das armaduras

Nos erros de execução simulando a troca dos diâmetros dimensionados para os estribos, ocorre a alteração da taxa de armadura. Primeiramente foi relacionado o trecho com maior taxa de armadura transversal em cada viga. Na sequência, foram encontrados os valores do esforço cortante para as áreas originais e para as resultantes de cada uma das substituições de bitolas. Foram utilizados um e dois diâmetros menores e um maior, todos em relação ao obtido originalmente. Assim como nas substituições de diâmetro anteriores, este erro simulado consiste em utilizar diâmetro 4,2 mm em substituição ao de 5 mm (1ϕ menor), e assim por diante. Além disso, para algumas situações não existe diâmetro comercial menor para fazer a substituição e, por isso, estes casos não foram considerados para o cálculo do coeficiente de segurança. Todos os valores obtidos para a viga externa com um vão não foram considerados, em função de o dimensionamento se dar com armadura mínima. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice O. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 31.

Figura 31 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: diâmetro do aço em cisalhamento



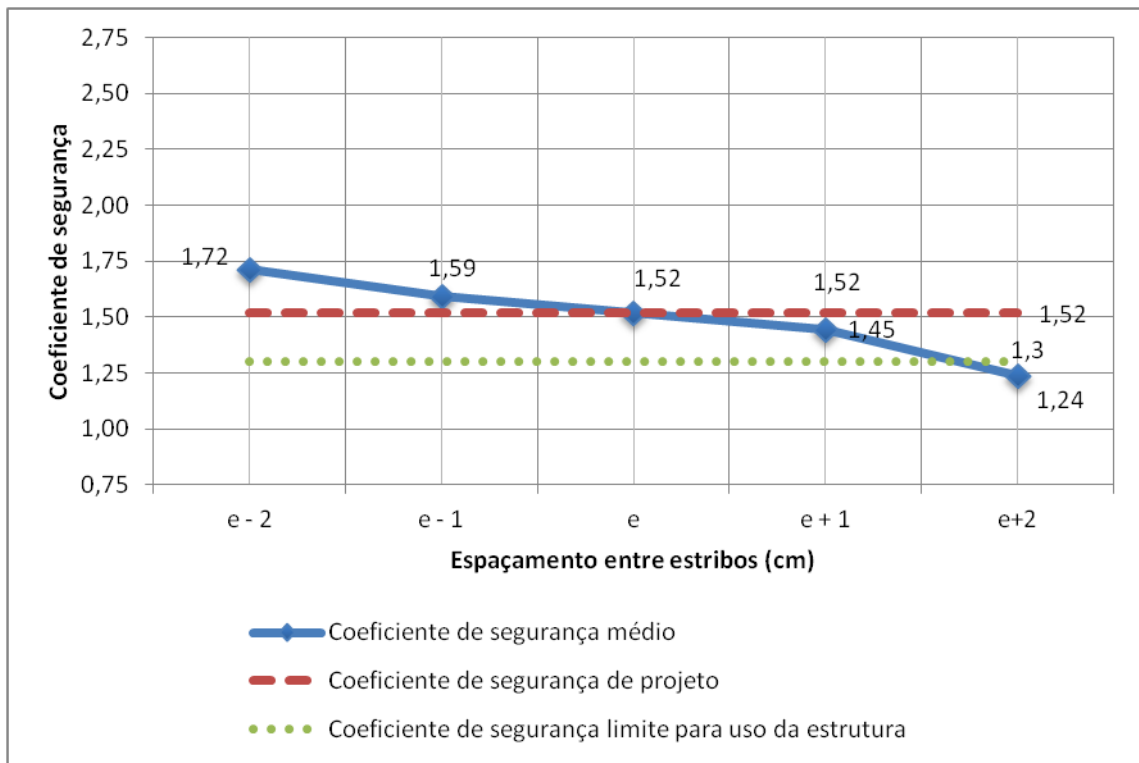
(fonte: elaborado pela autora)

O gráfico demonstra que utilizando um diâmetro maior para os estribos obteve-se um coeficiente de segurança 23,03% maior. Alterando para um diâmetro menor, diminui a segurança em 19,74%. E, para dois diâmetros menores, a redução é de 34,87%. Além disso, diminuindo a área de aço foram obtidos fatores de segurança abaixo do limite de 1,30. Este erro construtivo pode ser considerado como de grande influência sobre a estabilidade estrutural.

8.2.7 Cisalhamento – espaçamento dos estribos

Neste caso, foram simulados erro no espaçamento entre os estribos, o que altera a taxa de armadura utilizada para tal. Foram considerados espaçamentos com valores 1 e 2 cm menor e 1 e 2 cm maior que o obtido no dimensionamento original. Foram desconsiderados os valores com taxa de armadura mínima, sendo que para a viga externa com um vão não foi utilizado nenhum valor, pois todos são mínimos. Os resultados obtidos para todas as vigas estão no apêndice P. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 32.

Figura 32 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: espaçamento dos estribos



(fonte: elaborado pela autora)

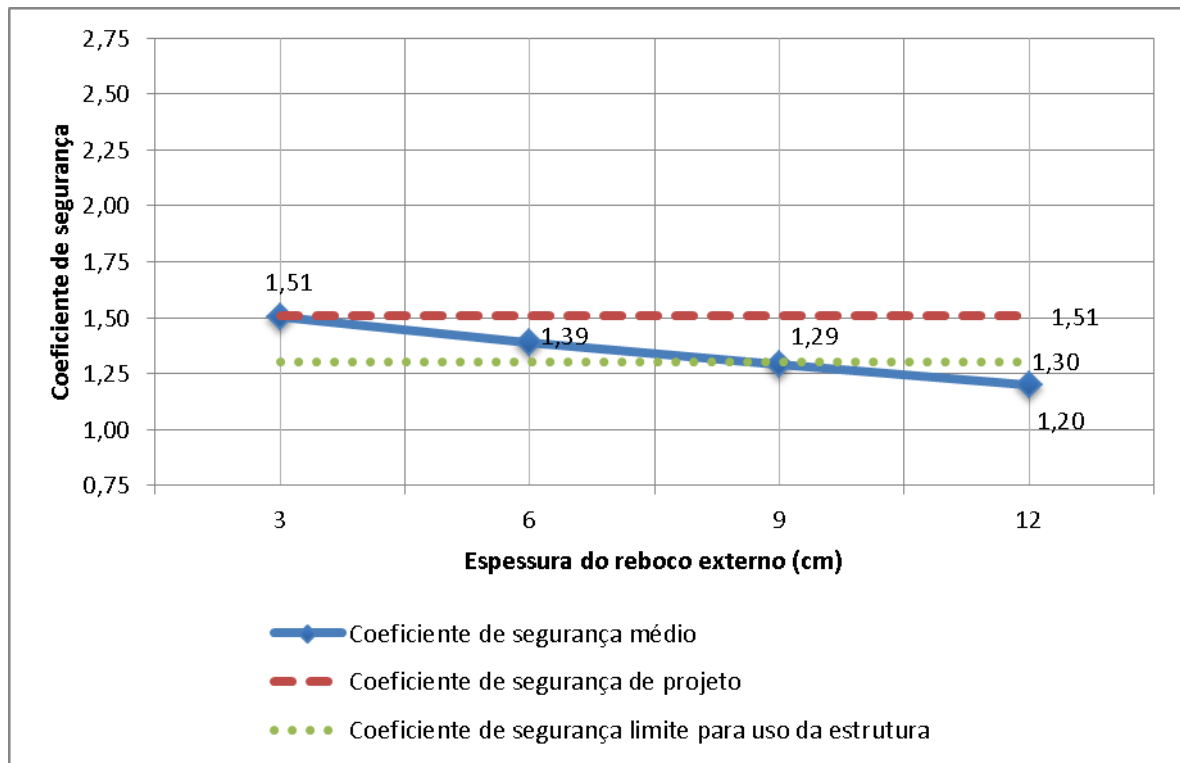
Diminuindo o espaçamento entre os estribos obtido no dimensionamento em 1 cm, obteve-se um coeficiente de segurança 4,61% maior. Diminuindo 2 cm, houve aumento de 13,16% na segurança. Aumentando em 1 cm, houve redução de 4,61%. Por fim, aumentando o espaçamento em 2 cm, houve redução de 18,42%. O gráfico demonstra a baixa sensibilidade da segurança em relação a este erro construtivo.

8.2.8 Cisalhamento – espessura do reboco de paredes externas

O erro relativo à espessura do reboco de paredes externas também pode ser analisado em cisalhamento. Para o dimensionamento das vigas externas foi considerado 3 cm de reboco para o lado externo e 1 cm para o interno. A simulação do erro consistiu em recalculer a carga suportada pela viga considerando camadas de reboco externo de 6, 9 e 12 cm. Foram utilizadas apenas as vigas externas para a simulação deste erro, por este motivo o coeficiente de segurança médio não é o mesmo obtido nas outras verificações. Além disso, todas as vigas externas de um foram dimensionadas com armadura de cisalhamento mínima e, por este motivo não foram utilizados para esta simulação estes valores. Para obter o coeficiente de segurança de cada situação, foi calculado um coeficiente obtido pela relação entre a carga sem erro e a com erro e após

multiplicou-se este valor ao coeficiente de segurança da situação inicial. O coeficiente de segurança inicial foi obtido pela relação entre o cortante último e o de projeto. Os valores obtidos para todas as vigas estão no apêndice Q. Os coeficientes médios de segurança para cada situação estão no gráfico da figura 33.

Figura 33 – Análise de sensibilidade a erros de execução em vigas: espessura do reboco de paredes externas em cisalhamento



(fonte: elaborado pela autora)

Através do gráfico, verifica-se que aumentando de 3 para 6 cm a espessura do reboco externo das paredes sobre a viga, o coeficiente de segurança diminuiu, em média, de 1,51 para 1,39, ou seja, 7,95%. Aumentando para 9 cm o reboco, o coeficiente de segurança médio foi 1,29, ou seja, 14,57% menor. E, finalmente, aumentando para 12 cm o reboco, o coeficiente de segurança médio foi de 1,20, reduzindo 20,53%, em relação ao original. Este erro construtivo pode ser considerado como de baixa influência sobre a estabilidade estrutural, porém a partir de 9 cm de reboco externo, se atinge o limite de uso da estrutura..

8.2.9 Análise de sensibilidade de vigas

Em função dos resultados obtidos, é possível montar o quadro 2, com o resumo da sensibilidade do coeficiente de segurança global em função dos erros construtivos.

Quadro 2 – Classificação dos erros construtivos em vigas

Erro considerado	Sensibilidade
Flexão – Resistência à compressão do concreto	Baixa
Flexão – Espessura do reboco de paredes externas	Baixa
Flexão – Diâmetro das armaduras	Alta
Flexão – Espessura da camada de cobrimento	Alta
Cisalhamento – Resistência à compressão do concreto	Baixa
Cisalhamento – Espaçamento dos estribos	Baixa
Cisalhamento – Espessura do reboco de paredes externas	Baixa
Cisalhamento – Diâmetro das armaduras	Alta

(fonte: elaborado pela autora)

9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, os erros de execução em estruturas de concreto armado podem gerar muitos prejuízos à segurança estrutural. Em vários casos pode-se, inclusive, chegar à inutilização da edificação ou a sua ruína. Tais erros podem ser evitados através de rígida supervisão do engenheiro responsável pela obra, mão-de-obra qualificada, controle de qualidade dos materiais e cumprimento das normas previstas para o dimensionamento e execução dos elementos, entre outros.

No estudo das lajes verificou-se como os erros de maior gravidade, a alteração dos diâmetros das armaduras, na da camada de cobrimento e na espessura das mesmas. Os erros com baixo impacto foram nas resistências à compressão do concreto e à tração do aço, além do espaçamento entre as armaduras.

Para as vigas, identificou-se que os erros mais críticos foram os relacionados à mudança dos diâmetros das barras e fios de aço, tanto em situação de cisalhamento, quanto em flexão. Alterações na resistência à compressão do concreto utilizada gera um erro com gravidade baixa em flexão e em cisalhamento, porém deve-se considerar que ele ocorrerá simultaneamente nas duas situações, o que o torna um erro potencialmente grave. Em se tratando da espessura da camada de cobrimento, conclui-se que é uma falha de média sensibilidade à segurança estrutural, enquanto que erros de espaçamento entre estribos podem ser considerados de baixa sensibilidade. O aumento da espessura do reboco em paredes externas, se analisado individualmente é de baixa sensibilidade, porém, como ele acontece simultaneamente em flexão e cisalhamento, torna-se de média sensibilidade.

Este trabalho foi focado na análise dos erros construtivos frente ao estado limite último, não considerando efeitos sobre a durabilidade e deformação das peças. Estes últimos são de difícil mensuração, pois dependem de diversos fatores que mudam conforme o ambiente, às condições de manutenção, e cumprimento dos carregamentos previstos, entre outros.

Sugere-se como continuidade para este trabalho, a análise de erros construtivos em pilares, bem como a ampliação das configurações estudadas de vigas e lajes. Além disso, é interessante que se faça um comparativo dos efeitos dos erros, dividindo os elementos estruturais como de pequeno, médio e grande porte.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.; DAL MOLIN, D. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise dos elementos estruturais mais degradados no estado de Pernambuco. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. p. 235-244.
- ARAÚJO, J. M. de. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003. v. 1.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 7480**: barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. **NBR 8522**: concreto: determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.
- CAMPOS FILHO, A. **Projeto de lajes retangulares maciças de concreto armado**. Porto Alegre, 2005. Disponível em < <http://chasqueweb.ufrgs.br/~americo/eng01112/>>. Acesso em: 10Ago.2013.
- CÁNOVAS, M. F. **Patología y terapêutica del hormigón armado**. 1 ed. Madrid: Editorial Dossat, 1977.
- FUSCO, P. B. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1995, (7. tiragem).
- HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.
- LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto**: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1977. v. 1.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.
- MONTOYA, P. J.; MESEGUER, A. G.; CABRÉ, F. M. **Hormigón Armado**. 14. ed. (4. tirada). Barcelona: Gustavo Gili, 2000 (tirada 2007).
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Pini, 1997.
- PINHEIRO, L. M.; **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Carlos: 1997. Disponível em <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf>. Acesso em: 10Nov.2013.
- RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. São Paulo: Pini, 1996.

SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de concreto:** estruturas isostáticas. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1985. v. 1.

APÊNDICE A – Dimensionamento das lajes

Dimensionamento L1															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Agressividade	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
Flecha provável (cm)	0,02	0,04	0,05	0,12	0,19	0,27	0,38	0,68	0,84	0,92	1,55	1,55	1,90	2,01	1,63
Flecha admissível (cm)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40
Carga permanente (kN/m²)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,30	3,05	3,55	4,05
Carga variável (kN/m²)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga total (kN/m²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
mx (kNm/m)	0,46	0,40	0,31	1,02	0,98	0,70	1,82	1,62	1,24	2,85	2,64	2,05	4,10	4,04	3,41
d (cm)	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	5,50	5,00	6,50	8,50
As x (cm²/m)	0,25	0,24	0,19	0,56	0,59	0,42	1,01	1,00	0,76	1,60	1,66	1,03	2,36	1,73	1,10
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	4,20	6,00	5,00	4,20
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	13,00	13,00	17,00	12,00	12,00	13,00	11,00	11,00	12,00
my (kNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As y (cm²/m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	15,00	13,00	11,00	12,00	12,00	10,00	15,00	12,00	15,00	14,00
mx' (kNm/m)	-0,68	-0,61	-0,47	-1,54	-1,46	-1,05	-2,73	-2,43	-1,86	-4,27	-3,96	-3,07	-6,15	-6,06	-5,11
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As x (cm²/m)	0,31	0,27	0,21	0,70	0,66	0,47	1,26	1,11	0,85	2,00	1,85	1,21	2,96	2,11	1,40
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,30	6,30	5,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	15,00	16,00	16,00	10,00	10,00	14,00	10,00	15,00	11,00
my' (kNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As y (cm²/m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00	9,00	11,00	10,00

Dimensionamento L2															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Agressividade	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
Flecha provável (cm)	0,02	0,03	0,03	0,09	0,12	0,14	0,28	0,41	0,46	0,68	0,97	1,12	1,42	1,57	1,74
Flecha admissível (cm)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40
Carga permanente (kN/m ²)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,30	3,30
Carga variável (kN/m ²)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
mx (kNm/m)	0,37	0,40	0,33	0,82	0,92	0,73	1,47	1,59	1,31	2,29	2,54	2,04	3,30	3,77	3,10
d (cm)	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	5,50	5,50
As x (cm ² /m)	0,20	0,24	0,20	0,45	0,56	0,44	0,81	0,98	0,80	1,28	1,59	1,27	1,87	1,94	1,58
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	14,00	17,00	15,00	12,00	15,00	10,00	10,00	12,00
my (kNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As y (cm ² /m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	5,00	6,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	12,00	17,00	13,00	13,00	15,00	12,00	14,00	10,00	9,00	11,00
mx' (kNm/m)	-0,55	-0,60	-0,49	-1,24	-1,38	-1,10	-2,20	-2,38	-1,96	-3,44	-3,81	-3,06	-4,95	-5,65	-4,65
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As x (cm ² /m)	0,25	0,27	0,22	0,56	0,63	0,50	1,01	1,09	0,90	1,60	1,78	1,42	2,34	2,27	1,85
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,30	6,30	5,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	11,00	14,00	13,00	13,00	10,00
my' (kNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As y (cm ² /m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	9,50
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	14,00	16,00	10,00	10,00	12,00	10,00	11,00	12,00	12,00	12,00

Dimensionamento L3															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Agressividade	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
Flecha provável (cm)	0,02	0,04	0,05	0,09	0,16	0,26	0,28	0,61	0,81	0,68	1,35	1,49	1,42	2,31	1,92
Flecha admissível (cm)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40
Carga permanente (kN/m²)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,30	3,05	3,30	0,80
Carga variável (kN/m²)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga total (kN/m²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	4,80	5,30
mx (kNm/m)	0,37	0,26	0,19	0,82	0,66	0,45	1,47	1,06	0,77	2,29	1,75	1,26	3,30	2,50	2,01
d (cm)	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	5,50	5,00	5,50	7,50
As x (cm²/m)	0,20	0,16	0,11	0,45	0,40	0,26	0,81	0,64	0,46	1,28	1,08	0,63	1,87	1,26	0,73
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Bitola (mm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00
Espaçamento (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	11,00	13,00	10,00	15,00	11,00
my (kNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	8,00
As y (cm²/m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	17,00	14,00	12,00	15,00	13,00	12,00	10,00	10,00	10,00
mx' (kNm/m)	-0,55	-0,40	-0,29	-1,24	-0,98	-0,65	-2,20	-1,58	-1,15	-3,44	-2,63	-1,89	-4,95	-3,76	-3,01
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As x (cm²/m)	0,25	0,18	0,13	0,56	0,44	0,29	1,01	0,72	0,52	1,60	1,21	0,74	2,34	1,49	0,91
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,30	5,00	5,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	16,00	14,00	13,00	13,00	12,00
my' (kNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As y (cm²/m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	11,00	13,00	12,00	10,00	9,00	12,00	13,00	13,00

Dimensionamento L4															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Agressividade	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
Flecha provável (cm)	0,01	0,02	0,03	0,07	0,11	0,47	0,23	0,39	0,45	0,55	0,90	1,11	1,15	1,98	51,73
Flecha admissível (cm)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40
Carga permanente (kN/m²)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,30
Carga variável (kN/m²)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga total (kN/m²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80
mx (kNm/m)	0,30	0,27	0,21	0,68	0,65	0,47	1,21	1,08	0,83	1,90	1,76	1,29	2,73	2,42	1,96
d (cm)	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	5,50
As x (cm²/m)	0,16	0,16	0,12	0,37	0,39	0,28	0,66	0,66	0,50	1,05	1,09	0,79	1,53	1,52	0,98
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
Bitola (mm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00
Espaçamento (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	12,00	11,00	15,00	13,00	13,00	12,00
my (kNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
As y (cm²/m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	16,00	17,00	11,00	13,00	13,00	11,00	11,00	12,00	10,00	9,00
mx' (kNm/m)	-0,46	-0,40	-0,31	-1,02	-0,97	-0,70	-1,82	-1,62	-1,24	-2,84	-2,64	-1,94	-4,10	-3,64	-2,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As x (cm²/m)	0,20	0,18	0,14	0,46	0,44	0,31	0,83	0,74	0,56	1,31	1,22	0,89	1,92	1,70	1,16
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	15,00	16,00	16,00	16,00	15,00	16,00	16,00	10,00	11,00	14,00
my' (kNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As y (cm²/m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
Asmín (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	13,00	10,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00

Dimensionamento L5															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Agressividade	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
Flecha provável (cm)	0,05	0,09	0,11	0,23	0,38	0,58	0,73	1,38	1,07	1,78	1,45	1,41	2,16	1,86	1,58
Flecha admissível (cm)	0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40
Carga permanente (kN/m²)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,55	3,05	3,80	4,30	3,55	4,55	5,30
Carga variável (kN/m²)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga total (kN/m²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	5,05	4,55	5,30	5,80	5,05	6,05	6,80
mx (kNm/m)	0,76	0,68	0,52	1,71	1,62	1,16	3,03	2,69	2,30	4,74	5,12	4,12	7,58	8,06	6,95
d (cm)	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	4,50	5,00	4,50	6,50	5,00	7,50	9,50	7,00	10,50	13,50
As x (cm²/m)	0,41	0,41	0,31	0,94	1,00	0,71	1,71	1,70	0,97	2,76	1,90	1,18	3,10	2,12	1,40
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Bitola (mm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	6,30	5,00	5,00	6,30	6,30	5,00
Espaçamento (cm)	15,00	15,00	15,00	13,00	12,00	15,00	11,00	11,00	12,00	11,00	10,00	15,00	10,00	14,00	11,00
my (kNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As y (cm²/m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
Asmín (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	14,00	14,00	13,00	13,00	11,00	8,00	9,00	10,00	15,00	13,00	9,00	12,00	11,00

APÊNDICE B – Lajes: erros na resistência à compressão do concreto

L1 - Resistência à compressão do concreto															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
m_y (KNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
M _{út} fck 30 MPa	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Seg.	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
M _{út} fck 10 MPa	2,26	2,26	2,26	2,26	2,48	3,44	2,81	4,76	5,82	4,26	6,59	9,40	5,90	11,58	16,31
Coef. Seg.	4,91	2,79	2,24	2,22	1,56	1,52	1,54	1,48	1,44	1,49	1,41	1,41	1,44	1,44	1,47
M _{út} fck 20 MPa	2,33	2,33	2,33	2,33	2,56	3,61	2,92	5,11	6,39	4,58	7,38	10,49	6,49	12,74	17,60
Coef. Seg.	5,07	2,88	2,31	2,28	1,61	1,59	1,60	1,59	1,59	1,61	1,58	1,58	1,58	1,58	1,59
M _{út} fck 40 MPa	2,37	2,37	2,37	2,37	2,60	3,70	2,98	5,28	6,68	4,66	7,77	11,04	6,79	13,32	18,25
Coef. Seg.	5,15	2,93	2,35	2,32	1,64	1,63	1,64	1,64	1,66	1,64	1,66	1,66	1,66	1,65	1,65
m_y' (KNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm ² /m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
M _{út} fck 30 MPa	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Seg.	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
M _{út} fck 10 MPa	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	5,16	4,20	7,13	8,63	6,35	9,36	13,03	8,71	16,34	23,80
Coef. Seg.	5,91	3,32	2,66	2,61	1,68	1,52	1,54	1,48	1,43	1,49	1,33	1,31	1,42	1,35	1,43
M _{út} fck 20 MPa	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	5,42	4,37	7,69	9,58	6,78	11,07	15,71	9,73	19,03	26,26
Coef. Seg.	6,13	3,45	2,76	2,71	1,74	1,59	1,60	1,59	1,58	1,59	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
M _{út} fck 40 MPa	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	5,56	4,45	7,97	10,03	6,99	11,69	16,63	16,00	20,05	27,47
Coef. Seg.	6,24	3,50	2,81	2,75	1,77	1,64	1,63	1,65	1,66	1,64	1,67	1,67	2,60	1,66	1,65

L2 - Resistência à compressão do concreto															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
m_y (KNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm ² /m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
M _{út} fck 30 MPa	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Seg.	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
M _{út} fck 10 MPa	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	3,14	2,29	4,07	5,32	3,49	5,60	7,72	4,87	9,15	10,37
Coef. Seg.	6,11	3,32	2,48	2,76	1,75	1,53	1,56	1,50	1,46	1,52	1,45	1,36	1,48	1,42	1,20
M _{út} fck 20 MPa	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	3,28	2,36	4,32	5,78	3,67	6,11	8,93	5,24	10,17	13,52
Coef. Seg.	6,30	3,43	2,56	2,84	1,81	1,60	1,61	1,59	1,59	1,60	1,58	1,57	1,59	1,58	1,56
M _{út} fck 40 MPa	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	3,35	2,40	4,44	6,01	3,75	6,37	9,54	5,42	10,68	14,50
Coef. Seg.	6,41	3,49	2,60	2,89	1,84	1,63	1,63	1,64	1,65	1,64	1,65	1,68	1,64	1,66	1,68
m_y' (KNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm ² /m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
M _{út} fck 30 MPa	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Seg.	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
M _{út} fck 10 MPa	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,68	4,02	6,08	7,93	5,22	8,35	10,31	7,26	12,80	14,74
Coef. Seg.	7,31	3,94	2,96	3,24	2,07	1,52	1,83	1,49	1,45	1,52	1,44	1,21	1,47	1,33	1,14
M _{út} fck 20 MPa	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,90	4,17	6,46	8,64	5,49	9,16	13,36	7,84	15,21	20,23
Coef. Seg.	7,58	4,09	3,07	3,36	2,15	1,60	1,90	1,59	1,58	1,60	1,58	1,57	1,58	1,58	1,56
M _{út} fck 40 MPa	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	5,01	4,24	6,65	9,00	5,62	9,57	14,31	8,13	16,07	21,90
Coef. Seg.	7,71	4,16	3,12	3,42	2,19	1,63	1,93	1,63	1,65	1,63	1,66	1,68	1,64	1,67	1,69

L3 - Resistência à compressão do concreto															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
m_y (KNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00
As (cm ² /m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
M _{út} fck 30 MPa	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Seg.	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
M _{út} fck 10 MPa	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,53	2,26	3,71	4,33	3,49	5,30	7,05	4,87	8,40	11,34
Coef. Seg.	6,11	3,70	3,10	2,76	1,81	1,55	1,54	1,51	1,49	1,52	1,46	1,47	1,48	1,44	1,49
M _{út} fck 20 MPa	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,61	2,33	3,91	4,61	3,67	5,76	7,60	5,24	8,89	12,10
Coef. Seg.	6,30	3,82	3,19	2,84	1,86	1,60	1,59	1,60	1,59	1,60	1,59	1,59	1,59	1,53	1,59
M _{út} fck 40 MPa	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,66	2,37	4,01	4,75	3,75	5,98	7,87	5,42	9,63	12,48
Coef. Seg.	6,41	3,89	3,25	2,89	1,90	1,63	1,61	1,64	1,64	1,64	1,65	1,64	1,64	1,65	1,64
m_y' (KNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
M _{út} fck 30 MPa	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Seg.	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
M _{út} fck 10 MPa	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	5,57	6,49	5,22	7,90	10,49	7,26	12,13	16,73
Coef. Seg.	7,31	4,37	3,69	3,24	2,15	1,64	1,83	1,51	1,49	1,52	1,45	1,46	1,47	1,39	1,46
M _{út} fck 20 MPa	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	5,88	6,94	5,49	8,61	11,40	7,84	13,78	18,11
Coef. Seg.	7,58	4,53	3,83	3,36	2,23	1,70	1,90	1,60	1,59	1,60	1,59	1,59	1,58	1,58	1,59
M _{út} fck 40 MPa	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	6,04	7,16	5,62	8,97	11,85	8,13	14,47	18,80
Coef. Seg.	7,71	4,61	3,89	3,42	2,27	1,73	1,93	1,64	1,64	1,63	1,65	1,65	1,64	1,66	1,65

L4 - Resistência à compressão do concreto															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
m_y (KNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
As (cm ² /m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
M _{út} fck 30 MPa	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42
Coef. Seg.	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63
M _{út} fck 10 MPa	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,34	2,92	3,27	4,05	2,92	4,62	6,02	4,09	6,78	9,08
Coef. Seg.	9,73	5,41	4,36	4,29	2,75	1,55	2,41	1,52	1,51	1,54	1,48	1,43	1,50	1,40	1,42
M _{út} fck 20 MPa	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,42	2,33	3,42	4,29	3,03	4,95	6,64	4,34	7,62	10,08
Coef. Seg.	7,77	4,31	3,48	3,43	2,20	1,60	1,93	1,59	1,59	1,59	1,59	1,58	1,59	1,58	1,58
M _{út} fck 40 MPa	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,45	2,37	3,50	4,41	3,09	5,12	6,95	4,47	15,67	10,59
Coef. Seg.	7,90	4,39	3,54	3,49	2,24	1,62	1,96	1,63	1,64	1,63	1,64	1,65	1,64	3,24	1,66
m_y' (KNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As (cm ² /m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
M _{út} fck 30 MPa	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63
Coef. Seg.	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63
M _{út} fck 10 MPa	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,89	6,05	4,36	6,92	8,83	6,13	9,52	12,74
Coef. Seg.	8,74	4,96	3,98	3,94	2,53	1,77	2,21	1,52	1,50	1,54	1,48	1,40	1,50	1,31	1,33
M _{út} fck 20 MPa	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	5,13	6,43	4,53	7,44	9,97	6,52	11,42	15,07
Coef. Seg.	9,07	5,15	4,13	4,09	2,62	1,84	2,29	1,59	1,60	1,60	1,59	1,58	1,59	1,58	1,57
M _{út} fck 40 MPa	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	4,24	5,25	6,61	4,63	7,70	10,45	6,72	12,08	15,92
Coef. Seg.	9,22	5,23	4,20	4,16	2,67	1,87	2,33	1,63	1,64	1,63	1,65	1,66	1,64	1,67	1,66

L5 - Resistência à compressão do concreto															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
m_y (KNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
A_s (cm ² /m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
$A_{s_{\min}}$ (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
$M_{\text{út}}$ fck 30 MPa	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Seg.	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
$M_{\text{út}}$ fck 10 MPa	2,26	2,26	2,61	2,63	3,98	5,49	4,51	7,38	10,84	6,67	13,29	19,74	10,98	23,69	33,77
Coef. Seg.	2,97	1,69	1,55	1,54	1,50	1,45	1,49	1,37	1,45	1,41	1,46	1,48	1,45	1,48	1,49
$M_{\text{út}}$ fck 20 MPa	2,33	2,33	2,70	2,73	4,21	5,99	4,82	8,45	11,83	7,47	14,40	21,27	12,00	25,51	35,95
Coef. Seg.	3,07	1,74	1,61	1,60	1,59	1,58	1,59	1,57	1,59	1,58	1,59	1,59	1,58	1,59	1,59
$M_{\text{út}}$ fck 40 MPa	2,37	2,37	2,74	2,77	4,32	6,23	4,98	8,98	12,32	7,88	14,95	22,04	12,51	26,42	37,04
Coef. Seg.	3,12	1,77	1,63	1,62	1,63	1,65	1,64	1,67	1,65	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65	1,64

APÊNDICE C – Lajes: espessura

L1 - Espessura															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
m_y (kNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Múlt (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Segurança	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	9,00	11,00	13,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	4,80	5,30	5,80
Múlt h + 1	2,83	2,83	2,83	2,83	3,11	4,42	3,56	6,32	7,97	5,58	9,27	12,79	8,10	15,11	20,14
Coef. Segurança	5,83	3,31	2,66	2,63	1,85	1,85	1,85	1,86	1,87	1,86	1,88	1,83	1,87	1,79	1,74
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	9,00	11,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,30	4,80	5,30
Múlt h - 1 (kNm/m)	1,87	1,87	1,87	1,87	2,06	2,91	2,35	4,13	5,19	3,66	6,01	8,93	5,27	11,14	15,94
Coef. Segurança	4,30	2,44	1,96	1,94	1,37	1,36	1,37	1,36	1,36	1,36	1,36	1,42	1,36	1,46	1,51
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,05	4,55	5,05
Múlt h - 2 (kNm/m)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,53	2,16	1,75	3,04	3,80	2,70	4,37	7,00	3,85	9,16	13,84
Coef. Segurança	3,39	1,93	1,55	1,53	1,08	1,07	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,18	1,05	1,26	1,37
m_y' (kNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm ² /m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Múlt (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Segurança	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	9,00	11,00	13,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	4,80	5,30	5,80
Múlt h + 1	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	6,46	5,18	9,25	11,62	8,12	13,54	18,83	11,81	22,35	29,94
Coef. Segurança	6,89	3,87	3,10	3,04	1,96	1,80	1,80	1,82	1,82	1,80	1,83	1,80	1,82	1,76	1,72
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	9,00	11,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,30	4,80	5,30
Múlt h - 1 (kNm/m)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,56	3,67	6,50	8,13	5,72	9,43	13,81	8,26	17,08	24,20
Coef. Segurança	5,45	3,06	2,45	2,40	1,55	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,46	1,42	1,49	1,53
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,05	4,55	5,05
Múlt h - 2 (kNm/m)	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,62	2,91	5,13	6,39	4,52	7,38	11,31	6,49	14,44	21,33
Coef. Segurança	4,59	2,58	2,07	2,03	1,31	1,20	1,20	1,19	1,19	1,19	1,18	1,27	1,19	1,33	1,41

	L2 - Espessura														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
m_y (kNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm ² /m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Múlt (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Segurança	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	5,05
Múlt h + 1	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	4,01	2,87	5,31	7,18	4,49	7,61	11,36	6,49	12,38	16,75
Coef. Segurança	7,25	3,95	2,95	3,27	2,08	1,85	1,85	1,86	1,87	1,86	1,87	1,90	1,86	1,83	1,84
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,55
Múlt h - 1 (kNm/m)	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	2,64	1,90	3,48	4,69	2,96	4,96	7,31	4,24	8,65	11,59
Coef. Segurança	5,35	2,91	2,17	2,41	1,53	1,36	1,37	1,36	1,36	1,37	1,36	1,36	1,36	1,42	1,42
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,30
Múlt h - 2 (kNm/m)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,96	1,41	2,57	3,44	2,19	3,63	5,28	3,12	6,78	9,01
Coef. Segurança	4,22	2,30	1,72	1,90	1,21	1,07	1,08	1,07	1,06	1,07	1,06	1,04	1,06	1,18	1,16
m_y' (kNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm ² /m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Múlt (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Segurança	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	5,05
Múlt h + 1	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	5,82	4,94	7,73	10,44	6,54	11,09	16,54	9,44	18,20	24,71
Coef. Segurança	8,51	4,59	3,44	3,78	2,41	1,80	2,13	1,80	1,81	1,80	1,82	1,84	1,81	1,79	1,81
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,55
Múlt h-1 (kNm/m)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,12	3,50	5,45	7,32	4,62	7,77	11,45	6,63	13,36	17,97
Coef. Segurança	6,73	3,63	2,72	2,99	1,91	1,42	1,68	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,46	1,46
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,30
Múlt h-2 (kNm/m)	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,27	2,78	4,31	5,76	3,66	6,11	8,91	5,23	10,94	14,61
Coef. Segurança	5,68	3,06	2,30	2,52	1,61	1,20	1,42	1,19	1,19	1,20	1,19	1,17	1,19	1,27	1,26

L3 - Espessura															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	4,80	5,30
m_y (kNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00
As (cm ² /m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Múlt (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Segurança	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	9,00	10,00	12,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	4,80	5,05	5,55
Múlt h + 1	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	3,18	2,83	4,80	5,68	4,49	7,15	9,13	6,49	11,17	13,97
Coef. Segurança	7,25	4,40	3,67	3,27	2,15	1,85	1,82	1,86	1,86	1,86	1,87	1,81	1,86	1,82	1,75
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	8,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,30	4,55	5,05
Múlt h - 1 (kNm/m)	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	2,10	1,87	3,16	3,72	2,96	4,67	6,42	4,24	7,82	10,75
Coef. Segurança	5,35	3,24	2,71	2,41	1,58	1,36	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,41	1,36	1,42	1,48
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,05	4,30	4,80
Múlt h - 2 (kNm/m)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,56	1,39	2,33	2,75	2,19	3,42	5,06	3,12	6,15	9,14
Coef. Segurança	4,22	2,56	2,14	1,90	1,25	1,08	1,06	1,07	1,07	1,07	1,06	1,18	1,06	1,18	1,33
m_y' (kNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Múlt (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Segurança	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	9,00	10,00	12,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	4,80	5,05	5,55
Múlt h + 1	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	7,02	8,31	6,54	10,40	13,46	9,44	16,41	20,74
Coef. Segurança	8,51	5,09	4,30	3,78	2,50	1,91	2,13	1,81	1,81	1,80	1,82	1,78	1,81	1,79	1,73
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	8,00	10,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	4,30	4,55	5,05
Múlt h-1 (kNm/m)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,95	5,85	4,62	7,30	9,94	6,63	12,08	16,41
Coef. Segurança	6,73	4,03	3,40	2,99	1,98	1,51	1,68	1,42	1,42	1,42	1,42	1,46	1,42	1,46	1,51
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	4,05	4,30	4,80
Múlt h-2 (kNm/m)	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,92	4,62	3,66	5,74	8,18	5,23	9,91	14,24
Coef. Segurança	5,68	3,39	2,87	2,52	1,67	1,27	1,42	1,20	1,19	1,20	1,19	1,27	1,19	1,27	1,38

	L4 - Espessura															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p	
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200	
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600	
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	
m_y (kNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38	
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	
As (cm ² /m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08	
A_{smin} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	
Múlt (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42	
Coef. Segurança	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	
Múlt h + 1 (kNm/m)	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,94	2,83	4,18	5,28	3,70	6,12	8,30	5,34	9,59	12,27	
Coef. Segurança	8,94	4,97	4,00	3,95	2,53	1,85	2,22	1,84	1,86	1,85	1,86	1,87	1,85	1,88	1,83	
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	
Múlt h - 1 (kNm/m)	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,94	1,87	2,76	3,46	2,44	4,01	5,39	3,51	6,21	8,57	
Coef. Segurança	6,60	3,66	2,95	2,91	1,87	1,36	1,64	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,42	
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	
Múlt h - 2 (kNm/m)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,45	1,39	2,04	2,56	1,81	2,95	3,94	2,59	4,51	6,72	
Coef. Segurança	5,21	2,89	2,33	2,30	1,47	1,08	1,29	1,07	1,07	1,07	1,06	1,05	1,07	1,05	1,18	
m_y' (kNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57	
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	
As (cm ² /m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99	
A_{smin} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	
Múlt (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63	
Coef. Segurança	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63	
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,05	
Múlt h + 1 (kNm/m)	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	6,10	7,69	5,38	8,94	12,12	7,80	13,98	18,03	
Coef. Segurança	10,18	5,78	4,64	4,59	2,95	2,06	2,57	1,80	1,81	1,80	1,81	1,82	1,80	1,83	1,79	
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,55	
Múlt h - 1 (kNm/m)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,31	5,42	3,81	6,29	8,47	5,50	9,74	13,24	
Coef. Segurança	8,05	4,57	3,67	3,63	2,33	1,63	2,03	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,46	
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,30	
Múlt h - 2 (kNm/m)	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,42	4,28	3,02	4,96	6,64	4,35	7,61	10,85	
Coef. Segurança	6,79	3,86	3,09	3,06	1,96	1,38	1,72	1,19	1,19	1,19	1,19	1,18	1,19	1,18	1,27	

L5 - Espessura															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l_1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l_2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
Carga total (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	5,05	4,55	5,30	5,80	5,05	6,05	6,80
m_y (kNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As (cm ² /m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Múlt (kNm/m)	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Segurança	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
Espessura h + 1 (cm)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	11,00	9,00	12,00	14,00	11,00	15,00	18,00
Carga total (kN/m ²)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	5,30	4,80	5,55	6,05	5,30	6,30	7,05
Múlt h + 1	2,83	2,83	3,29	3,32	5,17	7,45	5,95	10,70	13,98	9,40	16,71	24,06	14,20	28,60	39,41
Coef. Segurança	3,53	2,00	1,86	1,84	1,85	1,87	1,86	1,89	1,79	1,88	1,76	1,72	1,78	1,71	1,68
Espessura h - 1 (cm)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	9,00	7,00	10,00	12,00	9,00	13,00	16,00
Carga total (kN/m ²)	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,80	4,30	5,05	5,55	4,80	5,80	6,55
Múlt h - 1 (kNm/m)	1,87	1,87	2,17	2,19	3,40	4,85	3,90	6,90	10,32	6,09	12,83	19,50	10,48	23,63	33,96
Coef. Segurança	2,60	1,48	1,37	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,46	1,36	1,48	1,52	1,45	1,53	1,56
Espessura h - 2 (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	8,00	6,00	9,00	11,00	8,00	12,00	15,00
Carga total (kN/m ²)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,55	4,05	4,80	5,30	4,55	5,55	6,30
Múlt h - 2 (kNm/m)	1,39	1,39	1,61	1,63	2,51	3,56	2,87	5,00	8,49	4,43	10,89	17,22	8,62	21,15	31,23
Coef. Segurança	2,05	1,17	1,08	1,07	1,06	1,06	1,06	1,05	1,26	1,05	1,32	1,41	1,26	1,44	1,49

APÊNDICE D – Lajes: camada de cobrimento

L1 - Camada de Cobrimento															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
my (kNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm²/m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Seg.	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
M_{últ} c+1cm	1,87	1,87	1,87	1,87	2,06	2,91	2,35	4,13	5,19	3,66	6,01	8,93	5,27	11,14	15,94
Coef. Seg.	4,07	2,31	1,85	1,83	1,30	1,28	1,29	1,28	1,29	1,28	1,28	1,34	1,29	1,38	1,44
M_{últ} c-1cm	2,83	2,83	2,83	2,83	3,11	4,42	3,56	6,32	7,97	5,58	9,27	12,79	8,10	15,11	20,14
Coef. Seg.	6,15	3,49	2,80	2,77	1,96	1,95	1,96	1,96	1,98	1,96	1,98	1,92	1,98	1,88	1,82
M_{últ} c+2cm	1,39	1,39	1,39	1,39	1,53	2,16	1,75	3,04	3,80	2,70	4,37	7,00	3,85	9,16	13,84
Coef. Seg.	3,02	1,72	1,38	1,36	0,96	0,95	0,96	0,94	0,94	0,95	0,93	1,05	0,94	1,14	1,25
my' (kNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm²/m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
M_{últ}	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Seg.	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
M_{últ} c+1cm	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,56	3,67	6,50	8,13	5,72	9,43	13,81	8,26	17,08	24,20
Coef. Seg.	5,15	2,89	2,32	2,27	1,46	1,34	1,34	1,35	1,34	1,34	1,34	1,39	1,34	1,42	1,46
M_{últ} c-1cm	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	6,46	5,18	9,25	11,62	8,12	13,54	18,83	11,81	22,35	29,94
Coef. Seg.	7,26	4,08	3,27	3,21	2,07	1,90	1,90	1,92	1,92	1,90	1,93	1,89	1,92	1,85	1,80
M_{últ} c+2cm	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,62	2,91	5,13	6,39	4,52	7,38	11,31	6,49	14,44	21,33
Coef. Seg.	4,09	2,30	1,84	1,81	1,16	1,06	1,07	1,06	1,06	1,06	1,05	1,13	1,06	1,20	1,28

L2 - Camada de Cobrimento															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
my (kNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm²/m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Seg.	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
M_{últ} c+1cm	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	2,64	1,90	3,48	4,69	2,96	4,96	7,31	4,24	8,65	11,59
Coef. Seg.	5,05	2,75	2,05	2,28	1,45	1,29	1,29	1,28	1,29	1,29	1,28	1,29	1,28	1,35	1,34
M_{últ} c-1cm	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	4,01	2,87	5,31	7,18	4,49	7,61	11,36	6,49	12,38	16,75
Coef. Seg.	7,65	4,16	3,11	3,45	2,19	1,96	1,95	1,96	1,97	1,96	1,97	2,00	1,97	1,93	1,94
M_{últ} c+2cm	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,96	1,41	2,57	3,44	2,19	3,63	5,28	3,12	6,78	9,01
Coef. Seg.	3,76	2,04	1,53	1,70	1,08	0,96	0,96	0,95	0,95	0,96	0,94	0,93	0,95	1,05	1,04
my' (kNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm²/m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
M_{últ}	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Seg.	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
M_{últ} c+1cm	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,12	3,50	5,45	7,32	4,62	7,77	11,45	6,63	13,36	17,97
Coef. Seg.	6,36	3,43	2,57	2,82	1,80	1,34	1,59	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,38	1,39
M_{últ} c-1cm	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	5,82	4,94	7,73	10,44	6,54	11,09	16,54	9,44	18,20	24,71
Coef. Seg.	8,98	4,84	3,63	3,98	2,55	1,90	2,25	1,90	1,91	1,90	1,92	1,94	1,91	1,89	1,91
M_{últ} c+2cm	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,27	2,78	4,31	5,76	3,66	6,11	8,91	5,23	10,94	14,61
Coef. Seg.	5,05	2,73	2,04	2,24	1,43	1,07	1,26	1,06	1,05	1,06	1,06	1,04	1,06	1,13	1,13

L3 - Camada de Cobrimento															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
my (kNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	8,00
As (cm²/m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Seg.	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
M_{últ} c+1cm	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	2,10	1,87	3,16	3,72	2,96	4,67	6,42	4,24	7,82	10,75
Coef. Seg.	5,05	3,07	2,56	2,28	1,50	1,29	1,27	1,29	1,28	1,29	1,29	1,34	1,28	1,34	1,41
M_{últ} c-1cm	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	3,18	2,83	4,80	5,68	4,49	7,15	9,13	6,49	11,17	13,97
Coef. Seg.	7,65	4,64	3,88	3,45	2,26	1,95	1,93	1,96	1,96	1,96	1,98	1,91	1,97	1,92	1,84
M_{últ} c+2cm	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,56	1,39	2,33	2,75	2,19	3,42	5,06	3,12	6,15	9,14
Coef. Seg.	3,76	2,28	1,90	1,70	1,11	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96	0,94	1,06	0,95	1,06	1,20
my' (kNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm²/m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
M_{últ}	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Seg.	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
M_{últ} c+1cm	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,95	5,85	4,62	7,30	9,94	6,63	12,08	16,41
Coef. Seg.	6,36	3,80	3,21	2,82	1,87	1,43	1,59	1,35	1,34	1,34	1,34	1,38	1,34	1,38	1,44
M_{últ} c-1cm	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	7,02	8,31	6,54	10,40	13,46	9,44	16,41	20,74
Coef. Seg.	8,98	5,37	4,53	3,98	2,64	2,02	2,25	1,91	1,91	1,90	1,92	1,87	1,91	1,88	1,82
M_{últ} c+2cm	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,92	4,62	3,66	5,74	8,18	5,23	9,91	14,24
Coef. Seg.	5,05	3,02	2,55	2,24	1,49	1,13	1,26	1,07	1,06	1,06	1,06	1,14	1,06	1,14	1,25

L4 - Camada de Cobrimento															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
my (kNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
As (cm²/m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42
Coef. Seg.	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63
M_{últ} c+1cm	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,94	1,87	2,76	3,46	2,44	4,01	5,39	3,51	6,21	8,57
Coef. Seg.	6,23	3,46	2,79	2,75	1,76	1,28	1,55	1,28	1,29	1,28	1,29	1,28	1,29	1,29	1,34
M_{últ} c-1cm	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,94	2,83	4,18	5,28	3,70	6,12	8,30	5,34	9,59	12,27
Coef. Seg.	9,43	5,24	4,22	4,16	2,67	1,95	2,34	1,94	1,96	1,95	1,96	1,98	1,96	1,99	1,92
M_{últ} c+2cm	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,45	1,39	2,04	2,56	1,81	2,95	3,94	2,59	4,87	6,72
Coef. Seg.	4,63	2,57	2,07	2,04	1,31	0,96	1,15	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,95	1,01	1,05
my' (kNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As (cm²/m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
M_{últ}	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63
Coef. Seg.	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63
M_{últ} c+1cm	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	4,31	5,42	3,81	6,29	8,47	5,50	9,74	13,24
Coef. Seg.	7,61	4,32	3,47	3,43	2,20	1,54	1,92	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,38
M_{últ} c-1cm	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	6,10	7,69	5,38	8,94	12,12	7,80	13,98	18,03
Coef. Seg.	10,74	6,10	4,89	4,84	3,11	2,18	2,71	1,89	1,91	1,89	1,91	1,92	1,90	1,93	1,88
M_{últ} c+2cm	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	3,42	4,28	3,02	4,96	6,64	4,35	7,61	10,85
Coef. Seg.	6,04	3,43	2,75	2,73	1,75	1,22	1,53	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,06	1,05	1,13

L5 - Camada de Cobrimento															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
my (kNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As (cm²/m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
M_{úit}	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Seg.	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
M_{úit} c+1cm	1,87	1,87	2,17	2,19	3,40	4,85	3,90	6,90	10,32	6,09	12,83	19,50	10,48	23,63	33,96
Coef. Seg.	2,46	1,40	1,29	1,28	1,28	1,28	1,29	1,28	1,38	1,28	1,41	1,46	1,38	1,47	1,50
M_{úit} c-1cm	2,83	2,83	3,29	3,32	5,17	7,45	5,95	10,70	13,98	9,40	16,71	24,06	14,20	28,60	39,41
Coef. Seg.	3,72	2,11	1,96	1,94	1,95	1,97	1,96	1,99	1,87	1,98	1,84	1,80	1,87	1,78	1,74
M_{úit} c+2cm	1,39	1,39	1,61	1,63	2,51	3,56	2,87	5,00	8,49	4,43	10,89	17,22	8,62	21,15	31,23
Coef. Seg.	1,83	1,04	0,96	0,95	0,95	0,94	0,95	0,93	1,14	0,93	1,20	1,29	1,14	1,32	1,38

APÊNDICE E – Lajes: diâmetro do aço

L1 - Diâmetro do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
my (kNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm²/m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	15,00	13,00	11,00	12,00	12,00	10,00	15,00	12,00	15,00	14,00
M_{ult}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Seg.	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
As 1φ <						0,92		1,26	1,64	1,15	1,96	1,88	1,64	1,88	2,02
M_{ult}						2,70		3,67	4,73	3,36	5,61	6,52	4,73	7,65	10,62
Coef. Seg.						1,19		1,14	1,17	1,18	1,20	0,98	1,15	0,95	0,96
As 2φ <											1,39	1,31	1,15	1,31	1,40
M_{ult}											4,03	4,59	3,36	5,38	7,42
Coef. Seg.											0,86	0,69	0,82	0,67	0,67
As 1φ >	1,15	1,15	1,15	1,15	1,31	1,88	1,51	2,57	4,19	2,36	5,03	4,73	4,19	4,73	5,06
M_{ult}	3,36	3,36	3,36	3,36	3,81	5,39	4,37	7,24	11,33	6,69	13,30	15,45	11,33	18,29	25,52
Coef. Seg.	7,30	4,15	3,33	3,29	2,40	2,37	2,40	2,25	2,81	2,35	2,84	2,32	2,76	2,27	2,31
my' (kNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm²/m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
M_{ult}	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00	9,00	11,00	10,00
Espaç. Normal	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Seg.	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
As 1φ <	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,15	0,92	1,64	2,18	1,39	2,02	2,36	2,18	2,57	2,83
M_{ult}	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	4,05	3,25	5,71	7,51	4,87	6,98	9,52	7,51	9,32	16,41
Coef. Seg.	4,53	2,55	2,04	2,00	1,29	1,19	1,19	1,18	1,24	1,14	0,99	0,95	1,22	0,77	0,99
As 2φ <								1,15	1,54		1,40	1,64	1,54	1,78	1,96
M_{ult}								4,05	5,38		4,90	6,70	5,38	8,32	11,49
Coef. Seg.								0,84	0,89		0,70	0,67	0,87	0,69	0,69
As 1φ >	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	2,36	1,88	4,19	5,59	2,83	5,06	5,91	5,59	6,44	7,09
M_{ult}	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	8,10	6,52	13,84	17,92	9,62	16,41	22,36	17,92	27,98	38,99
Coef. Seg.	9,04	5,08	4,07	3,99	2,57	2,38	2,39	2,87	2,96	2,25	2,34	2,24	2,91	2,32	2,35

L2 - Diâmetro do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
my (kNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm²/m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	5,00	6,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	12,00	17,00	13,00	13,00	15,00	12,00	14,00	10,00	9,00	11,00
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Seg.	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
As 1φ <								1,07	1,51	0,92	1,64	2,02	1,39	2,18	2,57
M_{últ}								3,13	4,37	2,70	4,73	5,77	4,00	7,51	8,79
Coef. Seg.								1,15	1,20	1,18	1,23	1,02	1,21	1,17	1,02
As 2φ <									1,07		1,15	1,40		1,54	1,78
M_{últ}									3,13		3,36	4,06		5,38	6,18
Coef. Seg.									0,86		0,87	0,71		0,84	0,72
As 1φ >	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,64	1,15	2,17	3,87	1,88	4,19	5,06	2,83	5,59	6,44
M_{últ}	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	4,73	3,36	6,18	10,55	5,39	11,33	13,37	7,92	17,92	20,26
Coef. Seg.	9,08	4,94	3,69	4,10	2,60	2,31	2,29	2,28	2,90	2,35	2,94	2,35	2,40	2,79	2,34
my' (kNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm²/m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	9,50
M_{últ}	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	14,00	16,00	10,00	10,00	12,00	10,00	11,00	12,00	12,00	12,00
Espaç. Normal	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Seg.	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
As 1φ <	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,99	0,87	1,39	1,96	1,15	1,96	2,57	1,64	2,36	4,19
M_{últ}	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,49	3,08	4,87	6,78	4,05	6,78	8,79	5,71	9,52	16,36
Coef. Seg.	5,60	3,02	2,26	2,48	1,59	1,14	1,40	1,20	1,24	1,18	1,17	1,03	1,15	0,99	1,26
As 2φ <									1,39		1,39	1,78	1,15	1,64	2,36
M_{últ}									4,87		4,87	6,18	4,05	6,70	9,52
Coef. Seg.									0,89		0,84	0,72	0,82	0,69	0,74
As 1φ >	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	2,02	1,77	2,83	5,03	2,36	5,03	6,44	4,19	5,91	
M_{últ}	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,98	6,15	9,62	16,32	8,10	16,32	20,26	13,84	22,36	
Coef. Seg.	11,18	6,03	4,52	4,96	3,17	2,27	2,80	2,36	2,99	2,35	2,82	2,38	2,80	2,32	

L3 - Diâmetro do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
my (kNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00
As (cm²/m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	17,00	14,00	12,00	15,00	13,00	12,00	10,00	10,00	10,00
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Seg.	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
As 1φ <								0,99	1,15	0,92	1,51	1,64	1,39	1,96	1,96
M_{últ}								2,90	3,36	2,70	4,37	5,71	4,03	6,78	9,14
Coef. Seg.								1,18	1,16	1,18	1,21	1,19	1,22	1,16	1,20
As 2φ <											1,07	1,15		1,39	1,39
M_{últ}											3,13	4,05		4,87	6,54
Coef. Seg.											0,86	0,85		0,84	0,86
As 1φ >	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,31	1,15	2,02	2,36	1,88	3,87	4,19	2,83	5,03	5,03
M_{últ}	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,81	3,36	5,77	6,69	5,39	10,55	13,84	7,92	16,32	22,36
Coef. Seg.	9,08	5,51	4,60	4,10	2,69	2,34	2,29	2,36	2,31	2,35	2,91	2,89	2,40	2,80	2,94
my' (kNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm²/m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00
M_{últ}	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	11,00	13,00	12,00	10,00	9,00	12,00	13,00	13,00
Espaç. Normal	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Seg.	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
As 1φ <	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,26	1,51	1,15	1,96	2,18	1,05	2,17	2,17
M_{últ}	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	4,42	5,28	4,05	6,78	8,82	3,70	8,78	11,39
Coef. Seg.	5,60	3,35	2,83	2,48	1,65	1,26	1,40	1,20	1,21	1,18	1,25	1,23	0,75	1,01	1,00
As 2φ <									1,07		1,39	1,54	1,15	1,51	1,51
M_{últ}									3,77		4,87	6,30	4,05	6,18	7,99
Coef. Seg.									0,86		0,90	0,88	0,82	0,71	0,70
As 1φ >	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	2,57	3,87	2,36	5,03	5,59	4,19	5,45	5,45
M_{últ}	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	8,79	12,87	8,10	16,32	22,36	13,84	20,79	27,33
Coef. Seg.	11,18	6,68	5,64	4,96	3,29	2,51	2,80	2,39	2,95	2,35	3,01	3,11	2,80	2,38	2,39

L4 - Diâmetro do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
my (kNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
As (cm²/m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	16,00	17,00	11,00	13,00	13,00	11,00	11,00	12,00	10,00	9,00
M_{últ}	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42
Coef. Seg.	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63
As 1φ <									1,07		1,26	1,78	1,15	1,96	2,18
M_{últ}									3,13		3,67	5,12	0,36	5,61	7,51
Coef. Seg.									1,16		1,18	1,22	0,13	1,16	1,18
As 2φ <												1,26		1,39	1,54
M_{últ}												3,67		4,03	5,38
Coef. Seg.												0,87		0,83	0,84
As 1φ >	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,23	1,15	1,78	2,17	1,51	2,57	4,57	2,36	5,03	5,59
M_{últ}	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,58	3,36	5,12	6,18	4,37	7,24	12,24	6,69	13,30	17,92
Coef. Seg.	11,20	6,22	5,01	4,94	3,17	2,37	2,78	2,38	2,30	2,30	2,32	2,91	2,45	2,75	2,81
my' (kNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As (cm²/m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
As_{min} (cm²/m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00
M_{últ}	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	13,00	10,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00
Espaç. Normal	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63
Coef. Seg.	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63
As 1φ <	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,07	1,39	0,92	1,64	2,18	1,39	2,02	2,36
M_{últ}	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,77	4,87	3,25	5,71	7,51	4,87	6,98	9,52
Coef. Seg.	6,70	3,80	3,05	3,02	1,94	1,36	1,69	1,17	1,21	1,14	1,22	1,19	1,19	0,96	0,99
As 2φ <												1,15	1,54	1,40	1,64
M_{últ}												4,05	5,38	4,90	6,70
Coef. Seg.												0,87	0,85	0,68	0,70
As 1φ >	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	2,17	2,83	1,88	4,19	5,59	2,83	5,06	5,91
M_{últ}	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	7,48	9,62	6,52	13,84	17,92	9,62	16,41	22,36
Coef. Seg.	13,37	7,59	6,09	6,03	3,87	2,71	3,38	2,32	2,39	2,30	2,96	2,84	2,35	2,26	2,34

L5 - Diâmetro do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
l1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
l2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
my (kNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As (cm²/m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
As_{min} (cm²/m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	14,00	14,00	13,00	13,00	11,00	8,00	9,00	10,00	15,00	13,00	9,00	12,00	11,00
M_{últ}	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Seg.	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
As 1φ <					1,07	1,51	1,26	2,45	2,18	1,96	1,88	2,17	2,18	2,36	2,57
M_{últ}					3,03	4,37	3,67	6,93	8,82	5,61	8,77	12,69	8,82	15,18	21,12
Coef. Seg.					1,14	1,16	1,21	1,29	1,18	1,18	0,97	0,95	1,16	0,95	0,93
As 2φ <					1,07		1,73	1,54	1,39	1,31	1,51	1,54	1,64	1,78	
M_{últ}					3,13		4,98	6,30	4,03	6,17	8,90	6,30	10,63	14,73	
Coef. Seg.					0,83		0,93	0,84	0,85	0,68	0,67	0,83	0,66	0,65	
As 1φ >	1,15	1,15	1,40	1,40	2,17	3,87	2,57	6,28	5,59	5,03	4,73	5,45	5,59	5,91	6,44
M_{últ}	3,36	3,36	4,06	4,06	6,18	10,55	7,24	16,06	21,27	13,30	21,12	30,60	21,27	36,54	51,17
Coef. Seg.	4,42	2,51	2,42	2,37	2,33	2,79	2,39	2,99	2,85	2,81	2,33	2,29	2,81	2,28	2,27

APÊNDICE F – Lajes: resistência à tração do aço

L1 - Resistência à Tração do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
my (kNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	15,00	13,00	11,00	12,00	12,00	10,00	15,00	12,00	15,00	14,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Seg.	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Área p/ CA-50 (cm ² /m)									2,60		3,12	3,35	2,60	3,35	3,59
M _{últ} (kNm/m)									6,17		7,32	9,50	6,17	11,17	15,52
Coef. Seg.									1,53		1,56	1,43	1,50	1,39	1,40
my' (kNmm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm ² /m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00	9,00	11,00	10,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Seg.	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
Área p/ CA-50 (cm ² /m)								2,60	3,46		3,59	4,19	3,46	4,57	5,03
M _{últ} (kNm/m)								7,47	9,79		10,14	13,80	9,79	17,26	23,91
Coef. Seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,55	1,62	0,00	1,44	1,38	1,59	1,43	1,44

L2 - Resistência à Tração do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
my (kNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm ² /m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	5,00	6,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	12,00	17,00	13,00	13,00	15,00	12,00	14,00	10,00	9,00	11,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Seg.	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
Área p/ CA-50 (cm ² /m)									2,40		2,60	3,59		3,46	4,57
M _{últ} (kNm/m)									5,72		6,17	8,34		9,79	12,69
Coef. Seg.									1,57		1,60	1,47		1,52	1,47
my' (kNmm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm ² /m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	9,50
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	14,00	16,00	10,00	10,00	12,00	10,00	11,00	12,00	12,00	12,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Seg.	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
Área p/ CA-50 (cm ² /m)									3,12		3,12	4,57	2,60	4,19	6,54
M _{últ} (kNm/m)									8,88		8,88	12,69	7,47	13,80	20,79
Coef. Seg.									1,63		1,54	1,49	1,51	1,43	1,61

L3 - Resistência à Tração do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
my (kNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	8,00
As (cm ² /m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	17,00	14,00	12,00	15,00	13,00	12,00	10,00	10,00	10,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Seg.	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
Área p/ CA-50 (cm ² /m)											2,40	2,60		3,12	3,12
M _{últ} (kNm/m)											5,72	6,92		8,88	12,00
Coef. Seg.											1,58	1,44		1,53	1,58
my' (kNmm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	11,00	13,00	12,00	10,00	9,00	12,00	13,00	13,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Seg.	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
Área p/ CA-50 (cm ² /m)									2,40		3,12	3,46	2,60	3,87	3,87
M _{últ} (kNm/m)									6,92		8,88	11,52	7,47	12,81	16,68
Coef. Seg.									1,59		1,64	1,60	1,51	1,47	1,46
L4 - Resistência à Tração do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
my (kNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm ² /m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	16,00	17,00	11,00	13,00	13,00	11,00	11,00	12,00	10,00	9,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42
Coef. Seg.	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63
Área p/ CA-50 (cm ² /m)												2,83		3,12	3,46
M _{últ} (kNm/m)												6,68		7,32	9,79
Coef. Seg.												1,59		1,52	1,53
my' (kNmm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As (cm ² /m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
Asmín (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	13,00	10,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63
Coef. Seg.	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63
Área p/ CA-50 (cm ² /m)											2,60	3,46		3,59	4,19
M _{últ} (kNm/m)											7,47	9,79		10,12	13,80
Coef. Seg.											1,60	1,55	0,00	1,40	1,44

L5 - Resistência à Tração do Aço															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
my (kNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As (cm ² /m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
Asmín (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	14,00	14,00	13,00	13,00	11,00	8,00	9,00	10,00	15,00	13,00	9,00	12,00	11,00
M _{últ} CA-60 (kNm/m)	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Seg.	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
Área p/ CA-50 (cm ² /m)					1,51	2,40	1,78	3,90	3,46	3,12	3,35	3,87	3,46	4,19	4,57
M _{últ} (kNm/m)					3,66	5,72	4,29	9,00	11,52	7,32	12,85	18,62	11,52	22,18	30,97
Coef. Seg.					1,38	1,51	1,42	1,68	1,54	1,54	1,42	1,39	1,52	1,38	1,37

APÊNDICE G – Lajes: espaçamento entre armaduras

L1 - Espaçamento entre Armaduras															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	10,00	12,00
my (KNm/m)	0,46	0,81	1,01	1,02	1,59	2,27	1,82	3,22	4,03	2,85	4,68	6,65	4,10	8,05	11,07
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,44	0,55	0,56	0,88	1,26	1,01	1,82	2,32	1,60	2,72	3,22	2,36	3,31	3,50
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	1,01	1,21
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	15,00	13,00	11,00	12,00	12,00	10,00	15,00	12,00	15,00	14,00
M _{úit} (KNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,59	3,67	2,96	5,23	6,58	4,62	7,64	10,86	6,69	13,13	18,04
Coef. Seg.	5,11	2,90	2,33	2,30	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	0,87	0,87	0,87	0,87	0,99	1,40	1,15	1,96	2,57	1,78	3,14	3,59	2,57	3,59	3,87
M _{úit} (KNm/m)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,90	4,06	3,36	5,61	7,24	5,12	8,72	12,01	7,24	14,17	19,84
Coef. Seg.	5,57	3,16	2,53	2,51	1,82	1,79	1,85	1,74	1,80	1,80	1,86	1,81	1,77	1,76	1,79
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	0,77	0,77	0,77	0,77	0,87	1,23	0,99	1,64	2,17	1,51	2,57	3,14	2,17	3,14	3,35
M _{úit} (KNm/m)	2,27	2,27	2,27	2,27	2,56	3,58	2,90	4,73	6,18	4,37	7,24	10,61	6,18	12,49	17,30
Coef. Seg.	4,93	2,80	2,25	2,23	1,61	1,58	1,59	1,47	1,53	1,53	1,55	1,60	1,51	1,55	1,56
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	0,73	0,73	0,73	0,73	0,81	1,15	0,92	1,51	2,02	1,40	2,36	2,96	2,02	2,96	3,14
M _{úit} (KNm/m)	2,15	2,15	2,15	2,15	2,38	3,36	2,70	4,37	5,77	4,06	6,69	10,04	5,77	11,81	16,26
Coef. Seg.	4,67	2,65	2,13	2,11	1,50	1,48	1,48	1,36	1,43	1,42	1,43	1,51	1,41	1,47	1,47
my' (KNm/m)	-0,68	-1,21	-1,51	-1,54	-2,39	-3,40	-2,73	-4,83	-6,05	-4,27	-7,02	-9,97	-6,15	-12,07	-16,61
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	8,00	10,00
As (cm ² /m)	0,31	0,55	0,69	0,70	1,10	1,58	1,26	2,29	2,91	2,00	3,42	4,18	2,96	4,39	4,78
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,50	1,80
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	12,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00	9,00	11,00	10,00
M _{úit} (KNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,51	4,42	7,87	9,88	6,92	11,49	16,32	10,04	19,71	27,07
Coef. Seg.	6,21	3,49	2,79	2,74	1,77	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,64	1,63	1,63	1,63
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,78	1,40	2,57	3,53	2,18	3,87	4,57	3,53	5,03	5,59
M _{úit} (KNm/m)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	6,18	4,90	8,79	11,83	7,51	12,87	17,72	11,83	22,36	31,33
Coef. Seg.	6,75	3,79	3,04	2,98	1,92	1,82	1,79	1,82	1,96	1,76	1,83	1,78	1,92	1,85	1,89
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,51	1,23	2,17	2,83	1,78	3,35	3,87	2,83	4,19	4,57
M _{úit} (KNm/m)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	5,28	4,32	7,48	9,62	6,18	11,27	15,20	9,62	18,87	25,95
Coef. Seg.	5,96	3,35	2,68	2,63	1,69	1,55	1,58	1,55	1,59	1,45	1,61	1,52	1,56	1,56	1,56
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,40	1,15	2,02	2,57	1,64	3,14	3,59	2,57	3,87	4,19
M _{úit} (KNm/m)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	4,90	4,05	6,98	8,79	5,71	10,61	14,17	8,79	17,52	23,90
Coef. Seg.	5,65	3,17	2,54	2,49	1,61	1,44	1,48	1,45	1,45	1,34	1,51	1,42	1,43	1,45	1,44

L2 - Espaçamento entre Armaduras															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	9,00
my (KNm/m)	0,37	0,68	0,91	0,82	1,29	2,05	1,47	2,71	3,64	2,29	3,86	5,68	3,30	6,43	8,64
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
As (cm ² /m)	0,20	0,37	0,50	0,45	0,71	1,14	0,81	1,52	2,08	1,28	2,21	3,38	1,87	3,11	4,30
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	5,00	6,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	12,00	17,00	13,00	13,00	15,00	12,00	14,00	10,00	9,00	11,00
M _{últ} (KNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	3,33	2,38	4,40	5,93	3,72	6,29	9,33	5,36	10,51	14,17
Coef. Seg.	6,35	3,46	2,58	2,87	1,82	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,63	1,64
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,26	0,87	1,64	2,36	1,40	2,57	3,87	2,18	3,53	5,03
M _{últ} (KNm/m)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	3,33	2,56	4,73	6,69	4,06	7,24	10,55	6,20	11,83	16,32
Coef. Seg.	6,92	3,76	2,81	3,12	1,98	1,62	1,74	1,75	1,84	1,77	1,88	1,86	1,88	1,84	1,89
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	1,07	0,77	1,40	2,02	1,23	2,17	3,35	1,78	2,83	4,19
M _{últ} (KNm/m)	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	3,13	2,27	4,06	5,77	3,58	6,18	9,26	5,12	9,62	13,84
Coef. Seg.	6,14	3,34	2,49	2,77	1,76	1,53	1,54	1,50	1,59	1,56	1,60	1,63	1,55	1,50	1,60
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,99	0,73	1,31	1,88	1,15	2,02	3,14	1,64	2,57	3,87
M _{últ} (KNm/m)	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,90	2,15	3,81	5,39	3,36	5,77	8,72	4,73	8,79	12,87
Coef. Seg.	5,81	3,16	2,36	2,62	1,67	1,41	1,46	1,41	1,48	1,47	1,49	1,54	1,43	1,37	1,49
my' (KNm/m)	-0,55	-1,02	-1,36	-1,24	-1,94	-3,07	-2,20	-4,07	-5,46	-3,44	-5,78	-8,53	-4,95	-9,65	-12,95
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
As (cm ² /m)	0,25	0,46	0,62	0,56	0,88	1,42	1,01	1,90	2,60	1,60	2,77	4,24	2,34	4,03	5,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	8,00	6,00	8,00	9,50
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	14,00	16,00	10,00	10,00	12,00	10,00	11,00	12,00	12,00	12,00
M _{últ} (KNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,97	4,22	6,59	8,88	5,58	9,43	13,99	8,04	15,78	21,34
Coef. Seg.	7,67	4,14	3,10	3,40	2,18	1,62	1,92	1,62	1,63	1,62	1,63	1,64	1,62	1,64	1,65
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,51	1,31	2,18	3,14	1,78	3,14	5,03	2,57	4,57	6,44
M _{últ} (KNm/m)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	5,28	4,59	7,51	10,61	6,18	10,61	16,32	8,79	17,72	24,12
Coef. Seg.	8,35	4,50	3,38	3,70	2,37	1,72	2,09	1,85	1,94	1,80	1,84	1,91	1,78	1,84	1,86
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,31	1,15	1,78	2,57	1,51	2,57	4,19	2,17	3,87	5,45
M _{últ} (KNm/m)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,59	4,05	6,18	8,79	5,28	8,79	13,84	7,48	15,20	20,79
Coef. Seg.	7,36	3,97	2,98	3,27	2,09	1,50	1,84	1,52	1,61	1,53	1,52	1,62	1,51	1,58	1,61
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,23	1,09	1,64	2,36	1,40	2,36	3,87	2,02	3,59	5,06
M _{últ} (KNm/m)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	4,32	3,84	5,71	8,10	4,90	8,10	12,87	6,98	14,17	19,44
Coef. Seg.	6,98	3,76	2,82	3,10	1,98	1,41	1,75	1,40	1,48	1,42	1,40	1,51	1,41	1,47	1,50

L3 - Espaçamento entre Armaduras															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	11,00
my (KNm/m)	0,37	0,61	0,73	0,82	1,25	1,63	1,47	2,45	2,90	2,29	3,62	4,79	3,30	5,82	7,61
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	8,00
As (cm ² /m)	0,20	0,33	0,39	0,45	0,68	0,90	0,80	1,37	1,63	1,28	2,07	2,26	1,87	2,79	2,68
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	1,11
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	15,00	17,00	14,00	12,00	15,00	13,00	12,00	10,00	10,00	10,00
M _{úit} (KNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,64	2,35	3,98	4,70	3,72	5,91	7,78	5,36	9,49	12,36
Coef. Seg.	6,35	3,85	3,22	2,87	1,88	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,62	1,63	1,62
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,99	0,87	1,51	1,78	1,40	2,36	2,57	2,18	3,14	3,14
M _{úit} (KNm/m)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,90	2,56	4,37	5,12	4,06	6,69	8,79	6,20	10,61	14,38
Coef. Seg.	6,92	4,20	3,51	3,12	2,05	1,78	1,74	1,78	1,77	1,77	1,85	1,84	1,88	1,82	1,89
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,87	0,77	1,31	1,51	1,23	2,02	2,17	1,78	2,57	2,57
M _{úit} (KNm/m)	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,56	2,27	3,81	4,37	3,58	5,77	7,48	5,12	8,79	11,87
Coef. Seg.	6,14	3,72	3,11	2,77	1,82	1,57	1,54	1,56	1,51	1,56	1,59	1,56	1,55	1,51	1,56
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,81	0,73	1,23	1,40	1,15	1,88	2,02	1,64	2,36	2,36
M _{úit} (KNm/m)	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,38	2,15	3,58	4,06	3,36	5,39	6,98	4,73	8,10	10,93
Coef. Seg.	5,81	3,52	2,95	2,62	1,72	1,46	1,46	1,46	1,40	1,47	1,49	1,46	1,43	1,39	1,44
my' (KNm/m)	-0,55	-0,92	-1,09	-1,24	-1,87	-2,45	-2,20	-3,68	-4,36	-3,44	-5,43	-7,18	-4,95	-8,73	-11,42
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	9,00
As (cm ² /m)	0,25	0,42	0,49	0,56	0,85	1,13	1,01	1,72	2,05	1,60	2,59	2,93	2,34	3,61	3,61
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35	1,20	1,35	1,65
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	11,00	13,00	12,00	10,00	9,00	12,00	13,00	13,00
M _{úit} (KNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,98	7,08	5,58	8,85	11,70	8,04	14,24	18,57
Coef. Seg.	7,67	4,59	3,87	3,40	2,26	1,72	1,92	1,63	1,62	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63	1,63
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,96	2,36	1,78	3,14	3,53	2,57	4,19	4,19
M _{úit} (KNm/m)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	6,78	8,10	6,18	10,61	13,95	8,79	16,36	21,39
Coef. Seg.	8,35	4,99	4,21	3,70	2,45	1,87	2,09	1,84	1,86	1,80	1,95	1,94	1,78	1,87	1,87
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,64	2,02	1,51	2,57	2,83	2,17	3,59	3,59
M _{úit} (KNm/m)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	5,71	6,98	5,28	8,79	11,32	7,48	14,17	18,48
Coef. Seg.	7,36	4,40	3,72	3,27	2,17	1,65	1,84	1,55	1,60	1,53	1,62	1,58	1,51	1,62	1,62
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,51	1,88	1,40	2,36	2,57	2,02	3,35	3,35
M _{úit} (KNm/m)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	5,28	6,52	4,90	8,10	10,33	6,98	13,28	17,30
Coef. Seg.	6,98	4,17	3,52	3,10	2,05	1,57	1,75	1,43	1,50	1,42	1,49	1,44	1,41	1,52	1,51

L4 - Espaçamento entre Armaduras															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	9,00
my (KNm/m)	0,30	0,54	0,67	0,68	1,06	1,51	1,21	2,15	2,69	1,90	3,12	4,20	2,73	4,83	6,38
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00
As (cm ² /m)	0,16	0,29	0,36	0,37	0,58	0,83	0,66	1,19	1,51	1,05	1,76	2,42	1,53	2,82	3,08
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	16,00	17,00	11,00	13,00	13,00	11,00	11,00	12,00	10,00	9,00
M _{últ} (KNm/m)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,44	2,35	3,47	4,37	3,07	5,06	6,85	4,42	7,90	10,42
Coef. Seg.	7,83	4,35	3,51	3,46	2,22	1,62	1,94	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,92	0,87	1,39	1,64	1,15	1,96	2,83	1,78	3,14	3,53
M _{últ} (KNm/m)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,70	2,56	4,03	4,73	3,36	5,61	7,92	5,12	8,72	11,83
Coef. Seg.	8,53	4,74	3,82	3,76	2,42	1,79	2,12	1,87	1,76	1,77	1,80	1,89	1,88	1,81	1,85
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,81	0,77	1,15	1,40	0,99	1,64	2,36	1,51	2,57	2,83
M _{últ} (KNm/m)	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,38	2,27	3,36	4,06	2,90	4,73	6,69	4,37	7,24	9,62
Coef. Seg.	7,57	4,20	3,39	3,34	2,14	1,58	1,88	1,56	1,51	1,53	1,52	1,59	1,60	1,50	1,51
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,77	0,73	1,07	1,31	0,92	1,51	2,17	1,40	2,36	2,57
M _{últ} (KNm/m)	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,27	2,15	3,13	3,81	2,70	4,37	6,18	4,06	6,69	8,79
Coef. Seg.	7,17	3,98	3,21	3,16	2,03	1,50	1,78	1,46	1,42	1,42	1,40	1,47	1,49	1,39	1,38
my' (KNm/m)	-0,46	-0,81	-1,01	-1,02	-1,59	-2,27	-1,82	-3,22	-4,03	-2,84	-4,68	-6,30	-4,10	-7,25	-9,57
d (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
As (cm ² /m)	0,20	0,36	0,46	0,46	0,72	1,04	0,83	1,49	1,89	1,31	2,21	3,04	1,92	3,54	3,99
As _{min} (cm ² /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,35
Bitola (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	13,00	10,00	15,00	12,00	9,00	10,00	14,00	12,00
M _{últ} (KNm/m)	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	5,21	6,55	4,59	7,61	10,29	6,65	11,86	15,63
Coef. Seg.	9,17	5,21	4,18	4,14	2,65	1,86	2,32	1,62	1,63	1,62	1,63	1,63	1,62	1,64	1,63
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,64	2,18	1,40	2,57	3,53	2,18	3,87	4,57
M _{últ} (KNm/m)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	5,71	7,51	4,90	8,79	11,83	7,51	12,87	17,72
Coef. Seg.	9,98	5,67	4,54	4,50	2,89	2,02	2,52	1,77	1,86	1,73	1,88	1,88	1,83	1,78	1,85
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,40	1,78	1,23	2,17	2,83	1,78	3,35	3,87
M _{últ} (KNm/m)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,90	6,18	4,32	7,48	9,62	6,18	11,27	15,20
Coef. Seg.	8,80	5,00	4,01	3,97	2,55	1,78	2,23	1,52	1,53	1,52	1,60	1,53	1,51	1,55	1,59
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,31	1,64	1,15	2,02	2,57	1,64	3,14	3,59
M _{últ} (KNm/m)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	4,59	5,71	4,05	6,98	8,79	5,71	10,61	14,17
Coef. Seg.	8,35	4,74	3,80	3,76	2,42	1,69	2,11	1,43	1,42	1,43	1,49	1,40	1,39	1,46	1,48

L5 - Espaçamento entre Armaduras															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
I1 (cm)	200	300	400	300	450	600	400	600	800	500	750	1000	600	900	1200
I2 (cm)	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600
Aço	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60	CA60
Concreto	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30	C30
Espessura (cm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	11,00	13,00	10,00	14,00	17,00
my (KNm/m)	0,76	1,34	1,68	1,71	2,65	3,78	3,03	5,37	7,46	4,74	9,08	13,38	7,58	16,06	22,59
d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	5,00	8,00	10,00	7,00	11,00	14,00
As (cm ² /m)	0,41	0,74	0,93	0,94	1,48	2,16	1,71	3,17	3,05	2,76	3,23	3,80	3,10	4,14	4,54
As _{min} (cm ² /m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,01	0,80	1,11	1,31	1,01	1,41	1,71
Bitola (mm)	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	8,00	8,00	6,00	8,00	8,00
Espaçamento (cm)	17,00	17,00	14,00	14,00	13,00	13,00	11,00	8,00	9,00	10,00	15,00	13,00	9,00	12,00	11,00
M _{lít} (KNm/m)	2,35	2,35	2,73	2,76	4,29	6,15	4,92	8,80	12,15	7,74	14,77	21,78	12,34	26,11	36,68
Coef. Seg.	3,09	1,75	1,63	1,61	1,62	1,63	1,62	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62
As (cm ² /m) Espaç. -1cm	0,87	0,87	1,07	1,07	1,64	2,36	1,96	4,04	3,53	3,14	3,59	4,19	3,53	4,57	5,03
M _{lít} (KNm/m)	2,56	2,56	3,13	3,13	4,73	6,69	5,61	10,97	13,95	8,72	16,32	23,90	13,95	20,69	40,47
Coef. Seg.	3,37	1,91	1,86	1,83	1,78	1,77	1,85	2,04	1,87	1,84	1,80	1,79	1,84	1,29	1,79
As (cm ² /m) Espaç. +1cm	0,77	0,77	0,92	0,92	1,40	2,02	1,64	3,14	2,83	2,57	3,14	3,59	2,83	3,87	4,19
M _{lít} (KNm/m)	2,27	2,27	2,70	2,70	4,06	5,77	4,73	8,72	11,32	7,24	14,38	20,63	11,32	24,48	33,96
Coef. Seg.	2,99	1,69	1,61	1,58	1,53	1,53	1,56	1,62	1,52	1,53	1,58	1,54	1,49	1,52	1,50
As (cm ² /m) Espaç. +2cm	0,73	0,73	0,87	0,87	1,31	1,88	1,51	2,83	2,57	2,36	2,96	3,35	2,57	3,59	3,87
M _{lít} (KNm/m)	2,15	2,15	2,56	2,56	3,81	5,39	4,37	7,92	10,33	6,69	13,59	19,31	10,33	22,78	31,45
Coef. Seg.	2,83	1,60	1,52	1,50	1,44	1,43	1,44	1,47	1,38	1,41	1,50	1,44	1,36	1,42	1,39

APÊNDICE H – Dimensionamento das vigas

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Comprimento viga l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes externas (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	5,55
$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,40	2,00	2,00	2,00
k_x	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,64	0,75	0,75	0,75
k_y	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,36	0,25	0,25	0,25
Reação $R = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,28	3,41	4,55	5,69	3,41	5,69	4,55	6,00	8,33
Carga total (kN/m)	10,28	11,41	12,55	13,69	11,41	13,69	12,55	14,00	16,33
Base (cm)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura (cm)	25,00	25,00	30,00	35,00	45,00	50,00	55,00	70,00	85,00
$h - d$ (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	5,80	14,32	28,25	48,53	61,98	99,93	123,50	220,94	374,27
Momento máximo negativo (kNm)									
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,79	0,79	0,94	1,10	1,42	1,58	1,73	2,20	2,68
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,56	2,45	2,45	2,96
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50	12,5/8
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	110,00	130/110
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,79	0,79	0,94	1,10	1,42	1,58	1,73	2,20	2,84
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45	2,96
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50	12,5/8
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	110,00	130/110

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,96	2,48	4,00	5,86	5,40	7,95	8,84	12,89	17,90
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	2,96	4,02	6,03	6,03	8,30	9,43	14,33	20,61
Bitola 1ª camada	8,00	12,5/8	16,00	16,00	16,00	20/16	20,00	20/16	20/16
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2,00	3,00	3,00	2/1	3,00	2/2	2/2
Bitola 2ª camada								16,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada								2,00	2,00
Bitola 3ª camada									16,00
Quantidade barras 3ª camada									2,00
Armadura cisalhamento (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Bitola estribos	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Quantidade de estribos	16	24	31	39	47	54	62	77	93
Espaçamento (cm)	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Armadura de pele (cm ² /m)									0,9
Armadura de pele									3 X 2 φ 0,1 c/ 20

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Comprimento viga l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes internas (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
Carga lajes (kN/m ²)	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,60	11,10
$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,40	2,00	2,00	2,00
k_x	0,634	0,634	0,634	0,634	0,342	0,488	0,342	0,342	0,342
k_y	0,366	0,366	0,366	0,366	0,659	0,512	0,659	0,659	0,659
Reação $R = 2 * 0,63 * k_x * l_x * p$ (kN/m)	14,54	21,81	29,08	36,35	23,53	39,17	31,37	41,37	57,40
Carga total (kN/m)	19,29	26,56	33,83	41,10	28,28	43,92	36,12	46,12	62,15
Base (cm)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	18,00	23,00	33,00
Altura (cm)	25,00	25,00	40,00	55,00	55,00	70,00	75,00	85,00	125,00
h - d (cm)	5,00	5,00	7,50	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	10,06	25,46	70,26	134,03	135,31	288,31	315,96	637,60	1304,3
Momento máximo negativo (kNm)									
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,49	0,78	1,07	1,07	1,89	2,03	2,93	6,19
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	0,62	1,01	1,57	1,57	2,45	2,45	2,96	6,48
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	6,30	8,00	10,00	10,00	12,50	12,50	12,5/8	16/12,5
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/2
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	115,00	105,00	150/12 5	215/195
Bitola 2ª camada esquerda (mm)									
Quantidade de barras									
Comprimento de ancoragem (cm)									
Armadura superior calculada centro (cm ² /m)			0,39					0,20	
Armadura superior efetiva centro (cm ² /m)			0,62						
Bitola 1ª camada centro (mm)			6,30						
Quantidade de barras			2,00						

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,49	0,49	0,78	1,07	1,07	1,89	2,03	2,93	6,19
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	0,62	0,62	1,01	1,57	1,57	2,45	2,45	2,96	6,48
Bitola 1ª camada direita (mm)	6,30	6,30	8,00	10,00	10,00	12,50	12,50	12,5/8	16/12,5
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/2
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	115,00	105,00	150/12 5	215/195
Bitola 2ª camada direita (mm)									
Quantidade de barras									
Comprimento de ancoragem (cm)									
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,76	5,48	9,29	11,76	11,92	19,81	19,55	36,53	42,09
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	2,45	6,28	10,31	12,57	12,57	21,99	21,99	37,70	43,99
Bitola 1ª camada	12,50	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
Bitola 2ª camada			16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada			2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00
Bitola 3ª camada						20,00	20,00	20,00	20,00
Qtde barras 3ª camada						2,00	2,00	4,00	4,00

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Armadura cisalhamento esquerda (cm²/m)		3,19	4,62	4,92	3,81	5,64	4,67	6,87	6,47
Bitola estribos		5	6	6	5	6	6	5	5
Quantidade de estribos		17	9	11	11	13	10	16	9
Espaçamento (cm)		12	12	11	10	10	12	11	12
Comprimento (cm)		200	100	111,2	102	128,8	114,4	174	100
Armadura cisalhamento centro (cm²/m)	1,82		1,82	1,82	1,82	2,52	2,52	3,22	4,62
Bitola estribos	4,2		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	5	6
Quantidade de estribos	14		14	19	27	45	58	55	84
Espaçamento (cm)	25		15	15	15	10	10	12	12
Comprimento (cm)	200		200	277,6	396	442,4	571,1	652	1000
Armadura cisalhamento direita (cm²/m)		3,19	4,62	4,92	3,81	5,64	4,67	6,87	6,47
Bitola estribos		5	6	6	5	6	6	5	5
Quantidade de estribos		9	9	11	11	13	10	16	9
Espaçamento (cm)		12	12	11	10	10	12	11	12
Comprimento (cm)		100	100	111,2	102	128,8	114,4	174	100
Armadura de pele (cm²/m)							0,7	1	2,1
Armadura de pele							3 X 2 φ 0,1 c/20	3 X 2 φ 0,1 c/20	5 X 2 φ 0,1 c/20

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Vão 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$k_x = 1 - k_y$	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
	$k_y = 0,366 / \lambda$	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Reação vão 1: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	1,67	1,67	2,50	2,50	2,50	3,33	3,33	3,33	4,16	4,16	4,16	5,00	5,00	5,00
Carga Total vão 1 (kN/m)	9,67	9,67	9,67	10,50	10,50	10,50	11,33	11,33	11,33	12,16	12,16	12,16	13,00	13,00	13,00	
Vão 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00	12,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,67	0,50	0,50	0,67	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,63	0,34	0,63	0,46	0,34	0,34	0,46	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,37	0,66	0,37	0,54	0,66	0,66	0,54	0,66
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	2,50	3,33	2,50	3,75	4,49	3,33	4,16	4,49	4,16	6,20	7,90	4,49	8,25	10,96
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,67	10,50	11,33	10,50	11,75	12,49	11,33	12,16	12,49	12,16	14,20	15,90	12,49	16,25	18,96
Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	35,00	35,00	45,00	60,00	40,00	55,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	10,00	

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Momento máximo positivo (kNm)	3,41	3,09	3,09	8,25	7,65	7,81	15,69	14,52	14,82	27,13	25,53	26,92	42,53	40,22	41,83
Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6	-250,59
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,10	1,10	1,42	1,89	1,26	1,73	2,20
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	2,45	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	260,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,79	1,45	5,04	1,92	3,02	4,77	3,89	4,28	4,95	4,35	7,21	10,24	5,76	9,45	15,82
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31	18,85
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	10,00	20,00	12,50	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	230,00	100,00	155,00	260,00	115,00	160,00	205,00	155,00	260,00	450,00	180,00	320,00	585,00
Bitola 2ª camada direita (mm)											10,00	16,00		16,00	20,00
Quantidade de barras											2,00	2,00		2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)											100,00	210,00		160,00	410,00
Bitola 3ª camada direita (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															240,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,79	0,79	0,79	1,38	1,01	1,10	2,74	1,96	1,64	3,09	2,27	1,89	4,20	2,82	2,29
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,57	2,96	2,45	2,45	3,24	2,45	2,45	4,81	2,96	2,45
Bitola 1ª camada	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	10,00	12,5/8	12,50	12,50	12,5/10	12,50	12,50	16/10	12,5/8	12,50
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2/1	2,00
Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Bitola estribos	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos	16,00	16,00	16,00	24,00	24,00	24,00	31,00	31,00	31,00	39,00	39,00	39,00	47,00	47,00	47,00
Espaçamento (cm)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Comprimento (cm)	200,00	200,00	200,00	300,00	300,00	300,00	400,00	400,00	400,00	500,00	500,00	500,00	600,00	600,00	600,00

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Momento máximo positivo (kNm)	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	40,34	137,9	291,77
Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6	-250,59
Armadura sup. calculada esq. (cm ² /m)	0,79	1,45	5,04	1,92	3,02	4,77	3,89	4,28	4,95	4,35	7,21	10,24	5,76	9,45	15,82
Armadura superior efetiva esq. (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31	18,85
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	10,00	20,00	12,50	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	110,00	145,00	115,00	130,00	145,00	155,00	180,00	225,00	185,00	210,0	255,00
Bitola 2ª camada esquerda (mm)											10,00	16,00		16,00	20,00
Quantidade de barras											2,00	2,00		2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)											100,00	130,00		120,0	190,00
Bitola 3ª camada esquerda (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															130,00
Arm. superior calculada dir. (cm ² /m)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,10	1,10	1,42	1,89	1,26	1,73	2,20
Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	2,45	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	115,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,79	1,57	6,32	1,38	3,30	5,49	2,74	4,16	5,41	3,09	8,02	11,95	3,97	10,72	19,12
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	1,57	3,68	6,03	2,96	4,81	6,03	3,24	8,30	11,88	4,02	11,00	21,99
Bitola 1ª camada	8,00	10,00	20,00	10,00	12,50	16,00	12,5/8	16/10	16,00	12,5/10	20/16	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2/1	2/1	3,00	2,0/1	2/1	3,00	2,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada												12,50		10,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada												2,00		2,00	2,00
Bitola 3ª camada															20,00
Qtde barras 3ª camada															2,00
Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)			4,61									3,16		3,21	4,75
Bitola estribos			6,00									5,00		5,00	6,00
Quantidade de estribos			9,00									9,00		9,00	15,00
Espaçamento (cm)			12,00									12,00		12,00	11,00
Comprimento (cm)			100,00									100,00		100,0	155,60
Arm. cisalhamento centro (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Bitola estribos	5	5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos	16	24,00	24,00	24,00	35,00	47,00	31,00	39,00	47,00	39,00	58,00	70,00	47,00	62,00	81,00
Espaçamento (cm)	13	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Comprimento (cm)	200,00	300,00	300,00	300,00	450,00	600,00	400,00	500,00	600,00	500,00	750,00	900,00	600,00	800,0	1044,40
Arm. cisalhamento direita (cm ² /m)															
Bitola estribos															
Quantidade de estribos															
Espaçamento (cm)															
Comprimento (cm)															

		Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Vão 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Carga parede interna (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$k_x = 1 - k_y$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	$k_y = 0,5 / \lambda$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Reação vão 1: $R3 = 2 * 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	5,73	5,73	5,73	8,60	8,60	8,60	11,47	11,47	11,47	14,33	14,33	14,33	17,20	17,20	17,20
Carga Total vão 1 (kN/m)	10,48	10,48	10,48	13,35	13,35	13,35	16,22	16,22	16,22	19,08	19,08	19,08	21,95	21,95	21,95	
Vão 2	Comprimento vão 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00	12,00
	Profundidade laje 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,50	2,00	2,00	1,50	2,00
	k_x	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,50	0,50	0,75	0,50	0,67	0,75	0,75	0,67	0,75
	k_y	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50	0,25	0,50	0,33	0,25	0,25	0,33	0,25
	Reação vão 2: $R3 = 2 * 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	5,73	8,60	11,47	8,60	12,90	4,30	11,47	14,33	4,30	14,33	9,56	7,56	4,30	12,73	10,49
	Carga Total vão 2 (kN/m)	10,48	13,35	16,22	13,35	17,65	9,05	16,22	19,08	9,05	19,08	14,31	12,31	9,05	17,48	15,24
Base	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	13,00	18,00	18,00	
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	40,00	30,00	35,00	40,00	40,00	50,00	60,00	45,00	55,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	10,00	

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Momento máximo positivo (kNm)	3,51	3,18	3,23	9,89	9,07	9,28	21,33	19,53	19,71	39,50	36,40	38,29	75,42	61,83	63,54
Momento máximo negativo (kNm)	-4,79	-10,04	-18,28	-13,54	-29,52	-31,06	-29,23	-42,94	-35,66	-54,13	-79,14	-125,6	-64,9	-140,4	-219,58
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,58	0,78	0,58	0,68	0,78	0,78	0,98	1,62	0,88	1,49	1,89
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	1,01	0,62	1,01	1,01	1,01	1,01	2,45	1,01	1,57	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	8,00	6,30	8,00	8,00	8,00	8,00	12,50	8,00	10,00	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,80	1,76	3,46	2,46	5,43	3,11	5,35	6,39	3,63	6,59	7,08	8,65	6,66	11,30	13,93
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57	18,85
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	12,50	16,00	12,50	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	115,00	190,00	100,00	170,00	185,00	120,00	165,00	155,00	145,00	205,00	305,00	140,00	255,00	365,00
Bitola 2ª camada direita (mm)					10,00		10,00	12,50		16,00	16,00	12,50	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras					2,00		2,00	2,00		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)					100,00		100,00	100,00		100,00	130,00	130,00	100,00	160,00	270,00
Bitola 3ª camada direita (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															170,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,58	0,52	0,52	173,00	1,38	0,87	3,57	2,49	1,91	4,48	2,95	2,42	8,07	4,47	3,55
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	2,45	1,57	1,01	4,02	4,02	2,45	6,28	4,02	2,45	8,74	4,81	3,68
Bitola 1ª camada	6,30	6,30	6,30	12,50	10,00	8,00	16,00	16,00	12,50	20,00	16,00	12,50	20,00	16/10	12,50
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00
Bitola 2ª camada															
Quantidade barras 2ª camada															
Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)															
Bitola estribos															
Quantidade de estribos															
Espaçamento (cm)															
Comprimento (cm)															
Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	2,52	1,82	2,52	2,52
Bitola estribos	4,2	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Quantidade de estribos	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	21,00	21,00	21,00	21,00	27,00	27,00	51,00	24,00	51,00	51,00
Espaçamento (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	15,00	10,00	10,00
Comprimento (cm)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	300,00	300,00	300,00	300,00	396,70	400,00	500,00	354,50	500,00	500,00
Armadura cisalhamento direita (cm ² /m)				1,93	2,25		3,67	3,05	1,83	3,82	2,86		4,62	3,45	2,92
Bitola estribos				4,20	4,20		5,00	5,00	4,20	5,00	5,00		6,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos				8,00	9,00		11,00	9,00	7,00	11,00	8,00		13,00	10,00	8,00
Espaçamento (cm)				14,00	12,00		10,00	12,00	15,00	10,00	13,00		12,00	11,00	13,00
Comprimento (cm)				100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	103,30	100,00		145,50	100,00	100,00

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Momento máximo positivo (kNm)	3,51	11,31	20,75	9,89	33,54	32,34	21,33	43,54	30,46	39,50	75,97	130,08	26,61	137,9	230,34
Momento máximo negativo (kNm)	-4,79	-10,04	-18,08	-13,54	-29,52	-31,06	-29,23	-42,94	-35,66	-54,13	-79,14	-125,6	-64,88	-140,4	-219,58
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,80	1,76	3,46	2,46	5,43	3,11	5,35	6,39	3,63	6,59	7,08	8,65	6,66	11,30	13,93
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57	18,85
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	12,50	16,00	12,50	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	105,00	145,00	120,00	130,00	165,00	145,00	180,00	240,00	260,00	215,0	270,00
Bitola 2ª camada esquerda (mm)					10,00		10,00	12,50		16,00	16,00	12,50	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras					2,00		2,00	2,00		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)					100,00		100,00	100,00		100,00	115,00	115,00	155,00	135,0	200,00
Bitola 3ª camada esquerda (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															135,00
Armadura superior calculada centro (cm ² /m)					0,36										
Armadura superior efetiva centro (cm ² /m)					0,62										
Bitola 1ª camada centro (mm)					6,30										
Quantidade de barras					2,00										
Armadura superior calc. Dir. (cm ² /m)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,58	0,78	0,58	0,68	0,78	0,78	0,98	1,62	0,88	1,49	1,89
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	1,01	0,62	1,01	1,01	1,01	1,01	2,45	1,01	1,57	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	8,00	6,30	8,00	8,00	8,00	8,00	12,50	8,00	10,00	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	110,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,58	2,01	4,12	1,73	6,44	3,25	3,57	6,52	3,05	4,48	6,74	9,00	2,43	11,06	14,77
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	0,62	2,45	6,28	2,45	7,85	4,02	4,02	7,85	4,02	6,28	7,85	9,43	2,45	11,00	15,71
Bitola 1ª camada	6,30	12,50	20,00	12,50	20,00	16,00	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00	20,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada					10,00			10,00			10,00			10,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada					2,00			2,00			2,00			2,00	2,00
Arm. cisalhamento esq. (cm ² /m)			3,14	1,93	4,60		3,67	4,59		3,82	3,06			4,01	3,78
Bitola estribos			5,00	4,20	6,00		5,00	6,00		5,00	5,00			6,00	5,00
Quantidade de estribos			9,00	8,00	10,00		11,00	11,00		11,00	9,00			9,00	14,00
Espaçamento (cm)			12,00	14,00	12,00		10,00	12,00		10,00	12,00			14,00	10,00
Comprimento (cm)			100,00	100,00	108,80		100,00	122,00		103,30	107,00			115,1	133,40
Arm. cisalhamento centro (cm ² /m)	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	2,52	1,82	2,52	2,52
Bitola estribos	4,2	4,2	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Quantidade de estribos	14	21,00	21,00	14,00	17,00	41,00	21,00	19,00	41,00	27,00	43,00	101,00	41,00	79,00	107,00
Espaçamento (cm)	15	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	15,00	10,00	10,00
Comprimento (cm)	200,00	300,00	300,00	200,00	241,20	600,00	300,00	278,00	600,00	396,70	643,00	1000,0	600,0	784,9	1066,6
Arm. cisalhamento dir. (cm ² /m)					2,80			2,66							
Bitola estribos					5,00			4,20							
Quantidade de estribos					8,00			11,00							
Espaçamento (cm)					14,00			10,00							
Comprimento (cm)					100,00			100,00							

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 1	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,34	0,34	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,66	0,66	0,66
	Reação: $R_3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	3,33	4,16	4,16	5,00	5,00	5,99	5,99	7,90	7,90
Carga Total vão (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	11,33	12,16	12,16	13,00	13,00	13,99	13,99	15,90	15,90	
Vão 2	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	k_x	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	k_y	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	Reação vão 2: $R_3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,97	2,63	3,29	3,94	1,31	1,31	1,97	1,97	1,97	1,97	2,63	2,63	3,29	3,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,97	10,63	11,29	11,94	9,31	9,31	9,97	9,97	9,97	9,97	10,63	10,63	11,29	11,29
Vão 3	Comprimento vão 3 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00	8,00
	Profundidade laje 3 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,34	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,66	0,66
	Reação vão 3: $R_3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	2,50	4,16	3,33	5,00	3,33	5,99	5,00	7,90	5,99
	Carga Total vão 3 (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	10,50	12,16	11,33	13,00	11,33	13,99	13,00	15,90	13,99
Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Altura	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	40,00	40,00	40,00	35,00	45,00	50,00	60,00	60,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Momento máximo positivo (kNm)	9,3	17,6	30,0	46,7	19,0	18,8	33,6	32,7	51,0	48,2	98,2	96,8	179,0	174,3
Momento máximo negativo (kNm)	-8,8	-16,7	-28,3	-43,8	-13,6	-15,2	-23,6	-25,7	-36,3	-40,1	-70	-78	-127	-137,7
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,79m	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	2,06	2,25	2,46	3,54	4,73	6,16	6,04	8,56	9,40
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
Bitola 1ª camada direita (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	16/10	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2/1	2,00	3,00	2,00	3,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	100/100	125,00	145/100	100,0	100,0	105,0	110,0	125,0	135/100	170,0	180,0	205,0	215,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,56	3,11	4,27	5,61	3,38	2,57	3,26	3,17	5,12	5,82	9,08	7,67	12,74	12,33
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	2,96	3,24	3,24	5,25	6,03	9,43	8,30	12,76	12,76
Bitola 1ª camada	10,00	12,5/10	16/10	16,00	12,50	12,5/8	12,5/10	12,5/10	16/12,5	16,00	20,00	20/16	20/16	20/16
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	2/1	2/1	2/1	2/1	3,00	3,00	2/1	2/2	2/2
Bitola 2ª camada													12,50	12,50
Qtde barras 2ª camada													2,00	2,00
Arm. cisalhamento centro (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Bitola estribos	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos	24,00	31,00	39,00	47,00	31,00	31,00	39,00	39,00	47,00	47,00	62,00	62,00	70,00	70,00
Espaçamento (cm)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Comprimento (cm)	300,0	400,0	500,0	600,0	400,0	400,0	500,0	500,0	600,0	600,0	800,0	800,0	900,0	900,0
Armadura cisalhamento direita (cm ² /m)													3,04	3,10
Bitola estribos													5,00	5,00
Quantidade de estribos													9,00	9,00
Espaçamento (cm)													12,00	12,00
Comprimento (cm)													100,0	100,00

Vão 1

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 2	Momento máximo positivo (kNm)	4,24	7,97	13,41	20,67	1,78	1,82	4,53	4,53	4,53	4,43	8,67	8,84	15,05	15,05
	Momento máximo negativo (kNm)	-8,83	-16,71	-28,26	-43,78	-13,57	-15,2	-23,6	-25,7	-36,3	-40,1	-69,9	-78,0	-127	-137,7
	Armadura superior calculada esq. (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	2,06	2,25	2,46	3,54	4,73	6,16	6,04	8,56	9,40
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	16/10	20,00	16,00	20,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2/1	2,00	3,00	3,00	3,00
	Espaçamento 1ª camada esq. (cm)	100,0	115/100	150,00	180/100										
	Bitola 2ª camada esquerda (mm)												10,00		
	Quantidade de barras												2,00		
	Arm. superior calc. centro (cm ² /m)					1,38	0,94	1,26	1,26	2,17	1,10	3,73	1,58	5,30	2,87
	Arm. superior efetiva centro (cm ² /m)					1,57	1,01	1,57	1,57	2,45	1,57	4,02	1,57	5,25	2,96
	Bitola 1ª camada centro (mm)					10,00	8,00	10,00	10,00	12,50	10,00	16,00	10,00	16/12,5	12,5/8
	Quantidade de barras					2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1
	Armadura superior calculada dir. (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	0,94	2,25	1,26	3,54	1,10	6,16	2,15	8,56	3,84
	Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	1,01	2,45	1,57	3,68	1,57	6,28	2,45	9,43	4,02
	Bitola 1ª camada direita (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	8,00	12,50	10,00	12,50	10,00	20,00	12,50	20,00	16,00
	Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
	Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	115/100	150,00	180/100										
	Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,79	1,33	1,80	2,32	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
	Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,57	2,45	2,45	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
	Bitola 1ª camada	8,00	10,00	12,50	12,50	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
	Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Arm. cisalhamento centro (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
	Bitola estribos	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Quantidade de estribos	24	31,00	39,00	47,00	16,00	16,00	24,00	24,00	24,00	24,00	31,00	31,00	39,00	39,00
	Espaçamento (cm)	13	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Comprimento (cm)	300,0	400,0	500,0	600,0	200,0	200,0	300,0	300,0	300,0	300,0	400,0	400,0	500,0	500,0

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Momento máximo positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	10,88	33,56	20,98	51,02	22,02	98,23	56,44	179,0	108,77
Momento máximo negativo (kNm)	-8,83	-16,71	-28,26	-43,78	-13,57	-5,7	-23,6	-12,5	-36,3	-9,0	-70	-29,3	-127	-60,0
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	0,94	2,25	1,26	3,54	1,10	6,16	2,15	8,56	3,84
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	1,01	2,45	1,57	3,68	1,57	6,28	2,45	9,43	4,02
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	8,00	12,50	10,00	12,50	10,00	20,00	12,50	20,00	16,00
Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esq. (cm)	100,0	100/100	125,00	145/100	100,0	100,0	105,0	100,0	125,0	100,0	170,0	105,0	205,0	150,00
Arm. superior calculada dir. (cm ² /m)	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,01	1,01	1,10	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,56	3,11	4,27	5,61	3,38	1,45	3,26	1,99	5,12	2,48	9,08	4,27	12,74	7,24
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	1,57	3,24	2,45	5,25	2,96	9,43	4,81	12,76	7,51
Bitola 1ª camada	10,00	12,5/10	16/10	16,00	12,50	10,00	12,5/10	12,50	16/12,5	12,5/8	20,00	16/10	20/16	20/12,5
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	2,00	2/1	2,00	2/1	2/1	3,00	2/1	2/2	2/1
Bitola 2ª camada													12,50	
Quantidade barras 2ª camada													2,00	
Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)													3,04	
Bitola estribos													5,00	
Quantidade de estribos													9,00	
Espaçamento (cm)													12,00	
Comprimento (cm)													100,0	
Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Bitola estribos	5	5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos	24	31,00	39,00	47,00	31,00	24,00	39,00	31,00	47,00	31,00	62,00	47,00	70,00	62,00
Espaçamento (cm)	13	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Comprimento (cm)	300,0	400,0	500,0	600,0	400,0	300,0	500,0	400,0	600,0	400,0	800,0	600,0	900,0	800,00

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Vão 1	Comprimento vão 1 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede interna (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	k_x	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
	k_y	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25
	Reação vão 1: $R3 = 2 * 0,63 * k_x * l_x * p$ (kN/m)	8,60	11,47	14,33	17,20	11,47	11,47	14,33	14,33	17,20	17,20	17,20	17,20	22,68	22,68
	Carga Total vão 1 (kN/m)	13,35	16,22	19,08	21,95	16,22	16,22	19,08	19,08	21,95	21,95	21,95	21,95	27,43	27,43
Vão 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	k_x	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
	k_y	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
	Reação vão 2: $R1 = 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	6,78	9,04	11,29	13,55	4,52	4,52	6,78	6,78	6,78	6,78	9,04	9,04	11,29	11,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	11,53	13,79	16,04	18,30	9,27	9,27	11,53	11,53	11,53	11,53	13,79	13,79	16,04	16,04
	Vão 3	Comprimento vão 3 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00
Profundidade laje 3 l_x (m)		3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	6,00	5,00	4,00	
Carga laje (kN/m ²)		4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
$\lambda = l_y / l_x$		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00
k_x		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,50	0,75	0,75
k_y		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	0,25
Reação vão 3: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)		8,60	11,47	14,33	17,20	11,47	8,60	14,33	11,47	17,20	11,47	17,20	17,20	22,68	17,20
Carga Total vão 3 (kN/m)		13,35	16,22	19,08	21,95	16,22	13,35	19,08	16,22	21,95	16,22	21,95	21,95	27,43	21,95
Base		13,00	13,00	13,00	18,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Altura	25,00	35,00	40,00	45,00	35,00	35,00	45,00	50,00	45,00	45,00	55,00	55,00	70,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	10,00	10,00	

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Momento máximo positivo (kNm)	11,28	24,61	45,93	76,67	26,25	25,38	48,92	47,84	81,67	78,33	147,39	143,20	288,70	280,22
Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-20,13	-32,64	-36,28	-56,10	-63,85	-102,80	-112,50	-200,22	-219,87
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,68	0,78	1,22	0,68	0,68	0,88	0,98	1,22	1,22	1,49	1,49	1,89	1,89
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	2,33	2,81	2,75	4,92	5,67	7,82	8,68	12,46	13,95
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Bitola 1ª camada direita (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	12,50	16,00	16,00	16/12,5	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100	110	120	145	100	100	115	130	130/100	140	160	170	235	235
Bitola 2ª camada direita (mm)			8,00	10,00							10,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 2ª camada direita (cm)			100	100							100	100	165	190
Bitola 3ª camada direita (mm)														20,00
Quantidade de barras														2,00
Espaçamento 3ª camada direita (cm)														140,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	2,00	2,90	5,26	7,61	3,11	3,00	4,38	3,70	7,51	7,15	12,00	11,58	19,85	19,05
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	4,02	6,28	4,02	7,51	7,51	13,45	11,88	21,99	21,99
Bitola 1ª camada	12,50	16,00	20,00	20/16	16,00	16,00	20,00	16,00	20/12,5	20/12,5	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada											16,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada											2,00	2,00	2,00	2,00
Bitola 3ª camada													20,00	20,00
Espaçamento 3ª camada													2,00	2,00
Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)			2,37				1,91				2,68	2,60	4,00	3,90
Bitola estribos			4,20				4,20				4,20	4,20	6,00	5,00
Quantidade de estribos			10,00				8,00				11,00	11,00	8,00	11,00
Espaçamento (cm)			11,00				14,00				10,00	10,00	14,00	10,00
Comprimento (cm)			100,0				100,00				100,00	100,00	100,00	100,00
Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	1,87	1,82	1,82	2,52	1,82	1,82	1,82	1,82	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Bitola estribos	4,2	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Quantidade de estribos	15,00	21,00	20,00	51,00	21,00	21,00	21,00	27,00	51,00	51,00	59,00	58,00	68,00	67,00
Espaçamento (cm)	14,00	15,00	15,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Comprimento (cm)	200	300	295,1	500,0	300,0	300,0	0,00	400,00	500,00	500,00	584,80	579,90	675,00	668,60
Armadura cisalhamento direita (cm ² /m)	2,29	2,92	4,02	4,01	2,36	2,86	3,06	2,51	3,85	3,54	4,35	4,43	6,06	6,16
Bitola estribos	4,20	5,00	6,00	6,00	4,20	5,00	5,00	4,20	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00
Quantidade de estribos	9,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	9,00	10,00	11,00	10,00	9,00	11,00	19,00	20,00
Espaçamento (cm)	12,00	13,00	14,00	14,00	11,00	13,00	12,00	11,00	10,00	11,00	13,00	12,00	12,00	12,00
Comprimento (cm)	100	100	104,9	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	115,20	120,10	225,00	231,40

Vão 1

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Vão 2	Momento máximo positivo (kNm)	4,63	7,91	18,07	30,49	1,74	1,74	4,88	4,94	5,09	5,09	10,85	10,85	19,99	19,99
	Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-20,13	-32,64	-36,28	-56,10	-63,85	-102,80	-112,50	-200,22	-219,87
	Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	2,33	2,81	2,75	4,92	5,67	7,82	8,68	12,46	13,95
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	12,50	16,00	16,00	16/12,5	6,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)		135	170	205										
	Bitola 2ª camada esquerda (mm)			8,00	10,00							10,00	12,50	20,00	20,00
	Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00	2,00	2,00	2,00
	Espaçamento 2ª camada esquerda (cm)			100	100										
	Bitola 3ª camada esquerda (mm)														20,00
	Quantidade de barras														2,00
	Espaçamento 3ª camada esquerda (cm)														
	Armadura superior calculada centro (cm ² /m)					1,45	0,68	1,50	0,98	3,49	1,22	5,13	2,61	8,29	4,01
	Armadura superior efetiva centro (cm ² /m)					1,57	1,01	1,57	1,01	3,68	1,57	5,25	2,96	8,74	4,02
	Bitola 1ª camada centro (mm)					10,00	8,00	10,00	8,00	12,50	10,00	16/12,5	12,5/8	20,00	16,00
	Quantidade de barras					2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2/1	2/1	2,00	2,00
	Bitola 2ª camada centro (mm)													12,50	
	Quantidade de barras													2,00	
	Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	0,68	2,81	1,09	4,92	1,22	7,82	3,16	12,46	4,66
	Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	1,01	4,02	1,57	5,25	1,57	7,85	3,24	12,57	4,81
	Bitola 1ª camada direita (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	8,00	16,00	10,00	16/12,5	10,00	20,00	12,5/10	20,00	16/10
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2,00	2/1
	Comprimento de ancoragem (cm)	100	135	170	205										
	Bitola 2ª camada direita (mm)			8,00	10,00							10,00		20,00	
	Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00		2,00	
	Espaçamento 2ª camada direita (cm)			100	100										
	Bitola 3ª camada direita (mm)														
	Quantidade de barras														
	Espaçamento 3ª camada direita (cm)														

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Vão 2	Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,77	1,11	1,89	2,75	0,68	0,68	0,88	0,98	1,22	1,22	1,49	1,49	1,89	1,89
	Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,57	2,45	2,96	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
	Bitola 1ª camada	8,00	10,00	12,50	12,5/8	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
	Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Bitola 2ª camada														
	Quantidade barras 2ª camada														
	Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)			2,41											
	Bitola estribos			4,20											
	Quantidade de estribos			10,00											
	Espaçamento (cm)			11,00											
	Comprimento (cm)			100,0											
	Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	1,87	1,82	1,82	2,52	1,82	1,82	1,82	1,82	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
	Bitola estribos	4,2	4,2	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
	Quantidade de estribos	22	27,00	21,00	61,00	14,00	14,00	21,00	21,00	31,00	31,00	41,00	41,00	51,00	51,00
	Espaçamento (cm)	14	15,00	15,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Comprimento (cm)	300	400	300,0	600,0	200,0	200,00	300,00	300,00	300,00	300,00	400,00	400,00	500,00	500,00	
Armadura cisalhamento direita (cm ² /m)			2,41												
Bitola estribos			4,20												
Quantidade de estribos			10,00												
Espaçamento (cm)			11,00												
Comprimento (cm)			100,0												

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Momento máximo positivo (kNm)	11,28	24,61	45,23	76,67	26,25	13,42	48,92	28,61	81,67	31,86	147,39	88,74	288,70	161,74
Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-6,05	-32,64	-14,95	-56,10	-9,59	-102,80	-44,61	-200,22	-82,35
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	0,68	2,81	1,09	4,92	1,22	7,82	3,16	12,46	4,66
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	1,01	4,02	1,57	5,25	1,57	7,85	3,24	12,57	4,81
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	8,00	16,00	10,00	16/12,5	10,00	20,00	12,5/10	20,00	16/10
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2,00	2/1
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100	110	120	145	100	100	115	100	130/100	100	160	125/100	235	155/105
Bitola 2ª camada esquerda (mm)			8,00	10,00							10,00		20,00	
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00		2,00	
Espaçamento 2ª camada esquerda (cm)			100	100							100		165	
Bitola 3ª camada esquerda (mm)														
Quantidade de barras														
Espaçamento 3ª camada esquerda (cm)														
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,49	0,68	0,78	1,22	0,68	0,68	0,88	0,98	1,22	1,22	1,49	1,49	1,89	1,89
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	0,62	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	6,30	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	105

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Vão 3	Armadura inferior calculada (cm ² /m)	2,00	2,90	5,26	7,61	3,11	1,51	4,38	2,14	7,51	2,68	12,00	6,63	19,85	9,73
	Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	1,57	6,28	2,45	7,51	2,96	13,45	7,51	21,99	11,00
	Bitola 1ª camada	12,50	16,00	20,00	20/16	16,00	10,00	20,00	12,50	20/12,5	12,5/8	20,00	20,00	20,00	20,00
	Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1	3,00	2,00	3,00	3,00
	Bitola 2ª camada											16,00	12,50	20,00	10,00
	Quantidade barras 2ª camada											2,00	1,00	2,00	2,00
	Bitola 3ª camada													20,00	
	Espaçamento 3ª camada													2,00	
	Armadura cisalhamento esquerda (cm ² /m)	2,29	2,92	4,02	4,01	2,36		3,06		3,85		4,35		6,06	2,86
	Bitola estribos	4,2	5,00	6,00	6,00	4,20		5,00		5,00		6,00		5,00	5,00
	Quantidade de estribos	9	8,00	8,00	8,00	10,00		9,00		11,00		9,00		19,00	8,00
	Espaçamento (cm)	12	13,00	14,00	14,00	11,00		12,00		10,00		13,00		12,00	13,00
	Comprimento (cm)	100	100	104,9	100,0	100,0		100,00		100,00		115,20		225,00	100,00
	Armadura cisalhamento centro (cm ² /m)	1,87	1,82	1,82	2,52	1,82	1,82	1,82	1,82	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Bitola estribos	4,2	4,2	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	
Quantidade de estribos	15	21,00	20,00	51,00	21,00	21,00	21,00	27,00	51,00	41,00	59,00	61,00	68,00	71,00	
Espaçamento (cm)	14	15,00	15,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
Comprimento (cm)	200	300	295,1	500,0	300,0	300,00	300,00	400,00	500,00	400,00	584,80	600,00	675,00	700,00	
Armadura cisalhamento direita (cm ² /m)			2,37				1,91				2,68		4,00		
Bitola estribos			4,20				4,20				4,20		6,00		
Quantidade de estribos			10,00				8,00				11,00		8,00		
Espaçamento (cm)			11,00				14,00				10,00		14,00		
Comprimento (cm)			100,0				100,00				100,00		100,00		

APÊNDICE I – Vigas: flexão – resistência à compressão do concreto

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Momento p/ S=1 e fck = 30 MPa(kNm)	9,86	27,55	46,48	81,96	112,11	170,67	214,99	399,88	673,72
Coefficiente de segurança	1,70	1,92	1,65	1,69	1,81	1,71	1,74	1,81	1,80
Momento p/ fck = 10 MPa (kNm)	9,39	23,46	38,93	64,99	95,14	138,51	173,48	304,01	475,42
Coefficiente de segurança	1,62	1,64	1,38	1,34	1,54	1,39	1,40	1,38	1,27
Momento p/ fck = 20 MPa (kNm)	9,74	26,53	44,59	77,72	107,87	162,63	204,61	375,91	624,15
Coefficiente de segurança	1,68	1,85	1,58	1,60	1,74	1,63	1,66	1,70	1,67
Momento p/ fck = 40 MPa (kNm)	9,92	28,07	47,42	84,08	114,23	174,69	220,18	411,86	698,51
Coefficiente de segurança	1,71	1,96	1,68	1,73	1,84	1,75	1,78	1,86	1,87

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Momento p/ S=1 e fck = 30 MPa(kNm)	22,24	47,93	127,46	238,96	238,96	528,01	582,99	1110,83	2241,97
S	2,21	1,88	1,81	1,78	1,77	1,83	1,85	1,74	1,72
Momento p/ fck = 10 MPa (kNm)	17,71	18,87	49,87	119,80	119,80	264,63	319,61	505,00	1667,07
S	1,76	0,74	0,71	0,89	0,89	0,92	1,01	0,79	1,28
Momento p/ fck = 20 MPa (kNm)	21,10	40,49	107,42	209,17	209,17	462,17	517,14	959,37	2098,25
S	2,10	1,59	1,53	1,56	1,55	1,60	1,64	1,50	1,61
Momento p/ fck = 40 MPa (kNm)	22,80	51,65	137,48	253,85	253,85	560,93	615,91	1186,56	2313,84
S	2,27	2,03	1,96	1,89	1,88	1,95	1,95	1,86	1,77

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento positivo	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	42,53	137,90	291,77
As inferior p/ > momento	1,01	1,57	6,28	1,57	3,68	6,03	2,96	4,81	6,03	3,24	8,30	11,88	4,81	11,00	21,99
Momento p/ S=1 (kNm) e Fck = 30 Mpa	9,86	15,12	53,59	15,12	42,84	81,96	27,55	54,72	81,96	46,15	139,54	189,81	78,77	233,01	546,82
Coefficiente de segurança	2,89	1,62	1,66	1,83	1,81	1,79	1,76	1,87	1,81	1,70	1,70	1,12	1,85	1,69	1,87
Momento (kNm) p/ fck = 10 Mpa	9,39	13,97	35,18	13,97	36,52	64,99	23,46	43,92	64,99	41,25	107,38	213,02	67,97	176,52	321,07
Coefficiente de segurança	2,75	1,50	1,09	1,69	1,54	1,42	1,50	1,50	1,44	1,52	1,31	1,26	1,60	1,28	1,10
Momento (kNm) p/ fck = 20 Mpa	9,74	14,84	48,99	14,84	41,26	77,72	26,53	52,02	77,72	44,92	131,50	262,43	76,07	218,88	490,39
Coefficiente de segurança	2,86	1,59	1,52	1,80	1,74	1,70	1,69	1,78	1,72	1,66	1,60	1,55	1,79	1,59	1,68
Momento (kNm) p/ fck = 40 Mpa	9,92	15,27	55,90	15,27	43,63	84,08	28,07	56,07	84,08	46,76	143,56	287,14	80,12	240,07	575,04
Coefficiente de segurança	2,91	1,64	1,73	1,85	1,84	1,83	1,79	1,92	1,86	1,72	1,75	1,69	1,88	1,74	1,97

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento negativo	4,66	8,64	26,84	11,29	21,82	40,46	21,49	30,01	41,83	37,18	74,82	148,50	56,78	123,60	250,59
As superior p/ maior momento	1,01	1,45	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31	18,85
Momento p/ S=1 (kNm) e Fck = 30 Mpa	9,86	14,01	53,59	23,10	46,48	84,99	36,43	69,29	84,99	84,99	132,80	245,83	100,69	220,05	482,56
Coefficiente de segurança	2,12	1,62	2,00	2,05	2,13	2,10	1,70	2,31	2,03	2,29	1,77	1,66	1,77	1,78	1,93
Momento (kNm) p/ fck = 10 Mpa	9,39	13,03	35,18	20,30	38,93	66,58	28,88	50,88	66,58	66,58	104,03	196,20	82,28	170,43	316,67
Coefficiente de segurança	2,02	1,51	1,31	1,80	1,78	1,65	1,34	1,70	1,59	1,79	1,39	1,32	1,45	1,38	1,26
Momento (kNm) p/ fck = 20 Mpa	9,74	13,76	48,99	22,40	44,59	80,39	34,54	64,69	80,39	80,39	125,61	233,42	96,09	207,64	442,09
Coefficiente de segurança	2,09	1,59	1,83	1,98	2,04	1,99	1,61	2,16	1,92	2,16	1,68	1,57	1,69	1,68	1,76
Momento (kNm) p/ fck = 40 Mpa	9,92	14,13	55,90	23,45	47,42	87,30	37,37	71,60	87,30	87,30	136,40	252,03	103,00	226,25	503,29
Coefficiente de segurança	2,13	1,64	2,08	2,08	2,17	2,16	1,74	2,39	2,09	2,35	1,82	1,70	1,81	1,83	2,01

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Maior momento positivo(kNm)	3,51	11,31	20,75	9,89	33,54	32,34	21,33	43,54	30,46	39,50	75,97	130,08	75,42	137,90	230,34
As inferior p/ > momento	0,62	2,45	6,28	2,45	7,85	4,02	4,02	7,85	4,02	6,28	7,85	9,43	8,74	11,00	15,71
Momento p/ S=1 (kNm)	6,06	22,24	47,93	22,24	65,08	64,26	39,13	84,72	64,26	87,18	143,58	223,32	135,07	228,30	404,09
Coefficiente de segurança	1,73	1,97	2,31	2,25	1,94	1,99	1,83	1,95	2,11	2,21	1,89	1,72	1,79	1,66	1,75
Momento (kNm)	5,77	17,71	18,87	17,71	24,13	52,07	26,94	38,23	52,07	57,44	97,10	174,89	77,46	162,39	269,66
Coefficiente de segurança	1,64	1,57	0,91	1,79	0,72	1,61	1,26	0,88	1,71	1,45	1,28	1,34	1,03	1,18	1,17
Momento (kNm)	5,98	21,10	40,49	21,10	53,46	61,21	36,08	73,08	61,21	79,74	131,96	211,21	120,67	211,82	370,48
Coefficiente de segurança	1,70	1,87	1,95	2,13	1,59	1,89	1,69	1,68	2,01	2,02	1,74	1,62	1,60	1,54	1,61
Momento (kNm)	6,90	22,80	51,65	22,80	70,89	65,78	40,65	90,51	65,78	90,90	149,39	229,37	142,27	236,54	420,89
Coefficiente de segurança	1,97	2,02	2,49	2,31	2,11	2,03	1,91	2,08	2,16	2,30	1,97	1,76	1,89	1,72	1,83

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Maior momento negativo	4,79	10,04	18,28	13,54	29,52	31,06	29,23	42,94	35,66	54,13	79,14	125,60	64,90	140,40	219,58
As inferior p/ menor momento	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57	18,85
Momento p/ S=1 (kNm)	9,72	22,24	34,11	22,24	51,10	64,26	51,10	73,27	64,26	106,28	146,48	208,62	126,38	255,51	468,73
Coefficiente de segurança	2,03	2,22	1,87	1,64	1,73	2,07	1,75	1,71	1,80	1,96	1,85	1,66	1,95	1,82	2,13
Momento (kNm)	8,95	17,71	18,87	17,71	27,54	52,07	27,54	41,60	52,07	57,53	97,73	167,02	77,63	169,45	275,20
Coefficiente de segurança	1,87	1,76	1,03	1,31	0,93	1,68	0,94	0,97	1,46	1,06	1,23	1,33	1,20	1,21	1,25
Momento (kNm)	9,52	21,10	40,49	21,10	45,21	61,21	45,21	65,35	61,21	94,09	134,29	198,22	114,19	233,99	420,35
Coefficiente de segurança	1,99	2,10	2,21	1,56	1,53	1,97	1,55	1,52	1,72	1,74	1,70	1,58	1,76	1,67	1,91
Momento (kNm)	9,81	22,80	51,65	22,80	54,05	65,78	54,05	77,22	65,78	112,37	152,57	213,82	132,47	266,27	492,93
Coefficiente de segurança	2,05	2,27	2,83	1,68	1,83	2,12	1,85	1,80	1,84	2,08	1,93	1,70	2,04	1,90	2,24

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maior momento positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	18,77	33,56	32,67	51,02	48,23	98,23	96,81	179,03	174,25
As inferior p/ > momento	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	2,96	3,24	3,24	5,25	6,03	9,43	8,30	12,76	12,76
Momento p/ S=1 (kNm), fck = 30 Mpa	15,12	29,95	54,72	81,96	33,64	34,95	54,25	54,25	85,44	81,96	167,84	170,67	296,94	296,90
Coeficiente de Segurança	1,63	1,70	1,83	1,76	1,77	1,86	1,62	1,66	1,67	1,70	1,71	1,76	1,66	1,70
Momento (kNm) p/ fck = 10 Mpa	13,97	25,05	43,92	64,99	27,32	30,86	49,35	49,35	72,57	64,99	126,33	138,51	220,93	220,93
Coeficiente de Segurança	1,51	1,42	1,47	1,39	1,44	1,64	1,47	1,51	1,42	1,35	1,29	1,43	1,23	1,27
Momento (kNm) p/ fck = 20 Mpa	14,84	28,72	52,02	77,72	32,06	33,93	53,02	53,02	82,22	77,72	157,46	162,63	277,94	277,94
Coeficiente de Segurança	1,60	1,63	1,74	1,66	1,69	1,81	1,58	1,62	1,61	2,00	1,60	1,68	1,55	1,60
Momento (kNm) p/ fck = 40 Mpa	15,27	30,56	56,07	84,08	34,43	35,47	54,86	54,86	87,05	84,08	173,03	174,69	306,45	306,45
Coeficiente de Segurança	1,65	1,73	1,87	1,80	1,82	1,89	1,63	1,68	1,71	1,74	1,76	1,80	1,71	1,76
Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maior momento negativo (kNm)	8,83	16,71	28,26	43,78	13,57	15,21	23,58	25,65	36,30	40,09	69,85	77,95	126,61	137,72
As superior p/ > momento negativo	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
Momento p/ S=1 (kNm), fck = 30 Mpa	15,12	27,55	46,48	72,32	23,10	29,22	41,47	41,47	61,24	66,75	116,39	127,19	226,78	226,78
Coeficiente de Segurança	1,71	1,65	1,64	1,65	1,70	1,92	1,76	1,62	1,69	1,67	1,67	1,63	1,79	1,65
Momento (kNm) p/ fck = 10 Mpa	13,97	23,46	38,93	59,45	20,30	26,42	38,67	38,67	54,92	55,95	97,98	110,21	185,27	185,27
Coeficiente de Segurança	1,58	1,40	1,38	1,36	1,50	1,74	1,64	1,51	1,51	1,40	1,40	1,41	1,46	1,35
Momento (kNm) p/ fck = 20 Mpa	14,84	26,53	44,59	69,10	22,40	28,52	40,77	40,77	59,66	64,05	111,79	122,94	216,40	216,40
Coeficiente de Segurança	1,68	1,59	1,58	1,58	1,65	1,88	1,73	1,59	1,64	1,60	1,60	1,58	1,71	1,57
Momento (kNm) p/ fck = 40 Mpa	15,27	28,07	47,42	73,92	23,45	29,57	41,82	41,82	62,03	68,10	118,70	129,31	231,97	231,97
Coeficiente de Segurança	1,73	1,68	1,68	1,69	1,73	1,94	1,77	1,63	1,71	1,70	1,70	1,66	1,83	1,68

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Maior momento positivo (kNm)	11,28	24,61	45,93	76,67	26,25	25,38	48,92	47,84	81,67	78,33	147,39	143,20	288,70	280,22
As inferior p/ > momento	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	4,02	6,28	4,02	7,51	7,51	13,45	11,88	21,99	21,99
Momento, fck = 30 Mpa	22,24	54,21	87,18	136,86	54,21	54,21	110,73	84,36	134,84	134,84	270,17	243,71	528,01	528,01
Coefficiente de segurança	1,97163	2,20	1,90	1,79	2,07	2,14	2,26	1,76	1,65	1,72	1,83	1,70	1,83	1,88
Momento (kNm), fck = 10 Mpa	17,71	42,02	57,44	99,34	42,02	42,02	80,99	72,17	104,12	104,12	171,64	166,84	264,63	264,63
Coefficiente de segurança	1,57004	1,70744	1,25	1,30	1,60	1,66	1,66	1,51	1,27	1,33	1,16	1,17	0,92	0,94
Momento (kNm), fck = 20 Mpa	21,1	51,16	79,74	127,48	51,16	51,16	103,29	81,31	127,16	127,16	245,54	224,50	462,17	462,17
Coefficiente de segurança	1,87057	2,07883	1,74	1,66	1,95	2,02	2,11	1,70	1,56	1,62	1,67	1,57	1,60	1,65
Momento (kNm), fck = 40 Mpa	22,8	55,73	90,90	141,55	55,73	55,73	114,45	85,88	138,68	138,68	282,49	253,32	560,93	560,93
Coefficiente de segurança	2,02128	2,26453	1,98	1,85	2,12	2,20	2,34	1,80	1,70	1,77	1,92	1,77	1,94	2,00
Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Maior momento negativo (kNm)	10,13	21,95	40,07	67,77	18,12	20,13	32,64	36,28	56,10	63,85	102,80	112,50	200,22	219,87
As superior p/ > momento negativo	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Momento, fck = 30 Mpa	22,24	54,21	77,20	130,41	34,49	34,49	74,31	84,36	97,49	110,70	169,66	186,77	334,07	468,73
Coefficiente de segurança	2,19546	2,47	1,93	1,92	1,90	1,71	2,28	2,33	1,74	1,73	1,65	1,66	1,67	2,13
Momento (kNm), fck = 10 Mpa	17,71	42,02	53,12	96,84	29,96	29,96	62,12	72,17	82,48	90,89	136,09	145,17	248,01	275,20
Coefficiente de segurança	1,74827	1,91435	1,33	1,43	1,65	1,49	1,90	1,99	1,47	1,42	1,32	1,29	1,24	1,25
Momento (kNm), fck = 20 Mpa	21,1	51,16	67,43	122,01	33,35	33,35	71,26	81,31	93,74	105,75	161,26	176,37	312,56	420,35
Coefficiente de segurança	2,08292	2,33075	1,68	1,80	1,84	1,66	2,18	2,24	1,67	1,66	1,57	1,57	1,56	1,91
Momento (kNm), fck = 40 Mpa	22,8	55,73	74,58	134,60	35,05	35,05	75,83	85,88	99,37	113,17	173,85	191,97	344,83	492,93
Coefficiente de segurança	2,25074	2,53895	1,86	1,99	1,93	1,74	2,32	2,37	1,77	1,77	1,69	1,71	1,72	2,24

**APÊNDICE J – Vigas: flexão – espessura da camada
de cobrimento armaduras**

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Comprimento viga l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes externas (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	5,55
Reação $R = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,28	3,41	4,55	5,69	3,41	5,69	4,55	6,00	8,33
Carga total (kN/m)	10,28	11,41	12,55	13,69	11,41	13,69	12,55	14,00	16,33
Base (cm)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura (cm)	25,00	25,00	30,00	35,00	45,00	50,00	55,00	70,00	85,00
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	5,80	14,32	28,25	48,53	61,98	99,93	123,50	220,94	374,27
Momento máximo negativo (kNm)									
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,96	2,48	4,00	5,86	5,40	7,95	8,84	12,89	17,90
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	2,96	4,02	6,03	6,03	8,30	9,43	14,33	20,61
Bitola 1ª camada	8,00	12,5/8	16,00	16,00	16,00	20/16	20,00	20/16	20/16
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2,00	3,00	3,00	2/1	3,00	2/2	2/2
Bitola 2ª camada								16,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada								2,00	2,00
Bitola 3ª camada									16,00
Quantidade barras 3ª camada									2,00
Momento p/ S=1 (kNm)	9,86	27,55	46,48	81,96	112,11	170,67	214,99	399,88	673,72
S	1,70	1,92	1,65	1,69	1,81	1,71	1,74	1,81	1,80
Momento p/ cobrimento + 3 cm MPa (kNm)	8,35	23,11	40,45	72,92	103,07	158,22	200,85	378,38	642,81
S	1,44	1,61	1,43	1,50	1,66	1,58	1,63	1,71	1,72
Momento p/ cobrimento + 6 cm	6,83	18,67	34,42	63,87	94,02	145,77	186,70	356,89	611,89
S	1,18	1,30	1,22	1,32	1,52	1,46	1,51	1,62	1,63

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Comprimento viga l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes internas (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
Carga lajes (kN/m ²)	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,60	11,10
Reação $R = 2 * 0,63 * k_x * l_x * p$ (kN/m)	14,54	21,81	29,08	36,35	23,53	39,17	31,37	41,37	57,40
Carga total (kN/m)	19,29	26,56	33,83	41,10	28,28	43,92	36,12	46,12	62,15
Base (cm)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	18,00	23,00	33,00
Altura (cm)	25,00	25,00	40,00	55,00	55,00	70,00	75,00	85,00	125,00
h - d (cm)	5,00	5,00	7,50	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	10,06	25,46	70,26	134,03	135,31	288,31	315,96	637,60	1304,3
Momento máximo negativo (kNm)									
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,76	5,48	9,29	11,76	11,92	19,81	19,55	36,53	42,09
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	2,45	6,28	10,31	12,57	12,57	21,99	21,99	37,70	43,99
Bitola 1ª camada	12,50	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
Bitola 2ª camada			16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada			2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00
Bitola 3ª camada						20,00	20,00	20,00	20,00
Qtde barras 3ª camada						2,00	2,00	4,00	4,00
Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Momento $p/S=1$ (kNm)	22,24	47,93	127,46	238,96	238,96	528,01	582,99	1110,83	2241,97
Coefficiente de segurança	2,21	1,88	1,81	1,78	1,77	1,83	1,85	1,74	1,72
Momento $p/cobrimento + 3$ cm MPa (kNm)	18,56	38,51	111,99	220,10	220,10	495,03	550,00	1054,28	2175,99
Coefficiente de segurança	1,84	1,51	1,59	1,64	1,63	1,72	1,74	1,65	1,67
Momento $p/cobrimento + 6$ cm	14,89	29,09	96,53	201,25	201,25	462,04	517,02	997,73	2110,00
Coefficiente de segurança	1,48	1,14	1,37	1,50	1,49	1,60	1,64	1,56	1,62

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vão 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	Reação vão 1: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	1,67	1,67	2,50	2,50	2,50	3,33	3,33	3,33	4,16	4,16	4,16	5,00	5,00
Carga Total vão 1 (kN/m)	9,67	9,67	9,67	10,50	10,50	10,50	11,33	11,33	11,33	12,16	12,16	12,16	13,00	13,00	
Vão 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	2,50	3,33	2,50	3,75	4,49	3,33	4,16	4,49	4,16	6,20	7,90	4,49	8,25
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,67	10,50	11,33	10,50	11,75	12,49	11,33	12,16	12,49	12,16	14,20	15,90	12,49	16,25
Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	35,00	35,00	45,00	60,00	40,00	55,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	
Vão 1	Momento máximo positivo (kNm)	3,41	3,09	3,09	8,25	7,65	7,81	15,69	14,52	14,82	27,13	25,53	26,92	42,53	40,22
	Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6
	Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,10	1,10	1,42	1,89	1,26	1,73
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	2,45	1,57	2,45
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	10,00	12,50
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	260,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,79	1,45	5,04	1,92	3,02	4,77	3,89	4,28	4,95	4,35	7,21	10,24	5,76	9,45
	Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31
	Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	10,00	20,00	12,50	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	230,00	100,00	155,00	260,00	115,00	160,00	205,00	155,00	260,00	450,00	180,00	320,00
	Bitola 2ª camada direita (mm)											10,00	16,00		16,00
	Quantidade de barras											2,00	2,00		2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)											100,00	210,00		160,00
Bitola 3ª camada direita (mm)															
Quantidade de barras															

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Momento máximo positivo (kNm)	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	40,34	137,9	291,77
Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6	-250,59
Armadura sup. calculada esq. (cm ² /m)	0,79	1,45	5,04	1,92	3,02	4,77	3,89	4,28	4,95	4,35	7,21	10,24	5,76	9,45	15,82
Armadura superior efetiva esq. (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31	18,85
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	10,00	20,00	12,50	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	110,00	145,00	115,00	130,00	145,00	155,00	180,00	225,00	185,00	210,0	255,00
Bitola 2ª camada esquerda (mm)											10,00	16,00		16,00	20,00
Quantidade de barras											2,00	2,00		2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)											100,00	130,00		120,0	190,00
Bitola 3ª camada esquerda (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															130,00
Arm. superior calculada dir. (cm ² /m)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,10	1,10	1,42	1,89	1,26	1,73	2,20
Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	2,45	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	12,50	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	115,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,79	1,57	6,32	1,38	3,30	5,49	2,74	4,16	5,41	3,09	8,02	11,95	3,97	10,72	19,12
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,57	6,28	1,57	3,68	6,03	2,96	4,81	6,03	3,24	8,30	11,88	4,02	11,00	21,99
Bitola 1ª camada	8,00	10,00	20,00	10,00	12,50	16,00	12,5/8	16/10	16,00	12,5/10	20/16	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2/1	2/1	3,00	2,0/1	2/1	3,00	2,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada												12,50		10,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada												2,00		2,00	2,00
Bitola 3ª camada															20,00
Qtde barras 3ª camada															2,00
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento positivo	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	42,53	137,90	291,77
As inferior p/ > momento	1,01	1,57	6,28	1,57	3,68	6,03	2,96	4,81	6,03	3,24	8,30	11,88	4,81	11,00	21,99
Momento p/S=1 (kNm)	9,86	15,12	53,59	15,12	42,84	81,96	27,55	54,72	81,96	46,15	139,54	278,91	78,77	233,01	546,82
Coefficiente de segurança	2,89	1,62	1,66	1,83	1,81	1,79	1,76	1,87	1,81	1,70	1,70	1,64	1,85	1,69	1,87
Momento p/cobrimento + 3 cm MPa	8,35	12,77	44,17	12,77	37,32	72,92	23,11	47,51	72,92	41,29	127,09	251,09	71,56	216,51	513,84
Coefficiente de segurança	2,45	1,37	1,37	1,55	1,57	1,59	1,47	1,63	1,61	1,52	1,55	1,48	1,68	1,57	1,76

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Vão 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00
	Carga parede interna (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	Reação vão 1: $R3 = 2 * 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	5,73	5,73	5,73	8,60	8,60	8,60	11,47	11,47	11,47	14,33	14,33	14,33	17,20	17,20
	Carga Total vão 1 (kN/m)	10,48	10,48	10,48	13,35	13,35	13,35	16,22	16,22	16,22	19,08	19,08	19,08	21,95	21,95
Vão 2	Comprimento vão 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00
	Profundidade laje 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05
	Reação vão 2: $R3 = 2 * 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	5,73	8,60	11,47	8,60	12,90	4,30	11,47	14,33	4,30	14,33	9,56	7,56	4,30	12,73
	Carga Total vão 2 (kN/m)	10,48	13,35	16,22	13,35	17,65	9,05	16,22	19,08	9,05	19,08	14,31	12,31	9,05	17,48
	Base	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	13,00	18,00
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	40,00	30,00	35,00	40,00	40,00	50,00	60,00	45,00	55,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	
Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Vão 1	Momento máximo positivo (kNm)	3,51	3,18	3,23	9,89	9,07	9,28	21,33	19,53	19,71	39,50	36,40	38,29	75,42	61,83
	Momento máximo negativo (kNm)	-4,79	-10,04	-18,28	-13,54	-29,52	-31,06	-29,23	-42,94	-35,66	-54,13	-79,14	-125,6	-64,9	-140,4
	Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,58	0,78	0,58	0,68	0,78	0,78	0,98	1,62	0,88	1,49
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	1,01	0,62	1,01	1,01	1,01	1,01	2,45	1,01	1,57
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	8,00	6,30	8,00	8,00	8,00	8,00	12,50	8,00	10,00
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,80	1,76	3,46	2,46	5,43	3,11	5,35	6,39	3,63	6,59	7,08	8,65	6,66	11,30
	Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57
	Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	12,50	16,00	12,50	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	20,00	16,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	115,00	190,00	100,00	170,00	185,00	120,00	165,00	155,00	145,00	205,00	305,00	140,00	255,00
	Bitola 2ª camada direita (mm)					10,00		10,00	12,50		16,00	16,00	12,50	16,00	20,00
	Quantidade de barras					2,00		2,00	2,00		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Comprimento de ancoragem (cm)					100,00		100,00	100,00		100,00	130,00	130,00	100,00	160,00

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Momento máximo positivo (kNm)	3,51	3,18	3,23	9,89	9,07	9,28	21,33	19,53	19,71	39,50	36,40	38,29	75,42	61,83	63,54
Momento máximo negativo (kNm)	-4,79	-10,04	-18,28	-13,54	-29,52	-31,06	-29,23	-42,94	-35,66	-54,13	-79,14	-125,6	-64,9	-140,4	-219,58
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,58	0,78	0,58	0,68	0,78	0,78	0,98	1,62	0,88	1,49	1,89
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	1,01	0,62	1,01	1,01	1,01	1,01	2,45	1,01	1,57	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	8,00	6,30	8,00	8,00	8,00	8,00	12,50	8,00	10,00	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	0,80	1,76	3,46	2,46	5,43	3,11	5,35	6,39	3,63	6,59	7,08	8,65	6,66	11,30	13,93
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57	18,85
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	12,50	16,00	12,50	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	20,00	16,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)	100,00	115,00	190,00	100,00	170,00	185,00	120,00	165,00	155,00	145,00	205,00	305,00	140,00	255,0	365,00
Bitola 2ª camada direita (mm)					10,00		10,00	12,50		16,00	16,00	12,50	16,00	20,0	20,00
Quantidade de barras					2,00		2,00	2,00		2,00	2,00	2,00	2,00	2,0	2,00
Comprimento de ancoragem (cm)					100,00		100,00	100,00		100,00	130,00	130,00	100,00	160,0	270,00
Bitola 3ª camada direita (mm)															20,00
Quantidade de barras															2,00
Comprimento de ancoragem (cm)															170,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,58	0,52	0,52	173,00	1,38	0,87	3,57	2,49	1,91	4,48	2,95	2,42	8,07	4,47	3,55
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	0,62	0,62	0,62	2,45	1,57	1,01	4,02	4,02	2,45	6,28	4,02	2,45	8,74	4,81	3,68
Bitola 1ª camada	6,30	6,30	6,30	12,50	10,00	8,00	16,00	16,00	12,50	20,00	16,00	12,50	20,00	16/10	12,50
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00
Bitola 2ª camada															
Quantidade barras 2ª camada															
Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Momento máximo positivo (kNm)	3,51	11,31	20,75	9,89	33,54	32,34	21,33	43,54	30,46	39,50	75,97	130,08	26,61	137,9	230,34
Momento máximo negativo (kNm)	-4,79	-10,04	-18,08	-13,54	-29,52	-31,06	-29,23	-42,94	-35,66	-54,13	-79,14	-125,6	-64,88	-140,4	-219,58
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,80	1,76	3,46	2,46	5,43	3,11	5,35	6,39	3,63	6,59	7,08	8,65	6,66	11,30	13,93

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Maior momento positivo(kNm)	3,51	11,31	20,75	9,89	33,54	32,34	21,33	43,54	30,46	39,5	75,97	130,08	75,42	137,9	230,34
As inferior p/ > momento	0,62	2,45	6,28	2,45	7,85	4,02	4,02	7,85	4,02	6,28	7,85	9,43	8,74	11,00	15,71
Momento p/ S=1 (kNm)	6,06	22,24	47,93	22,24	65,08	64,26	39,13	84,72	64,26	87,18	143,58	223,32	135,07	228,30	404,09
Coefficiente de segurança	1,73	1,97	2,31	2,25	1,94	1,99	1,83	1,95	2,11	2,21	1,89	1,72	1,79	1,66	1,75
Momento p/ cobrimento + 3 cm MPa (kNm)	5,13	18,56	38,51	18,56	53,30	58,23	33,10	72,93	58,23	77,76	131,80	199,86	121,96	211,80	380,52
Coefficiente de segurança	1,46	1,64	1,86	1,88	1,59	1,80	1,55	1,68	1,91	1,97	1,73	1,54	1,62	1,54	1,65
Momento p/ cobrimento + 6 cm MPa (kNm)	4,20	14,89	29,09	14,89	41,53	52,20	27,07	61,15	52,20	68,34	120,03	185,72	108,85	195,30	356,96
Coefficiente de segurança	1,20	1,32	1,40	1,51	1,24	1,61	1,27	1,40	1,71	1,73	1,58	1,43	1,44	1,42	1,55
Maior momento negativo	4,79	10,04	18,28	13,54	29,52	31,06	29,23	42,94	35,66	54,13	79,14	125,60	64,90	140,40	219,58
As inferior p/ menor momento	1,01	2,45	4,02	2,45	5,59	4,02	5,59	6,48	4,02	8,04	8,04	8,74	8,04	12,57	18,85
Momento p/ S=1 (kNm)	9,72	22,24	34,11	22,24	51,10	64,26	51,10	73,27	64,26	106,28	146,48	208,62	126,38	255,51	468,73
Coefficiente de segurança	2,03	2,22	1,87	1,64	1,73	2,07	1,75	1,71	1,80	1,96	1,85	1,66	1,95	1,82	2,13
Momento p/ cobrimento + 3 cm MPa (kNm)	8,20	18,56	28,08	18,56	42,72	58,23	42,72	63,55	58,23	94,22	134,42	187,51	114,32	236,65	440,46
Coefficiente de segurança	1,71	1,85	1,54	1,37	1,45	1,87	1,46	1,48	1,63	1,74	1,70	1,49	1,76	1,69	2,01
Momento p/ cobrimento + 6 cm MPa (kNm)	6,69	14,89	22,05	14,89	34,33	52,20	34,33	53,83	52,20	82,16	122,36	174,40	102,26	217,80	412,18
Coefficiente de segurança	1,40	1,48	1,21	1,10	1,16	1,68	1,17	1,25	1,46	1,52	1,55	1,39	1,58	1,55	1,88

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 1	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,34	0,34	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,66	0,66	0,66
	Reação: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	3,33	4,16	4,16	5,00	5,00	5,99	5,99	7,90	7,90
Carga Total vão (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	11,33	12,16	12,16	13,00	13,00	13,99	13,99	15,90	15,90	
Vão 2	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	k_x	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	k_y	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,97	2,63	3,29	3,94	1,31	1,31	1,97	1,97	1,97	1,97	2,63	2,63	3,29	3,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,97	10,63	11,29	11,94	9,31	9,31	9,97	9,97	9,97	9,97	10,63	10,63	11,29	11,29
Vão 3	Comprimento vão 3 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00	8,00
	Profundidade laje 3 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,34	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,66	0,66
	Reação vão 3: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	2,50	4,16	3,33	5,00	3,33	5,99	5,00	7,90	5,99
	Carga Total vão 3 (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	10,50	12,16	11,33	13,00	11,33	13,99	13,00	15,90	13,99
Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Altura	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	40,00	40,00	40,00	35,00	45,00	50,00	60,00	60,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 1	Momento máximo positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	18,77	33,56	32,67	51,02	48,23	98,23	96,81	179,03	174,25
	Momento máximo negativo (kNm)	-8,83	-16,71	-28,26	-43,78	-13,57	-15,21	-23,58	-25,65	-36,30	-40,09	-69,85	-77,95	-126,61	-137,72
	Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,79m	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,01	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
	Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	2,06	2,25	2,46	3,54	4,73	6,16	6,04	8,56	9,40
	Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
	Bitola 1ª camada direita (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	16/10	20,00	16,00	20,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2/1	2,00	3,00	3,00	3,00
	Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	100/100	125,00	145/100	100,0	100,0	105,0	110,0	125,0	135/100	170,0	180,0	205,0	215,00
	Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,56	3,11	4,27	5,61	3,38	2,57	3,26	3,17	5,12	5,82	9,08	7,67	12,74	12,33
	Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	2,96	3,24	3,24	5,25	6,03	9,43	8,30	12,76	12,76
	Bitola 1ª camada	10,00	12,5/10	16/10	16,00	12,50	12,5/8	12,5/10	12,5/10	16/12,5	16,00	20,00	20/16	20/16	20/16
	Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	2/1	2/1	2/1	2/1	3,00	3,00	2/1	2/2	2/2
	Bitola 2ª camada													12,50	12,50
	Qtde barras 2ª camada													2,00	2,00

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 2	Momento máximo positivo (kNm)	4,24	7,97	13,41	20,67	1,78	1,82	4,53	4,53	4,53	4,43	8,67	8,84	15,05	15,05
	Momento máximo negativo (kNm)	-8,83	-16,71	-28,26	-43,78	-13,57	-15,2	-23,6	-25,7	-36,3	-40,1	-69,9	-78,0	-127	-137,7
	Armadura superior calculada esq. (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	2,06	2,25	2,46	3,54	4,73	6,16	6,04	8,56	9,40
	Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
	Bitola 1ª camada esquerda (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	16/10	20,00	16,00	20,00	20,00
	Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2/1	2,00	3,00	3,00	3,00
	Espaçamento 1ª camada esq. (cm)	100,0	115/100	150,00	180/100										
	Bitola 2ª camada esquerda (mm)												10,00		
	Quantidade de barras												2,00		
	Arm. superior calc. centro (cm ² /m)					1,38	0,94	1,26	1,26	2,17	1,10	3,73	1,58	5,30	2,87
	Arm. superior efetiva centro (cm ² /m)					1,57	1,01	1,57	1,57	2,45	1,57	4,02	1,57	5,25	2,96
	Bitola 1ª camada centro (mm)					10,00	8,00	10,00	10,00	12,50	10,00	16,00	10,00	16/12,5	12,5/8
	Quantidade de barras					2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1
	Armadura superior calculada dir. (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	0,94	2,25	1,26	3,54	1,10	6,16	2,15	8,56	3,84
	Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	1,01	2,45	1,57	3,68	1,57	6,28	2,45	9,43	4,02
	Bitola 1ª camada direita (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	8,00	12,50	10,00	12,50	10,00	20,00	12,50	20,00	16,00
	Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
	Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	115/100	150,00	180/100										
	Armadura inferior calculada (cm ² /m)	0,79	1,33	1,80	2,32	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
	Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,01	1,57	2,45	2,45	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
	Bitola 1ª camada	8,00	10,00	12,50	12,50	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
	Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Momento máximo positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	10,88	33,56	20,98	51,02	22,02	98,23	56,44	179,0	108,77
Momento máximo negativo (kNm)	-8,83	-16,71	-28,26	-43,78	-13,57	-5,7	-23,6	-12,5	-36,3	-9,0	-70	-29,3	-127	-60,0
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	1,48	2,94	4,00	5,21	2,34	0,94	2,25	1,26	3,54	1,10	6,16	2,15	8,56	3,84
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	1,01	2,45	1,57	3,68	1,57	6,28	2,45	9,43	4,02
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	10,00	12,5/8	16,00	16/12,5	12,50	8,00	12,50	10,00	12,50	10,00	20,00	12,50	20,00	16,00
Quantidade de barras	2,00	2/1	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esq. (cm)	100,0	100/100	125,00	145/100	100,0	100,0	105,0	100,0	125,0	100,0	170,0	105,0	205,0	150,00
Arm. superior calculada dir. (cm ² /m)	0,79	0,79	0,94	1,10	0,79	0,94	1,26	1,26	1,26	1,10	1,42	1,58	1,89	1,89
Armadura superior efetiva dir. (cm ² /m)	1,01	1,01	1,10	1,57	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	1,56	3,11	4,27	5,61	3,38	1,45	3,26	1,99	5,12	2,48	9,08	4,27	12,74	7,24
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	1,57	3,24	2,45	5,25	2,96	9,43	4,81	12,76	7,51
Bitola 1ª camada	10,00	12,5/10	16/10	16,00	12,50	10,00	12,5/10	12,50	16/12,5	12,5/8	20,00	16/10	20/16	20/12,5
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	2,00	2/1	2,00	2/1	2/1	3,00	2/1	2/2	2/1
Bitola 2ª camada													12,50	
Quantidade barras 2ª camada													2,00	

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maior momento positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	18,77	33,56	32,67	51,02	48,23	98,23	96,81	179,03	174,25
As inferior p/ > momento	1,57	3,24	4,81	6,03	3,68	2,96	3,24	3,24	5,25	6,03	9,43	8,3	12,76	12,76
Momento p/ S=1 (kNm)	15,12	29,95	54,72	81,96	33,64	34,95	54,25	54,25	85,44	81,96	167,84	170,67	296,94	296,9
Coefficiente de Segurança	1,63	1,70	1,83	1,76	1,77	1,86	1,62	1,66	1,67	1,70	1,71	1,76	1,66	1,70
Momento p/ cobrimento + 3 cm MPa (kNm)	12,77	25,09	47,51	72,92	28,12	30,51	49,39	49,39	77,57	72,92	153,7	158,22	277,8	277,8
Coefficiente de segurança	1,38	1,42	1,59	1,56	1,48	1,63	1,47	1,51	1,52	1,51	1,56	1,63	1,55	1,59
Momento p/ cobrimento + 6 cm MPa (kNm)	10,41	20,23	40,29	63,87	3,68	26,07	44,53	44,53	69,69	63,87	139,55	145,77	258,66	258,66
Coefficiente de Segurança	1,13	1,15	1,34	1,37	0,19	1,39	1,33	1,36	1,37	2,00	1,42	1,51	1,44	1,48
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maior momento negativo (kNm)	8,83	16,71	28,26	43,78	13,57	15,21	23,58	25,65	36,30	40,09	69,85	77,95	126,61	137,72
As superior p/ > momento negativo	1,57	2,96	4,02	5,25	2,45	2,45	2,45	2,45	3,68	4,81	6,28	6,03	9,43	9,43
Momento p/ S=1 (kNm)	15,12	27,55	46,48	72,32	23,10	29,22	41,47	41,47	61,24	66,75	116,39	127,19	226,78	226,78
Coefficiente de Segurança	1,71	1,65	1,64	1,65	1,70	1,92	1,76	1,62	1,69	1,67	1,67	1,63	1,79	1,65
Momento p/ cobrimento + 3 cm MPa (kNm)	12,77	23,11	40,45	64,44	19,42	25,55	37,80	37,80	55,72	59,53	106,97	118,14	212,64	212,64
Coefficiente de segurança	1,45	1,38	1,43	1,47	1,43	1,68	1,60	1,47	1,53	1,48	1,53	1,52	1,68	1,54
Momento p/ cobrimento + 6 cm MPa (kNm)	10,41	18,67	34,42	56,57	15,75	21,87	34,12	34,12	50,20	52,32	97,55	109,10	198,49	198,49
Coefficiente de Segurança	1,18	1,12	1,22	1,29	1,16	1,44	1,45	1,33	1,38	1,31	1,40	1,40	1,57	1,44

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Vão 1	Comprimento vão 1 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede interna (kN/m)	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	Reação vão 1: $R3 = 2 * 0,63 * k_x * l_x * p$ (kN/m)	8,60	11,47	14,33	17,20	11,47	11,47	14,33	14,33	17,20	17,20	17,20	17,20	22,68	22,68
	Carga Total vão 1 (kN/m)	13,35	16,22	19,08	21,95	16,22	16,22	19,08	19,08	21,95	21,95	21,95	21,95	27,43	27,43
Vão 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	Reação vão 2: $R1 = 0,63 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	6,78	9,04	11,29	13,55	4,52	4,52	6,78	6,78	6,78	6,78	9,04	9,04	11,29	11,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	11,53	13,79	16,04	18,30	9,27	9,27	11,53	11,53	11,53	11,53	13,79	13,79	16,04	16,04
Vão 3	Comprimento vão 3 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00	8,00
	Profundidade laje 3 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00
	k_x	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,50	0,75	0,75
	k_y	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	0,25
	Reação vão 3: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	8,60	11,47	14,33	17,20	11,47	8,60	14,33	11,47	17,20	11,47	17,20	17,20	22,68	17,20
	Carga Total vão 3 (kN/m)	13,35	16,22	19,08	21,95	16,22	13,35	19,08	16,22	21,95	16,22	21,95	21,95	27,43	21,95
Base	13,00	13,00	13,00	18,00	13,00	13,00	13,00	13,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	
Altura	25,00	35,00	40,00	45,00	35,00	35,00	45,00	50,00	45,00	45,00	55,00	55,00	70,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	10,00	10,00	

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Momento máximo positivo (kNm)	11,28	24,61	45,93	76,67	26,25	25,38	48,92	47,84	81,67	78,33	147,39	143,20	288,70	280,22
Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-20,13	-32,64	-36,28	-56,10	-63,85	-102,80	-112,50	-200,22	-219,87
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	0,49	0,68	0,78	1,22	0,68	0,68	0,88	0,98	1,22	1,22	1,49	1,49	1,89	1,89
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	0,62	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	6,30	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	2,33	2,81	2,75	4,92	5,67	7,82	8,68	12,46	13,95
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Bitola 1ª camada direita (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	12,50	16,00	16,00	16/12,5	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100	110	120	145	100	100	115	130	130/100	140	160	170	235	235
Bitola 2ª camada direita (mm)			8,00	10,00							10,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 2ª camada direita (cm)			100	100							100	100	165	190
Bitola 3ª camada direita (mm)														20,00
Quantidade de barras														2,00
Espaçamento 3ª camada direita (cm)														140,00
Armadura inferior calculada (cm ² /m)	2,00	2,90	5,26	7,61	3,11	3,00	4,38	3,70	7,51	7,15	12,00	11,58	19,85	19,05
Armadura inferior efetiva (cm ² /m)	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	4,02	6,28	4,02	7,51	7,51	13,45	11,88	21,99	21,99
Bitola 1ª camada	12,50	16,00	20,00	20/16	16,00	16,00	20,00	16,00	20/12,5	20/12,5	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1	3,00	3,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada											16,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade barras 2ª camada											2,00	2,00	2,00	2,00
Bitola 3ª camada													20,00	20,00
Espaçamento 3ª camada													2,00	2,00

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Momento máximo positivo (kNm)	4,63	7,91	18,07	30,49	1,74	1,74	4,88	4,94	5,09	5,09	10,85	10,85	19,99	19,99
Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-20,13	-32,64	-36,28	-56,10	-63,85	-102,80	-112,50	-200,22	-219,87
Armadura superior calculada esquerda (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	2,33	2,81	2,75	4,92	5,67	7,82	8,68	12,46	13,95
Armadura superior efetiva esquerda (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	12,50	16,00	16,00	16/12,5	6,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)		135	170	205										
Bitola 2ª camada esquerda (mm)			8,00	10,00							10,00	12,50	20,00	20,00
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 2ª camada esquerda (cm)			100	100										
Bitola 3ª camada esquerda (mm)														20,00
Quantidade de barras														2,00
Espaçamento 3ª camada esquerda (cm)														
Armadura superior calculada centro (cm ² /m)					1,45	0,68	1,50	0,98	3,49	1,22	5,13	2,61	8,29	4,01
Armadura superior efetiva centro (cm ² /m)					1,57	1,01	1,57	1,01	3,68	1,57	5,25	2,96	8,74	4,02
Bitola 1ª camada centro (mm)					10,00	8,00	10,00	8,00	12,50	10,00	16/12,5	12,5/8	20,00	16,00
Quantidade de barras					2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2/1	2/1	2,00	2,00
Bitola 2ª camada centro (mm)													12,50	
Quantidade de barras													2,00	
Armadura superior calculada direita (cm ² /m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	0,68	2,81	1,09	4,92	1,22	7,82	3,16	12,46	4,66
Armadura superior efetiva direita (cm ² /m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	1,01	4,02	1,57	5,25	1,57	7,85	3,24	12,57	4,81
Bitola 1ª camada direita (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	8,00	16,00	10,00	16/12,5	10,00	20,00	12,5/10	20,00	16/10
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2,00	2/1
Comprimento de ancoragem (cm)	100	135	170	205										
Bitola 2ª camada direita (mm)			8,00	10,00							10,00		20,00	
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00		2,00	
Espaçamento 2ª camada direita (cm)			100	100										
Bitola 3ª camada direita (mm)														
Quantidade de barras														
Espaçamento 3ª camada direita (cm)														

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Momento máximo positivo (kNm)	11,28	24,61	45,23	76,67	26,25	13,42	48,92	28,61	81,67	31,86	147,39	88,74	288,70	161,74
Momento máximo negativo (kNm)	-10,13	-21,95	-40,07	-67,77	-18,12	-6,05	-32,64	-14,95	-56,10	-9,59	-102,80	-44,61	-200,22	-82,35
Armadura superior calculada esquerda (cm²/m)	1,78	2,56	4,56	6,59	2,08	0,68	2,81	1,09	4,92	1,22	7,82	3,16	12,46	4,66
Armadura superior efetiva esquerda (cm²/m)	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	1,01	4,02	1,57	5,25	1,57	7,85	3,24	12,57	4,81
Bitola 1ª camada esquerda (mm)	12,50	16,00	16,00	20,00	12,50	8,00	16,00	10,00	16/12,5	10,00	20,00	12,5/10	20,00	16/10
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2/1	2,00	2/1
Espaçamento 1ª camada esquerda (cm)	100	110	120	145	100	100	115	100	130/100	100	160	125/100	235	155/105
Bitola 2ª camada esquerda (mm)			8,00	10,00							10,00		20,00	
Quantidade de barras			2,00	2,00							2,00		2,00	
Espaçamento 2ª camada esquerda (cm)			100	100							100		165	
Bitola 3ª camada esquerda (mm)														
Quantidade de barras														
Espaçamento 3ª camada esquerda (cm)														
Armadura superior calculada direita (cm²/m)	0,49	0,68	0,78	1,22	0,68	0,68	0,88	0,98	1,22	1,22	1,49	1,49	1,89	1,89
Armadura superior efetiva direita (cm²/m)	0,62	1,01	1,01	1,57	1,01	1,01	1,01	1,01	1,57	1,57	1,57	1,57	2,45	2,45
Bitola 1ª camada direita (mm)	6,30	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,50	12,50
Quantidade de barras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Espaçamento 1ª camada direita (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	105
Armadura inferior calculada (cm²/m)	2,00	2,90	5,26	7,61	3,11	1,51	4,38	2,14	7,51	2,68	12,00	6,63	19,85	9,73
Armadura inferior efetiva (cm²/m)	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	1,57	6,28	2,45	7,51	2,96	13,45	7,51	21,99	11,00
Bitola 1ª camada	12,50	16,00	20,00	20/16	16,00	10,00	20,00	12,50	20/12,5	12,5/8	20,00	20,00	20,00	20,00
Quantidade barras 1ª camada	2,00	2,00	2,00	2/1	2,00	2,00	2,00	2,00	2/1	2/1	3,00	2,00	3,00	3,00
Bitola 2ª camada											16,00	12,50	20,00	10,00
Quantidade barras 2ª camada											2,00	1,00	2,00	2,00
Bitola 3ª camada													20,00	
Espaçamento 3ª camada													2,00	

VÃO 3

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Maior momento positivo (kNm)	11,28	24,61	45,93	76,67	26,25	25,38	48,92	47,84	81,67	78,33	147,39	143,20	288,70	280,22
As inferior p/ > momento	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	4,02	6,28	4,02	7,51	7,51	13,45	11,88	21,99	21,99
Momento (kNm)	22,24	54,21	87,18	136,86	54,21	54,21	110,73	84,36	134,84	134,84	270,17	243,71	528,01	528,01
Coefficiente de segurança	1,97	2,20	1,90	1,79	2,07	2,14	2,26	1,76	1,65	1,72	1,83	1,70	1,83	1,88
Momento p/ cobertura + 3 cm (kNm)	18,56	48,18	85,61	124,41	48,18	48,18	101,31	78,33	123,58	123,58	250,00	225,89	495,03	495,03
Coefficiente de segurança	1,65	1,96	1,86	1,62	1,84	1,90	2,07	1,64	1,51	1,58	1,70	1,58	1,71	1,77
Momento p/ cobertura + 6 cm (kNm)	14,89	42,15	76,19	111,96	42,15	42,15	91,89	72,30	112,31	112,31	229,82	208,07	462,04	462,04
Coefficiente de Segurança	1,32	1,71	1,66	1,46	1,61	1,66	1,88	1,51	1,38	1,43	1,56	1,45	1,60	1,65
Maior momento negativo (kNm)	10,13	21,95	40,07	67,77	18,12	20,13	32,64	36,28	56,10	63,85	102,80	112,50	200,22	219,87
As superior p/ > momento negativo	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Momento (kNm)	22,24	54,21	77,20	130,41	34,49	34,49	74,31	84,36	97,49	110,70	169,66	186,77	334,07	468,73
Coefficiente de segurança	2,20	2,47	1,93	1,92	1,90	1,71	2,28	2,33	1,74	1,73	1,65	1,66	1,67	2,13
Momento p/ cobertura + 3 cm (kNm)	18,56	48,18	70,94	118,63	30,81	30,81	68,28	78,33	89,62	101,65	157,88	173,66	315,22	440,46
Coefficiente de segurança	1,83	2,19	1,77	1,75	1,70	1,53	2,09	2,16	1,60	1,59	1,54	1,54	1,57	2,00
Momento p/ cobertura + 6 cm (kNm)	14,89	42,05	63,39	106,86	27,14	27,14	62,25	72,30	81,74	92,61	146,11	160,55	296,36	412,18
Coefficiente de Segurança	1,47	1,92	1,58	1,58	1,50	1,35	1,91	1,99	1,46	1,45	1,42	1,43	1,48	1,87

APÊNDICE L – Vigas: flexão – diâmetro das armaduras

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Momento p/ S=1 (kNm)	9,86	27,55	46,48	81,96	112,11	170,67	214,99	399,88	673,72
S	1,7	1,92388	1,6453	1,68885	1,80881	1,7079	1,74081	1,8099	1,80009
Área p/ 1 ϕ < (cm²/m)	0,62345	1,88252	2,4544	3,68155	3,68155	5,24842	6,03186	8,92998	12,9512
Momento (kNm)	6,11	17,97	29,22	52,04	70,44	111,69	142,26	260,45	446,48
S	1,05345	1,25489	1,0343	1,07233	1,1365	1,11768	1,1519	1,17883	1,19294
Área p/ 2 ϕ < (cm²/m)			1,5708	2,35619	2,35619	3,23977	3,68155	5,59596	8,05033
Momento (kNm)			19,05	34,1	45,9	70,45	88,84	167,68	286,75
S			0,6743	0,70266	0,74056	0,70499	0,71935	0,75894	0,76616
Área p/ 1 ϕ > (cm²/m)	1,5708	4,80664	6,2832	9,42478	9,42478	12,9591	14,7262	22,3838	32,2013
Momento (kNm)	15,12	42,7	69,29	120,59	167,69	252,39	317,6	582,46	965,47
S	2,6069	2,98184	2,4527	2,48485	2,70555	2,52567	2,57166	2,63628	2,57961

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Momento p/ S=1 (kNm)	22,24	47,93	127,46	238,96	238,96	528,01	582,99	1110,83	2241,97
Coeficiente de segurança	2,21	1,88	1,81	1,78	1,77	1,83	1,85	1,74	1,72
Área p/ 1 ϕ < (cm²/m)	1,57	4,02	6,48	8,04	8,04	14,07	14,07	24,13	28,15
Momento (kNm)	14,77	34,11	89,47	166,58	166,58	368,19	403,36	780,78	1500,92
Coeficiente de segurança	1,47	1,34	1,27	1,24	1,23	1,28	1,28	1,22	1,15
Área p/ 2 ϕ < (cm²/m)	1,01	2,45	4,03	4,91	4,91	8,59	8,59	14,73	17,18
Momento (kNm)	9,72	22,24	59,36	107,52	107,52	237,61	259,08	506,13	944,01
Coeficiente de segurança	0,97	0,87	0,84	0,80	0,79	0,82	0,82	0,79	0,72
Área p/ 1 ϕ > (cm²/m)	4,02	9,82	16,10	19,63	19,63	34,36	34,36	58,90	68,72
Momento (kNm)	34,11	61,84	163,88	320,91	320,91	709,28	795,18	1470,10	3249,91
Coeficiente de segurança	3,39	2,43	2,33	2,39	2,37	2,46	2,52	2,31	2,49

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento positivo	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	42,53	137,9	291,77
As inferior p/ > momento	1,01	1,57	6,28	1,57	3,68	6,03	2,96	4,81	6,03	3,24	8,3	11,88	4,81	11	21,99
Momento p/ S=1 (kNm)	9,86	15,12	53,59	15,12	42,84	81,96	27,55	54,72	81,96	46,15	139,54	189,81	78,77	233,01	546,82
S	2,89	1,62	1,66	1,83	1,81	1,79	1,76	1,87	1,81	1,70	1,70	1,12	1,85	1,69	1,87
Área p/ 1 φ < (cm ² /m)	0,62	1,01	4,02	1,01	2,36	3,68	1,88	2,96	3,68	2,07	5,25	7,60	2,45	7,04	14,07
Momento (kNm)	6,11	9,86	36,43	9,86	28,20	52,04	17,97	34,95	52,04	30,05	92	186,02	41,47	155,63	375,89
S	1,79	1,06	1,13	1,20	1,19	1,14	1,15	1,20	1,15	1,11	1,12	1,10	0,98	1,13	1,29
Área p/ 2 φ < (cm ² /m)		0,62	2,45	0,62	1,51	2,36		1,88	2,36	1,32	3,24	4,69	1,57	4,31	8,59
Momento (kNm)		6,11	23,10	6,11	18,34	34,10		22,67	34,10	19,39	58,3	117,98	26,9	98,03	240,48
S		0,65	0,72	0,74	0,77	0,74		0,78	0,75	0,71	0,71	0,70	0,63	0,71	0,82
Área p/ 1 φ > (cm ² /m)	1,57	2,45	9,82	2,45	6,03	9,42	4,81	7,51	9,42	5,25	12,96	18,75	6,28	17,18	34,36
Momento (kNm)	15,12	23,10	75,69	23,10	66,89	120,59	42,70	80,71	120,59	72,32	203,79	410,12	100,69	339,13	755,21
S	4,43	2,48	2,35	2,80	2,82	2,63	2,72	2,76	2,66	2,67	2,48	2,42	2,37	2,46	2,59

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento negativo	4,66	8,64	26,84	11,29	21,82	40,46	21,49	30,01	41,83	37,18	74,82	148,5	56,78	123,6	250,59
As inferior p/ menor momento	1,01	1,45	6,28	2,45	4,02	6,28	4,02	6,28	6,28	6,28	7,85	10,31	6,28	10,31	18,85
Momento p/ S=1 (kNm)	9,86	14,01	53,59	23,1	46,48	84,99	36,43	69,29	84,99	84,99	132,8	245,83	100,69	220,05	482,56
S	2,12	1,62	2,00	2,05	2,13	2,10	1,70	2,31	2,03	2,29	1,77	1,66	1,77	1,78	1,93
Área p/ 1 φ < (cm ² /m)	0,62	1,01	4,02	1,57	2,45	4,02	2,45	4,02	4,02	4,02	5,03	6,48	4,02	6,48	12,06
Momento (kNm)	6,11	9,86	36,43	15,12	29,22	56,53	23,10	46,48	56,53	56,53	88,41	160,3	66,58	144,1	327,85
S	1,31	1,14	1,36	1,34	1,34	1,40	1,07	1,55	1,35	1,52	1,18	1,08	1,17	1,17	1,31
Área p/ 2 φ < (cm ² /m)		0,62	2,45	1,01	1,57	2,45	1,57	2,45	2,45	2,45	3,08	4,03	2,45	4,03	7,36
Momento (kNm)		6,11	23,10	9,86	19,05	35,35	15,12	29,22	35,35	35,35	55,54	102	41,47	91,92	208,16
S		0,71	0,86	0,87	0,87	0,87	0,70	0,97	0,85	0,95	0,74	0,69	0,73	0,74	0,83
Área p/ 1 φ > (cm ² /m)	1,57	2,45	9,82	4,02	6,28	9,82	6,28	9,82	9,82	9,82	12,27	16,10	9,82	16,10	29,45
Momento (kNm)	15,12	23,10	75,69	36,43	69,29	124,79	53,59	100,24	124,79	124,79	194,92	362,12	149,34	321,87	681,05
S	3,24	2,67	2,82	3,23	3,18	3,08	2,49	3,34	2,98	3,36	2,61	2,44	2,63	2,60	2,72

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Maior momento positivo (kNm)	11,28	24,61	45,93	76,67	26,25	25,38	48,92	47,84	81,67	78,33	147,39	143,20	288,70	280,22
As inferior p/ > momento	2,45	4,02	6,28	8,30	4,02	4,02	6,28	4,02	7,51	7,51	13,45	11,88	21,99	21,99
Momento p/ S=1 (kNm)	22,24	54,21	87,18	136,86	54,21	54,21	110,73	84,36	134,84	134,84	270,17	243,71	528,01	528,01
S	1,97	2,20	1,90	1,79	2,07	2,14	2,26	1,76	1,65	1,72	1,83	1,70	1,83	1,88
Área p/ 1 ϕ < (cm ² /m)	1,57	2,45	4,02	6,48	2,45	2,45	4,02	2,45	4,81	4,81	8,49	8,49	14,07	14,07
Momento (kNm)	14,77	34,49	59,23	110,06	34,49	34,49	74,31	52,86	89,90	89,90	182,01	182,01	368,19	368,19
S	1,31	1,40	1,29	1,44	1,31	1,36	1,52	1,10	1,10	1,15	1,23	1,27	1,28	1,31
Área p/ 2 ϕ < (cm ² /m)	1,01	1,57	2,45	4,03	1,57	1,57	2,45	1,57	2,96	2,96	5,25	5,25	8,59	8,59
Momento (kNm)	9,72	22,62	37,55	71,14	22,62	22,62	46,74	34,40	56,81	56,81	117,18	117,18	237,61	237,61
S	0,86	0,92	0,82	0,93	0,86	0,89	0,96	0,72	0,70	0,73	0,80	0,82	0,82	0,85
Área p/ 1 ϕ > (cm ² /m)	4,02	6,28	9,82	16,10	6,28	6,28	9,82	6,28	11,83	11,83	21,01	21,01	34,36	34,36
Momento (kNm)	34,11	79,33	123,21	231,28	79,33	79,33	160,04	126,43	198,49	198,49	378,78	378,78	709,28	709,28
S	3,02	3,22	2,68	3,02	3,02	3,13	3,27	2,64	2,43	2,53	2,57	2,65	2,46	2,53
Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Maior momento negativo (kNm)	10,13	21,95	40,07	67,77	18,12	20,13	32,64	36,28	56,10	63,85	102,80	112,50	200,22	219,87
As superior p/ > momento negativo	2,45	4,02	5,03	7,85	2,45	2,45	4,02	4,02	5,25	6,03	7,85	8,74	12,57	18,85
Momento p/ S=1 (kNm)	22,24	54,21	77,20	130,41	34,49	34,49	74,31	84,36	97,49	110,70	169,66	186,77	334,07	468,73
S	2,20	2,47	1,93	1,92	1,90	1,71	2,28	2,33	1,74	1,73	1,65	1,66	1,67	2,13
Área p/ 1 ϕ < (cm ² /m)	1,57	2,45	3,08	5,03	1,57	1,57	2,45	2,45	3,24	3,68	5,03	5,59	8,04	12,06
Momento (kNm)	14,77	34,49	46,47	87,42	22,62	22,62	46,74	52,86	61,94	69,91	112,57	124,25	223,60	322,19
S	1,46	1,57	1,16	1,29	1,25	1,12	1,43	1,46	1,10	1,09	1,10	1,10	1,12	1,47
Área p/ 2 ϕ < (cm ² /m)	1,01	1,57		3,08	1,01	1,01	1,57	1,57	2,07	2,36	3,08	3,46	4,91	7,36
Momento (kNm)	9,72	22,62		55,17	14,77	14,77	30,47	34,40	40,23	45,68	70,57	78,91	140,73	206,05
S	0,96	1,03		0,81	0,82	0,73	0,93	0,95	0,72	0,72	0,69	0,70	0,70	0,94
Área p/ 1 ϕ > (cm ² /m)	4,02	6,28	7,85	12,27	4,02	4,02	6,28	6,28	8,29	9,42	12,27	13,84	19,63	29,45
Momento (kNm)	34,11	79,33	104,33	189,06	54,21	54,21	110,73	126,43	147,08	164,23	250,41	276,54	483,96	647,31
S	3,37	3,61	2,60	2,79	2,99	2,69	3,39	3,48	2,62	2,57	2,44	2,46	2,42	2,94

APÊNDICE M – Vigas: flexão – espessura do reboco de paredes externas

Espessura reboco externo: viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Comprimento viga l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes externas (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	5,55
Reação $R = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,28	3,41	4,55	5,69	3,41	5,69	4,55	6,00	8,33
Carga total (kN/m)	10,28	11,41	12,55	13,69	11,41	13,69	12,55	14,00	16,33
Base (cm)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura (cm)	25,00	25,00	30,00	35,00	45,00	50,00	55,00	70,00	85,00
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	5,80	14,32	28,25	48,53	61,98	99,93	123,50	220,94	374,27
Momento $p/S = 1$ (kNm)	9,86	27,55	46,48	81,96	112,11	170,67	214,99	399,88	673,72
Coefficiente de segurança	1,70	1,92	1,65	1,69	1,81	1,71	1,74	1,81	1,80
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Carga total (kN/m)	11,61	12,75	13,89	15,03	12,75	15,03	13,89	15,34	17,66
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,90	0,90	0,91	0,90	0,91	0,90	0,91	0,92
Coefficiente de segurança	1,50	1,52	1,54	1,55	1,52	1,55	1,54	1,55	1,57
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Carga total (kN/m)	12,92	14,06	15,20	16,34	14,06	16,34	15,20	16,65	18,97
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,80	0,81	0,83	0,84	0,81	0,84	0,83	0,84	0,86
Coefficiente de segurança	1,35	1,38	1,40	1,42	1,38	1,42	1,40	1,43	1,46
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
Carga total (kN/m)	14,24	15,37	16,51	17,65	15,37	17,65	16,51	17,96	20,29
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,72	0,74	0,76	0,78	0,74	0,78	0,76	0,78	0,80
Coefficiente de segurança	1,23	1,26	1,29	1,32	1,26	1,32	1,29	1,33	1,37

Espessura reboco externo: viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Vão 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$k_x = 1 - k_y$	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
	$k_y = 0,366 / \lambda$	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Reação vão 1: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	1,67	1,67	2,50	2,50	2,50	3,33	3,33	3,33	4,16	4,16	4,16	5,00	5,00	5,00
	Carga Total vão 1 (kN/m)	9,67	9,67	9,67	10,50	10,50	10,50	11,33	11,33	11,33	12,16	12,16	12,16	13,00	13,00	13,00
Vão 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00	12,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,67	0,50	0,50	0,67	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,63	0,34	0,63	0,46	0,34	0,34	0,46	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,37	0,66	0,37	0,54	0,66	0,66	0,54	0,66
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	2,50	3,33	2,50	3,75	4,49	3,33	4,16	4,49	4,16	6,20	7,90	4,49	8,25	10,96
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,67	10,50	11,33	10,50	11,75	12,49	11,33	12,16	12,49	12,16	14,20	15,90	12,49	16,25	18,96
	Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	35,00	35,00	45,00	60,00	40,00	55,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	10,00	
Vão 1	Momento máximo positivo (kNm)	3,41	3,09	3,09	8,25	7,65	7,81	15,69	14,52	14,82	27,13	25,53	26,92	42,53	40,22	41,83
	Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6	-250,59
Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas																
Vão 2	Momento máximo positivo (kNm)	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,67	40,34	137,9	291,77
	Momento máximo negativo (kNm)	-4,66	-8,64	-26,84	-11,29	-21,82	-40,46	-21,49	-30,01	-41,83	-37,18	-74,82	-148,5	-56,78	-123,6	-250,59
	Maior momento positivo	3,41	9,33	32,22	8,25	23,71	45,84	15,69	29,23	45,26	27,13	82,05	169,7	42,53	137,9	291,77
	Momento máximo positivo p/S = 1 (kNm)	9,86	15,12	53,59	15,12	42,84	81,96	27,55	54,72	81,96	46,15	139,54	278,91	78,77	233,01	546,82
	Coefficiente de segurança	2,89	1,62	1,66	1,83	1,81	1,79	1,76	1,87	1,81	1,70	1,70	1,64	1,85	1,69	1,87
	Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
	Carga total (kN/m)	11,00	11,84	12,67	11,84	13,08	13,83	12,67	13,50	13,83	13,50	15,53	17,24	14,33	17,59	20,30
	Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92	0,91	0,92	0,93
	Coefficiente de segurança	2,54	1,44	1,49	1,63	1,62	1,62	1,57	1,69	1,64	1,53	1,55	1,52	1,68	1,56	1,75
	Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
	Carga total (kN/m)	12,31	13,15	13,98	13,15	14,40	15,14	13,98	14,81	15,14	14,81	16,84	18,55	15,14	18,90	21,61
	Carga total sem erro / Carga total com erro	0,78	0,80	0,81	0,80	0,82	0,83	0,81	0,82	0,83	0,82	0,84	0,86	0,86	0,86	0,88

Espessura reboco externo: viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maior momento negativo	4,66	8,64	26,84	11,29	21,82	40,46	21,49	30,01	41,83	37,18	74,82	148,50	56,78	123,60	250,59
Momento máximo negativo p/ S = 1 (kNm)	9,86	14,01	53,59	23,10	46,48	84,99	36,43	69,29	84,99	84,99	132,80	245,83	100,69	220,05	482,56
Coefficiente de segurança	2,12	1,62	2,00	2,05	2,13	2,10	1,70	2,31	2,03	2,29	1,77	1,66	1,77	1,78	1,93
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Carga total (kN/m)	11,00	11,00	11,00	11,84	11,84	11,84	12,67	12,67	12,67	13,50	13,50	13,50	14,33	14,33	14,33
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91
Coefficiente de segurança	1,86	1,42	1,75	1,81	1,89	1,86	1,52	2,07	1,82	2,06	1,60	1,49	1,61	1,61	1,75
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Carga total (kN/m)	12,31	12,31	12,31	13,15	13,15	13,15	13,98	13,98	13,98	14,81	14,81	14,81	15,64	15,64	15,64
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,78	0,78	0,78	0,74	0,74	0,74	0,69	0,69	0,69	0,65	0,65	0,65	0,62	0,62	0,62
Coefficiente de segurança	1,66	1,27	1,57	1,50	1,57	1,54	1,17	1,60	1,40	1,49	1,16	1,08	1,10	1,10	1,19
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
Carga total (kN/m)	13,63	13,63	13,63	14,46	14,46	14,46	15,29	15,29	15,29	16,12	16,12	16,12	16,96	16,96	16,96
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,71	0,71	0,71	0,67	0,67	0,67	0,63	0,63	0,63	0,60	0,60	0,60	0,57	0,57	0,57
Coefficiente de segurança	1,50	1,15	1,42	1,37	1,42	1,40	1,07	1,46	1,28	1,37	1,06	0,99	1,01	1,01	1,10

Espessura reboco externo: viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 1	Comprimento lx (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 ly (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	Reação: R3 = 0,5 * k _y * l _y * p (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	3,33	4,16	4,16	5,00	5,00	5,99	5,99	7,90	7,90
	Carga Total vão (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	11,33	12,16	12,16	13,00	13,00	13,99	13,99	15,90	15,90
Vão 2	Comprimento lx (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 ly (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	Reação vão 2: R3 = 0,5 * k _y * l _y * p (kN/m)	1,97	2,63	3,29	3,94	1,31	1,31	1,97	1,97	1,97	1,97	2,63	2,63	3,29	3,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,97	10,63	11,29	11,94	9,31	9,31	9,97	9,97	9,97	9,97	10,63	10,63	11,29	11,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,97	10,63	11,29	11,94	9,31	9,31	9,97	9,97	9,97	9,97	10,63	10,63	11,29	11,29
Vão 3	Comprimento vão 3 lx (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00	8,00
	Profundidade laje 3 ly (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
	Reação vão 3: R3 = 0,5 * k _y * l _y * p (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	2,50	4,16	3,33	5,00	3,33	5,99	5,00	7,90	5,99
	Carga Total vão 3 (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	10,50	12,16	11,33	13,00	11,33	13,99	13,00	15,90	13,99
	Carga Total vão 3 (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	10,50	12,16	11,33	13,00	11,33	13,99	13,00	15,90	13,99
Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Altura	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	40,00	40,00	40,00	35,00	45,00	50,00	60,00	60,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	
Maior momento positivo (kNm)	9,25	17,63	29,96	46,68	18,96	18,77	33,56	32,67	51,02	48,23	98,23	96,81	179,03	174,25	
Momento p/S=1 (kNm)	15,12	29,95	54,72	81,96	33,64	34,95	54,25	54,25	85,44	81,96	167,84	170,67	296,94	296,9	
Coefficiente de Segurança	1,63	1,70	1,83	1,76	1,77	1,86	1,62	1,66	1,67	1,70	1,71	1,76	1,66	1,70	
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	
Carga total (kN/m)	11,84	12,67	13,50	14,33	12,67	12,67	13,50	13,50	14,33	14,33	15,33	15,33	17,24	17,24	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,89	0,89	0,90	0,91	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	
Coefficiente de segurança	1,45	1,52	1,65	1,59	1,59	1,67	1,46	1,50	1,52	1,54	1,56	1,61	1,53	1,57	
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	
Carga total (kN/m)	13,15	13,98	14,81	15,64	13,98	13,98	14,81	14,81	15,64	15,64	16,64	16,64	18,55	18,55	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,80	0,81	0,82	0,83	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,86	0,86	
Coefficiente de segurança	1,31	1,38	1,50	1,46	1,44	1,51	1,33	1,36	1,39	1,41	1,44	1,48	1,42	1,46	
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	
Carga total (kN/m)	14,46	15,29	16,12	16,96	15,29	15,29	16,12	16,12	16,96	16,96	17,95	17,95	19,86	19,86	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,73	0,74	0,75	0,77	0,74	0,74	0,75	0,75	0,77	0,77	0,78	0,78	0,80	0,80	
Coefficiente de segurança	1,19	1,26	1,38	1,35	1,31	1,38	1,22	1,25	1,28	1,30	1,33	1,37	1,33	1,36	

Espessura reboco externo: viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maior momento negativo (kNm)	8,83	16,71	28,26	43,78	13,57	15,21	23,58	25,65	36,30	40,09	69,85	77,95	126,61	137,72
Momento p/S=1 (kNm)	15,12	27,55	46,48	72,32	23,10	29,22	41,47	41,47	61,24	66,75	116,39	127,19	226,78	226,78
Coefficiente de Segurança	1,71	1,65	1,64	1,65	1,70	1,92	1,76	1,62	1,69	1,67	1,67	1,63	1,79	1,65
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Carga total (kN/m)	11,31	11,97	12,63	13,28	10,65	10,65	11,31	11,31	11,31	11,31	11,97	11,97	12,63	12,63
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,89	0,89	0,90	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89
Coefficiente de segurança	1,51	1,46	1,47	1,49	1,49	1,68	1,55	1,43	1,49	1,47	1,48	1,45	1,60	1,47
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Carga total (kN/m)	12,62	13,28	13,94	14,59	11,96	11,96	12,62	12,62	12,62	12,62	13,28	13,28	13,94	13,94
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,79	0,80	0,81	0,82	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81
Coefficiente de segurança	1,35	1,32	1,33	1,35	1,33	1,50	1,39	1,28	1,33	1,32	1,33	1,31	1,45	1,33
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
Carga total (kN/m)	13,93	14,59	15,25	15,90	13,27	13,27	13,93	13,93	13,93	13,93	14,59	14,59	15,25	15,25
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,72	0,73	0,74	0,75	0,70	0,70	0,72	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74
Coefficiente de segurança	1,23	1,20	1,22	1,24	1,19	1,35	1,26	1,16	1,21	1,19	1,21	1,19	1,33	1,22

**APÊNDICE N – Vigas: cisalhamento – resistência à
compressão do concreto**

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
V (kN) p/ fck = 30 Mpa	41	41	51,25	61,5	82	92,3	102,5	128,2	153,8
V p/ S=1 e fck = 30 Mpa	61,5	61,5	76,9	92,35	123	138,5	153,7	192,4	230,5
Coefficiente de Segurança	1,5	1,5	1,5005	1,501626	1,5	1,5005417	1,4995	1,5008	1,4987
V (kN) p/ fck = 10 Mpa	48,8	48,8	61	73,2	97,6	110	122	152,5	183,3
Coefficiente de Segurança	1,190243902	1,1902439	1,1902	1,1902439	1,19024	1,191766	1,1902	1,1895	1,19181
V (kN) p/ fck = 20 Mpa	56	56	70	84	112	126	140	175	210
Coefficiente de Segurança	1,365853659	1,3658537	1,3659	1,3658537	1,36585	1,3651138	1,3659	1,3651	1,36541
V (kN) p/ fck = 40 Mpa	66,2	66,2	82,7	99,2	132,4	148,9	165,3	206,9	248
Coefficiente de Segurança	1,614634146	1,6146341	1,6137	1,6130081	1,61463	1,6132178	1,6127	1,6139	1,61248

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Área efetiva	1,84725648	3,2724923	4,7124	5,140788	3,92699	5,6548668	4,7124	7,14	6,54498
V (kN) p/ fck = 30 Mpa	25,25	34,45	71,2	110,6	92	165	159	261,5	437,2
V p/ S=1 e fck = 30 Mpa	37,9	52,7	110	171,4	141,6	253,9	243,2	402,5	663,3
Coefficiente de Segurança	1,500990099	1,5297533	1,5449	1,5497288	1,53913	1,5387879	1,5296	1,5392	1,51715
V (kN) p/ fck = 10 Mpa	48,8	44,8	97,3	152,8	122,9	221,3	208	350,5	549
Coefficiente de Segurança	1,932673267	1,3004354	1,3666	1,3815552	1,33587	1,3412121	1,3082	1,3403	1,25572
V (kN) p/ fck = 20 Mpa	56	49,3	104,5	163,5	133,3	239,8	228	380	614
Coefficiente de Segurança	2,217821782	1,4310595	1,4677	1,4783002	1,44891	1,4533333	1,434	1,4532	1,40439
V (kN) p/ fck = 40 Mpa	66,2	55,6	114,8	178,2	148,4	266	256,4	421,5	705,5
Coefficiente de Segurança	2,621782178	1,6139332	1,6124	1,6112116	1,61304	1,6121212	1,6126	1,6119	1,61368

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ϕ	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Área efetiva	3,02	3,02	4,71	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27	3,02	3,27	5,14
V para fck = 30 MPa (kN)	41	41	51,95	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	61,50	61,50	76,90	111,90	71,80	101,20	164,20
V para fck = 30 MPa e S=1 (kN)	61,5	61,50	79,20	61,50	76,90	92,20	61,50	76,90	92,30	92,30	115,30	168,30	107,70	152,20	250,80
Coefficiente de Segurança	1,5	1,5	1,52	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,53
V para fck = 10 MPa e S=1 (kN)	48,8	48,80	66,50	48,80	61,00	73,30	48,80	61,00	73,30	73,30	91,60	135,00	85,50	122,20	213,00
Coefficiente de Segurança	1,190243902	1,1902439	1,28	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,21	1,19	1,21	1,30
V para fck = 20 MPa e S=1 (kN)	56	56,00	73,60	56,00	70,00	84,00	56,00	70,00	84,00	84,00	105,00	153,80	98,00	139,20	234,50
Coefficiente de Segurança	1,365853659	1,3658537	1,42	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,36	1,38	1,43
V para fck = 40 MPa e S=1 (kN)	66,2	66,20	83,80	66,20	82,70	99,30	66,20	82,70	99,30	99,30	124,00	180,40	115,80	163,30	265,00
Coefficiente de Segurança	1,614634146	1,6146341	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ϕ	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00
ϕ	4,2	4,2	5	4,2	6	4,2	5	6	4,2	5	5	4,2	6	6	5
Área efetiva	1,85	1,85	3,27	1,98	4,71	1,85	3,57	4,71	1,85	3,57	3,27	2,77	4,71	4,04	3,93
V (KN)	25,25	25,25	34,45	26,10	49,30	44,20	40,95	60,20	44,20	59,20	73,20	95,30	82,10	105,80	131,50
V p/ S=1	37,90	37,90	52,70	39,20	76,20	66,20	62,80	93,10	66,30	90,70	112,00	143,50	127,00	161,10	200,10
Coefficiente de Segurança	1,50	1,50	1,53	1,50	1,55	1,50	1,53	1,55	1,50	1,53	1,53	1,51	1,55	1,52	1,52
V para fck = 10 MPa e S=1 (KN)	30,00	30,00	44,80	31,40	67,30	52,50	54,00	82,30	52,50	78,00	95,20	114,90	113,50	135,30	167,70
Coefficiente de Segurança	1,19	1,19	1,30	1,20	1,37	1,19	1,32	1,37	1,19	1,32	1,30	1,21	1,38	1,28	1,28
V para fck = 20 MPa e S=1 (KN)	34,50	34,50	49,30	36,80	72,40	60,40	59,00	88,50	60,40	85,20	104,80	131,10	120,60	150,10	186,10
Coefficiente de Segurança	1,37	1,37	1,43	1,41	1,47	1,37	1,44	1,47	1,37	1,44	1,43	1,38	1,47	1,42	1,42
V para fck = 40 MPa e S=1 (KN)	40,80	40,80	55,60	42,10	79,40	71,40	66,00	97,00	71,40	95,40	118,00	153,90	132,40	170,60	212,10
Coefficiente de Segurança	1,62	1,62	1,61	1,61	1,61	1,62	1,61	1,61	1,62	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ϕ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27
V (KN)	41	41	51,25	61,50	41,00	51,25	71,80	71,80	71,80	61,50	82,00	92,30	111,90	111,90
V p/ S=1	61,5	61,5	76,90	92,30	61,50	76,90	107,70	107,70	107,70	92,30	123,10	138,30	168,20	168,20
Coefficiente de segurança	1,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
V para fck = 10 MPa e S=1 (KN)	48,8	48,8	61,00	73,30	48,80	61,00	85,40	85,40	85,40	73,30	97,60	110,00	135,00	135,00
Coefficiente de Segurança	1,190243902	1,1902439	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,21	1,21
V para fck = 20 MPa e S=1 (KN)	56	56,00	70,00	84,00	56,00	70,00	98,00	98,00	98,00	84,00	112,00	126,00	154,00	154,00
Coefficiente de Segurança	1,365853659	1,3658537	1,37	1,37	1,37	1,37	1,36	1,36	1,36	1,37	1,37	1,37	1,38	1,38
V para fck = 40 MPa e S=1 (KN)	66,2	66,2	82,70	99,20	66,20	82,70	115,70	115,70	115,70	99,20	132,30	148,90	180,40	180,40
Coefficiente de Segurança	1,614634146	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ϕ	4,20	5,00	6,00	6,00	4,20	5,00	5,00	4,20	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00
Área efetiva	2,31	3,02	4,04	4,04	2,52	3,02	3,27	2,52	3,93	3,57	4,35	4,71	6,54	6,54
V (KN)	28,25	49,25	64,10	83,50	44,40	49,30	68,90	66,60	87,70	83,00	110,60	116,10	182,20	182,20
V p/ S=1	42,70	75,10	98,70	127,30	67,30	75,10	105,30	100,90	133,40	125,90	169,00	177,80	282,00	282,00
Coefficiente de segurança	1,51	1,52	1,54	1,52	1,52	1,52	1,53	1,52	1,52	1,52	1,53	1,53	1,55	1,55
V para fck = 10 MPa e S=1 (KN)	34,80	63,30	85,90	106,80	55,50	63,30	89,60	83,30	111,80	104,10	143,10	152,10	249,20	249,20
Coefficiente de Segurança	1,23	1,29	1,34	1,28	1,25	1,28	1,30	1,25	1,27	1,25	1,29	1,31	1,37	1,37
V para fck = 20 MPa e S=1 (KN)	39,30	70,00	93,10	118,40	62,20	70,00	98,50	93,30	124,00	116,40	157,80	166,50	267,60	267,60
Coefficiente de Segurança	1,39	1,42	1,45	1,42	1,40	1,42	1,43	1,40	1,41	1,40	1,43	1,43	1,47	1,47
V para fck = 40 MPa e S=1 (KN)	45,60	79,50	103,30	134,80	71,60	79,50	111,20	107,40	141,50	134,00	178,30	187,20	293,90	293,90
Coefficiente de Segurança	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61

APÊNDICE O – Vigas: cisalhamento – diâmetro das armaduras

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ϕ	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
V (KN)	41	41	51,25	61,5	82	92,3	102,5	128,2	153,8
V p/ S=1	61,5	61,5	76,9	92,35	123	138,5	153,7	192,4	230,5
S	1,5	1,5	1,5004878	1,501626	1,5	1,5005417	1,4995122	1,50078	1,4986996
1 ϕ >	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Área efetiva	4,34989752	4,3498975	4,3498975	4,3498975	4,3498975	4,3498975	4,3498975	4,349898	4,3498975
V	75,4	75,4	94,3	113,1	150,7	169,6	188,6	235,5	282,6
S	1,83902439	1,8390244	1,84	1,8390244	1,8378049	1,8374865	1,84	1,836973	1,8374512
1 ϕ <	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Área efetiva	2,131449785	2,1314498	2,1314498	2,1314498	2,1314498	2,1314498	2,1314498	2,13145	2,1314498
V	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima	< mínima
S									
2 ϕ <									
Área efetiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V									
S									

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	4,20	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00
Área efetiva	1,85	3,27	4,71	5,14	3,93	5,65	4,71	7,14	6,54
V (KN)	25,25	34,45	71,20	110,60	92,00	165,00	159,00	261,50	437,20
V p/ S=1	37,90	52,70	110,00	171,40	141,60	253,90	243,20	402,50	663,30
S	1,50	1,53	1,54	1,55	1,54	1,54	1,53	1,54	1,52
1 ϕ >	5,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00
Área efetiva	2,62	4,71	6,41	7,00	5,65	7,70	6,41	10,28	9,42
V	< mínima	67,70	138,80	217,70	184,10	318,10	301,00	358,20	836,60
S		1,97	1,95	1,97	2,00	1,93	1,89	1,37	1,91
1 ϕ <		4,20	5,00	5,00	4,20	5,00	5,00	4,20	4,20
Área efetiva		2,31	3,27	3,57	2,77	3,93	3,27	5,04	4,62
V		< mínima	85,60	132,60	112,80	200,10	194,32	320,30	548,50
S			1,20	1,20	1,23	1,21	1,22	1,22	1,25
2 ϕ <			4,20	4,20		4,20	4,20		
Área efetiva			2,31	2,52		2,77	2,31		
V			< mínima	< mínima		164,00	< mínima		
S						0,99			

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ϕ	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Área efetiva	3,02	3,02	4,71	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27	3,02	3,27	5,14
V (KN)	41,00	41,00	51,95	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	61,50	61,50	76,90	111,90	71,80	101,20	164,20
V p/ S=1	61,50	61,50	79,20	61,50	76,90	92,20	61,50	76,90	92,30	92,30	115,30	168,30	107,70	152,20	250,80
S	1,50	1,50	1,52	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,53
1 ϕ <	4,20	4,20	5,00	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,00
Área efetiva	2,13	2,13	3,27	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,31	2,13	2,31	3,57
V p/ S=1	< mínimo	< mínimo	64,10	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	201,90
S				1,23											1,23
2 ϕ <				4,20											4,20
Área efetiva				2,31											2,13
V p/ S=1			< mínima												< mínimo
S															
1 ϕ >	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00
Área efetiva	4,35	4,35	6,41	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	5,92
V p/ S=1	75,40	75,40	96,90	75,40	94,30	113,10	75,40	94,30	113,10	113,10	141,40	198,00	132,00	179,00	275,30
S	1,84	1,84	1,87	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,77	1,84	1,77	1,68

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ϕ	4,2	4,2	5	4,2	6	4,2	5	6	4,2	5	5	4,2	6	6	5
Área efetiva	1,85	1,85	3,27	1,98	4,71	1,85	3,57	4,71	1,85	3,57	3,27	2,77	4,71	4,04	3,93
V (KN)	25,25	25,25	34,45	26,10	49,30	44,20	40,95	60,20	44,20	59,20	73,20	95,30	82,10	105,80	131,50
V p/ S=1	37,90	37,90	52,70	39,20	76,20	66,20	62,80	93,10	66,30	90,70	112,00	143,50	127,00	161,10	200,10
S	1,50	1,50	1,53	1,50	1,55	1,50	1,53	1,55	1,50	1,53	1,53	1,51	1,55	1,52	1,52
1 ϕ <			4,20		5,00		4,20	5,00		4,20	4,20		5,00	5,00	4,20
Área efetiva			2,31		3,27		2,52	3,27		2,52	2,31		3,27	2,80	2,77
V p/ S=1			42,70		59,30		50,50	72,40		72,90	90,60		98,80	130,40	164,00
S			1,24		1,20		1,23	1,20		1,23	1,24		1,20	1,23	1,25
2 ϕ <					4,20			4,20					4,20	4,20	
Área efetiva					2,31			2,31					2,31	1,98	
V p/ S=1					48,00			58,70					80,00	< mínima	
S					0,97			0,98					0,97		
1 ϕ >	5,00	5,00	6,00	5,00	7,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	6,00	5,00	7,00	7,00	6,00
Área efetiva	2,62	2,62	4,71	2,80	6,41	2,62	5,14	6,41	2,62	5,14	4,71	3,93	6,41	5,50	5,65
V p/ S=1	45,90	45,90	67,70	47,80	96,10	80,30	81,20	117,50	80,30	117,40	144,00	175,10	160,20	197,50	254,10
S	1,82	1,82	1,97	1,83	1,95	1,82	1,98	1,95	1,82	1,98	1,97	1,84	1,95	1,87	1,93

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ϕ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27
V (KN)	41,00	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	71,80	71,80	71,80	61,50	82,00	92,30	111,90	111,90
V p/ S=1	61,50	61,50	76,90	92,30	61,50	76,90	107,70	107,70	107,70	92,30	123,10	138,30	168,20	168,20
Coefficiente de segurança	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1 ϕ <	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Área efetiva	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,31	2,31
V p/ S=1	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo
Coefficiente de segurança														
2 ϕ <														
Área efetiva														
V p/ S=1														
Coefficiente de segurança														
1 ϕ >	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Área efetiva	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,71
V p/ S=1	75,40	75,40	94,20	113,10	75,40	94,20	132,00	132,00	132,00	113,10	150,70	169,60	207,90	207,90
Coefficiente de segurança	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,86	1,86

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ϕ	4,2	5	6	6	4,2	5	5	4,2	5	5	6	6	5	5
Área efetiva	2,31	3,02	4,04	4,04	2,52	3,02	3,27	2,52	3,93	3,57	4,35	4,71	6,54	6,54
V (KN)	28,25	49,25	64,10	83,50	44,40	49,30	68,90	66,60	87,70	83,00	110,60	116,10	182,20	182,20
V p/ S=1	42,70	75,10	98,70	127,30	67,30	75,10	105,30	100,90	133,40	125,90	169,00	177,80	282,00	282,00
Coefficiente de segurança	1,51	1,52	1,54	1,52	1,52	1,52	1,53	1,52	1,52	1,52	1,53	1,53	1,55	1,55
$1\phi <$		4,20	5,00	5,00		4,20	4,20		4,20	4,20	5,00	5,00	4,20	4,20
Área efetiva		2,13	2,80	2,80		2,13	2,31		2,77	2,52	3,02	3,27	4,62	4,62
V p/ S=1		61,30	77,70	103,00		61,20	85,30		109,20	104,10	128,80	134,70	208,60	208,60
Coefficiente de segurança		1,24	1,21	1,23		1,24	1,24		1,25	1,25	1,16	1,16	1,14	1,14
$2\phi <$			4,20	4,20							4,20	4,20		
Área efetiva			1,98	1,98							2,13	2,31		
V p/ S=1			63,80	< mínima							< mínima	< mínima		
Coefficiente de segurança			1,00											
$1\phi >$	5,00	6,00	7,00	7,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00
Área efetiva	3,27	4,35	5,50	5,50	3,57	4,35	4,71	3,57	5,65	5,14	5,92	6,41	9,42	9,42
V p/ S=1	52,70	96,00	123,50	155,90	83,70	96,00	135,40	125,50	169,30	158,70	196,90	208,40	372,00	372,00
Coefficiente de segurança	1,87	1,95	1,93	1,87	1,89	1,95	1,97	1,88	1,93	1,91	1,78	1,80	2,04	2,04

APÊNDICE P – Vigas: cisalhamento – espaçamento dos estribos

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Esforço cortante (KN)	41	41	51,25	61,5	82	92,3	102,5	128,2	153,8
Esforço cortante (KN) p/ S = 1	61,5	61,5	76,9	92,35	123	138,5	153,7	192,4	230,5
Coefficiente de Segurança	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Espaçamento (cm) - 1 cm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Área efetiva	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27
Esforço cortante (KN)	64,10	64,10	80,10	96,20	128,20	144,20	160,20	200,30	240,30
Coefficiente de Segurança	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Espaçamento (cm) - 2 cm	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
Área efetiva	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
Esforço cortante (KN)	67,30	67,30	84,10	100,90	134,50	151,30	168,20	210,10	252,10
Coefficiente de Segurança	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Espaçamento (cm) + 1 cm	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Área efetiva	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo
Coefficiente de Segurança									
Espaçamento (cm) + 2 cm	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Área efetiva	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo
Coefficiente de Segurança									

Viga interna com 1 vão - lajes engastadas									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
diâmetro	4,2	5	6	6	5	6	6	5	5
espaçamento(cm)	15	12	12	11	10	10	12	11	12
Área efetiva	1,85	3,27	4,71	5,14	3,93	5,65	4,71	7,14	6,54
V (KN)	25,25	34,45	71,2	110,6	92	165	159	261,5	437,20
V p/ S=1	37,90	52,7	110	171,4	141,6	253,9	243,2	402,5	663,30
S	1,50	1,53	1,54	1,55	1,54	1,54	1,53	1,54	1,52
Espaçamento (cm) - 1 cm	14,00	11,00	11,00	10,00	9,00	9,00	11,00	10,00	11,00
Área efetiva	1,98	3,57	5,14	5,65	4,36	6,28	5,14	7,85	7,14
Esforço cortante (KN)	39,20	55,80	117,30	184,10	152,12	173,60	258,00	430,50	699,50
Coefficiente de Segurança	1,55	1,62	1,65	1,66	1,65	1,05	1,62	1,65	1,60
Espaçamento (cm) - 2 cm	13,00	10,00	10,00	9,00	8,00	8,00	10,00	9,00	10,00
Área efetiva	2,13	3,93	5,65	6,28	4,91	7,07	5,65	8,73	7,85
Esforço cortante (KN)	40,80	59,60	126,00	199,80	165,80	298,50	275,20	465,00	742,00
Coefficiente de Segurança	1,62	1,73	1,77	1,81	1,80	1,81	1,73	1,78	1,70
Espaçamento (cm) + 1 cm	16,00	13,00	13,00	12,00	11,00	11,00	13,00	12,00	13,00
Área efetiva	1,73	3,02	4,35	4,71	3,57	5,14	4,35	6,54	6,04
Esforço cortante (KN)	< mínimo	50,10	104,00	160,80	132,50	238,00	231,00	379,30	633,50
Coefficiente de Segurança		1,45	1,46	1,45	1,44	1,44	1,45	1,45	1,45
Espaçamento (cm) + 2 cm	17,00	14,00	14,00	13,00	12,00	12,00	14,00	13,00	14,00
Área efetiva	1,63	2,80	4,04	4,35	3,27	4,71	4,04	6,04	5,61
Esforço cortante (KN)	< mínimo	42,90	87,33	133,90	111,60	200,00	197,80	320,20	551,50
Coefficiente de Segurança		1,25	1,23	1,21	1,21	1,21	1,24	1,22	1,26

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Espaçamento	13	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13	12	11
φ	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Área efetiva	3,02	3,02	4,71	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27	3,02	3,27	5,14
V (KN)	41,00	41,00	51,95	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	61,50	61,50	76,90	111,90	71,80	101,20	164,20
V p/ S=1	61,50	61,50	79,20	61,50	76,90	92,20	61,50	76,90	92,30	92,30	115,30	168,30	107,70	152,20	250,80
S	1,50	1,50	1,52	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,53
Espaçamento (cm) - 1 cm	12,00	12,00	11,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	11,00	12,00	11,00	10,00
Área efetiva	3,27	3,27	5,14	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,57	3,27	3,57	5,65
Esforço cortante (KN)	64,10	64,10	83,60	64,10	80,10	96,20	64,10	80,10	96,20	96,20	120,20	176,50	112,20	159,80	267,00
Coefficiente de Segurança	1,56	1,56	1,61	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,58	1,56	1,58	1,63
Espaçamento (cm) - 2 cm	11,00	11,00	10,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	10,00	11,00	10,00	9,00
Área efetiva	3,57	3,57	5,65	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,93	3,57	3,93	6,28
Esforço cortante (KN)	67,30	67,30	89,00	67,30	84,10	100,90	67,30	84,10	100,90	100,90	126,10	186,30	117,70	168,70	286,50
Coefficiente de Segurança	1,64	1,64	1,71	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,66	1,64	1,67	1,74
Espaçamento (cm) + 1 cm	14,00	14,00	13,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	13,00	14,00	13,00	12,00
Área efetiva	2,80	2,80	4,35	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	3,02	2,80	3,02	4,71
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	75,40	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	161,40	< mínimo	146,20	237,50
Coefficiente de Segurança			1,45									1,44		1,44	1,45
Espaçamento (cm) + 2 cm	15,00	15,00	14,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,00	15,00	14,00	13,00
Área efetiva	2,62	2,62	4,04	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,80	2,62	2,80	4,35
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	65,10	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo
?			1,25												1,24

Viga interna com 2 vãos - lajes engastadas															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Espaçamento (cm)	15,00	15,00	12,00	14,00	12,00	15,00	11,00	12,00	15,00	11,00	12,00	10,00	12,00	14,00	10,00
φ	4,2	4,2	5	4,2	6	4,2	5	6	4,2	5	5	4,2	6	6	5
Área efetiva	1,85	1,85	3,27	1,98	4,71	1,85	3,57	4,71	1,85	3,57	3,27	2,77	4,71	4,04	3,93
V (KN)	25,25	25,25	34,45	26,10	49,30	44,20	40,95	60,20	44,20	59,20	73,20	95,30	82,10	105,80	131,50
V p/ S=1	37,90	37,90	52,70	39,20	76,20	66,20	62,80	93,10	66,30	90,70	112,00	143,50	127,00	161,10	200,10
Coefficiente de Segurança	1,50	1,50	1,53	1,50	1,55	1,50	1,53	1,55	1,50	1,53	1,53	1,51	1,55	1,52	1,52
Espaçamento (cm) - 1 cm	14,00	14,00	11,00	13,00	11,00	14,00	10,00	11,00	14,00	10,00	11,00	9,00	11,00	13,00	9,00
Área efetiva	1,98	1,98	3,57	2,13	5,14	1,98	3,93	5,14	1,98	3,93	3,57	3,08	5,14	4,35	4,36
Esforço cortante (KN)	39,20	39,20	55,80	40,80	81,20	68,60	67,00	99,30	68,60	96,90	118,60	152,00	135,30	168,80	213,80
Coefficiente de Segurança	1,55	1,55	1,62	1,56	1,65	1,55	1,64	1,65	1,55	1,64	1,62	1,59	1,65	1,60	1,63
Espaçamento (cm) - 2 cm	13,00	13,00	10,00	12,00	10,00	13,00	9,00	10,00	13,00	9,00	10,00	8,00	10,00	12,00	8,00
Área efetiva	2,13	2,13	3,93	2,31	5,65	2,13	4,36	5,65	2,13	4,36	3,93	3,46	5,65	4,71	4,91
Esforço cortante (KN)	40,80	40,80	59,60	42,70	87,20	71,40	72,10	106,60	71,40	104,10	126,60	162,20	145,30	177,90	230,80
Coefficiente de Segurança	1,62	1,62	1,73	1,64	1,77	1,62	1,76	1,77	1,62	1,76	1,73	1,70	1,77	1,68	1,76
Espaçamento (cm) + 1 cm	16,00	16,00	13,00	15,00	13,00	16,00	12,00	13,00	16,00	12,00	13,00	11,00	13,00	15,00	11,00
Área efetiva	1,73	1,73	3,02	1,85	4,35	1,73	3,27	4,35	1,73	3,27	3,02	2,52	4,35	3,77	3,57
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	50,10	37,90	72,00	< mínimo	59,30	88,00	< mínimo	85,70	106,40	136,60	120,00	154,40	189,00
Coefficiente de Segurança			1,45	1,45	1,46		1,45	1,46		1,45	1,45	1,43	1,46	1,46	1,44
Espaçamento (cm) + 2 cm	17,00	17,00	14,00	16,00	14,00	17,00	13,00	14,00	17,00	13,00	14,00	12,00	14,00	16,00	12,00
Área efetiva	1,63	1,63	2,80	1,73	4,04	1,63	3,02	4,04	1,63	3,02	2,80	2,31	4,04	3,53	3,27
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	42,90	< mínimo	60,40	< mínimo	50,40		< mínimo	72,90	91,20	< mínimo	100,70	133,90	162,50
Coefficiente de Segurança			1,25		1,23		1,23	0,00		1,23	1,25		1,23	1,27	1,24

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Espaçamento	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	12,0	12,00
Diâmetro estribo (mm)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Área efetiva	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,27	3,27
V (KN)	41,00	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	71,80	71,80	71,80	61,50	82,00	92,30	111,90	111,90
V p/ S=1	61,50	61,50	76,90	92,30	61,50	76,90	107,70	107,70	107,70	92,30	123,10	138,30	168,20	168,20
S	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Espaçamento (cm) - 1 cm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	11,00	11,00
Área efetiva	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,57	3,57
Esforço cortante (KN)	64,10	64,10	80,20	96,20	64,10	80,10	112,20	112,20	112,20	96,20	128,20	144,20	176,50	176,50
Coefficiente de Segurança	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,58	1,58
Espaçamento (cm) - 2 cm	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	10,00	10,00
Área efetiva	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,93	3,93
Esforço cortante (KN)	67,30	67,30	84,10	100,90	67,30	84,10	117,70	117,70	117,70	100,90	134,60	151,30	186,30	186,30
Coefficiente de Segurança	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,66	1,66
Espaçamento (cm) + 1 cm	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	13,00	13,00
Área efetiva	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	3,02	3,02
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	161,50
Coefficiente de Segurança														1,44
Espaçamento (cm) + 2 cm	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,00	14,00
Área efetiva	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,80	2,80
Esforço cortante (KN)	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo	< mínimo
Coefficiente de Segurança														

Viga interna com 3 vãos - lajes engastadas														
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Espaçamento	12,00	13,00	14,00	14,00	11,00	13,00	12,00	11,00	10,00	11,00	13,00	12,00	12,00	12,00
φ	4,2	5	6	6	4,2	5	5	4,2	5	5	6	6	5	5
Área efetiva	2,31	3,02	4,04	4,04	2,52	3,02	3,27	2,52	3,93	3,57	4,35	4,71	6,54	6,54
V (KN)	28,25	49,25	64,10	83,50	44,40	49,30	68,90	66,60	87,70	83,00	110,60	116,10	182,20	182,20
V p/ S=1	42,70	75,10	98,70	127,30	67,30	75,10	105,30	100,90	133,40	125,90	169,00	177,80	282,00	282,00
S	1,51	1,52	1,54	1,52	1,52	1,52	1,53	1,52	1,52	1,52	1,53	1,53	1,55	1,55
Espaçamento (cm) - 1 cm	11,00	12,00	13,00	13,00	10,00	12,00	11,00	10,00	9,00	10,00	12,00	11,00	11,00	11,00
Área efetiva	2,52	3,27	4,35	4,35	2,77	3,27	3,57	2,77	4,36	3,93	4,71	5,14	7,14	7,14
Esforço cortante (KN)	44,90	79,00	104,00	133,30	71,20	79,00	111,60	106,80	142,40	133,40	177,80	188,50	300,80	300,80
Coefficiente de Segurança	1,59	1,60	1,62	1,60	1,60	1,60	1,62	1,60	1,62	1,61	1,61	1,62	1,65	1,65
Espaçamento (cm) - 2 cm	10,00	11,00	12,00	12,00	9,00	11,00	10,00	9,00	8,00	9,00	11,00	10,00	10,00	10,00
Área efetiva	2,77	3,57	4,71	4,71	3,08	3,57	3,93	3,08	4,91	4,36	5,14	5,65	7,85	7,85
Esforço cortante (KN)	47,50	83,70	110,00	140,40	76,00	83,70	119,20	114,00	154,00	142,40	188,50	201,00	322,80	322,80
Coefficiente de Segurança	1,68	1,70	1,72	1,68	1,71	1,70	1,73	1,71	1,76	1,72	1,70	1,73	1,77	1,77
Espaçamento (cm) + 1 cm	13,00	14,00	15,00	15,00	12,00	14,00	13,00	12,00	11,00	12,00	14,00	13,00	13,00	13,00
Área efetiva	2,13	2,80	3,77	3,77	2,31	2,80	3,02	2,31	3,57	3,27	4,04	4,35	6,04	6,04
Esforço cortante (KN)	40,80	71,70	94,10	122,00	64,00	71,70	100,10	96,00	126,00	119,70	161,20	169,00	266,20	266,20
Coefficiente de Segurança	1,44	1,46	1,47	1,46	1,44	1,45	1,45	1,44	1,44	1,44	1,46	1,46	1,46	1,46
Espaçamento (cm) + 2 cm	14,00	15,00	16,00	16,00	13,00	15,00	14,00	13,00	12,00	13,00	15,00	14,00	14,00	14,00
Área efetiva	1,98	2,62	3,53	3,53	2,13	2,62	2,80	2,13	3,27	3,02	3,77	4,04	5,61	5,61
Esforço cortante (KN)	35,80	62,00	80,00	92,40	55,70	62,00	85,90	83,40	108,30	104,00	139,00	144,60	223,40	223,40
Coefficiente de Segurança	1,27	1,26	1,25	1,11	1,25	1,26	1,25	1,25	1,23	1,25	1,26	1,25	1,23	1,23

**APÊNDICE Q – Vigas: cisalhamento – espessura do
reboco de paredes externas**

Viga externa com 1 vão - laje apoiada									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Comprimento viga l_y (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
Profundidade laje l_x (m)	2,00	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	4,00	5,00	6,00
Carga paredes externas (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	5,55
Reação $R = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,28	3,41	4,55	5,69	3,41	5,69	4,55	6,00	8,33
Carga total (kN/m)	10,28	11,41	12,55	13,69	11,41	13,69	12,55	14,00	16,33
Base (cm)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura (cm)	25,00	25,00	30,00	35,00	45,00	50,00	55,00	70,00	85,00
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	10,00
Momento máximo positivo (kNm)	5,80	14,32	28,25	48,53	61,98	99,93	123,50	220,94	374,27
V (KN) $p / f_{ck} = 30$ Mpa	41,00	41,00	51,25	61,50	82,00	92,30	102,50	128,20	153,80
V $p / S=1$ e $f_{ck} = 30$ Mpa	61,50	61,50	76,90	92,35	123,00	138,50	153,70	192,40	230,50
Coefficiente de Segurança	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Carga total (kN/m)	11,61	12,75	13,89	15,03	12,75	15,03	13,89	15,34	17,66
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,90	0,90	0,91	0,90	0,91	0,90	0,91	0,92
Coefficiente de segurança	1,33	1,34	1,36	1,37	1,34	1,37	1,36	1,37	1,39
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Carga total (kN/m)	12,92	14,06	15,20	16,34	14,06	16,34	15,20	16,65	18,97
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,80	0,81	0,83	0,84	0,81	0,84	0,83	0,84	0,86
Coefficiente de segurança	1,19	1,22	1,24	1,26	1,22	1,26	1,24	1,26	1,29
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
Carga total (kN/m)	14,24	15,37	16,51	17,65	15,37	17,65	16,51	17,96	20,29
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,72	0,74	0,76	0,78	0,74	0,78	0,76	0,78	0,80
Coefficiente de segurança	1,08	1,11	1,14	1,16	1,11	1,16	1,14	1,17	1,21

Viga externa com 2 vãos - lajes apoiadas																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VÃO 1	Comprimento vão 1 l_x (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje 1 (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$k_x = 1 - k_y$	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
	$k_y = 0,366 / \lambda$	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Reação vão 1: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	1,67	1,67	2,50	2,50	2,50	3,33	3,33	3,33	4,16	4,16	4,16	5,00	5,00	5,00
	Carga Total vão 1 (kN/m)	9,67	9,67	9,67	10,50	10,50	10,50	11,33	11,33	11,33	12,16	12,16	12,16	13,00	13,00	13,00
VÃO 2	Comprimento vão 2 l_x (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	6,00	4,00	5,00	6,00	5,00	7,50	10,00	6,00	9,00	12,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	2,00	3,00	4,00	3,00	4,50	3,00	4,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00	6,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55	5,05	5,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,67	0,50	0,50	0,67	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,63	0,34	0,63	0,46	0,34	0,34	0,46	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,37	0,66	0,37	0,54	0,66	0,66	0,54	0,66
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,67	2,50	3,33	2,50	3,75	4,49	3,33	4,16	4,49	4,16	6,20	7,90	4,49	8,25	10,96
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,67	10,50	11,33	10,50	11,75	12,49	11,33	12,16	12,49	12,16	14,20	15,90	12,49	16,25	18,96
	Base	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	35,00	35,00	45,00	60,00	40,00	55,00	70,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	5,00	7,50	10,00	
V para fck = 30 MPa (KN)	41,00	41,00	51,95	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	61,50	61,50	76,90	111,90	71,80	101,20	164,20	
V para fck = 30 MPa e S=1 (KN)	61,50	61,50	79,20	61,50	76,90	92,20	61,50	76,90	92,30	92,30	115,30	168,30	107,70	152,20	250,80	
Coefficiente de Segurança	1,50	1,50	1,52	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,53	
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	
Carga total (kN/m)	11,00	11,84	12,67	11,84	13,08	13,83	12,67	13,50	13,83	13,50	15,53	17,24	14,33	17,59	20,30	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92	0,91	0,92	0,93	
Coefficiente de segurança	1,32	1,33	1,36	1,33	1,35	1,35	1,34	1,35	1,36	1,35	1,37	1,39	1,36	1,39	1,43	
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	
Carga total (kN/m)	12,31	13,15	13,98	13,15	14,40	15,14	13,98	14,81	15,14	14,81	16,84	18,55	15,14	18,90	21,61	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,78	0,80	0,81	0,80	0,82	0,83	0,81	0,82	0,83	0,82	0,84	0,86	0,86	0,86	0,88	
Coefficiente de segurança	1,18	1,20	1,24	1,20	1,22	1,24	1,22	1,23	1,24	1,23	1,26	1,29	1,29	1,29	1,34	
Carga reboco externo 12 cm (kN/m)	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	
Carga total (kN/m)	13,63	14,46	15,29	14,46	15,71	16,45	15,29	16,12	16,45	16,12	18,16	19,86	16,45	20,21	22,92	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,71	0,73	0,74	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,76	0,75	0,78	0,80	0,79	0,80	0,83	
Coefficiente de segurança	1,06	1,09	1,13	1,09	1,12	1,14	1,11	1,13	1,14	1,13	1,17	1,20	1,18	1,21	1,26	

Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Vão 1	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	8,00	10,00	10,00
	Profundidade laje 1 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga parede externa (kN/m)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,80
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	k_x	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,34	0,34	0,34
	k_y	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,66	0,66	0,66
	Reação: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	3,33	4,16	4,16	5,00	5,00	5,99	5,99	7,90	7,90
	Carga Total vão (kN/m)	10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	11,33	12,16	12,16	13,00	13,00	13,99	13,99	15,90	15,90
Vão 2	Comprimento l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Profundidade laje 2 l_y (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	Carga laje (kN/m ²)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
	$\lambda = l_y / l_x$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	k_x	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	k_y	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	Reação vão 2: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)	1,97	2,63	3,29	3,94	1,31	1,31	1,97	1,97	1,97	1,97	2,63	2,63	3,29	3,29
	Carga Total vão 2 (kN/m)	9,97	10,63	11,29	11,94	9,31	9,31	9,97	9,97	9,97	9,97	10,63	10,63	11,29	11,29
	Vão 3	Comprimento vão 3 l_x (m)	3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	8,00	6,00	10,00
Profundidade laje 3 l_y (m)		3,00	4,00	5,00	6,00	4,00	3,00	5,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00
Carga laje (kN/m ²)		4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,80	4,55
$\lambda = l_y / l_x$		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
k_x		0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,34	0,63	0,34	0,34
k_y		0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,66	0,37	0,66	0,66
Reação vão 3: $R3 = 0,5 * k_y * l_y * p$ (kN/m)		2,50	3,33	4,16	5,00	3,33	2,50	4,16	3,33	5,00	3,33	5,99	5,00	7,90	5,99
Carga Total vão 3 (kN/m)		10,50	11,33	12,16	13,00	11,33	10,50	12,16	11,33	13,00	11,33	13,99	13,00	15,90	13,99
Base		21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Altura	25,00	25,00	30,00	35,00	25,00	30,00	40,00	40,00	40,00	35,00	45,00	50,00	60,00	60,00	
h - d (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	7,50	
Viga externa com 3 vãos - lajes apoiadas															
V (kN)	41,00	41,00	51,25	61,50	41,00	51,25	71,80	71,80	71,80	61,50	82,00	92,30	111,90	111,90	
V p/S=1 (kN)	61,50	61,50	76,90	92,30	61,50	76,90	107,70	107,70	107,70	92,30	123,10	138,30	168,20	168,20	
Coefficiente de segurança	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
Carga reboco externo 6 cm (kN/m)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	
Carga total (kN/m)	11,84	12,67	13,50	14,33	12,67	12,67	13,50	13,50	14,33	14,33	15,33	15,33	17,24	17,24	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,89	0,89	0,90	0,91	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	
Coefficiente de segurança	1,33	1,34	1,35	1,36	1,34	1,34	1,35	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,39	1,39	
Carga reboco externo 9 cm (kN/m)	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	
Carga total (kN/m)	13,15	13,98	14,81	15,64	13,98	13,98	14,81	14,81	15,64	15,64	16,64	16,64	18,55	18,55	
Carga total sem erro / Carga total com erro	0,80	0,81	0,82	0,83	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,86	0,86	