

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

Rafael Rizzatti de Moraes

**PUNÇIONAMENTO: VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DAS
LAJES SEM VIGAS PARA A DISPENSA DA
ARMADURA DE CISALHAMENTO EM FUNÇÃO DA
GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS ESTUDADAS**

Porto Alegre
julho 2013

RAFAEL RIZZATTI DE MORAES

**PUNÇIONAMENTO: VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DAS
LAJES SEM VIGAS PARA A DISPENSA DA
ARMADURA DE CISALHAMENTO EM FUNÇÃO DA
GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS ESTUDADAS**

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

Orientadora: Virgínia Maria Rosito D'Ávila Bessa

Porto Alegre
julho 2013

RAFAEL RIZZATTI DE MORAES

**PUNÇIONAMENTO: VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DAS
LAJES SEM VIGAS PARA A DISPENSA DA
ARMADURA DE CISALHAMENTO EM FUNÇÃO DA
GEOMETRIA DAS ESTRUTURAS ESTUDADAS**

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

Porto Alegre, julho de 2013

Profa. Virgínia Maria Rosito D'Ávila Bessa
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Américo Campos Filho (UFRGS)
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Prof. Roberto Domingo Rios (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Virgínia Maria Rosito D'Ávila Bessa (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Ronaldo e Lourdes, pelo incentivo e pela educação exemplar que me deram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Virgínia, pela paciência, intensa troca de ideias e vasto conhecimento a mim transmitido com muito entusiasmo e dedicação, principalmente na reta final do trabalho.

Agradeço à Professora Carin, pelo tempo disponibilizado para as constantes consultas, pelo seu grande comprometimento e disposição no auxílio deste trabalho.

Também agradeço aos meus amigos, em especial ao Evandro e à Verônica, que mesmo não contribuindo diretamente para o meu trabalho, foram muito importantes nesta etapa da minha vida acadêmica.

Se vives de acordo com as leis da natureza, nunca serás
pobre; se vives de acordo com as opiniões alheias,
nunca serás rico.

Lúcio Aneu Séneca

RESUMO

Atualmente, o crescente uso de lajes sem vigas justifica um maior cuidado quanto à verificação da resistência à punção. Tendo isso em vista, este trabalho versa sobre a análise da punção para o estabelecimento de uma espessura de laje necessária para que o uso de armadura de cisalhamento seja dispensado em cada solução construtiva proposta, bem como a observação da influência das variáveis geométricas nesta espessura. A partir da revisão da literatura, inicialmente são explicadas peculiaridades dos sistemas estruturais sem vigas, como a análise estrutural diferenciada e eventuais vantagens e desvantagens apresentadas por eles. Posteriormente, abordando o foco do trabalho, são expostas as principais características do fenômeno de punção, como sua fissuração e formação da superfície de ruína. São também apresentadas as diferentes configurações de armadura de cisalhamento e sua aplicabilidade. Também são identificados os principais parâmetros envolvidos na resistência ao puncionamento. Para o dimensionamento de lajes à punção, são apresentadas as considerações feitas para o projeto de lajes sem vigas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, como o procedimento para a análise estrutural pelo método dos pórticos equivalentes e a verificação da resistência à punção pelo método da superfície de controle. Posteriormente, tais métodos são aplicados nas estruturas propostas à fim de se obter uma espessura mínima necessária para que o uso de armadura de cisalhamento seja dispensado, já que este é o critério de projeto adotado. Ao longo do trabalho, são dispostos gráficos com resultados obtidos, relacionando-os com a variação geométrica de cada pavimento estudado. Com isso, conclui-se que, para as condições analisadas neste estudo, parte das estruturas analisadas demanda uma espessura de laje inviável, que descaracterizam as principais vantagens deste sistema estrutural. Com o aumento da espessura, tanto a tensão resistente quanto a tensão solicitante diminuem potencialmente. Ainda, a espessura mínima necessária tem uma relação linear com o aumento do vão das lajes e com o aumento da seção dos pilares. A relação entre os lados dos pilares com os vãos das lajes não influencia na determinação desta espessura. Também foi observada uma relação aproximadamente linear da área do pavimento com a espessura necessária, para cada série de pilares estudados. Os gráficos elaborados permitem a extrapolação e a interpolação das linhas de tendência, possibilitando a obtenção das espessuras para casos de lajes com dimensões diferentes das estudadas.

Palavras-chave: Lajes sem Vigas. Lajes Lisas.
Punção em Lajes Lisas. Armadura de Cisalhamento em Lajes Lisas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa	18
Figura 2 – Laje sem viga	20
Figura 3 – Definição dos pórticos múltiplos	23
Figura 4 – Faixas de laje para distribuição dos esforços nos pórticos múltiplos	24
Figura 5 – Desenvolvimento das fissuras na região dos pilares.....	26
Figura 6 – Superfície de ruína para casos simétricos	28
Figura 7 – Barras dobradas	31
Figura 8 – Tipos de estribos	31
Figura 9 – Armadura de cisalhamento tipo pino	32
Figura 10 – Definição da superfície de controle	33
Figura 11 – Modelo mecânico de Kinnunen e Nylander	34
Figura 12 – Perímetro crítico em pilares internos	37
Figura 13 – Disposição da armadura de punção em planta e contorno da superfície crítica C'	42
Figura 14 – Disposição da armadura de punção em corte	42
Figura 15 – Armadura contra colapso progressivo	43
Figura 16 – Disposição das armaduras de flexão nas lajes sem vigas	44
Figura 17 – Disposição das armaduras de punção	45
Figura 18 – Vista em planta genérica e corte tipo	47
Figura 19 – Definição dos pórticos em cada direção para o pavimento tipo	50
Figura 20 – Diagramas do esforço cortante e do momento fletor do pórtico em x	51
Figura 21 – Diagramas do esforço cortante e do momento fletor do pórtico em y	52
Figura 22 – Espessura da laje <i>versus</i> resistência/solicitação em C' para lajes AB	56
Figura 23 – Espessura da laje <i>versus</i> tensão em C'	58
Figura 24 – Espessura da laje <i>versus</i> ganho efetivo de resistência	59
Figura 25 – Lado do pilar <i>versus</i> espessura mínima	60
Figura 26 – Vão <i>versus</i> espessura mínima	61
Figura 27 – Espessura mínima <i>versus</i> vão em y para pilares com lado de 40 cm	62
Figura 28 – Espessura mínima <i>versus</i> vão em y para lajes com vão de 6 m em x	63
Figura 29 – Espessura mínima <i>versus</i> lado do pilar em y para lajes com 6 m e lado de pilar de 40 cm em x	64
Figura 30 – Espessura mínima <i>versus</i> área do pavimento	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de K	38
Tabela 2 – Dimensão dos vãos das lajes estudadas em metros	48
Tabela 3 – Dimensão dos pilares estudados em centímetros	48
Tabela 4 – Planilha do método dos pórticos equivalentes para a série AC18	52
Tabela 5 – Planilha do método da superfície de controle para a série AC18	53
Tabela 6 – Valores das espessuras ideais para cada pavimento	57

LISTA DE SÍMBOLOS

x – distância da linha neutra até a fibra mais comprimida (cm)

d – altura útil da laje (cm)

M_{sd} – momento solicitante de cálculo (kNm)

f_{cd} – resistência de cálculo à compressão do concreto (kN/cm^2)

b – largura da faixa (cm)

A_s – área de armadura de flexão (cm^2)

f_{yd} – resistência de cálculo do escoamento do aço (kN/cm^2)

C – superfície crítica na ligação laje-pilar

C' – superfície crítica afastada duas vezes da altura útil da laje do pilar

C'' – superfície crítica afastada duas vezes da altura útil da laje do último contorno de armadura necessária

τ_{sd} – tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C (kN/cm^2)

F_{sd} – força ou reação concentrada de cálculo (kN)

u – perímetro do contorno crítico C (cm)

τ_{sd}' – tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C' (kN/cm^2)

u' – perímetro do contorno crítico C' (cm)

d_x – altura útil da laje na direção ortogonal x (cm)

d_y – altura útil da laje na direção ortogonal y (cm)

K – coeficiente adimensional que fornece a parcela M_{sd} transmitida ao pilar por cisalhamento

W_p – módulo de resistência plástica no perímetro crítico (cm^2)

C_1 – dimensão do pilar paralela à excentricidade da força (cm)

C_2 – dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força (cm)

D – diâmetro do pilar (cm)

τ_{Rd2} – tensão de cisalhamento resistente de cálculo limite para verificação da compressão diagonal do concreto na ligação laje-pilar (kN/cm^2)

α_v – fator adimensional de eficiência do concreto

τ_{Rd1} – tensão de cisalhamento resistente de cálculo limite para que uma laje possa prescindir de armadura transversal para resistir à força cortante (kN/cm^2)

ρ – taxa geométrica de armadura de flexão aderente em porcentagem

ρ_x – taxa geométrica de armadura de flexão na direção ortogonal x em porcentagem

ρ_y – taxa geométrica de armadura de flexão na direção ortogonal y em porcentagem

f_{ck} – resistência característica à compressão do concreto (kN/cm^2)

τ_{Rd3} – resistência de cálculo, dada por unidade de comprimento crítico, para lajes com armadura de punção (kN/cm^2)

s_r – espaçamento radial entre as camadas de armadura de cisalhamento (cm)

A_{sw} – área de armadura de punção num contorno completo paralelo à C' (cm^2)

f_{ywd} – resistência de cálculo da armadura de punção (kN/cm^2)

α – ângulo de inclinação entre o eixo da armadura de punção e o plano da laje (radianos)

A_s' – somatório de todas as áreas das barras que cruzam cada uma das faces do pilar (cm^2)

h – altura da laje (cm)

L_A – vão da laje na direção x (m)

L_B – vão da laje na direção y (m)

A_o – lado do pilar na direção x (cm)

B_o – lado da laje na direção y (cm)

M_x – momento negativo do pórtico em x (kNm)

V_x – esforço cortante no pilar interno do pórtico em x (kN)

M_y – momento negativo do pórtico em y (kNm)

M_x – esforço cortante no pilar interno do pórtico em y (kN)

$R_{\text{médio}}$ – esforço normal do pilar interno (kN)

h_o – espessura mínima necessária para a dispensa de armadura de cisalhamento (cm)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	16
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA.....	16
2.2.1 Objetivo Principal	16
2.2.2 Objetivo Secundário	16
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 SISTEMAS ESTRUTURAIS SEM VIGAS.....	20
3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS	21
3.2 OUTROS TIPOS DE LAJES SEM VIGAS.....	22
3.3 ANÁLISE ESTRUTURAL	22
4 PUNÇÃO	25
4.1 FISSURAÇÃO	26
4.2 SUPERFÍCIE DE RUÍNA	27
4.3 PARÂMETROS ENVOLVIDOS	28
4.4 ARMADURA DE CISALHAMENTO	30
4.4.1 Barras dobradas e estribos	30
4.4.2 Conectores tipo pino	31
4.5 MODELOS DE CÁLCULO	32
4.5.1 Método da superfície de controle	32
4.5.2 Modelos mecânicos	33
5 DIMENSIONAMENTO DE LAJES À PUNÇÃO	35
5.1 TENSÃO SOLICITANTE	35
5.1.1 Tensão solicitante em pilar interno com carregamento simétrico	36
5.1.2 Tensão solicitante em pilar interno com efeito de momento	37
5.2 TENSÃO RESISTENTE	38
5.2.1 Tensão resistente em C	39
5.2.2 Tensão resistente em C' sem armadura de punção	39
5.2.3 Tensão resistente em C' com armadura de punção	40
5.3 DEMAIS RECOMENDAÇÕES	41

5.3.1 Definição da superfície crítica C''	41
5.3.2 Armadura de punção obrigatória e colapso progressivo	43
5.3.3 Detalhamento das armaduras	44
6 LAJES LISAS: DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO	46
6.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS PÓRTICOS EQUIVALENTES.....	49
6.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA SUPERFÍCIE DE CONTROLE	53
7 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
7.1 OBTENÇÃO DOS RESULTADOS	55
7.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
7.2.1 Análise das tensões	58
7.2.2 Análise das estruturas com lados iguais	60
7.2.3 Influência do vão da laje	61
7.2.4 Influência da seção do pilar	64
7.2.5 Influência da área da laje	65
8 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A	69
APÊNDICE B	85
APÊNDICE C	101

1 INTRODUÇÃO

A evolução das técnicas construtivas, bem como o desenvolvimento de novos sistemas estruturais, está cada vez mais presente na Engenharia Civil. O sistema estrutural convencional, constituído por lajes, vigas e pilares, atualmente perde espaço para outros sistemas. Um exemplo são as chamadas lajes sem vigas, inicialmente propostas no início do século passado, que são apoiadas diretamente em pilares, dispensando a presença de vigas para a transmissão dos esforços. Existem algumas configurações, como as lajes-cogumelo, que apresentam capitéis (engrossamento da seção transversal do pilar próximo da ligação com a laje) e as *drop panels* (aumento da espessura da laje na região de ligação com pilares) que têm por finalidade diminuir as tensões de cisalhamento para evitar problemas de puncionamento.

Porém, atualmente, o uso de tais discontinuidades geométricas na região de ligação é evitado para obtenção de lajes lisas, que facilitam ainda mais a fase de execução, devido à simplicidade das fôrmas e melhor aproveitamento da altura. Tal configuração passa por um momento de grande crescimento devido às inúmeras vantagens como a economia de tempo, facilidade de execução e flexibilidade de uso dos espaços, fatores que ocasionam uma redução expressiva de custo. Por outro lado, como desvantagens, é importante salientar três pontos importantes: os excessivos deslocamentos transversais, o comprometimento da estabilidade global da edificação e o efeito da punção das lajes pelos pilares.

O puncionamento, ocasionado pelas elevadas tensões de cisalhamento da região dos pilares devido à força concentrada aplicada diretamente na laje, deve ser tratado com especial atenção. Não só porque é uma região crítica, que pode provocar uma ruptura frágil, sem aviso prévio, que pode desencadear a ruína da estrutura, como também pela possibilidade de ser um dos fatores de dimensionamento (parâmetro para escolha da espessura de lajes, da geometria dos pilares, do uso ou não de capitel ou de armadura de cisalhamento). Segundo Figueiredo Filho ([1990]), as recomendações apresentadas por normas são resultado de procedimentos empíricos, baseados em ensaios de modelos que reproduzem tal zona crítica. Dessa maneira, o uso de métodos de normas, mesmo sendo muito a favor da segurança, é recomendado para a verificação da punção pelas características desse evento, se viesse a ocorrer.

Com base nisso, este trabalho propõe a análise da resistência ao puncionamento prescrito pela NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) através do estudo em diversos casos de lajes com diferentes cargas e geometrias. O trabalho tem por propósito, assim, estabelecer a espessura de laje necessária para que se dispense o uso de armadura de cisalhamento. É analisado o comportamento da espessura necessária com a variação das principais variáveis geométricas envolvidas, como o vão das lajes e a seção dos pilares.

No capítulo 2, após a introdução, são apresentadas as diretrizes de pesquisa do trabalho. Encontra-se a questão de pesquisa, objetivo principal e secundário, pressupostos, delimitações, limitações e delineamento. O terceiro capítulo procura caracterizar os sistemas estruturais de lajes sem vigas, apresentando sua definição, vantagens e desvantagens, e o tipo de análise estrutural recomendada.

No quarto capítulo, são apresentadas as principais características do fenômeno de punção. O panorama de fissuração, superfície de ruína, parâmetros envolvidos e os diferentes tipos de armadura de cisalhamento são, desta maneira, apresentados. Em seguida são abordados os diferentes modelos de cálculo. O capítulo 5 é destinado ao método de dimensionamento de lajes à punção segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas e suas demais recomendações.

No sexto capítulo, é descrito o procedimento adotado para o dimensionamento das lajes à punção de maneira detalhada, bem como a aplicação de cada um dos métodos anteriormente apresentados. O capítulo 7 procura mostrar os resultados obtidos e analisar qual a influência que as variáveis geométricas exercem sobre eles. No oitavo capítulo, são descritas as conclusões que podem ser feitas através deste trabalho.

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: empregando a recomendação da norma brasileira para a verificação da resistência ao puncionamento, qual a espessura que cada laje estudada deve ter para que se possa dispensar a armadura de cisalhamento, e qual a influência da variação da geometria da estrutura nessa espessura?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a determinação da espessura das lajes estudadas para que se dispense a armadura de cisalhamento para resistir à punção nessa região crítica e a observação da influência que a mudança de geometria exerce sobre tal espessura.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a elaboração de uma planilha com o uso do *Microsoft Excel* (MICROSOFT, 2007) para a verificação da solicitação e resistência ao puncionamento.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que as recomendações da NBR 6118/2007 relativas à análise estrutural de lajes lisas e ao dimensionamento de lajes à punção, são válidas para as verificações propostas nesse trabalho.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à verificação da resistência ao puncionamento em lajes maciças de concreto armado em que a estabilidade global da estrutura não depende da resistência à punção.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) a resistência característica do concreto restringiu-se ao valor de 30 MPa;
- b) velocidade do carregamento é desconsiderada;
- c) lajes sem furos;
- d) lajes com vãos de 6 a 8 m;
- e) pilares retangulares de 40 a 60 cm;
- f) análise de pilares internos dispostos em filas ortogonais de iguais vãos;
- g) aço CA-50.

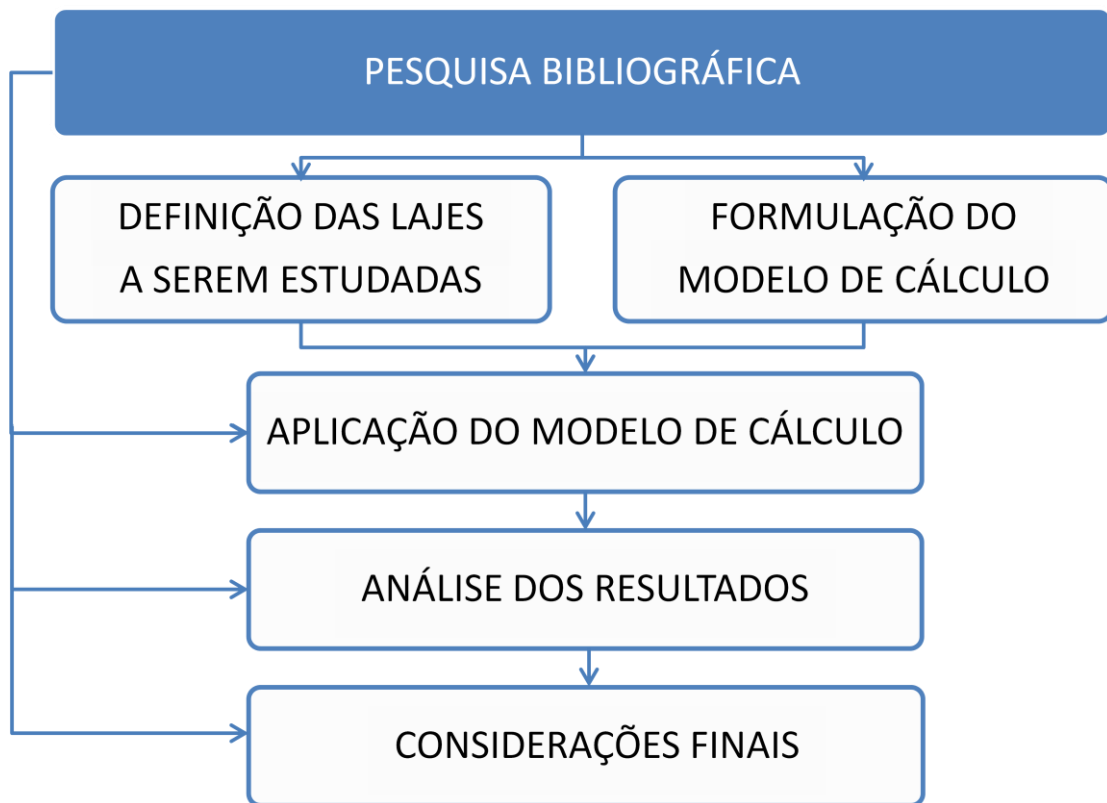
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição das lajes a serem estudadas;
- c) formulação do modelo de cálculo;
- d) aplicação do modelo de cálculo;
- e) análise dos resultados;
- f) considerações finais.

Primeiramente, foi realizada uma **pesquisa bibliográfica** com o objetivo de obter maior conhecimento sobre o assunto abordado através de consulta a livros, normas, artigos e trabalhos acadêmicos. Esta etapa, que se desenvolveu ao longo de todo trabalho, também foi importante para a identificação dos parâmetros relevantes da resistência ao puncionamento, bem como para a garantia da validade das demais etapas.

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Na fase seguinte, **definição das lajes a serem estudadas**, foi realizada a escolha das lajes sem vigas analisadas, bem como na determinação das faixas de valores dos parâmetros que foram variados. Tais valores foram escolhidos baseados nas recomendações bibliográficas e em medidas usualmente empregadas na prática.

Na **formulação do modelo de cálculo**, foi desenvolvida uma planilha de cálculo da resistência ao puncionamento, no *software Microsoft Excel* (MICROSOFT, 2007), a fim de facilitar os cálculos e interpretação dos resultados obtidos. Para tal, é validada a verificação recomendada pela NBR 6118/2007. Assim foi possível estimar a resistência à punção de maneira a tornar viável a avaliação da relação dos principais parâmetros envolvidos com a resistência.

Na **aplicação do modelo de cálculo**, foi calculada a resistência ao puncionamento das lajes previamente propostas com a ajuda da planilha confeccionada na etapa anterior de modo a dispensar armadura de cisalhamento.

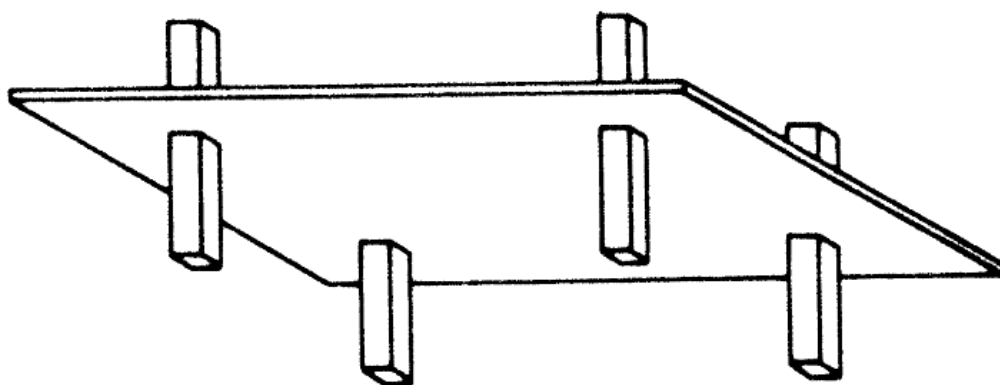
Na etapa de **análise de resultados**, foram desenvolvidos gráficos relacionando as variáveis geométricas com a espessura mínima de laje obtida. Também foi possível obter as faixas de valores de altura das lajes a partir dos quais não seria necessária a utilização de armadura de cisalhamento, principal objetivo do trabalho. Por fim, foram efetuadas as **considerações finais** da pesquisa tendo em vista os resultados inferidos.

3 SISTEMAS ESTRUTURAIS SEM VIGAS

As lajes sem vigas, que se apoiam diretamente sobre os pilares, são uma alternativa cada vez mais frequente nos projetos de construção civil. Tal escolha, seja laje-cogumelo ou laje lisa, pode ser conveniente devido a diversos fatores. Entretanto, altas tensões de cisalhamento são ocasionadas pela carga pontual aplicada em pequena área na região da laje ao redor do pilar em ambos os casos (CORDOVIL, 1997).

Os métodos de cálculo à punção e à flexão se desenvolveram significativamente desde que os sistemas estruturais sem viga surgiram, no início do século passado. Ao mesmo tempo, esse tipo de configuração é motivo de frequentes questionamentos quanto à sua viabilidade econômica e técnica (FIGUEIREDO FILHO, [1990]). A figura 2 mostra a vista em perspectiva de um exemplo deste tipo de laje.

Figura 2 – Laje sem viga



(fonte: FIGUEIREDO FILHO, [1990], p. 87)

Nos próximos itens, são apresentadas as vantagens, desvantagens e variações de tais tipos de sistemas. Também é demonstrada a análise estrutural recomendada, com o objetivo de aprimorar o conhecimento sobre as estruturas sem vigas.

3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Figueiredo Filho ([1990]), os sistemas de lajes sem vigas proporcionam as seguintes vantagens:

- a) fácil adaptabilidade a diversas formas ambientais;
- b) simplificação de fôrmas, assim como a de armaduras, da concretagem e das instalações;
- c) diminuição de revestimentos;
- d) redução da quantidade de cimento e da altura total do edifício;
- e) redução do tempo de construção da estrutura.

Ainda, tal racionalização de tarefas, economia de materiais e mão de obra não só pode reduzir significativamente o custo final da obra como também sua manutenção posterior (FIGUEIREDO FILHO, [1990]).

Já como principais desvantagens, têm-se três aspectos importantes. Todos são problemas estruturais da edificação (FIGUEIREDO FILHO, [1990]):

- a) menor estabilidade global dos edifícios;
- b) grandes deslocamentos transversais das lajes;
- c) punção das lajes pelos pilares.

Em relação à estabilidade global, Melges (2001, p. 3) explica que “[...] a ausência de vigas faz com que as lajes-cogumelo e as lajes lisas apresentem pequena rigidez às ações horizontais, caracterizadas por ventos, desaprumo, excentricidades, efeitos de segunda ordem e terremotos.”.

Quanto às flechas excessivas, Figueiredo Filho ([1990]) observa que o deslocamento central das lajes sem vigas é maior do que o usual e, no caso dos painéis externos, ainda há o maior deslocamento no centro do vão das bordas exteriores das lajes. Já Trautwein (2006) afirma que, na região de ligação da laje com o pilar, as elevadas tensões originadas pelos esforços de flexão e cisalhamento podem provocar uma ruptura por punção da laje.

3.2 OUTROS TIPOS DE LAJES SEM VIGAS

Muitas alternativas podem ser adotadas para a solução dos problemas estruturais anteriormente citados. A criação de núcleos rígidos (poços de elevadores, caixas de escadas e paredes estruturais) tem como objetivo combater o efeito das ações horizontais, minimizando o problema em relação à estabilidade global (MELGES, 2001).

Segundo Figueiredo Filho ([1990]), a colocação de vigas nas bordas dos pavimentos é outra escolha muito usual neste tipo de projeto. Mesmo ocasionando certa perda de algumas vantagens, as vigas melhoram o comportamento do sistema, eliminando o problema da punção em pilares externos, antes mais vulneráveis devido ao menor perímetro crítico apresentado. Os excessivos deslocamentos transversais nas bordas externas dos painéis também podem ser contornados com o emprego de tal solução, além, é claro, da melhora da estabilidade global da estrutura devido à maior rigidez proporcionada pelas vigas adicionadas.

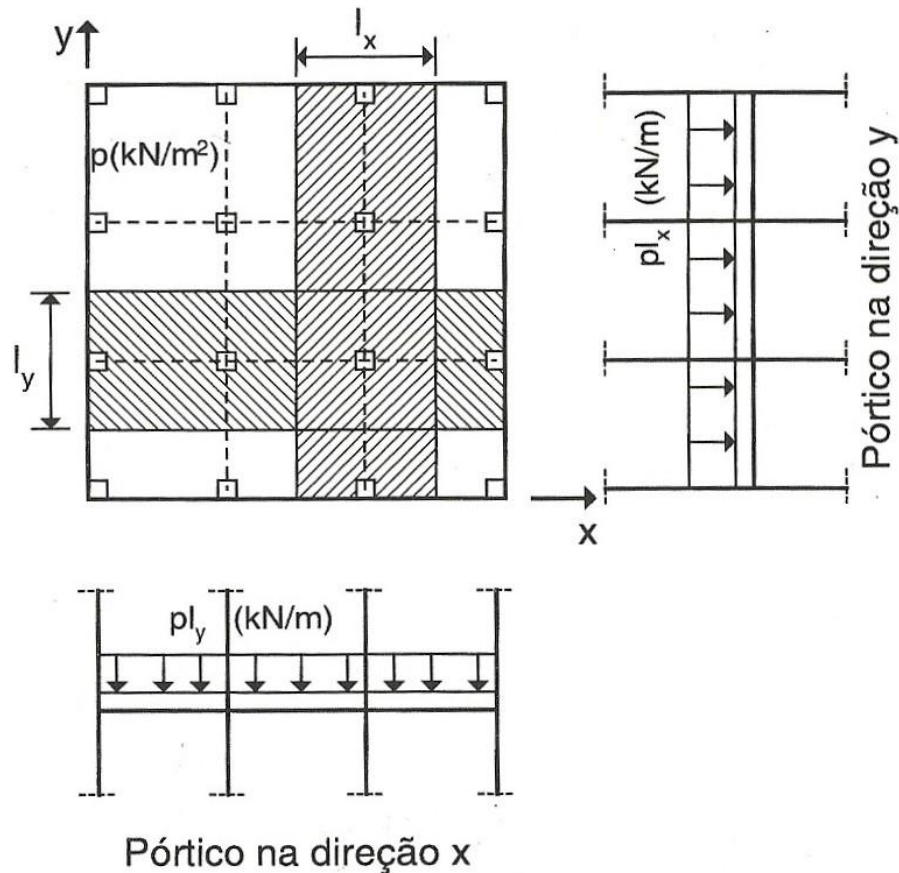
Outra medida muito empregada é a protensão das lajes. Para Melges (2001, p. 3), ela “[...] é vantajosa porque, ao equilibrar parte das ações atuantes, tem-se uma diminuição dos deslocamentos transversais da laje na região central dos vãos.”.

Figueiredo Filho ([1990]) ressalta que as lajes sem vigas podem ser nervuradas, tornando-as muitas vezes mais econômicas. Pode também ser usada a associação do sistema estrutural sem vigas com lajes pré-moldadas.

3.3 ANÁLISE ESTRUTURAL

Segundo a NBR 6118, a análise estrutural de lajes sem vigas deve ser realizada com a utilização de algum procedimento numérico adequado como diferenças finitas, elementos finitos e elementos de contorno. Em situações nas quais os pilares estão dispostos em filas de maneira regular, ortogonais e com lajes de vãos semelhantes, o processo elástico aproximado pode ser empregado para o cálculo dos esforços. Tal método consiste em considerar, em cada direção, uma série de pórticos múltiplos para a obtenção dos esforços solicitantes conforme a figura 3. Para cada um dos pórticos arbitrados deve ser considerada a totalidade das cargas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Figura 3 – Definição dos pórticos múltiplos



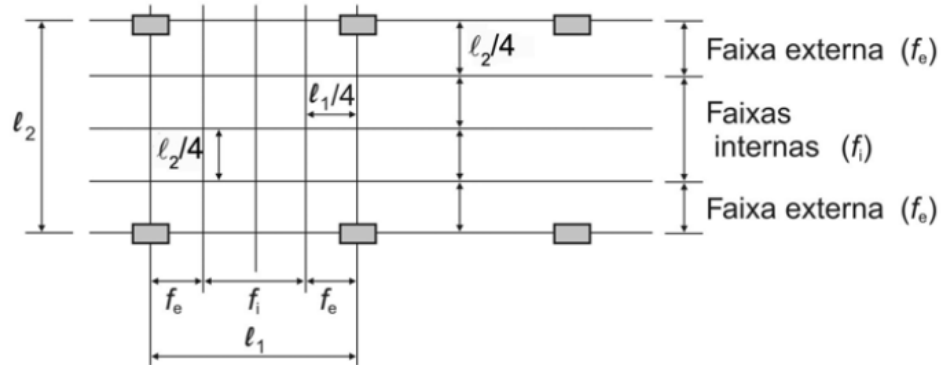
(fonte: ARAÚJO, 2003, p. 161)

Para o cálculo dos momentos fletores, como demonstra a figura 4, é necessária a criação de faixas internas e externas. A distribuição dos momentos nas faixas deve ser feita da maneira seguinte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 86):

- 45% dos momentos positivos para as duas faixas internas;
- 27,5% dos momentos positivos para cada uma das faixas externas;
- 25% dos momentos negativos para as duas faixas internas;
- 37,5% dos momentos negativos para cada uma das faixas externas.

É possível adotar a média dos valores das forças normais dos pilares obtidos através da consideração dos dois pórticos (um em cada direção) aos quais ele pertence. Tal força será adotada para a verificação da resistência à punção da laje (ARAÚJO, 2003).

Figura 4 – Faixas de laje para distribuição dos esforços nos pórticos múltiplos



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 87)

Para o cálculo da armadura de flexão, são utilizadas as fórmulas 1 e 2, ambas provenientes do cálculo da armadura de flexão simples para uma seção retangular de concreto (CAMPOS FILHO, 2011). No caso, cada faixa deve ser tratada como uma viga retangular com seus respectivos momentos distribuídos, onde um quarto do vão na direção contrária do pórtico analisado é a sua largura.

$$x = 1,25 d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_{Sd}}{0,425 f_{cd} b d^2}} \right) \quad (\text{fórmula 1})$$

$$A_s = \frac{0,68 f_{cd} b x}{f_{yd}} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

x = distância da linha neutra até a fibra mais comprimida;

d = altura útil da laje;

M_{Sd} = momento solicitante de cálculo;

f_{cd} = resistência de cálculo à compressão do concreto;

b = largura da faixa;

A_s = área de armadura de flexão necessária;

f_{yd} = resistência de cálculo da armadura de flexão.

4 PUNÇÃO

Certamente a punção é um dos principais problemas em lajes sem vigas. Ela ocorre devido a uma carga concentrada aplicada em uma placa, provocando sua perfuração. Segundo Figueiredo Filho ([1990], p. 86), a ruína ocasionada pela punção “[...] ocorre na forma de uma ruptura frágil e abrupta, sem qualquer aviso prévio, o que impossibilita a tomara de medidas preventivas.”. O autor também salienta que, se dimensionada inadequadamente, a punção pode causar graves acidentes como a ruptura de uma laje, ou até mesmo a ruína total da estrutura por colapso progressivo.

Não existem valores característicos da resistência à punção, visto que o concreto é um material frágil. Quando ela ocorre, um sistema de tensões inclinadas de tração e compressão é produzido, ocasionando a ruptura quando a resistência à tração é superada (LEONHARDT; MÖNNING, 1977).

Muitas vezes, o valor dessa resistência pode ser escolhido como um dos fatores de dimensionamento do projeto. Sendo ele condicionante para a escolha de aspectos como a espessura de lajes, a geometria dos pilares, a resistência à compressão do concreto, o uso de capitel ou de armadura de cisalhamento (TRAUTWEIN, 2006).

Figueiredo Filho ([1990]) afirma que um dos problemas das lajes sem vigas, no que se refere à punção, é a dificuldade de avaliar sua capacidade de carga. Lajes com características não elásticas e apoiadas diretamente em pilares são de muito difícil representação matemática, tornando esta uma tarefa de modelagem complexa. Por isso têm-se realizado diversas pesquisas em modelos físicos para estabelecer um princípio de cálculo e projeto quanto à punção.

Melges ([1995], p. 2) constata que:

A existência de vários parâmetros envolvidos faz da punção um problema complexo. Apesar de diversos métodos terem sido desenvolvidos, nenhum deles, até agora, obteve uma aceitação completa. É importante frisar que a maioria desses critérios de cálculo se baseia em resultados experimentais.

Assim, nesse capítulo, para melhor o entendimento do fenômeno, são apresentados a forma de fissuração, a definição da superfície de ruptura, bem como os principais parâmetros envolvidos na resistência à punção e como eles podem afetá-la. Ainda, é abordada uma breve caracterização dos principais tipos de armadura de cisalhamento e métodos de cálculo. Dessa forma, é possível obter um melhor entendimento sobre o assunto em estudo.

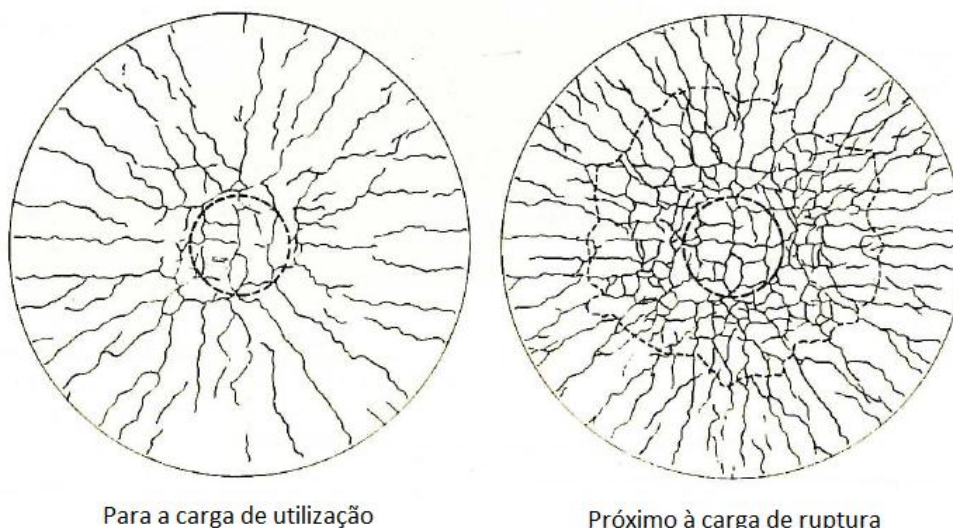
4.1 FISSURAÇÃO

Com relação ao comportamento das lajes sob carga de punção, Melges (2001, p. 33) observa:

Para ligações da laje com pilares internos, submetidas a carregamento concêntrico, ensaios experimentais mostram que as deformações tangenciais inicialmente são maiores que as deformações radiais, independente do tipo de armadura. Surgem então em primeiro lugar as fissuras radiais, que se iniciam no centro da laje e se propagam em direção aos apoios [...]. Essas fissuras praticamente dividem a laje em segmentos radiais. Somente para elevados estágios de carga é que aparecem algumas poucas fissuras circulares [...] indicando a formação de uma fissuração inclinada interna, causada pela tração diagonal.

Na figura 5, pode-se observar as duas fases de fissuração previamente descritas.

Figura 5 – Desenvolvimento das fissuras na região dos pilares



(fonte: LEONHARDT; MÖNNING, 1978, p. 116)

Tal fissuração, juntamente com a microfissuração da matriz e da zona de transição, configura uma situação demasiadamente complexa. A elaboração de uma teoria geral aceitável para a

questão da punção em lajes de concreto se torna, desta maneira, impossível (CORDOVIL, 1997).

4.2 SUPERFÍCIE DE RUÍNA

Figueiredo Filho ([1990]) explica que a partir da mais externa das fissuras circulares é que se formam as superfícies de ruptura por cisalhamento em torno do pilar. Elas têm a forma de um tronco de cone, chamado de cone de punção, cuja inclinação das geratrizes varia de 30° a 35° em relação ao plano médio da laje.

Para evitar tal ruptura deve-se adotar armadura de punção, ou limitar os valores de tensão de cisalhamento. Ainda, quando é observada uma elevada carga sobre a base do cone de punção (no caso de lajes de fundação), sua inclinação pode ser de aproximadamente 45° (LEONHARDT; MÖNNING, 1977).

Cordovil (1997) observa que essa superfície de ruína ainda pode ser alterada em função de dois parâmetros: presença de armadura de punção e posição do pilar. Para casos de assimetria, pilares de borda e de canto, a superfície de ruína é alterada junto às bordas livres, permanecendo com a mesma forma em relação aos casos simétricos.

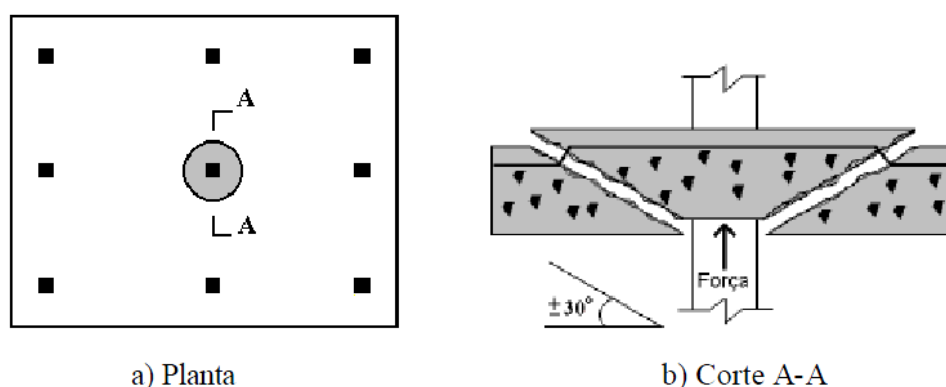
Cordovil (1997, p. 39) ainda explica que:

No caso de lajes com armadura de cisalhamento, a superfície de ruptura pode ocorrer em três posições:

- a) na zona entre o pilar e a primeira camada de armadura de cisalhamento, com ruptura somente do concreto adjacente ao pilar;
- b) na zona com armadura de cisalhamento, com ruptura do concreto e da armadura transversal;
- c) na zona situada além da armadura de cisalhamento, com ruptura do concreto.

A segunda situação configura a ruptura da armadura de cisalhamento, ou seja, a armadura aumentaria a ductilidade da estrutura antes do colapso da laje já que entraria em escoamento plástico. Configura, assim, a melhor situação dentre as três possíveis (CORDOVIL, 1997). A figura 6 mostra a formação do tronco de cone.

Figura 6 – Superfície de ruína para casos simétricos



(fonte: MELGES, 2001, p. 35)

4.3 PARÂMETROS ENVOLVIDOS

Para Figueiredo Filho ([1990]), os parâmetros principais que podem afetar a resistência à punção são os seguintes:

- a) resistência do concreto;
- b) altura útil da laje;
- c) relação entre o lado do pilar e a altura útil da laje;
- c) relação entre o lado maior e o lado menor dos pilares retangulares;
- d) armadura de flexão;
- e) relação entre momento fletor e força cortante;
- f) armadura de cisalhamento;
- g) aberturas na laje.

A resistência da ligação laje-pilar está relacionada à **resistência do concreto** à tração. Certas normas admitem que a resistência seja proporcional ao valor da raiz quadrada da resistência à compressão. É importante salientar que, mesmo com o aumento de resistência à punção em função da resistência do concreto, a laje não tem a sua ductilidade em relação à ruína melhorada por este fator (FUSCO¹, 1984 apud MELGES, 2001).

¹ FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto – solicitações tangenciais**: problemas básicos de cisalhamento no concreto estrutural, problemas gerais de dimensionamento. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1984. Apostila.

Já em relação à **altura útil da laje**, Figueiredo Filho ([1990]) afirma que a resistência ao cisalhamento cresce significativamente com o aumento da espessura da laje. Porém, deve-se salientar que, ao se aumentar a espessura, um acréscimo na carga permanente deve ser considerado. Caso tal aumento de carregamento represente uma porção relevante em relação à carga total, o ganho real em resistência acontece de maneira menos eficiente.

A resistência da ligação também é afetada pela **relação entre o lado do pilar e a altura útil da laje**. No caso de pilares circulares, é usada a relação com o diâmetro. Quanto maior ela for, menor será a resistência à punção. Já a **relação entre o lado maior e o lado menor dos pilares retangulares**, em ensaios realizados, mostrou que para casos com relação entre os lados menor que dois, na medida em que essa relação aumentava, a ruptura se tornava mais abrupta, já o tamanho do cone de punção e a resistência diminuíram (FIGUEIREDO FILHO, [1990]).

Fusco² (1984 apud MELGES, 2001) observa que a taxa de **armadura de flexão** influencia o efeito de pino da armadura longitudinal de tração. Isto ocorre depois da fissuração da borda tracionada da peça e da sua influência sobre a manutenção do engrenamento dos agregados. Ainda, resultados experimentais mostram que a resistência da laje ao cisalhamento não aumenta para taxas acima de 2%.

Figueiredo Filho ([1990]) observa que outro fator que afeta a resistência da ligação é a transferência de momentos fletores da laje para o pilar. Verificou-se que para uma grande **relação entre o momento fletor e força cortante** as lajes tiveram uma ruptura devido à flexão antes que sua resistência ao cisalhamento fosse alcançada.

Uma das alternativas mais adequadas para aumentar a resistência ao puncionamento é o uso de **armadura de cisalhamento**. Ela “costura” as partes separadas pela fissuração diagonal, assim aumentando a resistência da ligação de maneira eficiente (MELGES, 2001).

A resistência ao cisalhamento pode ser menor quando existe a presença de **aberturas na laje** próximas das áreas carregadas ou pilares (FIGUEIREDO FILHO, [1990]). Ainda, a NBR

² FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto – solicitações tangenciais**: problemas básicos de cisalhamento no concreto estrutural, problemas gerais de dimensionamento. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1984. Apostila.

6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) aborda de diferente maneira a definição do contorno crítico C' em casos de aberturas situadas em tais regiões.

4.4 ARMADURA DE CISALHAMENTO

O uso da armadura de cisalhamento como solução para problemas estruturais tem como objetivo principal o aumento da resistência ao cisalhamento da laje (no caso da solicitação ser maior que a resistência), e, como objetivo secundário, o crescimento da sua ductilidade (muito importante quando a segurança global da estrutura está comprometida). Existem diversas configurações distintas de armaduras de cisalhamento que foram testadas em muitos centros de pesquisa e que atualmente são utilizadas (CORDOVIL, 1997). As duas principais delas, e sugeridas pela NBR 6118/2007, são abordadas a seguir.

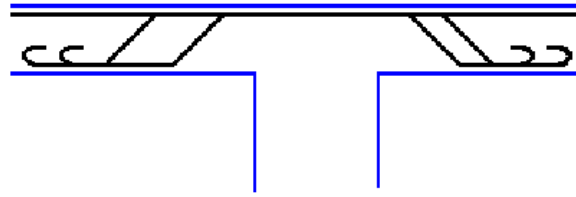
4.4.1 Barras dobradas e estribos

Segundo Figueiredo Filho ([1990], p. 108):

Muitos pesquisadores têm verificado que armaduras de cisalhamento constituídas de barras não são totalmente eficazes no combate à punção, ou seja, que a tensão de escoamento das barras não é atingida na ruptura. A razão é que não existe altura suficiente nas lajes para a efetiva ancoragem das barras dobradas e estribos, impedindo o desenvolvimento de sua capacidade total.

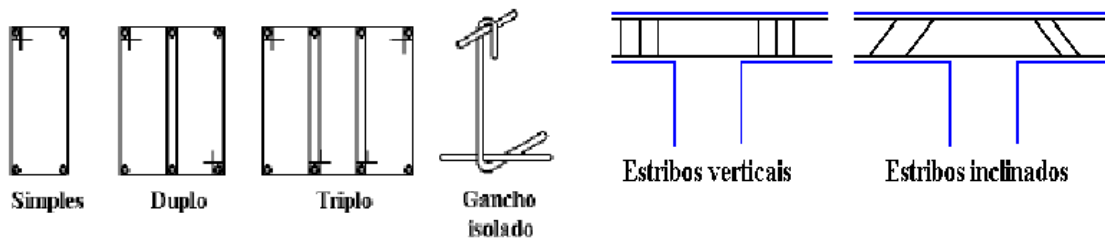
Outro fator que desqualifica a eficiência do estribo é a sua forma, que impede a mobilização da armadura desde o início do carregamento, já que seus ramos não são perfeitamente retos. Por tais motivos, o seu desempenho pode se tornar bom para lajes com vinte e cinco centímetros de espessura ou mais. Todos esses motivos tornam o seu uso menos aceitável entre os projetistas de estruturas (CORDOVIL, 1997). A figura 7 apresenta a seção de uma laje com armadura de cisalhamento em forma de barras dobradas enquanto, a 8, mostra estribos retangulares que podem ser associados entre si e também inclinados.

Figura 7 – Barras dobradas



(fonte: MELGES, 2001, p. 46)

Figura 8 – Tipos de estribos

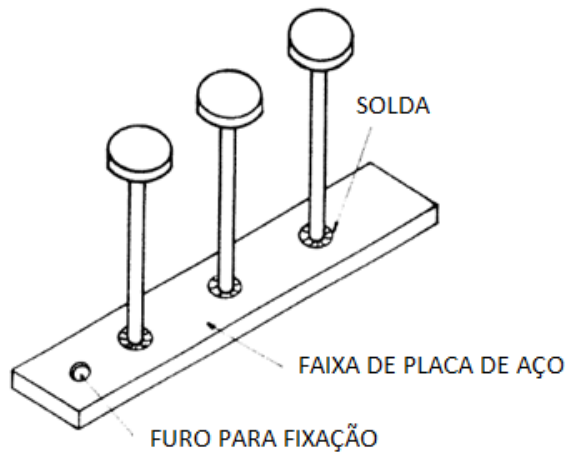


(fonte: MELGES, 2001, p. 44)

4.4.2 Conectores tipo pino

Constituído por uma haste reta com duas chapas de aço soldadas, o conector tipo pino é um modelo de armadura de grande eficiência e de uso específico para o combate à punção. As chapas servem para ancorar a armadura de cisalhamento nas barras tracionadas da armadura de flexão da laje, sendo assim semelhantes a arruelas. As arruelas individuais das extremidades ainda podem ser substituídas por uma chapa unindo uma fila de pinos, resultando numa segunda configuração em que a ancoragem tem condições mais favoráveis (CORDOVIL, 1997). A figura 9 mostra o detalhe dos conectores tipo pino.

Figura 9 – Armadura de cisalhamento tipo pino



(fonte: FIGUEIREDO FILHO, [1990], p. 115)

Figueiredo Filho ([1990], p. 114-116) menciona as seguintes vantagens da utilização de conectores tipo pino:

- a) são fáceis de instalar, mesmo em lajes relativamente finas;
- b) não interferem na colocação e posicionamento das armaduras de flexão e dos pilares;
- c) possibilitam a ancoragem satisfatória nas duas extremidades, de modo que a armadura atinja toda sua capacidade resistente antes da ruptura;
- d) conseqüentemente aumentam a resistência e ductilidade da ligação.

4.5 MODELOS DE CÁLCULO

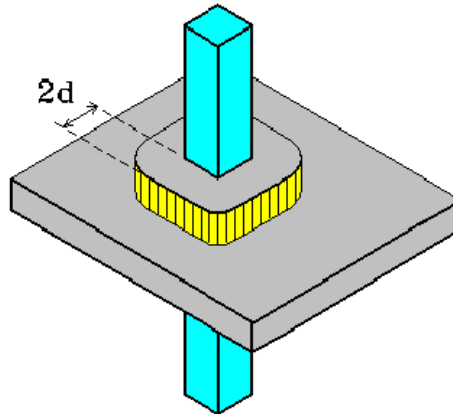
São abordados, a seguir, os principais modelos de cálculo desenvolvidos para a análise do comportamento de lajes à punção.

4.5.1 Método da superfície de controle

O método da superfície de controle baseia-se no cálculo de uma tensão de cisalhamento que atua em uma superfície crítica (determinada por perímetro traçado a uma distância da área carregada). Essa distância é determinada em função da altura útil da laje (FIGUEIREDO FILHO, [1990]).

É importante salientar que este método é a base de diversas normas para a análise da punção em lajes. A figura 10 representa a definição da superfície de controle recomendada pela NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Figura 10 – Definição da superfície de controle



(fonte: MELGES, 2001, p. 55)

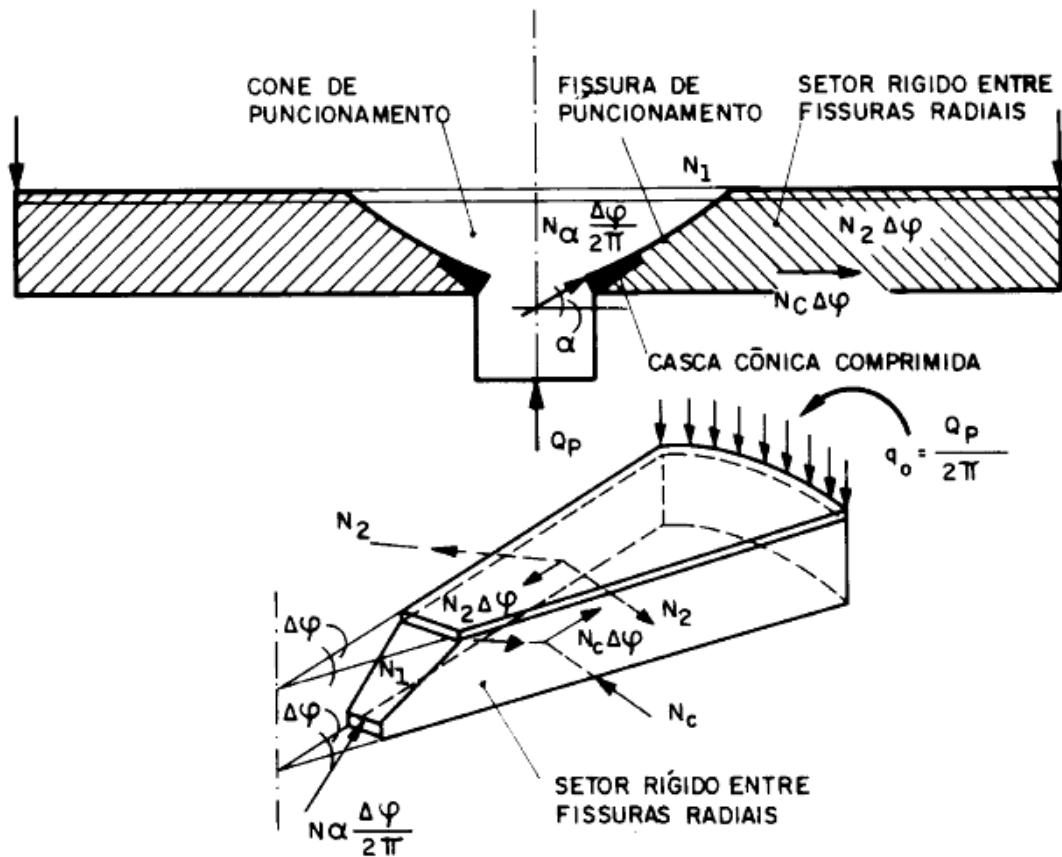
Segundo Melges (2001, p. 54):

Esta tensão atuante, geralmente calculada em função da posição do pilar, da força concentrada e da presença ou não de momentos fletores, é então comparada com uma tensão resistente [...]. Embora este método de cálculo pouco ou nada tenha a haver com a realidade do fenômeno físico, sendo puramente empírico, ele é bastante simples e, quando bem calibrado, conduz a consistentes e razoáveis previsões.

4.5.2 Modelos mecânicos

Fundamentados pelos modelos constitutivos do concreto e do aço, os modelos mecânicos se baseiam no comportamento da ligação laje-pilar observados em laboratório. Um bom exemplo de modelo foi o proposto, em 1960, por Kinnunen e Nylander. Eles apresentaram um modelo mecânico desenvolvido para o equacionamento do problema de laje circular muito próximo da realidade. A partir deste método, a resistência da ligação foi obtida através da análise das condições de equilíbrio entre esforços externos e internos (CORDOVIL, 1997). A figura 11 ilustra o modelo desenvolvido através da definição do cone de punção.

Figura 11 – Modelo mecânico de Kinnunen e Nylander



(fonte: MELGES, 2001, p. 57)

Segundo Melges (2001), apesar da complexidade, os modelos mecânicos permitem a real visualização da ligação laje-pilar. Atualmente muitas pesquisas são feitas objetivando o aperfeiçoamento desta abordagem.

5 DIMENSIONAMENTO DE LAJES À PUNÇÃO

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) propõe um modelo de cálculo correspondente à verificação do cisalhamento em duas ou mais superfícies críticas definidas no entorno da força concentrada. É necessária, primeiramente, a definição de tais superfícies.

A primeira superfície crítica a ser analisada é a do contorno do pilar ou da carga concentrada. Ela deve ter verificada, indiretamente, a tensão de compressão diagonal do concreto, através da tensão de cisalhamento. A segunda superfície crítica a ser observada é afastada a uma distância correspondente ao dobro da altura útil da laje ($2d$) em relação ao pilar, deve ser verificada a capacidade da ligação à punção, associada à resistência à tração diagonal, também feita através de uma tensão de cisalhamento no respectivo contorno. Caso haja necessidade, a ligação deve ser reforçada por armadura transversal e assim também verificada uma terceira superfície crítica.

Neste capítulo, são abordados os principais critérios da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) para o dimensionamento de lajes à punção e demais detalhamentos. Primeiramente são apresentados os critérios para a obtenção das tensões solicitantes para os diferentes casos de carregamento. Em seguida, são explicados os cálculos de tensões resistentes nas superfícies críticas, concluindo-se o capítulo com outras recomendações.

5.1 TENSÃO SOLICITANTE

Os seguintes itens abordam a obtenção da tensão solicitante para casos de pilares internos de carregamento simétrico e assimétrico. Tal valor deve, posteriormente, ser comparado com o valor da tensão resistente.

5.1.1 Pilar interno com carregamento simétrico

Em casos de pilar interno com carregamento simétrico, sem efeito de momentos, a tensão de cisalhamento é calculada conforme as fórmulas 3 e 4 em C e C', respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007):

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{u d} \quad (\text{fórmula 3})$$

$$\tau_{Sd}' = \frac{F_{Sd}}{u' d} \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

τ_{Sd} = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C;

F_{Sd} = força ou reação concentrada, de cálculo;

u = perímetro do contorno crítico C;

$d = (d_x + d_y) / 2$

d = altura útil da laje;

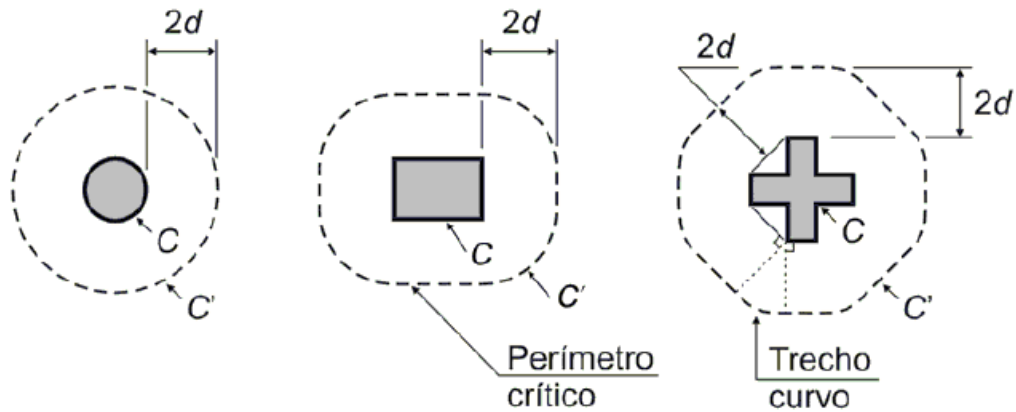
d_x e d_y = alturas úteis nas duas direções ortogonais;

τ_{Sd}' = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C';

u' = perímetro do contorno crítico C';

A força de punção (F_{Sd}) ainda pode ser diminuída da força distribuída aplicada na face oposta da laje, dentro do contorno considerado como mostra a figura 12.

Figura 12 – Perímetro crítico em pilares internos



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 145)

5.1.2 Pilar interno com efeito de momento

Em situações de pilares internos com efeito de momento, deve ser considerado o efeito de assimetria, ocasionado pela transferência de momento da laje para o pilar, de acordo com a fórmula 5 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007):

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u d} + \frac{K M_{sd}}{W_p d} \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

τ_{sd} = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo;

F_{sd} = força ou reação concentrada de cálculo;

u = perímetro do contorno crítico;

d = altura útil da laje;

K = coeficiente que fornece a parcela de M_{sd} transmitida ao pilar por cisalhamento;

M_{sd} = momento solicitante de cálculo;

W_p = módulo de resistência plástica do perímetro crítico.

O coeficiente K assume os valores indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores de K.

C_1/C_2	0,5	1,0	2,0	3,0
K	0,45	0,60	0,70	0,80

Onde:

C_1 é a dimensão do pilar paralela à excentricidade da força;

C_2 é a dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 146)

Os valores de W_p são calculados pela fórmula 6, no caso de pilares retangulares, e através da fórmula 7 para pilares circulares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007):

$$W_p = \frac{C_1^2}{2} + C_1 C_2 + 4 C_2 d + 16 d^2 + 2 d \pi C_1 \quad (\text{fórmula 6})$$

$$W_p = (D + 4 d)^2 \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

W_p = módulo de resistência plástica do perímetro crítico;

C_1 = dimensão do pilar paralela à excentricidade da força;

C_2 = dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força;

d = altura útil da laje;

D = diâmetro do pilar.

5.2 TENSÃO RESISTENTE

Os próximos itens apresentam a formulação para o cálculo da tensão resistente nas duas regiões críticas já representadas na figura 12. No caso do uso de armadura de cisalhamento, uma segunda formulação, levando em conta a sua contribuição, é apresentada.

5.2.1 Tensão resistente em C

Em lajes submetidas à punção, com ou sem armadura de cisalhamento, a verificação da tensão resistente em C deve ser feita conforme a fórmula 8 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007):

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd2} = 0,27 \alpha_v f_{cd} \quad (\text{fórmula 8})$$

Onde:

τ_{Sd} = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo calculada conforme fórmula 1 ou 3;

τ_{Rd2} = tensão de cisalhamento resistente de cálculo limite para verificação da compressão diagonal do concreto na ligação laje-pilar;

$\alpha_v = (1 - f_{ck}/250)$, f_{ck} (MPa);

f_{cd} = resistência de cálculo à compressão do concreto.

Nos casos em que não existem aberturas nas proximidades e os vãos que chegam ao pilar não diferem em mais de 50%, por efeito de estado múltiplo de tensões junto a um pilar interno, o valor de τ_{Rd2} pode ser ampliado de 20% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

5.2.2 Tensão resistente em C' sem armadura de punção

A tensão resistente, na região crítica C', deve ser calculada segundo a fórmula 9 para casos sem armadura de punção:

$$\tau_{Sd}' \leq \tau_{Rd1} = 0,13 (1 + \sqrt{20/d}) (100\rho f_{ck})^{1/3} \quad (\text{fórmula 9})$$

Onde:

τ_{Sd}' = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C';

τ_{Rd1} = tensão de cisalhamento resistente de cálculo limite, para que uma laje possa prescindir de armadura transversal para resistir à força cortante;

d = altura útil da laje;

$$d = (d_x + d_y) / 2;$$

d_x e d_y = alturas úteis nas duas direções ortogonais;

ρ = taxa geométrica da armadura de flexão aderente;

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y};$$

ρ_x e ρ_y = taxas de armadura nas duas direções ortogonais;

f_{ck} = resistência característica à compressão do concreto em MPa.

As taxas de armadura nas duas direções são calculadas da seguinte forma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 150):

a) na largura igual à dimensão ou área carregada do pilar acrescida de $3d$ [três vezes a altura útil da laje] para cada um dos lados;

b) no caso de proximidade da borda prevalece a distância até a borda quando menor que $3d$ [três vezes a altura útil da laje].

5.2.3 Tensão resistente em C' com armadura de punção

A tensão resistente, na superfície crítica C', deve ser calculada conforme a fórmula 10 para casos com armadura de punção:

$$\tau_{Sd}' \leq \tau_{Rd3} = 0,10 \left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}} \right) (100 \rho f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u d} \quad (\text{fórmula 10})$$

Onde:

τ_{Sd}' = tensão de cisalhamento solicitante de cálculo em C';

τ_{Rd3} = resistência de cálculo, dada por unidade de comprimento crítico, para lajes com armadura de punção;

d = altura útil da laje;

$$d = (d_x + d_y) / 2;$$

d_x e d_y = alturas úteis nas duas direções ortogonais;

ρ = taxa geométrica da armadura de flexão aderente;

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y};$$

ρ_x e ρ_y = taxas de armadura nas duas direções ortogonais;

f_{ck} = resistência característica à compressão do concreto;

- $s_r \leq 0,75 d$ = espaçamento radial entre as camadas da armadura de cisalhamento;
- A_{sw} = área da armadura de punção num contorno completo paralelo ao contorno C';
- f_{ywd} = resistência de cálculo da armadura de punção, não maior que 300 MPa para conectores ou 250 MPa para estribos (de aço CA-50 ou CA-60). Esse valor pode ser interpolado linearmente caso a laje tenha espessura maior que 15 cm, considerando o valor de 435 MPa para laje com espessura maior que 35 cm;
- α = ângulo de inclinação entre o eixo da armadura de punção e o plano da laje;
- u' = perímetro crítico C' ou perímetro crítico reduzido no caso de pilares de borda ou de canto.

A armadura de cisalhamento, preferencialmente, deve ser disposta radialmente a partir do perímetro do pilar e constituída por três ou mais linhas de conectores tipo pino. Suas extremidades devem ser alargadas para proporcionar a ancoragem fora do plano da armadura de flexão correspondente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

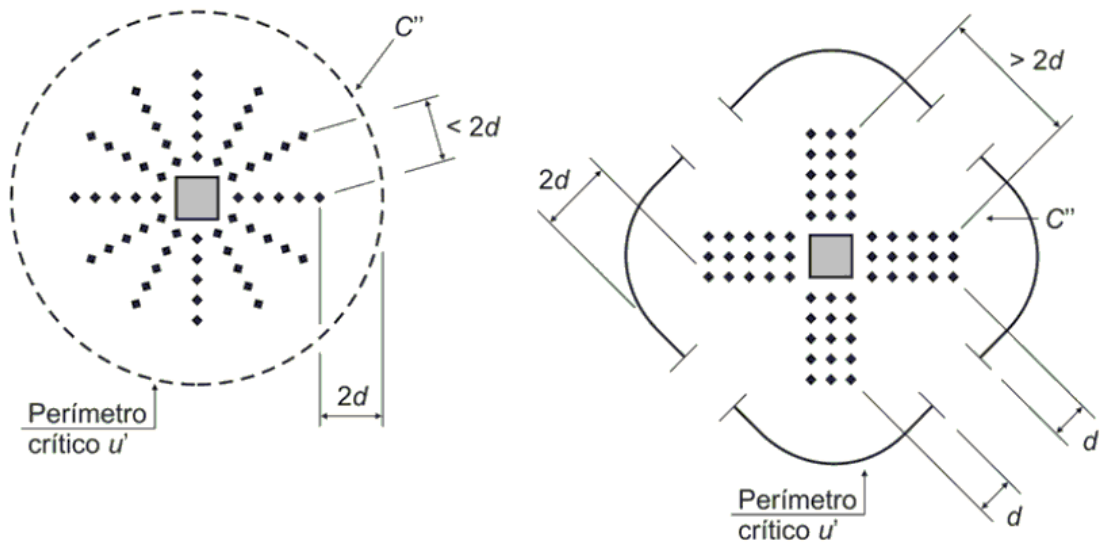
5.3 DEMAIS RECOMENDAÇÕES

A seguir, são expostas outras recomendações da NBR 6118/2007 como a definição da superfície crítica C'' a ser analisada caso seja necessária a utilização de armadura de cisalhamento. Posteriormente, são abordados quanto ao detalhamento de armaduras de punção e flexão, no caso de lajes sem vigas.

5.3.1 Definição da superfície crítica C''

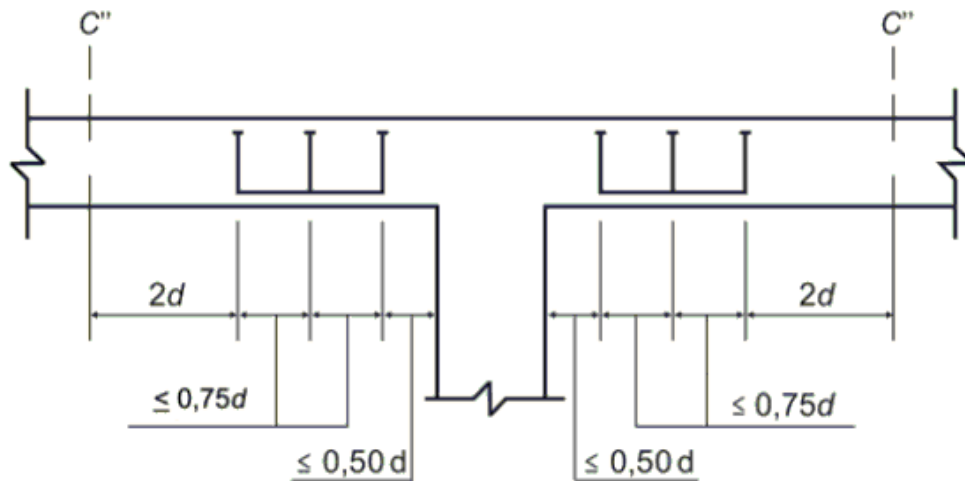
Segundo a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), a armadura transversal deve ser estendida em contornos paralelos a C' até que, num contorno C'' afastado duas vezes a altura útil da laje (2d) em relação ao último contorno de armadura não seja mais necessária armadura, isto é, $\tau_{sd}' \leq \tau_{Rd1}$. Nas figuras 13 e 14, apresenta-se, respectivamente, a disposição da armadura de punção em planta e em corte.

Figura 13 – Disposição da armadura de punção em planta e contorno da superfície crítica C''



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 151)

Figura 14 – Disposição da armadura de punção em corte



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 151)

Ainda, a NBR 6118 recomenda que (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 151):

No caso de ser necessária a armadura de punção, três verificações devem ser feitas:

a) tensão resistente de compressão do concreto no contorno C [...];

- b) tensão resistente à punção no contorno C', considerando a armadura de punção [...];
- c) tensão resistente à punção no contorno C'', sem armadura de punção [...].

5.3.2 Armadura de punção obrigatória e colapso progressivo

Deve ser prevista armadura de punção quando a estabilidade global da estrutura depender da resistência da laje à punção, mesmo quando τ_{sd}' é menor que τ_{Rd1} . Essa armadura deve equilibrar um mínimo de 50% de F_{sd} . Ainda, a armadura de flexão inferior que atravessa o contorno C deve estar suficientemente ancorada conforme a figura 15, e deve satisfazer a fórmula 11, protegendo a estrutura contra o colapso progressivo e garantindo a ductilidade local (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

$$A_s' f_{yd} \geq F_{sd} \quad (\text{fórmula 11})$$

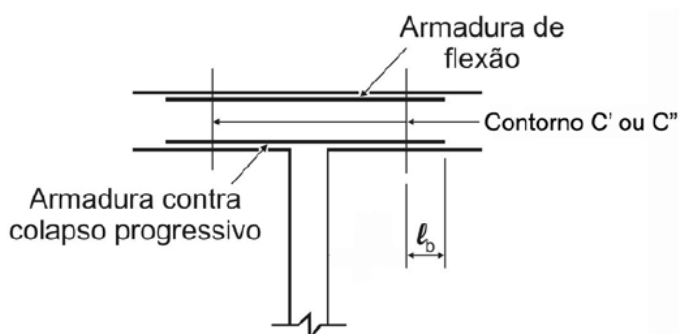
Onde:

A_s' = somatório de todas as áreas das barras que cruzam cada uma das faces do pilar;

f_{yd} = resistência de cálculo do escoamento do aço;

F_{sd} = força ou reação concentrada de cálculo.

Figura 15 – Armadura contra colapso progressivo

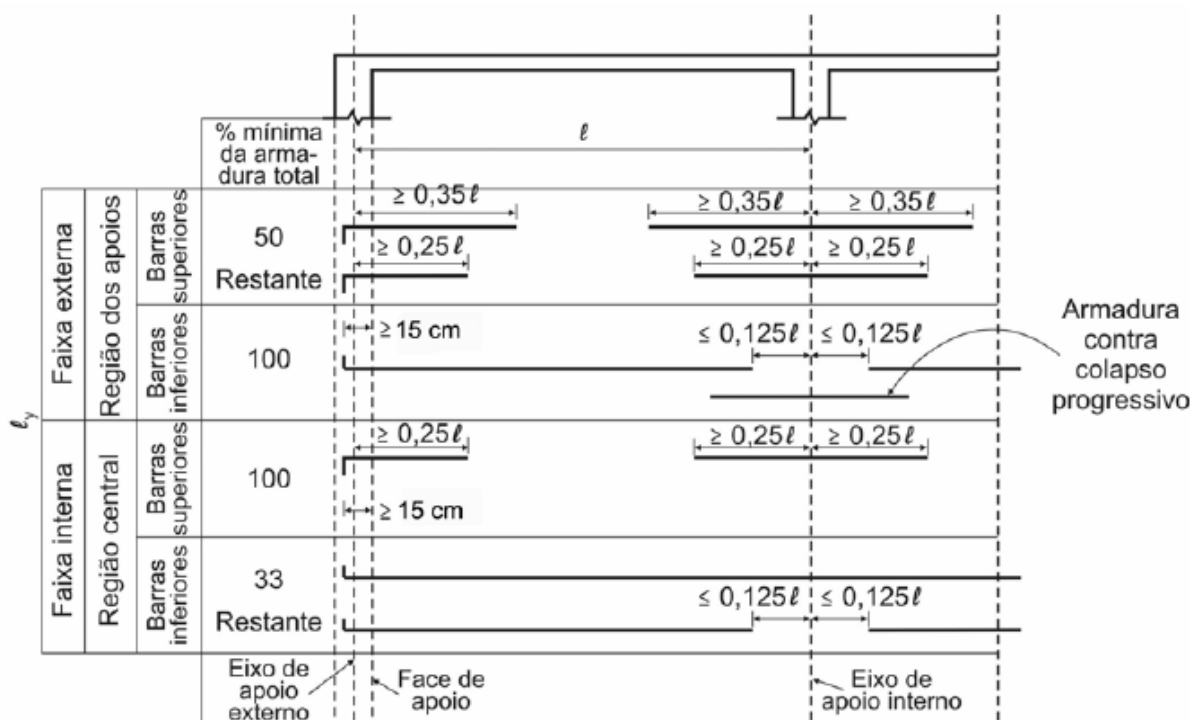


(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 152)

5.3.3 Detalhamento das armaduras

A NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) recomenda que as armaduras das lajes devem estar posicionadas de maneira a serem preservadas durante a concretagem. As barras da armadura de flexão devem ter um máximo diâmetro de um oitavo da altura da laje ($h/8$) e espaçamento máximo de duas vezes a altura da laje ($2h$) ou de 20 cm (na região de maiores momentos fletores o maior destes dois valores deve prevalecer). Para as lajes sem vigas (maciças ou nervuradas) que foram calculadas pelo método dos pórticos equivalentes, as configurações mostradas na figura 16 devem ser respeitadas. Sobre os apoios, deve-se ter, ao menos, duas barras inferiores passando continuamente.

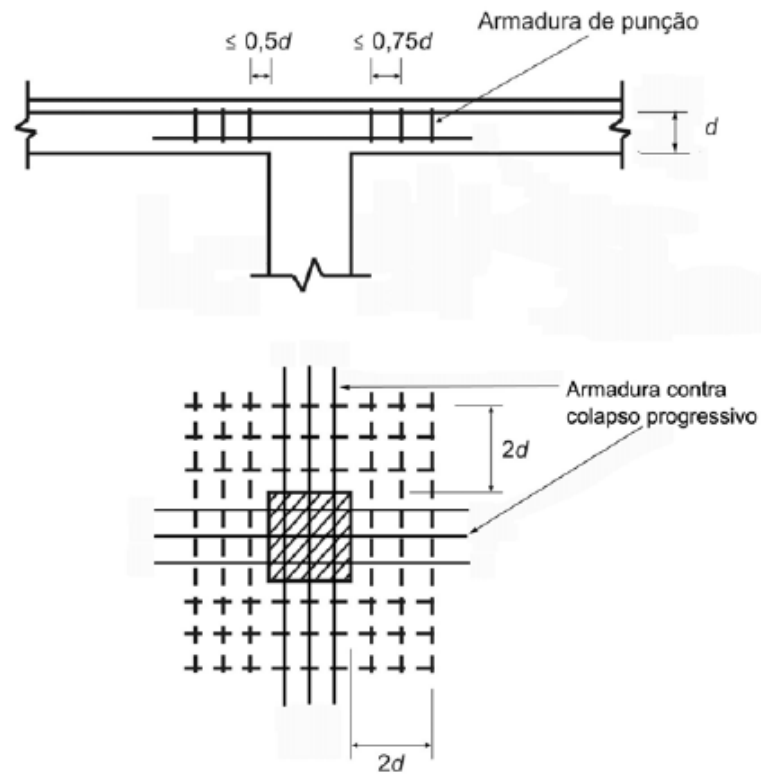
Figura 16 – Disposição das armaduras de flexão nas lajes sem vigas



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 154)

Com relação ao detalhamento das armaduras de punção, é recomendado o uso de estribos verticais ou dos conectores. Os estribos devem ter contato mecânico com as barras longitudinais e seu diâmetro não pode ultrapassar um vigésimo da altura da laje ($h/20$). A figura 17 mostra as regiões mínimas para a disposição das armaduras de cisalhamento, bem como suas distâncias regulamentares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Figura 17 – Disposição das armaduras de punção



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 156)

6 LAJES LISAS: DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO

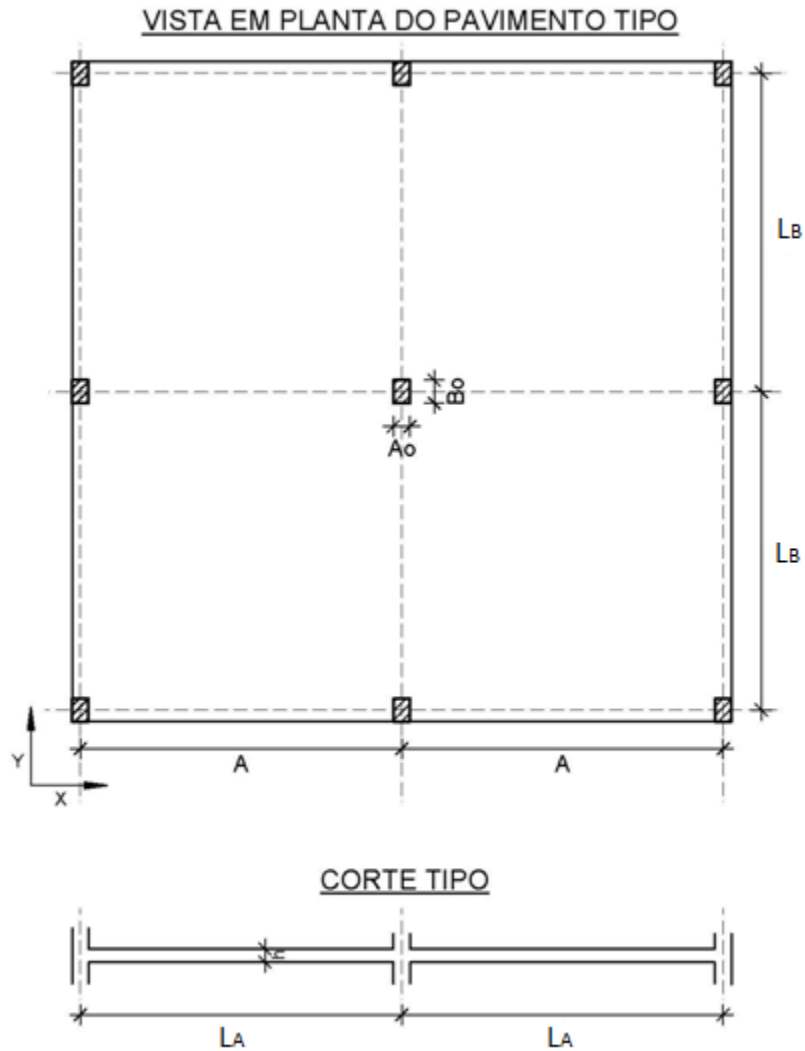
Este capítulo apresenta o dimensionamento à punção das lajes lisas em estudo e a descrição de como os resultados foram obtidos a partir da determinação das configurações estruturais propostas. Para a obtenção da força normal do pilar interno e do seu momento fletor, foi adotado o método dos pórticos equivalentes utilizando-se a ferramenta computacional *Ftool* – versão 3.0 (MARTHA, 2012), caracterizando a primeira etapa do cálculo das lajes propostas. Com o auxílio do *Microsoft Excel* (MICROSOFT, 2007), foi elaborada uma planilha para o cálculo da taxa de armadura de flexão e, seguidamente, uma segunda planilha para verificação da resistência à punção com a aplicação do método da superfície de controle, recomendado pela NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Para o cálculo das lajes lisas, foram adotadas algumas considerações:

- a) carga acidental de 2 kN/m^2 (referente a pavimentos destinados a escritórios);
- b) carga permanente de $1,5 \text{ kN/m}^2$ (referente aos revestimentos);
- b) pé direito do pavimento tipo de 3 m;
- c) altura útil da laje de 2,5 m diminuídos da sua altura total;
- d) concreto com resistência característica de 30 MPa;
- e) aço CA-50.

Na figura 18, está representada uma planta baixa genérica das lajes lisas utilizadas neste trabalho e um corte tipo. Nesta, estão cotadas as medidas que estão sendo variadas, sendo L_A e L_B as distâncias entre os eixos dos pilares no eixo x e y, respectivamente. As medidas A_0 e B_0 representam os lados dos pilares. No corte, observa-se que a espessura da laje é dada por h .

Figura 18 – Vista em planta genérica e corte tipo



(fonte: elaborado pelo autor)

Foram estudadas lajes com vãos de 6 a 8 m com incremento variando entre si de 50 cm. Essas foram combinadas com pilares de seção retangular de lados com 40, 50 e 60 cm. Quando os valores de A_0 e B_0 se diferem, o maior deles sempre foi disposto paralelamente ao maior vão da laje. Na tabela 2 estão relacionadas as lajes utilizadas neste trabalho, com seus respectivos vãos em planta. As dimensões dos pilares estudados são mostradas na tabela 3.

Tabela 2 – Dimensão dos vãos das lajes estudadas em metros

$L_A \backslash L_B$	6 (A)	6,5 (B)	7 (C)	7,5 (D)	8 (E)
6 (A)	6 x 6	6 x 6,5	6 x 7	6 x 7,5	8 x 6
6,5 (B)	-	6,5 x 6,5	6,5 x 7	6,5 x 7,5	6,5 x 8
7 (C)	-	-	7 x 7	7 x 7,5	7 x 8
7,5 (D)	-	-	-	7,5 x 7,5	7,5 x 8
8 (E)	-	-	-	-	8 x 8

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 3 – Dimensão dos pilares estudados em centímetros

$A_0 \backslash B_0$	40	50	60
40	40 x 40	40 x 50	40 x 60
50	-	50 x 50	50 x 60
60	-	-	60 x 60

(fonte: elaborado pelo autor)

Para facilitar a organização e o andamento do trabalho, foi elaborada uma nomenclatura especial para cada configuração de laje. As duas letras iniciais de cada série representam os vãos em cada direção (x e y, respectivamente), seguidas pela espessura da laje. Já os quatro últimos algarismos caracterizam as dimensões dos pilares da laje proposta. No caso de uma laje com vãos de 6 por 8 m com pilares retangulares de 40 por 50 cm e altura de 24 cm, ela recebe a nomenclatura AE244050. Também foi elaborada uma tabela com as cargas de cada pórtico, uma vez que a altura e os vãos das lajes são variáveis.

Os cálculos iniciaram-se pela configuração menos desfavorável de laje (vão quadrado de 6 m) a partir de uma espessura mínima de 16 cm. Depois da verificação de todos os pilares desta série de lajes, as geometrias que apresentaram resistência insuficiente foram posteriormente dimensionadas com uma nova espessura de laje com acréscimo de 2 cm, e assim por diante, até que o pilar quadrado com 40 cm de lado obtivesse resistência suficiente. Importante salientar que, o redimensionamento prosseguia com um incremento de 2 cm na espessura da laje apenas para as geometrias de pilares das quais a resistência ainda era insuficiente. Para os casos mais favoráveis, onde mesmo a menor espessura de laje admitida foi suficiente para a

dispensa do uso de armadura de cisalhamento, a resistência foi recalculada para pelo menos mais uma espessura.

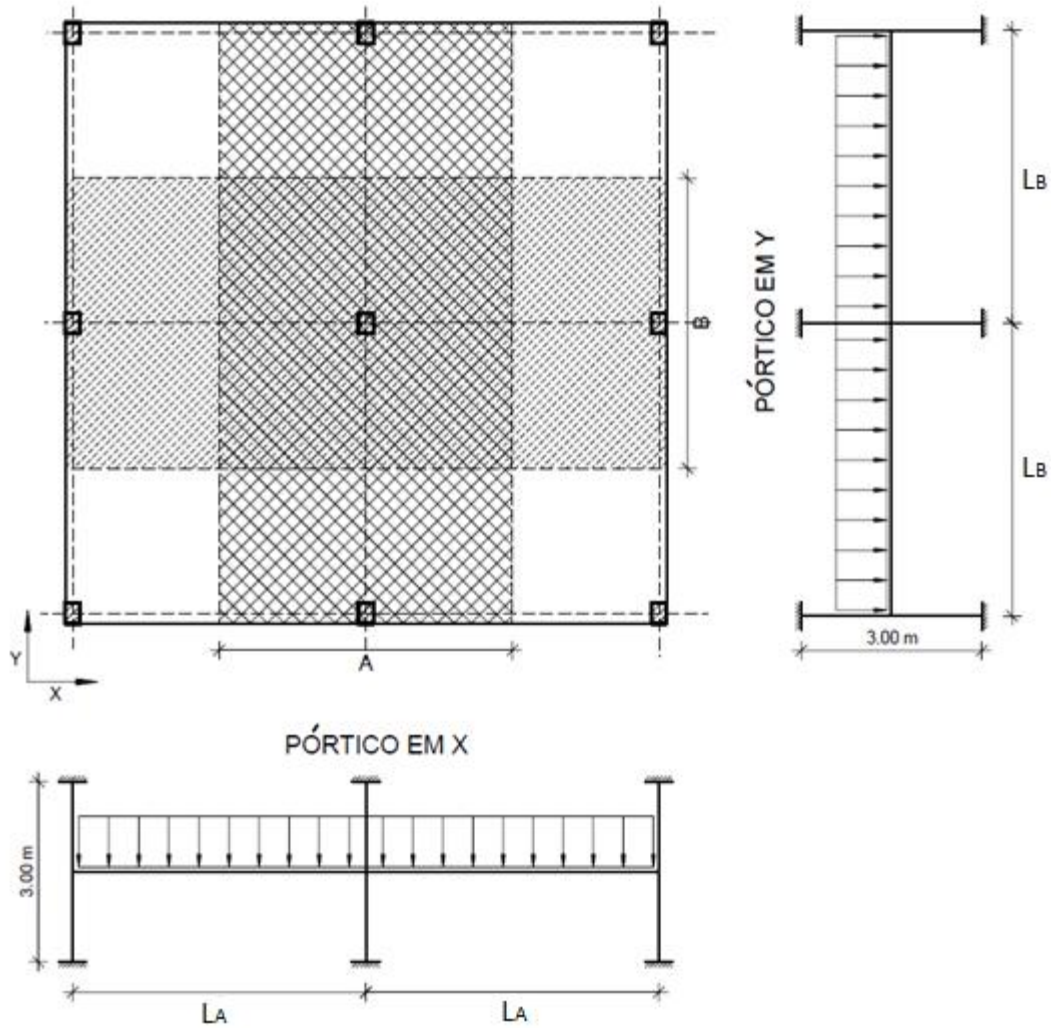
Finalizada uma série de lajes com mesmos vãos, a série seguinte foi dimensionada com uma espessura inicial baseada nos resultados da série anterior. Procurou-se escolher tal valor inicial igual à última espessura da série anterior que apresentou todas as configurações de pilares com necessidade de armadura.

6.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS PÓRTICOS EQUIVALENTES

O método dos pórticos equivalentes foi aplicado com o objetivo de obter a força normal no pilar interno de cada estrutura, obtida pelo diagrama dos esforços cortantes, e do momento fletor negativo, que foi usado para o cálculo da taxa de armadura de flexão, contribuinte para a resistência ao puncionamento na superfície C'. Através dela que foi avaliada a necessidade de armadura de cisalhamento.

Os dois pórticos que contém o pilar interno (um em cada direção) de cada estrutura proposta foram analisados no *Ftool* (MARTHA, 2012). Nos casos de assimetria dos eixos, em lajes e pilares retangulares, por exemplo, foi adotado o valor médio das forças normais dos dois pórticos aos quais o pilar pertence ($R_{\text{médio}}$). A altura dos pilares considerados no modelo é tida como a metade de cada pilar (superior e inferior), ou seja, de 3 metros. A figura 19 mostra uma vista em planta da definição dos dois pórticos em um pavimento tipo, bem como a representação do seu modelo estrutural analisado pelo programa computacional.

Figura 19 – Definição dos pórticos em cada direção para pavimento tipo



(fonte: elaborado pelo autor)

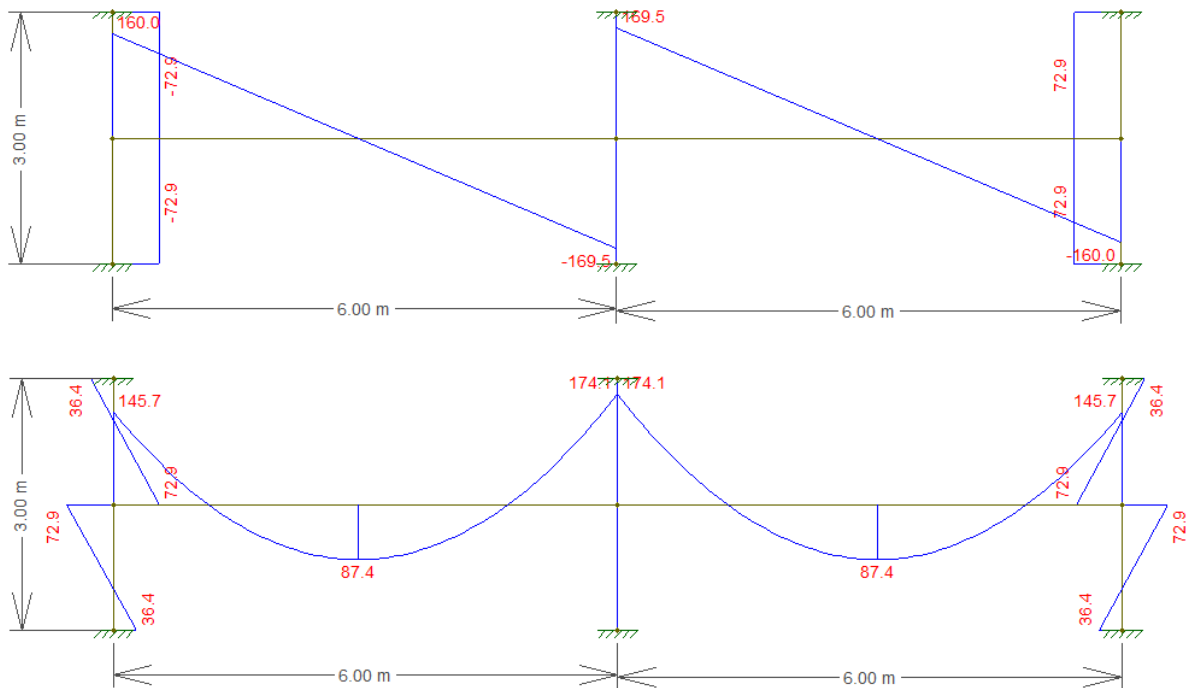
Para fins de simplificação, foi considerada que a taxa de armadura de flexão contribuinte para punção (ρ) é apenas a taxa de armadura negativa da região da faixa externa de cada pórtico. Por isso, foi elaborada uma planilha que calculou de maneira prática a distribuição dos momentos na faixa externa e, então, a taxa de armadura de flexão em cada um dos dois pórticos.

Depois da obtenção dos valores do momento fletor negativo e do esforço normal no pilar central em ambos os pórticos de determinada série de lajes, tais foram transcritos na planilha para que se conseguisse obter o valor exato da taxa de armadura. Inicialmente, foi realizada a distribuição dos momentos negativos na faixa externa recomendada pela NBR 6118 (37,5% do momento negativo para cada uma destas faixas). Em seguida, foi calculado o valor da linha

neutra para verificar a necessidade de armadura dupla. Posteriormente, obtida a área de aço necessária da faixa externa, foi calculada a taxa de armadura de flexão correspondente.

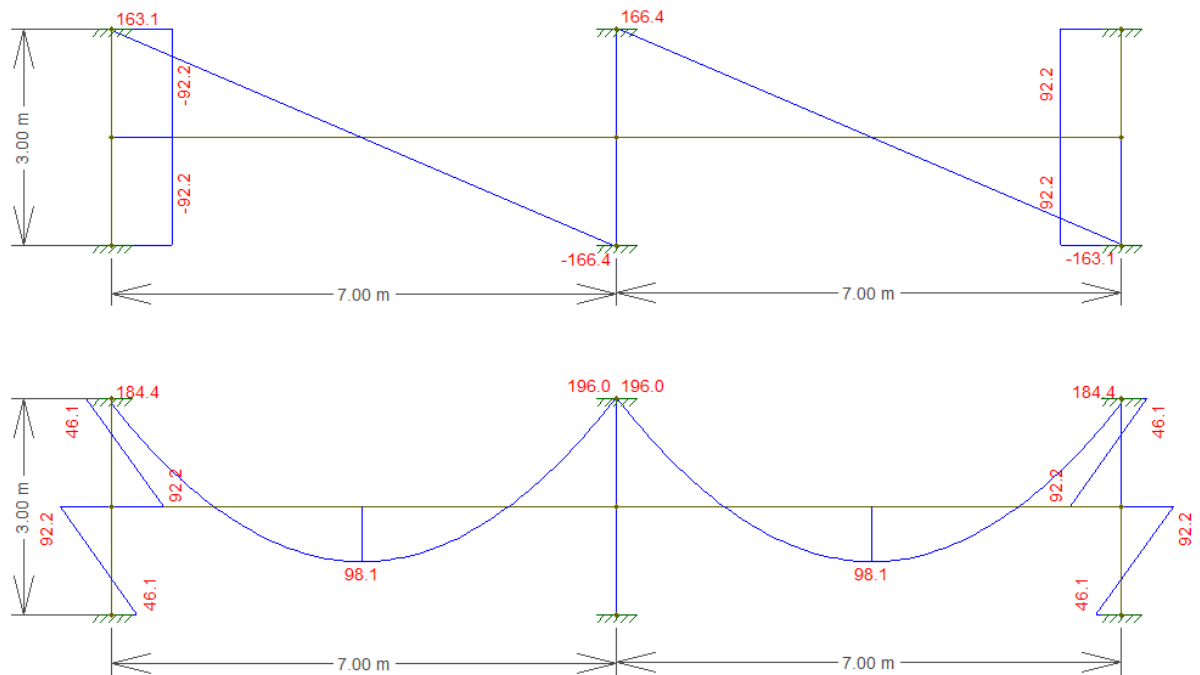
A planilha completa pode ser encontrada no apêndice A. Nas figuras 20 e 21, estão representados, respectivamente, os diagramas do esforço cortante e do momento fletor do pórtico em x e em y, respectivamente, da laje AC184060 (laje de vãos de 6 e 7 m, altura de 18 cm e pilar de 40 cm por 60 cm). A tabela 4 mostra uma configuração simplificada da planilha, bem como seus dados de entrada e saída para a série de lajes AC18, para todas as geometrias de pilares.

Figura 20 – Diagramas do esforço cortante e do momento fletor do pórtico em x



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 21 – Diagramas do esforço cortante e do momento fletor do pórtico em y



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 4 – Planilha do método dos pórticos equivalentes para a série AC18

Laje	Pórtico x		Pórtico y		Rmédio (kN)	Pórtico x ρ_x (%)	Pórtico y ρ_y (%)	ρ (%)
	Mx (kNm)	Vx (kN)	My (kNm)	Vy (kN)				
AC 18 40 40	178,00	343,00	204,20	339,80	341,40	0,0047	0,0065	0,0055
AC 18 40 50	175,70	340,60	198,70	335,20	337,90	0,0046	0,0063	0,0054
AC 18 50 50	170,70	335,60	197,50	334,00	334,80	0,0045	0,0062	0,0053
AC 18 40 60	174,10	339,00	196,00	332,80	335,90	0,0046	0,0062	0,0053
AC 18 50 60	169,80	334,60	195,30	332,20	333,40	0,0045	0,0062	0,0053
AC 18 60 60	167,70	332,60	194,80	331,80	332,20	0,0044	0,0061	0,0052

(fonte: elaborado pelo autor)

Para simplificação, não foram determinados os diâmetros das barras, tampouco seu espaçamento, uma vez que tais mudariam o valor da taxa de armadura de flexão. Caso contrário, deveria ser adotado o seu valor efetivo, o que poderia descaracterizar a influência desta variável, causada por aproximações e arredondamentos.

6.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA SUPERFÍCIE DE CONTROLE

Com a ajuda do *Microsoft Excel* (MICROSOFT, 2007), foi possível a elaboração de uma segunda planilha para o dimensionamento à punção de cada laje. Ela seguiu as recomendações do método, que neste caso, é para verificação de pilares internos com carregamento simétrico.

Inicialmente, foram submetidos os parâmetros fixos de cálculo, como a resistência do concreto e do aço, seguido da entrada dos dados variáveis de cada estrutura estudada, como os lados do pilar e altura da laje, bem como o esforço normal dos pilares obtido pelo método dos pórticos equivalentes e a taxa de armadura de flexão calculada pela planilha anteriormente criada. Dada a geometria de cada pilar, a planilha calculou automaticamente o perímetro dos dois contornos críticos, seguido, então, pelo cálculo das suas tensões de cisalhamento resistentes e solicitantes.

Nas duas últimas colunas da planilha foram realizadas as verificações necessárias. Primeiramente, foi analisada a primeira superfície crítica, ou seja, a sua segurança em relação às bielas comprimidas na região de ligação laje-pilar através da comparação dos resultados de τ_{Rd2} e τ_{Sd} . Posteriormente, foi avaliada a necessidade de armadura de cisalhamento, através da análise dos valores de τ_{Sd}' e τ_{Rd1} . Nos casos em que a tensão de cisalhamento resistente de cálculo limite foi inferior à tensão solicitante, no contorno C', o programa acusou a necessidade do uso de armadura de cisalhamento. A planilha completa pode ser consultada no apêndice B. A tabela 5 mostra a planilha simplificada com os valores de tensão resistente e tensão solicitante das duas regiões críticas do pilar interno da laje de série AC18, acompanhadas das verificações anteriormente descritas.

Tabela 5 – Planilha do método da superfície de controle para a série AC18

Laje	F_{sd} (kN)	τ_{Rd2} (kN/cm ²)	τ_{Sd} (kN/cm ²)	τ_{Rd1} (kN/cm ²)	τ_{Sd}' (kN/cm ²)	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
AC 18 40 40	477,96	0,6110	0,1927	0,0708	0,0869	V	F
AC 18 40 50	473,06	0,6110	0,1696	0,0703	0,0814	V	F
AC 18 50 50	468,72	0,6110	0,1512	0,0698	0,0766	V	F
AC 18 40 60	470,26	0,6110	0,1517	0,0700	0,0769	V	F
AC 18 50 60	466,76	0,6110	0,1369	0,0696	0,0726	V	F
AC 18 60 60	465,08	0,6110	0,1250	0,0694	0,0690	V	V

(fonte: elaborado pelo autor)

Conforme os resultados obtidos, o pilar quadrado, com 60 cm de lado, dispensa a necessidade de armadura de cisalhamento, como se vê na última coluna da tabela 5, na verificação do contorno C'. Assim sendo, apenas as demais configurações de pilares foram incluídas no cálculo para a próxima espessura de laje (20 cm), até que cada uma atinja uma resistência maior que a solicitação no contorno C'.

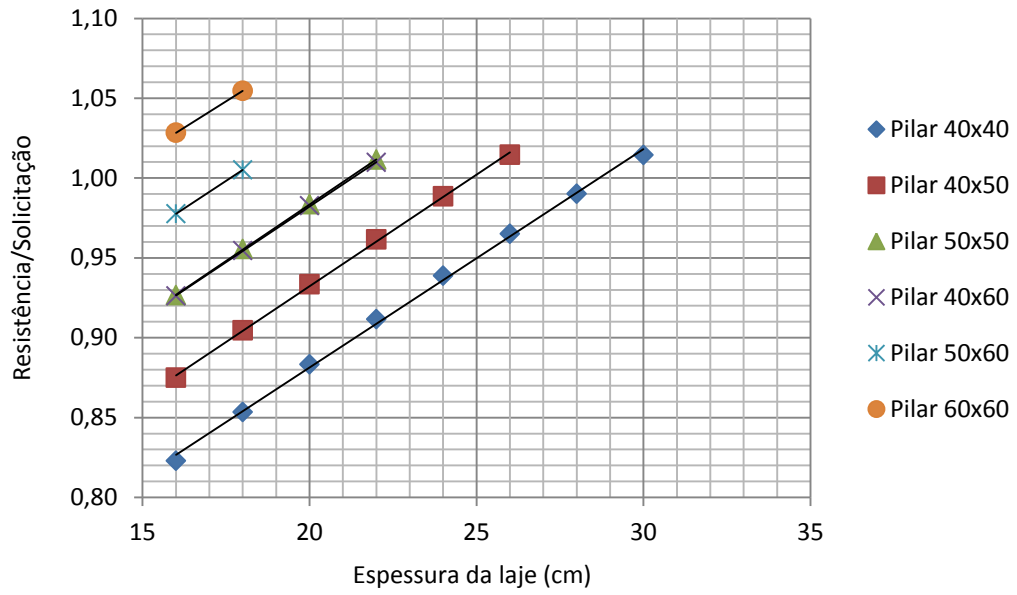
Foram calculados aproximadamente 1400 pórticos diferentes para a totalidade dos 90 tipos de estruturas propostas, cada uma composta por uma diferente combinação de geometria de laje e de pilar. Apenas nos casos de lajes quadradas com pilares quadrados, foi possível aproveitar um dos pórticos para ambas as direções, já que possuem as mesmas medidas, tanto para o pilar quanto para o vão. Também é importante salientar que a força de punção F_{sd} não foi diminuída da força distribuída aplicada na face oposta da laje, conforme permite uma das recomendações da norma.

7 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo mostra todos os resultados obtidos depois da aplicação dos modelos de cálculo anteriormente vistos, uma vez encontrado o valor de espessura mínima necessária de cada laje para que se dispense o uso de armadura de cisalhamento. Esta etapa do trabalho também consistiu na análise de tais resultados, procurando fazer, assim, diversas relações da espessura mínima necessária com as variáveis geométricas das estruturas estudadas.

7.1 OBTENÇÃO DOS RESULTADOS

Para a obtenção do valor aproximado da espessura mínima necessária para cada laje, foram feitos gráficos relacionando a razão da resistência pela solicitação no contorno C' (τ_{Rd1}/τ_{Sd}') com a espessura. Para cada série de vãos foi elaborado um gráfico, contendo cada geometria de pilar dimensionados com diferentes espessuras de lajes. Para cada pilar foi traçada uma linha de tendência que se adequasse aos pontos. A equação de cada linha de tendência foi resolvida para que a relação entre a resistência e a solicitação fosse igual à 1. Como foi uma reta que se adequou melhor aos pontos, foi considerado que não houve prejuízo caso alguma série de pilares tivesse apenas dois pontos calculados, como foi o caso do conjunto de lajes AA de pilar quadrado com lado de 60 cm, por exemplo. Neste caso, a determinação da espessura mínima necessária foi feita pela extrapolação desta reta. Cabe ainda salientar que em todas as séries analisadas, as retas são paralelas, ver apêndice C. A figura 22 mostra o gráfico obtido para a série de lajes AB. Na tabela 6, estão os resultados das espessuras mínimas obtidas (h_0) para cada um dos 90 pavimentos propostos.

Figura 22 – Espessura da laje *versus* resistência/solicitação em C' para lajes AB

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 6 – Valores das espessuras ideais para cada pavimento

Laje	h _o (cm)	Laje	h _o (cm)	Laje	h _o (cm)
A A 40 40	24,82	B B 40 40	32,98	C D 40 40	48,45
A A 40 50	21,18	B B 40 50	28,99	C D 40 50	43,99
A A 50 50	17,69	B B 50 50	25,05	C D 50 50	39,48
A A 40 60	17,67	B B 40 60	25,28	C D 40 60	39,76
A A 50 60	14,10	B B 50 60	21,53	C D 50 60	35,13
A A 60 60	10,18	B B 60 60	17,82	C D 60 60	30,99
A B 40 40	28,61	B C 40 40	37,79	C E 40 40	53,61
A B 40 50	24,79	B C 40 50	33,44	C E 40 50	49,54
A B 50 50	21,22	B C 50 50	29,39	C E 50 50	44,99
A B 40 60	21,35	B C 40 60	29,46	C E 40 60	44,90
A B 50 60	17,68	B C 50 60	25,60	C E 50 60	40,28
A B 60 60	13,83	B C 60 60	21,75	C E 60 60	35,82
A C 40 40	32,63	B D 40 40	42,78	D D 40 40	53,94
A C 40 50	28,76	B D 40 50	38,22	D D 40 50	49,92
A C 50 50	24,75	B D 50 50	33,85	D D 50 50	45,28
A C 40 60	24,98	B D 40 60	34,09	D D 40 60	45,11
A C 50 60	21,17	B D 50 60	29,78	D D 50 60	40,56
A C 60 60	17,50	B D 60 60	25,83	D D 60 60	36,05
A D 40 40	36,97	B E 40 40	47,31	D E 40 40	59,42
A D 40 50	32,88	B E 40 50	43,51	D E 40 50	55,23
A D 50 50	28,56	B E 50 50	38,57	D E 50 50	50,81
A D 40 60	28,90	B E 40 60	38,92	D E 40 60	51,50
A D 50 60	24,88	B E 50 60	34,50	D E 50 60	46,10
A D 60 60	21,11	B E 60 60	30,33	D E 60 60	41,48
A E 40 40	41,61	C C 40 40	42,92	E E 40 40	65,70
A E 40 50	37,23	C C 40 50	38,60	E E 40 50	62,01
A E 50 50	32,85	C C 50 50	34,15	E E 50 50	57,22
A E 40 60	33,10	C C 40 60	34,50	E E 40 60	57,24
A E 50 60	28,75	C C 50 60	30,12	E E 50 60	52,80
A E 60 60	24,97	C C 60 60	26,24	E E 60 60	47,69

(fonte: elaborado pelo autor)

Observados os resultados obtidos, é notada uma grande espessura para as estruturas com pilares relativamente pequenos em relação aos vãos. Tais medidas são consideradas pouco práticas e inviáveis, uma vez que demandam muito mais material e aumentariam a altura do pavimento, então descaracterizando as diversas vantagens que este tipo de estrutura oferece. As grandes espessuras também apontam que a dispensa de armadura de cisalhamento pode não ser proveitosa, e que a armadura de punção se faça necessária para um melhor

aproveitamento deste sistema estrutural. Ainda assim, tais valores foram considerados no estudo, uma vez que o trabalho procura analisar o comportamento de tal variável em relação à geometria da estrutura. No caso do uso de capitéis, essa espessura também pode ser aproveitada para uma eventual estimativa da sua altura útil necessária.

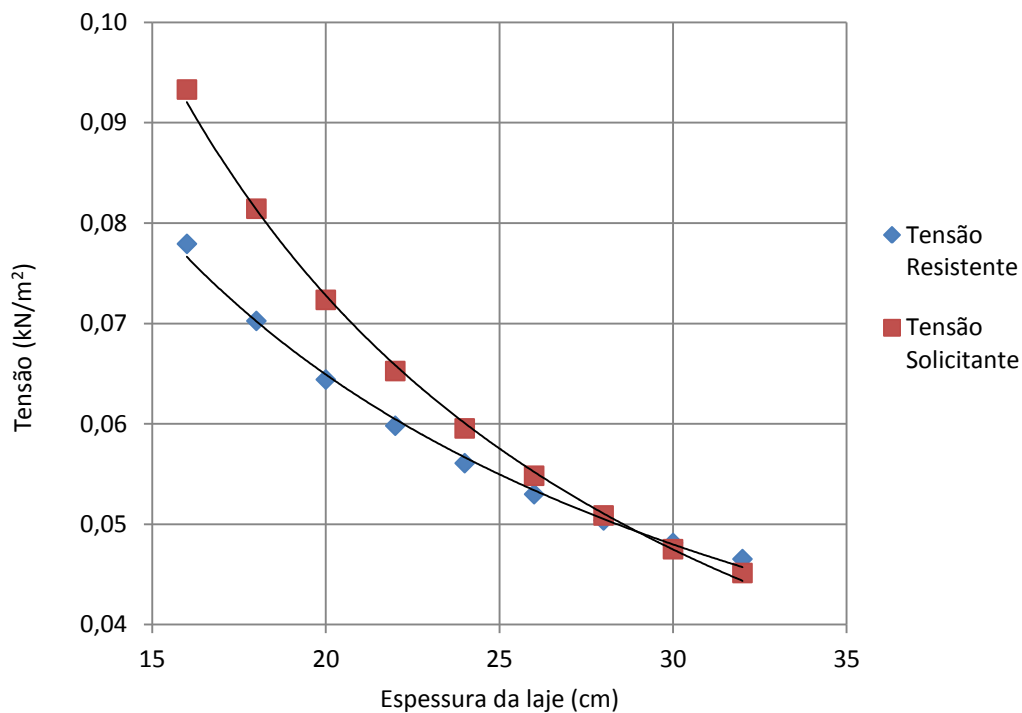
7.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são analisados os resultados obtidos. Foi avaliada a relação da mudança de uma das variáveis envolvidas com a altura mínima de cada laje.

7.2.1 Análise das tensões

Inicialmente foi analisado o comportamento da tensão solicitante (τ_{sd}') e da tensão resistente (τ_{Rd1}) em C' com o aumento da espessura da laje. A figura 23 mostra tal comportamento para a série de lajes AC4050.

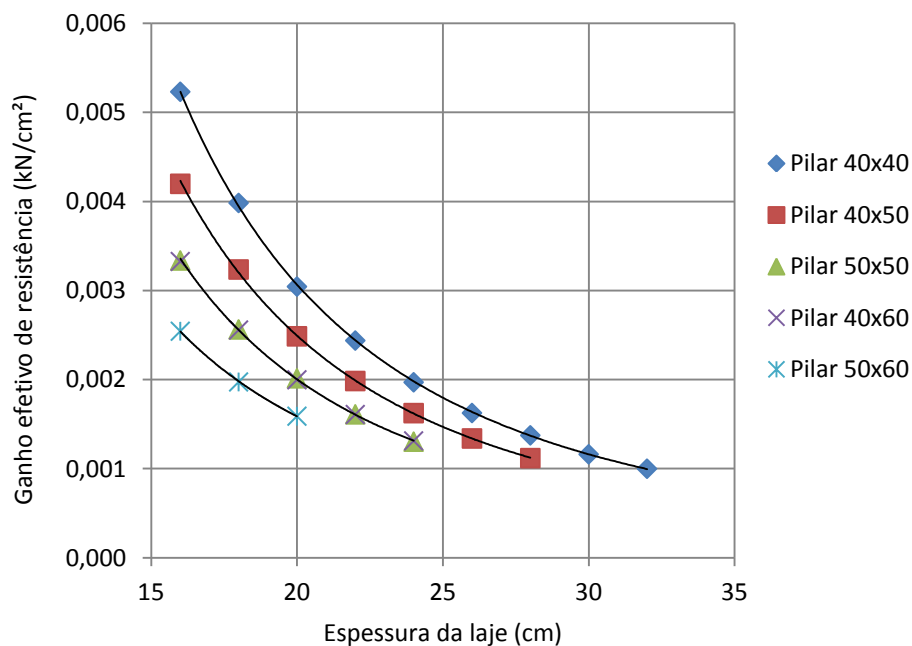
Figura 23 – Espessura da laje *versus* tensão em C'



(fonte: elaborado pelo autor)

O aumento da espessura da laje provoca uma redução de maneira potencial de ambas as tensões em C' . A tensão solicitante decai de maneira mais acentuada até que ultrapasse a tensão resistente, atingindo a espessura mínima necessária da laje para que se dispense armadura de cisalhamento. Com a finalidade de avaliar o ganho efetivo de resistência com o aumento da espessura da laje, procurou-se analisar a relação da espessura mínima com a variação da diferença entre a tensão resistente e a tensão solicitante ($\tau_{Rd1} - \tau_{Sd}'$) com o crescimento da espessura. Ou seja, o valor do representado no eixo y representa o ganho de resistência que o acréscimo de 2 cm proporciona à respectiva espessura no eixo x. A figura 24 mostra tal relação para a série de lajes AC.

Figura 24 – Espessura mínima *versus* ganho efetivo de resistência



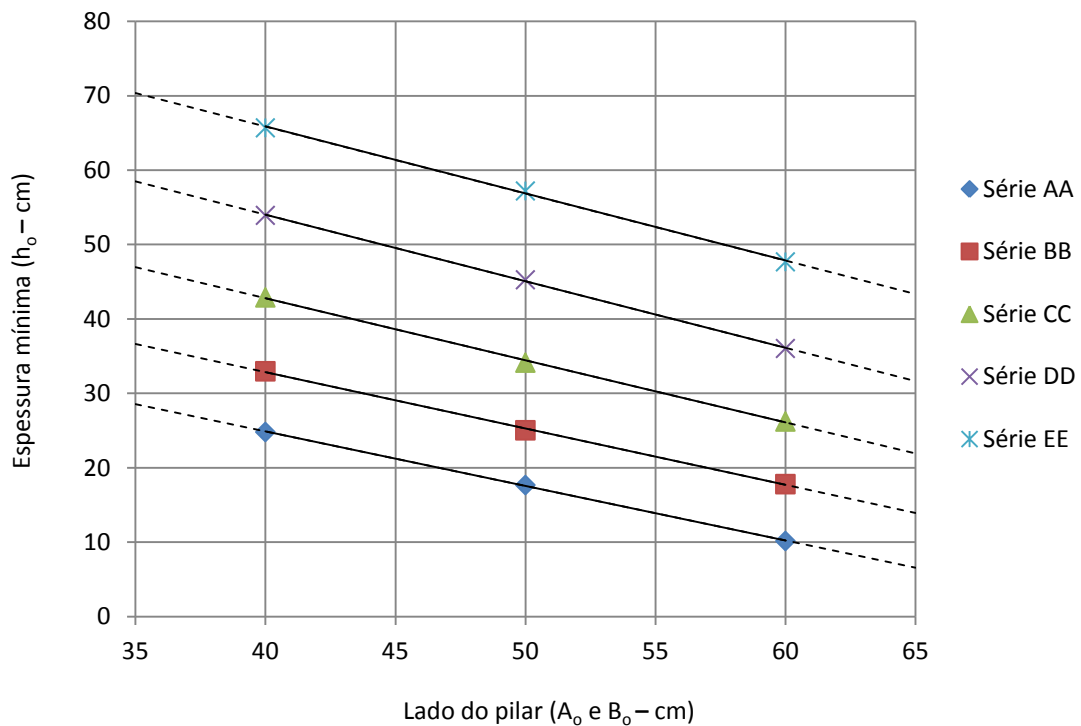
(fonte: elaborado pelo autor)

A linha de tendência que melhor se adaptou aos resultados mostra que um mesmo aumento de espessura da laje é mais eficaz para lajes com menor espessura. Quanto maior a espessura inicial, um incremento em seu valor, passa a ser cada vez menos proveitoso em termos de aumento da resistência à punção.

7.2.2 Análise das estruturas com lados iguais

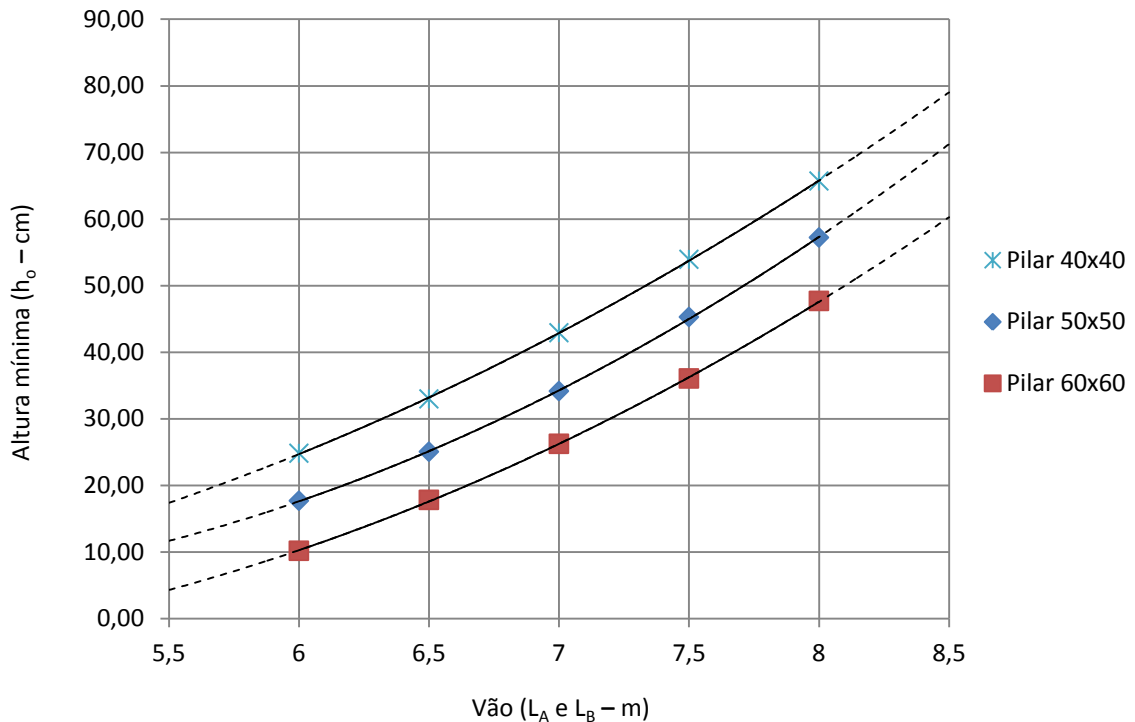
Foi analisada a variação da espessura mínima de cada estrutura em relação ao aumento dos lados do pilar para uma mesma laje. A figura 25 mostra a variação da espessura para cada série de lajes quadradas em função do aumento do lado dos pilares também quadrados.

Figura 25 – Lado do pilar *versus* espessura mínima



(fonte: elaborado pelo autor)

Com o aumento dos pilares, é observada uma variação linear da espessura da laje a uma taxa igual para todas as séries de lajes observadas na figura 25 (as retas são paralelas). Também pode-se constatar que o aumento do vão das lajes (incrementos de 50 cm), mantendo fixo o pilar, provocou um crescimento não linear da altura mínima necessária (distâncias entre as retas aumentam com o aumento do vão da laje). Ainda, através da extrapolação das retas (pontilhada) é possível prever a espessura necessária para lajes com pilares quadrados fora dos valores estudados. A figura 26 mostra o efeito do aumento dos vãos para cada série de pilares quadrados.

Figura 26 – Vão *versus* espessura mínima

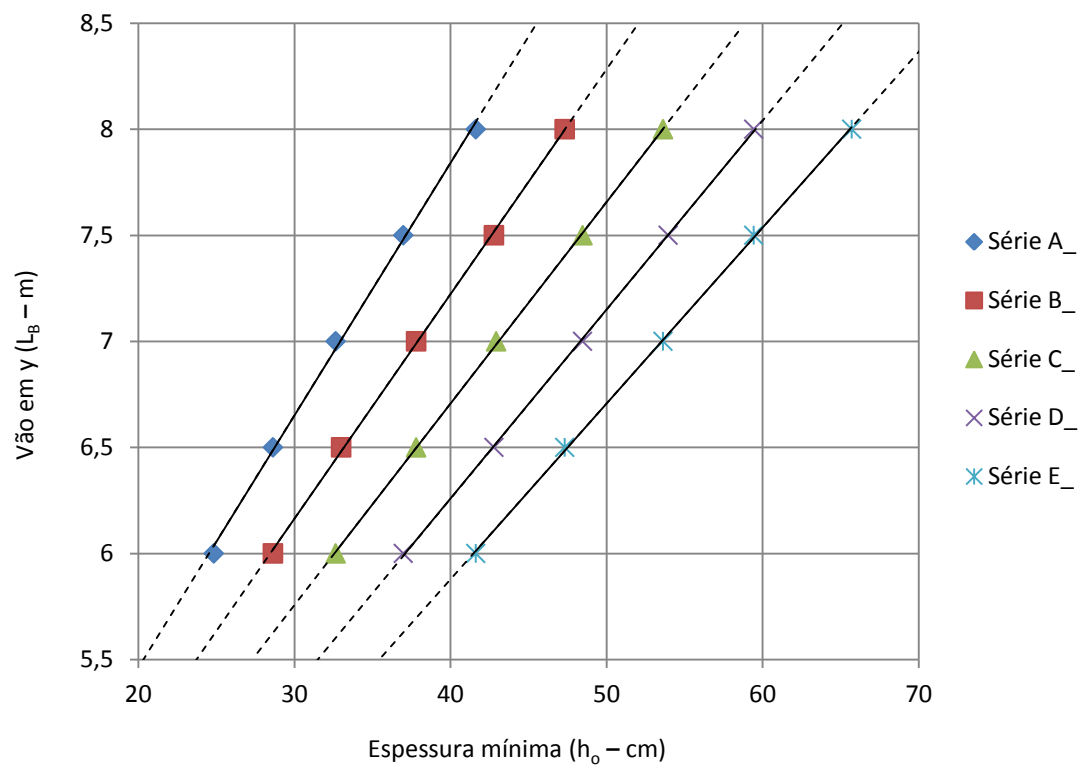
(fonte: elaborado pelo autor)

O aumento do vão nas duas direções, para uma mesma geometria de pilar, resulta num aumento não linear da altura necessária da laje. Um polinômio de segundo grau foi a curva que melhor se adequou aos pontos. Ou seja, para maiores vãos, um mesmo incremento significou um aumento mais intenso na espessura mínima necessária do que para vãos menores. A configuração dos resultados também permite uma extrapolação das curvas para que seja possível a previsão da espessura mínima em casos de vãos diferentes do intervalo de valores estudados, assim como a interpolação de novas curvas para geometria de pilares distintos.

7.2.3 Influência do vão da laje

Para a análise da influência do aumento do vão em relação à espessura necessária das lajes, foram avaliadas separadamente as lajes que possuem o mesmo vão na direção x. Então, foi observada a influência do crescimento do vão na direção y para cada série de lajes estudadas. A figura 27 mostra tal relação para a série de pilares com lados de 40 cm.

Figura 27 – Espessura mínima *versus* vão em y para pilares com lado de 40 cm

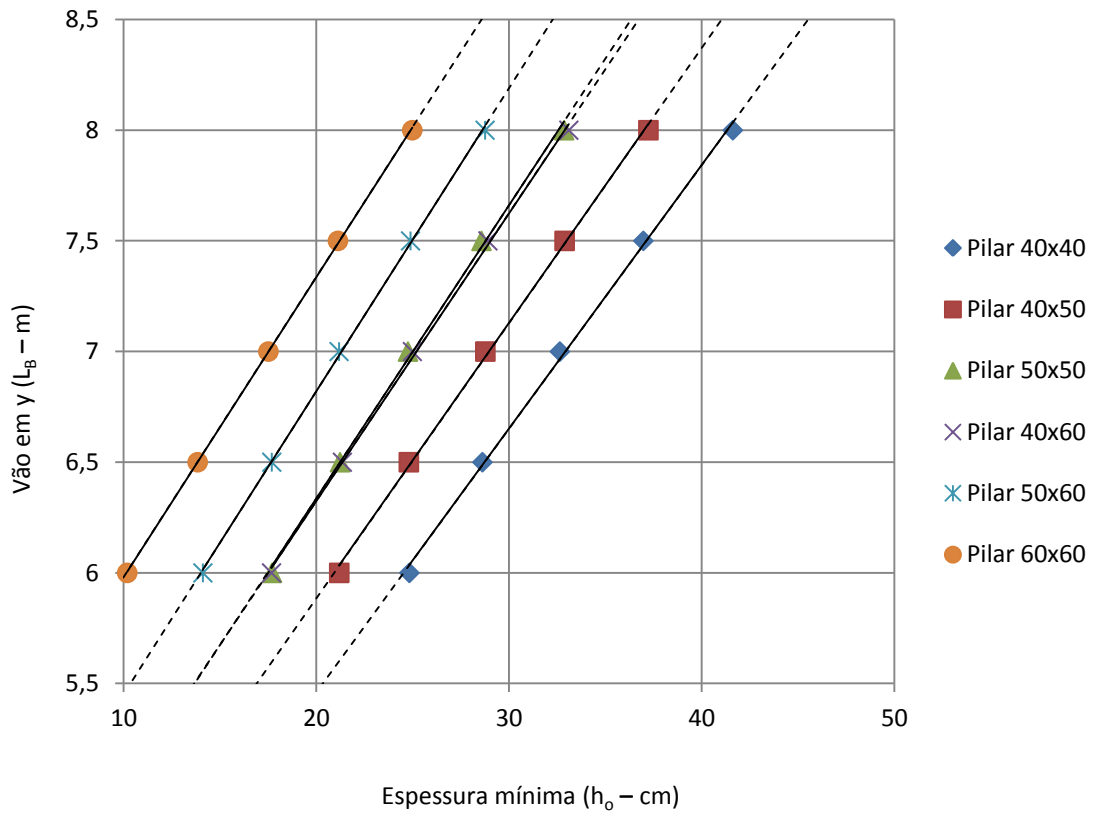


(fonte: elaborado pelo autor)

Uma reta se adaptou satisfatoriamente bem aos pontos, estabelecendo assim uma relação linear. É observado que, quanto maior o vão na direção x, a ampliação do vão na direção y provoca um aumento mais acentuado na espessura mínima das lajes (as retas não são paralelas e estão cada vez mais inclinadas). A extrapolação das retas obtidas neste tipo de gráfico permite, neste caso, a previsão da espessura mínima das lajes para outros vãos em lajes retangulares.

Também foi analisada a influência do aumento do vão em relação a lajes com diferentes pilares, para uma mesma série de lajes com o mesmo vão na direção x. A figura 28 mostra essa relação.

Figura 28 – Espessura mínima *versus* vão em y para lajes com vão de 6 m em x



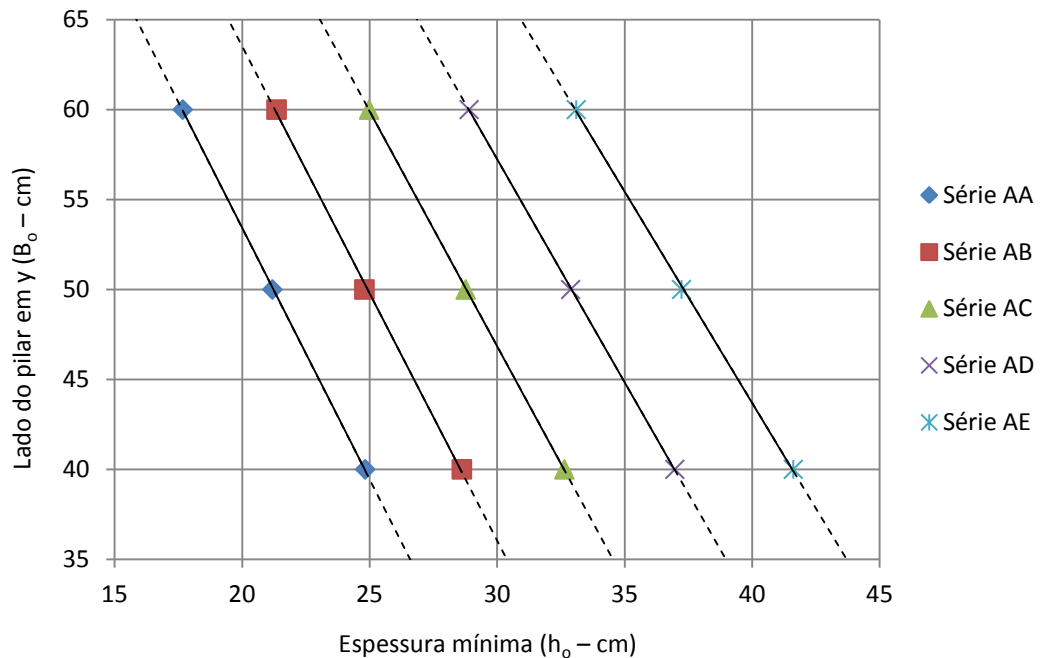
(fonte: elaborado pelo autor)

As retas obtidas mostram uma relação linear entre o aumento do vão em uma das direções com a espessura mínima, diferentemente do que foi observado na figura 26, onde a mesma relação demonstrou um aumento não linear. Isso se deve ao fato de que, anteriormente, o aumento do vão deu-se nas duas direções (x e y), diferentemente do analisado na figura 28. Ainda, a taxa de aumento da espessura mínima, com o aumento do vão em uma das direções, é a mesma para todas as séries de pilares (retas praticamente paralelas). Também pode ser observada a similaridade das alturas obtidas com os pilares de 40 por 60 cm em relação aos de 50 por 50 cm, provavelmente devido à igualdade dos valores de perímetro crítico. Tal constatação já nos indica que não existe grande influência da relação do lado dos pilares com seu respectivo vão na determinação da espessura mínima. A extrapolação das retas também pode ser realizada a fim de prever a espessura mínima em casos de vãos fora do intervalo de valores estudados, assim como a interpolação de retas no caso de pilares com diferentes geometrias.

7.2.4 Influência da seção do pilar

Em relação à influência da mudança de geometria do pilar na espessura necessária para a dispensa da armadura de cisalhamento, foi feito, primeiramente, um gráfico avaliando o comportamento do aumento do lado do pilar na direção y (valor de B_0) para cada série de lajes. A figura 29 mostra o comportamento da a série de lajes com vão de 6 m e lado do pilar de 40 cm na direção x .

Figura 29 – Espessura mínima *versus* lado do pilar em y para lajes com vão de 6 m e lado do pilar de 40 cm em x



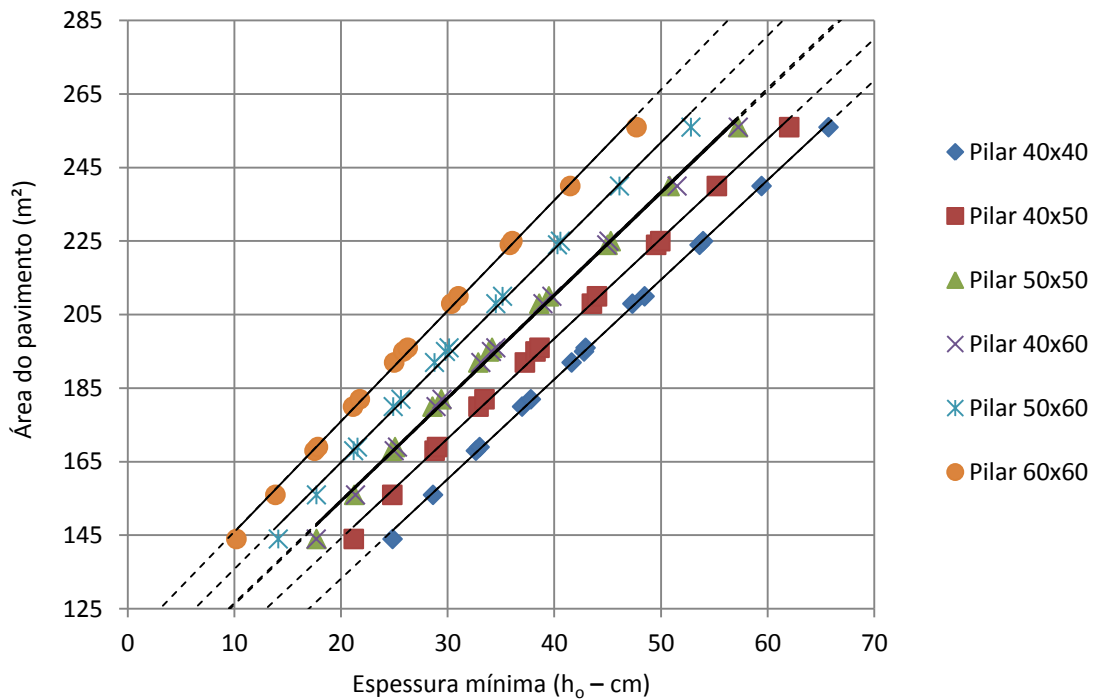
(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como na análise de lajes quadradas, é observado que o para uma mesma laje, o aumento da seção do pilar representou a diminuição linear da espessura a uma taxa constante para todos os vãos representados na figura 29 (retas paralelas). Também, para um mesmo pilar, o aumento dos vãos provoca um crescimento cada vez maior da espessura necessária para cada laje (maior afastamento das retas). Neste caso, a extrapolação das retas permite a previsão da espessura mínima para dimensões diferentes de pilares (neste gráfico com um dos lados de 40 cm). Já a interpolação de retas intermediárias proporciona a obtenção da espessura mínima para vãos diferentes dos estudados.

7.2.5 Influência da área da laje

Com o intuito de verificar a existência de alguma relação entre a área superficial das lajes com a espessura mínima necessária, a figura 30 foi elaborada. Nela, cada série de pontos representa uma seção de pilar distinta.

Figura 30 – Espessura mínima *versus* área do pavimento



(fonte: elaborado pelo autor)

Foi observado que, para um mesmo pilar, o aumento da área do pavimento representou um aumento aproximadamente linear da espessura mínima necessária. Ainda, os pilares de 50 por 50 cm e de 40 por 60 cm tiveram um resultado muito próximo, o que, novamente, aponta a pouca influência da relação do lado dos pilares com seu respectivo vão. Tal gráfico ainda poderia ser usado para critérios de projeto. No caso de um pavimento tipo com uma determinada área e um determinado pilar, a espessura mínima necessária da laje para que não se utilize armadura de cisalhamento poderia ser obtida através do gráfico. Para tal, seria permitida a extrapolação das linhas de tendência para valores de área fora do intervalo analisado assim como a interpolação de retas intermediárias para casos de pilares distintos dos estudados.

8 CONCLUSÕES

Este estudo buscou analisar o comportamento da espessura das lajes lisas para que se dispense a armadura de cisalhamento e qual a influência da mudança da geometria das partes constituintes da estrutura sobre essa variável. A seguir serão descritas as devidas conclusões a cerca dos resultados alcançados.

Com a utilização dos métodos recomendados pela norma para o cálculo da flexão (método dos pórticos equivalentes) e para o dimensionamento à punção (método da superfície de controle) no pilar interno do pavimento tipo proposto, pode-se perceber que, para muitas estruturas, o alto valor da espessura mínima necessária torna inviável a escolha deste critério de projeto. Ainda, este valor poderia ser eventualmente aproveitado como referência caso seja previsto o emprego de capitéis.

Em relação ao comportamento da tensão resistente e da tensão solicitante em C' , quanto maior a espessura da laje, o valor das tensões decai potencialmente. Sendo que a tensão solicitante diminui de maneira muito mais acentuada até que seu valor seja inferior ao da tensão resistente. Ainda, para menores espessuras de laje, um mesmo incremento em seu valor provoca um maior ganho efetivo na resistência à punção em C' .

O aumento do vão das lajes, assim como o aumento da seção dos pilares, tem uma relação aproximadamente linear com a espessura mínima necessária para que as lajes dispensem o uso de armadura de cisalhamento. Não foi notada uma influência que a relação do lado dos pilares com seu respectivo vão poderia exercer sobre essa espessura nos casos estudados. Para lajes com vãos maiores, o aumento de um dos vãos ocasiona um crescimento mais acentuado na espessura mínima. Independente da seção do pilar, o aumento do vão faz a espessura mínima crescer a uma mesma taxa. Assim como independente do vão da laje, o aumento da seção do pilar faz a espessura mínima diminuir a uma mesma taxa. Também foi notada uma relação aproximadamente linear da área do pavimento com a espessura mínima da laje, para cada série de pilares.

Para todos os gráficos elaborados é possível extrapolar as curvas das linhas de tendência para a obtenção de espessuras mínimas para lajes que estão fora do intervalo de valores estudados. Assim como a interpolação de curvas intermediárias com o mesmo objetivo.

Pode-se dizer que o objetivo do trabalho foi alcançado de maneira satisfatória. Ainda, como sugestões para trabalhos vindouros, podem ser feitos estudos da eficiência do uso de armadura de cisalhamento, do uso capitéis e da aplicação de protensão em tais lajes, realizando, então, uma análise comparativa entre tais critérios de projeto para o dimensionamento à punção.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. de. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003. v. 4.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- CAMPOS FILHO, A. **Projeto de lajes maciças de concreto armado**. Porto Alegre: DECIV/UFRGS, 2011. Apostila da disciplina ENG 01112 – UFRGS. Disponível em: <<http://www.chasqueweb.ufrgs.br/~americo/eng01112>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- CORDOVIL, F. A. B. **Lajes de concreto armado: punção**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997.
- FIGUEIREDO FILHO, J. R. de. **Sistemas estruturais de lajes sem vigas: subsídios para o projeto e execução**. 1989. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, [1990].
- 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.
- _____. **Construções de concreto: casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto armado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1978. v. 2.
- MARTHA, L. F. **Ftool: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento de estruturas**. Versão 3.0, 2012. Software – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Software disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool>>. Acesso em: 15 jan. 2013.
- MELGES, F. L. P. **Punção em lajes: exemplos de cálculo e análise teórico-experimental**. 1995. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, [1995].
- _____. **Análise experimental da punção em lajes de concreto armado e protendido**. 2001. 406 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- MICROSOFT Office Excel 2007. [S.l.]: Microsoft Corporation, 1987. Conjunto de programas. 1 CD-ROM.
- TRAUTWEIN, L. M. **Punção em lajes cogumelo de concreto armado: análise experimental e numérica**. 2006. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

**APÊNDICE A – Planilha completa elaborada para aplicação
do método dos pórticos equivalentes**

Série AA

Laje				Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ
AA	16	40	40	139,3	271,8	139,3	271,8	271,8	2,69	13,54	0,0056	2,69	13,54	0,0056	0,0056
AA	16	40	50	138,0	270,4	136,1	268,4	269,4	2,67	13,40	0,0056	2,63	13,20	0,0055	0,0055
AA	16	50	50	135,4	267,8	135,4	267,8	267,8	2,61	13,13	0,0055	2,61	13,13	0,0055	0,0055
AA	16	40	60	137,1	269,6	134,5	267,0	268,3	2,65	13,31	0,0055	2,59	13,03	0,0054	0,0055
AA	16	50	60	134,9	267,4	134,1	266,6	267,0	2,60	13,07	0,0054	2,58	12,99	0,0054	0,0054
AA	16	60	60	133,8	266,2	133,8	266,2	266,2	2,58	12,96	0,0054	2,58	12,96	0,0054	0,0054
AA	18	40	40	151,2	292,6	151,2	292,6	292,6	2,51	12,59	0,0047	2,51	12,59	0,0047	0,0047
AA	18	40	50	149,4	290,8	146,6	288,0	289,4	2,47	12,43	0,0046	2,42	12,18	0,0045	0,0046
AA	18	50	50	145,6	287,0	145,6	287,0	287,0	2,41	12,09	0,0045	2,41	12,09	0,0045	0,0045
AA	18	40	60	148,2	289,4	144,4	285,6	287,5	2,45	12,33	0,0046	2,38	11,99	0,0044	0,0045
AA	18	50	60	144,2	286,2	143,8	285,0	285,6	2,38	11,97	0,0044	2,37	11,93	0,0044	0,0044
AA	18	60	60	143,4	284,6	143,4	284,6	284,6	2,37	11,90	0,0044	2,37	11,90	0,0044	0,0044
AA	20	40	40	163,8	314,0	163,8	314,0	314,0	2,38	11,95	0,0040	2,38	11,95	0,0040	0,0040
AA	20	40	50	161,5	311,6	157,7	307,8	309,7	2,34	11,77	0,0039	2,28	11,48	0,0038	0,0039
AA	22	40	40	177,1	336,2	177,1	336,2	336,2	2,29	11,51	0,0035	2,29	11,51	0,0035	0,0035
AA	22	40	50	174,2	333,2	169,3	328,4	330,8	2,25	11,31	0,0034	2,18	10,98	0,0033	0,0034
AA	24	40	40	190,9	359,0	190,9	359,0	359,0	2,22	11,18	0,0031	2,22	11,18	0,0031	0,0031
AA	26	40	40	205,3	382,2	205,3	382,2	382,2	2,18	10,96	0,0028	2,18	10,96	0,0028	0,0028

Série BB

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρx	xy	Asy	ρy	ρ
BB	16 40 40	177,1	319,0	177,1	319,0	319,0	3,21	17,51	0,0067	3,21	17,51	0,0067	0,0067
BB	16 40 50	175,5	317,4	173,0	315,2	316,3	3,18	17,33	0,0067	3,13	17,06	0,0066	0,0066
BB	16 50 50	172,1	314,4	172,1	314,4	314,4	3,11	16,96	0,0065	3,11	16,96	0,0065	0,0065
BB	16 40 60	174,4	316,4	171,1	313,4	314,9	3,16	17,21	0,0066	3,09	16,85	0,0065	0,0065
BB	16 50 60	171,5	313,8	170,5	312,8	313,3	3,10	16,89	0,0065	3,08	16,78	0,0065	0,0065
BB	16 60 60	170,2	312,6	170,2	312,6	312,6	3,08	16,75	0,0064	3,08	16,75	0,0064	0,0064
BB	18 40 40	192,3	342,2	192,3	342,2	342,2	2,98	16,23	0,0055	2,98	16,23	0,0055	0,0055
BB	18 40 50	190,1	341,2	186,5	338,0	339,6	2,94	16,03	0,0055	2,88	15,70	0,0054	0,0054
BB	18 50 50	185,2	336,8	185,2	336,8	336,8	2,86	15,58	0,0053	2,86	15,58	0,0053	0,0053
BB	18 40 60	188,5	339,8	183,7	335,4	337,6	2,92	15,88	0,0054	2,84	15,44	0,0053	0,0054
BB	18 50 60	184,3	336,0	182,9	334,6	335,3	2,85	15,50	0,0053	2,82	15,37	0,0053	0,0053
BB	18 60 60	182,3	334,2	182,3	334,2	334,2	2,81	15,31	0,0052	2,81	15,31	0,0052	0,0052
BB	20 40 40	208,3	368,6	208,3	368,6	368,6	2,82	15,36	0,0047	2,82	15,36	0,0047	0,0047
BB	20 40 50	205,4	365,8	200,6	361,4	363,6	2,78	15,13	0,0047	2,71	14,76	0,0045	0,0046
BB	20 50 50	198,8	359,6	198,8	359,6	359,6	2,68	14,61	0,0045	2,68	14,61	0,0045	0,0045
BB	20 40 60	203,3	363,8	196,6	357,6	360,7	2,75	14,97	0,0046	2,65	14,44	0,0044	0,0045
BB	20 50 60	197,5	358,6	195,5	356,6	357,6	2,66	14,51	0,0045	2,64	14,35	0,0044	0,0044
BB	22 40 40	225,3	394,6	225,3	394,6	394,6	2,71	14,77	0,0041	2,71	14,77	0,0041	0,0041
BB	22 40 50	221,6	391,2	215,3	385,4	388,3	2,67	14,52	0,0041	2,59	14,08	0,0039	0,0040
BB	22 50 50	213,0	383,2	213,0	383,2	383,2	2,56	13,92	0,0039	2,56	13,92	0,0039	0,0039
BB	22 40 60	218,9	388,6	210,1	380,6	384,6	2,63	14,33	0,0040	2,52	13,72	0,0038	0,0039
BB	22 50 60	211,3	381,6	208,6	379,0	380,3	2,53	13,80	0,0039	2,50	13,62	0,0038	0,0038
BB	24 40 40	242,9	421,4	242,9	421,4	421,4	2,63	14,34	0,0037	2,63	14,34	0,0037	0,0037
BB	24 40 50	238,5	417,2	230,7	410,0	413,6	2,58	14,07	0,0036	2,49	13,59	0,0035	0,0035
BB	24 50 50	227,7	407,2	227,7	407,2	407,2	2,46	13,40	0,0034	2,46	13,40	0,0034	0,0034
BB	24 40 60	235,2	414,2	224,0	403,8	409,0	2,55	13,87	0,0036	2,42	13,17	0,0034	0,0035
BB	26 40 40	261,2	448,8	261,2	448,8	448,8	2,58	14,04	0,0033	2,58	14,04	0,0033	0,0033
BB	26 40 50	256,1	444,0	246,7	435,2	439,6	2,52	13,75	0,0033	2,43	13,22	0,0031	0,0032
BB	26 50 50	243,1	431,8	243,1	431,8	431,8	2,39	13,02	0,0031	2,39	13,02	0,0031	0,0031
BB	26 40 60	252,2	440,2	238,4	427,4	433,8	2,48	13,53	0,0032	2,34	12,76	0,0030	0,0031
BB	28 40 40	280,0	476,6	280,0	476,6	476,6	2,54	13,81	0,0030	2,54	13,81	0,0030	0,0030
BB	28 40 50	274,2	471,2	263,4	461,2	466,2	2,48	13,51	0,0030	2,38	12,96	0,0028	0,0029
BB	30 40 40	299,1	504,8	299,1	504,8	504,8	2,50	13,63	0,0028	2,50	13,63	0,0028	0,0028
BB	30 40 50	292,9	499,0	280,6	487,6	493,3	2,45	13,34	0,0027	2,34	12,76	0,0026	0,0027
BB	32 40 40	318,4	533,4	318,4	533,4	533,4	2,48	13,49	0,0026	2,48	13,49	0,0026	0,0026
BB	34 40 40	337,8	562,0	337,8	562,0	562,0	2,45	13,37	0,0024	2,45	13,37	0,0024	0,0024

Série CC

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ
CC 26	40 40	326,5	520,6	326,5	520,6	520,6	3,02	17,68	0,0039	3,02	17,68	0,0039	0,0039
CC 26	40 50	320,0	515,0	308,4	505,0	510,0	2,95	17,31	0,0038	2,84	16,65	0,0037	0,0037
CC 26	50 50	303,8	501,0	303,8	501,0	501,0	2,79	16,39	0,0036	2,79	16,39	0,0036	0,0036
CC 26	40 60	315,2	510,8	297,9	496,0	503,4	2,91	17,04	0,0037	2,74	16,06	0,0035	0,0036
CC 26	50 60	300,5	498,0	294,8	493,2	495,6	2,76	16,20	0,0036	2,71	15,88	0,0035	0,0035
CC 26	60 60	292,6	491,2	292,6	491,2	491,2	2,69	15,76	0,0035	2,69	15,76	0,0035	0,0035
CC 28	40 40	350,0	553,0	350,0	553,0	553,0	2,96	17,38	0,0035	2,96	17,38	0,0035	0,0035
CC 28	40 50	342,8	546,6	329,2	535,0	540,8	2,90	17,01	0,0035	2,78	16,30	0,0033	0,0034
CC 28	50 50	323,8	530,2	323,8	530,2	530,2	2,73	16,02	0,0033	2,73	16,02	0,0033	0,0033
CC 28	40 60	337,2	541,8	316,6	524,0	532,9	2,85	16,71	0,0034	2,67	15,65	0,0032	0,0033
CC 28	50 60	319,8	526,8	312,8	520,6	523,7	2,70	15,81	0,0032	2,63	15,45	0,0032	0,0032
CC 28	60 60	310,1	518,4	310,1	518,4	518,4	2,61	15,31	0,0031	2,61	15,31	0,0031	0,0031
CC 30	40 40	374,0	585,8	374,0	585,8	585,8	2,92	17,15	0,0033	2,92	17,15	0,0033	0,0033
CC 30	40 50	366,1	578,8	350,8	565,6	572,2	2,86	16,77	0,0032	2,74	16,04	0,0031	0,0031
CC 30	50 50	344,5	560,0	344,5	560,0	560,0	2,68	15,74	0,0030	2,68	15,74	0,0030	0,0030
CC 30	40 60	359,9	573,4	336,0	552,8	563,1	2,81	16,48	0,0031	2,61	15,34	0,0029	0,0030
CC 30	50 60	339,8	556,0	331,4	548,8	552,4	2,65	15,52	0,0030	2,58	15,12	0,0029	0,0029
CC 30	60 60	328,1	545,8	328,1	545,8	545,8	2,55	14,96	0,0028	2,55	14,96	0,0028	0,0028
CC 32	40 40	398,2	618,8	398,2	618,8	618,8	2,89	16,96	0,0030	2,89	16,96	0,0030	0,0030
CC 32	40 50	389,8	611,4	372,9	596,8	604,1	2,83	16,59	0,0030	2,70	15,84	0,0028	0,0029
CC 32	50 50	365,8	590,6	365,8	590,6	590,6	2,65	15,53	0,0028	2,65	15,53	0,0028	0,0028
CC 32	40 60	383,1	605,4	355,9	582,0	593,7	2,78	16,30	0,0029	2,57	15,09	0,0027	0,0028
CC 32	50 60	360,4	585,8	350,6	577,2	581,5	2,61	15,29	0,0027	2,53	14,86	0,0027	0,0027
CC 32	60 60	346,6	573,8	346,6	573,8	573,8	2,50	14,69	0,0026	2,50	14,69	0,0026	0,0026
CC 34	40 40	422,5	652,0	422,5	652,0	652,0	2,87	16,81	0,0028	2,87	16,81	0,0028	0,0028
CC 34	40 50	413,9	644,2	395,6	628,6	636,4	2,81	16,45	0,0028	2,68	15,70	0,0026	0,0027
CC 34	50 50	387,8	621,6	387,8	621,6	621,6	2,62	15,38	0,0026	2,62	15,38	0,0026	0,0026
CC 34	40 60	406,8	638,0	376,6	612,0	625,0	2,76	16,16	0,0027	2,54	14,92	0,0025	0,0026
CC 34	50 60	381,7	616,2	370,4	606,4	611,3	2,58	15,13	0,0025	2,50	14,66	0,0025	0,0025
CC 34	60 60	365,8	602,4	365,8	602,4	602,4	2,47	14,48	0,0024	2,47	14,48	0,0024	0,0024
CC 36	40 40	446,8	685,2	446,8	685,2	685,2	2,84	16,67	0,0026	2,84	16,67	0,0026	0,0026
CC 36	40 50	438,1	677,4	418,6	660,6	669,0	2,79	16,33	0,0026	2,66	15,58	0,0025	0,0025
CC 36	50 50	410,2	653,0	410,3	653,0	653,0	2,60	15,26	0,0024	2,60	15,26	0,0024	0,0024
CC 36	40 60	430,7	670,8	397,7	642,2	656,5	2,74	16,05	0,0025	2,52	14,78	0,0023	0,0024
CC 38	40 40	471,0	718,4	471,0	718,4	718,4	2,82	16,55	0,0025	2,82	16,55	0,0025	0,0025
CC 38	40 50	462,2	710,4	441,9	692,8	701,6	2,77	16,23	0,0024	2,64	15,49	0,0023	0,0024
CC 40	40 40	494,9	751,4	494,9	751,4	751,4	2,80	16,43	0,0023	2,80	16,43	0,0023	0,0023
CC 40	40 50	486,3	743,4	465,4	725,4	734,4	2,75	16,13	0,0023	2,63	15,42	0,0022	0,0023
CC 42	40 40	518,6	784,4	518,6	784,4	784,4	2,78	16,31	0,0022	2,78	16,31	0,0022	0,0022
CC 44	40 40	541,8	817,2	541,8	817,2	817,2	2,76	16,20	0,0021	2,76	16,20	0,0021	0,0021

Série DD

	Laje			Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ
DD	36	40	40	550,3	787,0	550,3	787,0	787,0	3,29	20,65	0,0031	3,29	20,65	0,0031	0,0031
DD	36	40	50	539,4	777,8	515,5	758,6	768,2	3,22	20,22	0,0030	3,07	19,29	0,0029	0,0029
DD	36	50	50	505,0	749,8	505,0	749,8	749,8	3,00	18,88	0,0028	3,00	18,88	0,0028	0,0028
DD	36	40	60	530,3	770,2	489,6	737,6	753,9	3,16	19,86	0,0029	2,91	18,28	0,0027	0,0028
DD	36	50	60	496,7	743,0	480,9	730,4	736,7	2,95	18,56	0,0027	2,86	17,95	0,0027	0,0027
DD	36	60	60	474,5	725,0	474,5	725,0	725,0	2,82	17,70	0,0026	2,82	17,70	0,0026	0,0026
DD	38	40	40	580,2	825,2	580,2	825,2	825,2	3,26	20,49	0,0029	3,26	20,49	0,0029	0,0029
DD	38	40	50	569,3	815,8	544,3	795,8	805,8	3,20	20,09	0,0028	3,05	19,17	0,0027	0,0028
DD	38	50	50	533,1	786,4	533,1	786,4	786,4	2,99	18,76	0,0026	2,99	18,76	0,0026	0,0026
DD	38	40	60	560,0	808,0	516,3	773,0	790,5	3,14	19,75	0,0028	2,89	18,15	0,0025	0,0027
DD	38	50	60	524,2	779,0	506,7	765,0	772,0	2,93	18,44	0,0026	2,83	17,80	0,0025	0,0025
DD	38	60	60	499,4	759,0	499,4	759,0	759,0	2,79	17,54	0,0025	2,79	17,54	0,0025	0,0025
DD	40	40	40	609,8	863,0	609,8	863,0	863,0	3,24	20,34	0,0027	3,24	20,34	0,0027	0,0027
DD	40	40	50	599,0	853,8	573,3	833,2	843,5	3,18	19,96	0,0027	3,04	19,08	0,0025	0,0026
DD	40	50	50	561,6	823,2	561,6	823,2	823,2	2,97	18,68	0,0025	2,97	18,68	0,0025	0,0025
DD	40	40	60	589,7	846,0	543,4	808,8	827,4	3,13	19,64	0,0026	2,87	18,05	0,0024	0,0025
DD	40	50	60	552,1	815,4	532,9	800,0	807,7	2,92	18,35	0,0024	2,82	17,69	0,0024	0,0024
DD	42	40	40	639,1	901,0	639,1	901,0	901,0	3,21	20,19	0,0026	3,21	20,19	0,0026	0,0026
DD	42	40	50	628,7	891,8	602,4	870,8	881,3	3,16	19,85	0,0025	3,02	19,00	0,0024	0,0025
DD	42	50	50	590,4	860,4	590,4	860,4	860,4	2,96	18,61	0,0024	2,96	18,61	0,0024	0,0024
DD	42	40	60	619,4	884,0	571,0	845,0	864,5	3,11	19,55	0,0025	2,86	17,98	0,0023	0,0024
DD	42	50	60	580,5	852,2	559,7	835,6	843,9	2,91	18,28	0,0023	2,80	17,61	0,0022	0,0023
DD	44	40	40	668,0	938,6	668,0	938,6	938,6	3,19	20,05	0,0024	3,19	20,05	0,0024	0,0024
DD	44	40	50	658,0	929,8	631,5	908,4	919,1	3,14	19,74	0,0024	3,01	18,92	0,0023	0,0023
DD	44	50	50	619,3	897,8	619,3	897,8	897,8	2,95	18,55	0,0022	2,95	18,55	0,0022	0,0022
DD	44	40	60	648,9	921,8	598,9	881,6	901,7	3,10	19,46	0,0024	2,85	17,92	0,0022	0,0023
DD	46	40	40	696,4	976,0	696,4	976,0	976,0	3,17	19,91	0,0023	3,17	19,91	0,0023	0,0023
DD	46	40	50	687,1	967,4	660,5	946,0	956,7	3,12	19,64	0,0023	3,00	18,85	0,0022	0,0022
DD	46	50	50	648,3	935,4	648,3	935,4	935,4	2,94	18,50	0,0021	2,94	18,50	0,0021	0,0021
DD	46	40	60	678,3	959,6	627,0	918,4	939,0	3,08	19,38	0,0022	2,84	17,87	0,0021	0,0022
DD	48	40	40	724,4	1013,2	724,4	1013,2	1013,2	3,15	19,77	0,0022	3,15	19,77	0,0022	0,0022
DD	48	40	50	715,7	1004,8	689,3	983,4	994,1	3,11	19,53	0,0022	2,99	18,79	0,0021	0,0021
DD	50	40	40	751,9	1050,0	751,9	1050,0	1050,0	3,12	19,63	0,0021	3,12	19,63	0,0021	0,0021
DD	50	40	50	743,9	1042,2	717,8	1021,0	1031,6	3,09	19,42	0,0021	2,98	18,72	0,0020	0,0020
DD	52	40	40	778,9	1086,6	778,9	1086,6	1086,6	3,10	19,49	0,0020	3,10	19,49	0,0020	0,0020
DD	54	40	40	805,3	1123,0	805,3	1123,0	1123,0	3,08	19,34	0,0019	3,08	19,34	0,0019	0,0019
DD	56	40	40	831,2	1159,0	831,2	1159,0	1159,0	3,06	19,20	0,0018	3,06	19,20	0,0018	0,0018

Série EE

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρx	xy	Asy	ρy	ρ		
EE	46	40	40	846,9	1111,0	846,9	1111,0	1111,0	3,63	24,32	0,0026	3,63	24,32	0,0026	0,0026
EE	46	40	50	835,2	1101,2	803,1	1101,2	1101,2	3,58	23,97	0,0026	3,43	23,02	0,0025	0,0026
EE	46	50	50	788,0	1064,6	788,0	1076,8	1070,7	3,37	22,57	0,0025	3,37	22,57	0,0025	0,0025
EE	46	40	60	824,4	1092,4	762,2	1045,4	1068,9	3,53	23,65	0,0026	3,25	21,81	0,0024	0,0025
EE	46	50	60	775,1	1054,4	746,8	1033,2	1043,8	3,31	22,19	0,0024	3,19	21,36	0,0023	0,0024
EE	46	60	60	734,5	1023,4	734,5	1023,4	1023,4	3,13	20,99	0,0023	3,13	20,99	0,0023	0,0023
EE	48	40	40	881,2	1153,4	881,2	1153,4	1153,4	3,60	24,15	0,0025	3,60	24,15	0,0025	0,0025
EE	48	40	50	870,2	1143,8	838,2	1119,6	1131,7	3,56	23,84	0,0025	3,42	22,93	0,0024	0,0024
EE	48	50	50	823,3	1107,4	823,3	1107,4	1107,4	3,36	22,51	0,0023	3,36	22,51	0,0023	0,0023
EE	48	40	60	859,8	1135,2	796,6	1087,4	1111,3	3,51	23,54	0,0025	3,25	21,76	0,0023	0,0024
EE	48	50	60	810,2	1097,0	780,7	1074,8	1085,9	3,30	22,14	0,0023	3,18	21,31	0,0022	0,0023
EE	48	60	60	767,8	1064,6	767,8	1064,6	1064,6	3,13	20,95	0,0022	3,13	20,95	0,0022	0,0022
EE	50	40	40	914,9	1195,6	914,9	1195,6	1195,6	3,58	23,98	0,0024	3,58	23,98	0,0024	0,0024
EE	50	40	50	904,8	1186,4	873,2	1162,4	1174,4	3,54	23,71	0,0024	3,41	22,85	0,0023	0,0023
EE	50	50	50	858,5	1150,2	858,5	1150,2	1150,2	3,35	22,46	0,0022	3,35	22,46	0,0022	0,0022
EE	50	40	60	895,0	1178,0	831,2	1129,8	1153,9	3,50	23,44	0,0023	3,24	21,72	0,0022	0,0023
EE	50	50	60	845,5	1139,6	815,0	1116,6	1128,1	3,30	22,11	0,0022	3,18	21,29	0,0021	0,0022
EE	52	40	40	948,0	1237,2	948,0	1237,2	1237,2	3,55	23,81	0,0023	3,55	23,81	0,0023	0,0023
EE	52	40	50	938,8	1228,6	907,8	1205,0	1216,8	3,52	23,57	0,0023	3,40	22,77	0,0022	0,0022
EE	52	50	50	893,5	1193,0	893,5	1193,0	1193,0	3,34	22,40	0,0022	3,34	22,40	0,0022	0,0022
EE	52	40	60	929,6	1220,4	865,8	1172,0	1196,2	3,48	23,33	0,0022	3,24	21,69	0,0021	0,0022
EE	52	50	60	880,7	1182,4	849,3	1158,6	1170,5	3,29	22,07	0,0021	3,17	21,26	0,0020	0,0021
EE	54	40	40	980,5	1278,6	980,5	1278,6	1278,6	3,53	23,64	0,0022	3,53	23,64	0,0022	0,0022
EE	54	40	50	972,4	1270,4	941,9	1247,4	1258,9	3,50	23,44	0,0022	3,38	22,68	0,0021	0,0021
EE	54	50	50	928,3	1235,4	928,3	1235,4	1235,4	3,33	22,34	0,0021	3,33	22,34	0,0021	0,0021
EE	54	40	60	963,9	1262,8	900,2	1214,4	1238,6	3,46	23,23	0,0022	3,23	21,65	0,0020	0,0021
EE	54	50	60	915,7	1225,0	883,7	1200,8	1212,9	3,29	22,03	0,0020	3,17	21,24	0,0020	0,0020
EE	56	40	40	1012,5	1319,8	1012,5	1319,8	1319,8	3,50	23,47	0,0021	3,50	23,47	0,0021	0,0021
EE	56	40	50	1005,4	1312,2	975,7	1289,6	1300,9	3,48	23,30	0,0021	3,37	22,59	0,0020	0,0020
EE	56	50	50	962,8	1278,0	962,8	1278,0	1278,0	3,32	22,28	0,0020	3,32	22,28	0,0020	0,0020
EE	56	40	60	997,7	1304,8	934,5	1256,8	1280,8	3,45	23,11	0,0021	3,22	21,61	0,0019	0,0020
EE	58	40	40	1043,8	1360,8	1043,8	1360,8	1360,8	3,48	23,29	0,0020	3,48	23,29	0,0020	0,0020
EE	58	40	50	1037,9	1353,6	1009,0	1331,6	1342,6	3,45	23,16	0,0020	3,36	22,50	0,0019	0,0020
EE	58	50	50	996,8	1320,2	996,8	1320,2	1320,2	3,31	22,22	0,0019	3,31	22,22	0,0019	0,0019
EE	58	40	60	1031,0	1346,6	968,6	1299,2	1322,9	3,43	23,00	0,0020	3,22	21,57	0,0019	0,0019
EE	60	40	40	1074,5	1401,2	1074,5	1401,2	1401,2	3,45	23,12	0,0019	3,45	23,12	0,0019	0,0019
EE	60	40	50	1069,8	1394,8	1041,7	1373,2	1384,0	3,43	23,02	0,0019	3,34	22,40	0,0019	0,0019
EE	62	40	40	1104,6	1441,6	1104,6	1441,6	1441,6	3,42	22,94	0,0019	3,42	22,94	0,0019	0,0019
EE	62	40	50	1101,2	1435,6	1074,0	1414,6	1425,1	3,41	22,87	0,0018	3,33	22,29	0,0018	0,0018
EE	64	40	40	1134,2	1481,8	1134,2	1481,8	1481,8	3,40	22,77	0,0018	3,40	22,77	0,0018	0,0018
EE	66	40	40	1163,0	1521,6	1163,0	1521,6	1521,6	3,37	22,60	0,0017	3,37	22,60	0,0017	0,0017
EE	68	40	40	1191,3	1561,0	1191,3	1561,0	1561,0	3,34	22,42	0,0016	3,34	22,42	0,0016	0,0016

Série AB

	Laje			Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ
AB	16	40	40	151,4	295,0	162,9	293,8	294,4	2,70	14,72	0,0057	3,20	16,10	0,0067	0,0062
AB	16	40	50	150,0	293,4	159,4	290,6	292,0	2,68	14,57	0,0056	3,13	15,71	0,0065	0,0061
AB	16	50	50	146,9	290,4	158,6	289,8	290,1	2,62	14,24	0,0055	3,11	15,62	0,0065	0,0060
AB	16	40	60	149,0	292,4	157,7	289,0	290,7	2,66	14,47	0,0056	3,09	15,53	0,0065	0,0060
AB	16	50	60	146,3	289,8	157,3	288,6	289,2	2,60	14,18	0,0055	3,08	15,48	0,0065	0,0059
AB	16	60	60	145,1	288,6	157,0	288,4	288,5	2,58	14,05	0,0054	3,07	15,45	0,0064	0,0059
AB	18	40	40	164,6	317,8	176,7	316,2	317,0	2,52	13,71	0,0047	2,97	14,91	0,0055	0,0051
AB	18	40	50	162,6	315,6	171,7	311,6	313,6	2,49	13,54	0,0046	2,87	14,45	0,0054	0,0050
AB	18	50	50	158,1	311,2	170,6	310,4	310,8	2,41	13,13	0,0045	2,85	14,35	0,0053	0,0049
AB	18	40	60	161,1	314,2	169,2	309,2	311,7	2,46	13,40	0,0046	2,83	14,22	0,0053	0,0049
AB	18	50	60	157,3	310,4	168,6	308,6	309,5	2,40	13,06	0,0045	2,82	14,16	0,0052	0,0048
AB	18	60	60	155,5	308,6	168,1	308,2	308,4	2,37	12,90	0,0044	2,81	14,12	0,0052	0,0048
AB	20	40	40	178,4	341,2	191,3	339,2	340,2	2,39	13,02	0,0040	2,81	14,10	0,0047	0,0043
AB	20	40	50	175,8	338,6	184,5	333,0	335,8	2,35	12,82	0,0039	2,70	13,57	0,0045	0,0042
AB	20	50	50	169,8	332,6	183,0	331,6	332,1	2,27	12,36	0,0038	2,68	13,45	0,0045	0,0041
AB	20	40	60	173,9	336,6	181,1	329,8	333,2	2,33	12,67	0,0039	2,65	13,30	0,0044	0,0042
AB	20	50	60	168,7	331,4	180,1	328,8	330,1	2,25	12,27	0,0038	2,63	13,22	0,0044	0,0041
AB	20	60	60	166,2	328,8	179,5	328,2	328,5	2,22	12,08	0,0037	2,62	13,17	0,0044	0,0040
AB	22	40	40	193,0	365,4	206,7	363,2	364,3	2,30	12,54	0,0035	2,70	13,55	0,0041	0,0038
AB	22	40	50	189,8	362,2	197,9	355,0	358,6	2,26	12,33	0,0034	2,57	12,94	0,0039	0,0037
AB	22	50	50	182,1	354,4	195,9	353,0	353,7	2,17	11,80	0,0033	2,55	12,80	0,0039	0,0036
AB	22	40	60	187,4	359,8	193,4	350,8	355,3	2,23	12,16	0,0034	2,51	12,63	0,0038	0,0036
AB	22	50	60	180,6	352,8	192,1	349,6	351,2	2,15	11,70	0,0033	2,49	12,54	0,0038	0,0035
AB	22	60	60	177,1	349,4	191,2	348,8	349,1	2,10	11,46	0,0032	2,48	12,47	0,0038	0,0035
AB	24	40	40	208,3	390,4	222,7	387,6	389,0	2,24	12,21	0,0031	2,62	13,15	0,0037	0,0034
AB	24	40	50	204,4	386,4	211,9	377,6	382,0	2,20	11,97	0,0031	2,48	12,48	0,0035	0,0033
AB	24	50	50	194,8	376,8	209,3	375,0	375,9	2,09	11,38	0,0029	2,45	12,32	0,0034	0,0032
AB	24	40	60	201,5	383,4	206,1	372,0	377,7	2,17	11,79	0,0030	2,41	12,12	0,0034	0,0032
AB	24	50	60	192,9	374,8	204,4	370,4	372,6	2,07	11,27	0,0029	2,39	12,01	0,0033	0,0031
AB	24	60	60	188,4	370,2	203,2	369,4	369,8	2,02	10,99	0,0028	2,38	11,94	0,0033	0,0031
AB	26	40	40	224,0	415,8	239,4	412,6	414,2	2,20	11,96	0,0028	2,56	12,86	0,0033	0,0031
AB	26	40	50	219,5	411,2	226,5	400,6	405,9	2,15	11,71	0,0028	2,41	12,14	0,0031	0,0029
AB	26	50	50	208,1	399,6	223,3	397,6	398,6	2,03	11,08	0,0026	2,38	11,96	0,0031	0,0028
AB	26	40	60	216,2	407,8	219,2	393,8	400,8	2,12	11,52	0,0027	2,33	11,73	0,0030	0,0029
AB	26	50	60	205,7	397,2	217,0	391,8	394,5	2,01	10,94	0,0026	2,31	11,61	0,0030	0,0028
AB	26	60	60	200,1	391,6	215,6	390,4	391,0	1,95	10,64	0,0025	2,29	11,53	0,0030	0,0027
AB	28	40	40	240,1	441,6	256,5	438,2	439,9	2,16	11,77	0,0026	2,52	12,64	0,0030	0,0028
AB	28	40	50	235,2	436,6	241,7	424,2	430,4	2,12	11,52	0,0025	2,36	11,89	0,0028	0,0027
AB	28	50	50	221,8	423,0	237,8	420,6	421,8	1,99	10,84	0,0024	2,32	11,69	0,0028	0,0026
AB	28	40	60	231,3	432,6	232,8	416,0	424,3	2,08	11,32	0,0025	2,27	11,43	0,0027	0,0026
AB	28	50	60	219,1	420,2	230,1	413,4	416,8	1,97	10,71	0,0024	2,25	11,29	0,0027	0,0025
AB	28	60	60	212,1	413,2	228,3	411,8	412,5	1,90	10,35	0,0023	2,23	11,20	0,0027	0,0025
AB	30	40	40	256,4	467,8	274,0	464,0	465,9	2,13	11,62	0,0024	2,48	12,48	0,0028	0,0026
AB	30	40	50	251,2	462,4	257,3	448,4	455,4	2,09	11,38	0,0023	2,33	11,69	0,0026	0,0025
AB	30	50	50	236,1	447,0	252,8	444,2	445,6	1,96	10,67	0,0022	2,28	11,48	0,0026	0,0024
AB	30	40	60	246,9	458,0	246,8	438,6	448,3	2,05	11,17	0,0023	2,23	11,20	0,0025	0,0024
AB	30	50	60	232,8	443,6	243,6	435,6	439,6	1,93	10,52	0,0022	2,20	11,05	0,0025	0,0023
AB	30	60	60	224,5	435,2	241,4	433,4	434,3	1,86	10,13	0,0021	2,18	10,95	0,0024	0,0022

Série AC

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	px	xy	Asy	py	ρ
AC 16	40 40	163,7	318,2	188,4	316,0	317,1	2,71	15,92	0,0057	3,77	18,97	0,0079	0,0067
AC 16	40 50	162,0	316,6	184,6	312,6	314,6	2,68	15,74	0,0056	3,69	18,54	0,0077	0,0066
AC 16	50 50	158,5	313,0	183,7	312,0	312,5	2,62	15,37	0,0055	3,67	18,43	0,0077	0,0065
AC 16	40 60	160,9	315,4	182,7	311,2	313,3	2,66	15,62	0,0056	3,64	18,32	0,0076	0,0065
AC 16	50 60	157,8	312,4	182,2	310,6	311,5	2,61	15,30	0,0055	3,63	18,26	0,0076	0,0064
AC 16	60 60	156,4	311,0	181,9	310,4	310,7	2,58	15,15	0,0054	3,63	18,23	0,0076	0,0064
AC 18	40 40	178,0	343,0	204,2	339,8	341,4	2,53	14,84	0,0047	3,48	17,48	0,0065	0,0055
AC 18	40 50	175,7	340,6	198,7	335,2	337,9	2,49	14,63	0,0046	3,37	16,96	0,0063	0,0054
AC 18	50 50	170,7	335,6	197,5	334,0	334,8	2,42	14,18	0,0045	3,35	16,84	0,0062	0,0053
AC 18	40 60	174,1	339,0	196,0	332,8	335,9	2,47	14,49	0,0046	3,32	16,70	0,0062	0,0053
AC 18	50 60	169,8	334,6	195,3	332,2	333,4	2,40	14,10	0,0045	3,31	16,64	0,0062	0,0053
AC 18	60 60	167,7	332,6	194,8	331,8	332,2	2,37	13,92	0,0044	3,30	16,59	0,0061	0,0052
AC 20	40 40	193,2	368,4	220,9	364,4	366,4	2,41	14,11	0,0040	3,28	16,48	0,0055	0,0047
AC 20	40 50	190,2	365,4	213,4	358,0	361,7	2,37	13,87	0,0040	3,16	15,87	0,0053	0,0046
AC 20	50 50	183,4	358,6	211,7	356,6	357,6	2,28	13,35	0,0038	3,13	15,73	0,0052	0,0045
AC 20	40 60	188,1	363,4	209,7	354,8	359,1	2,34	13,71	0,0039	3,10	15,57	0,0052	0,0045
AC 20	50 60	182,2	357,4	208,6	354,0	355,7	2,26	13,26	0,0038	3,08	15,48	0,0052	0,0044
AC 20	60 60	179,2	354,4	207,9	353,4	353,9	2,22	13,03	0,0037	3,07	15,43	0,0051	0,0044
AC 22	40 40	209,1	394,8	238,5	390,0	392,4	2,32	13,59	0,0035	3,14	15,79	0,0048	0,0041
AC 22	40 50	205,5	391,2	228,8	381,6	386,4	2,28	13,35	0,0035	3,00	15,10	0,0046	0,0040
AC 22	50 50	196,8	382,4	226,6	379,6	381,0	2,17	12,76	0,0033	2,97	14,94	0,0045	0,0039
AC 22	40 60	202,8	388,4	223,8	377,4	382,9	2,24	13,16	0,0034	2,93	14,75	0,0045	0,0039
AC 22	50 60	195,1	380,6	222,4	376,0	378,3	2,16	12,64	0,0033	2,91	14,65	0,0044	0,0038
AC 22	60 60	191,2	376,6	221,4	375,2	375,9	2,11	12,38	0,0032	2,90	14,58	0,0044	0,0038
AC 24	40 40	225,8	422,0	256,9	416,0	419,0	2,26	13,24	0,0032	3,04	15,29	0,0042	0,0037
AC 24	40 50	221,5	417,6	244,8	405,8	411,7	2,21	12,97	0,0031	2,89	14,53	0,0040	0,0035
AC 24	50 50	210,7	406,6	242,0	403,2	404,9	2,10	12,31	0,0029	2,86	14,35	0,0040	0,0034
AC 24	40 60	218,2	414,2	238,4	400,2	407,2	2,18	12,77	0,0030	2,81	14,13	0,0039	0,0035
AC 24	50 60	208,6	404,4	236,5	398,6	401,5	2,08	12,19	0,0029	2,79	14,01	0,0039	0,0034
AC 24	60 60	203,5	399,4	235,2	397,4	398,4	2,02	11,88	0,0028	2,77	13,93	0,0039	0,0033
AC 26	40 40	242,9	449,6	276,0	442,8	446,2	2,21	12,97	0,0029	2,97	14,94	0,0038	0,0033
AC 26	40 50	238,0	444,6	261,6	430,4	437,5	2,16	12,70	0,0028	2,81	14,12	0,0036	0,0032
AC 26	50 50	225,2	431,6	258,0	427,2	429,4	2,04	11,99	0,0026	2,77	13,91	0,0036	0,0031
AC 26	40 60	234,3	440,6	253,4	423,4	432,0	2,13	12,49	0,0027	2,72	13,65	0,0035	0,0031
AC 26	50 60	222,6	428,8	251,1	421,4	425,1	2,02	11,85	0,0026	2,69	13,52	0,0035	0,0030
AC 26	60 60	216,1	422,4	249,4	419,8	421,1	1,96	11,49	0,0025	2,67	13,43	0,0034	0,0029
AC 28	40 40	260,4	477,6	295,7	470,2	473,9	2,18	12,77	0,0026	2,92	14,67	0,0035	0,0030
AC 28	40 50	255,0	472,0	278,9	455,6	463,8	2,13	12,49	0,0025	2,75	13,80	0,0033	0,0029
AC 28	50 50	240,2	457,0	274,6	451,8	454,4	2,00	11,74	0,0024	2,70	13,58	0,0032	0,0028
AC 28	40 60	250,8	467,6	269,0	447,2	457,4	2,09	12,28	0,0025	2,64	13,29	0,0032	0,0028
AC 28	50 60	237,1	453,8	266,1	444,6	449,2	1,98	11,59	0,0024	2,61	13,14	0,0031	0,0027
AC 28	60 60	229,2	445,8	264,0	442,8	444,3	1,91	11,19	0,0023	2,59	13,03	0,0031	0,0027
AC 30	40 40	278,0	505,8	315,8	497,8	501,8	2,15	12,60	0,0024	2,88	14,47	0,0032	0,0028
AC 30	40 50	272,3	499,8	296,9	481,4	490,6	2,10	12,33	0,0023	2,70	13,57	0,0030	0,0027
AC 30	50 50	255,8	483,0	291,8	477,0	480,0	1,97	11,56	0,0022	2,65	13,33	0,0030	0,0026
AC 30	40 60	267,7	495,0	285,2	471,4	483,2	2,07	12,12	0,0023	2,59	13,01	0,0029	0,0026
AC 30	50 60	252,1	479,2	281,6	468,2	473,7	1,94	11,39	0,0022	2,55	12,84	0,0029	0,0025
AC 30	60 60	242,7	469,2	279,1	466,0	467,6	1,87	10,95	0,0021	2,53	12,72	0,0028	0,0024
AC 32	40 40	295,8	534,2	336,4	526,0	530,1	2,13	12,47	0,0022	2,85	14,32	0,0030	0,0026
AC 32	40 50	289,9	528,0	329,3	519,8	523,9	2,08	12,21	0,0022	2,79	14,01	0,0029	0,0025
AC 32	50 50	271,7	509,4	309,7	502,8	506,1	1,95	11,42	0,0020	2,61	13,14	0,0027	0,0024
AC 32	40 60	285,0	522,8	301,9	496,0	509,4	2,05	12,00	0,0021	2,55	12,80	0,0027	0,0024
AC 32	50 60	267,6	505,2	297,6	492,4	498,8	1,92	11,25	0,0020	2,51	12,61	0,0026	0,0023
AC 32	60 60	256,7	494,0	294,6	489,6	491,8	1,84	10,78	0,0019	2,48	12,48	0,0026	0,0022
AC 34	40 40	313,5	562,8	357,1	554,2	558,5	2,11	12,35	0,0021	2,82	14,20	0,0028	0,0024

Série AD

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	px	xy	Asy	py	ρ
AD	20 40 40	208,1	395,8	252,5	389,6	392,7	2,42	15,20	0,0041	3,79	19,08	0,0064	0,0051
AD	20 40 50	204,8	392,6	244,4	383,2	387,9	2,38	14,94	0,0040	3,66	18,40	0,0061	0,0049
AD	20 50 50	197,1	384,8	242,5	381,6	383,2	2,28	14,35	0,0038	3,63	18,25	0,0061	0,0048
AD	20 40 60	202,4	390,2	240,3	379,8	385,0	2,35	14,76	0,0039	3,59	18,06	0,0060	0,0049
AD	20 50 60	195,7	383,4	239,2	379,0	381,2	2,27	14,24	0,0038	3,58	17,97	0,0060	0,0048
AD	20 60 60	192,4	380,0	238,4	378,4	379,2	2,23	13,99	0,0037	3,56	17,91	0,0060	0,0047
AD	22 40 40	225,4	424,4	272,5	416,8	420,6	2,33	14,66	0,0036	3,63	18,23	0,0055	0,0044
AD	22 40 50	221,4	420,2	261,9	408,2	414,2	2,29	14,39	0,0035	3,47	17,46	0,0053	0,0043
AD	22 50 50	211,6	410,4	259,4	406,2	408,3	2,18	13,72	0,0033	3,44	17,28	0,0052	0,0042
AD	22 40 60	218,4	417,2	256,4	403,8	410,5	2,26	14,18	0,0034	3,39	17,07	0,0052	0,0042
AD	22 50 60	209,7	408,6	254,9	402,6	405,6	2,16	13,59	0,0033	3,37	16,96	0,0051	0,0041
AD	22 60 60	205,2	404,0	253,8	401,8	402,9	2,11	13,28	0,0032	3,36	16,88	0,0051	0,0041
AD	24 40 40	243,4	453,6	293,3	444,6	449,1	2,27	14,27	0,0032	3,51	17,62	0,0049	0,0039
AD	24 40 50	238,6	448,8	280,1	433,8	441,3	2,22	13,98	0,0031	3,34	16,77	0,0047	0,0038
AD	24 50 50	226,7	436,6	276,9	431,2	433,9	2,11	13,25	0,0029	3,30	16,57	0,0046	0,0037
AD	24 40 60	235,1	445,0	273,0	428,2	436,6	2,19	13,76	0,0031	3,25	16,32	0,0045	0,0037
AD	24 50 60	224,3	434,2	271,0	426,6	430,4	2,09	13,11	0,0029	3,22	16,19	0,0045	0,0036
AD	24 60 60	218,5	428,4	269,6	425,4	426,9	2,03	12,75	0,0028	3,20	16,10	0,0045	0,0036
AD	26 40 40	261,9	483,4	315,0	473,0	478,2	2,23	13,99	0,0029	3,42	17,19	0,0044	0,0036
AD	26 40 50	256,6	477,8	299,0	460,2	469,0	2,18	13,69	0,0028	3,23	16,26	0,0042	0,0034
AD	26 50 50	242,4	463,6	295,1	457,0	460,3	2,05	12,91	0,0026	3,19	16,03	0,0041	0,0033
AD	26 40 60	252,5	473,6	290,2	453,0	463,3	2,14	13,47	0,0028	3,13	15,75	0,0040	0,0033
AD	26 50 60	239,5	460,6	287,6	450,8	455,7	2,03	12,75	0,0026	3,10	15,60	0,0040	0,0032
AD	26 60 60	232,2	453,2	285,8	449,4	451,3	1,96	12,34	0,0025	3,08	15,50	0,0040	0,0032
AD	28 40 40	280,8	513,6	337,5	502,0	507,8	2,19	13,77	0,0026	3,36	16,87	0,0040	0,0032
AD	28 40 50	275,0	507,6	318,7	487,0	497,3	2,14	13,48	0,0026	3,16	15,88	0,0038	0,0031
AD	28 50 50	258,7	491,0	314,0	483,0	487,0	2,01	12,65	0,0024	3,11	15,63	0,0037	0,0030
AD	28 40 60	270,4	502,8	307,9	478,2	490,5	2,11	13,24	0,0025	3,05	15,31	0,0036	0,0030
AD	28 50 60	255,3	487,4	304,6	475,6	481,5	1,99	12,48	0,0024	3,01	15,14	0,0036	0,0029
AD	28 60 60	246,4	478,6	302,4	473,8	476,2	1,91	12,03	0,0023	2,99	15,02	0,0036	0,0029
AD	30 40 40	299,8	544,0	360,5	531,6	537,8	2,16	13,59	0,0024	3,31	16,63	0,0037	0,0030
AD	30 40 50	293,7	537,6	339,1	514,4	526,0	2,12	13,31	0,0024	3,10	15,59	0,0035	0,0029
AD	30 50 50	275,6	519,2	333,5	509,8	514,5	1,98	12,46	0,0022	3,05	15,32	0,0034	0,0027
AD	30 40 60	288,7	532,4	326,2	504,0	518,2	2,08	13,07	0,0023	2,98	14,97	0,0033	0,0028
AD	30 50 60	271,6	515,0	322,3	500,8	507,9	1,95	12,27	0,0022	2,94	14,78	0,0033	0,0027
AD	30 60 60	261,1	504,4	319,5	498,4	501,4	1,88	11,79	0,0021	2,91	14,65	0,0033	0,0026
AD	32 40 40	318,8	574,4	383,9	561,6	568,0	2,14	13,44	0,0022	3,27	16,44	0,0034	0,0028
AD	32 40 50	312,6	567,8	360,2	542,4	555,1	2,10	13,17	0,0022	3,06	15,38	0,0032	0,0027
AD	32 50 50	292,9	547,6	353,8	537,2	542,4	1,96	12,32	0,0021	3,00	15,10	0,0031	0,0025
AD	32 40 60	307,3	562,2	345,2	530,4	546,3	2,06	12,94	0,0022	2,93	14,71	0,0031	0,0026
AD	32 50 60	288,4	543,0	340,5	526,4	534,7	1,93	12,12	0,0020	2,89	14,50	0,0030	0,0025
AD	32 60 60	276,2	530,6	337,1	523,8	527,2	1,85	11,60	0,0019	2,86	14,35	0,0030	0,0024
AD	34 40 40	337,8	605,0	407,7	591,8	598,4	2,12	13,31	0,0021	3,24	16,30	0,0032	0,0026
AD	34 40 50	331,5	598,2	381,9	571,0	584,6	2,08	13,05	0,0020	3,03	15,23	0,0030	0,0025
AD	34 50 50	310,5	576,6	374,6	565,0	570,8	1,94	12,20	0,0019	2,97	14,92	0,0029	0,0024
AD	34 40 60	326,1	592,4	364,7	557,0	574,7	2,04	12,83	0,0020	2,89	14,51	0,0028	0,0024
AD	34 50 60	305,6	571,4	359,2	552,6	562,0	1,91	12,01	0,0019	2,84	14,28	0,0028	0,0023
AD	34 60 60	291,8	557,4	355,3	549,4	553,4	1,82	11,45	0,0018	2,81	14,12	0,0028	0,0022
AD	36 40 40	356,6	634,3	424,6	616,4	625,4	2,10	13,18	0,0020	3,16	15,91	0,0029	0,0024
AD	38 40 40	375,0	665,8	448,8	647,0	656,4	2,08	13,06	0,0018	3,15	15,83	0,0028	0,0023

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série AE

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ		
AE	22	40	40	240,0	450,8	300,1	431,2	441,0	2,49	15,66	0,0038	3,69	20,11	0,0056	0,0046
AE	22	40	50	235,6	446,2	288,9	422,8	434,5	2,44	15,36	0,0037	3,54	19,29	0,0054	0,0045
AE	22	50	50	224,8	435,4	286,3	420,8	428,1	2,33	14,62	0,0035	3,51	19,10	0,0053	0,0044
AE	22	40	60	232,3	443,0	283,2	418,4	430,7	2,41	15,13	0,0037	3,47	18,88	0,0053	0,0044
AE	22	50	60	222,7	433,2	281,6	417,2	425,2	2,30	14,47	0,0035	3,45	18,76	0,0052	0,0043
AE	22	60	60	217,8	428,2	280,5	416,4	422,3	2,25	14,14	0,0034	3,43	18,68	0,0052	0,0042
AE	24	40	40	261,1	485,4	332,2	473,0	479,2	2,28	15,32	0,0032	4,01	20,16	0,0056	0,0042
AE	24	40	50	256,0	480,0	317,6	462,0	471,0	2,24	15,00	0,0031	3,82	19,20	0,0053	0,0041
AE	24	50	50	242,8	466,8	314,2	459,4	463,1	2,12	14,20	0,0030	3,78	18,98	0,0053	0,0039
AE	24	40	60	252,1	476,0	310,0	456,1	466,1	2,20	14,76	0,0031	3,72	18,71	0,0052	0,0040
AE	24	50	60	240,1	464,0	307,8	454,6	459,3	2,09	14,03	0,0029	3,69	18,56	0,0052	0,0039
AE	24	60	60	233,6	457,4	306,3	453,4	455,4	2,03	13,64	0,0028	3,67	18,46	0,0051	0,0038
AE	26	40	40	281,0	517,4	356,6	503,0	510,2	2,24	15,01	0,0029	3,90	19,63	0,0050	0,0038
AE	26	40	50	275,3	511,4	339,0	489,8	500,6	2,19	14,69	0,0028	3,70	18,59	0,0048	0,0037
AE	26	50	50	259,8	495,6	334,6	486,6	491,1	2,06	13,84	0,0027	3,65	18,33	0,0047	0,0035
AE	26	40	60	270,8	506,8	329,3	482,6	494,7	2,15	14,44	0,0028	3,58	18,02	0,0046	0,0036
AE	26	50	60	256,5	492,2	326,5	480,4	486,3	2,04	13,65	0,0026	3,55	17,86	0,0046	0,0035
AE	26	60	60	248,4	484,2	324,5	478,8	481,5	1,97	13,21	0,0025	3,53	17,74	0,0045	0,0034
AE	28	40	40	301,3	549,6	381,9	533,8	541,7	2,20	14,78	0,0026	3,83	19,24	0,0046	0,0035
AE	28	40	50	295,1	543,2	361,1	518,2	530,7	2,16	14,46	0,0026	3,61	18,12	0,0043	0,0033
AE	28	50	50	277,4	525,2	355,9	514,2	519,7	2,02	13,57	0,0024	3,55	17,85	0,0042	0,0032
AE	28	40	60	290,1	538,0	349,3	509,2	523,6	2,12	14,21	0,0025	3,48	17,50	0,0042	0,0033
AE	28	50	60	273,6	521,2	345,7	506,6	513,9	2,00	13,37	0,0024	3,44	17,30	0,0041	0,0031
AE	28	60	60	263,8	511,4	343,3	504,8	508,1	1,92	12,88	0,0023	3,42	17,18	0,0041	0,0031
AE	30	40	40	321,6	582,2	407,8	565,2	573,7	2,18	14,58	0,0024	3,77	18,94	0,0042	0,0032
AE	30	40	50	315,1	575,4	384,1	547,4	561,4	2,13	14,28	0,0024	3,54	17,78	0,0040	0,0031
AE	30	50	50	295,5	555,4	377,9	542,6	549,0	1,99	13,36	0,0022	3,48	17,48	0,0039	0,0029
AE	30	40	60	309,8	569,8	369,9	536,6	553,2	2,09	14,03	0,0023	3,40	17,09	0,0038	0,0030
AE	30	50	60	291,2	550,8	365,6	533,4	542,1	1,96	13,16	0,0022	3,36	16,88	0,0038	0,0029
AE	30	60	60	279,6	539,0	362,6	531,0	535,0	1,88	12,62	0,0021	3,33	16,73	0,0037	0,0028
AE	32	40	40	342,0	614,8	434,4	597,2	606,0	2,15	14,42	0,0023	3,73	18,73	0,0039	0,0030
AE	32	40	50	335,4	607,6	407,9	577,0	592,3	2,11	14,13	0,0022	3,49	17,52	0,0037	0,0028
AE	32	50	50	314,2	586,0	400,7	571,6	578,8	1,97	13,21	0,0021	3,42	17,20	0,0036	0,0027
AE	32	40	60	329,8	601,8	391,3	564,6	583,2	2,07	13,89	0,0022	3,34	16,78	0,0035	0,0028
AE	32	50	60	309,3	581,0	386,1	560,6	570,8	1,94	13,00	0,0020	3,29	16,54	0,0034	0,0026
AE	32	60	60	295,9	567,4	382,5	557,8	562,6	1,85	12,42	0,0019	3,26	16,38	0,0034	0,0026
AE	34	40	40	362,2	647,4	461,3	629,2	638,3	2,13	14,27	0,0021	3,69	18,55	0,0036	0,0028
AE	34	40	50	355,6	640,2	432,3	607,2	623,7	2,09	14,00	0,0021	3,45	17,33	0,0034	0,0026
AE	34	50	50	333,2	617,2	424,2	601,0	609,1	1,95	13,10	0,0019	3,38	16,99	0,0033	0,0025
AE	34	40	60	349,9	634,2	413,3	592,8	613,5	2,05	13,77	0,0020	3,29	16,53	0,0032	0,0026
AE	34	50	60	327,8	611,6	407,2	588,2	599,9	1,92	12,88	0,0019	3,24	16,28	0,0032	0,0025
AE	34	60	60	312,7	596,2	402,9	585,0	590,6	1,83	12,27	0,0018	3,20	16,10	0,0032	0,0024
AE	36	40	40	382,1	679,8	488,5	661,6	670,7	2,11	14,13	0,0020	3,66	18,41	0,0034	0,0026
AE	36	40	50	375,7	672,6	457,3	638,0	655,3	2,07	13,89	0,0019	3,42	17,18	0,0032	0,0025
AE	38	40	40	401,7	712,0	515,7	694,0	703,0	2,09	13,99	0,0018	3,64	18,29	0,0032	0,0024
AE	38	40	50	395,6	705,0	482,7	669,0	687,0	2,06	13,77	0,0018	3,40	17,07	0,0030	0,0023
AE	40	40	40	420,9	744,0	543,0	726,6	735,3	2,07	13,86	0,0017	3,62	18,19	0,0030	0,0023
AE	42	40	40	439,7	775,8	570,1	759,0	767,4	2,05	13,73	0,0016	3,60	18,09	0,0029	0,0022

Série BC

Laje				Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρx	xy	Asy	ρy	ρ
BC	20	40	40	225,5	398,0	240,5	396,0	397,0	2,84	16,64	0,0048	3,30	17,95	0,0055	0,0051
BC	20	40	50	222,2	395,0	237,3	388,6	391,8	2,79	16,38	0,0047	3,25	17,69	0,0054	0,0050
BC	20	50	50	214,7	388,0	230,0	386,8	387,4	2,69	15,79	0,0045	3,14	17,10	0,0053	0,0049
BC	20	40	60	219,8	392,6	227,6	384,8	388,7	2,76	16,19	0,0046	3,10	16,90	0,0052	0,0049
BC	20	50	60	213,3	386,6	226,4	383,8	385,2	2,67	15,68	0,0045	3,09	16,81	0,0052	0,0048
BC	20	60	60	210,1	383,6	225,6	383,0	383,3	2,63	15,42	0,0044	3,07	16,74	0,0052	0,0048
BC	22	40	40	244,0	426,4	259,9	423,8	425,1	2,73	16,01	0,0042	3,16	17,21	0,0048	0,0045
BC	22	40	50	239,9	422,4	248,8	414,2	418,3	2,68	15,72	0,0041	3,02	16,42	0,0046	0,0043
BC	22	50	50	230,1	413,4	246,3	412,0	412,7	2,56	15,04	0,0039	2,98	16,25	0,0045	0,0042
BC	22	40	60	236,8	419,6	243,1	409,2	414,4	2,64	15,50	0,0040	2,94	16,02	0,0045	0,0042
BC	22	50	60	228,3	411,6	241,4	407,8	409,7	2,54	14,92	0,0039	2,92	15,90	0,0044	0,0042
BC	22	60	60	223,9	407,6	240,3	406,8	407,2	2,49	14,61	0,0038	2,91	15,82	0,0044	0,0041
BC	24	40	40	263,3	455,4	280,1	452,4	453,9	2,65	15,56	0,0037	3,06	16,68	0,0043	0,0040
BC	24	40	50	258,4	450,8	266,5	440,6	445,7	2,60	15,25	0,0036	2,91	15,82	0,0041	0,0038
BC	24	50	50	246,3	439,6	263,2	437,8	438,7	2,47	14,50	0,0035	2,87	15,62	0,0040	0,0037
BC	24	40	60	254,7	447,4	259,1	434,2	440,8	2,56	15,02	0,0036	2,82	15,36	0,0039	0,0038
BC	24	50	60	243,9	437,2	256,9	432,4	434,8	2,45	14,35	0,0034	2,79	15,22	0,0039	0,0037
BC	24	60	60	238,2	432,0	255,4	431,0	431,5	2,39	14,00	0,0033	2,78	15,13	0,0039	0,0036
BC	26	40	40	283,2	485,2	301,1	481,6	483,4	2,60	15,22	0,0033	2,99	16,30	0,0039	0,0036
BC	26	40	50	277,6	479,8	284,9	467,6	473,7	2,54	14,91	0,0033	2,82	15,38	0,0036	0,0035
BC	26	50	50	263,1	466,2	280,8	464,0	465,1	2,40	14,10	0,0031	2,78	15,15	0,0036	0,0033
BC	26	40	60	273,3	475,8	275,6	459,6	467,7	2,50	14,67	0,0032	2,73	14,85	0,0035	0,0034
BC	26	50	60	260,1	463,4	272,9	457,2	460,3	2,37	13,93	0,0031	2,70	14,70	0,0035	0,0033
BC	26	60	60	252,9	456,8	271,0	455,4	456,1	2,31	13,53	0,0030	2,68	14,59	0,0035	0,0032
BC	28	40	40	303,6	515,4	322,7	511,4	513,4	2,55	14,98	0,0031	2,94	16,02	0,0035	0,0033
BC	28	40	50	297,4	509,4	304,0	495,2	502,3	2,50	14,66	0,0030	2,76	15,05	0,0033	0,0031
BC	28	50	50	280,5	493,6	299,1	491,0	492,3	2,35	13,79	0,0028	2,72	14,79	0,0033	0,0030
BC	28	40	60	292,5	504,8	292,7	485,6	495,2	2,46	14,41	0,0029	2,66	14,46	0,0032	0,0031
BC	28	50	60	276,9	490,2	289,4	482,6	486,4	2,32	13,61	0,0028	2,62	14,29	0,0031	0,0030
BC	28	60	60	268,1	482,0	287,0	480,4	481,2	2,24	13,16	0,0027	2,60	14,17	0,0031	0,0029
BC	30	40	40	324,4	545,8	344,8	541,8	543,8	2,52	14,79	0,0028	2,90	15,81	0,0032	0,0030
BC	30	40	50	317,6	539,4	323,7	523,4	531,4	2,47	14,46	0,0028	2,72	14,80	0,0030	0,0029
BC	30	50	50	298,5	521,6	318,1	518,4	520,0	2,31	13,56	0,0026	2,67	14,53	0,0030	0,0028
BC	30	40	60	312,2	534,2	310,5	512,0	523,1	2,42	14,21	0,0027	2,60	14,17	0,0029	0,0028
BC	30	50	60	294,4	517,6	306,4	508,4	513,0	2,28	13,37	0,0025	2,57	13,98	0,0029	0,0027
BC	30	60	60	283,8	507,8	303,5	505,8	506,8	2,19	12,87	0,0025	2,54	13,84	0,0028	0,0026
BC	32	40	40	345,2	576,6	367,2	572,4	574,5	2,49	14,62	0,0026	2,87	15,64	0,0030	0,0028
BC	32	40	50	338,2	569,8	344,1	552,2	561,0	2,44	14,32	0,0026	2,68	14,62	0,0028	0,0027
BC	32	50	50	317,1	550,0	337,7	546,6	548,3	2,28	13,39	0,0024	2,63	14,33	0,0028	0,0026
BC	32	40	60	332,4	564,2	328,8	539,0	551,6	2,40	14,06	0,0025	2,56	13,94	0,0027	0,0026
BC	32	50	60	312,4	545,6	324,0	534,8	540,2	2,25	13,19	0,0024	2,52	13,73	0,0026	0,0025
BC	32	60	60	300,0	534,0	320,6	531,8	532,9	2,16	12,65	0,0023	2,49	13,58	0,0026	0,0024
BC	34	40	40	366,2	607,6	389,7	603,0	605,3	2,47	14,49	0,0024	2,85	15,50	0,0028	0,0026
BC	34	40	50	358,9	600,4	364,9	581,4	590,9	2,42	14,19	0,0024	2,66	14,48	0,0026	0,0025
BC	34	50	50	336,2	579,0	357,7	575,0	577,0	2,26	13,27	0,0022	2,60	14,18	0,0026	0,0024
BC	34	40	60	352,9	594,6	347,7	566,4	580,5	2,38	13,95	0,0023	2,53	13,77	0,0025	0,0024
BC	34	50	60	330,9	574,0	342,1	561,6	567,8	2,23	13,05	0,0022	2,49	13,54	0,0025	0,0023
BC	34	60	60	316,7	560,8	338,1	558,0	559,4	2,13	12,48	0,0021	2,46	13,38	0,0024	0,0023
BC	36	40	40	387,0	638,4	412,2	633,8	636,1	2,45	14,37	0,0023	2,82	15,38	0,0026	0,0024
BC	38	40	40	407,6	669,0	434,7	664,6	666,8	2,43	14,25	0,0021	2,80	15,27	0,0025	0,0023
BC	40	40	40	428,0	699,6	457,0	695,4	697,5	2,41	14,15	0,0020	2,78	15,17	0,0023	0,0022

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série BD

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	α_x	Asx	ρ_x	α_y	Asy	ρ_y	ρ		
BD	22	40	40	262,9	458,2	296,9	452,8	455,5	2,75	17,25	0,0042	3,65	19,87	0,0056	0,0048
BD	22	40	50	258,3	453,8	284,8	443,0	448,4	2,69	16,93	0,0041	3,49	18,99	0,0053	0,0047
BD	22	50	50	247,4	443,8	281,9	440,8	442,3	2,57	16,17	0,0039	3,45	18,79	0,0053	0,0045
BD	22	40	60	255,0	450,8	278,5	438,0	444,4	2,66	16,70	0,0040	3,40	18,54	0,0052	0,0046
BD	22	50	60	245,3	441,8	276,7	436,6	439,2	2,55	16,03	0,0039	3,38	18,41	0,0051	0,0045
BD	22	60	60	240,4	437,2	275,5	435,6	436,4	2,50	15,69	0,0038	3,36	18,32	0,0051	0,0044
BD	24	40	40	283,8	489,6	319,9	483,2	486,4	2,67	16,77	0,0037	3,53	19,23	0,0049	0,0043
BD	24	40	50	278,4	484,4	304,8	471,2	477,8	2,62	16,44	0,0037	3,35	18,26	0,0047	0,0041
BD	24	50	50	264,9	471,8	301,2	468,2	470,0	2,48	15,60	0,0035	3,31	18,03	0,0046	0,0040
BD	24	40	60	274,3	480,6	296,7	464,6	472,6	2,57	16,18	0,0036	3,26	17,74	0,0045	0,0040
BD	24	50	60	262,2	469,4	294,3	462,6	466,0	2,46	15,43	0,0034	3,23	17,59	0,0045	0,0039
BD	24	60	60	255,8	463,4	292,7	461,4	462,4	2,39	15,04	0,0033	3,21	17,48	0,0045	0,0039
BD	26	40	40	305,4	521,6	343,7	514,4	518,0	2,61	16,42	0,0034	3,44	18,76	0,0044	0,0039
BD	26	40	50	299,2	515,8	325,6	499,8	507,8	2,56	16,07	0,0033	3,25	17,71	0,0042	0,0037
BD	26	50	50	283,1	500,8	321,1	496,2	498,5	2,41	15,17	0,0031	3,20	17,45	0,0041	0,0036
BD	26	40	60	294,5	511,4	315,5	491,6	501,5	2,52	15,81	0,0032	3,15	17,13	0,0041	0,0036
BD	26	50	60	279,8	497,6	312,5	489,2	493,4	2,38	14,99	0,0031	3,11	16,96	0,0040	0,0035
BD	26	60	60	271,8	490,2	310,4	487,4	488,8	2,31	14,54	0,0030	3,09	16,84	0,0040	0,0034
BD	28	40	40	327,5	554,2	368,3	546,2	550,2	2,57	16,16	0,0031	3,38	18,42	0,0040	0,0035
BD	28	40	50	320,7	547,8	347,3	529,2	538,5	2,52	15,81	0,0030	3,18	17,31	0,0038	0,0034
BD	28	50	50	302,1	530,4	341,9	524,8	527,6	2,36	14,86	0,0028	3,13	17,02	0,0037	0,0033
BD	28	40	60	315,3	542,6	334,9	519,2	530,9	2,47	15,53	0,0030	3,06	16,66	0,0037	0,0033
BD	28	50	60	298,1	526,6	331,2	516,2	521,4	2,33	14,65	0,0028	3,02	16,46	0,0036	0,0032
BD	28	60	60	288,3	517,4	328,6	514,0	515,7	2,25	14,15	0,0027	3,00	16,33	0,0036	0,0031
BD	30	40	40	349,8	587,0	393,5	578,4	582,7	2,54	15,95	0,0028	3,33	18,16	0,0037	0,0032
BD	30	40	50	342,5	580,2	369,8	559,2	569,7	2,48	15,60	0,0028	3,12	17,01	0,0035	0,0031
BD	30	50	50	321,7	560,6	363,4	554,0	557,3	2,33	14,62	0,0026	3,07	16,70	0,0034	0,0030
BD	30	40	60	336,7	574,6	355,1	547,4	561,0	2,44	15,33	0,0027	2,99	16,30	0,0033	0,0030
BD	30	50	60	317,1	556,2	350,6	543,8	550,0	2,29	14,40	0,0026	2,95	16,09	0,0033	0,0029
BD	30	60	60	305,3	545,2	347,4	541,2	543,2	2,20	13,85	0,0025	2,93	15,93	0,0033	0,0028
BD	32	40	40	372,2	620,0	419,2	611,2	615,6	2,51	15,77	0,0026	3,30	17,96	0,0035	0,0030
BD	32	40	50	364,7	612,8	392,9	590,0	601,4	2,46	15,44	0,0026	3,08	16,78	0,0032	0,0029
BD	32	50	50	341,8	591,2	385,7	584,0	587,6	2,30	14,44	0,0024	3,02	16,46	0,0032	0,0028
BD	32	40	60	358,5	606,8	375,9	576,2	591,5	2,41	15,17	0,0025	2,94	16,03	0,0031	0,0028
BD	34	40	40	394,7	653,2	445,0	644,0	648,6	2,49	15,62	0,0025	3,27	17,80	0,0032	0,0028
BD	34	40	50	387,0	645,6	416,6	621,0	633,3	2,44	15,31	0,0024	3,05	16,61	0,0030	0,0027
BD	34	50	50	362,4	622,6	408,5	614,4	618,5	2,28	14,31	0,0022	2,99	16,28	0,0029	0,0026
BD	34	40	60	380,5	639,4	397,4	605,4	622,4	2,39	15,04	0,0024	2,90	15,82	0,0029	0,0026
BD	36	40	40	416,9	686,2	470,9	677,0	681,6	2,46	15,48	0,0023	3,24	17,66	0,0030	0,0026
BD	36	40	50	409,3	678,6	440,9	652,6	665,6	2,42	15,19	0,0023	3,03	16,49	0,0028	0,0025
BD	36	50	50	383,4	654,2	432,0	645,2	649,7	2,26	14,20	0,0021	2,96	16,14	0,0028	0,0024
BD	36	40	60	402,7	672,2	419,4	635,2	653,7	2,38	14,94	0,0022	2,87	15,65	0,0027	0,0024
BD	38	40	40	439,0	719,2	496,9	710,0	714,6	2,44	15,35	0,0022	3,22	17,54	0,0028	0,0025
BD	38	40	50	431,5	711,6	465,5	684,4	698,0	2,40	15,09	0,0021	3,01	16,39	0,0027	0,0024
BD	40	40	40	460,7	751,8	522,6	743,0	747,4	2,42	15,23	0,0020	3,20	17,42	0,0027	0,0023
BD	40	40	50	453,5	744,4	490,3	716,6	730,5	2,38	14,98	0,0020	2,99	16,31	0,0025	0,0022
BD	42	40	40	481,7	783,8	548,2	775,8	779,8	2,40	15,09	0,0019	3,18	17,32	0,0025	0,0022
BD	44	40	40	503,0	816,8	573,5	808,6	812,7	2,38	14,98	0,0018	3,16	17,21	0,0024	0,0021

Série BE

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρx	xy	Asy	ρy	ρ
BE	26 40 40	327,7	558,2	389,0	547,0	552,6	2,63	17,63	0,0034	3,93	21,42	0,0051	0,0041
BE	26 40 50	321,0	552,0	369,1	532,0	542,0	2,57	17,25	0,0033	3,72	20,25	0,0048	0,0040
BE	26 50 50	303,4	535,4	364,1	528,2	531,8	2,43	16,26	0,0031	3,66	19,95	0,0047	0,0038
BE	26 40 60	315,9	547,0	358,0	523,6	535,3	2,53	16,96	0,0033	3,60	19,60	0,0046	0,0039
BE	26 50 60	299,7	532,0	354,7	521,2	526,6	2,40	16,05	0,0031	3,56	19,40	0,0046	0,0038
BE	26 60 60	290,7	523,6	352,4	519,4	521,5	2,32	15,55	0,0030	3,54	19,27	0,0046	0,0037
BE	28 40 40	351,4	593,2	416,8	580,8	587,0	2,59	17,34	0,0031	3,86	21,01	0,0046	0,0038
BE	28 40 50	344,1	586,2	393,5	563,2	574,7	2,53	16,97	0,0030	3,63	19,76	0,0043	0,0036
BE	28 50 50	323,8	567,2	387,5	558,3	562,8	2,38	15,93	0,0028	3,57	19,44	0,0043	0,0035
BE	28 40 60	338,3	580,8	379,9	553,0	566,9	2,49	16,67	0,0030	3,49	19,03	0,0042	0,0035
BE	28 50 60	319,5	563,2	375,9	549,8	556,5	2,34	15,71	0,0028	3,46	18,82	0,0041	0,0034
BE	28 60 60	308,5	552,8	373,0	547,6	550,2	2,26	15,15	0,0027	3,43	18,67	0,0041	0,0033
BE	30 40 40	375,3	628,4	445,3	615,0	621,7	2,55	17,11	0,0029	3,80	20,70	0,0042	0,0035
BE	30 40 50	367,6	620,8	418,8	595,0	607,9	2,50	16,75	0,0028	3,56	19,39	0,0040	0,0033
BE	30 50 50	344,9	599,6	411,7	589,6	594,6	2,34	15,68	0,0026	3,50	19,05	0,0039	0,0032
BE	30 40 60	361,3	614,8	402,7	582,8	598,8	2,45	16,45	0,0027	3,42	18,61	0,0038	0,0032
BE	30 50 60	339,9	594,8	397,7	579,0	586,9	2,30	15,44	0,0026	3,37	18,36	0,0038	0,0031
BE	30 60 60	326,8	582,6	394,2	576,4	579,5	2,21	14,83	0,0025	3,34	18,19	0,0037	0,0030
BE	32 40 40	399,3	663,6	474,3	649,8	656,7	2,52	16,92	0,0026	3,76	20,46	0,0039	0,0032
BE	32 40 50	391,3	655,8	444,9	627,4	641,6	2,47	16,57	0,0026	3,51	19,12	0,0037	0,0031
BE	32 50 50	366,6	632,6	436,8	621,2	626,9	2,31	15,49	0,0024	3,44	18,75	0,0036	0,0030
BE	32 40 60	384,7	649,4	426,1	613,2	631,3	2,43	16,28	0,0025	3,36	18,27	0,0035	0,0030
BE	32 50 60	360,9	627,2	420,2	608,8	618,0	2,27	15,24	0,0024	3,31	18,01	0,0035	0,0029
BE	32 60 60	345,8	613,0	416,0	605,6	609,3	2,18	14,58	0,0023	3,27	17,82	0,0034	0,0028
BE	34 40 40	423,3	699,0	503,6	684,6	691,8	2,50	16,76	0,0025	3,72	20,26	0,0037	0,0030
BE	34 40 50	415,2	691,0	471,6	660,4	675,7	2,45	16,43	0,0024	3,47	18,91	0,0034	0,0029
BE	34 50 50	388,8	666,2	462,6	653,4	659,8	2,29	15,35	0,0023	3,40	18,53	0,0034	0,0028
BE	34 40 60	408,4	684,4	450,2	644,2	664,3	2,41	16,15	0,0024	3,31	18,01	0,0033	0,0028
BE	34 50 60	382,6	660,2	443,4	639,0	649,6	2,25	15,10	0,0022	3,26	17,73	0,0032	0,0027
BE	36 40 40	447,0	734,2	533,1	719,8	727,0	2,48	16,60	0,0023	3,69	20,10	0,0034	0,0028
BE	36 40 50	439,0	726,2	499,0	694,0	710,1	2,43	16,30	0,0023	3,44	18,76	0,0032	0,0027
BE	36 50 50	411,4	700,2	489,0	686,2	693,2	2,27	15,24	0,0021	3,37	18,37	0,0031	0,0026
BE	36 40 60	432,1	719,4	475,1	675,8	697,6	2,39	16,03	0,0022	3,27	17,82	0,0030	0,0026
BE	36 50 60	404,6	693,6	467,3	669,8	681,7	2,24	14,98	0,0021	3,22	17,52	0,0030	0,0025
BE	38 40 40	470,4	769,4	562,7	755,0	762,2	2,45	16,46	0,0022	3,67	19,96	0,0032	0,0026
BE	38 40 50	462,6	761,4	527,0	727,8	744,6	2,41	16,17	0,0021	3,42	18,64	0,0030	0,0025
BE	38 50 50	434,2	734,4	516,1	719,4	726,9	2,26	15,16	0,0020	3,35	18,24	0,0030	0,0024
BE	38 40 60	455,8	754,6	500,6	707,8	731,2	2,38	15,93	0,0021	3,25	17,67	0,0029	0,0024
BE	40 40 40	493,4	804,2	592,2	790,2	797,2	2,43	16,31	0,0020	3,64	19,84	0,0031	0,0025
BE	40 40 50	486,1	796,4	555,2	762,0	779,2	2,40	16,06	0,0020	3,41	18,55	0,0029	0,0024
BE	40 50 50	457,1	768,8	543,6	753,0	760,9	2,25	15,08	0,0019	3,33	18,15	0,0028	0,0023
BE	40 40 60	479,3	789,6	526,7	740,1	764,9	2,36	15,83	0,0020	3,23	17,56	0,0027	0,0023
BE	42 40 40	516,0	838,8	621,5	825,4	832,1	2,41	16,17	0,0019	3,62	19,72	0,0029	0,0024
BE	42 40 50	509,2	831,4	583,7	796,4	813,9	2,38	15,95	0,0019	3,39	18,48	0,0027	0,0023
BE	44 40 40	538,2	873,2	650,6	860,4	866,8	2,39	16,03	0,0018	3,60	19,61	0,0027	0,0022
BE	44 40 50	532,0	866,0	612,4	831,0	848,5	2,36	15,84	0,0018	3,38	18,42	0,0026	0,0022
BE	46 40 40	559,8	907,2	679,4	895,4	901,3	2,37	15,89	0,0017	3,58	19,50	0,0026	0,0021
BE	48 40 40	584,0	940,8	707,7	930,0	935,4	2,36	15,83	0,0016	3,56	19,39	0,0025	0,0020

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série CD

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	px	xy	Asy	py	ρ
CD 26 40 40	360,6	573,4	372,7	556,0	564,7	3,11	19,57	0,0040	3,47	20,35	0,0045	0,0042	
CD 26 40 50	353,3	567,0	352,5	539,8	553,4	3,05	19,15	0,0039	3,27	19,18	0,0042	0,0041	
CD 26 50 50	334,9	551,0	347,4	535,6	543,3	2,88	18,10	0,0037	3,22	18,89	0,0042	0,0039	
CD 26 40 60	347,8	562,2	341,0	530,4	546,3	3,00	18,83	0,0039	3,16	18,52	0,0041	0,0040	
CD 26 50 60	331,0	547,8	337,5	527,6	537,7	2,84	17,87	0,0037	3,12	18,32	0,0040	0,0038	
CD 26 60 60	322,0	539,8	335,2	525,8	532,8	2,76	17,36	0,0036	3,10	18,18	0,0040	0,0038	
CD 28 40 40	377,5	594,6	399,4	590,4	592,5	2,98	18,75	0,0036	3,41	19,98	0,0041	0,0038	
CD 28 40 50	369,6	587,8	376,2	571,6	579,7	2,92	18,34	0,0035	3,20	18,75	0,0038	0,0037	
CD 28 50 50	348,7	569,6	370,1	566,6	568,1	2,75	17,26	0,0033	3,14	18,43	0,0038	0,0035	
CD 28 40 60	363,5	582,4	362,2	560,4	571,4	2,87	18,02	0,0034	3,07	18,02	0,0037	0,0036	
CD 28 50 60	344,2	565,8	358,0	557,0	561,4	2,71	17,02	0,0032	3,03	17,80	0,0036	0,0034	
CD 28 60 60	333,3	556,2	355,0	554,6	555,4	2,62	16,46	0,0031	3,01	17,64	0,0036	0,0034	
CD 30 40 40	403,3	630,0	426,8	625,4	627,7	2,94	18,50	0,0033	3,36	19,70	0,0038	0,0035	
CD 30 40 50	394,9	622,4	400,7	604,2	613,3	2,88	18,10	0,0032	3,14	18,44	0,0035	0,0034	
CD 30 50 50	371,1	601,8	393,6	598,4	600,1	2,70	16,96	0,0030	3,09	18,09	0,0034	0,0032	
CD 30 40 60	388,1	616,6	384,2	591,0	603,8	2,83	17,77	0,0032	3,01	17,64	0,0034	0,0033	
CD 30 50 60	365,9	597,4	379,1	586,8	592,1	2,66	16,71	0,0030	2,97	17,40	0,0033	0,0031	
CD 30 60 60	352,8	586,0	375,5	583,8	584,9	2,56	16,09	0,0029	2,94	17,22	0,0033	0,0031	
CD 32 40 40	429,4	665,4	454,6	660,6	663,0	2,91	18,30	0,0030	3,32	19,49	0,0035	0,0033	
CD 32 40 50	420,4	657,4	425,9	637,4	647,4	2,85	17,90	0,0030	3,10	18,20	0,0032	0,0031	
CD 32 50 50	394,2	634,8	417,8	630,8	632,8	2,66	16,74	0,0028	3,04	17,84	0,0032	0,0030	
CD 32 40 60	413,2	651,0	406,9	622,2	636,6	2,80	17,58	0,0029	2,96	17,35	0,0031	0,0030	
CD 32 50 60	388,3	629,6	400,9	617,2	623,4	2,62	16,48	0,0027	2,91	17,08	0,0031	0,0029	
CD 32 60 60	372,9	616,2	396,6	613,6	614,9	2,51	15,80	0,0026	2,88	16,89	0,0030	0,0028	
CD 34 40 40	455,5	701,0	482,5	696,2	698,6	2,88	18,12	0,0028	3,29	19,30	0,0032	0,0030	
CD 34 40 50	446,3	692,8	451,8	671,2	682,0	2,82	17,74	0,0028	3,07	18,02	0,0030	0,0029	
CD 34 50 50	418,0	668,2	442,8	664,0	666,1	2,64	16,58	0,0026	3,01	17,65	0,0030	0,0028	
CD 34 40 60	438,7	686,0	430,3	654,0	670,0	2,77	17,43	0,0027	2,92	17,13	0,0029	0,0028	
CD 34 50 60	411,4	662,4	423,4	648,2	655,3	2,60	16,31	0,0026	2,87	16,84	0,0028	0,0027	
CD 36 40 40	481,5	736,8	510,5	731,8	734,3	2,86	17,97	0,0027	3,26	19,15	0,0030	0,0028	
CD 36 40 50	472,3	728,4	478,1	705,4	716,9	2,80	17,61	0,0026	3,05	17,88	0,0028	0,0027	
CD 36 50 50	442,2	702,2	468,4	697,4	699,8	2,62	16,45	0,0024	2,99	17,51	0,0028	0,0026	
CD 36 40 60	464,5	721,4	454,4	686,2	703,8	2,76	17,31	0,0026	2,89	16,96	0,0027	0,0026	
CD 36 50 60	435,0	695,6	446,5	679,8	687,7	2,57	16,18	0,0024	2,84	16,66	0,0026	0,0025	
CD 38 40 40	507,4	772,4	538,4	767,4	769,9	2,84	17,83	0,0025	3,24	19,01	0,0029	0,0027	
CD 38 40 50	498,2	763,8	504,8	740,0	751,9	2,78	17,49	0,0025	3,03	17,78	0,0027	0,0026	
CD 38 50 50	466,9	736,4	494,4	731,4	733,9	2,60	16,36	0,0023	2,97	17,40	0,0026	0,0025	
CD 38 40 60	490,3	756,6	479,0	719,0	737,8	2,74	17,21	0,0024	2,87	16,84	0,0025	0,0025	
CD 40 40 40	532,9	807,6	566,1	803,0	805,3	2,82	17,69	0,0024	3,22	18,88	0,0027	0,0025	
CD 40 40 50	524,0	799,1	531,7	774,8	787,0	2,77	17,39	0,0023	3,02	17,69	0,0025	0,0024	
CD 40 50 50	491,7	771,0	520,8	765,6	768,3	2,59	16,28	0,0022	2,95	17,32	0,0025	0,0023	
CD 40 40 60	516,1	792,0	504,1	752,2	772,1	2,72	17,12	0,0023	2,85	16,74	0,0024	0,0023	
CD 42 40 40	558,1	842,8	593,6	838,4	840,6	2,79	17,56	0,0022	3,20	18,75	0,0026	0,0024	
CD 42 40 50	549,6	834,6	558,8	809,8	822,2	2,75	17,28	0,0022	3,00	17,62	0,0024	0,0023	
CD 44 40 40	582,9	877,8	620,7	873,6	875,7	2,77	17,43	0,0021	3,18	18,63	0,0024	0,0023	
CD 44 40 50	574,9	870,0	586,0	844,8	857,4	2,73	17,18	0,0021	2,99	17,56	0,0023	0,0022	
CD 46 40 40	607,2	912,6	647,4	908,6	910,6	2,75	17,29	0,0020	3,16	18,51	0,0023	0,0021	
CD 46 40 50	599,8	905,0	613,0	879,8	892,4	2,72	17,08	0,0020	2,98	17,50	0,0022	0,0021	
CD 48 40 40	631,1	947,0	673,7	943,2	945,1	2,73	17,16	0,0019	3,13	18,39	0,0022	0,0020	
CD 50 40 40	654,5	981,2	699,7	977,8	979,5	2,71	17,03	0,0018	3,11	18,27	0,0021	0,0019	

Série CE

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	ρ_x	xy	Asy	ρ_y	ρ
CE 34	40 40	488,6	750,4	546,2	740,4	745,4	2,90	19,45	0,0029	3,75	21,98	0,0037	0,0033
CE 34	40 50	479,0	741,6	511,4	713,8	727,7	2,84	19,05	0,0028	3,50	20,51	0,0034	0,0031
CE 34	50 50	448,5	715,0	501,3	706,2	710,6	2,65	17,79	0,0026	3,43	20,09	0,0034	0,0030
CE 34	40 60	470,9	734,4	487,6	695,8	715,1	2,79	18,71	0,0028	3,33	19,52	0,0033	0,0030
CE 34	50 60	441,3	708,6	479,9	690,0	699,3	2,61	17,50	0,0026	3,27	19,19	0,0032	0,0029
CE 34	60 60	421,8	691,8	474,3	685,6	688,7	2,49	16,70	0,0025	3,23	18,96	0,0032	0,0028
CE 36	40 40	516,4	788,4	578,1	778,2	783,3	2,88	19,28	0,0027	3,72	21,81	0,0035	0,0030
CE 36	40 50	506,7	779,6	541,2	750,2	764,9	2,82	18,90	0,0026	3,47	20,35	0,0032	0,0029
CE 36	50 50	474,5	751,4	530,2	741,6	746,5	2,63	17,66	0,0025	3,40	19,92	0,0032	0,0028
CE 36	40 60	498,7	772,0	514,7	730,0	751,0	2,77	18,59	0,0026	3,29	19,31	0,0031	0,0028
CE 36	50 60	466,7	744,4	505,9	723,4	733,9	2,59	17,36	0,0024	3,23	18,97	0,0030	0,0027
CE 36	60 60	444,9	725,4	499,5	718,4	721,9	2,47	16,52	0,0023	3,19	18,72	0,0030	0,0026
CE 38	40 40	543,8	826,2	610,0	816,2	821,2	2,85	19,11	0,0025	3,69	21,65	0,0033	0,0029
CE 38	40 50	534,3	817,4	571,4	786,8	802,1	2,80	18,77	0,0025	3,45	20,22	0,0030	0,0027
CE 38	50 50	500,9	788,2	559,6	777,6	782,9	2,62	17,56	0,0023	3,37	19,79	0,0030	0,0026
CE 38	40 60	526,0	809,8	542,5	764,8	787,3	2,75	18,46	0,0024	3,27	19,16	0,0029	0,0026
CE 38	50 60	492,0	780,6	532,7	757,2	768,9	2,57	17,23	0,0023	3,21	18,80	0,0028	0,0025
CE 40	40 40	570,9	864,0	641,7	854,2	859,1	2,83	18,95	0,0024	3,67	21,50	0,0031	0,0027
CE 40	40 50	561,8	855,2	602,0	823,8	839,5	2,78	18,64	0,0023	3,43	20,12	0,0029	0,0026
CE 40	50 50	527,6	825,2	589,5	814,0	819,6	2,61	17,47	0,0022	3,36	19,69	0,0028	0,0025
CE 40	40 60	553,6	847,6	570,9	800,0	823,8	2,74	18,36	0,0023	3,25	19,04	0,0027	0,0025
CE 40	50 60	518,8	817,2	560,1	791,8	804,5	2,56	17,17	0,0021	3,18	18,67	0,0027	0,0024
CE 42	40 40	597,7	901,4	673,2	892,0	896,7	2,81	18,81	0,0022	3,64	21,37	0,0029	0,0026
CE 42	40 50	589,0	893,0	633,0	861,2	877,1	2,76	18,52	0,0022	3,42	20,04	0,0027	0,0025
CE 42	50 50	554,4	862,4	619,9	851,0	856,7	2,60	17,41	0,0021	3,34	19,61	0,0027	0,0024
CE 42	40 60	581,0	885,4	599,8	835,8	860,6	2,72	18,26	0,0022	3,23	18,96	0,0026	0,0024
CE 42	50 60	545,4	854,2	588,1	826,8	840,5	2,55	17,12	0,0020	3,17	18,57	0,0025	0,0023
CE 44	40 40	623,9	938,6	704,4	929,6	934,1	2,78	18,65	0,0021	3,62	21,24	0,0028	0,0024
CE 44	40 50	615,8	930,4	663,9	898,4	914,4	2,75	18,40	0,0021	3,41	19,97	0,0026	0,0023
CE 44	50 50	581,2	899,6	650,5	887,8	893,7	2,59	17,34	0,0020	3,33	19,56	0,0025	0,0022
CE 44	40 60	608,1	923,0	629,2	872,0	897,5	2,71	18,17	0,0021	3,22	18,89	0,0025	0,0023
CE 46	40 40	649,7	975,6	735,1	967,2	971,4	2,76	18,50	0,0020	3,60	21,10	0,0026	0,0023
CE 46	40 50	642,2	967,8	694,9	936,0	951,9	2,73	18,29	0,0020	3,39	19,91	0,0025	0,0022
CE 46	50 50	608,0	937,0	681,2	925,0	931,0	2,58	17,29	0,0019	3,33	19,51	0,0024	0,0021
CE 46	40 60	635,0	960,6	658,8	908,2	934,4	2,70	18,07	0,0020	3,21	18,84	0,0023	0,0021
CE 48	40 40	674,9	1012,2	765,5	1004,4	1008,3	2,74	18,35	0,0019	3,58	20,97	0,0025	0,0022
CE 48	40 50	668,2	1004,8	725,7	973,4	989,1	2,71	18,17	0,0019	3,38	19,85	0,0024	0,0021
CE 50	40 40	699,6	1048,6	795,5	1041,4	1045,0	2,72	18,20	0,0018	3,55	20,85	0,0024	0,0021
CE 50	40 50	693,8	1041,6	756,5	1010,8	1026,2	2,69	18,05	0,0018	3,37	19,79	0,0023	0,0020
CE 52	40 40	723,8	1084,6	825,0	1078,3	1081,4	2,69	18,05	0,0017	3,53	20,72	0,0023	0,0020
CE 54	40 40	747,4	1120,2	853,9	1114,8	1117,5	2,67	17,90	0,0017	3,51	20,58	0,0022	0,0019

Série DE

	Laje	Mx	Vx	My	Vy	Rméd	xx	Asx	px	xy	Asy	py	ρ
DE	38 40 40	622,1	882,8	657,4	877,6	880,2	3,28	21,97	0,0029	3,71	23,34	0,0033	0,0031
DE	38 40 50	610,7	873,2	613,3	846,2	859,7	3,22	21,55	0,0028	3,45	21,71	0,0030	0,0029
DE	38 50 50	572,2	841,6	603,5	836,2	838,9	3,01	20,15	0,0027	3,40	21,34	0,0030	0,0028
DE	38 40 60	600,8	864,8	584,7	822,2	843,5	3,16	21,19	0,0028	3,29	20,65	0,0029	0,0028
DE	38 50 60	562,5	833,8	573,9	813,8	823,8	2,95	19,79	0,0026	3,22	20,26	0,0028	0,0027
DE	38 60 60	535,3	811,8	565,8	807,6	809,7	2,81	18,80	0,0025	3,18	19,96	0,0028	0,0026
DE	40 40 40	653,3	923,4	691,3	918,2	920,8	3,25	21,79	0,0027	3,69	23,17	0,0031	0,0029
DE	40 40 50	642,4	913,8	649,2	886,0	899,9	3,19	21,42	0,0027	3,45	21,70	0,0029	0,0028
DE	40 50 50	602,7	881,2	635,8	875,4	878,3	2,99	20,05	0,0025	3,38	21,24	0,0028	0,0027
DE	40 40 60	632,6	905,4	615,4	860,2	882,8	3,14	21,08	0,0026	3,27	20,53	0,0027	0,0027
DE	40 50 60	592,5	872,8	603,6	851,0	861,9	2,94	19,70	0,0025	3,20	20,12	0,0027	0,0026
DE	40 60 60	562,9	848,6	594,6	844,0	846,3	2,79	18,68	0,0023	3,15	19,81	0,0026	0,0025
DE	42 40 40	684,7	963,8	725,0	958,8	961,3	3,23	21,64	0,0026	3,66	23,02	0,0029	0,0027
DE	42 40 50	673,9	954,2	682,4	926,0	940,1	3,18	21,29	0,0025	3,44	21,61	0,0027	0,0026
DE	42 50 50	633,5	921,0	668,5	915,0	918,0	2,98	19,97	0,0024	3,37	21,16	0,0027	0,0025
DE	42 40 60	664,3	946,0	646,7	898,6	922,3	3,13	20,97	0,0025	3,25	20,44	0,0026	0,0025
DE	42 50 60	622,9	912,2	633,9	888,6	900,4	2,93	19,62	0,0023	3,19	20,02	0,0025	0,0024
DE	42 60 60	591,0	886,2	624,0	881,0	883,6	2,77	18,59	0,0022	3,14	19,70	0,0025	0,0024
DE	44 40 40	715,3	1003,8	758,2	999,0	1001,4	3,20	21,48	0,0024	3,64	22,86	0,0028	0,0026
DE	44 40 50	705,1	994,6	715,7	966,2	980,4	3,16	21,16	0,0024	3,43	21,54	0,0026	0,0025
DE	44 50 50	664,4	961,0	701,4	954,8	957,9	2,97	19,90	0,0023	3,36	21,09	0,0026	0,0024
DE	44 40 60	695,7	986,4	678,4	937,6	962,0	3,11	20,87	0,0024	3,24	20,38	0,0025	0,0024
DE	44 50 60	653,6	951,8	664,8	926,8	939,3	2,92	19,57	0,0022	3,18	19,95	0,0024	0,0023
DE	46 40 40	745,4	1043,6	791,1	1039,2	1041,4	3,18	21,31	0,0023	3,61	22,71	0,0026	0,0025
DE	46 40 50	735,9	1034,6	748,9	1006,4	1020,5	3,14	21,03	0,0023	3,42	21,46	0,0025	0,0024
DE	46 50 50	695,3	1001,0	734,5	994,8	997,9	2,96	19,84	0,0022	3,35	21,04	0,0024	0,0023
DE	46 40 60	726,9	1026,6	710,4	976,8	1001,7	3,10	20,77	0,0023	3,23	20,32	0,0024	0,0023
DE	46 50 60	684,3	991,6	696,1	965,4	978,5	2,91	19,52	0,0021	3,17	19,90	0,0023	0,0022
DE	48 40 40	775,0	1083,0	823,3	1078,8	1080,9	3,16	21,15	0,0022	3,59	22,56	0,0025	0,0024
DE	48 40 50	766,2	1074,4	781,9	1046,4	1060,4	3,12	20,91	0,0022	3,40	21,39	0,0024	0,0023
DE	48 50 50	726,2	1041,0	767,5	1034,8	1037,9	2,95	19,79	0,0021	3,34	20,98	0,0023	0,0022
DE	48 40 60	757,7	1066,6	742,5	1016,0	1041,3	3,08	20,67	0,0022	3,23	20,28	0,0023	0,0022
DE	48 50 60	715,1	1031,4	727,6	1004,2	1017,8	2,91	19,48	0,0020	3,16	19,86	0,0022	0,0021
DE	50 40 40	804,1	1122,2	855,2	1118,4	1120,3	3,13	20,99	0,0021	3,57	22,41	0,0024	0,0022
DE	50 40 50	796,2	1114,2	814,8	1086,6	1100,4	3,10	20,78	0,0021	3,39	21,32	0,0023	0,0022
DE	50 50 50	756,9	1081,2	800,6	1074,8	1078,0	2,94	19,73	0,0020	3,33	20,94	0,0022	0,0021
DE	50 40 60	788,3	1106,6	774,9	1055,6	1081,1	3,07	20,57	0,0021	3,22	20,25	0,0022	0,0021
DE	52 40 40	832,5	1161,2	886,5	1157,8	1159,5	3,11	20,83	0,0020	3,54	22,26	0,0023	0,0021
DE	52 40 50	825,6	1153,6	847,3	1126,6	1140,1	3,08	20,65	0,0020	3,38	21,25	0,0022	0,0021
DE	52 50 50	787,4	1121,0	833,5	1115,0	1118,0	2,94	19,67	0,0019	3,32	20,89	0,0021	0,0020
DE	52 40 60	818,3	1146,4	807,3	1095,2	1120,8	3,05	20,47	0,0020	3,22	20,22	0,0021	0,0020
DE	54 40 40	860,4	1199,6	917,3	1196,8	1198,2	3,08	20,67	0,0019	3,52	22,11	0,0022	0,0020
DE	54 40 50	854,4	1192,6	879,6	1166,4	1179,5	3,06	20,52	0,0019	3,37	21,18	0,0021	0,0020
DE	56 40 40	887,8	1238,0	947,5	1235,4	1236,7	3,06	20,51	0,0018	3,49	21,96	0,0021	0,0020
DE	56 40 50	883,0	1231,4	911,4	1205,8	1218,6	3,04	20,39	0,0018	3,36	21,10	0,0020	0,0019
DE	58 40 40	914,6	1276,0	977,2	1273,8	1274,9	3,04	20,34	0,0018	3,47	21,81	0,0020	0,0019
DE	60 40 40	940,8	1313,8	1006,4	1312,0	1312,9	3,01	20,18	0,0017	3,45	21,65	0,0019	0,0018

**APÊNDICE B – Planilha completa elaborada para
o dimensionamento à punção**

Série AA

	Laje		u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$	
AA	16	40	40	160	329,65	13,5	380,52	0,6110	0,1762	0,0740	0,0855	V	F
AA	16	40	50	180	349,65	13,5	377,16	0,6110	0,1552	0,0736	0,0799	V	F
AA	16	50	50	200	369,65	13,5	374,92	0,6110	0,1389	0,0732	0,0751	V	F
AA	16	40	60	200	369,65	13,5	375,62	0,6110	0,1391	0,0733	0,0753	V	F
AA	16	50	60	220	389,65	13,5	373,8	0,6110	0,1259	0,0731	0,0711	V	V
AA	16	60	60	240	409,65	13,5	372,68	0,6110	0,1150	0,0729	0,0674	V	V
AA	18	40	40	160	354,78	15,5	409,64	0,6110	0,1652	0,0669	0,0745	V	F
AA	18	40	50	180	374,78	15,5	405,16	0,6110	0,1452	0,0664	0,0697	V	F
AA	18	50	50	200	394,78	15,5	401,8	0,6110	0,1296	0,0660	0,0657	V	V
AA	18	40	60	200	394,78	15,5	402,5	0,6110	0,1298	0,0661	0,0658	V	V
AA	18	50	60	220	414,78	15,5	399,84	0,6110	0,1173	0,0658	0,0622	V	V
AA	18	60	60	240	434,78	15,5	398,44	0,6110	0,1071	0,0657	0,0591	V	V
AA	20	40	40	160	379,91	17,5	439,6	0,6110	0,1570	0,0615	0,0661	V	F
AA	20	40	50	180	399,91	17,5	433,58	0,6110	0,1376	0,0609	0,0620	V	F
AA	20	50	50	200	419,91	17,5	428,96	0,6110	0,1226	0,0605	0,0584	V	V
AA	20	40	60	200	419,91	17,5	430,36	0,6110	0,1230	0,0606	0,0586	V	V
AA	20	50	60	220	439,91	17,5	426,44	0,6110	0,1108	0,0602	0,0554	V	V
AA	20	60	60	240	459,91	17,5	424,48	0,6110	0,1011	0,0600	0,0527	V	V
AA	22	40	40	160	405,04	19,5	470,68	0,6110	0,1509	0,0572	0,0596	V	F
AA	22	40	50	180	425,04	19,5	463,12	0,6110	0,1319	0,0566	0,0559	V	V
AA	22	50	50	200	445,04	19,5	456,96	0,6110	0,1172	0,0561	0,0527	V	V
AA	22	40	60	200	445,04	19,5	458,78	0,6110	0,1176	0,0562	0,0529	V	V
AA	22	50	60	220	465,04	19,5	453,74	0,6110	0,1058	0,0558	0,0500	V	V
AA	22	60	60	240	485,04	19,5	451,08	0,6110	0,0964	0,0556	0,0477	V	V
AA	24	40	40	160	430,18	21,5	502,6	0,6110	0,1461	0,0537	0,0543	V	F
AA	24	40	50	180	450,18	21,5	493,36	0,6110	0,1275	0,0531	0,0510	V	V
AA	24	50	50	200	470,18	21,5	485,8	0,6110	0,1130	0,0526	0,0481	V	V
AA	24	40	60	200	470,18	21,5	487,76	0,6110	0,1134	0,0527	0,0483	V	V
AA	24	50	60	220	490,18	21,5	481,32	0,6110	0,1018	0,0522	0,0457	V	V
AA	24	60	60	240	510,18	21,5	477,96	0,6110	0,0926	0,0520	0,0436	V	V
AA	26	40	40	160	455,31	23,5	535,08	0,6110	0,1423	0,0509	0,0500	V	V

Série BB

	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
BB	16	40	40	160	329,65	13,5	446,6	0,6110	0,2068	0,0785	0,1004	V	F
BB	16	40	50	180	349,65	13,5	442,82	0,6110	0,1822	0,0780	0,0938	V	F
BB	16	50	50	200	369,65	13,5	440,16	0,6110	0,1630	0,0777	0,0882	V	F
BB	16	40	60	200	369,65	13,5	440,86	0,6110	0,1633	0,0778	0,0883	V	F
BB	16	50	60	220	389,65	13,5	438,62	0,6110	0,1477	0,0775	0,0834	V	F
BB	16	60	60	240	409,65	13,5	437,64	0,6110	0,1351	0,0773	0,0791	V	F
BB	18	40	40	160	354,78	15,5	479,08	0,6110	0,1932	0,0709	0,0871	V	F
BB	18	40	50	180	374,78	15,5	475,44	0,6110	0,1704	0,0704	0,0818	V	F
BB	18	50	50	200	394,78	15,5	471,52	0,6110	0,1521	0,0699	0,0771	V	F
BB	18	40	60	200	394,78	15,5	472,64	0,6110	0,1525	0,0701	0,0772	V	F
BB	18	50	60	220	414,78	15,5	469,42	0,6110	0,1377	0,0697	0,0730	V	F
BB	18	60	60	240	434,78	15,5	467,88	0,6110	0,1258	0,0695	0,0694	V	V
BB	20	40	40	160	379,91	17,5	516,04	0,6110	0,1843	0,0651	0,0776	V	F
BB	20	40	50	180	399,91	17,5	509,04	0,6110	0,1616	0,0645	0,0727	V	F
BB	20	50	50	200	419,91	17,5	503,44	0,6110	0,1438	0,0640	0,0685	V	F
BB	20	40	60	200	419,91	17,5	504,98	0,6110	0,1443	0,0642	0,0687	V	F
BB	20	50	60	220	439,91	17,5	500,64	0,6110	0,1300	0,0638	0,0650	V	F
BB	22	40	40	160	405,04	19,5	552,44	0,6110	0,1771	0,0606	0,0699	V	F
BB	22	40	50	180	425,04	19,5	543,62	0,6110	0,1549	0,0599	0,0656	V	F
BB	22	50	50	200	445,04	19,5	536,48	0,6110	0,1376	0,0594	0,0618	V	F
BB	22	40	60	200	445,04	19,5	538,44	0,6110	0,1381	0,0595	0,0620	V	F
BB	22	50	60	220	465,04	19,5	532,42	0,6110	0,1241	0,0591	0,0587	V	V
BB	24	40	40	160	430,18	21,5	589,96	0,6110	0,1715	0,0569	0,0638	V	F
BB	24	40	50	180	450,18	21,5	579,04	0,6110	0,1496	0,0562	0,0598	V	F
BB	24	50	50	200	470,18	21,5	570,08	0,6110	0,1326	0,0556	0,0564	V	F
BB	24	40	60	200	470,18	21,5	572,6	0,6110	0,1332	0,0557	0,0566	V	F
BB	26	40	40	160	455,31	23,5	628,32	0,6110	0,1671	0,0538	0,0587	V	F
BB	26	40	50	180	475,31	23,5	615,44	0,6110	0,1455	0,0531	0,0551	V	F
BB	26	50	50	200	495,31	23,5	604,52	0,6110	0,1286	0,0525	0,0519	V	V
BB	26	40	60	200	495,31	23,5	607,32	0,6110	0,1292	0,0526	0,0522	V	V
BB	28	40	40	160	480,44	25,5	667,24	0,6110	0,1635	0,0512	0,0545	V	F
BB	28	40	50	180	500,44	25,5	652,68	0,6110	0,1422	0,0505	0,0511	V	F
BB	30	40	40	160	505,58	27,5	706,72	0,6110	0,1606	0,0489	0,0508	V	F
BB	30	40	50	180	525,58	27,5	690,62	0,6110	0,1395	0,0482	0,0478	V	V
BB	32	40	40	160	530,71	29,5	746,76	0,6110	0,1582	0,0470	0,0477	V	F
BB	34	40	40	160	555,84	31,5	786,8	0,6110	0,1561	0,0452	0,0449	V	V

Série CC

Laje		u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	$\tau_{Sd'}$	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd'}$
CC 26	40 40	160	455,31	23,5	728,84	0,6110	0,1938	0,0567	0,0681	V	F
CC 26	40 50	180	475,31	23,5	714	0,6110	0,1688	0,0559	0,0639	V	F
CC 26	50 50	200	495,31	23,5	701,4	0,6110	0,1492	0,0553	0,0603	V	F
CC 26	40 60	200	495,31	23,5	704,76	0,6110	0,1499	0,0554	0,0605	V	F
CC 26	50 60	220	515,31	23,5	693,84	0,6110	0,1342	0,0549	0,0573	V	F
CC 26	60 60	240	535,31	23,5	687,68	0,6110	0,1219	0,0545	0,0547	V	F
CC 28	40 40	160	480,44	25,5	774,2	0,6110	0,1898	0,0539	0,0632	V	F
CC 28	40 50	180	500,44	25,5	757,12	0,6110	0,1649	0,0531	0,0593	V	F
CC 28	50 50	200	520,44	25,5	742,28	0,6110	0,1455	0,0525	0,0559	V	F
CC 28	40 60	200	520,44	25,5	746,06	0,6110	0,1463	0,0526	0,0562	V	F
CC 28	50 60	220	540,44	25,5	733,18	0,6110	0,1307	0,0520	0,0532	V	F
CC 28	60 60	240	560,44	25,5	725,76	0,6110	0,1186	0,0517	0,0508	V	V
CC 30	40 40	160	505,58	27,5	820,12	0,6110	0,1864	0,0515	0,0590	V	F
CC 30	40 50	180	525,58	27,5	801,08	0,6110	0,1618	0,0508	0,0554	V	F
CC 30	50 50	200	545,58	27,5	784	0,6110	0,1425	0,0501	0,0523	V	F
CC 30	40 60	200	545,58	27,5	788,34	0,6110	0,1433	0,0503	0,0525	V	F
CC 30	50 60	220	565,58	27,5	773,36	0,6110	0,1278	0,0496	0,0497	V	F
CC 32	40 40	160	530,71	29,5	866,32	0,6110	0,1835	0,0495	0,0553	V	F
CC 32	40 50	180	550,71	29,5	845,74	0,6110	0,1593	0,0487	0,0521	V	F
CC 32	50 50	200	570,71	29,5	826,84	0,6110	0,1401	0,0480	0,0491	V	F
CC 32	40 60	200	570,71	29,5	831,18	0,6110	0,1409	0,0482	0,0494	V	F
CC 32	50 60	220	590,71	29,5	814,1	0,6110	0,1254	0,0476	0,0467	V	V
CC 34	40 40	160	555,84	31,5	912,8	0,6110	0,1811	0,0476	0,0521	V	F
CC 34	40 50	180	575,84	31,5	890,96	0,6110	0,1571	0,0469	0,0491	V	F
CC 34	50 50	200	595,84	31,5	870,24	0,6110	0,1381	0,0462	0,0464	V	F
CC 34	40 60	200	595,84	31,5	875	0,6110	0,1389	0,0464	0,0466	V	F
CC 36	40 40	160	580,97	33,5	959,28	0,6110	0,1790	0,0460	0,0493	V	F
CC 36	40 50	180	600,97	33,5	936,6	0,6110	0,1553	0,0453	0,0465	V	F
CC 36	50 50	200	620,97	33,5	914,2	0,6110	0,1364	0,0446	0,0439	V	V
CC 36	40 60	200	620,97	33,5	919,1	0,6110	0,1372	0,0448	0,0442	V	V
CC 38	40 40	160	606,11	35,5	1005,76	0,6110	0,1771	0,0445	0,0467	V	F
CC 38	40 50	180	626,11	35,5	982,24	0,6110	0,1537	0,0438	0,0442	V	F
CC 40	40 40	160	631,24	37,5	1051,96	0,6110	0,1753	0,0431	0,0444	V	F
CC 40	40 50	180	651,24	37,5	1028,16	0,6110	0,1523	0,0425	0,0421	V	V
CC 42	40 40	160	656,37	39,5	1098,16	0,6110	0,1738	0,0419	0,0424	V	F
CC 44	40 40	160	681,50	41,5	1144,08	0,6110	0,1723	0,0407	0,0405	V	V

Série DD

	Laje	u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
DD	36 40 40	160	580,97	33,5	1101,8	0,6110	0,2056	0,0482	0,0566	V	F
DD	36 40 50	180	600,97	33,5	1075,48	0,6110	0,1784	0,0475	0,0534	V	F
DD	36 50 50	200	620,97	33,5	1049,72	0,6110	0,1567	0,0468	0,0505	V	F
DD	36 40 60	200	620,97	33,5	1055,46	0,6110	0,1575	0,0470	0,0507	V	F
DD	36 50 60	220	640,97	33,5	1031,38	0,6110	0,1399	0,0463	0,0480	V	F
DD	36 60 60	240	660,97	33,5	1015	0,6110	0,1262	0,0458	0,0458	V	F
DD	38 40 40	160	606,11	35,5	1155,28	0,6110	0,2034	0,0467	0,0537	V	F
DD	38 40 50	180	626,11	35,5	1128,12	0,6110	0,1765	0,0460	0,0508	V	F
DD	38 50 50	200	646,11	35,5	1100,96	0,6110	0,1551	0,0453	0,0480	V	F
DD	38 40 60	200	646,11	35,5	1106,7	0,6110	0,1559	0,0455	0,0483	V	F
DD	38 50 60	220	666,11	35,5	1080,8	0,6110	0,1384	0,0448	0,0457	V	F
DD	38 60 60	240	686,11	35,5	1062,6	0,6110	0,1247	0,0443	0,0436	V	V
DD	40 40 40	160	631,24	37,5	1208,2	0,6110	0,2014	0,0452	0,0510	V	F
DD	40 40 50	180	651,24	37,5	1180,9	0,6110	0,1749	0,0446	0,0484	V	F
DD	40 50 50	200	671,24	37,5	1152,48	0,6110	0,1537	0,0440	0,0458	V	F
DD	40 40 60	200	671,24	37,5	1158,36	0,6110	0,1544	0,0441	0,0460	V	F
DD	40 50 60	220	691,24	37,5	1130,78	0,6110	0,1371	0,0434	0,0436	V	F
DD	42 40 40	160	656,37	39,5	1261,4	0,6110	0,1996	0,0439	0,0487	V	F
DD	42 40 50	180	676,37	39,5	1233,82	0,6110	0,1735	0,0434	0,0462	V	F
DD	42 50 50	200	696,37	39,5	1204,56	0,6110	0,1525	0,0427	0,0438	V	F
DD	42 40 60	200	696,37	39,5	1210,3	0,6110	0,1532	0,0428	0,0440	V	F
DD	42 50 60	220	716,37	39,5	1181,46	0,6110	0,1360	0,0422	0,0418	V	V
DD	44 40 40	160	681,50	41,5	1314,04	0,6110	0,1979	0,0427	0,0465	V	F
DD	44 40 50	180	701,50	41,5	1286,74	0,6110	0,1723	0,0422	0,0442	V	F
DD	44 50 50	200	721,50	41,5	1256,92	0,6110	0,1514	0,0416	0,0420	V	F
DD	44 40 60	200	721,50	41,5	1262,38	0,6110	0,1521	0,0417	0,0422	V	F
DD	46 40 40	160	706,64	43,5	1366,4	0,6110	0,1963	0,0416	0,0445	V	F
DD	46 40 50	180	726,64	43,5	1339,38	0,6110	0,1711	0,0411	0,0424	V	F
DD	46 50 50	200	746,64	43,5	1309,56	0,6110	0,1505	0,0406	0,0403	V	V
DD	46 40 60	200	746,64	43,5	1314,6	0,6110	0,1511	0,0407	0,0405	V	V
DD	48 40 40	160	731,77	45,5	1418,48	0,6110	0,1948	0,0405	0,0426	V	F
DD	48 40 50	180	751,77	45,5	1391,74	0,6110	0,1699	0,0401	0,0407	V	F
DD	50 40 40	160	756,90	47,5	1470	0,6110	0,1934	0,0396	0,0409	V	F
DD	50 40 50	180	776,90	47,5	1444,24	0,6110	0,1689	0,0392	0,0391	V	V
DD	52 40 40	160	782,04	49,5	1521,24	0,6110	0,1921	0,0386	0,0393	V	F
DD	54 40 40	160	807,17	51,5	1572,2	0,6110	0,1908	0,0378	0,0378	V	F
DD	56 40 40	160	832,30	53,5	1622,6	0,6110	0,1896	0,0369	0,0364	V	V

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série EE

	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
EE	46	40	40	160	706,64	43,5	1555,4	0,6110	0,2235	0,0435	0,0506	V	F
EE	46	40	50	180	726,64	43,5	1541,68	0,6110	0,1969	0,0430	0,0488	V	F
EE	46	50	50	200	746,64	43,5	1498,98	0,6110	0,1723	0,0424	0,0462	V	F
EE	46	40	60	200	746,64	43,5	1496,46	0,6110	0,1720	0,0425	0,0461	V	F
EE	46	50	60	220	766,64	43,5	1461,32	0,6110	0,1527	0,0419	0,0438	V	F
EE	46	60	60	240	786,64	43,5	1432,76	0,6110	0,1372	0,0414	0,0419	V	F
EE	48	40	40	160	731,77	45,5	1614,76	0,6110	0,2218	0,0424	0,0485	V	F
EE	48	40	50	180	751,77	45,5	1584,38	0,6110	0,1935	0,0420	0,0463	V	F
EE	48	50	50	200	771,77	45,5	1550,36	0,6110	0,1704	0,0414	0,0442	V	F
EE	48	40	60	200	771,77	45,5	1555,82	0,6110	0,1710	0,0415	0,0443	V	F
EE	48	50	60	220	791,77	45,5	1520,26	0,6110	0,1519	0,0409	0,0422	V	F
EE	48	60	60	240	811,77	45,5	1490,44	0,6110	0,1365	0,0404	0,0404	V	V
EE	50	40	40	160	756,90	47,5	1673,84	0,6110	0,2202	0,0414	0,0466	V	F
EE	50	40	50	180	776,90	47,5	1644,16	0,6110	0,1923	0,0410	0,0446	V	F
EE	50	50	50	200	796,90	47,5	1610,28	0,6110	0,1695	0,0405	0,0425	V	F
EE	50	40	60	200	796,90	47,5	1615,46	0,6110	0,1700	0,0406	0,0427	V	F
EE	50	50	60	220	816,90	47,5	1579,34	0,6110	0,1511	0,0400	0,0407	V	F
EE	52	40	40	160	782,04	49,5	1732,08	0,6110	0,2187	0,0404	0,0447	V	F
EE	52	40	50	180	802,04	49,5	1703,52	0,6110	0,1912	0,0401	0,0429	V	F
EE	52	50	50	200	822,04	49,5	1670,2	0,6110	0,1687	0,0396	0,0410	V	F
EE	52	40	60	200	822,04	49,5	1674,68	0,6110	0,1692	0,0397	0,0412	V	F
EE	52	50	60	220	842,04	49,5	1638,7	0,6110	0,1505	0,0392	0,0393	V	F
EE	54	40	40	160	807,17	51,5	1790,04	0,6110	0,2172	0,0395	0,0431	V	F
EE	54	40	50	180	827,17	51,5	1762,46	0,6110	0,1901	0,0392	0,0414	V	F
EE	54	50	50	200	847,17	51,5	1729,56	0,6110	0,1679	0,0388	0,0396	V	F
EE	54	40	60	200	847,17	51,5	1734,04	0,6110	0,1684	0,0388	0,0397	V	F
EE	54	50	60	220	867,17	51,5	1698,06	0,6110	0,1499	0,0384	0,0380	V	V
EE	56	40	40	160	832,30	53,5	1847,72	0,6110	0,2159	0,0387	0,0415	V	F
EE	56	40	50	180	852,30	53,5	1821,26	0,6110	0,1891	0,0384	0,0399	V	F
EE	56	50	50	200	872,30	53,5	1789,2	0,6110	0,1672	0,0380	0,0383	V	F
EE	56	40	60	200	872,30	53,5	1793,12	0,6110	0,1676	0,0380	0,0384	V	F
EE	58	40	40	160	857,43	55,5	1905,12	0,6110	0,2145	0,0379	0,0400	V	F
EE	58	40	50	180	877,43	55,5	1879,64	0,6110	0,1882	0,0376	0,0386	V	F
EE	58	50	50	200	897,43	55,5	1848,28	0,6110	0,1665	0,0373	0,0371	V	V
EE	58	40	60	200	897,43	55,5	1852,06	0,6110	0,1669	0,0373	0,0372	V	V
EE	60	40	40	160	882,57	57,5	1961,68	0,6110	0,2132	0,0371	0,0387	V	F
EE	60	40	50	180	902,57	57,5	1937,6	0,6110	0,1872	0,0369	0,0373	V	F
EE	62	40	40	160	907,70	59,5	2018,24	0,6110	0,2120	0,0364	0,0374	V	F
EE	62	40	50	180	927,70	59,5	1995,14	0,6110	0,1863	0,0362	0,0361	V	V
EE	64	40	40	160	932,83	61,5	2074,52	0,6110	0,2108	0,0357	0,0362	V	F
EE	66	40	40	160	957,96	63,5	2130,24	0,6110	0,2097	0,0350	0,0350	V	F
EE	68	40	40	160	983,10	65,5	2185,4	0,6110	0,2085	0,0344	0,0339	V	V

Série AB

	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
AB	16	40	40	160	329,65	13,5	412,16	0,6110	0,1908	0,0762	0,0926	V	F
AB	16	40	50	180	349,65	13,5	408,8	0,6110	0,1682	0,0758	0,0866	V	F
AB	16	50	50	200	369,65	13,5	406,14	0,6110	0,1504	0,0754	0,0814	V	F
AB	16	40	60	200	369,65	13,5	406,98	0,6110	0,1507	0,0755	0,0816	V	F
AB	16	50	60	220	389,65	13,5	404,88	0,6110	0,1363	0,0752	0,0770	V	F
AB	16	60	60	240	409,65	13,5	403,9	0,6110	0,1247	0,0751	0,0730	V	V
<hr/>													
AB	18	40	40	160	354,78	15,5	443,8	0,6110	0,1790	0,0689	0,0807	V	F
AB	18	40	50	180	374,78	15,5	439,04	0,6110	0,1574	0,0684	0,0756	V	F
AB	18	50	50	200	394,78	15,5	435,12	0,6110	0,1404	0,0679	0,0711	V	F
AB	18	40	60	200	394,78	15,5	436,38	0,6110	0,1408	0,0681	0,0713	V	F
AB	18	50	60	220	414,78	15,5	433,3	0,6110	0,1271	0,0677	0,0674	V	V
AB	18	60	60	240	434,78	15,5	431,76	0,6110	0,1161	0,0676	0,0641	V	V
<hr/>													
AB	20	40	40	160	379,91	17,5	476,28	0,6110	0,1701	0,0633	0,0716	V	F
AB	20	40	50	180	399,91	17,5	470,12	0,6110	0,1492	0,0627	0,0672	V	F
AB	20	50	50	200	419,91	17,5	464,94	0,6110	0,1328	0,0622	0,0633	V	F
AB	20	40	60	200	419,91	17,5	466,48	0,6110	0,1333	0,0624	0,0635	V	F
<hr/>													
AB	22	40	40	160	405,04	19,5	510,02	0,6110	0,1635	0,0589	0,0646	V	F
AB	22	40	50	180	425,04	19,5	502,04	0,6110	0,1430	0,0582	0,0606	V	F
AB	22	50	50	200	445,04	19,5	495,18	0,6110	0,1270	0,0577	0,0571	V	V
AB	22	40	60	200	445,04	19,5	497,42	0,6110	0,1275	0,0579	0,0573	V	V
<hr/>													
AB	24	40	40	160	430,18	21,5	544,6	0,6110	0,1583	0,0553	0,0589	V	F
AB	24	40	50	180	450,18	21,5	534,8	0,6110	0,1382	0,0546	0,0553	V	F
<hr/>													
AB	26	40	40	160	455,31	23,5	579,88	0,6110	0,1542	0,0523	0,0542	V	F
AB	26	40	50	180	475,31	23,5	568,26	0,6110	0,1343	0,0516	0,0509	V	V
<hr/>													
AB	28	40	40	160	480,44	25,5	615,86	0,6110	0,1509	0,0498	0,0503	V	F
<hr/>													
AB	30	40	40	160	505,58	27,5	652,26	0,6110	0,1482	0,0476	0,0469	V	V

Série AC

	Laje	u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$	
AC 16	40	40	160	329,65	13,5	443,94	0,6110	0,2055	0,0784	0,0998	V	F
AC 16	40	50	180	349,65	13,5	440,44	0,6110	0,1813	0,0779	0,0933	V	F
AC 16	50	50	200	369,65	13,5	437,5	0,6110	0,1620	0,0776	0,0877	V	F
AC 16	40	60	200	369,65	13,5	438,62	0,6110	0,1625	0,0777	0,0879	V	F
AC 16	50	60	220	389,65	13,5	436,1	0,6110	0,1468	0,0774	0,0829	V	F
AC 16	60	60	240	409,65	13,5	434,98	0,6110	0,1343	0,0772	0,0787	V	F
AC 18	40	40	160	354,78	15,5	477,96	0,6110	0,1927	0,0708	0,0869	V	F
AC 18	40	50	180	374,78	15,5	473,06	0,6110	0,1696	0,0703	0,0814	V	F
AC 18	50	50	200	394,78	15,5	468,72	0,6110	0,1512	0,0698	0,0766	V	F
AC 18	40	60	200	394,78	15,5	470,26	0,6110	0,1517	0,0700	0,0769	V	F
AC 18	50	60	220	414,78	15,5	466,76	0,6110	0,1369	0,0696	0,0726	V	F
AC 18	60	60	240	434,78	15,5	465,08	0,6110	0,1250	0,0694	0,0690	V	V
AC 20	40	40	160	379,91	17,5	512,96	0,6110	0,1832	0,0650	0,0772	V	F
AC 20	40	50	180	399,91	17,5	506,38	0,6110	0,1608	0,0644	0,0724	V	F
AC 20	50	50	200	419,91	17,5	500,64	0,6110	0,1430	0,0639	0,0681	V	F
AC 20	40	60	200	419,91	17,5	502,74	0,6110	0,1436	0,0641	0,0684	V	F
AC 20	50	60	220	439,91	17,5	497,98	0,6110	0,1293	0,0637	0,0647	V	F
AC 22	40	40	160	405,04	19,5	549,36	0,6110	0,1761	0,0604	0,0696	V	F
AC 22	40	50	180	425,04	19,5	540,96	0,6110	0,1541	0,0598	0,0653	V	F
AC 22	50	50	200	445,04	19,5	533,4	0,6110	0,1368	0,0593	0,0615	V	F
AC 22	40	60	200	445,04	19,5	536,06	0,6110	0,1375	0,0594	0,0618	V	F
AC 22	50	60	220	465,04	19,5	529,62	0,6110	0,1235	0,0590	0,0584	V	V
AC 24	40	40	160	430,18	21,5	586,6	0,6110	0,1705	0,0568	0,0634	V	F
AC 24	40	50	180	450,18	21,5	576,38	0,6110	0,1489	0,0561	0,0596	V	F
AC 24	50	50	200	470,18	21,5	566,86	0,6110	0,1318	0,0555	0,0561	V	F
AC 24	40	60	200	470,18	21,5	570,08	0,6110	0,1326	0,0557	0,0564	V	F
AC 26	40	40	160	455,31	23,5	624,68	0,6110	0,1661	0,0537	0,0584	V	F
AC 26	40	50	180	475,31	23,5	612,5	0,6110	0,1448	0,0530	0,0548	V	F
AC 26	50	50	200	495,31	23,5	601,16	0,6110	0,1279	0,0524	0,0516	V	V
AC 26	40	60	200	495,31	23,5	604,8	0,6110	0,1287	0,0526	0,0520	V	V
AC 28	40	40	160	480,44	25,5	663,46	0,6110	0,1626	0,0511	0,0542	V	F
AC 28	40	50	180	500,44	25,5	649,32	0,6110	0,1415	0,0504	0,0509	V	F
AC 30	40	40	160	505,58	27,5	702,52	0,6110	0,1597	0,0488	0,0505	V	F
AC 30	40	50	180	525,58	27,5	686,84	0,6110	0,1388	0,0481	0,0475	V	V
AC 32	40	40	160	530,71	29,5	742,14	0,6110	0,1572	0,0469	0,0474	V	F
AC 34	40	40	160	555,84	31,5	781,9	0,6110	0,1551	0,0451	0,0447	V	V

Série AD

	Laje	u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$		
AD	20	40	40	160	379,91	17,5	549,78	0,6110	0,1964	0,0667	0,0827	V	F
AD	20	40	50	180	399,91	17,5	543,06	0,6110	0,1724	0,0661	0,0776	V	F
AD	20	50	50	200	419,91	17,5	536,48	0,6110	0,1533	0,0655	0,0730	V	F
AD	20	40	60	200	419,91	17,5	539	0,6110	0,1540	0,0657	0,0733	V	F
AD	20	50	60	220	439,91	17,5	533,68	0,6110	0,1386	0,0653	0,0693	V	F
AD	20	60	60	240	459,91	17,5	530,88	0,6110	0,1264	0,0651	0,0660	V	F
AD	22	40	40	160	405,04	19,5	588,84	0,6110	0,1887	0,0620	0,0746	V	F
AD	22	40	50	180	425,04	19,5	579,88	0,6110	0,1652	0,0613	0,0700	V	F
AD	22	50	50	200	445,04	19,5	571,62	0,6110	0,1466	0,0608	0,0659	V	F
AD	22	40	60	200	445,04	19,5	574,7	0,6110	0,1474	0,0610	0,0662	V	F
AD	22	50	60	220	465,04	19,5	567,84	0,6110	0,1324	0,0605	0,0626	V	F
AD	22	60	60	240	485,04	19,5	564,06	0,6110	0,1205	0,0602	0,0596	V	V
AD	24	40	40	160	430,18	21,5	628,74	0,6110	0,1828	0,0582	0,0680	V	F
AD	24	40	50	180	450,18	21,5	617,82	0,6110	0,1596	0,0575	0,0638	V	F
AD	24	50	50	200	470,18	21,5	607,46	0,6110	0,1413	0,0569	0,0601	V	F
AD	24	40	60	200	470,18	21,5	611,24	0,6110	0,1421	0,0571	0,0605	V	F
AD	24	50	60	220	490,18	21,5	602,56	0,6110	0,1274	0,0566	0,0572	V	F
AD	26	40	40	160	455,31	23,5	669,48	0,6110	0,1781	0,0550	0,0626	V	F
AD	26	40	50	180	475,31	23,5	656,6	0,6110	0,1552	0,0543	0,0588	V	F
AD	26	50	50	200	495,31	23,5	644,42	0,6110	0,1371	0,0537	0,0554	V	F
AD	26	40	60	200	495,31	23,5	648,62	0,6110	0,1380	0,0539	0,0557	V	F
AD	26	50	60	220	515,31	23,5	637,98	0,6110	0,1234	0,0533	0,0527	V	V
AD	28	40	40	160	480,44	25,5	710,92	0,6110	0,1742	0,0523	0,0580	V	F
AD	28	40	50	180	500,44	25,5	696,22	0,6110	0,1517	0,0516	0,0546	V	F
AD	28	50	50	200	520,44	25,5	681,8	0,6110	0,1337	0,0510	0,0514	V	F
AD	28	40	60	200	520,44	25,5	686,7	0,6110	0,1346	0,0512	0,0517	V	F
AD	30	40	40	160	505,58	27,5	752,92	0,6110	0,1711	0,0500	0,0542	V	F
AD	30	40	50	180	525,58	27,5	736,4	0,6110	0,1488	0,0493	0,0510	V	F
AD	30	50	50	200	545,58	27,5	720,3	0,6110	0,1310	0,0486	0,0480	V	V
AD	30	40	60	200	545,58	27,5	725,48	0,6110	0,1319	0,0488	0,0484	V	V
AD	32	40	40	160	530,71	29,5	795,2	0,6110	0,1685	0,0480	0,0508	V	F
AD	32	40	50	180	550,71	29,5	777,14	0,6110	0,1464	0,0473	0,0478	V	F
AD	34	40	40	160	555,84	31,5	837,76	0,6110	0,1662	0,0462	0,0478	V	F
AD	34	40	50	180	575,84	31,5	818,44	0,6110	0,1443	0,0456	0,0451	V	V
AD	36	40	40	160	580,97	33,5	875,518	0,6110	0,1633	0,0445	0,0450	V	F
AD	38	40	40	160	606,11	35,5	918,96	0,6110	0,1618	0,0430	0,0427	V	V

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série AE

	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
AE	24	40	40	160	430,18	21,5	670,88	0,6110	0,1950	0,0596	0,0725	V	F
AE	24	40	50	180	450,18	21,5	659,4	0,6110	0,1704	0,0589	0,0681	V	F
AE	24	50	50	200	470,18	21,5	648,34	0,6110	0,1508	0,0582	0,0641	V	F
AE	24	40	60	200	470,18	21,5	652,47	0,6110	0,1517	0,0585	0,0645	V	F
AE	24	50	60	220	490,18	21,5	643,02	0,6110	0,1359	0,0579	0,0610	V	F
AE	24	60	60	240	510,18	21,5	637,56	0,6110	0,1236	0,0576	0,0581	V	F
AE	26	40	40	160	455,31	23,5	714,28	0,6110	0,1900	0,0563	0,0668	V	F
AE	26	40	50	180	475,31	23,5	700,84	0,6110	0,1657	0,0556	0,0627	V	F
AE	26	50	50	200	495,31	23,5	687,54	0,6110	0,1463	0,0549	0,0591	V	F
AE	26	40	60	200	495,31	23,5	692,58	0,6110	0,1474	0,0552	0,0595	V	F
AE	26	50	60	220	515,31	23,5	680,82	0,6110	0,1317	0,0546	0,0562	V	F
AE	26	60	60	240	535,31	23,5	674,1	0,6110	0,1195	0,0542	0,0536	V	V
AE	28	40	40	160	480,44	25,5	758,38	0,6110	0,1859	0,0536	0,0619	V	F
AE	28	40	50	180	500,44	25,5	742,98	0,6110	0,1619	0,0528	0,0582	V	F
AE	28	50	50	200	520,44	25,5	727,58	0,6110	0,1427	0,0521	0,0548	V	F
AE	28	40	60	200	520,44	25,5	733,04	0,6110	0,1437	0,0524	0,0552	V	F
AE	28	50	60	220	540,44	25,5	719,46	0,6110	0,1282	0,0518	0,0522	V	F
AE	30	40	40	160	505,58	27,5	803,18	0,6110	0,1825	0,0512	0,0578	V	F
AE	30	40	50	180	525,58	27,5	785,96	0,6110	0,1588	0,0505	0,0544	V	F
AE	30	50	50	200	545,58	27,5	768,6	0,6110	0,1397	0,0498	0,0512	V	F
AE	30	40	60	200	545,58	27,5	774,48	0,6110	0,1408	0,0500	0,0516	V	F
AE	30	50	60	220	565,58	27,5	758,94	0,6110	0,1254	0,0494	0,0488	V	V
AE	32	40	40	160	530,71	29,5	848,4	0,6110	0,1797	0,0491	0,0542	V	F
AE	32	40	50	180	550,71	29,5	829,22	0,6110	0,1562	0,0484	0,0510	V	F
AE	32	50	50	200	570,71	29,5	810,32	0,6110	0,1373	0,0477	0,0481	V	F
AE	32	40	60	200	570,71	29,5	816,48	0,6110	0,1384	0,0479	0,0485	V	F
AE	34	40	40	160	555,84	31,5	893,62	0,6110	0,1773	0,0473	0,0510	V	F
AE	34	40	50	180	575,84	31,5	873,18	0,6110	0,1540	0,0466	0,0481	V	F
AE	34	50	50	200	595,84	31,5	852,74	0,6110	0,1354	0,0459	0,0454	V	V
AE	34	40	60	200	595,84	31,5	858,9	0,6110	0,1363	0,0461	0,0458	V	V
AE	36	40	40	160	580,97	33,5	938,98	0,6110	0,1752	0,0456	0,0482	V	F
AE	36	40	50	180	600,97	33,5	917,42	0,6110	0,1521	0,0450	0,0456	V	F
AE	38	40	40	160	606,11	35,5	984,2	0,6110	0,1733	0,0441	0,0457	V	F
AE	38	40	50	180	626,11	35,5	961,8	0,6110	0,1505	0,0435	0,0433	V	V
AE	40	40	40	160	631,24	37,5	1029,42	0,6110	0,1716	0,0428	0,0435	V	F
AE	42	40	40	160	656,37	39,5	1074,36	0,6110	0,1700	0,0415	0,0414	V	V

Série BC

Laje		u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	$\tau_{Sd'}$	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd'}$
BC	20 40 40	160	379,91	17,5	555,8	0,6110	0,1985	0,0669	0,0836	V	F
BC	20 40 50	180	399,91	17,5	548,52	0,6110	0,1741	0,0665	0,0784	V	F
BC	20 50 50	200	419,91	17,5	542,36	0,6110	0,1550	0,0658	0,0738	V	F
BC	20 40 60	200	419,91	17,5	544,18	0,6110	0,1555	0,0659	0,0741	V	F
BC	20 50 60	220	439,91	17,5	539,28	0,6110	0,1401	0,0655	0,0701	V	F
BC	20 60 60	240	459,91	17,5	536,62	0,6110	0,1278	0,0653	0,0667	V	F
BC	22 40 40	160	405,04	19,5	595,14	0,6110	0,1908	0,0622	0,0753	V	F
BC	22 40 50	180	425,04	19,5	585,62	0,6110	0,1668	0,0615	0,0707	V	F
BC	22 50 50	200	445,04	19,5	577,78	0,6110	0,1481	0,0610	0,0666	V	F
BC	22 40 60	200	445,04	19,5	580,16	0,6110	0,1488	0,0611	0,0669	V	F
BC	22 50 60	220	465,04	19,5	573,58	0,6110	0,1337	0,0606	0,0633	V	F
BC	22 60 60	240	485,04	19,5	570,08	0,6110	0,1218	0,0604	0,0603	V	V
BC	24 40 40	160	430,18	21,5	635,46	0,6110	0,1847	0,0584	0,0687	V	F
BC	24 40 50	180	450,18	21,5	623,98	0,6110	0,1612	0,0577	0,0645	V	F
BC	24 50 50	200	470,18	21,5	614,18	0,6110	0,1428	0,0571	0,0608	V	F
BC	24 40 60	200	470,18	21,5	617,12	0,6110	0,1435	0,0572	0,0610	V	F
BC	24 50 60	220	490,18	21,5	608,72	0,6110	0,1287	0,0567	0,0578	V	F
BC	26 40 40	160	455,31	23,5	676,76	0,6110	0,1800	0,0552	0,0632	V	F
BC	26 40 50	180	475,31	23,5	663,18	0,6110	0,1568	0,0545	0,0594	V	F
BC	26 50 50	200	495,31	23,5	651,14	0,6110	0,1385	0,0538	0,0559	V	F
BC	26 40 60	200	495,31	23,5	654,78	0,6110	0,1393	0,0540	0,0563	V	F
BC	26 50 60	220	515,31	23,5	644,42	0,6110	0,1246	0,0535	0,0532	V	V
BC	28 40 40	160	480,44	25,5	718,76	0,6110	0,1762	0,0525	0,0587	V	F
BC	28 40 50	180	500,44	25,5	703,22	0,6110	0,1532	0,0518	0,0551	V	F
BC	28 50 50	200	520,44	25,5	689,22	0,6110	0,1351	0,0511	0,0519	V	F
BC	28 40 60	200	520,44	25,5	693,28	0,6110	0,1359	0,0513	0,0522	V	F
BC	30 40 40	160	505,58	27,5	761,32	0,6110	0,1730	0,0502	0,0548	V	F
BC	30 40 50	180	525,58	27,5	743,96	0,6110	0,1503	0,0495	0,0515	V	F
BC	30 50 50	200	545,58	27,5	728	0,6110	0,1324	0,0488	0,0485	V	V
BC	30 40 60	200	545,58	27,5	732,34	0,6110	0,1332	0,0490	0,0488	V	V
BC	32 40 40	160	530,71	29,5	804,3	0,6110	0,1704	0,0482	0,0514	V	F
BC	32 40 50	180	550,71	29,5	785,4	0,6110	0,1479	0,0475	0,0483	V	F
BC	34 40 40	160	555,84	31,5	847,42	0,6110	0,1681	0,0464	0,0484	V	F
BC	34 40 50	180	575,84	31,5	827,26	0,6110	0,1459	0,0457	0,0456	V	V
BC	36 40 40	160	580,97	33,5	890,54	0,6110	0,1661	0,0448	0,0458	V	F
BC	38 40 40	160	606,11	35,5	933,52	0,6110	0,1644	0,0433	0,0434	V	F
BC	40 40 40	160	631,24	37,5	976,5	0,6110	0,1628	0,0420	0,0413	V	V

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série BD

	Laje	u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$		
BD	24	40	40	160	430,18	21,5	680,96	0,6110	0,1980	0,0598	0,0736	V	F
BD	24	40	50	180	450,18	21,5	668,92	0,6110	0,1728	0,0591	0,0691	V	F
BD	24	50	50	200	470,18	21,5	658	0,6110	0,1530	0,0585	0,0651	V	F
BD	24	40	60	200	470,18	21,5	661,64	0,6110	0,1539	0,0587	0,0655	V	F
BD	24	50	60	220	490,18	21,5	652,4	0,6110	0,1379	0,0581	0,0619	V	F
BD	24	60	60	240	510,18	21,5	647,36	0,6110	0,1255	0,0578	0,0590	V	F
BD	26	40	40	160	455,31	23,5	725,2	0,6110	0,1929	0,0566	0,0678	V	F
BD	26	40	50	180	475,31	23,5	710,92	0,6110	0,1681	0,0558	0,0636	V	F
BD	26	50	50	200	495,31	23,5	697,9	0,6110	0,1485	0,0552	0,0600	V	F
BD	26	40	60	200	495,31	23,5	702,1	0,6110	0,1494	0,0554	0,0603	V	F
BD	26	50	60	220	515,31	23,5	690,76	0,6110	0,1336	0,0548	0,0570	V	F
BD	26	60	60	240	535,31	23,5	684,32	0,6110	0,1213	0,0545	0,0544	V	V
BD	28	40	40	160	480,44	25,5	770,28	0,6110	0,1888	0,0538	0,0629	V	F
BD	28	40	50	180	500,44	25,5	753,9	0,6110	0,1642	0,0531	0,0591	V	F
BD	28	50	50	200	520,44	25,5	738,64	0,6110	0,1448	0,0524	0,0557	V	F
BD	28	40	60	200	520,44	25,5	743,26	0,6110	0,1457	0,0526	0,0560	V	F
BD	28	50	60	220	540,44	25,5	729,96	0,6110	0,1301	0,0520	0,0530	V	F
BD	30	40	40	160	505,58	27,5	815,78	0,6110	0,1854	0,0515	0,0587	V	F
BD	30	40	50	180	525,58	27,5	797,58	0,6110	0,1611	0,0507	0,0552	V	F
BD	30	50	50	200	545,58	27,5	780,22	0,6110	0,1419	0,0500	0,0520	V	F
BD	30	40	60	200	545,58	27,5	785,4	0,6110	0,1428	0,0502	0,0523	V	F
BD	30	50	60	220	565,58	27,5	770	0,6110	0,1273	0,0496	0,0495	V	V
BD	32	40	40	160	530,71	29,5	861,84	0,6110	0,1826	0,0494	0,0550	V	F
BD	32	40	50	180	550,71	29,5	841,96	0,6110	0,1586	0,0487	0,0518	V	F
BD	32	50	50	200	570,71	29,5	822,64	0,6110	0,1394	0,0480	0,0489	V	F
BD	32	40	60	200	570,71	29,5	828,1	0,6110	0,1404	0,0481	0,0492	V	F
BD	34	40	40	160	555,84	31,5	908,04	0,6110	0,1802	0,0475	0,0519	V	F
BD	34	40	50	180	575,84	31,5	886,62	0,6110	0,1564	0,0468	0,0489	V	F
BD	34	50	50	200	595,84	31,5	865,9	0,6110	0,1374	0,0462	0,0461	V	V
BD	34	40	60	200	595,84	31,5	871,36	0,6110	0,1383	0,0463	0,0464	V	F
BD	36	40	40	160	580,97	33,5	954,24	0,6110	0,1780	0,0459	0,0490	V	F
BD	36	40	50	180	600,97	33,5	931,84	0,6110	0,1545	0,0452	0,0463	V	F
BD	36	50	50	200	620,97	33,5	909,58	0,6110	0,1358	0,0446	0,0437	V	V
BD	36	40	60	200	620,97	33,5	915,18	0,6110	0,1366	0,0447	0,0440	V	V
BD	38	40	40	160	606,11	35,5	1000,44	0,6110	0,1761	0,0444	0,0465	V	F
BD	38	40	50	180	626,11	35,5	977,2	0,6110	0,1529	0,0438	0,0440	V	F
BD	40	40	40	160	631,24	37,5	1046,36	0,6110	0,1744	0,0430	0,0442	V	F
BD	40	40	50	180	651,24	37,5	1022,7	0,6110	0,1515	0,0424	0,0419	V	V
BD	42	40	40	160	656,37	39,5	1091,72	0,6110	0,1727	0,0418	0,0421	V	F
BD	44	40	40	160	681,50	41,5	1137,78	0,6110	0,1714	0,0406	0,0402	V	V

Série BE

Laje		u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
BE	30 40 40	160	505,58	27,5	870,38	0,6110	0,1978	0,0526	0,0626	V	F
BE	30 40 50	180	525,58	27,5	851,06	0,6110	0,1719	0,0519	0,0589	V	F
BE	30 50 50	200	545,58	27,5	832,44	0,6110	0,1514	0,0512	0,0555	V	F
BE	30 40 60	200	545,58	27,5	838,32	0,6110	0,1524	0,0514	0,0559	V	F
BE	30 50 60	220	565,58	27,5	821,66	0,6110	0,1358	0,0507	0,0528	V	F
BE	30 60 60	240	585,58	27,5	811,3	0,6110	0,1229	0,0503	0,0504	V	F
BE	32 40 40	160	530,71	29,5	919,38	0,6110	0,1948	0,0505	0,0587	V	F
BE	32 40 50	180	550,71	29,5	898,24	0,6110	0,1692	0,0498	0,0553	V	F
BE	32 50 50	200	570,71	29,5	877,66	0,6110	0,1488	0,0491	0,0521	V	F
BE	32 40 60	200	570,71	29,5	883,82	0,6110	0,1498	0,0493	0,0525	V	F
BE	32 50 60	220	590,71	29,5	865,2	0,6110	0,1333	0,0486	0,0497	V	F
BE	32 60 60	240	610,71	29,5	853,02	0,6110	0,1205	0,0482	0,0473	V	V
BE	34 40 40	160	555,84	31,5	968,52	0,6110	0,1922	0,0486	0,0553	V	F
BE	34 40 50	180	575,84	31,5	945,98	0,6110	0,1668	0,0479	0,0522	V	F
BE	34 50 50	200	595,84	31,5	923,72	0,6110	0,1466	0,0472	0,0492	V	F
BE	34 40 60	200	595,84	31,5	930,02	0,6110	0,1476	0,0474	0,0496	V	F
BE	34 50 60	220	615,84	31,5	909,44	0,6110	0,1312	0,0467	0,0469	V	F
BE	36 40 40	160	580,97	33,5	1017,8	0,6110	0,1899	0,0469	0,0523	V	F
BE	36 40 50	180	600,97	33,5	994,14	0,6110	0,1649	0,0462	0,0494	V	F
BE	36 50 50	200	620,97	33,5	970,48	0,6110	0,1448	0,0456	0,0467	V	F
BE	36 40 60	200	620,97	33,5	976,64	0,6110	0,1458	0,0457	0,0469	V	F
BE	36 50 60	220	640,97	33,5	954,38	0,6110	0,1295	0,0451	0,0444	V	V
BE	38 40 40	160	606,11	35,5	1067,08	0,6110	0,1879	0,0454	0,0496	V	F
BE	38 40 50	180	626,11	35,5	1042,44	0,6110	0,1631	0,0448	0,0469	V	F
BE	38 50 50	200	646,11	35,5	1017,66	0,6110	0,1433	0,0441	0,0444	V	F
BE	38 40 60	200	646,11	35,5	1023,68	0,6110	0,1442	0,0442	0,0446	V	F
BE	40 40 40	160	631,24	37,5	1116,08	0,6110	0,1860	0,0440	0,0471	V	F
BE	40 40 50	180	651,24	37,5	1090,88	0,6110	0,1616	0,0434	0,0447	V	F
BE	40 50 50	200	671,24	37,5	1065,26	0,6110	0,1420	0,0428	0,0423	V	V
BE	40 40 60	200	671,24	37,5	1070,79	0,6110	0,1428	0,0429	0,0425	V	V
BE	42 40 40	160	656,37	39,5	1164,94	0,6110	0,1843	0,0427	0,0449	V	F
BE	42 40 50	180	676,37	39,5	1139,46	0,6110	0,1603	0,0422	0,0426	V	F
BE	44 40 40	160	681,50	41,5	1213,52	0,6110	0,1828	0,0415	0,0429	V	F
BE	44 40 50	180	701,50	41,5	1187,9	0,6110	0,1590	0,0410	0,0408	V	V
BE	46 40 40	160	706,64	43,5	1261,82	0,6110	0,1813	0,0404	0,0410	V	F
BE	48 40 40	160	731,77	45,5	1309,56	0,6110	0,1799	0,0394	0,0393	V	V

Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série CD

	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
CD	30	40	40	160	505,58	27,5	878,78	0,6110	0,1997	0,0528	0,0632	V	F
CD	30	40	50	180	525,58	27,5	858,62	0,6110	0,1735	0,0520	0,0594	V	F
CD	30	50	50	200	545,58	27,5	840,14	0,6110	0,1528	0,0513	0,0560	V	F
CD	30	40	60	200	545,58	27,5	845,32	0,6110	0,1537	0,0515	0,0563	V	F
CD	30	50	60	220	565,58	27,5	828,94	0,6110	0,1370	0,0509	0,0533	V	F
CD	30	60	60	240	585,58	27,5	818,86	0,6110	0,1241	0,0505	0,0509	V	F
CD	32	40	40	160	530,71	29,5	928,2	0,6110	0,1967	0,0507	0,0593	V	F
CD	32	40	50	180	550,71	29,5	906,36	0,6110	0,1707	0,0499	0,0558	V	F
CD	32	50	50	200	570,71	29,5	885,92	0,6110	0,1502	0,0492	0,0526	V	F
CD	32	40	60	200	570,71	29,5	891,24	0,6110	0,1511	0,0494	0,0529	V	F
CD	32	50	60	220	590,71	29,5	872,76	0,6110	0,1345	0,0487	0,0501	V	F
CD	32	60	60	240	610,71	29,5	860,86	0,6110	0,1216	0,0483	0,0478	V	V
CD	34	40	40	160	555,84	31,5	978,04	0,6110	0,1941	0,0488	0,0559	V	F
CD	34	40	50	180	575,84	31,5	954,8	0,6110	0,1684	0,0481	0,0526	V	F
CD	34	50	50	200	595,84	31,5	932,54	0,6110	0,1480	0,0474	0,0497	V	F
CD	34	40	60	200	595,84	31,5	938	0,6110	0,1489	0,0475	0,0500	V	F
CD	34	50	60	220	615,84	31,5	917,42	0,6110	0,1324	0,0469	0,0473	V	F
CD	36	40	40	160	580,97	33,5	1028,02	0,6110	0,1918	0,0471	0,0528	V	F
CD	36	40	50	180	600,97	33,5	1003,66	0,6110	0,1664	0,0464	0,0499	V	F
CD	36	50	50	200	620,97	33,5	979,72	0,6110	0,1462	0,0457	0,0471	V	F
CD	36	40	60	200	620,97	33,5	985,32	0,6110	0,1471	0,0459	0,0474	V	F
CD	36	50	60	220	640,97	33,5	962,78	0,6110	0,1306	0,0452	0,0448	V	V
CD	38	40	40	160	606,11	35,5	1077,86	0,6110	0,1898	0,0456	0,0501	V	F
CD	38	40	50	180	626,11	35,5	1052,66	0,6110	0,1647	0,0449	0,0474	V	F
CD	38	50	50	200	646,11	35,5	1027,46	0,6110	0,1447	0,0443	0,0448	V	F
CD	38	40	60	200	646,11	35,5	1032,92	0,6110	0,1455	0,0444	0,0450	V	F
CD	40	40	40	160	631,24	37,5	1127,42	0,6110	0,1879	0,0442	0,0476	V	F
CD	40	40	50	180	651,24	37,5	1101,73	0,6110	0,1632	0,0436	0,0451	V	F
CD	40	50	50	200	671,24	37,5	1075,62	0,6110	0,1434	0,0429	0,0427	V	V
CD	40	40	60	200	671,24	37,5	1080,94	0,6110	0,1441	0,0430	0,0429	V	V
CD	42	40	40	160	656,37	39,5	1176,84	0,6110	0,1862	0,0429	0,0454	V	F
CD	42	40	50	180	676,37	39,5	1151,08	0,6110	0,1619	0,0423	0,0431	V	F
CD	44	40	40	160	681,50	41,5	1225,98	0,6110	0,1846	0,0417	0,0433	V	F
CD	44	40	50	180	701,50	41,5	1200,36	0,6110	0,1607	0,0412	0,0412	V	F
CD	46	40	40	160	706,64	43,5	1274,84	0,6110	0,1832	0,0406	0,0415	V	F
CD	46	40	50	180	726,64	43,5	1249,36	0,6110	0,1596	0,0401	0,0395	V	V
CD	48	40	40	160	731,77	45,5	1323,14	0,6110	0,1818	0,0396	0,0397	V	F
CD	50	40	40	160	756,90	47,5	1371,3	0,6110	0,1804	0,0386	0,0381	V	V

Série CE

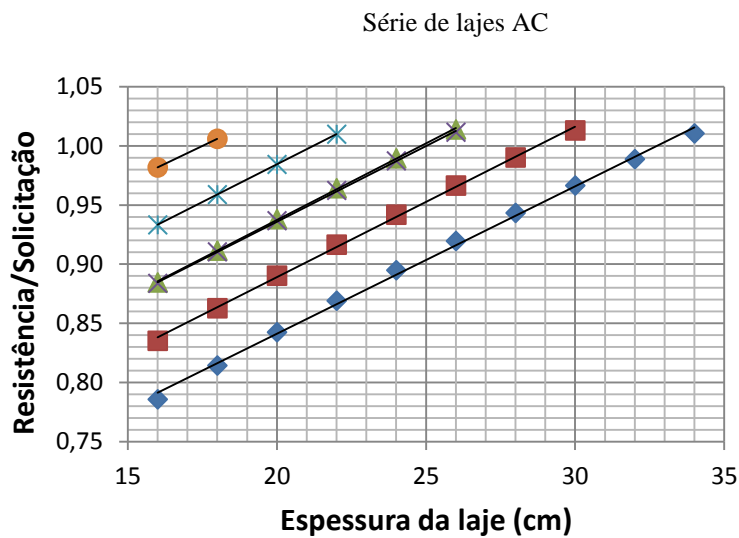
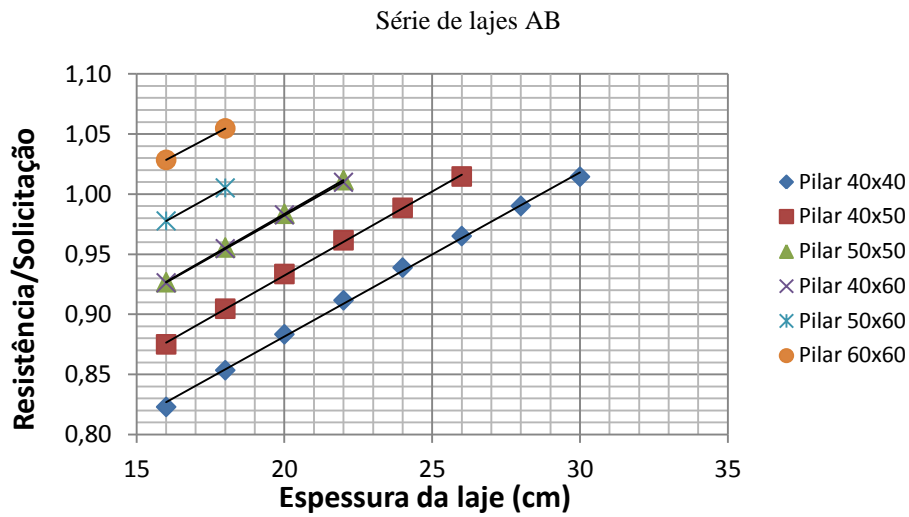
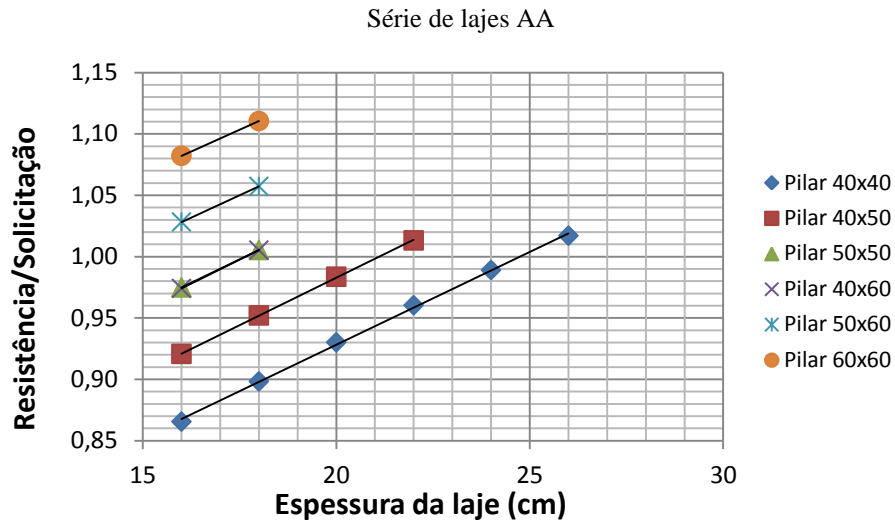
	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
CE 34	40	40	40	160	555,84	31,5	1043,56	0,6110	0,2071	0,0499	0,0596	V	F
CE 34	40	40	50	180	575,84	31,5	1018,78	0,6110	0,1797	0,0492	0,0562	V	F
CE 34	40	50	50	200	595,84	31,5	994,84	0,6110	0,1579	0,0484	0,0530	V	F
CE 34	40	60	200	595,84	31,5	1001,14	0,6110	0,1589	0,0486	0,0533	0,0533	V	F
CE 34	50	60	220	615,84	31,5	979,02	0,6110	0,1413	0,0479	0,0505	0,0505	V	F
CE 34	60	60	240	635,84	31,5	964,18	0,6110	0,1275	0,0475	0,0481	0,0481	V	F
CE 36	40	40	160	580,97	33,5	1096,62	0,6110	0,2046	0,0482	0,0563	0,0563	V	F
CE 36	40	40	50	180	600,97	33,5	1070,86	0,6110	0,1776	0,0475	0,0532	V	F
CE 36	40	50	200	620,97	33,5	1045,1	0,6110	0,1560	0,0468	0,0502	0,0502	V	F
CE 36	40	60	200	620,97	33,5	1051,4	0,6110	0,1569	0,0469	0,0505	0,0505	V	F
CE 36	50	60	220	640,97	33,5	1027,46	0,6110	0,1394	0,0462	0,0478	0,0478	V	F
CE 36	60	60	240	660,97	33,5	1010,66	0,6110	0,1257	0,0458	0,0456	0,0456	V	V
CE 38	40	40	160	606,11	35,5	1149,68	0,6110	0,2024	0,0466	0,0534	0,0534	V	F
CE 38	40	40	50	180	626,11	35,5	1122,94	0,6110	0,1757	0,0459	0,0505	V	F
CE 38	40	50	200	646,11	35,5	1096,06	0,6110	0,1544	0,0453	0,0478	0,0478	V	F
CE 38	40	60	200	646,11	35,5	1102,22	0,6110	0,1552	0,0454	0,0481	0,0481	V	F
CE 38	50	60	220	666,11	35,5	1076,46	0,6110	0,1378	0,0447	0,0455	0,0455	V	F
CE 40	40	40	160	631,24	37,5	1202,74	0,6110	0,2005	0,0452	0,0508	0,0508	V	F
CE 40	40	40	50	180	651,24	37,5	1175,3	0,6110	0,1741	0,0445	0,0481	V	F
CE 40	40	50	200	671,24	37,5	1147,44	0,6110	0,1530	0,0439	0,0456	0,0456	V	F
CE 40	40	60	200	671,24	37,5	1153,32	0,6110	0,1538	0,0440	0,0458	0,0458	V	F
CE 40	50	60	220	691,24	37,5	1126,3	0,6110	0,1365	0,0434	0,0435	0,0435	V	F
CE 42	40	40	160	656,37	39,5	1255,38	0,6110	0,1986	0,0438	0,0484	0,0484	V	F
CE 42	40	40	50	180	676,37	39,5	1227,94	0,6110	0,1727	0,0433	0,0460	V	F
CE 42	40	50	200	696,37	39,5	1199,38	0,6110	0,1518	0,0427	0,0436	0,0436	V	F
CE 42	40	60	200	696,37	39,5	1204,84	0,6110	0,1525	0,0428	0,0438	0,0438	V	F
CE 42	50	60	220	716,37	39,5	1176,7	0,6110	0,1354	0,0422	0,0416	0,0416	V	V
CE 44	40	40	160	681,50	41,5	1307,74	0,6110	0,1969	0,0426	0,0462	0,0462	V	F
CE 44	40	40	50	180	701,50	41,5	1280,16	0,6110	0,1714	0,0421	0,0440	V	F
CE 44	40	50	200	721,50	41,5	1251,18	0,6110	0,1507	0,0415	0,0418	0,0418	V	F
CE 44	40	60	200	721,50	41,5	1256,5	0,6110	0,1514	0,0416	0,0420	0,0420	V	F
CE 46	40	40	160	706,64	43,5	1359,96	0,6110	0,1954	0,0415	0,0442	0,0442	V	F
CE 46	40	40	50	180	726,64	43,5	1332,66	0,6110	0,1702	0,0410	0,0422	V	F
CE 46	40	50	200	746,64	43,5	1303,4	0,6110	0,1498	0,0405	0,0401	0,0401	V	V
CE 46	40	60	200	746,64	43,5	1308,16	0,6110	0,1504	0,0406	0,0403	0,0403	V	V
CE 48	40	40	160	731,77	45,5	1411,62	0,6110	0,1939	0,0405	0,0424	0,0424	V	F
CE 48	40	40	50	180	751,77	45,5	1384,74	0,6110	0,1691	0,0400	0,0405	V	F
CE 50	40	40	160	756,90	47,5	1463	0,6110	0,1925	0,0395	0,0407	0,0407	V	F
CE 50	40	40	50	180	776,90	47,5	1436,68	0,6110	0,1680	0,0391	0,0389	V	V
CE 52	40	40	160	782,04	49,5	1514	0,6110	0,1912	0,0386	0,0391	0,0391	V	F
CE 54	40	40	160	807,17	51,5	1564,5	0,6110	0,1899	0,0377	0,0376	0,0376	V	V

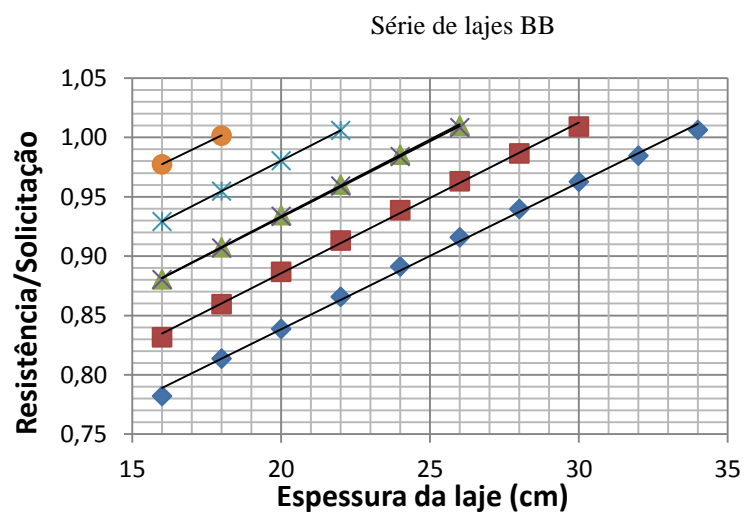
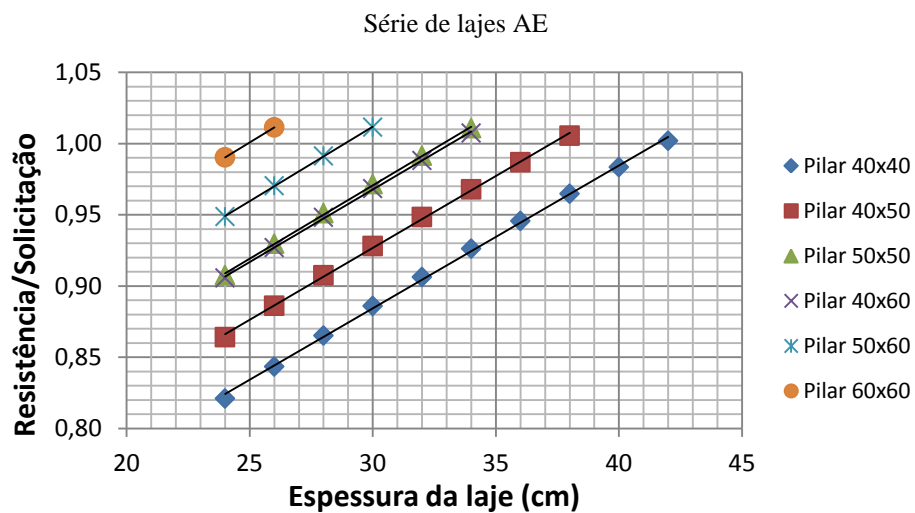
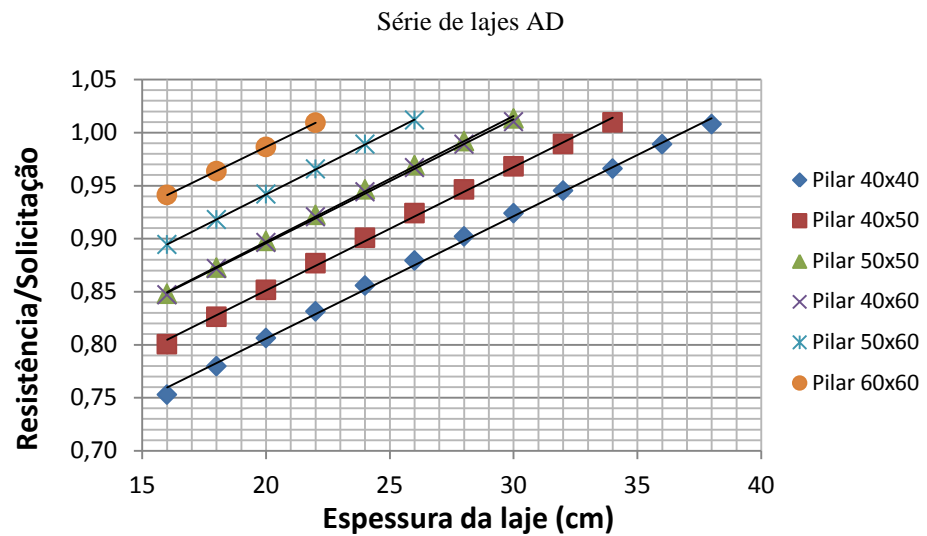
Puncionamento: verificação da espessura das lajes sem vigas para a dispensa da armadura de cisalhamento em função da geometria das estruturas estudadas

Série DE

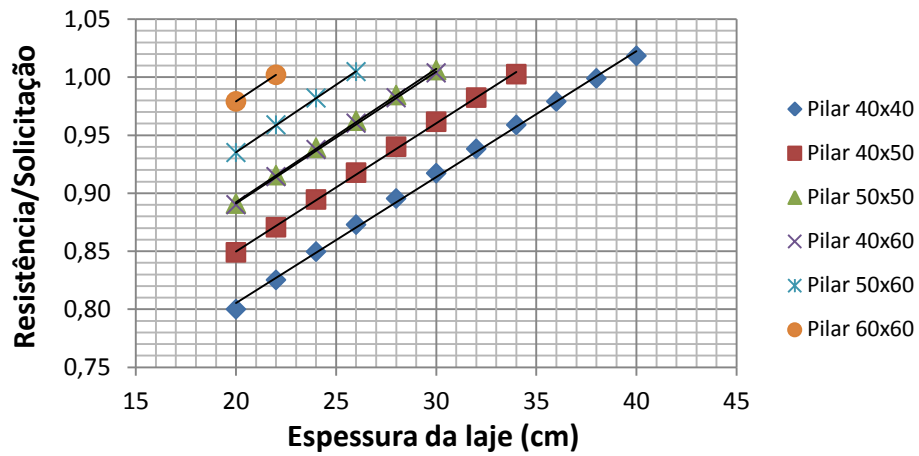
	Laje			u	u'	d	Fsd	τ_{Rd2}	τ_{Sd}	τ_{Rd1}	τ_{Sd}'	$\tau_{Rd2} > \tau_{Sd}$	$\tau_{Rd1} > \tau_{Sd}'$
DE	40	40	40	160	631,24	37,5	1289,12	0,6110	0,2149	0,0463	0,0545	V	F
DE	40	40	50	180	651,24	37,5	1259,86	0,6110	0,1866	0,0456	0,0516	V	F
DE	40	50	50	200	671,24	37,5	1229,62	0,6110	0,1639	0,0450	0,0488	V	F
DE	40	40	60	200	671,24	37,5	1235,92	0,6110	0,1648	0,0451	0,0491	V	F
DE	40	50	60	220	691,24	37,5	1206,66	0,6110	0,1463	0,0444	0,0466	V	F
DE	40	60	60	240	711,24	37,5	1184,82	0,6110	0,1316	0,0439	0,0444	V	F
DE	42	40	40	160	656,37	39,5	1345,82	0,6110	0,2129	0,0449	0,0519	V	F
DE	42	40	50	180	676,37	39,5	1316,14	0,6110	0,1851	0,0443	0,0493	V	F
DE	42	50	50	200	696,37	39,5	1285,2	0,6110	0,1627	0,0437	0,0467	V	F
DE	42	40	60	200	696,37	39,5	1291,22	0,6110	0,1634	0,0438	0,0469	V	F
DE	42	50	60	220	716,37	39,5	1260,56	0,6110	0,1451	0,0432	0,0445	V	F
DE	42	60	60	240	736,37	39,5	1237,04	0,6110	0,1305	0,0427	0,0425	V	V
DE	44	40	40	160	681,50	41,5	1401,96	0,6110	0,2111	0,0437	0,0496	V	F
DE	44	40	50	180	701,50	41,5	1372,56	0,6110	0,1837	0,0431	0,0471	V	F
DE	44	50	50	200	721,50	41,5	1341,06	0,6110	0,1616	0,0426	0,0448	V	F
DE	44	40	60	200	721,50	41,5	1346,8	0,6110	0,1623	0,0426	0,0450	V	F
DE	44	50	60	220	741,50	41,5	1315,02	0,6110	0,1440	0,0420	0,0427	V	F
DE	46	40	40	160	706,64	43,5	1457,96	0,6110	0,2095	0,0425	0,0474	V	F
DE	46	40	50	180	726,64	43,5	1428,7	0,6110	0,1825	0,0420	0,0452	V	F
DE	46	50	50	200	746,64	43,5	1397,06	0,6110	0,1606	0,0415	0,0430	V	F
DE	46	40	60	200	746,64	43,5	1402,38	0,6110	0,1612	0,0416	0,0432	V	F
DE	46	50	60	220	766,64	43,5	1369,9	0,6110	0,1431	0,0410	0,0411	V	F
DE	48	40	40	160	731,77	45,5	1513,26	0,6110	0,2079	0,0415	0,0454	V	F
DE	48	40	50	180	751,77	45,5	1484,56	0,6110	0,1813	0,0410	0,0434	V	F
DE	48	50	50	200	771,77	45,5	1453,06	0,6110	0,1597	0,0405	0,0414	V	F
DE	48	40	60	200	771,77	45,5	1457,82	0,6110	0,1602	0,0406	0,0415	V	F
DE	48	50	60	220	791,77	45,5	1424,92	0,6110	0,1423	0,0400	0,0396	V	V
DE	50	40	40	160	756,90	47,5	1568,42	0,6110	0,2064	0,0405	0,0436	V	F
DE	50	40	50	180	776,90	47,5	1540,56	0,6110	0,1802	0,0401	0,0417	V	F
DE	50	50	50	200	796,90	47,5	1509,2	0,6110	0,1589	0,0396	0,0399	V	F
DE	50	40	60	200	796,90	47,5	1513,54	0,6110	0,1593	0,0396	0,0400	V	F
DE	52	40	40	160	782,04	49,5	1623,3	0,6110	0,2050	0,0395	0,0419	V	F
DE	52	40	50	180	802,04	49,5	1596,14	0,6110	0,1791	0,0391	0,0402	V	F
DE	52	50	50	200	822,04	49,5	1565,2	0,6110	0,1581	0,0387	0,0385	V	V
DE	52	40	60	200	822,04	49,5	1569,12	0,6110	0,1585	0,0388	0,0386	V	V
DE	54	40	40	160	807,17	51,5	1677,48	0,6110	0,2036	0,0386	0,0404	V	F
DE	54	40	50	180	827,17	51,5	1651,3	0,6110	0,1781	0,0383	0,0388	V	F
DE	56	40	40	160	832,30	53,5	1731,38	0,6110	0,2023	0,0378	0,0389	V	F
DE	56	40	50	180	852,30	53,5	1706,04	0,6110	0,1772	0,0375	0,0374	V	V
DE	58	40	40	160	857,43	55,5	1784,86	0,6110	0,2010	0,0370	0,0375	V	F
DE	60	40	40	160	882,57	57,5	1838,06	0,6110	0,1998	0,0363	0,0362	V	V

APÊNDICE C – Gráficos Resistência/Solicitação *versus* espessura da laje

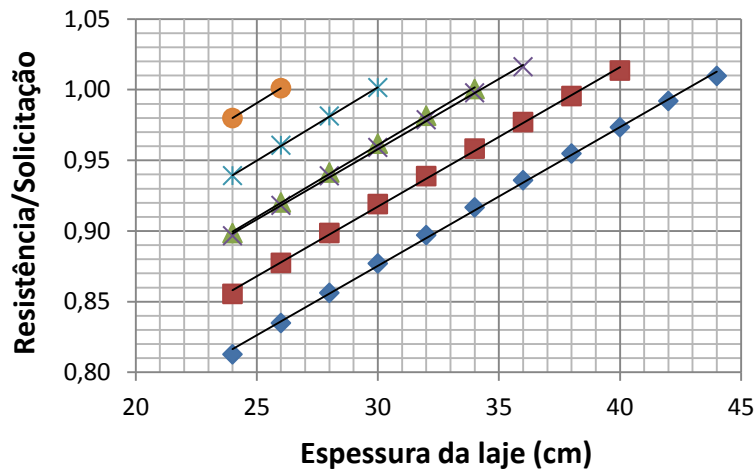




Série de lajes BC



Série de lajes BD



Série de lajes BE

