

ÍNDICE DO LIVRO “CÁLCULO E DESENHO DE CONCRETO ARMADO”
autoria de Roberto Magnani

SUMÁRIO

LAJES

1. INTRODUÇÃO	2
2. VINCULAÇÕES DAS LAJES	2
3. CARREGAMENTOS DAS LAJES	
3.1- Classificação das lajes retangulares	3
3.2- Cargas acidentais ou sobrecargas	4
3.3- Peso próprio da laje	
3.3.1- Vão teórico (l_i)	4
3.3.2- Altura da laje (h)	5
3.4- Peso do pavimento e revestimento das lajes	5
3.5- Peso de paredes sobre as lajes	6
3.5.1- Peso de paredes nas lajes armadas em cruz	6
3.5.2- Peso de paredes nas lajes armadas em uma direção	6
3.6- Peso do enchimento	6
3.7- Peso total das lajes (q)	7
4. CÁLCULO DOS ESFORÇOS NAS LAJES	
4.1- Cálculo dos esforços nas lajes retangulares	7
4.1.1- Esforços nas lajes retangulares armadas em uma direção	
a) Lajes isoladas	7
b) Lajes contínuas	9
c) Lajes em balanço	9
4.1.2- Esforços nas lajes retangulares isoladas armadas em cruz	
a) Forças cortantes	10
b) Momentos fletores	10
4.2- Cálculo dos esforços nas lajes circulares	
4.2.1- Dimensões e cargas	11
4.2.2- Cálculo dos momentos fletores, forças cortantes e flechas	
a) Laje circular apoiada no contorno	11
b) Laje circular engastada no contorno	12
5. DIMENSIONAMENTO DAS LAJES	
5.1- Cálculo das armaduras de flexão (A_s)	
5.1.1- Armaduras de flexão das lajes retangulares	13
5.1.2- Armaduras de flexão das lajes circulares	14
5.2- Cálculo das armaduras de cisalhamento (A_{sw})	
5.2.1- Verificação da necessidade ou não da armadura transversal	14
5.2.2- Verificação do esmagamento das bielas de concreto comprimidas	15
5.2.3- Cálculo da armadura transversal de cisalhamento (flexão simples)	16
5.3- Cálculo da armadura de punção (A_{stp})	
5.3.1- Hipóteses	16
5.3.2- Tensão de cálculo de puncionamento (f_{pd}) ou resistência do concreto ao puncionamento	17
5.3.3- Armadura transversal de punção	17
6. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DAS LAJES	
6.1- Disposições construtivas para as lajes em geral	18
6.2- Disposições construtivas para as lajes armadas em uma direção	19

7. DETALHAMENTO DAS ARMADURAS DAS LAJES	
7.1- Detalhamento das armaduras de flexão das lajes retangulares	19
7.1.1- Armadura positiva	19
a) Lajes simplesmente apoiadas	20
b) Lajes apoiadas-engastadas	21
c) Lajes engastadas	21
7.1.2- Armadura negativa	21
a) Lajes armadas em uma direção	22
b) Lajes armadas em duas direções (em cruz)	22
b.1) Isolada	22
b.2) Contínua	22
c) Lajes em balanço	23
c.1) Laje isolada em balanço	23
c.2) Laje contínua em balanço	23
7.1.3- Armadura nos cantos das lajes retangulares livremente apoiadas nas quatro bordas.	23
7.2- Detalhamento das armaduras de cisalhamento das lajes retangulares	24
7.3- Detalhes da armação de escadas e reservatórios	25
7.3.1- Escadas	25
7.3.2- Reservatórios	26
7.4- Detalhamento das armaduras de flexão e cisalhamento das lajes circulares	26

VIGAS

1. INTRODUÇÃO	28
2. CARREGAMENTOS DAS VIGAS	
2.1- Peso próprio das vigas (p_p)	28
2.1.1- Vão teórico (l_t)	28
2.1.2- Largura das vigas (b_w)	29
2.1.3- Altura total das vigas (h)	29
2.2- Cargas transmitidas pelas lajes	29
2.2.1- Cargas de lajes maciças armadas em uma direção	30
2.2.2- Cargas de lajes maciças armadas em duas direções (em cruz)	30
2.2.3- Cargas de lajes mistas ou pré-fabricadas	31
2.3- Cargas concentradas (de vigas ou de paredes)	31
2.4- Cargas de paredes	32
2.5- Carga total nas vigas (q)	32
3. CÁLCULO DOS ESFORÇOS NAS VIGAS	32
4. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS	
4.1- Cálculo das armaduras de flexão - Seção retangular	33
4.1.1- Armadura simples na seção retangular (A_{s+} e A_{s-})	33
4.1.2- Armadura dupla na seção retangular (A_s e A_s')	35
4.2- Cálculo das armaduras de flexão - Seção T	
4.2.1- Definição da largura colaborante da laje (b_f)	37
4.2.2- Armadura simples na seção T (A_s)	38
4.2.3- Armadura dupla na seção T (A_s e A_s')	40
4.3- Cálculo das armaduras de cisalhamento (A_{sw}) - Seção retangular e seção T	
4.3.1- Introdução	
4.3.2- Cálculo da armadura de cisalhamento (A_{sw})	41
4.4- Cálculo das armaduras de torção - Seção qualquer	
4.4.1- Introdução	46
4.4.2- Tensões tangenciais devidas à torção para o concreto fissurado	46
4.4.3- Cálculo das armaduras de torção	47
4.4.4- Prescrições regulamentares das armaduras de torção	48

5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DAS VIGAS	
5.1- Disposições construtivas da armadura transversal de cisalhamento	49
5.2- Disposições construtivas da armadura longitudinal de flexão	
5.2.1- Ancoragem da armadura longitudinal de flexão	51
5.2.2- Porta-estribos	51
5.2.3- Armadura negativa mínima nos apoios extremos	51
a) Ligações entre vigas e pilares	52
b) Ligações entre vigas ou entre vigas e lajes	52
5.2.4- Armadura de pele	52
5.2.5- Emendas das barras	52
6. DETALHAMENTO DAS ARMADURAS DAS VIGAS	53

PILARES

1. INTRODUÇÃO	56
2. CARREGAMENTOS DOS PILARES	
2.1- Reações das vigas nos pilares	56
2.2- Peso próprio dos pilares	
2.2.1- Dimensões mínimas	57
2.2.2- Peso próprio dos pilares (P)	58
2.3- Cargas do vento nos pilares	58
2.4- Outras cargas	58
3. CÁLCULO DOS ESFORÇOS NOS PILARES	58
3.1- Índice de esbeltez, raio de giração e comprimento de flambagem	59
3.2- Valores do raio de giração (i) e do índice de esbeltez (λ)	60
4. DIMENSIONAMENTO DOS PILARES	
4.1- Classificação dos pilares	61
4.2- Cálculo da armadura longitudinal (A_s)	61
4.2.1- Pilares curtos ($\lambda \leq 40$) - PILARES INTERMEDIÁRIOS DE EDIFÍCIOS	61
4.2.2- Pilares moderadamente esbeltos ($40 < \lambda \leq 80$)	63
a) Flexão normal composta - PILARES DE EXTREMIDADE DE EDIFÍCIOS	63
a.1) Cálculo expedito quando $0,5 \leq v < 0,7$	63
a.2) Cálculo simplificado quando $v = N_d/A_c \cdot f_{cd} \geq 0,7$	66
b) Flexão normal oblíqua - PILARES DE CANTO DE EDIFÍCIOS	66
4.2.3- Pilares esbeltos ($80 < \lambda \leq 140$)	68
4.2.4- Pilares excessivamente esbeltos ($140 < \lambda \leq 200$)	68
4.3- Cálculo da armadura transversal (estribos)	68
5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DOS PILARES	
5.1- Disposições construtivas da armadura longitudinal	68
5.1.1- Bitola mínima das barras	68
5.1.2- Número mínimo de barras	69
5.1.3- Espaçamentos entre as barras longitudinais	69
5.1.4- Proteção contra a flambagem das barras	70
5.1.5- Emendas das barras	70
5.2- Disposições construtivas da armadura transversal	70
5.2.1- Bitola mínima dos estribos	70
5.2.2- Espaçamento dos estribos	70
5.2.3- Estribos nas extremidades dos pilares	70
5.3- Disposições construtivas gerais para os pilares	

5.3.1- Cobrimento das armaduras	71
5.3.2- Canalizações embutidas	71
6. DETALHAMENTO DAS ARMADURAS DOS PILARES	71

FUNDAÇÕES

1. INTRODUÇÃO	74
2. COMPORTAMENTO DAS FUNDAÇÕES	
2.1- Capacidade de carga das fundações	75
2.2- Capacidade de carga do solo	75
2.3- Coeficiente de segurança (C.S.)	77
2.4- Recalques	
2.4.1- Danos provocados por recalques	77
2.4.2- Peculiaridades sobre recalques	77
2.4.3- Nível de aceitação dos recalques	78
2.4.4- Estimativa do valor do recalque	78
2.5- Sondagens	
2.5.1- Introdução	78
2.5.2- Número, locação e profundidade das sondagens	79
2.5.3- Relação entre SPT e σ_{adm}	
a) Para fundações rasas, ponta de estacas ou base de tubulões	80
b) Para estacas pré-moldadas cravadas	80
3. ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÕES	
3.1- Informações necessárias	81
3.2- Estimativa das cargas	81
3.2.1- Área de influência	81
3.2.2- Residência térrea	
a) Fundação rasa ou direta	82
b) Brocas manuais	82
c) Estacas	83
3.2.3- Residência com dois pavimentos	
a) Não estruturada	83
b) Residência estruturada	84
3.2.4- Edifício com 10 pavimentos (porte médio)	
a) Estaca Strauss	84
b) Estaca pré-moldada	84
c) Estaca Franki	84
d) Tubulão	84
3.3- Fator custo	85
3.4- Perfil do sub-solo	85
3.5- Características das construções vizinhas	86
3.6- Escolha do tipo de fundação	
3.6.1- Fundação rasa ou direta	86
3.6.2- Fundações profundas	86
4. FUNDAÇÕES RASAS	
4.1- Blocos de fundação em concreto simples	87
4.2- Sapatas	88
4.2.1- Centro de gravidade da sapata	88

4.2.2- Relação entre as abas das sapata	88
4.2.3- Escolha das dimensões das sapatas	
a) Pilar isolado retangular	89
b) Pilar isolado especial (seção qualquer)	89
c) Pilar de divisa (sapata carregada excetricamente – viga alavanca)	89
4.2.4- Dimensionamento e detalhamento das sapatas	93
a) Sapata corrida flexível	94
b) Sapata isolada flexível	98
c) Sapata corrida rígida	102
d) Sapata isolada rígida	105
5. FUNDAÇÕES PROFUNDAS	
5.1- Introdução	107
5.2- Tubulões	
5.2.1- Introdução	107
5.2.2- Esquema estrutural do tubulão de fuste e base circulares	108
5.3- Estacas	
5.3.1- Introdução	110
5.3.2- Locação das estacas	111
5.3.3- Capacidade de carga das estacas	111
5.3.4- Consumo de materiais e algumas características das estacas moldadas "in loco"	
a) Cota de arrasamento	112
b) Estaca-broca com $(N_e)_{adm} = 10 \text{ tf}$	112
c) Estaca tipo Strauss com $(N_e)_{adm} = 20 \text{ tf}$	113
6. BLOCOS SOBRE ESTACAS	
6.1- Introdução - dimensões e limitações	114
6.2- Bloco sobre uma estaca - pressão em áreas reduzidas ou parciais	115
6.2.1- Esmagamento da zona de contato	116
6.2.2- Absorção dos esforços de tração	
a) Esquema estático	116
b) Detalhamento das armaduras	117
6.3- Bloco sobre duas estacas	
6.3.1- Dimensões recomendadas	118
6.3.2- Cálculo dos esforços no bloco	118
6.3.3- Cálculo e detalhamento das armaduras	120
6.4- Bloco sobre três estacas	
6.4.1- Dimensões recomendadas	121
6.4.2- Cálculo dos esforços no bloco	121
6.4.3- Cálculo e detalhamento das armaduras	
a) Armadura nas direções x e y	122
b) Armadura em feixes laterais ou em camadas verticais	122
c) Armadura na direção das bielas	123
6.5- Bloco sobre n estacas	
6.5.1- Dimensões recomendadas	125
6.5.2- Cálculo dos esforços no bloco	125
6.5.3- Cálculo e detalhamento das armaduras	126

DETALHES EXECUTIVOS

1. COBRIMENTOS MÍNIMOS (c) PARA PROTEÇÃO DA ARMADURA	130
--	-----

2. GANCHOS E DOBRAS EM BARRAS E ESTRIBOS	
2.1- Prolongamento reto e raio interno mínimo de dobramento	
2.1.1- Ganchos para barras e para estribos	131
2.1.2- Barras dobradas a 45° (cavaletes)	131
2.2- Casos mais usados nos projetos	132
3. ANCORAGEM DAS ARMADURAS POR ADERÊNCIA	
3.1- Introdução	132
3.2- Zonas de boa e de má aderência	133
3.3- Comprimento de ancoragem de barras tracionadas (l_b)	
3.3.1- Ancoragem retilínea (sem gancho)	134
3.3.2- Ancoragem de feixe de barras	135
3.3.3- Ancoragem com ganchos	136
3.3.4- Ancoragem das barras dobradas a 45° (cavaletes)	136
3.4- Comprimento de ancoragem de barras comprimidas (l_b')	137
3.5- Cobertura do diagrama de momentos fletores	138
3.5.1- Cálculo da decalagem (a_i)	139
3.5.2- Ancoragem das barras	
a) Ancoragem das barras da armadura transversal	140
b) Ancoragem das barras da armadura longitudinal	140
b.1) Ancoragem nos vãos	141
b.2) Ancoragem nos apoios intermediários	142
b.3) Ancoragem nos apoios de extremidade	142
4. EMENDAS DAS BARRAS	
4.1- Introdução	144
4.2- Emendas por traspasse	
4.2.1- Comprimento de traspasse das barras tracionadas (l_t)	144
4.2.2- Comprimento de traspasse das barras comprimidas (l_t')	145
4.3- Emendas comprimidas de transição	145
5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO	
5.1- Escalas mais usadas nos desenhos	146
5.2- Numeração e simbologia dos elementos	146
5.3- Tabela de ferros e outros dados	147

TABELAS

TABELA 1- Área da seção de armadura (A_s) e largura mínima para uma camada de barras (b_w)	150
TABELA 2- Seção de aço por metro de largura de laje	151
TABELA 3- Seção de aço - Estribos de dois ramos - Cisalhamento - Seção retangular	152
TABELA 4- Ancoragem - Número de barras da armadura longitudinal que deve chegar ao apoio	153
TABELA 5- Valores de k_s e k_c - Dimensionamento de seção retangular e seção T à flexão simples	154
TABELA 6- Valores de k_7 e k_8 para cálculo da armadura dupla de seções retangulares - Flexão simples	155
TABELA 7- Lajes retangulares armadas em cruz - Momentos fletores e reações de apoio - Instruções	156
TABELA 7-A- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga uniforme	157
TABELA 7-B- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga uniforme	158
TABELA 7-C- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga uniforme	159
TABELA 8- Lajes com uma borda livre - Carga uniforme	160
TABELA 9- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga triangular	161
TABELA 9-A- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga triangular	161
TABELA 9-B- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga triangular	162
TABELA 9-C- Lajes apoiadas nos 4 lados - Carga triangular	163

TABELA 10- Lajes com uma borda livre - Carga triangular	164
TABELA 11- Pilares esbeltos ($40 < \lambda < 140$) - Armaduras simétricas em 2 lados - Flexo-compressão	165
TABELA 12- Pilares esbeltos ($40 < \lambda < 140$) - Armaduras simétricas nos 4 lados - Flexo-compressão	165
TABELA 13- Pilares de seção circular - Flexo-compressão	167
TABELA 14- Momentos de engastamento perfeito em barras prismáticas	168
TABELA 15- Fundações - SPT, σ_{adm} e f para areias e argilas	169

ANEXOS

ANEXO 1- Cálculo da altura útil (d) de lajes e vigas	172
ANEXO 2- Cálculo e limitação das flechas em lajes e vigas	174
ANEXO 3- Carregamentos nas estruturas de concreto armado	
1- Cargas permanentes	175
2- Cargas acidentais (ou sobrecargas)	176
ANEXO 4- Exemplo de cálculo dos esforços pelo Processo de Cross	
1- Etapa hiperestática	179
1.1- Grau de deslocabilidade	179
1.2- Momentos de engastamento perfeito	179
1.3- Coeficientes de rigidez	181
1.4- Coeficientes de distribuição e de propagação	181
1.5- Compensação dos momentos fletores	182
2- Etapa isostática	183
2.1- Ação de nó sobre barra	183
2.2- Diagrama das reações de apoio	184
2.3- Diagrama de forças cortantes	185
2.4- Diagrama de momentos fletores	185
2.5- Cálculo analítico das forças cortantes e dos momentos fletores	187

BIBLIOGRAFIA

191