

Memorai de cálculo OAE

Ponte Sutil (do Tigre)



Cliente: Prefeitura de Dom Feliciano-RS

Obra: Ponte Sutil – do Tigre

Responsável técnico: Ademar Beiersdorf de Oliveira CREA: RS 212.886

Sumário

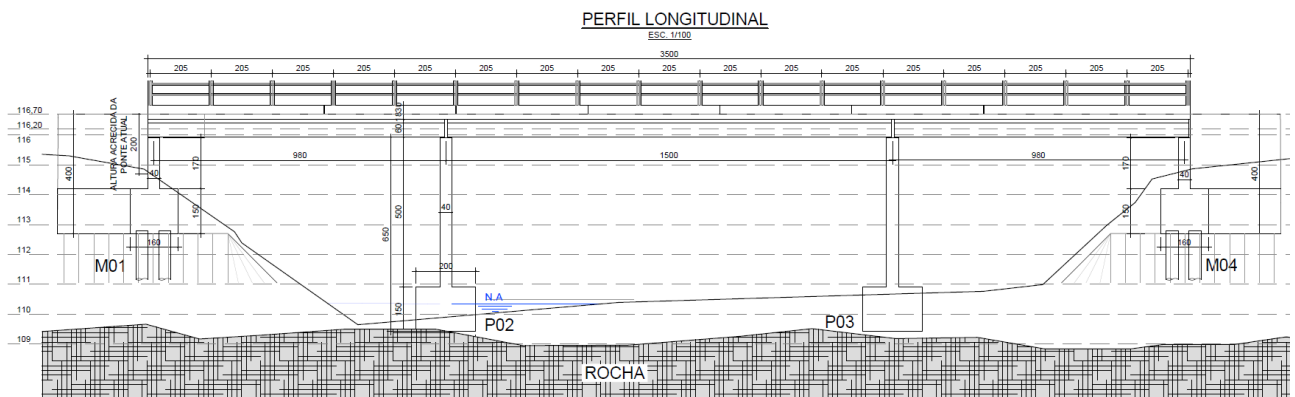
Dados iniciais	2
RESULTADO LONGARINAS	4
Geometria Longarina 01 – 980cm:	4
Seção transversal	4
Ações consideradas	5
Combinações	6
Protensão	6
Esforços solicitantes	7
Estado limite de formação de fissura (ELS-F)	8
Estado limite de descompressão (ELS-D)	9
Estado limite de último no ato de protensão (ELU-ATO)	10
Geometria Longarina 02 – 1.480cm:	11
Seção transversal	12
Ações consideradas	13
Combinações	13
Protensão	14
Esforços solicitantes	15
Estado limite de formação de fissura (ELS-F)	16
Estado limite de descompressão (ELS-D)	16
Estado limite de último no ato de protensão (ELU-ATO)	17
RESULTADO PILARES PAREDES E FUNDAÇÕES	20
Apoios externos:	20
Apoios centrais:	20

Dados iniciais

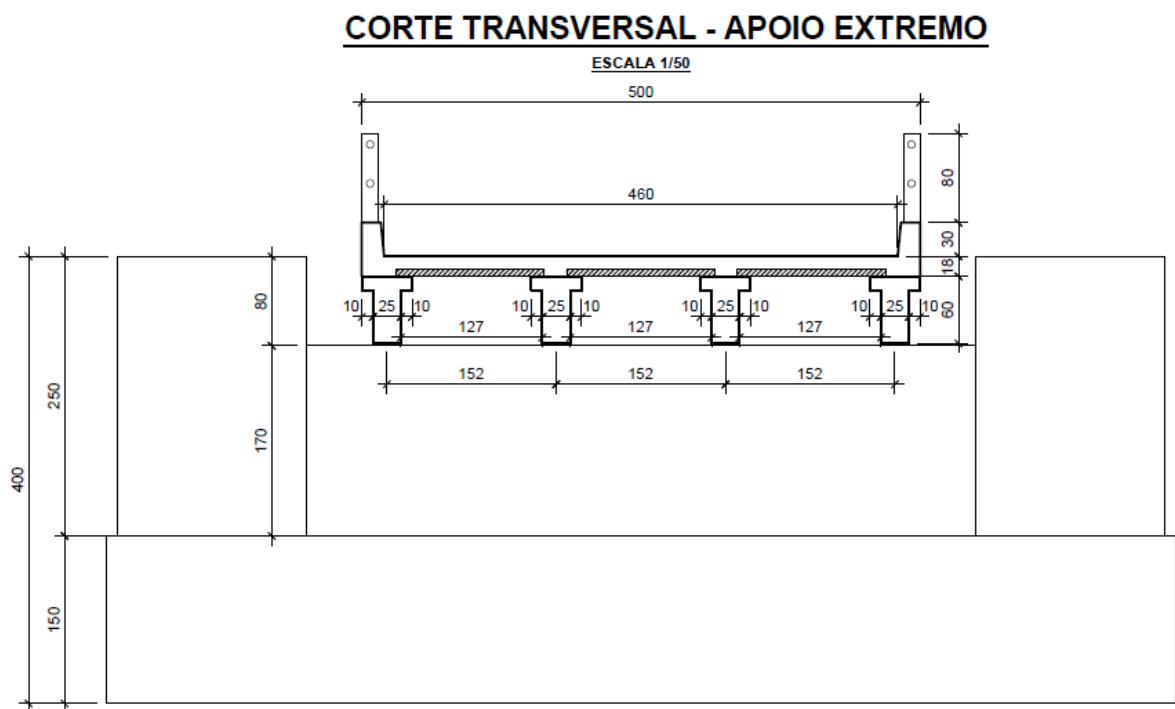
Trata-se de uma Ponte em estrada vicinal com baixo VMT com as seguintes características:
Extensão: 35,00m;
Largura: 5,00m (uma via sem passeio);

O tabuleiro será com longarinas pré-moldadas em concreto protendido, pré-lajes de concreto armado e com solidarizarão por concretagem em segunda etapa da capa da laje e transversinas de apoio.

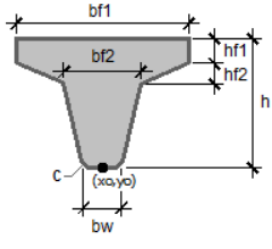
Perfil longitudinal



Perfil transversal

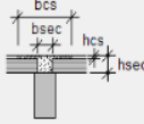


Dimensionamento das longarinas protendidas:



h	50	cm
hf1	12	cm
hf2	0	cm
bf1	40	cm
bf2	20	cm
bw	20	cm
c	0	cm
xo	0	cm

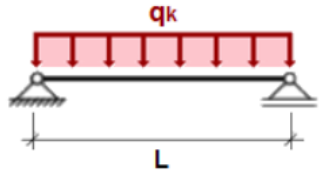
☒ Considerar seção solidarizada



bcs = 120,0 cm
 hcs = 15,0 cm
 bsec = 25,0 cm
 hsec = 21,0 cm

Cargas:

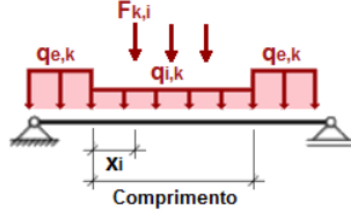
Cargas Permanentes:



+
-

	Carregamento	qk (tf/m)
▶	Permanente	0,96

Cargas Móvel – Trem Tipo Estilizado:



Carregamento: Acidental

Coef. de impacto = 1,35

Comprimento = 600,0 cm

qi,k = 0,10 tf/m

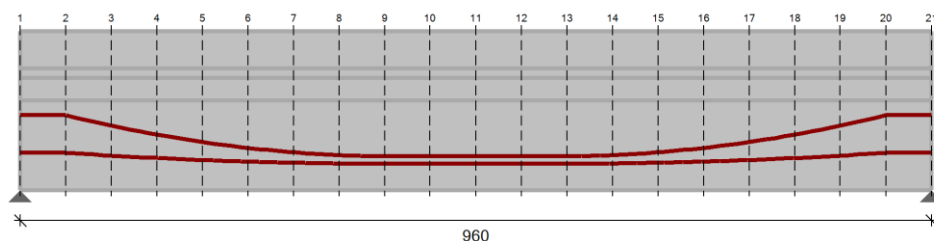
qe,k = 0,77 tf/m

+
-

	xi (cm)	Fyk,i (tf)
▶	150,0	5,00
	300,0	5,00
	450,0	5,00

RESULTADO LONGARINAS

Geometria Longarina 01 – 980cm:



Concreto:

$f_{ck} = 0,4 \text{ tf/cm}^2$
 $f_{ctm} = 0,04 \text{ tf/cm}^2$
 $E_c = 31 \text{ GPa}$

$f_{cj} = 0,26 \text{ tf/cm}^2$
 $f_{ctm,j} = 0,03 \text{ tf/cm}^2$
 $E_{c,j} = 25 \text{ GPa}$

$\gamma_c = 1,40$

Armadura ativa:

$f_{ptk} = 1900,00$
 $f_{pyk} = 1710,00$
 $E_p = 200 \text{ GPa}$

$\gamma_p = 1,15$

Armadura passiva:

$f_{yk} = 500,00$
 $E_s = 210 \text{ GPa}$

$\gamma_s = 1,15$

Seção transversal

Tabela 1: Propriedades geométricas seção transversal (ATO de protensão)

Seção	x (m)	h (m)	y _i (m)	y _s (m)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	W _i (m ³)	W _s (m ³)
1	0	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
2	0,48	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
3	0,96	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
4	1,44	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
5	1,92	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
6	2,4	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
7	2,88	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
8	3,36	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
9	3,84	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
10	4,32	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
11	4,8	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
12	5,28	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
13	5,76	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
14	6,24	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
15	6,72	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
16	7,2	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
17	7,68	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
18	8,16	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
19	8,64	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
20	9,12	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
21	9,6	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143

x - abscissa da seção
h - altura da seção transversal
 y_i - distância do centro de gravidade da seção à fibra inferior
 y_s - distância do centro de gravidade da seção à fibra superior
 A_c - área da seção transversal
 I_c - momento de inércia seção transversal
 W_i - módulo resistente da seção em relação a fibra inferior
 W_s - módulo resistente da seção em relação a fibra superior

Tabela 1: Propriedades geométricas seção transversal (FASE FINAL)

Seção	x (m)	h (m)	y_i (m)	y_s (m)	A_c (m ²)	I_c (m ⁴)	W_i (m ³)	W_s (m ³)
1	0	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
2	0,48	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
3	0,96	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
4	1,44	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
5	1,92	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
6	2,4	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
7	2,88	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
8	3,36	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
9	3,84	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
10	4,32	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
11	4,8	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
12	5,28	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
13	5,76	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
14	6,24	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
15	6,72	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
16	7,2	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
17	7,68	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
18	8,16	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
19	8,64	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
20	9,12	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
21	9,6	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986

x - abscissa da seção
h - altura da seção transversal
 y_i - distância do centro de gravidade da seção à fibra inferior
 y_s - distância do centro de gravidade da seção à fibra superior
 A_c - área da seção transversal
 I_c - momento de inércia seção transversal
 W_i - módulo resistente da seção em relação a fibra inferior
 W_s - módulo resistente da seção em relação a fibra superior

Ações consideradas

A tabela 1 apresenta os casos de carregamentos considerados, bem com os correspondentes coeficientes de ponderação e fatores de combinações das cargas variáveis.

Tabela 2: Casos de carregamentos considerados

Caso	γ_f	γ_f (fav.)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Peso próprio (G0)	1,4	1	-	-	-
Hiperestático de protensão (HP)	1,1	0,9	-	-	-
Permanente (G1)	1,4	1	-	-	-
Acidental (Q)	1,4	-	0,7	0,6	0,4

γ_f - coeficiente de ponderação para as ações
 ψ_0 - fator de redução de combinação para ELU
 ψ_1 - fator de redução de combinação frequente para ELS
 ψ_2 - fator de redução de combinação quase permanente para ELS

Combinações

A seguir são apresentadas as combinações de esforços solicitantes para os estados limites último e de serviço, obtidas de acordo com a NBR 8681.

Combinações últimas das ações (ELU)

As combinações últimas normais são dadas pela seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_g F_{Gi,k} + \gamma_q \left(F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right)$$

Onde:

$F_{G,k}$ é o valor característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característicos da ação variável admitida como principal;

$F_{Qj,k}$ é o valor característicos das ações variáveis secundárias.

Combinações de serviço das ações

A seguir são definidas as combinações em serviço:

- Combinação quase permanente (CQPERM): $F_{CQP} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$

- Combinação frequente (CFREQ): $F_{CF} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$

- Combinação rara (CRARA): $F_{CR} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{1j} F_{Qj,k}$

Protensão

Tabela 3: Força e momento de protensão nos instantes T_0 e T_∞

Seção	x (m)	P _i (tf)	P _o (tf)	MP _o (tf.m)	P _∞ (tf)	MP _∞ (tf.m)
1	0	84,00	75,06	-2,55	63,38	-2,15
2	48	84,00	75,09	-2,55	63,69	-2,16
3	96	84,00	75,37	-5,20	63,78	-4,40
4	144	84,00	75,39	-7,47	63,72	-6,31
5	192	84,00	75,42	-9,36	63,69	-7,90
6	240	84,00	75,44	-10,86	63,69	-9,17
7	288	84,00	75,47	-11,98	63,72	-10,11
8	336	84,00	75,52	-12,71	63,78	-10,74

9	384	84,00	75,57	-13,06	63,88	-11,04
10	432	84,00	75,61	-13,10	63,97	-11,08
11	480	84,00	75,63	-13,10	64,01	-11,09
12	528	84,00	75,65	-13,10	64,00	-11,08
13	576	84,00	75,69	-13,08	63,96	-11,05
14	624	84,00	75,76	-12,75	63,96	-10,77
15	672	84,00	75,84	-12,04	63,99	-10,15
16	720	84,00	75,94	-10,93	64,05	-9,22
17	768	84,00	76,04	-9,43	64,15	-7,95
18	816	84,00	76,15	-7,53	64,28	-6,36
19	864	84,00	76,25	-5,24	64,44	-4,43
20	912	84,00	76,34	-2,55	64,64	-2,16
21	960	84,00	76,68	-2,53	64,61	-2,14

x - abscissa da seção

P_i - força máxima aplicada à armadura de protensão pelo equipamento de tração

P_o - força de protensão após as perdas imediatas (t=0)

MP_o - momento isostático após as perdas imediatas (t=0)

P_∞ - força de protensão após todas as perdas ao longo do tempo (t=∞)

MP_∞ - momento isostático de protensão após todas as perdas ao longo do tempo (t=∞)

Esforços solicitantes

Tabela 4: Momento fletor combinações ELS e ELU (tf.m)

Seção	x (m)	M _{CQP,max}	M _{CQP,min}	M _{CF,max}	M _{CF,min}	M _{CR,max}	M _{CR,min}	M _{Sd,max}	M _{Sd,min}
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,48	6,06	3,12	7,53	3,12	10,46	3,12	14,65	3,12
3	0,96	11,39	5,91	14,13	5,91	19,62	5,91	27,47	5,91
4	1,44	16,01	8,37	19,84	8,37	27,48	8,37	38,47	8,37
5	1,92	19,94	10,50	24,66	10,50	34,10	10,50	47,74	10,50
6	2,4	23,19	12,31	28,63	12,31	39,51	12,31	55,32	12,31
7	2,88	25,76	13,79	31,75	13,79	43,73	13,79	61,23	13,79
8	3,36	27,92	14,93	34,41	14,93	47,39	14,93	66,35	14,93
9	3,84	29,57	15,75	36,48	15,75	50,29	15,75	70,41	15,75
10	4,32	30,58	16,25	37,75	16,25	52,09	16,25	72,92	16,25
11	4,8	30,92	16,41	38,18	16,41	52,68	16,41	73,76	16,41
12	5,28	30,58	16,25	37,75	16,25	52,09	16,25	72,92	16,25
13	5,76	29,57	15,75	36,48	15,75	50,29	15,75	70,41	15,75
14	6,24	27,92	14,93	34,41	14,93	47,39	14,93	66,35	14,93
15	6,72	25,76	13,79	31,75	13,79	43,73	13,79	61,23	13,79
16	7,2	23,19	12,31	28,63	12,31	39,51	12,31	55,32	12,31
17	7,68	19,94	10,50	24,66	10,50	34,10	10,50	47,74	10,50
18	8,16	16,01	8,37	19,84	8,37	27,48	8,37	38,47	8,37
19	8,64	11,39	5,91	14,13	5,91	19,62	5,91	27,47	5,91
20	9,12	6,06	3,12	7,53	3,12	10,46	3,12	14,65	3,12
21	9,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

x - abscissa da seção

$M_{CQP,max}$ – Momento fletor máximo para combinação quase permanente

$M_{CQP,min}$ – Momento fletor mínimo para combinação quase permanente

$M_{CF,max}$ – Momento fletor máximo para combinação frequente

$M_{CF,min}$ – Momento fletor mínimo para combinação frequente

$M_{CR,max}$ – Momento fletor máximo para combinação rara

$M_{CR,min}$ – Momento fletor mínimo para combinação rara

$M_{Sd,max}$ – Momento fletor máximo para combinação ELU

$M_{Sd,min}$ – Momento fletor mínimo para combinação ELU

Tabela 5: Esforço cortante combinações ELS e ELU (tf)

Seção	x (m)	$V_{CQP,max}$	$V_{CQP,min}$	$V_{CF,max}$	$V_{CF,min}$	$V_{CR,max}$	$V_{CR,min}$	$V_{Sd,max}$	$V_{Sd,min}$
1	0	13,41	6,86	16,69	6,86	23,25	6,86	32,55	6,86
2	0,48	12,30	6,05	15,37	5,99	21,50	5,87	30,10	5,75
3	0,96	11,20	5,24	14,05	5,12	19,76	4,88	27,67	4,64
4	1,44	10,10	4,43	12,74	4,25	18,04	3,88	25,25	3,51
5	1,92	9,00	3,52	11,44	3,22	16,33	2,63	22,86	2,03
6	2,4	7,91	2,59	10,15	2,17	14,63	1,33	20,48	0,49
7	2,88	6,82	1,65	8,87	1,10	12,95	0,01	18,13	-1,08
8	3,36	5,75	0,63	7,59	-0,08	11,28	-1,51	15,79	-2,93
9	3,84	4,67	-0,42	6,32	-1,32	9,62	-3,12	13,47	-4,91
10	4,32	3,60	-1,48	5,06	-2,56	7,98	-4,73	11,17	-6,89
11	4,8	2,54	-2,54	3,81	-3,81	6,35	-6,35	8,96	-8,96
12	5,28	1,48	-3,60	2,56	-5,06	4,73	-7,98	6,89	-11,17
13	5,76	0,42	-4,67	1,32	-6,32	3,12	-9,62	4,91	-13,47
14	6,24	-0,63	-5,75	0,08	-7,59	1,51	-11,28	2,93	-15,79
15	6,72	-1,65	-6,82	-1,10	-8,87	-0,01	-12,95	1,08	-18,13
16	7,2	-2,59	-7,91	-2,17	-10,15	-1,33	-14,63	-0,49	-20,48
17	7,68	-3,52	-9,00	-3,22	-11,44	-2,63	-16,33	-2,03	-22,86
18	8,16	-4,43	-10,10	-4,25	-12,74	-3,88	-18,04	-3,51	-25,25
19	8,64	-5,24	-11,20	-5,12	-14,05	-4,88	-19,76	-4,64	-27,67
20	9,12	-6,05	-12,30	-5,99	-15,37	-5,87	-21,50	-5,75	-30,10
21	9,6	-6,86	-13,41	-6,86	-16,69	-6,86	-23,25	-6,86	-32,55

x - abscissa da seção

$V_{CQP,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação quase permanente

$V_{CQP,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação quase permanente

$V_{CF,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação frequente

$V_{CF,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação frequente

$V_{CR,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação rara

$V_{CR,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação rara

$V_{Sd,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação ELU

$V_{Sd,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação ELU

Estado limite de formação de fissura (ELS-F)

Tabela 6: Verificação ELS-F ($\sigma_c \leq 0,03 \text{ tf/cm}^2$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
1	0	-0,05	-0,03
2	0,48	-0,04	-0,03
3	0,96	-0,04	-0,02
4	1,44	-0,04	-0,02
5	1,92	-0,05	-0,01
6	2,4	-0,05	-0,01
7	2,88	-0,05	0,00

8	3,36	-0,05	0,00
9	3,84	-0,04	0,01
10	4,32	-0,04	0,01
11	4,8	-0,04	0,01
12	5,28	-0,04	0,01
13	5,76	-0,04	0,01
14	6,24	-0,05	0,00
15	6,72	-0,05	0,00
16	7,2	-0,05	-0,01
17	7,68	-0,05	-0,01
18	8,16	-0,04	-0,02
19	8,64	-0,04	-0,02
20	9,12	-0,04	-0,03
21	9,6	-0,05	-0,03

x - abscissa da seção

$\sigma_{c,min}$ – Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ – Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Estado limite de descompressão (ELS-D)

Tabela 7: Verificação ELS-D ($\sigma_c \leq 0$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
1	0	-0,05	-0,03
2	0,48	-0,04	-0,03
3	0,96	-0,04	-0,03
4	1,44	-0,04	-0,02
5	1,92	-0,05	-0,02
6	2,4	-0,05	-0,01
7	2,88	-0,05	-0,01
8	3,36	-0,05	-0,01
9	3,84	-0,04	-0,01
10	4,32	-0,04	-0,01
11	4,8	-0,04	-0,01
12	5,28	-0,04	-0,01
13	5,76	-0,04	-0,01
14	6,24	-0,05	-0,01
15	6,72	-0,05	-0,01
16	7,2	-0,05	-0,01
17	7,68	-0,05	-0,02
18	8,16	-0,04	-0,02
19	8,64	-0,04	-0,03
20	9,12	-0,04	-0,03
21	9,6	-0,05	-0,03

x - abscissa da seção

$\sigma_{c,min}$ – Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ – Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Estado limite de último no ato de protensão (ELU-ATO)

Tabela 8: Verificação ELU-ATO ($-0,18 \text{ tf/cm}^2 \leq \sigma_c \leq 0,04 \text{ tf/cm}^2$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
1	0	-0,06	-0,03
2	0,48	-0,06	-0,04
3	0,96	-0,07	-0,03
4	1,44	-0,08	-0,02
5	1,92	-0,09	-0,02
6	2,4	-0,09	-0,01
7	2,88	-0,10	-0,01
8	3,36	-0,10	-0,01
9	3,84	-0,10	-0,01
10	4,32	-0,10	-0,01
11	4,8	-0,10	-0,01
12	5,28	-0,10	-0,01
13	5,76	-0,10	-0,01
14	6,24	-0,10	-0,01
15	6,72	-0,10	-0,01
16	7,2	-0,09	-0,01
17	7,68	-0,09	-0,02
18	8,16	-0,08	-0,02
19	8,64	-0,07	-0,03
20	9,12	-0,06	-0,04
21	9,6	-0,06	-0,04

x - abscissa da seção

$\sigma_{c,min}$ - Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ - Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Seção (cm)	d (cm)	Msd (tf.m)	As,cal (cm ²)	As' (cm ²)	x/n (cm)	1/r (1/m)	Mrd (tf.m)	As,min (cm ²)
0,0	80,00	0,00	0,000	0,000	8,59	1,72E+001	38,79	4,988
48,0	80,00	14,65	0,000	0,000	8,61	1,72E+001	38,94	4,988
96,0	80,00	27,47	0,000	0,000	8,52	1,68E+001	41,60	4,988
144,0	80,00	38,47	0,000	0,000	8,43	1,65E+001	43,81	4,988
192,0	80,00	47,74	0,645	0,000	8,00	1,39E+001	47,74	4,988
240,0	80,00	55,32	2,500	0,000	8,47	1,40E+001	55,32	4,988
288,0	80,00	61,23	3,981	0,000	8,74	1,40E+001	61,23	4,988
336,0	80,00	66,35	5,331	0,000	9,00	1,41E+001	66,35	4,988
384,0	80,00	70,41	6,467	0,000	9,22	1,41E+001	70,41	4,988
432,0	80,00	72,92	7,218	0,000	9,36	1,42E+001	72,92	4,988
480,0	80,00	73,76	7,470	0,000	9,41	1,42E+001	73,76	4,988
528,0	80,00	72,92	7,213	0,000	9,36	1,42E+001	72,92	4,988
576,0	80,00	70,41	6,452	0,000	9,22	1,41E+001	70,41	4,988
624,0	80,00	66,35	5,300	0,000	9,00	1,41E+001	66,35	4,988
672,0	80,00	61,23	3,934	0,000	8,74	1,40E+001	61,23	4,988
720,0	80,00	55,32	2,439	0,000	8,47	1,40E+001	55,32	4,988
768,0	80,00	47,74	0,569	0,000	8,01	1,39E+001	47,74	4,988
816,0	80,00	38,47	0,000	0,000	8,47	1,65E+001	44,11	4,988
864,0	80,00	27,47	0,000	0,000	8,56	1,68E+001	41,93	4,988
912,0	80,00	14,65	0,000	0,000	8,67	1,73E+001	39,38	4,988
960,0	80,00	0,00	0,000	0,000	8,66	1,73E+001	39,36	4,988

Onde:

d - altura útil da seção transversal

Msd - momento fletor solicitante de cálculo

As,cal - armadura longitudinal calculada

As,min - armadura longitudinal mínima

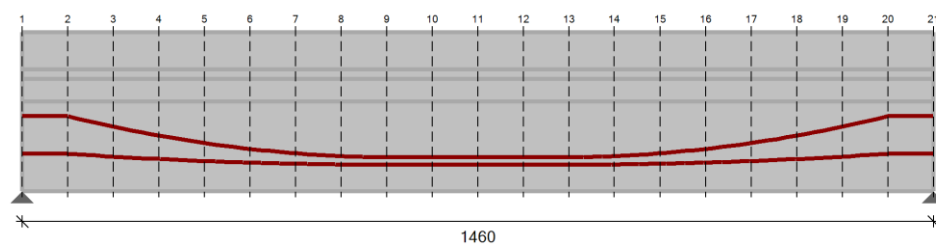
Seção (cm)	bw,min (cm)	bw,med (cm)	d (cm)	Vsd (#)	Vpd (#)	Vrd2 (#)	Vc (#)	Asw,cal (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)	Asw,nec (cm²/m)	k (fadiga)
0	25	29	80	32,55	0,00	129,60	25,61	2,219	4,070	6,357	2,865
48	25	29	80	30,10	0,00	129,60	25,61	1,436	4,070	4,192	2,920
96	25	29	80	27,67	-3,32	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
144	25	29	80	25,25	-3,31	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
192	25	29	80	22,86	-2,69	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
240	25	29	80	20,48	-2,07	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
288	25	29	80	18,13	-1,46	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
336	25	29	80	15,79	-0,85	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
384	25	29	80	13,47	-0,23	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
432	25	29	80	11,17	0,00	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
480	25	29	80	8,96	0,00	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
528	25	29	80	-11,17	0,00	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
576	25	29	80	-13,47	0,23	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
624	25	29	80	-15,79	0,85	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
672	25	29	80	-18,13	1,47	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
720	25	29	80	-20,48	2,09	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
768	25	29	80	-22,86	2,71	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
816	25	29	80	-25,25	3,33	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
864	25	29	80	-27,67	3,96	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
912	25	29	80	-30,10	4,60	129,60	25,61	0,000	4,070	4,070	0,000
960	25	29	80	-32,55	0,00	129,60	25,61	2,219	4,070	6,357	2,865

Onde:

bw,min - menor largura da seção transversal. No caso de elementos estruturais protendidos a largura resistente a considerar deve ser $(bw - 1/ZZ \cdot \phi)$.

bw,med - largura média da seção transversal

Geometria Longarina 02 – 1.480cm:



Concreto:

$$f_{ck} = 0,4 \text{ tf/cm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,04 \text{ tf/cm}^2$$

$$E_c = 31 \text{ GPa}$$

$$f_{cj} = 0,26 \text{ tf/cm}^2$$

$$f_{ctm,j} = 0,03 \text{ tf/cm}^2$$

$$E_{c,j} = 25 \text{ GPa}$$

$$\gamma_c = 1,40$$

Armadura ativa:

$$f_{ptk} = 1900,00$$

$$f_{pyk} = 1710,00$$

$$E_p = 200 \text{ GPa}$$

$$\gamma_p = 1,15$$

Armadura passiva:

$$f_{yk} = 500,00$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

Seção transversal

Tabela 1: Propriedades geométricas seção transversal (ATO de protensão)

Seção	x (m)	h (m)	y _i (m)	y _s (m)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	W _i (m ³)	W _s (m ³)
1	0	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
2	0,73	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
3	1,46	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
4	2,19	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
5	2,92	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
6	3,65	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
7	4,38	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
8	5,11	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
9	5,84	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
10	6,57	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
11	7,3	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
12	8,03	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
13	8,76	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
14	9,49	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
15	10,22	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
16	10,95	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
17	11,68	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
18	12,41	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
19	13,14	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
20	13,87	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143
21	14,6	0,6	0,3331	0,2669	0,174	0,00572	0,01717	0,02143

x - abscissa da seção

h - altura da seção transversal

y_i - distância do centro de gravidade da seção à fibra inferior

y_s - distância do centro de gravidade da seção à fibra superior

A_c - área da seção transversal

I_c - momento de inércia seção transversal

W_i - módulo resistente da seção em relação a fibra inferior

W_s - módulo resistente da seção em relação a fibra superior

Tabela 9: Propriedades geométricas seção transversal (FASE FINAL)

Seção	x (m)	h (m)	y _i (m)	y _s (m)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	W _i (m ³)	W _s (m ³)
1	0	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
2	0,73	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
3	1,46	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
4	2,19	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
5	2,92	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
6	3,65	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
7	4,38	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
8	5,11	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
9	5,84	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
10	6,57	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
11	7,3	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
12	8,03	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
13	8,76	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
14	9,49	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
15	10,22	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
16	10,95	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986

17	11,68	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
18	12,41	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
19	13,14	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
20	13,87	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986
21	14,6	0,85	0,5624	0,2876	0,39392	0,02297	0,04084	0,07986

x - abscissa da seção

h - altura da seção transversal

y_i - distância do centro de gravidade da seção à fibra inferior

y_s - distância do centro de gravidade da seção à fibra superior

A_c - área da seção transversal

I_c - momento de inércia seção transversal

W_i - módulo resistente da seção em relação a fibra inferior

W_s - módulo resistente da seção em relação a fibra superior

Ações consideradas

A tabela 1 apresenta os casos de carregamentos considerados, bem com os correspondentes coeficientes de ponderação e fatores de combinações das cargas variáveis.

Tabela 10: Casos de carregamentos considerados

Caso	γ_f	γ_f (fav.)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Peso próprio (G0)	1,4	1	-	-	-
Hiperestático de protensão (HP)	1,1	0,9	-	-	-
Permanente (G1)	1,4	1	-	-	-
Acidental (Q)	1,4	-	0,7	0,6	0,4

γ_f - coeficiente de ponderação para as ações

ψ_0 - fator de redução de combinação para ELU

ψ_1 - fator de redução de combinação frequente para ELS

ψ_2 - fator de redução de combinação quase permanente para ELS

Combinações

A seguir são apresentadas as combinações de esforços solicitantes para os estados limites último e de serviço, obtidas de acordo com a NBR 8681.

Combinações últimas das ações (ELU)

As combinações últimas normais são dadas pela seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_g F_{Gi,k} + \gamma_q \left(F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right)$$

Onde:

$F_{G,k}$ é o valor característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característicos da ação variável admitida como principal;

$F_{Qj,k}$ é o valor característicos das ações variáveis secundárias.

Combinações de serviço das ações

A seguir são definidas as combinações em serviço:

- Combinação quase permanente (CQPERM): $F_{CQP} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$

- Combinação frequente (CFREQ): $F_{CF} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} F_{Qj,k}$

- Combinação rara (CRARA): $F_{CR} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{1j} F_{Qj,k}$

Protensão

Tabela 11: Força e momento de protensão nos instantes T_0 e T_∞

Seção	x (m)	P _i (tf)	P _o (tf)	MP _o (tf.m)	P _∞ (tf)	MP _∞ (tf.m)
1	0	168,00	154,82	-5,17	124,57	-4,16
2	73	168,00	154,86	-5,17	125,88	-4,21
3	146	168,00	154,71	-10,63	125,53	-8,62
4	219	168,00	154,48	-15,28	125,27	-12,39
5	292	168,00	154,24	-19,12	125,13	-15,51
6	365	168,00	154,02	-22,16	125,10	-18,00
7	438	168,00	153,84	-24,41	125,18	-19,86
8	511	168,00	153,72	-25,87	125,35	-21,10
9	584	168,00	153,69	-26,56	125,62	-21,71
10	657	168,00	153,71	-26,62	125,92	-21,80
11	730	168,00	153,72	-26,62	126,02	-21,82
12	803	168,00	153,71	-26,62	125,92	-21,80
13	876	168,00	153,69	-26,56	125,62	-21,71
14	949	168,00	153,72	-25,87	125,35	-21,10
15	1022	168,00	153,84	-24,41	125,18	-19,86
16	1095	168,00	154,02	-22,17	125,10	-18,00
17	1168	168,00	154,24	-19,13	125,13	-15,52
18	1241	168,00	154,48	-15,29	125,27	-12,40
19	1314	168,00	154,71	-10,64	125,52	-8,63
20	1387	168,00	154,86	-5,18	125,88	-4,21
21	1460	168,00	154,82	-5,17	124,57	-4,16

x - abscissa da seção

P_i - força máxima aplicada à armadura de protensão pelo equipamento de tração

P_o - força de protensão após as perdas imediatas (t=0)

MP_o - momento isostático após as perdas imediatas (t=0)

P_∞ - força de protensão após todas as perdas ao longo do tempo (t=∞)

MP_∞ - momento isostático de protensão após todas as perdas ao longo do tempo (t=∞)

Esforços solicitantes

Tabela 12: Momento fletor combinações ELS e ELU (tf.m)

Seção	x (m)	M _{CQP,max}	M _{CQP,min}	M _{CF,max}	M _{CF,min}	M _{CR,max}	M _{CR,min}	M _{Sd,max}	M _{Sd,min}
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,73	12,29	7,21	14,83	7,21	19,90	7,21	27,86	7,21
3	1,46	23,15	13,66	27,90	13,66	37,39	13,66	52,34	13,66
4	2,19	32,65	19,36	39,29	19,36	52,59	19,36	73,62	19,36
5	2,92	40,81	24,29	49,07	24,29	65,59	24,29	91,83	24,29
6	3,65	47,65	28,47	57,24	28,47	76,42	28,47	106,99	28,47
7	4,38	53,16	31,88	63,80	31,88	85,07	31,88	119,10	31,88
8	5,11	57,60	34,54	69,12	34,54	92,18	34,54	129,05	34,54
9	5,84	60,88	36,44	73,10	36,44	97,54	36,44	136,56	36,44
10	6,57	62,87	37,58	75,52	37,58	100,81	37,58	141,13	37,58
11	7,3	63,53	37,96	76,32	37,96	101,90	37,96	142,66	37,96
12	8,03	62,87	37,58	75,52	37,58	100,81	37,58	141,13	37,58
13	8,76	60,88	36,44	73,10	36,44	97,54	36,44	136,56	36,44
14	9,49	57,60	34,54	69,12	34,54	92,18	34,54	129,05	34,54
15	10,22	53,16	31,88	63,80	31,88	85,07	31,88	119,10	31,88
16	10,95	47,65	28,47	57,24	28,47	76,42	28,47	106,99	28,47
17	11,68	40,81	24,29	49,07	24,29	65,59	24,29	91,83	24,29
18	12,41	32,65	19,36	39,29	19,36	52,59	19,36	73,62	19,36
19	13,14	23,15	13,66	27,90	13,66	37,39	13,66	52,34	13,66
20	13,87	12,29	7,21	14,83	7,21	19,90	7,21	27,86	7,21
21	14,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

x - abscissa da seção

M_{CQP,max} – Momento fletor máximo para combinação quase permanente

M_{CQP,min} – Momento fletor mínimo para combinação quase permanente

M_{CF,max} – Momento fletor máximo para combinação frequente

M_{CF,min} – Momento fletor mínimo para combinação frequente

M_{CR,max} – Momento fletor máximo para combinação rara

M_{CR,min} – Momento fletor mínimo para combinação rara

M_{Sd,max} – Momento fletor máximo para combinação ELU

M_{Sd,min} – Momento fletor mínimo para combinação ELU

Tabela 13: Esforço cortante combinações ELS e ELU (tf)

Seção	x (m)	V _{CQP,max}	V _{CQP,min}	V _{CF,max}	V _{CF,min}	V _{CR,max}	V _{CR,min}	V _{Sd,max}	V _{Sd,min}
1	0	17,87	10,43	21,59	10,43	29,03	10,43	40,64	10,43
2	0,73	16,35	9,26	19,83	9,20	26,79	9,08	37,50	8,96
3	1,46	14,83	8,09	18,07	7,97	24,56	7,72	34,39	7,47
4	2,19	13,32	6,82	16,34	6,58	22,36	6,09	31,30	5,61
5	2,92	11,82	5,52	14,61	5,15	20,18	4,41	28,25	3,67
6	3,65	10,33	4,13	12,89	3,59	18,01	2,50	25,22	1,42
7	4,38	8,85	2,72	11,19	1,99	15,87	0,53	22,22	-0,92
8	5,11	7,38	1,30	9,50	0,38	13,75	-1,45	19,25	-3,28
9	5,84	5,91	-0,13	7,82	-1,23	11,65	-3,45	16,31	-5,66
10	6,57	4,45	-1,56	6,16	-2,86	9,57	-5,47	13,39	-8,07
11	7,3	3,00	-3,00	4,50	-4,50	7,51	-7,51	10,62	-10,62
12	8,03	1,56	-4,45	2,86	-6,16	5,47	-9,57	8,07	-13,39
13	8,76	0,13	-5,91	1,23	-7,82	3,45	-11,65	5,66	-16,31
14	9,49	-1,30	-7,38	-0,38	-9,50	1,45	-13,75	3,28	-19,25
15	10,22	-2,72	-8,85	-1,99	-11,19	-0,53	-15,87	0,92	-22,22
16	10,95	-4,13	-10,33	-3,59	-12,89	-2,50	-18,01	-1,42	-25,22

17	11,68	-5,52	-11,82	-5,15	-14,61	-4,41	-20,18	-3,67	-28,25
18	12,41	-6,82	-13,32	-6,58	-16,34	-6,09	-22,36	-5,61	-31,30
19	13,14	-8,09	-14,83	-7,97	-18,07	-7,72	-24,56	-7,47	-34,39
20	13,87	-9,26	-16,35	-9,20	-19,83	-9,08	-26,79	-8,96	-37,50
21	14,6	-10,43	-17,87	-10,43	-21,59	-10,43	-29,03	-10,43	-40,64

x - abcissa da seção

$V_{CQP,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação quase permanente

$V_{CQP,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação quase permanente

$V_{CF,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação frequente

$V_{CF,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação frequente

$V_{CR,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação rara

$V_{CR,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação rara

$V_{Sd,max}$ – Esforço cortante máximo para combinação ELU

$V_{Sd,min}$ – Esforço cortante mínimo para combinação ELU

Estado limite de formação de fissura (ELS-F)

Tabela 14: Verificação ELS-F ($\sigma_c \leq 0,03 \text{ tf/cm}^2$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
1	0	-0,10	-0,05
2	0,73	-0,07	-0,05
3	1,46	-0,07	-0,04
4	2,19	-0,07	-0,03
5	2,92	-0,08	-0,01
6	3,65	-0,07	0,00
7	4,38	-0,07	0,00
8	5,11	-0,07	0,01
9	5,84	-0,07	0,02
10	6,57	-0,06	0,03
11	7,3	-0,06	0,03
12	8,03	-0,06	0,03
13	8,76	-0,07	0,02
14	9,49	-0,07	0,01
15	10,22	-0,07	0,00
16	10,95	-0,07	0,00
17	11,68	-0,08	-0,01
18	12,41	-0,07	-0,03
19	13,14	-0,07	-0,04
20	13,87	-0,07	-0,05
21	14,6	-0,10	-0,05

x - abcissa da seção

$\sigma_{c,min}$ – Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ – Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Estado limite de descompressão (ELS-D)

Tabela 15: Verificação ELS-D ($\sigma_c \leq 0$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
-------	-------	---	---

1	0	-0,10	-0,05
2	0,73	-0,07	-0,06
3	1,46	-0,07	-0,05
4	2,19	-0,07	-0,04
5	2,92	-0,08	-0,03
6	3,65	-0,07	-0,03
7	4,38	-0,07	-0,02
8	5,11	-0,07	-0,01
9	5,84	-0,07	-0,01
10	6,57	-0,06	0,00
11	7,3	-0,06	0,00
12	8,03	-0,06	0,00
13	8,76	-0,07	-0,01
14	9,49	-0,07	-0,01
15	10,22	-0,07	-0,02
16	10,95	-0,07	-0,03
17	11,68	-0,08	-0,03
18	12,41	-0,07	-0,04
19	13,14	-0,07	-0,05
20	13,87	-0,07	-0,06
21	14,6	-0,10	-0,05

x - abscissa da seção

$\sigma_{c,min}$ – Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ – Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Estado limite de último no ato de protensão (ELU-ATO)

Tabela 16: Verificação ELU-ATO ($-0,18 \text{ tf/cm}^2 \leq \sigma_c \leq 0,04 \text{ tf/cm}^2$)

Seção	x (m)	$\sigma_{c,min}$ (tf/cm ²)	$\sigma_{c,max}$ (tf/cm ²)
1	0	-0,13	-0,07
2	0,73	-0,12	-0,08
3	1,46	-0,14	-0,06
4	2,19	-0,16	-0,05
5	2,92	-0,17	-0,04
6	3,65	-0,18	-0,03
7	4,38	-0,19	-0,02
8	5,11	-0,20	-0,02
9	5,84	-0,20	-0,02
10	6,57	-0,19	-0,02
11	7,3	-0,19	-0,02
12	8,03	-0,19	-0,02
13	8,76	-0,20	-0,02
14	9,49	-0,20	-0,02
15	10,22	-0,19	-0,02
16	10,95	-0,18	-0,03
17	11,68	-0,17	-0,04
18	12,41	-0,16	-0,05
19	13,14	-0,14	-0,06
20	13,87	-0,12	-0,08
21	14,6	-0,13	-0,07

x - abscissa da seção

$\sigma_{c,min}$ - Tensão mínima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

$\sigma_{c,max}$ - Tensão máxima nas fibras de concreto (negativo para compressão)

Dimensionamento									
Dimensionamento - Armadura longitudinal - As,sup (ATO) - As,inf (Montagem) - As,inf (Final) - As,sup (Final) - Armadura transversal - Alças de içamento - Protensão	Seção (cm)	d (cm)	Mad (tf/m)	As,cal (cm²)	As' (cm²)	xln (cm)	1/x (1/m)	Mad (tf/m)	As,min (cm²)
	0.0	80.00	0.00	0.000	0.000	11.92	1.81E+001	68.01	4.988
	1022.0	80.00	119.10	10.885	0.000	12.71	1.49E+001	119.10	4.988
	1095.0	80.00	106.99	7.644	0.000	12.16	1.47E+001	106.99	4.988
	1168.0	80.00	91.83	3.659	0.000	11.47	1.46E+001	91.83	4.988
	1241.0	80.00	73.62	0.000	0.000	11.65	1.73E+001	77.00	4.988
	1314.0	80.00	52.34	0.000	0.000	11.80	1.76E+001	73.12	4.988
	1387.0	80.00	27.86	0.000	0.000	11.98	1.81E+001	68.59	4.988
	146.0	80.00	52.34	0.000	0.000	11.80	1.76E+001	73.11	4.988
	1460.0	80.00	0.00	0.000	0.000	11.92	1.81E+001	68.01	4.988
	219.0	80.00	73.62	0.000	0.000	11.65	1.73E+001	77.00	4.988
	292.0	80.00	91.83	3.660	0.000	11.47	1.46E+001	91.83	4.988
	365.0	80.00	106.99	7.645	0.000	12.16	1.47E+001	106.99	4.988
	438.0	80.00	119.10	10.885	0.000	12.71	1.49E+001	119.10	4.988
	511.0	80.00	129.05	13.639	0.000	13.20	1.50E+001	129.05	4.988
	584.0	80.00	136.56	15.819	0.000	13.62	1.51E+001	136.56	4.988
	657.0	80.00	141.13	17.230	0.000	13.91	1.51E+001	141.13	4.988
	73.0	80.00	27.86	0.000	0.000	11.98	1.81E+001	68.58	4.988
	730.0	80.00	142.66	17.705	0.000	14.01	1.52E+001	142.66	4.988
	803.0	80.00	141.13	17.230	0.000	13.91	1.51E+001	141.13	4.988
	876.0	80.00	136.56	15.819	0.000	13.62	1.51E+001	136.56	4.988
	949.0	80.00	129.05	13.639	0.000	13.20	1.50E+001	129.05	4.988
	Onde: d - altura útil da seção transversal Mad - momento fletor solicitante de cálculo As,cal - armadura longitudinal calculada As,min - armadura longitudinal mínima As,sup,inf - armadura superior, inferior								

Dimensionamento

Armadura longitudinal

As.sup (ATO)

As.inf (Montagem)

As.inf (Final)

As.sup (Final)

Armadura transversal

Asw (Cisalhamento)

Asw (Protensão)

Asw (Interface)

Alças de içamento

Protensão

Seção (cm)	bw.min (cm)	bw.med (cm)	d (cm)	Vsd (tf)	Vpd (tf)	Vsd2 (tf)	Vc (tf)	Asw.cal (cm²/m)	Asw.min (cm²/m)	Asw.nec (cm²/m)	k (fada)
0	25	29	80	40.64	0.00	129.60	25.69	4.777	4.070	14.291	2.991
73	25	29	80	37.50	0.00	129.60	25.69	3.774	4.070	11.409	3.023
146	25	29	80	34.39	-5.08	129.60	25.69	1.157	4.070	4.070	0.214
219	25	29	80	31.30	-4.27	129.60	25.69	0.428	4.070	4.070	0.000
292	25	29	80	28.25	-3.48	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
365	25	29	80	25.22	-2.68	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
438	25	29	80	22.22	-1.89	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
511	25	29	80	19.25	-1.09	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
584	25	29	80	16.31	-0.30	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
657	25	29	80	13.39	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
730	25	29	80	10.62	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
803	25	29	80	-13.39	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
876	25	29	80	-16.31	0.30	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
949	25	29	80	-19.25	1.09	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1022	25	29	80	-22.22	1.89	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1095	25	29	80	-25.22	2.68	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1168	25	29	80	-28.25	3.47	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1241	25	29	80	-31.30	4.27	129.60	25.69	0.429	4.070	4.070	0.000
1314	25	29	80	-34.39	5.08	129.60	25.69	1.158	4.070	4.070	0.219
1387	25	29	80	-37.50	5.89	129.60	25.69	1.893	4.070	4.070	0.944
1460	25	29	80	-40.64	0.00	129.60	25.69	4.777	4.070	14.291	2.991

Onde:

bw.min - menor largura da seção transversal. No caso de elementos estruturais protendidos a largura resistente a considerar deve ser (bw - 1/22 ϕ).

bw.med - largura média da seção transversal

d - altura útil da seção transversal

Seção (cm)	bw.min (cm)	bw.med (cm)	d (cm)	Vsd (tf)	Vpd (tf)	Vrd2 (tf)	Vc (tf)	Asw.cal (cm²/m)	Asw.min (cm²/m)	Asw.nec (cm²/m)	k (fadiga)
0	25	29	80	40.64	0.00	129.60	25.69	4.777	4.070	14.291	2.991
1022	25	29	80	-22.22	1.89	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1095	25	29	80	-25.22	2.68	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1168	25	29	80	-28.25	3.47	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
1241	25	29	80	-31.30	4.27	129.60	25.69	0.429	4.070	4.070	0.000
1314	25	29	80	-34.39	5.08	129.60	25.69	1.158	4.070	4.070	0.219
1387	25	29	80	-37.50	5.89	129.60	25.69	1.893	4.070	4.070	0.944
146	25	29	80	34.39	-5.08	129.60	25.69	1.157	4.070	4.070	0.214
1460	25	29	80	-40.64	0.00	129.60	25.69	4.777	4.070	14.291	2.991
219	25	29	80	31.30	-4.27	129.60	25.69	0.428	4.070	4.070	0.000
292	25	29	80	28.25	-3.48	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
365	25	29	80	25.22	-2.68	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
438	25	29	80	22.22	-1.89	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
511	25	29	80	19.25	-1.09	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
584	25	29	80	16.31	-0.30	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
657	25	29	80	13.39	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
73	25	29	80	37.50	0.00	129.60	25.69	3.774	4.070	11.409	3.023
730	25	29	80	10.62	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
803	25	29	80	-13.39	0.00	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
876	25	29	80	-16.31	0.30	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000
949	25	29	80	-19.25	1.09	129.60	25.69	0.000	4.070	4.070	0.000

Onde:

bw.min - menor largura da seção transversal. No caso de elementos estruturais protendidos a largura resistente a considerar deve ser $(bw - 1/22 \phi)$.

bw.med - largura média da seção transversal

d - altura útil da seção transversal

Seção (cm)	d (cm)	Msd (tf.m)	As.cal (cm²)	As' (cm²)	xln (cm)	1/r (1/m)	Mrd (tf.m)	As.min (cm²)
0.0	80.00	0.00	0.000	0.000	11.92	1.81E+001	68.01	4.988
1022.0	80.00	119.10	10.885	0.000	12.71	1.49E+001	119.10	4.988
1095.0	80.00	106.99	7.644	0.000	12.16	1.47E+001	106.99	4.988
1168.0	80.00	91.83	3.659	0.000	11.47	1.46E+001	91.83	4.988
1241.0	80.00	73.62	0.000	0.000	11.65	1.73E+001	77.00	4.988
1314.0	80.00	52.34	0.000	0.000	11.80	1.76E+001	73.12	4.988
1387.0	80.00	27.86	0.000	0.000	11.98	1.81E+001	68.59	4.988
146.0	80.00	52.34	0.000	0.000	11.80	1.76E+001	73.11	4.988
1460.0	80.00	0.00	0.000	0.000	11.92	1.81E+001	68.01	4.988
219.0	80.00	73.62	0.000	0.000	11.65	1.73E+001	77.00	4.988
292.0	80.00	91.83	3.660	0.000	11.47	1.46E+001	91.83	4.988
365.0	80.00	106.99	7.645	0.000	12.16	1.47E+001	106.99	4.988
438.0	80.00	119.10	10.885	0.000	12.71	1.49E+001	119.10	4.988
511.0	80.00	129.05	13.639	0.000	13.20	1.50E+001	129.05	4.988
584.0	80.00	136.56	15.819	0.000	13.62	1.51E+001	136.56	4.988
657.0	80.00	141.13	17.230	0.000	13.91	1.51E+001	141.13	4.988
73.0	80.00	27.86	0.000	0.000	11.98	1.81E+001	68.58	4.988
730.0	80.00	142.66	17.705	0.000	14.01	1.52E+001	142.66	4.988
803.0	80.00	141.13	17.230	0.000	13.91	1.51E+001	141.13	4.988
876.0	80.00	136.56	15.819	0.000	13.62	1.51E+001	136.56	4.988
949.0	80.00	129.05	13.639	0.000	13.20	1.50E+001	129.05	4.988

Onde:

d - altura útil da seção transversal

Msd - momento fletor solicitante de cálculo

As.cal - armadura longitudinal calculada

As.min - armadura longitudinal mínima

As.nec - armadura longitudinal necessária

RESULTADO PILARES PAREDES E FUNDAÇÕES

Apoios externos:

Para 4 vigas carga total de 130,20t;

$F_h = 0,20 \times 45.000 = 9.000 \text{ kg}$

$M = 350 \times 900 = 3.150.000 \text{ kgcm}$

Armadura dos pilares paredes

FLEXO COMPRESSÃO PROMON									
fck		300	Mpa						
h		40	cm						
d		36	cm						
b		600	cm						
h/d		1,111	cm						
N (kg)		130.200,00	kg						
M (kgcm)		3.150.000,00	kgcm						
Md=		4.410.000,00	kgcm						
Nd=		182.280,00	kgcm		DC03.1				
scd=		121,00	kg/cm ²		PG149				
v=		0,12		ro1=	0,2 %	As1=	50,4	cm ²	16/20
u=		0,04		ro2=	0,2 %	As2=	50,4	cm ²	16/20

Verificação da carga nas estacas apoios extremos.

Reação do tabuleiro: 130,20t;

Peso pilar parede + bloco: 102,20t;

Total: 232,40t

Carga por estaca: $232,40 / 12 = 18,37t < 30t$ (carga admissível)

Apoios centrais:

Para 4 vigas carga total de 325,12t;

$F_h = 0,20 \times 45.000 = 9.000 \text{ kg}$

$M = 350 \times 900 = 3.150.000 \text{ kgcm}$

Armadura dos pilares paredes

FLEXO COMPRESSÃO PROMON									
fck		300	Mpa						
h		40	cm						
d		36	cm						
b		600	cm						
h/d		1,111	cm						
N (kg)		325.120,00	kg						
M (kgcm)		3.150.000,00	kgcm						
Md=		4.410.000,00	kgcm						
Nd=		455.168,00	kgcm		DC03.1				
scd=		121,00	kg/cm ²		PG149				
v=		0,12		ro1=	0,2 %	As1=	50,4	cm ²	16/20
u=		0,04		ro2=	0,2 %	As2=	50,4	cm ²	16/20

Verificação da carga nas sapatas de apoios centrais.

Reação do tabuleiro: 325,15t;

Peso pilar parede + bloco: 92,02t;

Total: 417,17t

Sapata: $417,17 \times 10^3 / (200 \times 800) = 2,60 \text{ kgf/cm}^2$ (Rocha)

Camaquã, 22 de junho de 2026

Ademar Beiersdorf de Oliveira
Engenheiro Civil CREA: RS 212.886
Responsável Técnico