

# 1. MODELOS DE CÁLCULO

## 1.1. SUPERSTRUTURA – CONSOLAS E LAJE INTERMÉDIA

Modelo da Consola 3D

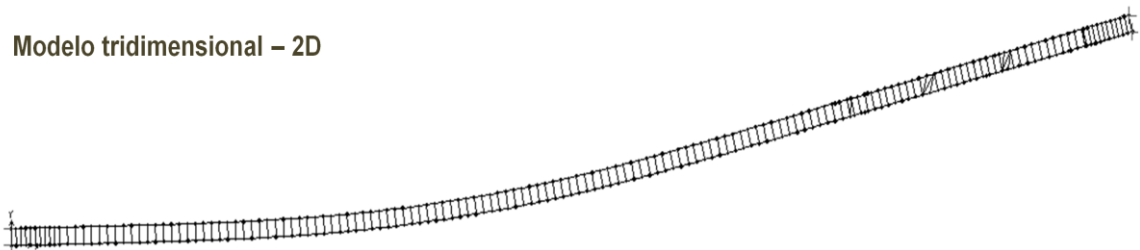


Modelo da Laje Intermédia 3D

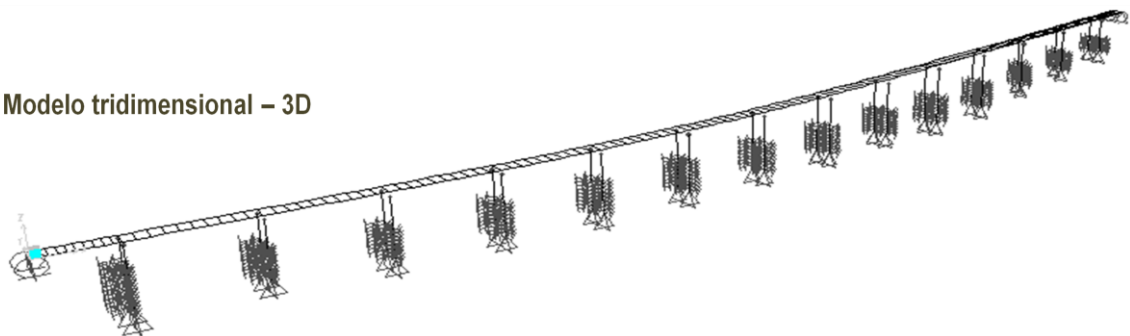


## 1.2. SUPERSTRUTURA – TABULEIRO

Modelo tridimensional – 2D



Modelo tridimensional – 3D



## 1.3. PILARES – ESTACA

*Os 3 modelos de cálculo dos pilares – estaca encontram-se apresentados no item 3.1 da Memória de Cálculo.*

## 2. PERDAS DE PRÉ-ESFORÇO

	SECÇÃO VAZADA	SECÇÃO MACIÇA
A (m <sup>2</sup> )	3,916	5,188
I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	0,788	0,885
V <sub>s</sub> (m)	0,509	0,556
V <sub>i</sub> (m)	0,891	0,844
e (m)	0,741	0,406

P0 (7 cabos) (kN)	25974,90
P0 (6 cabos) (kN)	22264,20

$\sigma_0(0)$ (MPa)	$\sigma_0$ (MPa)	$\mu$	k (rad/m)	$\delta$ (m)	E <sub>p</sub> (KPa)	E <sub>c</sub> (KPa)	$\alpha$	A <sub>s</sub> (Ø15) (m <sup>2</sup> )
930,00	1395,00	0,20	0,001	0,005	2,00E+08	3,35E+07	6,00	1,40E-04

### QUADRO I

#### Perdas de Pré-Esforço – Vãos (Nerv.1)

Vão (Nerv.1)	$\Delta\sigma_{p0,fr}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,rc}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,e}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,c}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt2,r}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s+tr}$ (MPa)	$\sigma_{p00}$ (MPa)	% perdas
E1-P1	42,68	66,78	7,29	31,50	52,30	65,61	136,69	1141,57	18,2
P1-P2	111,23	0,00	9,19		65,97	64,91	138,95	1135,62	18,6
P2-P3	107,68	0,00	10,87		77,98	65,27	149,56	1126,89	19,2
P3-P4	107,68	0,00	10,34		74,23	65,37	146,45	1130,53	19,0
P4-P5	107,68	0,00	10,49		75,27	65,34	147,31	1129,52	19,0
P5-P6	107,68	0,00	10,45		75,01	65,35	147,10	1129,77	19,0
P6-P7	107,68	0,00	10,47		75,12	65,34	147,19	1129,67	19,0
P7-P8	107,68	0,00	10,47		75,09	65,35	147,16	1129,69	19,0
P8-P9	107,68	0,00	10,45		74,99	65,35	147,08	1129,80	19,0
P9-P10	108,48	0,00	10,55		75,67	65,18	147,50	1128,47	19,1
P10-P11	108,46	0,00	10,41		74,71	65,21	146,71	1129,42	19,0
P11-P12	115,70	0,00	11,16		80,08	63,70	149,88	1118,26	19,8
P12-P13	110,36	0,00	12,04		86,40	64,54	156,08	1116,52	20,0
P13-P14	112,88	0,00	9,35		67,08	64,57	139,58	1133,19	18,8
P14-E2	41,97	65,50	7,23	51,86	65,99	136,65	1143,65	18,0	

### QUADRO II

#### Perdas de Pré-Esforço – Vãos (Nerv.2)

Vão (Nerv.2)	$\Delta\sigma_{p0,fr}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,rc}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,e}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,c}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt2,r}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s+tr}$ (MPa)	$\sigma_{p00}$ (MPa)	% perdas
E1-P1	42,68	66,78	7,27	31,50	52,15	65,61	136,55	1141,72	18,2
P1-P2	111,23	0,00	9,19		65,96	64,92	138,95	1135,63	18,6
P2-P3	107,68	0,00	10,89		78,14	65,27	149,69	1126,74	19,2
P3-P4	107,68	0,00	10,46		75,05	65,35	147,13	1129,73	19,0
P4-P5	107,68	0,00	10,59		75,97	65,32	147,90	1128,84	19,1
P5-P6	107,68	0,00	10,54		75,66	65,33	147,64	1129,14	19,1
P6-P7	107,68	0,00	10,56		75,77	65,33	147,72	1129,04	19,1
P7-P8	107,68	0,00	10,55		75,70	65,33	147,67	1129,11	19,1
P8-P9	107,68	0,00	10,56		75,80	65,33	147,75	1129,01	19,1
P9-P10	106,91	0,00	10,54		75,62	65,48	147,74	1129,81	19,0
P10-P11	107,41	0,00	10,34		74,21	65,42	146,47	1130,77	18,9
P11-P12	105,29	0,00	11,06		79,40	65,68	151,16	1127,48	19,2
P12-P13	103,39	0,00	12,09		86,74	65,85	157,61	1121,91	19,6
P13-P14	115,73	0,00	9,34		66,99	64,04	139,00	1130,93	18,9
P14-E2	43,42	68,10	7,34	52,66	65,21	136,63	1139,51	18,3	

**QUADRO III**  
Perdas de Pré-Esforço – Apoios (Nerv.1)

Apoio (Nerv. 1)	$\Delta\sigma_{p0,fr}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,rc}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,e}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,c}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt2,r}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}$ (MPa)	$\sigma_{p00}$ (MPa)	% perdas
P1.1	80,58	135,42	8,89	31,50	51,02	65,58	130,61	1147,50	17,7
P2.1	73,08	142,85	9,78		54,59	65,42	131,03	1146,23	17,8
P3.1	73,08	142,85	10,55		58,88	65,27	134,60	1141,88	18,1
P4.1	73,08	142,85	10,29		57,43	65,32	133,40	1143,35	18,0
P5.1	73,08	142,85	10,37		57,88	65,31	133,77	1142,90	18,1
P6.1	73,08	142,85	10,35		57,78	65,31	133,68	1143,00	18,1
P7.1	73,08	142,85	10,36		57,80	65,31	133,70	1142,98	18,1
P8.1	73,08	142,85	10,33		57,63	65,32	133,56	1143,14	18,1
P9.1	73,08	142,85	10,39		57,97	65,31	133,84	1142,80	18,1
P10.1	89,68	139,31	10,56		58,94	63,94	133,40	1136,00	18,6
P11.1	71,37	190,15	11,44		63,82	60,30	134,19	1115,89	20,0
P12.1	63,75	138,37	12,38		69,12	66,23	144,36	1137,19	18,5
P13.1	71,65	134,57	10,41		58,11	66,32	134,92	1147,11	17,8
P14.1	79,25	132,80	8,25		47,35	66,07	127,84	1152,89	17,4

**QUADRO IV**  
Perdas de Pré-Esforço – Apoios (Nerv.2)

Apoio (Nerv. 2)	$\Delta\sigma_{p0,fr}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,rc}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{p0,e}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,c}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt2,r}$ (MPa)	$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}$ (MPa)	$\sigma_{p00}$ (MPa)	% perdas
P1.2	80,58	135,42	8,87	31,50	50,92	65,58	130,53	1147,59	17,7
P2.2	73,08	142,85	9,78		54,60	65,42	131,04	1146,21	17,8
P3.2	73,08	142,85	10,69		59,66	65,25	135,25	1141,09	18,2
P4.2	73,08	142,85	10,47		58,42	65,29	134,22	1142,35	18,1
P5.2	73,08	142,85	10,53		58,77	65,28	134,51	1142,00	18,1
P6.2	73,08	142,85	10,50		58,60	65,28	134,37	1142,16	18,1
P7.2	73,08	142,85	10,51		58,66	65,28	134,42	1142,11	18,1
P8.2	73,08	142,85	10,54		58,84	65,28	134,57	1141,92	18,1
P9.2	73,08	142,85	10,48		58,49	65,29	134,28	1142,27	18,1
P10.2	71,47	139,23	10,22		57,02	65,83	133,52	1145,92	17,9
P11.2	75,71	132,55	9,97		55,65	66,11	132,59	1148,31	17,7
P12.2	87,30	146,99	11,95		66,70	63,28	139,48	1126,42	19,3
P13.2	79,59	188,31	11,39		63,56	59,76	133,46	1113,75	20,0
P14.2	81,97	137,63	9,51		54,61	65,12	133,35	1142,33	18,1

**LEGENDA:**

$\Delta\sigma_{p0,fr}$  - Perdas de tensão por atrito;

$\Delta\sigma_{p0,rc}$  - Perdas de tensão por reentrada das cunhas;

$\Delta\sigma_{p0,e}$  - Perdas de tensão por deformação instantânea do betão;

$\Delta\sigma_{pt,s}$  - Perdas de tensão devidas à retracção;

$\Delta\sigma_{pt,c}$  - Perdas de tensão devidas à fluência;

$\Delta\sigma_{pt,r}$  - Perdas de tensão devidas à relaxação;

$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}$  - Perdas diferidas;

### 3. PRÉ – ESFORÇO TOTAL

	SECÇÃO VAZADA	SECÇÃO MACIÇA
A (m <sup>2</sup> )	3,916	5,188
I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	0,788	0,885
V <sub>s</sub> (m)	0,509	0,556
V <sub>l</sub> (m)	0,891	0,844

f <sub>puk</sub> (Mpa)	1860
σ <sub>0</sub> (KPa)	1395000

A <sub>p</sub> (Ø15) (cm <sup>2</sup> )	1,40
--	------

#### QUADRO VII

Pré-esforço total – Vãos (Nerv.1)

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO (Nerv. 1)							PRÉ-ESFORÇO ADOPTADO			
Vãos	Barra	M <sub>comb. Frequente</sub> (kN.m)	e (m)	P <sub>oo min</sub> (kN)	P <sub>0 min</sub> (kN)	A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	Número de cabos	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>oo</sub> (kN)
E1-P1	26	4873,34	0,741	6531,61	7837,93	56,19	3	0,008	11132,10	9276,75
P1-P2	1099	8511,14		8803,03	10563,63	75,72	3	0,008	11132,10	9276,75
P2-P3	1121	7676,34		7939,60	9527,52	68,30	3	0,008	11132,10	9276,75
P3-P4	1144	8029,86		8305,24	9966,29	71,44	3	0,008	11132,10	9276,75
P4-P5	1168	7955,03		8227,84	9873,41	70,78	3	0,008	11132,10	9276,75
P5-P6	1191	7978,02		8251,63	9901,95	70,98	3	0,008	11132,10	9276,75
P6-P7	1214	7969,99		8243,32	9891,98	70,91	3	0,008	11132,10	9276,75
P7-P8	120	7970,70		8244,05	9892,86	70,92	3	0,008	11132,10	9276,75
P8-P9	130	7978,37		8251,98	9902,38	70,98	3	0,008	11132,10	9276,75
P9-P10	163	7909,67		8180,93	9817,12	70,37	3	0,008	11132,10	9276,75
P10-P11	157	7949,51		8222,14	9866,56	70,73	3	0,008	11132,10	9276,75
P11-P12	244	7423,01		7677,58	9213,10	66,04	3	0,008	11132,10	9276,75
P12-P13	330	6817,57		7051,38	8461,65	60,66	3	0,008	11132,10	9276,75
P13-P14	409	8322,36		8607,77	10329,32	74,05	3	0,008	11132,10	9276,75
P14-E2	546	4921,61	0,544	6596,31	7915,57	56,74	3	0,008	11132,10	9276,75

#### QUADRO VIII

Pré-esforço total – Vãos (Nerv.2)

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO (Nerv. 2)							PRÉ-ESFORÇO ADOPTADO			
Vãos	Barra	M <sub>comb. Frequente</sub> (kN.m)	e (m)	P <sub>oo min</sub> (kN)	P <sub>0 min</sub> (kN)	A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	Número de cabos	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>oo</sub> (kN)
E1-P1	16	4894,34	0,741	6559,76	7871,71	56,43	3	0,008	11132,10	9276,75
P1-P2	1108	8511,56		8803,46	10564,15	75,73	3	0,008	11132,10	9276,75
P2-P3	1132	7660,19		7922,89	9507,47	68,15	3	0,008	11132,10	9276,75
P3-P4	1155	7948,10		8220,68	9864,81	70,72	3	0,008	11132,10	9276,75
P4-P5	1179	7881,82		8152,13	9782,55	70,13	3	0,008	11132,10	9276,75
P5-P6	1202	7911,20		8182,51	9819,01	70,39	3	0,008	11132,10	9276,75
P6-P7	1225	7903,36		8174,40	9809,28	70,32	3	0,008	11132,10	9276,75
P7-P8	110	7909,23		8180,47	9816,57	70,37	3	0,008	11132,10	9276,75
P8-P9	140	7898,01		8168,87	9802,65	70,27	3	0,008	11132,10	9276,75
P9-P10	174	7910,01		8181,28	9817,54	70,38	3	0,008	11132,10	9276,75
P10-P11	234	7981,46		8255,18	9906,21	71,01	3	0,008	11132,10	9276,75
P11-P12	306	7454,71		7710,36	9252,44	66,33	3	0,008	11132,10	9276,75
P12-P13	340	6801,58		7034,83	8441,80	60,51	3	0,008	11132,10	9276,75
P13-P14	535	8332,14		8617,88	10341,46	74,13	3	0,008	11132,10	9276,75
P14-E2	646	4812,44	0,544	6449,99	7739,99	55,48	3	0,008	11132,10	9276,75

### QUADRO V

Pré-esforço total – Apoios (Nerv.1)

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO (Nerv. 1)							PRÉ-ESFORÇO ADOPTADO			
Apoios	Barra	M <sub>comb. Frequente</sub> (kN.m)	e (m)	P <sub>oo min</sub> (kN)	P <sub>0 min</sub> (kN)	A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	Número de cabos	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>oo</sub> (kN)
P1.1	1094	-12540,35	0,406	17592,86	21111,43	151,34	6	0,0160	22264,20	18553,50
P2.1	1117	-15255,37		21401,76	25682,11	184,10	7	0,0186	25974,90	21645,75
P3.1	1140	-14662,00		20569,32	24683,18	176,94	7	0,0186	25974,90	21645,75
P4.1	1164	-14915,83		20925,41	25110,50	180,00	7	0,0186	25974,90	21645,75
P5.1	1173	-14850,47		20833,72	25000,46	179,21	7	0,0186	25974,90	21645,75
P6.1	1210	-14867,27		20857,28	25028,74	179,42	7	0,0186	25974,90	21645,75
P7.1	116	-14863,94		20852,61	25023,14	179,38	7	0,0186	25974,90	21645,75
P8.1	125	-14892,83		20893,14	25071,77	179,73	7	0,0186	25974,90	21645,75
P9.1	135	-14829,13		20803,78	24964,53	178,96	7	0,0186	25974,90	21645,75
P10.1	168	-14632,80		20528,35	24634,02	176,59	7	0,0186	25974,90	21645,75
P11.1	242	-13770,50		19318,64	23182,36	166,18	7	0,0186	25974,90	21645,75
P12.1	266	-12891,17		18085,02	21702,02	155,57	7	0,0186	25974,90	21645,75
P13.1	336	-14722,71		20654,48	24785,38	177,67	7	0,0186	25974,90	21645,75
P14.1	430	-13163,36		18466,88	22160,25	158,85	6	0,0160	22264,20	18553,50

### QUADRO VI

Pré-esforço total – Apoios (Nerv.2)

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO (Nerv. 2)							PRÉ-ESFORÇO ADOPTADO			
Apoios	Barra	M <sub>comb. Frequente</sub> (kN.m)	e (m)	P <sub>oo min</sub> (kN)	P <sub>0 min</sub> (kN)	A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	Número de cabos	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kN)	P <sub>oo</sub> (kN)
P1.2	22	-12554,02	0,406	17612,03	21134,44	151,50	6	0,0160	22264,20	18553,50
P2.2	1113	-15251,30		21396,05	25675,26	184,05	7	0,0186	25974,90	21645,75
P3.2	1136	-14530,13		20384,31	24461,17	175,35	7	0,0186	25974,90	21645,75
P4.2	1174	-14753,01		20697,00	24836,40	178,04	7	0,0186	25974,90	21645,75
P5.2	1183	-14706,09		20631,17	24757,40	177,47	7	0,0186	25974,90	21645,75
P6.2	1206	-14733,63		20669,81	24803,77	177,80	7	0,0186	25974,90	21645,75
P7.2	105	-14725,70		20658,68	24790,42	177,71	7	0,0186	25974,90	21645,75
P8.2	114	-14690,57		20609,39	24731,27	177,29	7	0,0186	25974,90	21645,75
P9.2	169	-14744,40		20684,92	24821,90	177,93	7	0,0186	25974,90	21645,75
P10.2	232	-14994,72		21036,09	25243,31	180,96	7	0,0186	25974,90	21645,75
P11.2	290	-15246,34		21389,08	25666,90	183,99	7	0,0186	25974,90	21645,75
P12.2	338	-13334,28		18706,65	22447,99	160,92	7	0,0186	25974,90	21645,75
P13.2	367	-13616,83		19103,05	22923,66	164,33	7	0,0186	25974,90	21645,75
P14.2	542	-11783,76		16531,43	19837,72	142,21	6	0,0160	22264,20	18553,50

#### 4. PRÉ-ESFORÇO – CARGAS EQUIVALENTES

**QUADRO IX**  
Cargas Equivalentes – Cabos de Continuidade (Nerv.1)

Vãos (Nerv. 1)	TROÇO 1 (0 a 1/5 L <sub>total</sub> )				TROÇO 2 (1/5 L <sub>total</sub> a 1/2 L <sub>total</sub> )				TROÇO 3 (1/2 L <sub>total</sub> a 1/5 L <sub>total</sub> )				TROÇO 4 (1/5 L <sub>total</sub> a L <sub>total</sub> )					
	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	M <sub>vaz</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	M <sub>vaz</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)
E1.P1	9276,75	7,346	0,544	187,03						9276,75	6,297	0,438	205,18		9276,75	7,346	0,512	175,87
P1.P2	9276,75	7,000	0,440	166,58	9276,75	10,501	0,660	111,06	436,01	9276,75	10,501	0,660	111,06	436,01	9276,75	7,000	0,440	166,58
P2.P3	9276,75	7,009	0,440	166,18	9276,75	10,513	0,660	110,78	436,01	9276,75	10,513	0,660	110,78	436,01	9276,75	7,009	0,440	166,18
P3.P4	9276,75	7,011	0,440	166,08	9276,75	10,516	0,660	110,72	436,01	9276,75	10,516	0,660	110,72	436,01	9276,75	7,011	0,440	166,08
P4.P5	9276,75	7,027	0,440	165,34	9276,75	10,540	0,660	110,23	436,01	9276,75	10,540	0,660	110,23	436,01	9276,75	7,027	0,440	165,34
P5.P6	9276,75	7,024	0,440	165,48	9276,75	10,536	0,660	110,32	436,01	9276,75	10,536	0,660	110,32	436,01	9276,75	7,024	0,440	165,48
P6.P7	9276,75	7,024	0,440	165,45	9276,75	10,537	0,660	110,30	436,01	9276,75	10,537	0,660	110,30	436,01	9276,75	7,024	0,440	165,45
P7.P8	9276,75	7,024	0,440	165,48	9276,75	10,536	0,660	110,32	436,01	9276,75	10,536	0,660	110,32	436,01	9276,75	7,024	0,440	165,48
P8.P9	9276,75	7,011	0,440	166,09	9276,75	10,516	0,660	110,73	436,01	9276,75	10,516	0,660	110,73	436,01	9276,75	7,011	0,440	166,09
P9.P10	9276,75	7,008	0,440	166,20	9276,75	10,513	0,660	110,80	436,01	9276,75	10,513	0,660	110,80	436,01	9276,75	7,008	0,440	166,20
P10.P11	9276,75	6,818	0,440	175,61	9276,75	10,227	0,660	117,07	436,01	9276,75	10,227	0,660	117,07	436,01	9276,75	6,818	0,440	175,61
P11.P12	9276,75	6,476	0,399	176,47	9276,75	11,383	0,701	100,39	436,01	9276,75	8,045	0,609	174,72	436,01	9276,75	6,476	0,491	217,04
P12.P13	9276,75	7,198	0,390	139,79	9276,75	13,084	0,710	76,90	436,01	9276,75	8,510	0,596	152,67	436,01	9276,75	7,198	0,504	180,49
P13.P14	9276,75	7,433	0,403	135,41	9276,75	12,843	0,697	78,37	436,01	9276,75	9,456	0,616	127,78	436,01	9276,75	7,433	0,484	162,56
P14.E2	9276,75	7,481	0,512	169,59	9276,75	6,412	0,438	197,86							9276,75	7,481	0,544	180,35

**NOTAS:** Cada troço corresponde a uma parábola do traçado dos cabos de pré – esforço

Nos vãos pilar - encontro o L do troço 1 e troço 4 => L=0,35L<sub>total</sub>

Nos vãos do viés a flecha máxima nem sempre é a meio vão (troço2 - troço3 => Ltroço ≠ L/2vão-L/5vão)

## QUADRO X

Cargas Equivalentes – Cabos de Continuidade (Nerv.2)

Vãos (Nerv. 2)	TROÇO 1 (0 a 1/5 L <sub>total</sub> )				TROÇO 2 (1/5 L <sub>total</sub> a 1/2L <sub>total</sub> )				TROÇO 3 (1/2 L <sub>total</sub> a 1/5L <sub>total</sub> )				TROÇO 4 (1/5L <sub>total</sub> a L <sub>total</sub> )					
	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	M <sub>vaz</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	M <sub>vaz</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)
E1-P1	9276,75	7,354	0,544	186,65						9276,75	6,303	0,438	204,77		9276,75	7,354	0,512	175,52
P1-P2	9276,75	7,000	0,440	166,60	9276,75	10,500	0,660	111,07	436,01	9276,75	10,500	0,660	111,07	436,01	9276,75	7,000	0,440	166,60
P2-P3	9276,75	6,991	0,440	167,02	9276,75	10,487	0,660	111,35	436,01	9276,75	10,487	0,660	111,35	436,01	9276,75	6,991	0,440	167,02
P3-P4	9276,75	6,989	0,440	167,12	9276,75	10,484	0,660	111,41	436,01	9276,75	10,484	0,660	111,41	436,01	9276,75	6,989	0,440	167,12
P4-P5	9276,75	6,973	0,440	167,90	9276,75	10,459	0,660	111,93	436,01	9276,75	10,459	0,660	111,93	436,01	9276,75	6,973	0,440	167,90
P5-P6	9276,75	6,976	0,440	167,74	9276,75	10,464	0,660	111,83	436,01	9276,75	10,464	0,660	111,83	436,01	9276,75	6,976	0,440	167,74
P6-P7	9276,75	6,975	0,440	167,78	9276,75	10,463	0,660	111,85	436,01	9276,75	10,463	0,660	111,85	436,01	9276,75	6,975	0,440	167,78
P7-P8	9276,75	6,976	0,440	167,74	9276,75	10,464	0,660	111,83	436,01	9276,75	10,464	0,660	111,83	436,01	9276,75	6,976	0,440	167,74
P8-P9	9276,75	6,989	0,440	167,12	9276,75	10,484	0,660	111,41	436,01	9276,75	10,484	0,660	111,41	436,01	9276,75	6,989	0,440	167,12
P9-P10	9276,75	6,991	0,440	167,01	9276,75	10,487	0,660	111,34	436,01	9276,75	10,487	0,660	111,34	436,01	9276,75	6,991	0,440	167,01
P10-P11	9276,75	7,182	0,440	158,27	9276,75	10,773	0,660	105,51	436,01	9276,75	10,773	0,660	105,51	436,01	9276,75	7,182	0,440	158,27
P11-P12	9276,75	7,524	0,489	160,24	9276,75	9,403	0,611	128,22	436,01	9276,75	13,169	0,700	74,89	436,01	9276,75	7,524	0,400	131,08
P12-P13	9276,75	6,802	0,517	207,45	9276,75	7,662	0,583	184,15	436,01	9276,75	12,743	0,717	81,95	436,01	9276,75	6,802	0,383	153,52
P13-P14	9276,75	6,567	0,440	189,32	9276,75	9,850	0,660	126,21	436,01	9276,75	9,850	0,660	126,21	436,01	9276,75	6,567	0,440	189,32
P14-E2	9276,75	7,219	0,512	182,10	9276,75	6,188	0,438	212,46							9276,75	7,219	0,544	193,66

**NOTAS:** Cada troço corresponde a uma parábola do traçado dos cabos de pré – esforço

Nos vãos pilar - encontro o L do troço 1 e troço 4 => L=0,35L<sub>total</sub>

Nos vãos do viés a flecha máxima nem sempre é a meio vão (troço2 - troço3 => Ltroço ≠ L/2vão-L/5vão)

**QUADRO XI**  
Cargas Equivalentes – Cabos de Reforço (Nerv.1)

Vãos (Nerv. 1)	TROÇO 1 (0 a 1/5 L <sub>total</sub> )							TROÇO 4 (1/5L <sub>total</sub> a L <sub>total</sub> )						
	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço1</sub> (m)	L <sub>troço2</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>V</sub> (kN)	M <sub>P00</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço3</sub> (m)	L <sub>troço4</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>V</sub> (kN)	M <sub>P00</sub> (kN.m)
E1-P1	9276,75			0,544		1373,93	0,00	9276,75	6,297	7,346	0,512	175,87	1291,95	-979,05
P1-P2	9276,75	7,000	10,501	0,440	166,58	1166,15	-315,41	12369,00	10,501	7,000	0,440	222,11	1554,87	-420,55
P2-P3	12369,00	7,009	10,513	0,440	221,57	1552,97	-420,55	12369,00	10,513	7,009	0,440	221,57	1552,97	-420,55
P3-P4	12369,00	7,011	10,516	0,440	221,44	1552,52	-420,55	12369,00	10,516	7,011	0,440	221,44	1552,52	-420,55
P4-P5	12369,00	7,027	10,540	0,440	220,46	1549,08	-420,55	12369,00	10,540	7,027	0,440	220,46	1549,08	-420,55
P5-P6	12369,00	7,024	10,536	0,440	220,63	1549,69	-420,55	12369,00	10,536	7,024	0,440	220,63	1549,69	-420,55
P6-P7	12369,00	7,024	10,537	0,440	220,60	1549,56	-420,55	12369,00	10,537	7,024	0,440	220,60	1549,56	-420,55
P7-P8	12369,00	7,024	10,536	0,440	220,64	1549,70	-420,55	12369,00	10,536	7,024	0,440	220,64	1549,70	-420,55
P8-P9	12369,00	7,011	10,516	0,440	221,46	1552,57	-420,55	12369,00	10,516	7,011	0,440	221,46	1552,57	-420,55
P9-P10	12369,00	7,008	10,513	0,440	221,60	1553,10	-420,55	12369,00	10,513	7,008	0,440	221,60	1553,10	-420,55
P10-P11	12369,00	6,818	10,227	0,440	234,15	1596,45	-420,55	12369,00	10,227	6,818	0,440	234,15	1596,45	-420,55
P11-P12	12369,00	6,476	11,383	0,399	235,29	1523,72	88,14	12369,00	8,045	6,476	0,491	289,39	1874,05	-1046,19
P12-P13	12369,00	7,198	13,084	0,390	186,39	1341,64	193,12	12369,00	8,510	7,198	0,504	240,66	1732,30	-1212,91
P13-P14	12369,00	7,433	12,843	0,403	180,54	1342,02	33,99	9276,75	9,456	7,433	0,484	162,56	1208,36	-724,68
P14-E2	9276,75	7,481	6,412	0,512	169,59	1268,68	-979,05	9276,75			0,544		1349,19	0,00

NOTAS: Nos vãos pilar - encontro o L do troço 1 e troço 4 => L=0,35L<sub>total</sub>

**QUADRO XII**  
Cargas Equivalentes – Cabos de Reforço (Nerv.1)

Vãos (Nerv. 2)	TROÇO 1 (0 a 1/5 L <sub>total</sub> )							TROÇO 4 (1/5L <sub>total</sub> a L <sub>total</sub> )						
	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço 1</sub> (m)	L <sub>troço 2</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>V</sub> (kN)	M <sub>P00</sub> (kN.m)	P <sub>00</sub> (kN)	L <sub>troço 3</sub> (m)	L <sub>troço 4</sub> (m)	f (m)	Q <sub>eq</sub> (kN/m)	P <sub>V</sub> (kN)	M <sub>P00</sub> (kN.m)
E1-P1	9276,75			0,544		1372,56	0,00	9276,75	6,303	7,354	0,512	175,52	1290,65	-979,05
P1-P2	9276,75	7,000	10,500	0,440	166,60	1166,22	-315,41	12369,00	10,500	7,000	0,440	222,14	1554,96	-420,55
P2-P3	12369,00	6,991	10,487	0,440	222,70	1556,92	-420,55	12369,00	10,487	6,991	0,440	222,70	1556,92	-420,55
P3-P4	12369,00	6,989	10,484	0,440	222,83	1557,37	-420,55	12369,00	10,484	6,989	0,440	222,83	1557,37	-420,55
P4-P5	12369,00	6,973	10,459	0,440	223,86	1560,99	-420,55	12369,00	10,459	6,973	0,440	223,86	1560,99	-420,55
P5-P6	12369,00	6,976	10,464	0,440	223,66	1560,26	-420,55	12369,00	10,464	6,976	0,440	223,66	1560,26	-420,55
P6-P7	12369,00	6,975	10,463	0,440	223,71	1560,44	-420,55	12369,00	10,463	6,975	0,440	223,71	1560,44	-420,55
P7-P8	12369,00	6,976	10,464	0,440	223,66	1560,27	-420,55	12369,00	10,464	6,976	0,440	223,66	1560,27	-420,55
P8-P9	12369,00	6,989	10,484	0,440	222,83	1557,37	-420,55	12369,00	10,484	6,989	0,440	222,83	1557,37	-420,55
P9-P10	12369,00	6,991	10,487	0,440	222,68	1556,87	-420,55	12369,00	10,487	6,991	0,440	222,68	1556,87	-420,55
P10-P11	12369,00	7,182	10,773	0,440	211,03	1515,58	-420,55	12369,00	10,773	7,182	0,440	211,03	1515,58	-420,55
P11-P12	12369,00	7,524	9,403	0,489	213,65	1607,55	-1025,96	12369,00	13,169	7,524	0,400	174,77	1314,99	74,69
P12-P13	12369,00	6,802	7,662	0,517	276,60	1881,34	-1376,37	12369,00	12,743	6,802	0,383	204,70	1392,29	286,82
P13-P14	12369,00	6,567	9,850	0,440	252,42	1657,57	-420,55	9276,75	9,850	6,567	0,440	189,32	1243,18	-315,41
P14-E2	9276,75	7,219	6,188	0,512	182,10	1314,66	-979,05	9276,75			0,544		1398,08	0,00

NOTAS: Nos vãos pilar - encontro o L do troço 1 e troço 4 => L=0,35L<sub>total</sub>

## 5. PILARES – ESTACA – E.L.U. de Encurvadura

$\phi_{\text{pilar}}$ (m)	1,500
A (m <sup>2</sup> )	1,767
I (m <sup>4</sup> )	0,249
i (m)	0,375

$f_{cd}$ (kPa)	23300,00
$f_{syd}$ (kPa)	435000,00

### ESBELTEZA DOS PILARES

APOIOS	H <sub>pilar</sub> (m)	L <sub>0x</sub> (m)	L <sub>0y</sub> (m)	$\lambda_x$	$\lambda_y$
P1.1	7,47	7,47	14,94	20	40
P2.1	9,49	9,49	18,98	25	51
P3.1	11,94	11,94	23,88	32	64
P4.1	11,33	11,33	22,66	30	60
P5.1	11,52	11,52	23,04	31	61
P6.1	11,58	11,58	23,16	31	62
P7.1	12,38	12,38	24,76	33	66
P8.1	13,32	13,32	26,64	36	71
P9.1	13,48	13,48	26,96	36	72
P10.1	14,61	14,61	29,22	39	78
P11.1	14,82	14,82	29,64	40	79
P12.1	12,70	12,70	25,40	34	68
P13.1	12,56	12,56	25,12	33	67
P14.1	11,06	11,06	22,12	29	59

APOIOS	H <sub>pilar</sub> (m)	L <sub>0x</sub> (m)	L <sub>0y</sub> (m)	$\lambda_x$	$\lambda_y$
P1.2	7,47	7,47	14,94	20	40
P2.2	9,49	9,49	18,98	25	51
P3.2	11,94	11,94	23,88	32	64
P4.2	11,33	11,33	22,66	30	60
P5.2	11,52	11,52	23,04	31	61
P6.2	11,58	11,58	23,16	31	62
P7.2	12,38	12,38	24,76	33	66
P8.2	13,32	13,32	26,64	36	71
P9.2	13,48	13,48	26,96	36	72
P10.2	14,61	14,61	29,22	39	78
P11.2	14,94	14,94	29,88	40	80
P12.2	13,01	13,01	26,02	35	69
P13.2	12,17	12,17	24,34	32	65
P14.2	10,84	10,84	21,68	29	58

*Os restantes anexos de cálculo referidos nas Peças Escritas encontram-se em Suporte Digital*