

	ST GEORGE MINING LIMITED	 Pirâmide ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 1/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

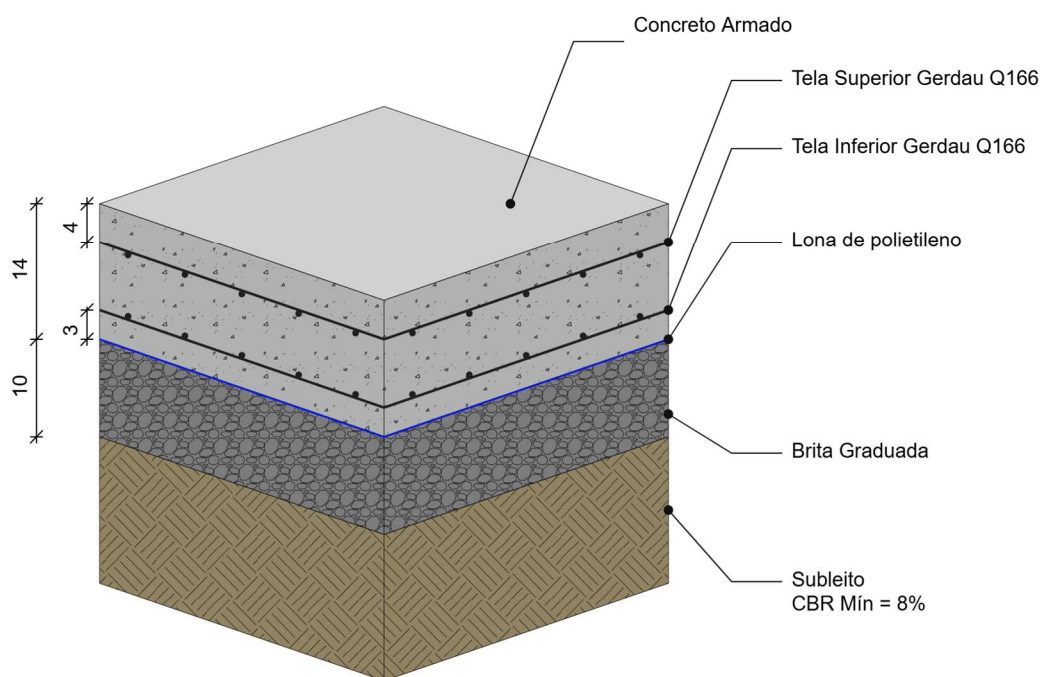
MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PISO DE CONCRETO

1. OBJETIVO

Esta memória de cálculo tem como objetivo descrever o processo e os critérios adotados no cálculo estrutural do piso de concreto armado.

2. DADOS DO PISO

- Espessura do piso: 14 cm;
- Largura máxima da placa: 499 cm;
- Comprimento máximo da placa: 545 cm;



	ST GEORGE MINING LIMITED	 Pirâmide ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 2/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

3. MATERIAIS

3.1 AÇO

- Tensão de escoamento das telas soldadas (f_y): 600 MPa;

3.2 CONCRETO

- Módulo de elasticidade: 28160.54 MPa;
- Resistência característica a Compressão (f_{ck}): 35 MPa;
- Resistência média a tração na flexão (f_{ctm}): 3.21 MPa;
- Coeficiente de Poisson(μ): 0,2;
- Coeficiente de não-linearidade física: 1.

3.3 COBRIMENTOS

- Cobrimento Superior: 4 cm;
- Cobrimento Inferior: 3 cm;

4. SOLO

Considerou-se os seguintes dados para o solo:

- CBR do subleito: 8%;
- Espessura da Sub-base: 10 cm;

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 3/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

- Coeficiente de recalque adotado(k): 53734.33 kN/m³;

A sub-base deverá ser constituída de brita graduada compactada a 100% do Proctor Modificado. O CBR deverá ser de 100%.

5. CARGAS

Foram consideradas as seguintes cargas:

- Carga de Caminhão: 100 kN/eixo;
- Carga de Empilhadeira: 20 kN/eixo;
- Carga de Linear: 0 kN/m;
- Carga Distribuída: 20 kN/m²;
- Carga Pontual: 40 kN;
 - Tamanho mínimo da placa de base: 9 x 10 cm;

Informações importantes:

- O Fator de Segurança de número de passagens de veículos considerado foi de 1;

6. CÁLCULO DOS ESFORÇOS

Abaixo são apresentados os cálculos para a obtenção dos esforços no piso.

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 4/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

Os cálculos dos esforços provenientes dos caminhões, empilhadeiras e pontuais foram realizados de acordo com as fórmulas de Meyerhof (1962).

Os cálculos das cargas distribuídas e lineares foram elaborados conforme formulações de Hetenyi, também apresentado por Concrete Society Technical Report: TR – 34.

6.1 CARGA DE CAMINHÃO

Carga por roda	Pr=	50	kN/roda
Pressão dos pneus	q=	0.7	MPa
Altura do Piso	h=	14	cm
Área de contato: $A = \frac{Pr(N)}{q(MPa)} (m^2)$	A=	714.29	cm²
Raio da área de contato: $a = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	a=	15.08	cm
Raio de rigidez: $l = \sqrt[4]{\frac{E(Pa) \cdot h^3(m)}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k(\frac{Pa}{m})}} (m)$	l=	59.44	cm
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \frac{Pr}{6 \cdot \left(1 + \frac{2a}{l}\right)}$	M+=	8.29	kN.m/m
Momento fletor máximo superior:	M=	4.98	kN.m/m

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 5/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

$M^- = 0,60 \cdot M^+$ Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos			
---	--	--	--

6.2 CARGA DE EMPILHADEIRA

Carga por roda	Pr=	10	kN/roda
Pressão dos pneus	q=	0.5	MPa
Altura do Piso	h=	14	cm
Área de contato: $A = \frac{Pr(N)}{q(MPa)} (m^2)$	A=	200	cm²
Raio da área de contato: $a = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	a=	7.98	cm
Raio de rigidez: $l = \sqrt[4]{\frac{E(Pa) \cdot h^3(m)}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k(\frac{Pa}{m})}} (m)$	l=	59.44	cm
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \frac{Pr}{6 \cdot \left(1 + \frac{2a}{l}\right)}$	M+=	1.97	kN.m/m
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0,60 \cdot M^+$ Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos	M-=	1.18	kN.m/m

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 6/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

6.3 CARGA DISTRIBUÍDA

Característica conjunta do sistema: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}$	$\lambda =$	1.2	
Momento fletor máximo superior (Hetenyi): $M^- = \left(\left(\frac{0,168 \cdot Q}{\lambda^2} \right) / 1,5 \right) \cdot \gamma_c$ <i>O divisor de 1,5 se deve ao método de Hetenyi já tem um coeficiente de segurança de 1,5.</i>	$M^- =$	2.17	kN.m/m
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = 0,80 \cdot M^-$ <i>Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos</i>	$M^+ =$	1.74	kN.m/m

6.4 PONTUAL

Carga	$P_p =$	40	kN
Distância entre apoios	$D_{ap} =$	120	cm
Carga equivalente pela proximidade das cargas $C_2 = Carga \cdot \left(\frac{2 \cdot RaioRigidez - D_{ap}/2}{2 \cdot RaioRigidez} \right) \cdot 2$	$C_2 =$	40	kN
Largura X da placa de apoio	$L_x =$	9	cm
Largura Y da placa de apoio	$L_y =$	10	cm
Altura do Piso	$h =$	14	cm

	STGEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 7/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

Área de contato: $A = Lx \cdot Ly$	A=	90	cm²
Raio da área de contato: $a = \sqrt{A/\pi}$	a=	5.35	cm
Raio de rigidez: $l = \sqrt[4]{\frac{E(Pa) \cdot h^3(m)}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k(\frac{Pa}{m})}} (m)$	l=	59.44	cm
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \frac{Pp}{6 \cdot (1 + \frac{2a}{l})}$	M*=	7.91	kN.m/m
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0,45 \cdot M^+$ <i>Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos</i>	M=	3.56	kN.m/m

6.5 LINEAR

Carga	Pl=	0	kN /m
Altura do Piso	h=	14	cm
Característica conjunta do sistema: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}$	λ=	0	
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \left(\left(\frac{Pl}{4 \cdot \lambda} \right) /_{1,5} \right) \cdot \gamma_c$	M*=	0	kN.m/m

	STGEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 8/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

O divisor de 1,5 se deve ao método de Hetenyi já tem um coeficiente de segurança de 1,5.			
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0,58 \cdot M^+$ Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos	M=	0	kN.m/m

7. DIMENSIONAMENTO

7.1 CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO À TRAÇÃO

Resistência à tração média do concreto: $f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	$f_{ct,m} =$	3.21	MPa
Resistência à tração inferior característica do concreto: $f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot f_{ct,m}$	$f_{ctk,inf} =$	2.25	MPa
Resistência à tração na flexão do concreto: $f_{ct,d} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$	$f_{ct,d} =$	1.34	MPa
Coeficiente de Segurança para concreto simples NBR 6118 – 24.5.2.1: $\gamma_c = 1,4 \cdot 1,2$	$\gamma_c =$	1.68	
$\sigma_{ct,Rd} = 0.85 \cdot f_{ctd}$	$\sigma_{ct,Rd}$	1.14	MPa

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 9/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

7.2 RETRAÇÃO

Cálculo da armadura de retração:			
Peso específico do concreto	$\gamma =$	25	kN/m³
Comprimento	$L =$	499	cm
Largura	$W =$	100	cm
Altura do Piso	$h =$	14	cm
Coefficiente de atrito	$f =$	0.5	
Tensão de escoamento do aço	$f_{yk} =$	600	MPa
$A_{s,ret} = \frac{f \cdot \gamma \left(\frac{kN}{m^3}\right) \cdot L(m) \cdot W(m) \cdot h(m)}{2 \cdot 0,75 \cdot f_{yk} \left(\frac{kN}{cm^2}\right) / 1,15}$	$A_{s,ret} =$	0.12	cm²/m
Cálculo da tensão de retração:			
Força de retração: $Fr = f \cdot \gamma \left(\frac{kN}{m^3}\right) \cdot \frac{L(m)}{2} \cdot h(m) = \left(\frac{kN}{m}\right)$	$Fr =$	4.77	kN/m
Tensão de retração: $\sigma_r = \frac{Fr \left(\frac{kN}{m}\right)}{h(cm) \cdot 100} = \left(\frac{kN}{cm^2}\right)$	$\sigma_r =$	0.03	MPa

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 10/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

7.3 DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

Momento fletor máximo inferior:	M ⁺ =	8.29	kN.m/m
Momento fletor máximo superior:	M ⁻ =	4.98	kN.m/m
Tensão máxima Inferior: $\sigma_{max,inf} = \frac{M_{inf}}{W}$	$\sigma_{max,inf} =$	2.54	MPa
Módulo elástico do piso: $W = \frac{I}{h/2}$	W =	3266.67	cm ³
Largura considerada	b =	100	cm
Inércia do piso: $I = \frac{b \cdot h^3}{12}$	I =	22866.67	cm ⁴
Verificação da necessidade de armadura inferior: $\alpha_{max,inf} \leq \sigma_{ct,Rd}$		É necessária armadura inferior	
Cálculo da armadura superior			
Altura útil	d =	9.5	cm
Altura da linha neutra: $y = d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2}} \right)$	y =	0.25	cm
Cálculo da área de aço: $A_{s,Sup} = \frac{0,85 f_{cd} \cdot b_w}{f_{yd}} \cdot y$	A _{s,Sup} =	1.02	cm ² /m
Armadura Final: $A_{s,Tot}^- = A_{s,Sup} + A_{s,ret}$	A _{s,Tot} ⁻ =	1.55	cm ² /m

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 11/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

Cálculo da armadura Inferior			
Altura útil	$d =$	10.5	cm
Altura da linha neutra: $y = d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2}} \right)$	$y =$	0.38	cm
Cálculo da área de aço: $A_{s,InfCalc} = \frac{0,85 f_{cd} \cdot b_w \cdot y}{f_{yd}} \cdot y$	$A_{s,InfCalc} =$	1.54	cm²/m
Área de aço adotada:	$A_{s,Inf} =$	1.55	cm²/m
Cálculo da armadura Mínima			
NBR 6118 tabela 19.1 (considerado a armadura mínima para lajes armadas em duas direções):			
Armadura Mínima: $A_{s,min} = 0,001 \cdot AreaSeçãoTransversal$	$A_{s,min} =$	1.55	cm²/m

7.4 DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO

Tensão resistente na superfície crítica localizada no contorno do pilar (C): $\tau_{Rd} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$	$\tau_{Rd} =$	5.81	MPa
$\alpha_{v2} = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$	$\alpha_{v2} =$	0.86	
Tensão resistente na superfície crítica localizada a 2d da face do pilar (C'): $\tau_{Rd1} = 0,13 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}} \right) \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3}$	$\tau_{Rd1} =$	0.5	MPa
$\rho = \frac{A_{s,inf}}{b \cdot h} < 0,02$	$\rho =$	0.00119	%

	ST GEORGE MINING LIMITED		MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 12/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

Tensões solicitantes na superfície C: $\tau_{sd}(C) = \frac{F_{sd}}{u(C) \cdot d}$	$\tau_{sd}(C) =$	1.4	MPa
Perímetro da superfície C:	$u(C) =$	94.74	cm
Altura útil:	$d =$	10.5	cm
Tensões solicitantes na superfície C': $\tau_{sd}(C') = \frac{F_{sd}}{u(C') \cdot d}$	$\tau_{sd}(C') =$	0.32	MPa
Perímetro da superfície C':	$u(C') =$	226.69	cm
Verificação da superfície C: $\tau_{sd}(C) \leq \tau_{Rd2}$		Aprovado	
Verificação da superfície C': $\tau_{sd}(C') \leq \tau_{Rd1}$		Aprovado	

7.5 BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

As barras de transferência são calculadas para resistir ao esforço cortante transmitido pelo concreto. O diâmetro mínimo das barras adotado segue a tabela abaixo:

Espessura do pavimento	Diâmetro da barra
10 cm ≤ 15 cm	12 mm
15cm ≤ 20 cm	16 mm
20 cm ≤ 25 cm	20 mm
25 cm ≤ 30 cm	25 mm
> 30 cm	32 mm



STGEORGE
MINING LIMITED



MEMORIAL DE CÁLCULO

MEMORIAL DE CÁLCULO

Nº CONTRATANTE

CDP-AC-3808-MC-REV-00

PÁGINA

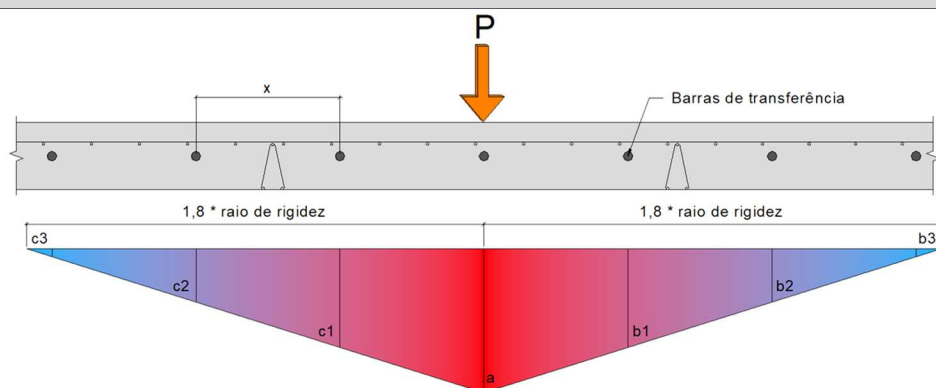
13/15

Nº (CONTRATADA)

REV.

0

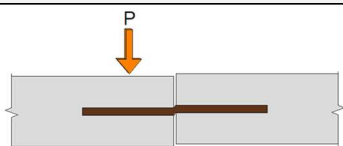
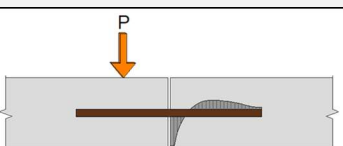
Cálculo da força cortante na barra de transferência:



O **cálculo dos esforços** assume uma distribuição de tensões de **forma triangular**, sendo máxima no ponto (a) e reduzindo-se a zero na distância D.

Distância de contribuição $D = 1,8 \cdot l$ (raio de rigidez)	D=	106.99	cm
Distância entre as barras	x=	30	cm
Quantidade de barras $Q = \text{arredondarParaBaixo}\left(\frac{D}{x}\right)$	Q=	3	
Percentual de contribuição das barras $a = 1$ $b_i = c_i = 1 - \frac{n_i \cdot x}{D}$ $S = (b_1 + b_2 + \dots + b_n)$	S=	1.32	
P = maior carga	P =	50	kN
Barra mais solicitada $V_d = \frac{P}{1 + 2 \cdot (S)}$	Vd =	13.75	kN

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 14/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

Dimensionamento das Barras de transferência:			
Altura do Pavimento	h=	14	cm
Coefficiente de segurança do concreto	$\gamma_c =$	1.4	
Coefficiente de segurança do aço/fibra	$\gamma_c =$	1.15 / 1.85	
Resistência à compressão de cálculo do concreto $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	$f_{cd} =$	25	MPa
Resistência característica da barra	$f_{yk} =$	250	MPa
Resistência de cálculo da barra $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	$f_{yd} =$	217.39	MPa
Diâmetro da barra de transferência	d=	16	mm
Capacidade de Cisalhamento			
			
$P_{sh, \text{dowel}} = 0,6 \cdot f_{yd} \cdot A_v$	$P_{sh, \text{dowel}}$	23.6	kN
A_v = área de cisalhamento, considerada como 0.9 x a área da seção			
Capacidade de Esmagamento/Flexão			
			
$\alpha = 3 \cdot \frac{e}{2} \cdot \left[(f_{cd}/f_{yd})^{0.5} \right] / d_d$	$\alpha =$	0.03	
e = abertura da junta	e =	0.95	mm

	ST GEORGE MINING LIMITED	 ENGENHARIA CONSULTORIA SANEAMENTO Pirâmide	MEMORIAL DE CÁLCULO	
MEMORIAL DE CÁLCULO			Nº CONTRATANTE CDP-AC-3808-MC-REV-00	PÁGINA 15/15
			Nº (CONTRATADA)	REV. 0

$P_{max, \text{dowel}} = d^2 \cdot (f_{cd} \cdot f_{yd})^{0.5} \cdot [(1 + \alpha^2)^{0.5} - \alpha]$	$P_{max, \text{dowel}}$	18.31	kN
Capacidade máxima da barra			
$V_{Rd} = \text{Min}(P_{sh, \text{dowel}}, P_{max, \text{dowel}})$	$V_{Rd} =$	18.31	kN

8. RESPONSABILIDADES

Fornecidos pelos projetistas, o projeto e suas especificações são de sua responsabilidade.

Entretanto, as responsabilidades de execução, independentes das especificações contidas em projeto, são da empresa contratada para execução dos serviços.