MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO – UFAPE
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – PREF
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA – DEA

MEMORIAL DE CÁLCULO ESTRUTURAL

REFORMA E ADEQUAÇÃO DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA EXISTENTE PARA ATENDER AUMENTO DA DEMANDA DECORRENTE DA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFAPE, INCLUINDO MELHORIAS NA CAPTAÇÃO ATUAL, TRECHO SUL DO SISTEMA

GARANHUNS -PE
NOVEMBRO DE 2026

1 DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DE ANCORAGEM

1.1 PRESSÕES DE PROJETO MÁXIMAS EM CONEXÕES (M.C.A.) ONDE A EXECUÇÃO DE BLOCOS DE ANCORAGEM PODE SER DISPENSADA (JUNTAS ELÁSTICAS)

Diâmetro Externo (mm)	Diâmetro Nominal (mm)	Constante . σ					Pressões Máximas sem Blocos					
		Ângulo da Curva (graus)				Cap e Tê	Diâmetro Externo (mm)	Ângulo da Curva (graus)				Cap e Tê
		11,25	22,5	45	90			11,25	22,5	45	90	
60	50	541 . σ	271 . σ	138 . σ	75 . σ	106 . σ	60	216,40	108,40	55,20	30,00	42,40
85	75	382 . σ	191 . σ	97 . σ	52 . σ	74 . σ	85	152,80	76,40	38,80	20,80	29,60
110	**100**	**295 . σ**	**148 . σ**	**75 . σ**	**40 . σ**	**57 . σ**	**110**	**118,00**	**59,20**	**30,00**	**16,00**	**22,80**
118	100	275 . σ	138 . σ	70 . σ	38 . σ	53 . σ	118	110,00	55,20	28,00	15,20	21,20
170	150	191 . σ	95 . σ	48 . σ	26 . σ	37 . σ	170	76,40	38,00	19,20	10,40	14,80
222	200	146 . σ	73 . σ	37 . σ	20 . σ	28 . σ	222	58,40	29,20	14,80	8,00	11,20
274	250	118 . σ	59 . σ	30 . σ	16 . σ	23 . σ	274	47,20	23,60	12,00	6,40	9,20
326	300	99 . σ	50 . σ	25 . σ	13 . σ	19 . σ	326	39,60	20,00	10,00	5,20	7,60
378	350	85 . σ	43 . σ	22 . σ	11 . σ	16 . σ	378	34,00	17,20	8,80	4,40	6,40
429	400	75 . σ	38 . σ	19 . σ	10 . σ	14 . σ	429	30,00	15,20	7,60	4,00	5,60
480	450	67 . σ	33 . σ	17 . σ	9 . σ	13 . σ	480	26,80	13,20	6,80	3,60	5,20
532	500	61 . σ	30 . σ	15 . σ	8 . σ	11 . σ	532	24,40	12,00	6,00	3,20	4,40
635	600	51 . σ	25 . σ	13 . σ	7 . σ	10 . σ	635	20,40	10,00	5,20	2,80	4,00
735	700	44 . σ	22 . σ	11 . σ	6 . σ	8 . σ	735	17,60	8,80	4,40	2,40	3,20
842	800	38 . σ	19 . σ	9 . σ	5 . σ	7 . σ	842	15,20	7,60	3,60	2,00	2,80
945	900	34 . σ	17 . σ	8 . σ	4 . σ	6 . σ	945	13,60	6,80	3,20	1,60	2,40
1048	1000	30 . σ	15 . σ	7 . σ	4 . σ	6 . σ	1048	12,00	6,00	2,80	1,60	2,40

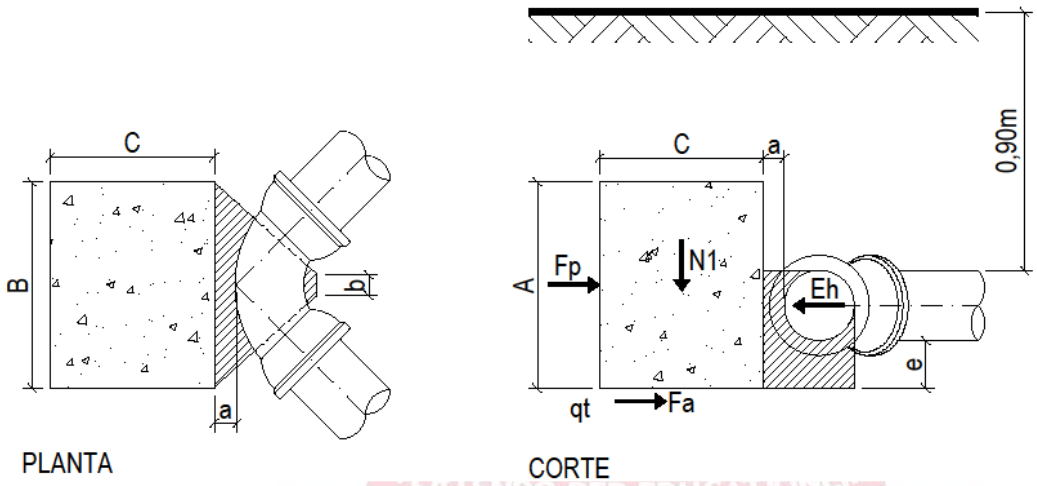
1.2 VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE BLOCO DE ANCORAGEM

Adutora	Estaca	Diâmetro Nominal	Material	Diâmetro Externo (mm)	Peça	Ângulo (graus)	Pressão Máx. Adutora (m)	Pressão Máx. Adm. (m.c.a.)	Bloco
AAB 1	0+7.7	100	PVC DEFoFo	118	Curva	45,00	74,43	28,00	Sim
AAB 1	4+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	77,50	55,20	Sim
AAB 1	6+8.40	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	78,90	55,20	Sim
AAB 1	15+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	80,50	55,20	Sim

AAB 1	16+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	82,00	55,20	Sim
AAB 1	17+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	85,00	55,20	Sim
AAB 1	18+4.90	100	PVC DEFoFo	118	Curva	90,00	89,00	15,20	Sim
AAB 1	29+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	45,00	76,00	28,00	Sim
AAB 1	30+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	72,00	55,20	Sim
AAB 1	34+12.20	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	66,00	55,20	Sim
AAB 1	36+0.00	100	PVC DEFoFo	118	Curva	22,50	58,00	55,20	Sim
AAB 1	41+15.40	100	PVC DEFoFo	118	Curva	90,00	46,00	15,20	Sim
AAB 1	51+5.50	100	PVC DEFoFo	118	Curva	45,00	20,00	28,00	Não

1.3 FÓRMULAS DE CÁLCULO

BLOCOS DE ANCORAGEM



$$E_h = 2 \cdot P \cdot \frac{\pi \cdot De^2}{4} \cdot \text{sen}\,(\alpha/2)$$

onde:
Eh - empuxo resultante (kgf)
P - pressão efetiva ou pressão dinâmica (mca)

De - diâmetro externo da tubulação (m)
a - deflexão horizontal (rad).

VTB = A . B . C
onde:
VTB -volume total do bloco (m^3)
A, B, C - dimensões do bloco conforme figura (m)

PB = VTB . gc
onde:
PB - peso do bloco (kgf)
gC - peso específico do concreto (kgf/m^3)

Fp = σt . AL
onde:
Fp - resistência passiva lateral do terreno (kgf)
σt - resistência passiva horizontal do solo (kgf/cm^2)
AL - área lateral do bloco em contato com o terreno de apoio (cm^2)

Fa = N . tan (j)
onde:
Fa - força de atrito bloco/solo (kgf)
N - força vertical normal à base do bloco (kgf) = PB
j - ângulo de atrito concreto / solo

FSd = (Fp + Fa) / Eh
onde:
FSd - fator de segurança quanto à translação horizontal (deslizamento) (FSd ≥ 1,5)

Adutora	*Nó*	*Diâmetro Nominal (mm)*	*Diâmetro Externo (mm)*	*Peça*	*Ângulo*	*Pressão (m.c.a.)*	*E_h (kgf)*	*Dimensões (m)*						*Volume Total (m^3)*	*Peso do Bloco (kgf)*	*Fp (kgf)*	*Fa (kgf)*	*FSd*	*FSt*
								A	*B*	*C*	*a*	*b*	*e*						
AAB 1	*0+7.7*	*100*	*118*	*Curva*	*45,00*	*74,43*	*622,98*	*0,70*	*0,80*	*0,70*	*0,10*	*0,10*	*0,30*	*0,392*	*940,80*	*2240,00*	*438,70*	*4,30*	*4,98*
AAB 1	*4+0.00*	*100*	*118*	*Curva*	*22,50*	*77,50*	*330,69*	*0,70*	*0,80*	*0,70*	*0,10*	*0,10*	*0,30*	*0,392*	*940,80*	*2240,00*	*438,70*	*8,10*	*9,38*

AAB 1	6+8.40	100	118	Curva	22,50	78,90	336,66	0,70	0,80	0,70	0,10	0,10	0,30	0,392	940,80	2240,00	438,70	7,96	9,21
AAB 1	15+0.00	100	118	Curva	22,50	80,50	343,49	0,80	1,00	0,80	0,10	0,10	0,30	0,640	1536,00	3200,00	716,25	11,40	15,36
AAB 1	16+0.00	100	118	Curva	22,50	82,00	349,89	0,80	1,00	0,80	0,10	0,10	0,30	0,640	1536,00	3200,00	716,25	11,19	15,08
AAB 1	17+0.00	100	118	Curva	22,50	85,00	362,69	0,80	1,00	0,80	0,10	0,10	0,30	0,640	1536,00	3200,00	716,25	10,80	14,55
AAB 1	18+4.90	100	118	Curva	90,00	89,00	1.376,45	0,80	1,00	0,80	0,10	0,10	0,30	0,640	1536,00	3200,00	716,25	2,85	3,83
AAB 1	29+0.00	100	118	Curva	45,00	76,00	636,12	0,70	0,80	0,70	0,10	0,10	0,30	0,392	940,80	2240,00	438,70	4,21	4,87
AAB 1	30+0.00	100	118	Curva	22,50	72,00	307,22	0,70	0,80	0,70	0,10	0,10	0,30	0,392	940,80	2240,00	438,70	8,72	10,09
AAB 1	34+12.20	100	118	Curva	22,50	66,00	281,62	0,70	0,80	0,70	0,10	0,10	0,30	0,392	940,80	2240,00	438,70	9,51	11,01
AAB 1	36+0.00	100	118	Curva	22,50	58,00	247,48	0,60	0,80	0,60	0,10	0,10	0,20	0,288	691,20	1920,00	322,31	9,06	12,22
AAB 1	41+15.40	100	118	Curva	90,00	46,00	711,42	0,60	0,80	0,60	0,10	0,10	0,20	0,288	691,20	1920,00	322,31	3,15	4,25

FSt = (Fp . A/2 + N . C/2) / Eh . (DE/2 + e)
onde:
FSt - fator de segurança quanto à rotação (tombamento) (FSt ≥ 1,5)
A, C, e - dimensões do bloco conforme figura (m)
DE - diâmetro externo da tubulação

Dados:
σt - resistência passiva horizontal do solo = 0,4 kgf/cm²
Ea - empuxo da água= 0 kgf
gC - peso específico do concreto=2400kgf/m³
j - ângulo de atrito concreto / solo= 25

2 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

2.1 NORMAS TÉCNICAS

ABNT NBR 6118:2023 (concreto), NBR 6120:2019 (ações), NBR 8681:2003 (ações e segurança), NBR 6122:2022 (fundações), NBR 6123:2023 (vento), NBR 8800:2024 (monovia metálica), NBR 7480:2022 (aço), NBR 12655:2022 e NBR 14931:2023 (concreto e execução).

Item	Valor
Classe de agressividade	II
Concreto	C30; a/c ≤ 0,55

Cobrimento nominal	pilar/viga/cinta 30mm; laje 25mm; sapata 40 mm
Ecs (NBR 6118 8.2.8)	26,8 GPa
Aço	CA-50 / CA-60; perfis A572 Gr.50; chapas A36
Abertura de fissuras (ELS)	wk ≤ 0,3 mm (tab. 13.4)

2.2 MODELO ESTRUTURAL

Pórticos planos nas duas direções (pilares engastados no topo das sapatas, cintas a -0,25 e vigas de cobertura a +3,85, pilares no eixo fraco na direção x), carregados pelas reações da laje (MEF), alvenaria, peso próprio, talha (na ponta do balanço e no meio do vão, com reação para cima em V2) e vento; envoltória das combinações do item 2. Pilares verificados à flexão oblíqua simplificada (NBR 6118 17.2.5.2) com 2ª ordem pelo pilar-padrão com curvatura real (15.8.3.3.3).

2.2.1 LAJE MACIÇA (H = 10 CM)

Laje maciça: forma simples, melhor diafragma para o vento e para as reações da talha, impermeabilização direta e ausência de EPS em ambiente úmido. Painel 3,85 x 3,36 m apoiado nas 4 vigas: md = 3,19 / 3,94 kN·m/m; As nec. 104 / 142 mm²/m < mínimo 150 mm²/m → Ø6,3 c/15 (208 mm²/m) nas duas direções; flecha diferida ≈ 2,7 mm ≤ L/250 = 13,4 mm.

2.2.2 PILARES (20X30 CM)

Nd (kN)	Mdx (eixo fraco)	Mdy	le (m)	λx / λy	Mx,tot (2ª ordem)	MRdx / MRdy	η (oblíqua)
107,2	11,5	8,5	4,10	71 / 47	13,3	23,3 / 37,8	0,79 ✓

Armadura 4 Ø12,5 (ρ = 0,82 %), estribos Ø5 c/15.

2.2.3 VIGAS E CINTAS (14X40 CM)

VERTENDO PER EDUCATIONEM

Peça	Md+ kN·m	Md− kN·m	Vd kN	As+ nec.	Inferior	Superior	VRd2 kN	Estribos
V1	39,6	-11,5	34,0	272	3 Ø12,5	2 Ø10	256	Ø5 c/20
V2	20,7	-8,7	24,3	137	2 Ø10	2 Ø10	256	Ø5 c/20
V3	7,6	-8,5	15,8	84	2 Ø10	2 Ø10	256	Ø5 c/20
C1	11,5	-15,2	23,9	84	2 Ø10	2 Ø10	256	Ø5 c/20
C3	7,2	-13,1	21,1	84	2 Ø10	2 Ø10	256	Ø5 c/20

2.2.4 SAPATAS

Item	Valor	Limite / observação
Dimensões adotadas (SP1…SP4)	100 x 115 x 30/20 cm	rígidas: (B−bp)/3 ≤ h (x e y) ✓
SP1/SP2 mínima / SP3/SP4 mínima	95x110 / 100x115 cm	padronizada na maior
σ médio / σ máx. (característica, c/ reaterro)	90 / 121 kPa	100 / 130 kPa (σadm 2015 — CONFIRMAR)
Flexão (CEB-70, seção a 0,15 ap)	Mdx = 9,5, Mdy = 9,9 kN·m	As = 345 / 300 mm² → Ø10 c/15 nas 2 direções
Compressão diagonal (19.5.3.1)	τSd = 0,41 MPa	τRd2 = 5,09 MPa ✓

2.2.5 MONOVIA DA TALHA (NBR 8800) E LIGAÇÃO NAS VIGAS

Perfil	η flexão (FLT)	flecha balanço (mm)	limite 2a/500 (mm)	Atende
W 150 x 22,5 (H)	1,29	49,6	9,7	✗
W 150 x 37,1 (H)	0,53	27,2	9,7	✗
W 200 x 35,9 (H)	0,52	17,7	9,7	✗
W 250 x 38,5	0,53	10,1	9,7	✗
W 250 x 44,8	0,41	8,5	9,7	✓

Adotado W 250 x 44,8: vão entre apoios 3,36 m, balanço até a posição da talha 2,42 m; Md = 50,1 kN·m ≤ MRd = 122,0 kN·m (Lb = 2a = 4,84 m, Mcr = 134,2 kN·m); Vd = 34,3 ≤ VRd = 380 kN. Ligação: 2 barras roscadas Ø16 (A36) por apoio, passantes em tubo-camisa Ø25 no eixo das vigas V1/V2, com chapa CH1 soldada à mesa e chapa CH2 sobre a laje: Nd= 36,0 kN ≤ 2 x 44,7 kN (η = 0,40); pressão sob CH2 0,96 MPa. A carga chega ao topo da viga (sem armadura de suspensão). Em V2 a reação para cima (14,4 kN de cálculo) é transmitida por contato da CH1 com a face inferior da viga.

2.3 AÇÕES PERMANENTES E VARIÁVEIS

Ação	Valor
Laje (pp + revestimento/impermeab. + sobrecarga)	3,5 + 1,0 kN/m² (NBR 6120: cobertura c/ acesso p/ manutenção)
Alvenaria 15 cm sobre as cintas	2,0 kN/m² x 3,70 m = 7,4 kN/m (sem aberturas — conservador)
Talha / monovia (ADOTADO)	capacidade 1,0 t + 0,8 kN; coef. dinâmico 1,25 → Pd = 13,3 kN; reação máx. V1 = 22,9 kN (ponta)
Vento (NBR 6123:2023)	V0 = 30 m/s (Garanhuns — ADOTADO), S1 = 1,0, S2 = 0,842 (cat. III, classe A), S3 = 1,10 → Vk = 27,8 m/s, q = 0,473 kN/m², Ca = 1,3; Fx = 8,7 kN, Fy = 10,1 kN

2.4 COMBINAÇÕES DE AÇÕES (NBR 8681 / NBR 6118)

ELU normal: $\gamma g = 1,4$ (1,0 favorável), $\gamma q = 1,4$; vento e talha combinados com $\psi 0 = 0,6$ (vento), 0,7 (talha). Fundação: combinações características (σ_{adm}).

2.5 GEOMETRIA DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Item	Valor
Planta (fora a fora)	4,05 x 3,50 m
Eixos dos pilares (x / y)	3,85 / 3,20 m
Níveis	cobertura +4,05 · cintas -0,05 · fundação -1,50
Vão da monovia entre apoios V2–V1	3,36 m
Monovia	W 250 x 44,8
Sapatas	100x115x30/20
Pilares 20x30	$\eta = 0,79$
V1 — Md+	39,6 kN·m

2.6 VERIFICAÇÕES INDEPENDENTES

Verificação	Estática	Pórticos (MEF)	Dif.
Carga permanente total nos 4 pilares (laje + vigas + cintas + alvenaria + pilares + monovia)	217,1 kN (sem forças de canto da laje) / 230,1 kN (com)	228,8 kN	-0,6 %
Sobrecarga total nos 4 pilares	12,9 / 16,6 kN	16,3 kN	-2,2%
σ média da sapata crítica (G + Q + talha, sem vento)	N = 71,0 kN → 87,8 kPa	N = 72,8 kN → 89,4 kPa	+1,9%
σ média da sapata crítica (envoltória c/ vento)	—	90,2 kPa ≤ 100 kPa	0,90✓

A placa de Kirchhoff apoiada nas vigas produz forças de canto (levantamento) que não foram descontadas das reações de borda: as reações de borda somam 13,0 kN a mais que a carga permanente da laje (45,3 kN) — esse excesso é transmitido aos pilares, o que é conservador e explica a diferença de ≈ 5 % entre a estática simples e os pórticos; com as forças de canto consideradas na estática a diferença cai a -0,6 %. A tensão da sapata confere com +1,9 %.

2.7 HIPÓTESES ADOTADAS

- σ_{adm} do solo: 100 kPa
- Talha de 1,0 t (manual ou elétrica) e peso do conjunto motobomba;
- Vão de porta sob V1 e base da bomba
- V0 = 30 m/s para Garanhuns/PE (isopletas NBR 6123) e S3 = 1,10 (instalação de abastecimento).
- Alvenaria da EEAB em todo o perímetro, sem aberturas (a favor da segurança).

2.8 RECOMENDAÇÕES DE EXECUÇÃO

- Concreto C30 com a/c ≤ 0,55, cura úmida ≥ 7 dias, vibração em camadas de 40 cm; controle tecnológico conforme NBR 12655.
- Escavação até -1,55; inspeção do solo pelo engenheiro antes do lastro
- Prova de carga da monovia com 1,25 x a capacidade antes da operação; placa de capacidade máxima.
- Qualquer alteração de geometria, cargas ou materiais exige revisão do projeto.

3 RESPONSABILIDADE TÉCNICA

gov.br
Documento assinado digitalmente
FERNANDA CLAUDIA BARBOZA DA SILVA
Data: 05/11/2026 17:47:38-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Fernanda Cláudia Barboza da Silva
Engenheira Civil
CREA-PE 1823734162
SIAPE 3.528.746