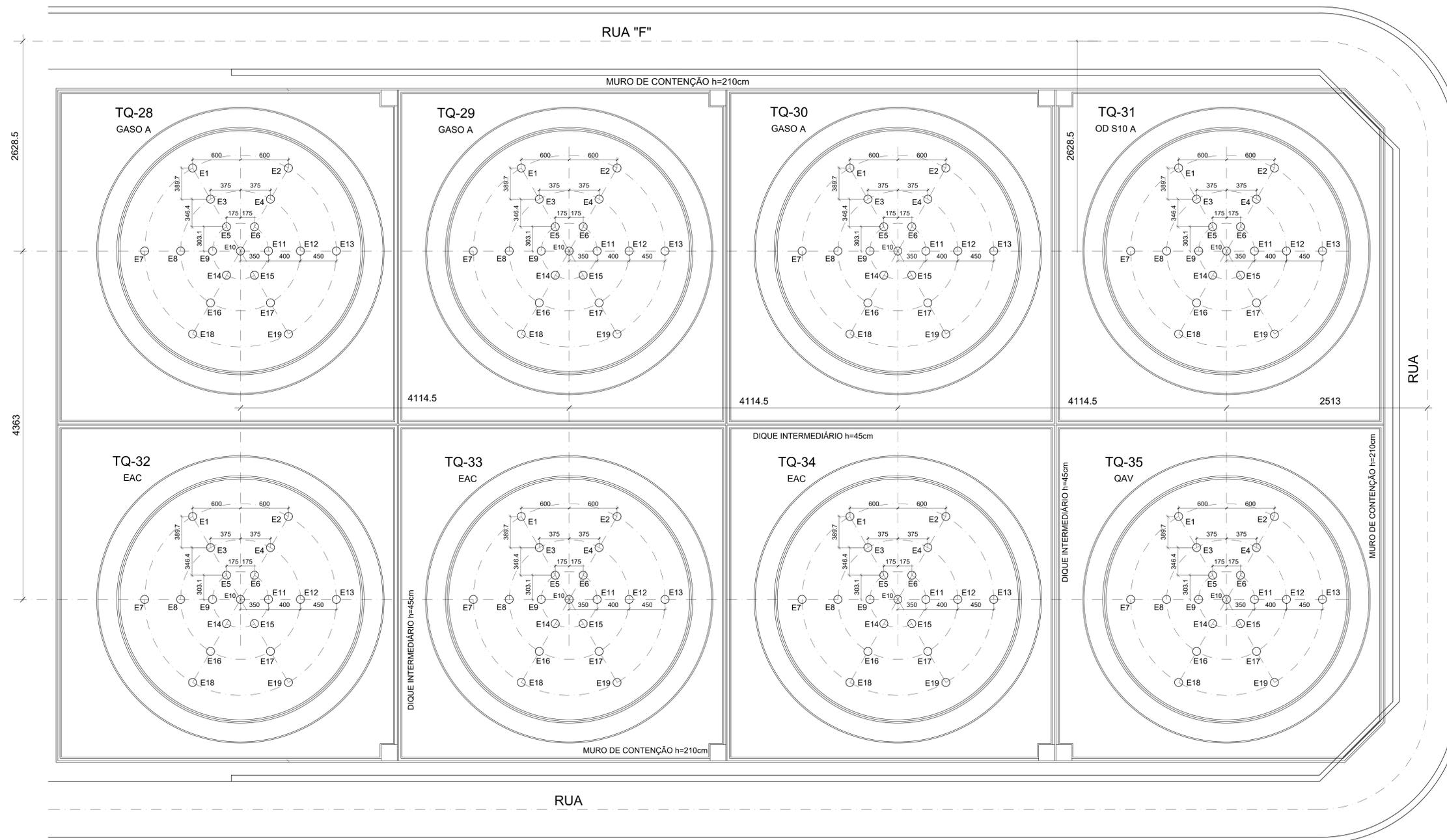


LOCAÇÃO DAS ESTACAS

ESCALA 1 : 200



DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1 - PMMR-TQ28-FUN-FOR-001-R00 "TANQUES TQ 28 - FUNDAÇÃO - FORMA"
- 2 - DE-BEAPÉ-A-0044-0 "CONSTRUÇÃO DOS TANQUE TQ 28 A TQ 35 BACIA DE CONTENÇÃO DOS TANQUES - PLANTA"

NOTAS GERAIS

- 1 - DIMENSÕES EM CENTÍMETROS
- 2 - ESTACAS:
DIÂMETRO = 1,0 m
NÚMERO DE ESTACAS POR TANQUE = 19
NÚMERO TOTAL DE ESTACAS = 8 x 19 = 152

0	Original	03/03/21	JFG	GGG	PRF
REV	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	CONF.	APR.
PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A. BASE DE SUAPE BEAPE					
FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 LOCAÇÃO DAS ESTACAS					
PROJETO	GGG	03/03/21	REV	03/03/21	0
DESENHO	JFG	03/03/21	REV	03/03/21	0
VERIF.	PRF	03/03/21	REV	03/03/21	0
APROVADO	PRF	03/03/21	REV	03/03/21	0
PERCETTO ROCHA FILHO 23003-25 da Região PMMR-TQ28-FUN-DC-004-R00					

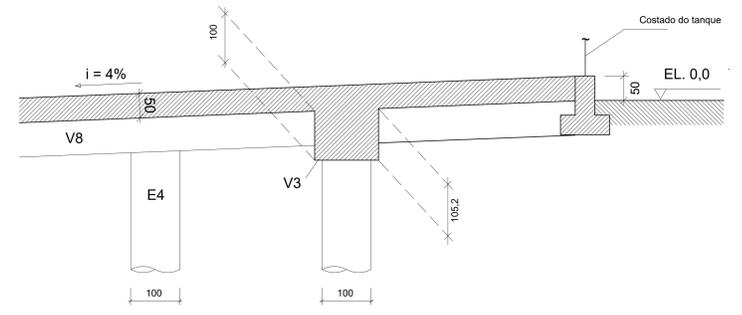
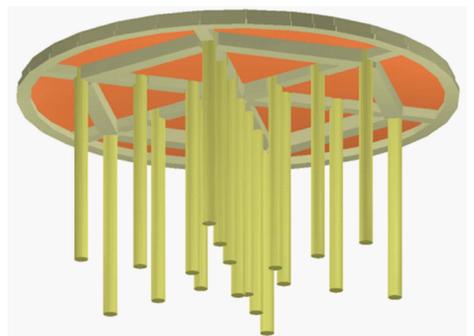
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1 - PMMR - RL - EST - 001 - TQ-28 - FUNDAÇÃO - MEMÓRIA DE CÁLCULO
- 2 - PMMR - RL - GEOTEC - 002 - TQ-28 - FUNDAÇÃO - ANÁLISE GEOTÉCNICA
- 3 - DE-BEAP-F-0410-03 - "CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE GÁSIO 'A' - TQ-28 DIMENSÕES E LOCAÇÃO DE ACESSÓRIOS"

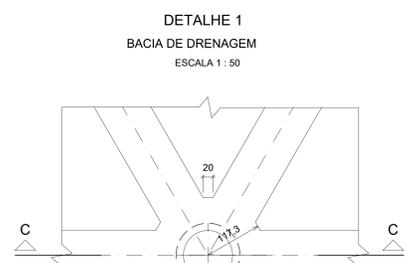
NOTAS GERAIS

- 1 - DIMENSÕES EM CENTÍMETROS. ELEVACIONES EM METRO
- 2 - CONCRETO
- 3 - VIGAS E LAJE: fck = 35 MPa
- 4 - ESTACAS: fck = 20 MPa
- 5 - EMPREGAR CIMENTO RESISTENTE A SULFATOS
- 6 - AÇO CA-50: fyk = 500 MPa
- 7 - PARA EXECUÇÃO, SEGUIR AS NORMAS NBR-6118, NBR-14931, NBR-9082 e NBR-1644
- 8 - CURA LIMPA DO CONCRETO COM O AUXÍLIO DE MANTA GEOTÊXTIL OU EQUIVALENTE, PELA PERÍODO MÍNIMO DE 7 DIAS
- 9 - COBRIMENTO DA ARMADURA MÍNIMO DE 4 cm
- 10 - ESTACAS ESCALADAS: φ = 100 cm QUANT. = 19
- 11 - VOLUME DE CONCRETO
- 12 - LAJE: 596 m³ (fck = 35 MPa)
- 13 - ANEL: 69 m³ (fck = 35 MPa)
- 14 - ESTACAS: 219 m³ (fck = 20 MPa)

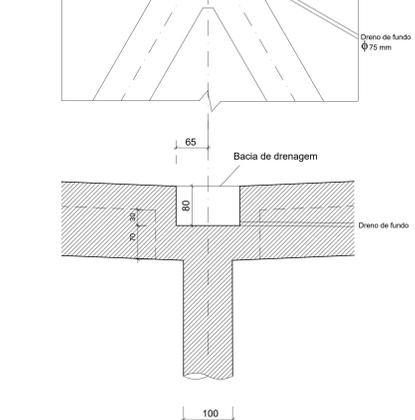
PERSPECTIVA 3D



CORTE B-B
ESCALA 1 : 50

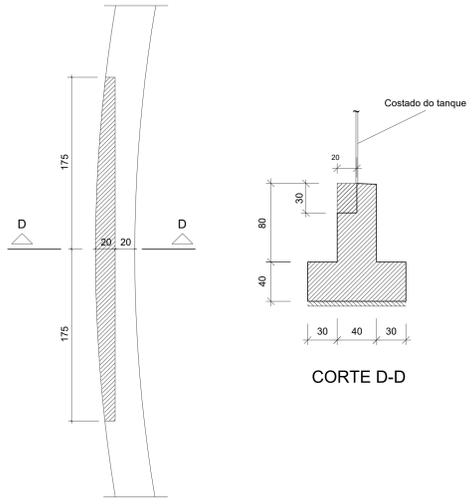


DETALHE 1
BACIA DE DRENAGEM
ESCALA 1 : 50



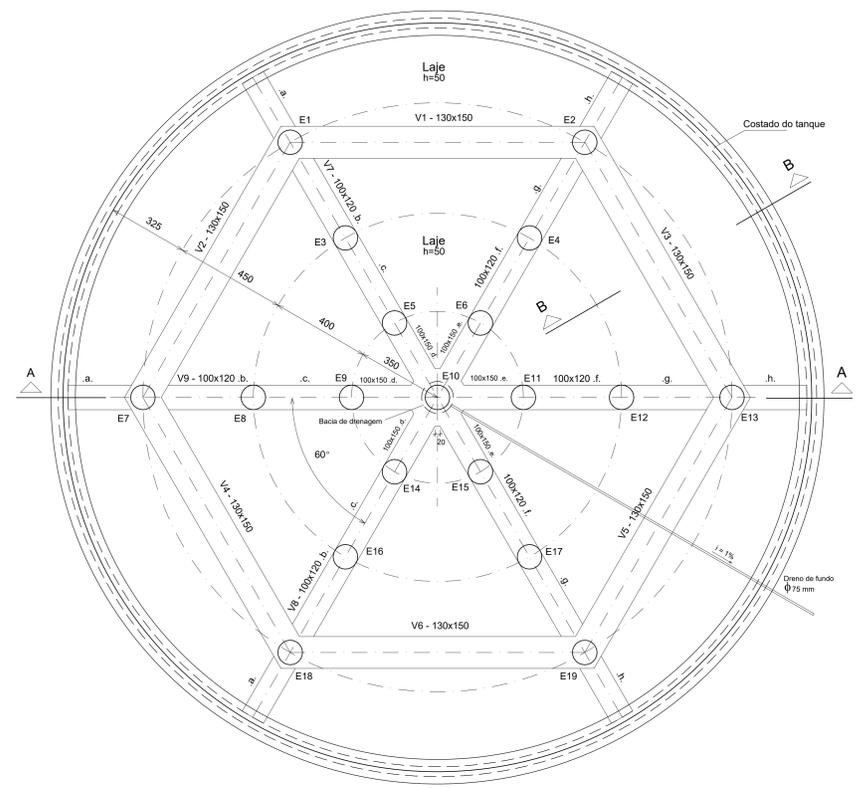
CORTE C-C
ESCALA 1 : 50

RESSALTO PARA PORTA DE LIMPEZA (2x)
ESC 1 : 25

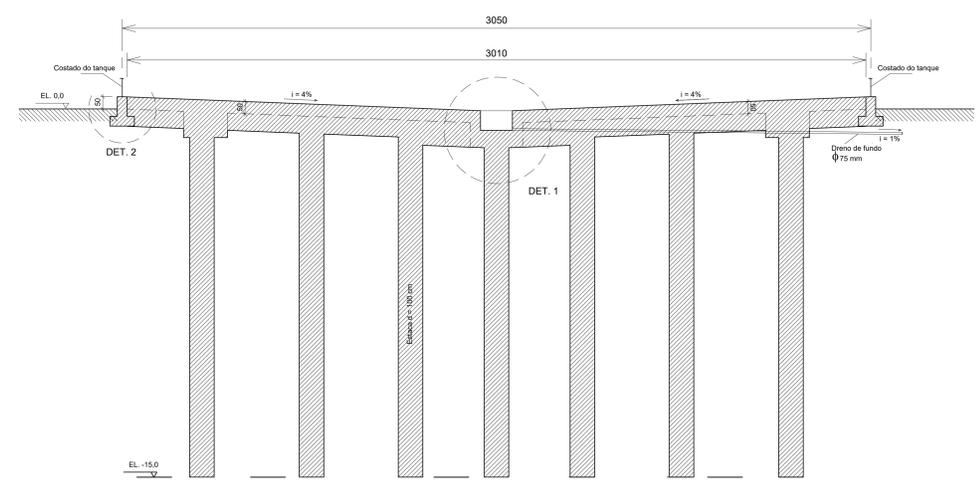


CORTE D-D

FORMA
ESC 1 : 100

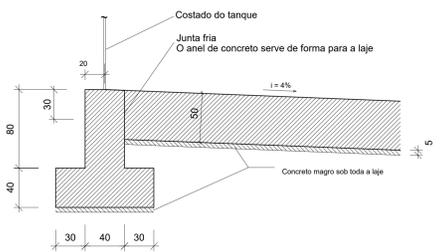


PLANTA
ESCALA 1 : 100



CORTE A-A
ESCALA 1 : 100

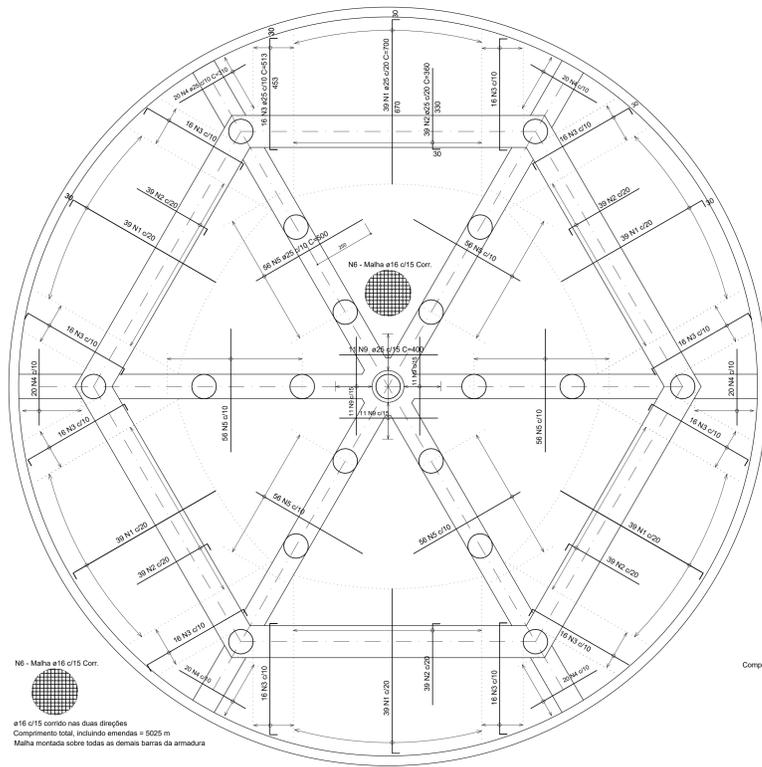
DETALHE 2
ANEL DE CONCRETO
ESC 1 : 25



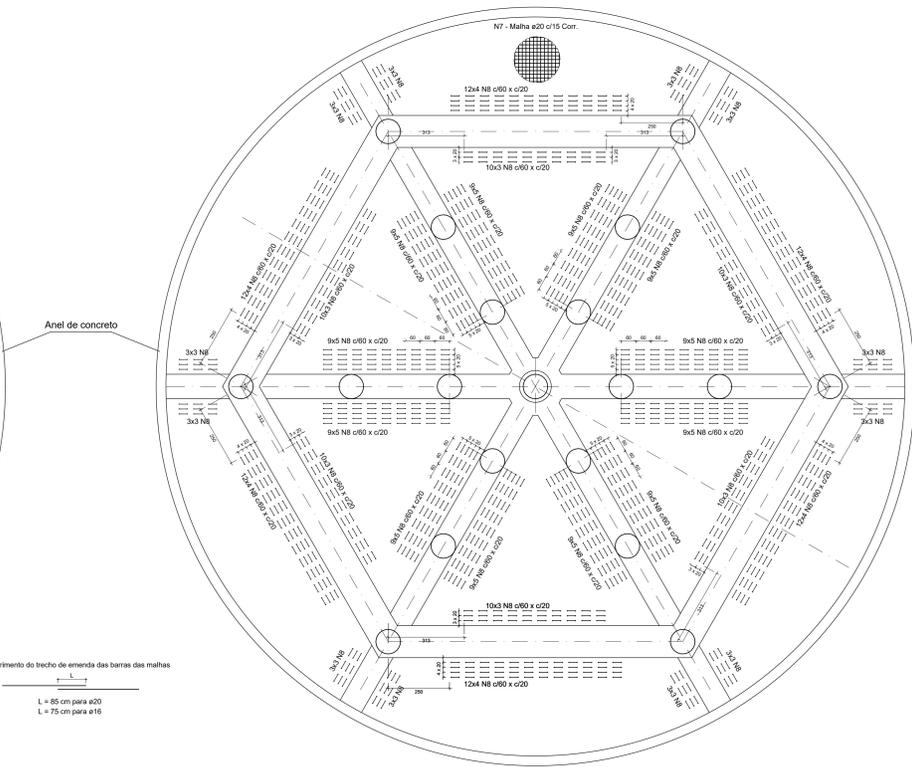
01	INSERIDO DRENO DE FUNDO	03/02/21	JFG	GGG	PRF
0	Original	18/02/21	JFG	GGG	PRF
REV	DESCRIÇÃO	DATA	DES.	CONF.	APR
	BASE DE SUAPE				
	BEAPE				
FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 FORMA					
PROJETO	GGG	11/02/21	REVISÃO		
DESENHO	JFG	11/02/21	DATA		
VER	PRF	18/02/21	DE-BEAP-F-0441		
APROVADO	PRF	18/02/21	DE-BEAP-F-0441		
200503 da Região PERFECTO ROCHA FILHO PMMR-TQ28-FUN-FOR-001-R01					

ARMAÇÃO DA LAJE

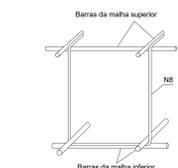
ARMADURA SUPERIOR
ESC 1:100



ARMADURA INFERIOR E ESTRIBOS
ESC 1:100



INSTALAÇÃO DOS ESTRIBOS N8
ESC 1:10



LISTA DE BARRAS P/ 1 TANQUE

N	Ø (mm)	QTD.	COMPRIMENTO (cm)	UNIT.	TOTAL
1	25	234	700	163800	
2	25	234	360	84240	
3	25	192	513	98496	
4	25	120	310	37200	
5	25	336	500	168000	
6	16	1	502500	502500	
7	20	1	506500	506500	
8	10	1116	135	150660	
9	25	44	400	17600	
10	16	2	10200	20400	
11	8	640	304	194560	
12	8	640	262	167680	
13	16	12	500	6000	
14	8	24	244	5856	
15	8	24	144	3456	

N	Ø (mm)	QTD.	COMPRIMENTO (cm)	UNIT.	TOTAL
16	16	304	400	121600	
17	6,3	893	308	275044	
18	16	304	1200	364800	

RESUMO P/ 1 TANQUE

Ø (mm)	COMPRIMENTO (m)	MASSA (kg)
8	3716	1486
10	1507	949
16	5389	9492
20	5085	12983
25	4056	16221
MASSA TOTAL		39781

Ø (mm)	COMPRIMENTO (m)	MASSA (kg)
6,3	2750	688
16	4864	7782
MASSA TOTAL		8470

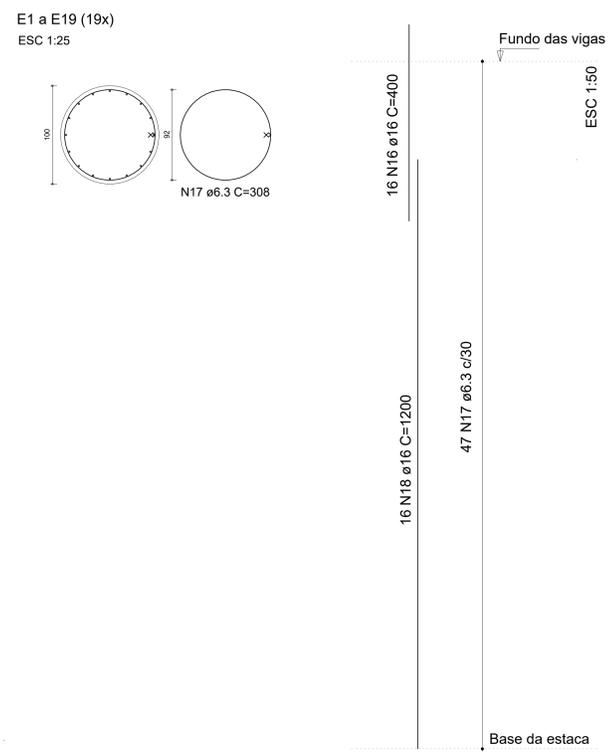
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1 - PMMR - RL - EST - 001 TQ-28 - FUNDAÇÃO - MEMÓRIA DE CÁLCULO
- 2 - PMMR - RL - GEOTEC - 002 TQ-28 - FUNDAÇÃO - ANÁLISE GEOTÉCNICA
- 3 - DE BEAPE-0442-0 - "CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE GÁS "A" - TQ-28 DIMENSÕES E LOCAÇÃO DE ACESSÓRIOS"

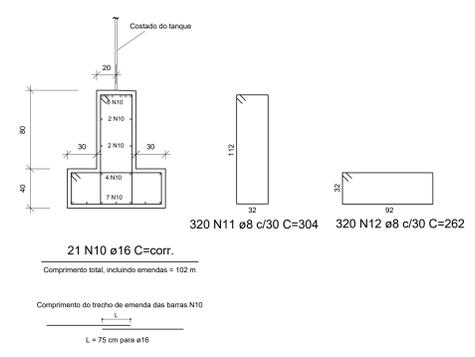
NOTAS GERAIS

- 1 - DIMENSÕES EM CENTÍMETROS, ELEVAÇÕES EM METRO
- 2 - CONCRETO
- 3 - VIGAS E LAJE: fck = 35 MPa
- 4 - ESTACAS: fck = 20 MPa
- 5 - EMPREGAR CIMENTO RESISTENTE A SULFATOS
- 6 - AÇO CA-50: fyk = 500 MPa
- 7 - PARA EXECUÇÃO, SEGUIR AS NORMAS NBR-6118, NBR-14931, NBR-9082 e NBR-1644
- 8 - CURA IMEDIATA DO CONCRETO COM O AUXÍLIO DE MANTA GEOTÊXTIL OU EQUIVALENTE, PELO PERÍODO MÍNIMO DE 7 DIAS
- 9 - COBRIMENTO DA ARMADURA: MÍNIMO DE 4 cm
- 10 - ESTACAS ESCALADAS: Ø = 100 cm QUANT. = 19
- 11 - VOLUME DE CONCRETO
- 12 - LAJE: 96 m³ (fck = 35 MPa)
- 13 - ANEL: 89 m³ (fck = 35 MPa)
- 14 - ESTACAS: 219 m³ (fck = 20 MPa)

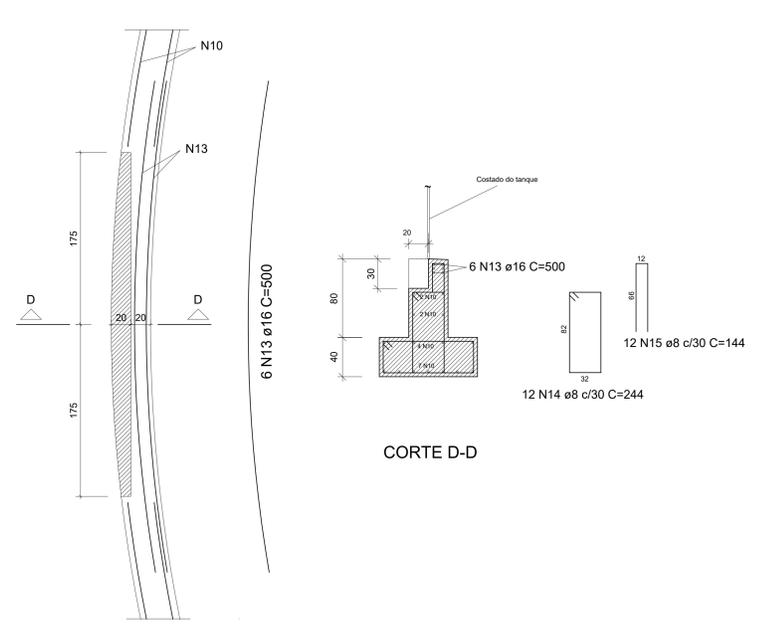
ARMAÇÃO DAS ESTACAS



ARMAÇÃO DO ANEL DE CONCRETO (x2)



RESSALTO PARA PORTA DE LIMPEZA (2x)



1	Lista e resumo de ferros	10/02/21	JFG	GG	PRF
0	Original	18/02/21	JFG	GG	PRF

PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.

TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 ARMAÇÃO PARTE 1

PROJETO	GG	11/02/21	REVISÃO	
DESENHO	JFG	11/02/21		
VERO	PRF	18/02/21		
APROVADO	PRF	18/02/21		

DE BEAPE-0442
 DESENHADO POR: PERFECTO ROCHA FILHO
 PMMR-TQ28-FUN-ARM-002-R01

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 1/12
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

REVISÃO	ORIGINAL	A	B	C	D
DATA	19/02/2021				
PREPARADO	JBG				
CONFERIDO	GBG				
APROVADO	PRF				

REV.	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	Original

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 2/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. NORMAS UTILIZADAS	3
3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
4. MATERIAIS / PARÂMETROS	4
5. PREMISSAS DE CÁLCULO	4
5.1. Escolha do tipo de fundação	4
5.2. Cargas adotadas	5
6. DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO	6
7. DOCUMENTOS PRODUZIDOS	8

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 3/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

1. OBJETIVO

Esta memória de cálculo tem a finalidade de apresentar o dimensionamento da fundação para os Novos Tanques da Base de Suape TQ- 28 – BEAPE, propriedade da PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.

A fundação consiste em um radier estaqueado com uma espessura de 0,5 m, 19 estacas escavadas de 1 m de diâmetro e 15 m de comprimento, acoplado a um anel de contorno em concreto com 1 m de largura na base e 0,4 m na parte superior.

2. NORMAS UTILIZADAS

A seguir estão relacionadas Normas que constituem prescrições válidas para a presente Especificação Técnica e deverão ser usadas independentemente de serem, ou não, citadas diretamente no texto.

ABNT

NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

NBR 6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificação

NBR 6122 – Projeto e execução de Fundações

NBR 6123 – Forças devidas ao vento nas edificações

NBR 8681 – Ações e segurança em estruturas

PETROBRAS

N-0270 Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico

N-1644 Construção de fundações e de estruturas de concreto armado

N-1784 Apresentação de Projeto de Fundações

INTERNACIONAL

API STANDARD – 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction

API STANDARD – 650 Welded Tanks for Oil Storage

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 4/12
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PMMR-RL-GEOTEC-002 TQ 28 – Fundação Análise Geotécnica
 RL-BEAPE-B-0002 - Relatório de Sondagem
 DE-BEAPE-F-0410 - Dimensões e Locação de Acessórios

4. MATERIAIS / PARÂMETROS

- Raio do tanque = 15,25 m
- Altura do tanque = 19,2 m
- Concreto; $f_{ck} = 35$ MPa
- Aço CA-50
- Cobrimento das armaduras = 4 cm
- $\gamma_{concreto} = 25,0$ kN/m³
- $\gamma_{aço} = 78,5$ kN/m³
- $\gamma_{solo} = 19,0$ kN/m³

5. PREMISSAS DE CÁLCULO

5.1. Escolha do tipo de fundação

A fundação adotada para o tanque de armazenamento TQ 28 - BEAPE é em radier estaqueado, acoplado a um anel de concreto. A justificativa detalhada da escolha desta solução encontra-se no documento PMMR-RL-GEOTEC-002.

O radier é constituído de uma laje com 15,25 m de raio e 0,5 m de espessura, assentada sobre 19 estacas escavadas com 1,0 m de diâmetro e 15,0 m de comprimento. O anel de contorno tem 1,0 m de base, 1,2 m de altura e 0,4 m de largura na parte superior. A distribuição das estacas é concêntrica, com três anéis de 6 estacas cada (Figura 5.1). A seção transversal do anel de contorno é a mostrada na Figura 5.2.

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 5/12
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

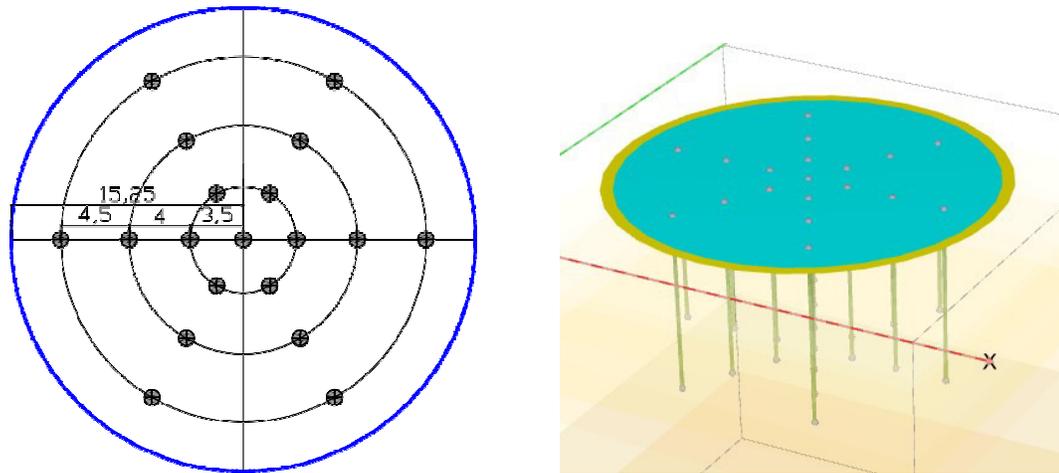


Figura 5.1 – Representação esquemática do radier estaqueado (dimensões em m)

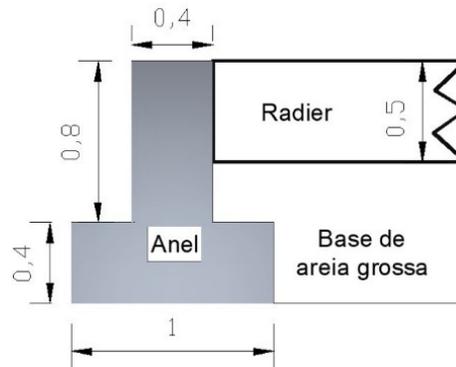


Figura 5.2 - Seção do anel de concreto (medidas em metros)

5.2. CARGAS ADOTADAS

O projeto estrutural foi feito considerando a carga empregada no teste hidrostático, com o tanque cheio de água (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Cargas estáticas atuantes

Peso do tanque cheio de água [kN]	141009
Raio [m]	15,25
Área carregada [m ²]	730,6
Tensão aplicada -Tanque cheio de água [kN/m ²]	193,0
Peso Tanque vazio [kN]	3020
Peso tanque em operação [kN]	122740

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 6/12
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

6. DIMENSIONAMENTO DO RADIER ESTAQUEADO

6.1. Modelo estrutural

A estrutura foi projetada empregando o programa *AltoQi Eberick 2018*. O modelo estrutural é o mostrado na Figura 6.1. Trata-se de uma estrutura espacial, com as lajes discretizadas em grelhas com espaçamento de 50 cm, e vigas e estacas representadas por elementos lineares (elementos de viga). A interação com o solo foi implementada com o emprego de coeficientes de reação vertical do solo (K_v). Para obter um modelo estrutural consistente com o modelo geotécnico descrito no documento *PMMR-RL-GEOTEC-002 TQ 28 – Fundação Análise Geotécnica*, os valores dos coeficientes das lajes e das estacas foram ajustados de forma a se obter a distribuição de cargas indicadas na Tabela 6.1 e recalques diferenciais compatíveis com aqueles obtidos na análise geotécnica.

Tabela 6.1 - Distribuição das cargas nas fundações

Peso do tanque cheio de água [kN]	141009
Parcela de carga para as estacas [kN]	78011
Parcela de carga para o radier [kN]	62998
Porcentagem da carga para as estacas [%]	55%
Porcentagem da carga para o radier [%]	45%

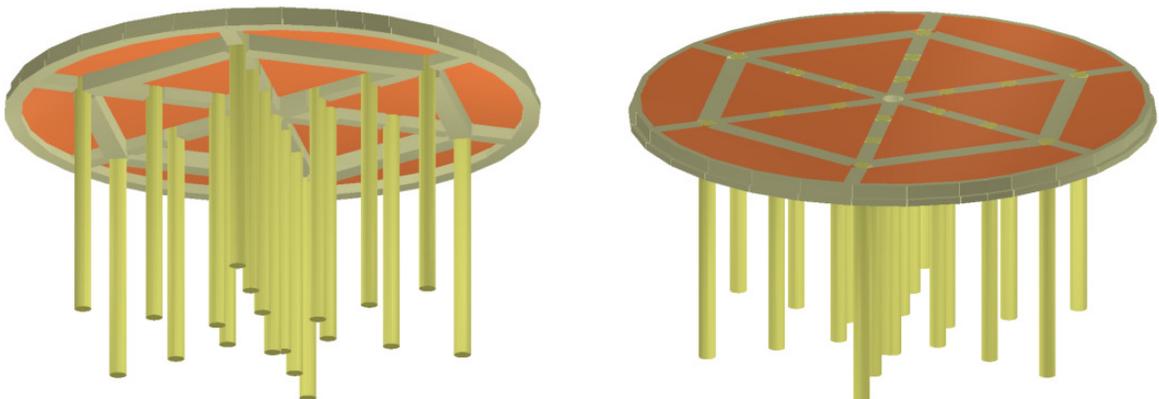


Figura 6.1 – Modelo estrutural

		<h1>MEMÓRIA DE CÁLCULO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 7/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

6.2 - Esforços solicitantes

Os esforços solicitantes de cálculo (majorados pelos coeficientes de segurança) obtidos na análise estrutural são os apresentados nas Figura 6.2 a 6.4.

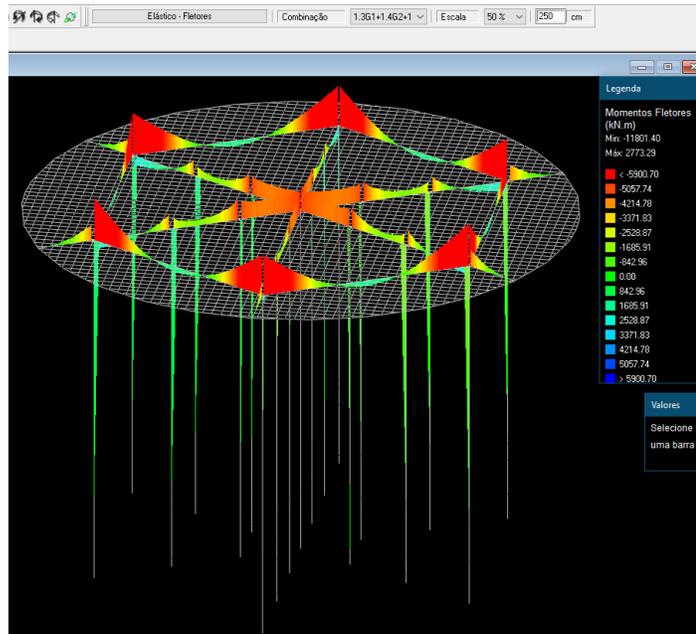


Figura 6.2 – Momentos fletores solicitantes de cálculo

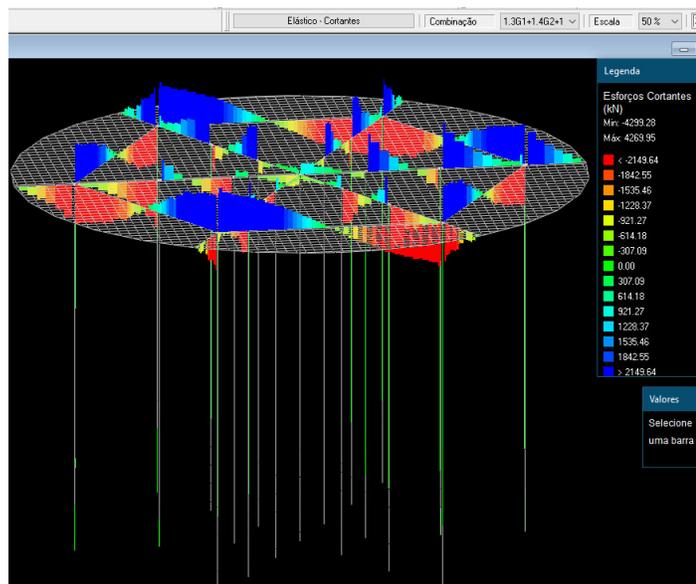


Figura 6.3 – Forças cortantes solicitantes de cálculo

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 8/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

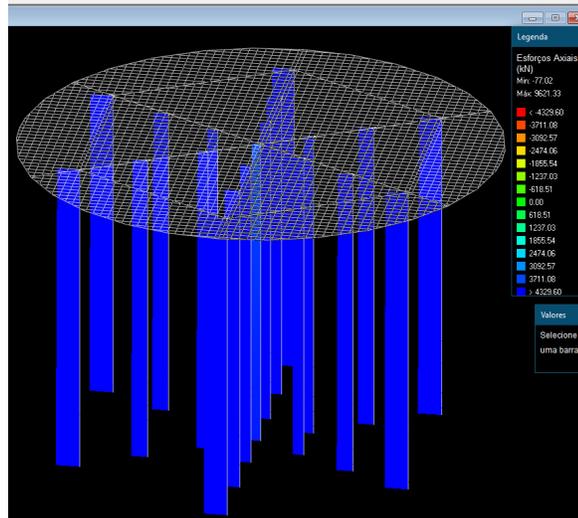


Figura 6.4 – Forças normais solicitantes de cálculo

6.3 – Deslocamentos

A Figura 6.5 mostra a configuração deformada da estrutura sob a carga total de 193 kN/m².

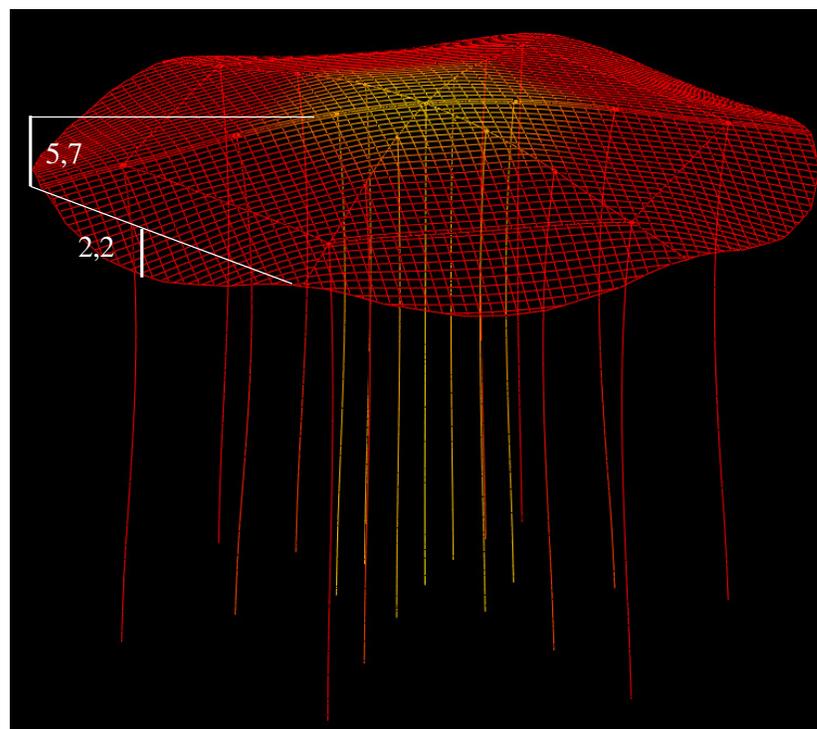


Figura 6.5 – Deslocamentos (cm)

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 9/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

6.4 – Dimensionamento dos elementos do radier

O dimensionamento e detalhamento das vigas, lajes e estacas foi feito de forma semi-automática. Inicialmente, o programa fez o dimensionamento e detalhamento dos elementos automaticamente e, em seguida, alguma modificação foi feita, principalmente no detalhamento das armaduras. O detalhamento final se encontra nas plantas relacionadas no item 7 desta memória.

6.5 - DIMENSIONAMENTO DO ANEL DE CONCRETO

Verificação das tensões atuantes no terreno da fundação

- Verificação da tensão atuando sob o anel de concreto

Esta verificação analisa a tensão devido ao peso do tanque vazio, carga de vento e peso do anel de concreto (q_a)

$$q_a = q_1 + q_v + q_{ac}$$

$$q_{ac} = \frac{\gamma_{concreto} \times V_{anel}}{A_{anel}} = 18 \text{ kN/m}^2$$

$$q_1 = \frac{p_{tv}}{A_{anel}} = 31,52 \text{ kN/m}^2$$

Cálculo do vento

$$V_0 = 30 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1,0 \text{ (terreno plano)}$$

$$S_2 = 0,91 \text{ (Tabela 2 – NBR 6123)}$$

$$S_3 = 0,95 \text{ (Tabela 3 – NBR 6123)}$$

$$V_k = 30 \times 1 \times 0,91 \times 0,95 = 25,94 \text{ m/s}$$

$$q = 0,613 \times V_k^2 = 412,32 \text{ N/m}^2$$

$$F = C_a \times q \times A_e = 0,8 \times 412,32 \times (15,25 \times 2 \times 19,2) = 193,16 \text{ kN (Tabela 10 – NBR 6123)}$$

$$M = 193,16 \times \left(\frac{19,2}{2} + 1,2 \right) = 2086,13 \text{ kNm}$$

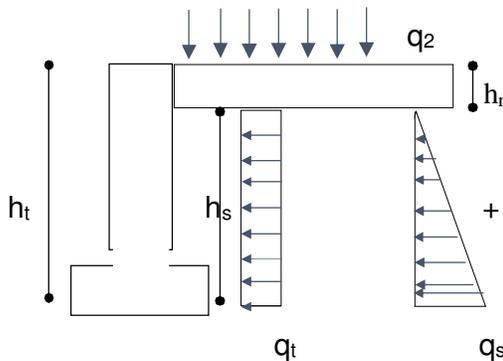
$$I_{anel} = 11153,88 \text{ m}^4$$

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 10/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

$$q_v = \frac{2086,13 \times (15,25 + 0,5)}{11153,88} = 0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a = 31,52 + 18 + 0,19 = 49,71 \text{ kN/m}^2$$

Determinação da armadura de tração no anel de concreto



- Força de tração atuante

$$q_{c-máx} = k_0 \times \gamma_{solo} \times h_s = 0,4 \times 19,0 \times 0,7 = 5,32 \text{ kN/m}^2$$

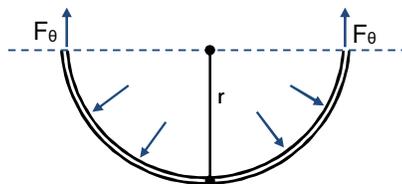
$$R_s = 5,32 \times 0,7 \times 0,5 = 1,86 \text{ kN/m}$$

$$q_t = k_0 \times [(q_2 \times 0,45) + q_r] = 0,4 \times [(62998,25 + A_t) + 25,0 \times h_r] = 39,49 \text{ kN/m}^2$$

$$A_t = 15,25^2 \times \pi = 730,62 \text{ m}^2; h_r = 0,5 \text{ m}$$

Foi considerada apenas a parcela da carga do tanque cheio que é transmitida para o radier vide Tabela 1 e 2 cujo desenvolvimento detalhado está presente no documento de referência PMMR-RL-GEOTEC-002 TQ 28 – Fundação Análise Geotécnica.

$$R_t = 39,49 \times 0,7 = 27,64 \text{ kN/m}$$



$$2F_\theta = \int_0^\pi (R_s + R_t) \times r \, d\theta \therefore F_\theta = (R_s + R_t) \times r$$

$$F_\theta = (27,64 + 1,86) \times 15,25 = 449,92 \text{ kN}$$

(Força resultante direção tangencial)



INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 11/12
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

- Armadura de tração

$$A_s = \frac{F_d}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1,4 \times 449,92 \times 1,15}{50} = 14,49 \text{ cm}^2$$

(Armadura ao longo da seção do anel)

- Armadura mínima para deformações impostas

De acordo com o item 17.3.5.2.2 da NBR 6118:2014, a armadura mínima de tração sob deformações impostas deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$A_{s-r} = k \times k_c \times f_{ct,ef} \times \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

onde

k é o coeficiente que considera os mecanismos de geração de tensão, adotado $k = 0,5$

k_c é o coeficiente que considera a natureza da distribuição de tensões na seção, imediatamente antes da fissuração, adotado $k_c = 1$

$f_{ct,ef}$ é a resistência média à tração efetiva do concreto no instante em que se formam as primeiras fissuras, adotado $f_{ct,ef} = 3 \text{ MPa}$

A_{ct} é a área de concreto na zona tracionada

σ_s é a tensão máxima permitida na armadura imediatamente após a formação da fissura, adotado $\sigma_s = 435 \text{ MPa}$

Logo, a armadura mínima devido a deformações impostas a ser adotada corresponde a

$$A_{s-r} = 0,5 \times 1 \times 3 \times \frac{7230}{435} = 24,83 \text{ cm}^2$$

Adotar 16 barras Ø16 mm (CA-50)

- Armadura de cisalhamento

De acordo com o item 17.4.1.1.1 da NBR 6118:2014, todos os elementos submetidos a força cortante devem conter armadura transversal mínima com a seguinte taxa:

$$A_{sw,min} = 0,2 \times \frac{f_{ct,m}}{f_{ywk}} \times b_w \times s \times \text{sen } \alpha$$

onde

$f_{ct,m}$ é dado por $f_{ct,m} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$ (item 8.2.5 da NBR6118:2014)

$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$ para o aço CA-50

s é o espaçamento dos estribos, 100 cm

		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº MC-BEAPE-F-0033	REV. 0	FOLHA: 12/12
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

b_w é a largura média da alma, 40 cm

α é a inclinação dos estribos em relação ao eixo longitudinal do elemento, 90°

Logo, a armadura mínima de cisalhamento a ser adotada corresponde a

$$A_{sw,min} = 0,06 \times \frac{(35^{\frac{2}{3}})}{500} \times 40 \times 100 = 5,14 \text{ cm}^2 / m$$

Adotar barras de aço (CA-50) com Ø10 mm a cada 20 cm.

7. DOCUMENTOS PRODUZIDOS

Arquivo	Título
PMMR-TQ28-FUN-FOR-001-R00	Tanques TQ 28 – Fundação - Forma
PMMR-TQ28-FUN-ARM-002-R00	Tanques TQ 28 – Fundação - Armação
PMMR-TQ28-FUN-ARM-003-R00	Tanques TQ 28 – Fundação - Armação

Rio de Janeiro, 19 de fevereiro de 2021.



Pedricto Rocha Filho

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 1/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

REVISÃO	ORIGINAL	A	B	C	D
DATA	29/12/2020				
PREPARADO	RRCR/EGL				
CONFERIDO	PRF				
APROVADO	PRF				

REV.	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	Original

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 2/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

1. OBJETIVO

No âmbito do escopo de atividades estabelecidas no **Contrato Nº.: 4600212340**, este relatório tem como objetivo apresentar os seguintes itens:

- 1- Perfil geológico-geotécnico.
- 2- Avaliação das propriedades geotécnicas e definição dos parâmetros de projeto.

2. NORMAS UTILIZADAS

ABNT-NBR 6484/2001 – “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

MC-BEAPE-F-0011 - TQ 28 – FUNDAÇÃO – ANÁLISE GEOTÉCNICA - S TEC CONSULTORIA E PROJETOS - 2018

4. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Composição do perfil geológico-geotécnico do subsolo, no local onde serão construídos 8 (oito) Tanques para armazenamento de combustível, localizados na Base de SUAPE/PE.

Para a elaboração deste perfil, foram utilizados os resultados obtidos na execução de 29 furos de sondagens a percussão (SPT), realizados pela Empresa S TEC Consultoria e Projetos, no período de junho a agosto de 2018. Resultados apresentados no Relatório MC-BEAPE-F-001. O programa de investigação do subsolo, foi constituído de sondagens a percussão tipo SPT, sendo 8(oito) sondagens, nominalmente SP-01; SP-05; SP-09; SP-13; SP-17; SP-21; SP- 24 e SP-27 alocadas nos correspondentes centros da base dos

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 3/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

respectivos tanques, atingiram uma profundidade entre 35m a 40m. As demais sondagens atingiram uma profundidade, em torno de 20m.

A **Figura 1**, apresenta a planta de locação dos 8 tanques e das respectivas sondagens.

As características geológicas-geotécnicas deste subsolo, incluindo a estratigrafia, indicando a distribuição espacial, i.e., a profundidade, a espessura das camadas e a litologia, tipo de solo, são apresentadas através de 2 (dois) perfis longitudinais, e 4 (quatro) seções transversais, conforme indicado a seguir.

- (i) - Perfil Longitudinal 1- Seção composta ao longo da linha de centro dos respectivos Tanques 01/02/03 e 04, incluindo os seguintes furos de sondagens: SP-02; SP-01; SP-03; SP-06; SP-05; SP-07; SP-10; SP-09; SP-11; SP-14; SP-13 e SP-15. **(Figura 2)**.
- (ii) - Perfil Longitudinal 2- Seção composta ao longo da linha de centro dos respectivos Tanques 05/06/07 e 08, incluindo os seguintes furos de sondagens: SP-18; SP-17; SP-19; SP-22; SP-21; SP-25; SP-24; SP-27 e SP-28. **(Figura 3)**.
- (iii) - Seção Transversal 1- Seção composta abrangendo, as respectivas sondagens nas áreas limitadas pelas bases dos Tanques 1 e 5, incluindo os seguintes furos de sondagem: SP-20; SP-17; SP-19; SP-04; SP-01 e SP-03. **(Figura 4)**.
- (iv) - Seção Transversal 2- Seção composta abrangendo, as respectivas sondagens nas áreas limitadas pelas bases dos Tanques 2 e 6, incluindo os seguintes furos de sondagem: SP-23; SP-21; SP-08; SP-05; e SP-07. **(Figura 5)**.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 4/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

- (v) - Seção transversal 3- Seção composta abrangendo, as respectivas sondagens nas áreas limitadas pelas bases dos Tanques 3 e 7, incluindo os seguintes furos de sondagem: SP-26; SP- 24; SP-25; SP-12; SP-09 e SP-10. **(Figura 6)**.

- (vi) - Seção transversal 4- Seção composta abrangendo, as respectivas sondagens nas áreas limitadas pelas bases dos Tanques 4 e 8, incluindo os seguintes furos de sondagem: SP- 29; SP-27; SP- 28; SP-16; SP- 13 e SP-15. **(Figura 7)**.

A visualização tridimensional do perfil geológico-geotécnico, abrangendo toda a área de localização das bases dos 8 (oito) tanques e das sondagens, está apresentada nas **Figuras 8-12**.

INSTALAÇÃO:
BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº
RL-BEAPE-F-0001

REV.
0

FOLHA:
5/27

TÍTULO:
FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:
PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

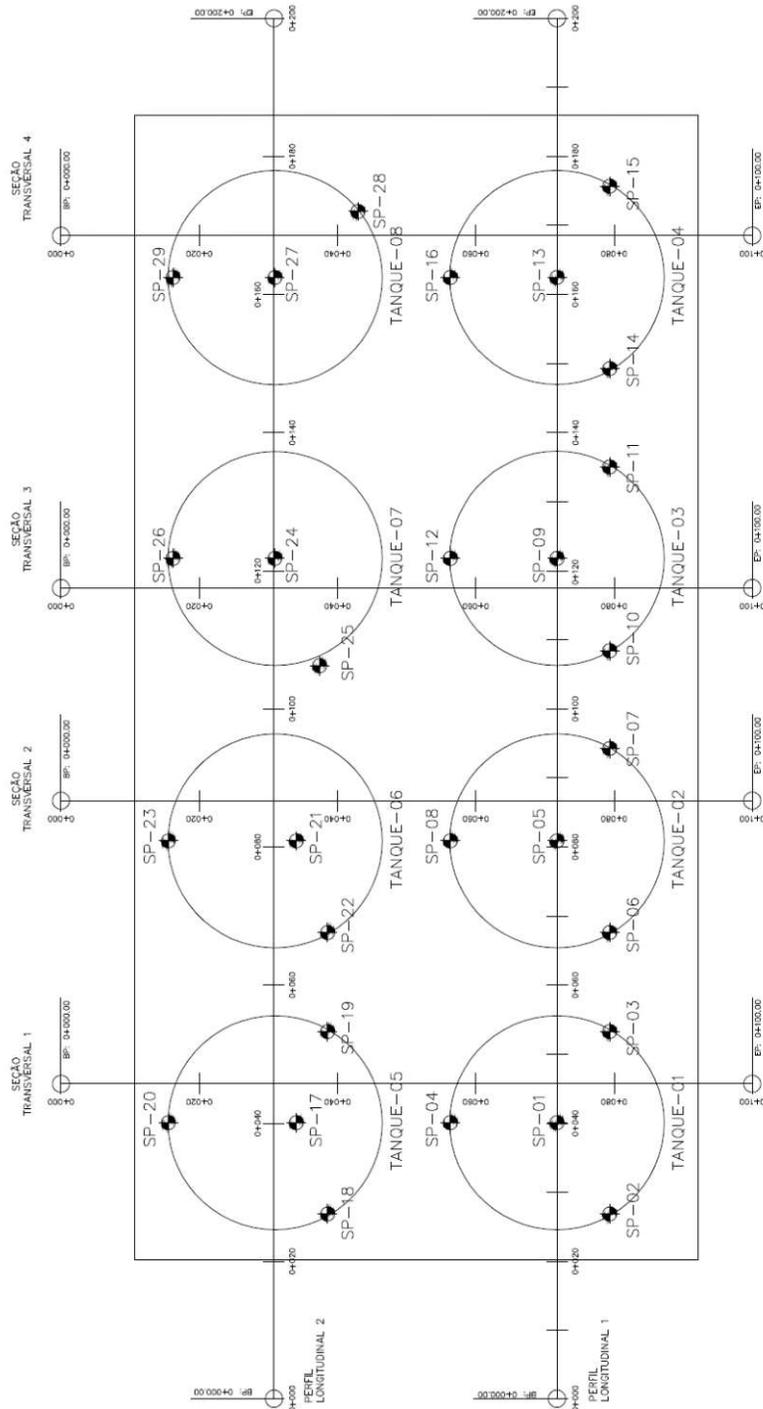


Figura 1 - Localização dos 8 tanques e alinhamentos para as seções.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO:

BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº

RL-BEAPE-F-0001

REV.

0

FOLHA:

6/27

TÍTULO:

FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:

PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

PERFIL LONGITUDINAL 1 COM SONDAENS (SPT)

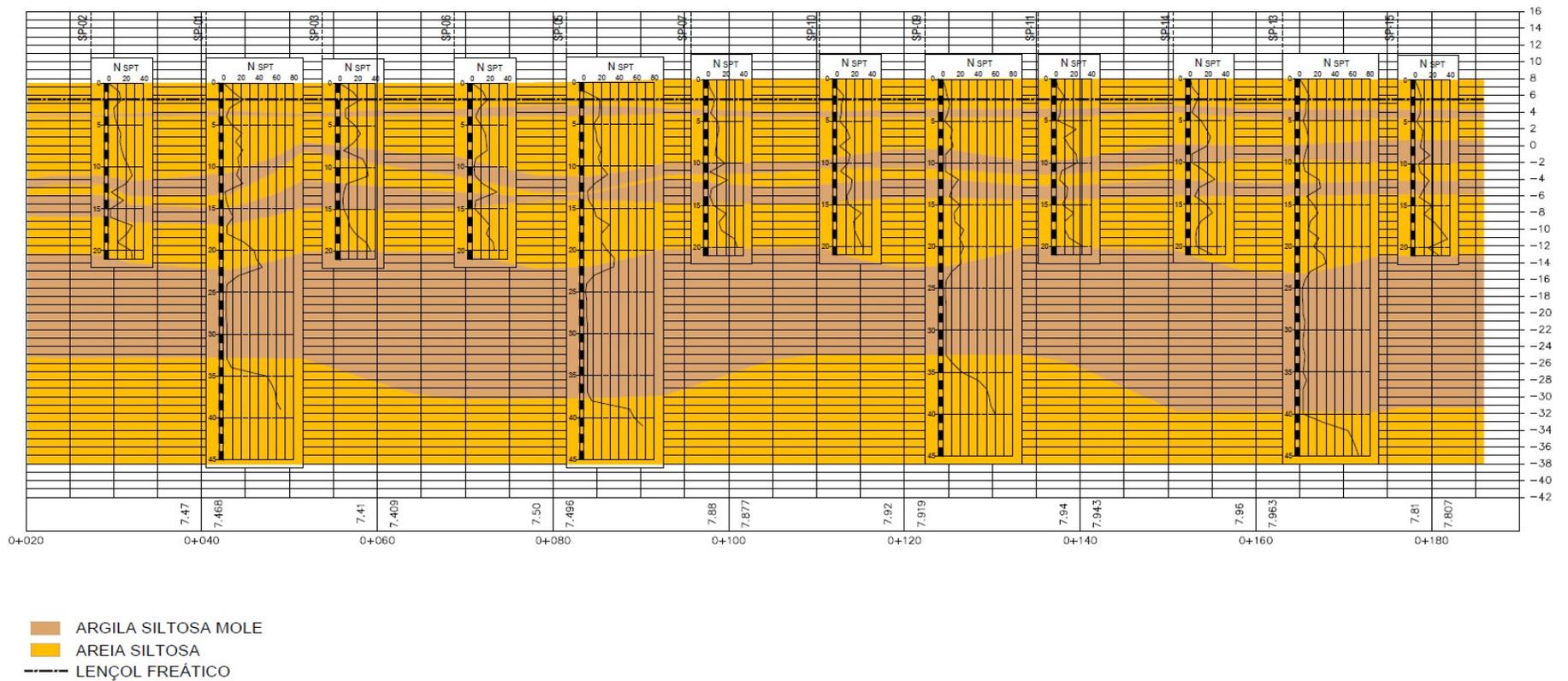


Figura 2 - Perfil Longitudinal 1.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO:

BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº

RL-BEAPE-F-0001

REV.

0

FOLHA:

7/27

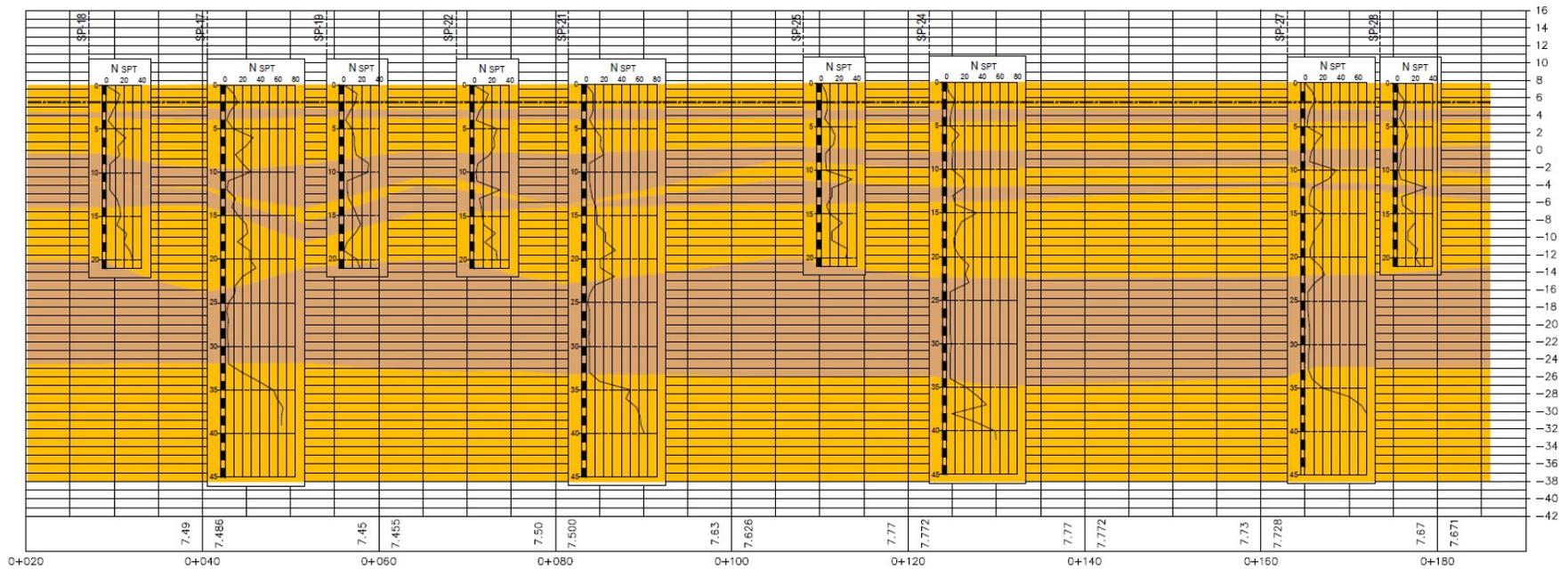
TÍTULO:

FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:

PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

PERFIL LONGITUDINAL 2 COM SONDAGENS (SPT)



- ARGILA SILTOSA MOLE
- AREIA SILTOSA
- LENÇOL FREÁTICO

Figura 3 - Perfil Longitudinal 2.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 8/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

SEÇÃO TRANSVERSAL 1 COM SONDAGENS (SPT)

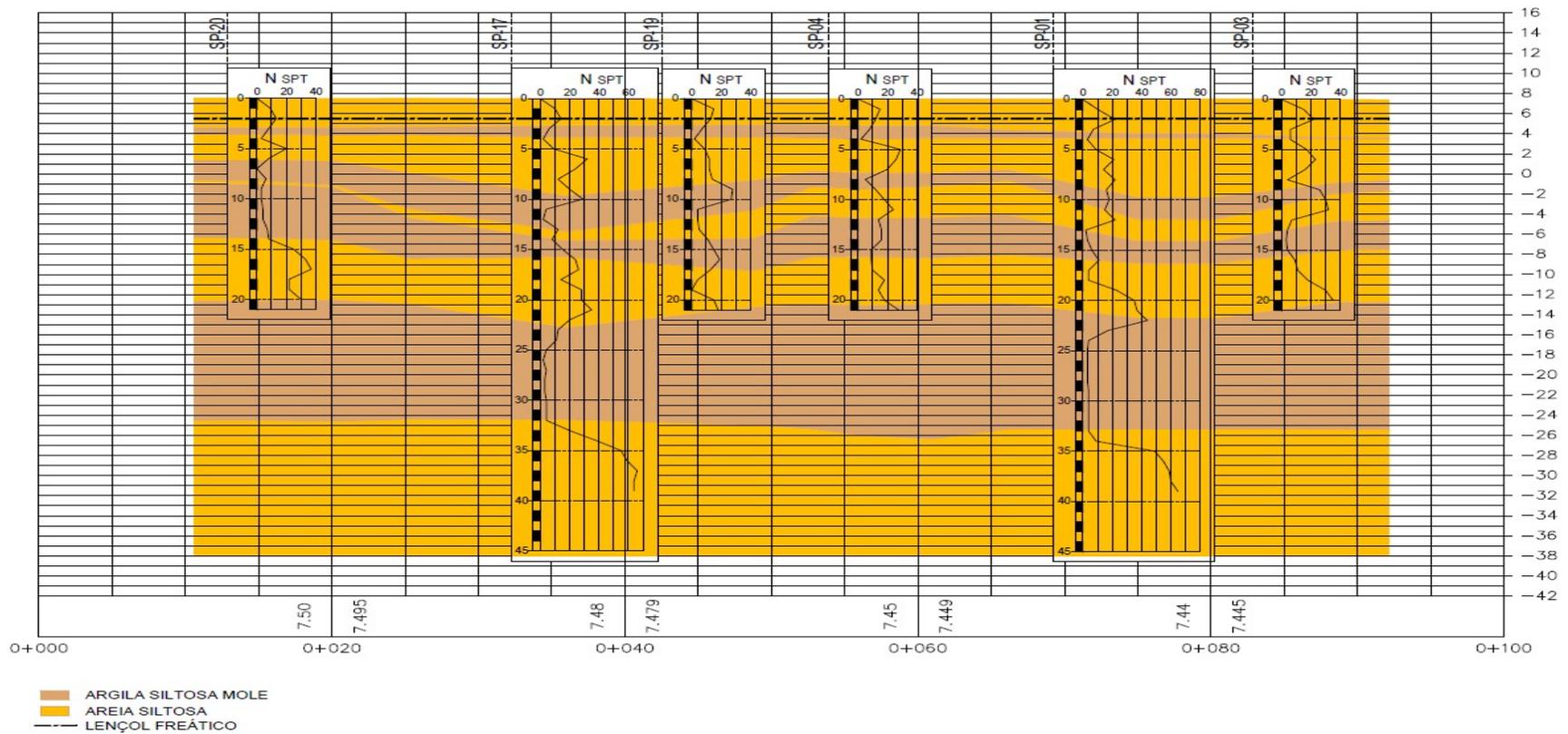


Figura 4 - Seção Transversal 1.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO:

BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº

RL-BEAPE-F-0001

REV.

0

FOLHA:

9/27

TÍTULO:

FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:

PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

SEÇÃO TRANSVERSAL 2 COM SONDAGENS (SPT)

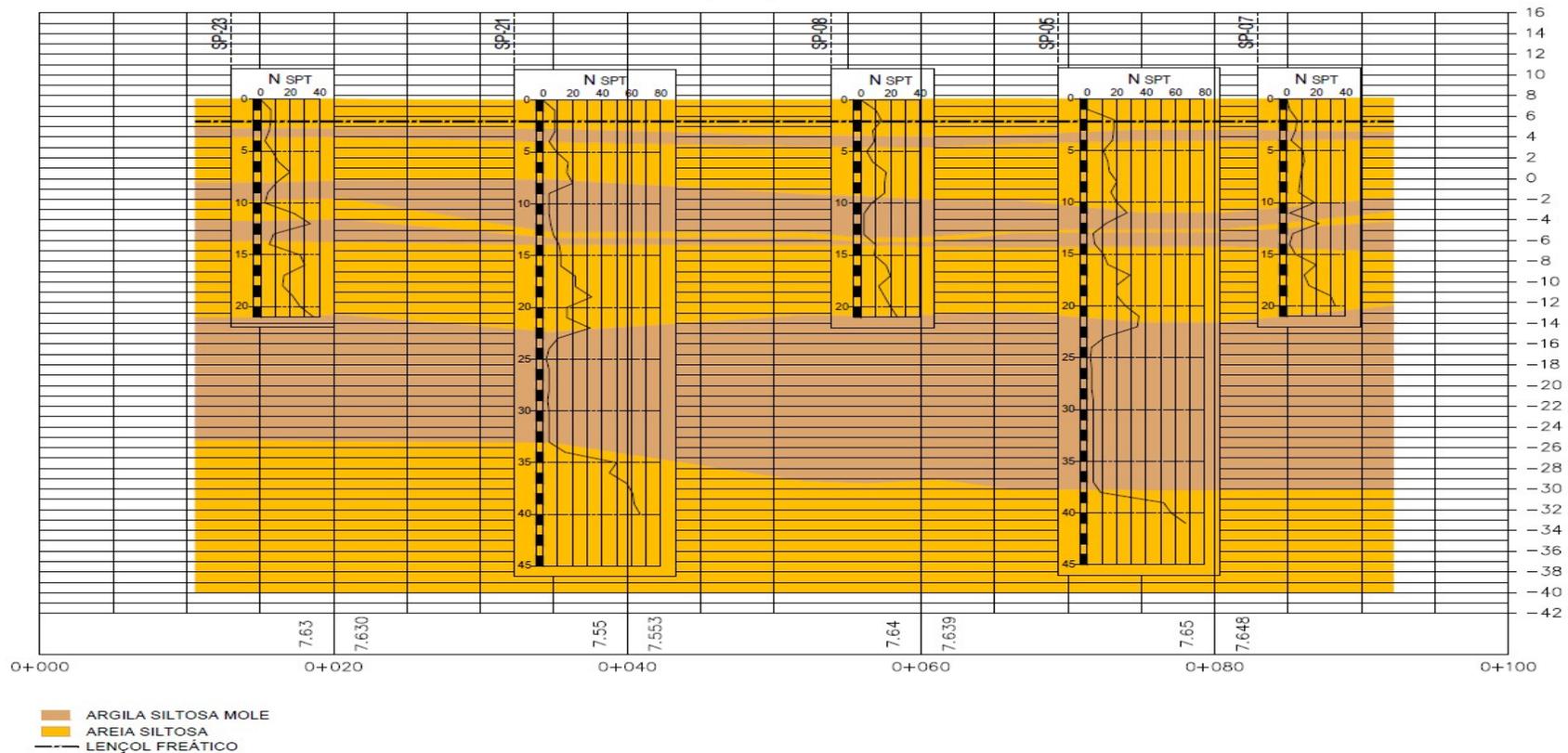


Figura 5 - Seção Transversal 2.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO:

BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº

RL-BEAPE-F-0001

REV.

0

FOLHA:

10/27

TÍTULO:

FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:

PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

SEÇÃO TRANSVERSAL 3 COM SONDAGENS (SPT)

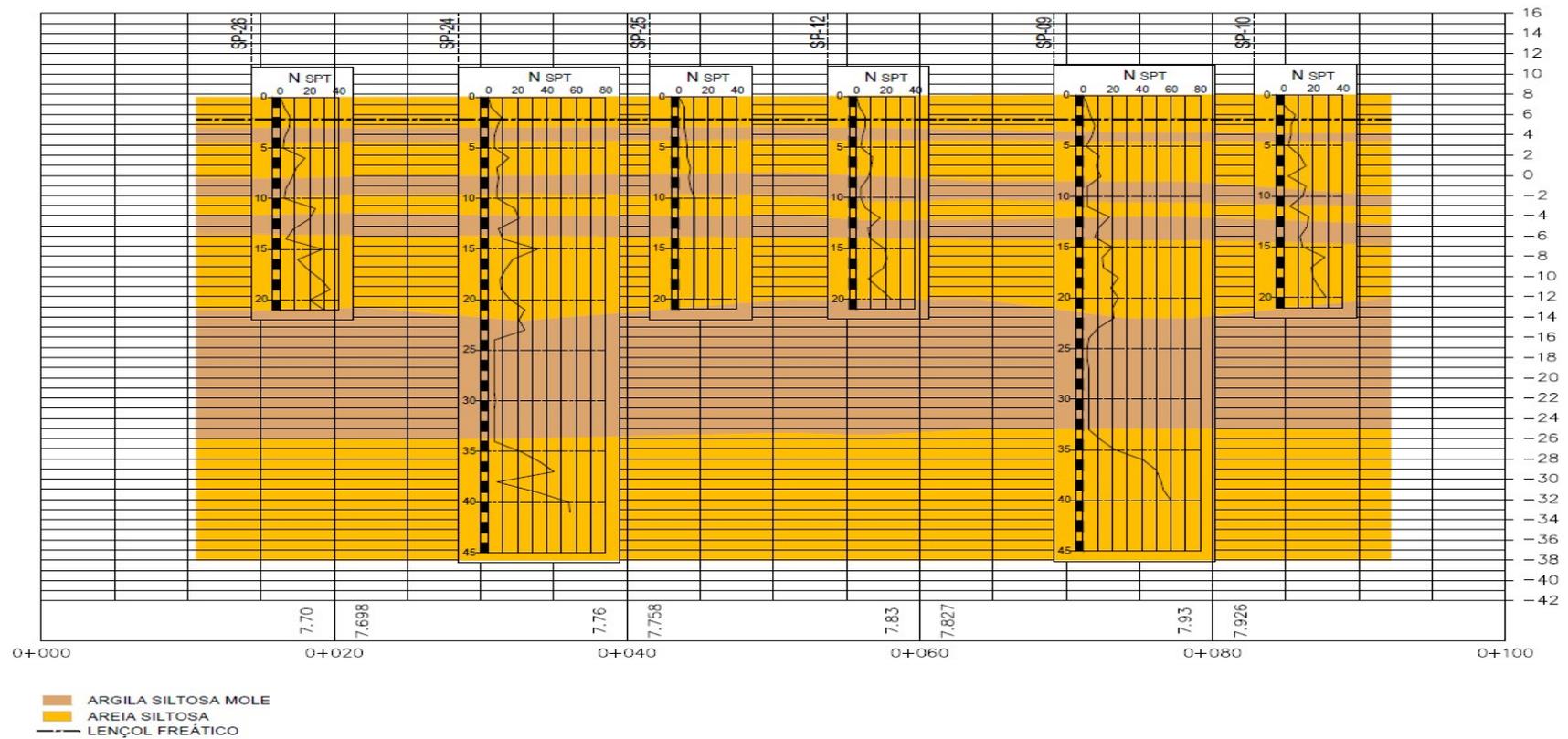


Figura 6 - Seção Transversal 3.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 11/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

SEÇÃO TRANSVERSAL 4 COM SONDAGENS (SPT)

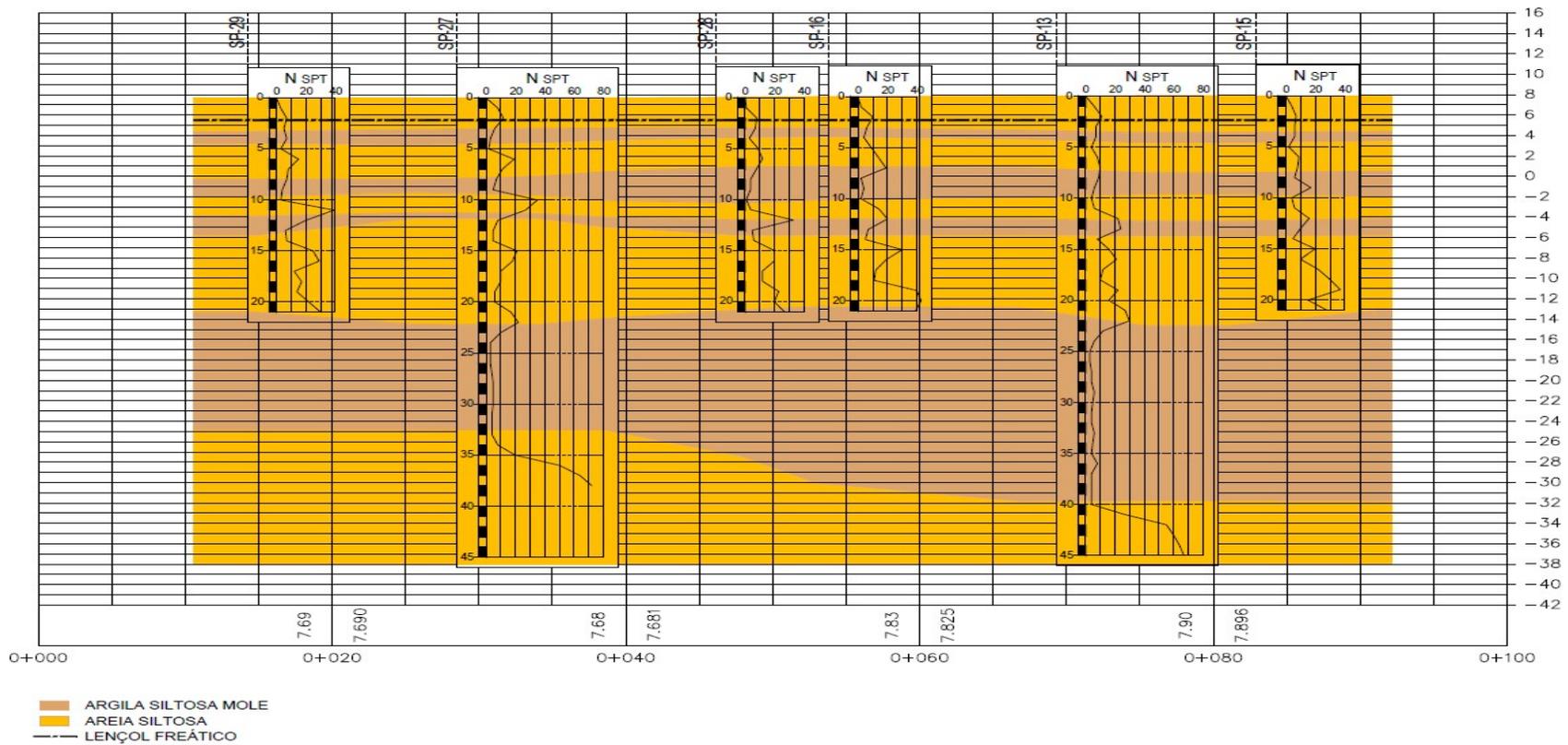


Figura 7 - Seção Transversal 4.

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 12/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

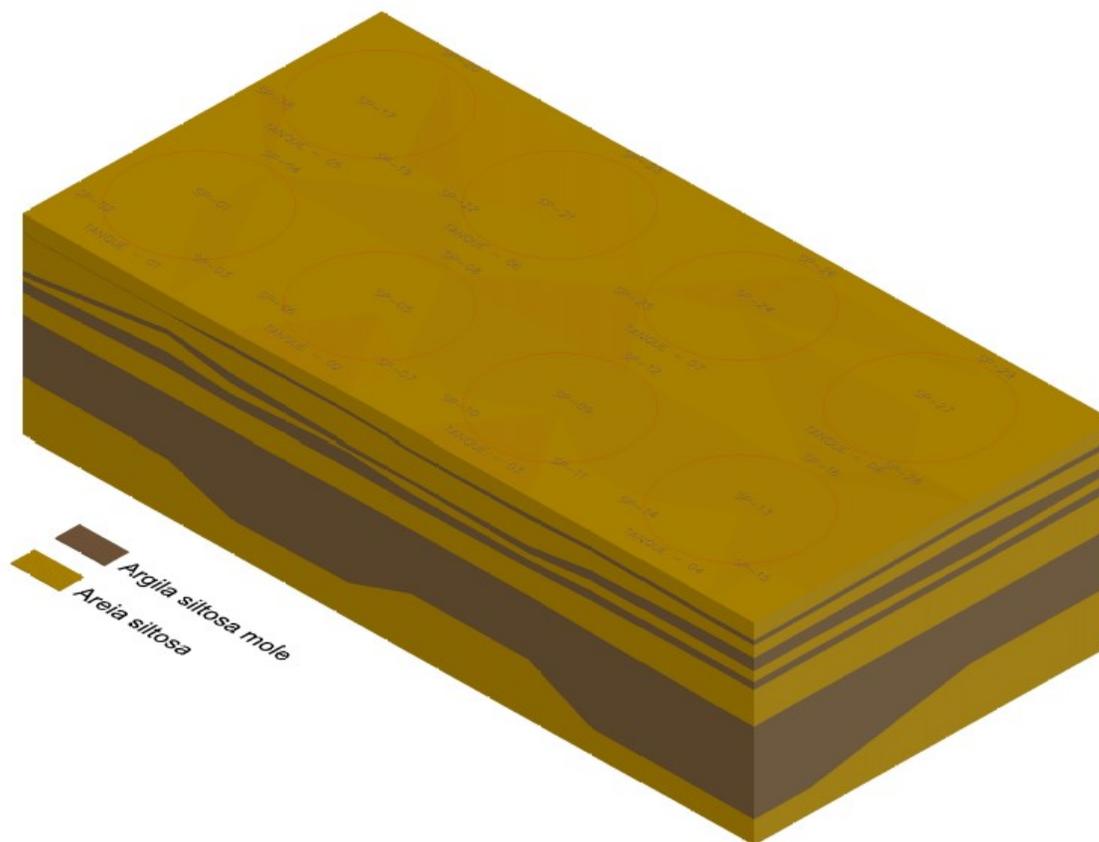


Figura 8- Vista 3D do perfil do solo dos 8 tanques.

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 13/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

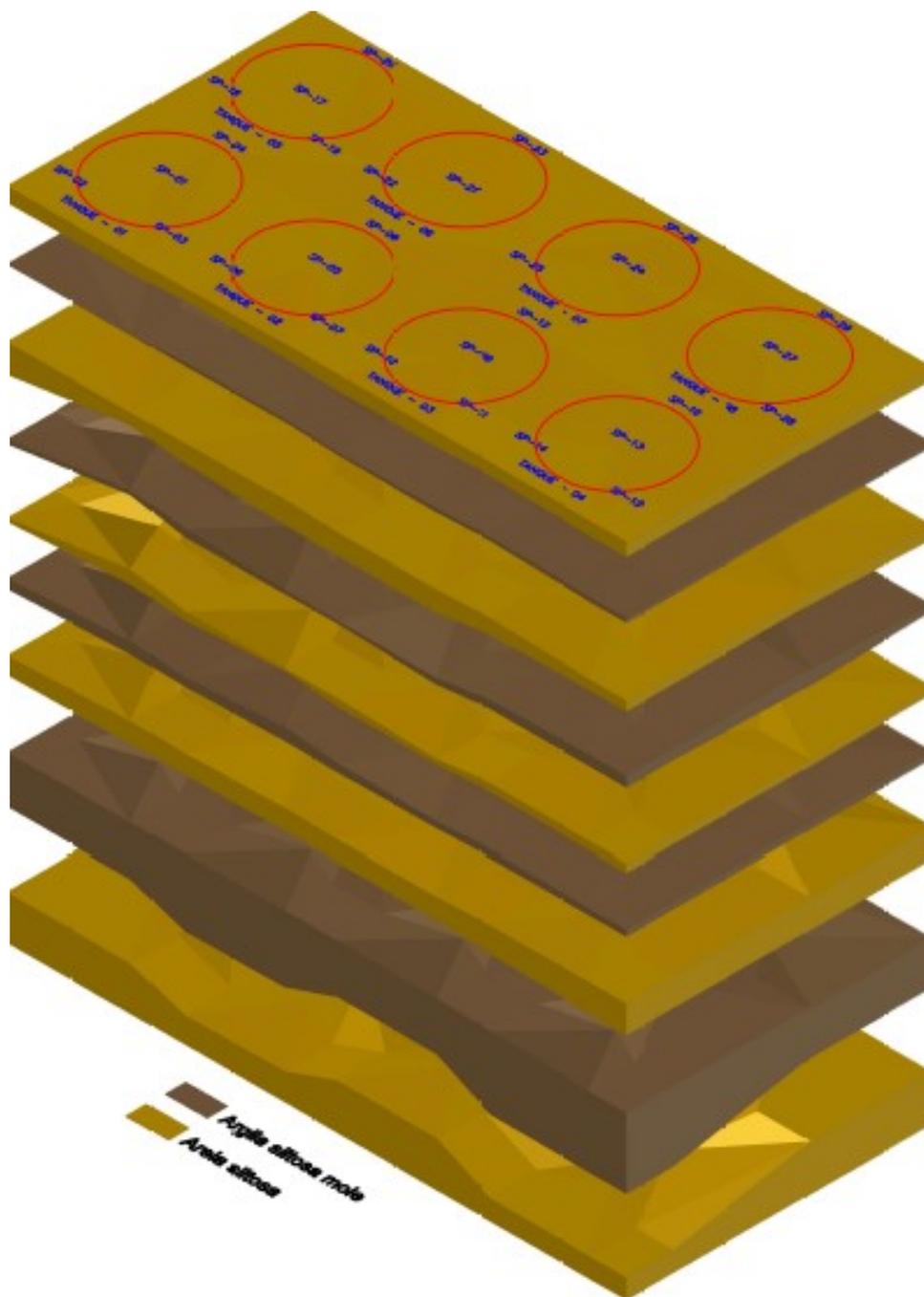


Figura 9- Vista 3D do perfil do solo dos 8 tanques com separação esquemática das camadas.

		<h1>RELATÓRIO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 14/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

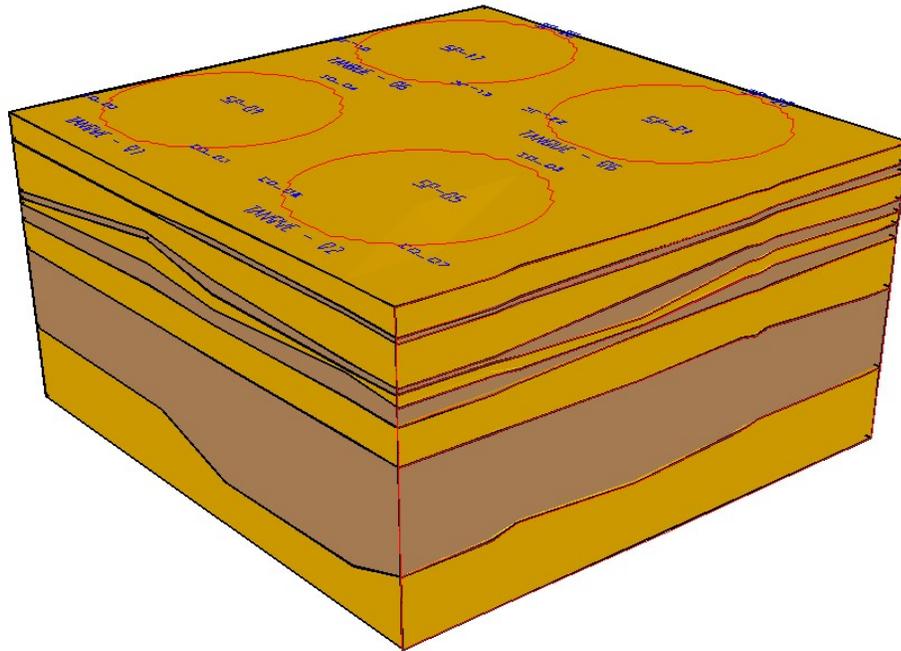


Figura 10- Vista 3D do perfil do solo dos tanques 01, 02, 05 e 06

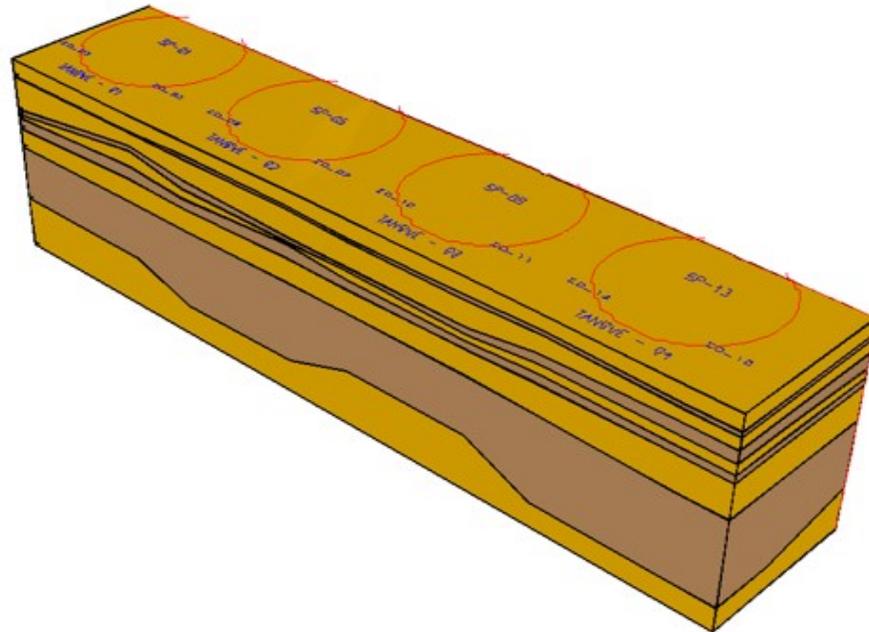


Figura 11- Vista 3D do perfil do solo dos tanques 01, 02, 03 e 04 (eixo A)

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 15/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

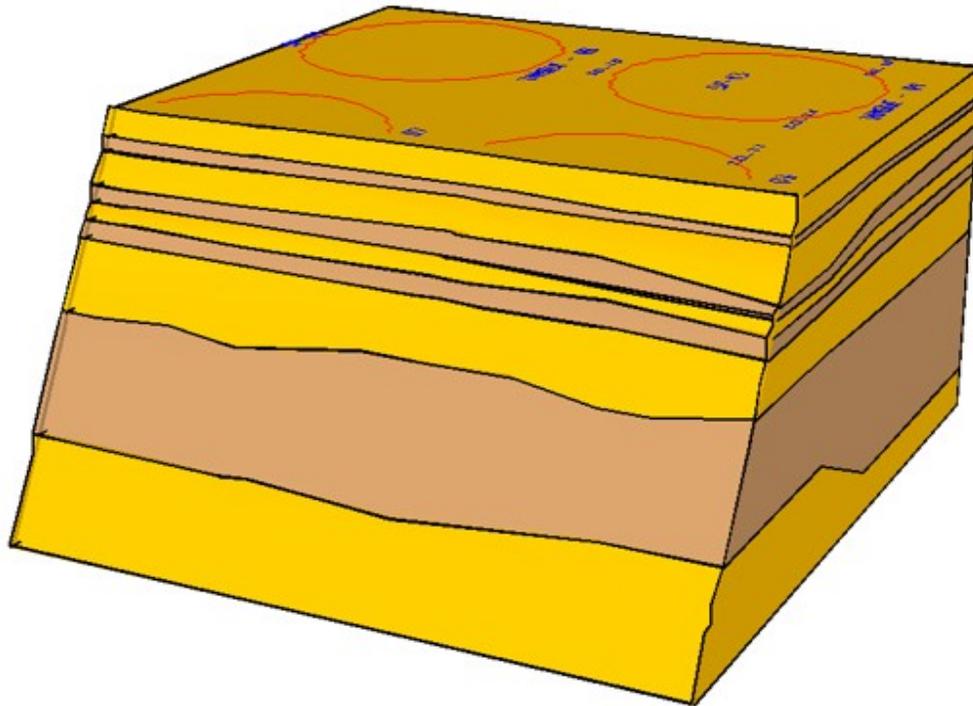


Figura 12- Vista 3D do perfil do solo dos tanques 03, 04, 07 e 08.

Para a composição destes perfis, foi utilizado o programa computacional AutoCad Civil 3D.

Os resultados obtidos através deste programa de investigação do subsolo, indicaram que este substrato é formado por sedimentos recentes do período quaternário, com alternâncias de energia de deposição e sedimentação. Neste sentido, observa-se a existência de sedimentos de origem fluvio-lagunar (intercalações estratigráficas constituídas de areias finas, siltes e argilas) e de sedimentos marinhos (camadas espessas de areia), sendo o nível freático raso, ou seja, situado em uma profundidade de 2(dois) a 3(três) metros. Este tipo de formação geológica ocorre com muita frequência ao longo do litoral brasileiro.

Para efeito de projeto e da análise do comportamento da fundação, pode ser considerado como representativo do subsolo, o seguinte perfil estratigráfico.

Uma camada constituída de uma areia fina a média, com a presença de silte, compacta e pouco compacta. Esta matrix principal, com uma espessura, em torno de 20 (vinte) metros,

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 16/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

apresenta intercalações de camadas argilosas com muita matéria orgânica e silte. Estas intercalações argilosas contínuas, possuem espessuras variando de 2.0m (dois) a 5.0m (cinco).

Abaixo dessa camada arenosa, encontra-se uma argila com muita matéria orgânica, cuja espessura varia entre 10 m (dez), no perfil longitudinal 1, a 14 m (quatorze), perfil longitudinal 2.

5. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROJETO

Para a obtenção dos parâmetros de projeto, representativos dos solos que constituem as camadas do subsolo a partir do número de golpes do SPT, foi procedida uma correção nos respectivos valores do N_{spt} , considerando a energia de entrada no processo de cravação. Embora a prática brasileira seja pautada pelas sugestões da norma NBR6484/2001, que estabelece critérios rígidos para os procedimentos de perfuração e ensaios, com a adoção de um único tipo de amostrador, no meio técnico existem variações regionais de procedimentos de sondagens. Devido às variações da eficiência registradas na literatura durante os ensaios correções ao número de golpes são recomendáveis, dessa maneira no presente trabalho foi adotado um valor de 1,2 para realizar a correção dos números de golpes obtidos em cada um dos furos de sondagens realizados nos ensaios de SPT. Por outro lado, adotou-se para a definição dos parâmetros de resistência não-drenada das argilas, a proposição obtida de estudos realizados na região próxima da construção dos referidos tanques. A **Tabela 1**, mostra os valores do peso específico adotado para as diferentes camadas do solo. A **Tabela 2**, apresenta o resumo dos parâmetros geotécnicos utilizados no trabalho. A **Tabela 3**, apresenta valores de S_u obtidos através dos ensaios de palheta na literatura, e os respectivos valores dos Índice de plasticidade e da umidade natural para argilas/solos orgânicos do porto de Suapé dos autores Coutinho & Bello (2014). As **Figuras 13-15** ilustram os perfis resumo de valores de Resistência ao cisalhamento não

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 17/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

drenada S_u em lugares próximos ao lugar do projeto dos tanques apresentados na literatura disponível por Freire (2016) e Coutinho & Bello (2014).

Tabela 1- Correlações entre o NSPT e o peso específico dos solos arenosos e argilosos.

Solos argilosos				
NSPT	Consistência	Peso específico (kN/m³)		
≤ 2	Muito mole	13		
3 - 5	Mole	15		
6 - 10	Média	17		
11 - 19	Rija	19		
≥ 20	Dura	21		
Solos arenosos				
NSPT	Consistência	Peso específico (kN/m³)		
		Seco	Úmido	Saturado
< 5	Fofa	16	18	19
5 - 8	Pouco compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta	18	20	21
> 40	Muito compacta	18	20	21

Fonte: Godoy (1972) apud MARANGON (2018).

		<h2>RELATÓRIO</h2>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 18/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 2- Parâmetros do Projeto.

Parâmetro/Índice	Fórmula / Valor	Autor	Observações
Peso Específico para todas as camadas	Tabela 1	Godoy, 1972	Correlações entre o N _{SPT} e o peso específico.
Densidade Relativa (D _r)	$D_r(\%) = \frac{\sqrt{N_{spt}}}{4,188 + 0,639\sigma'_v{}^{0,605}}$	Giuliani e Nicoll (1982)	σ'_v - Tensão efetiva vertical em t/m2. - N _{SPT} corrigido.
Ângulo de atrito efetivo	$\phi' = \arctg(0,575 + 0,361 D_r^{0,866})$	Giuliani e Nicoll (1982)	
Coeficiente de Empuxo K ₀	$k_0 = 1 - \sin \phi'$	Jaky (1948)	
Resistência ao cisalhamento drenada S _u não	Adotado em função a campanhas de laboratório realizadas perto da área dos tanques (porto Suapé).	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	Ver Tabela 3, Figuras 13,14 e 15.
Alpha (α) – Método Teórico	$\alpha = 0,5 \left(\frac{p_a}{S_u} \right)^{0,5}$	Kulhawy & Phoon (1993)	P _a = 100 kPa
Módulo de Elasticidade (areias)	$E = 7\sqrt{N_{SPT}}$	Denver (1982)	Mpa e N _{SPT} corrigido



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 19/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Modulo de Elasticidade (argila orgânica)	$E_{\text{presiometro}} = 478 N^{1.376}$	Tsuchiya,H e Toyooka,Y (1982)	Kpa.
Índices compressibilidade	de Argila de 4-5 m prof. Cr = 0,27; Cc=1,65; Cs=0,16 Argila de 9-10 m prof. Cr = 0,30; Cc=2,26; Cs=0,22 Argila de 13-14 m prof. Cr = 0,28; Cc=1,62; Cs=0,2 Argila de 24-34 m prof. Cr = 0,29; Cc=1,87; Cs=0,1 Argila de 38 m prof. Cr = 0,30; Cc=2,03; Cs=0,2	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	
Coeficiente adensamento	de Argila de 4-5 m prof. Cv=12,15x10-8m ² /s Argila de 9-10 m prof. Cv=13,6 x10-8m ² /s Argila de 13-14 m prof. Cv= 7,3x10-8m ² /s Argila de 24-34 m prof. Cv= 8,9x10-8m ² /s Argila de 38 m prof. Cv= 9x10-8m ² /s	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 20/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 3- Valores de Su palheta, IP e umidade natural para argilas/solos orgânicos brasileiros de varios autores.

Local	Faixa Su (kPa)	IP (%)	wn (%)	Referência
Suape/PE – (AE-1 e Ilhas 1,2 e 3)	5 - 30	10 - 170	80-260	Presente trabalho
Suape/PE - (AE-1)	2-33	10-137	10-220	Coutinho & Bello (2014)
Suape/PE - (AE-2)	5-40	23-200	90-420	Coutinho & Bello (2014)
Recife/PE (Clube Internacional)	34-56	33-70	45-100	Oliveira (2000)
Recife/PE (SESI - Ibura)	14-37	53-96	80-150	Oliveira & Coutinho (2000)
Recife/PE (Galpão BR -101)	18-40			Bello (2004)
Jurtunaíba/RJ (aterro experimental)	6-36	27-100	46-153	Coutinho (1986b)
Jurtunaíba/RJ (Barragem -Trechos II e V)	10-30	27-100	46-153	Coutinho et al. (1988)
Jurtunaíba/RJ (Barragem -Trechos III-2)	5-25	27-100	46-153	Coutinho et al. (1988)
Sarapuí/RJ	7-22	30-110	100-170	Ortigão & Collet (1986)
Porto Alegre/RJ	10-32	40-80	50-130	Soares (1997)
Barra da Tijuca/RJ	6-30	120-250	100-500	Lacerda e Almeida (1995)
Itaipu/RJ	8-26	60-200	100-475	Sandroni et al. (1984)
Santos/SP	10-60	15-90	90-140	Massad (1988)
Sergipe	12-25	20-70	40-60	Sandroni at al (1997)
Enseada Cabritos/BA	9-17	50	65-110	Baptista & Sayão (1998)
João Pessoa/ PB	13-40	-	35-150	Conceição (1997)

Fonte: Freire, F.C. (2016)

A **Tabela 4**, apresenta o número de golpes dos ensaios de SPT de todos os furos de sondagem, foram classificadas em duas cores as distintas camadas de areia siltosa e de argila siltosa mole para a posterior adoção de parâmetros geotécnicos.

A **Tabela 5**, mostra os valores médios do número de golpes dos ensaios mencionados, e a **Tabela 6**, apresenta um resumo geral dos parâmetros geotécnicos obtidos.

	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 21/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

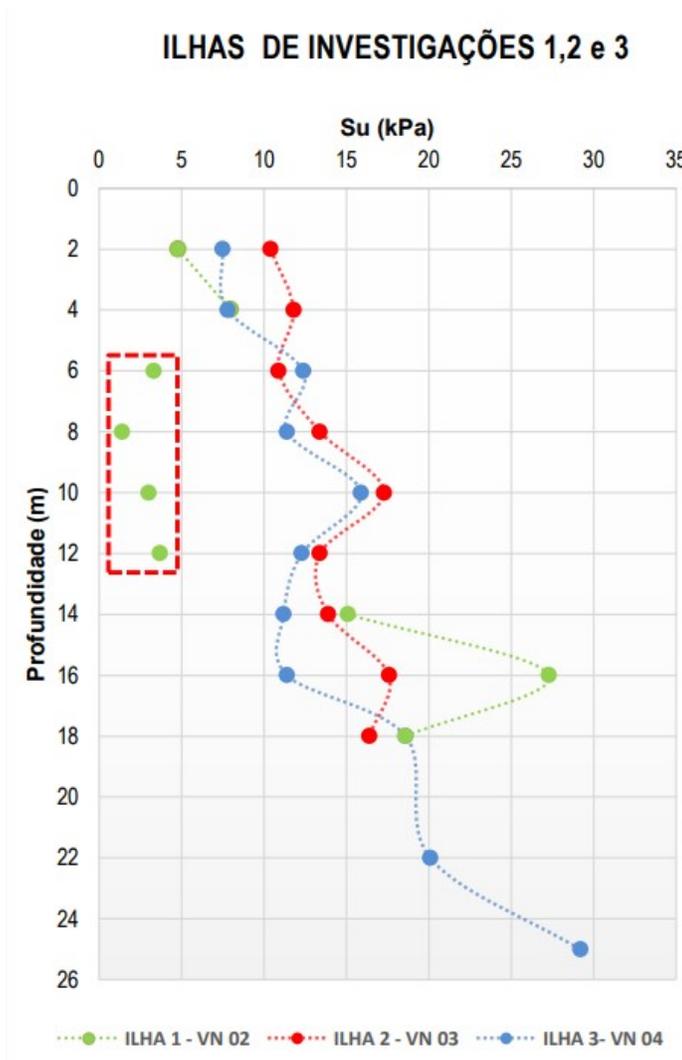


Figura 13- Valores de Resistência ao cisalhamento não drenada Su em lugares próximos ao lugar do projeto dos tanques (Suape-PE)

Fonte: Freire, F.C. (2016)

INSTALAÇÃO:
BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº
RL-BEAPE-F-0001

REV.
0

FOLHA:
22/27

TÍTULO:
FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO

PROJETISTA:
PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

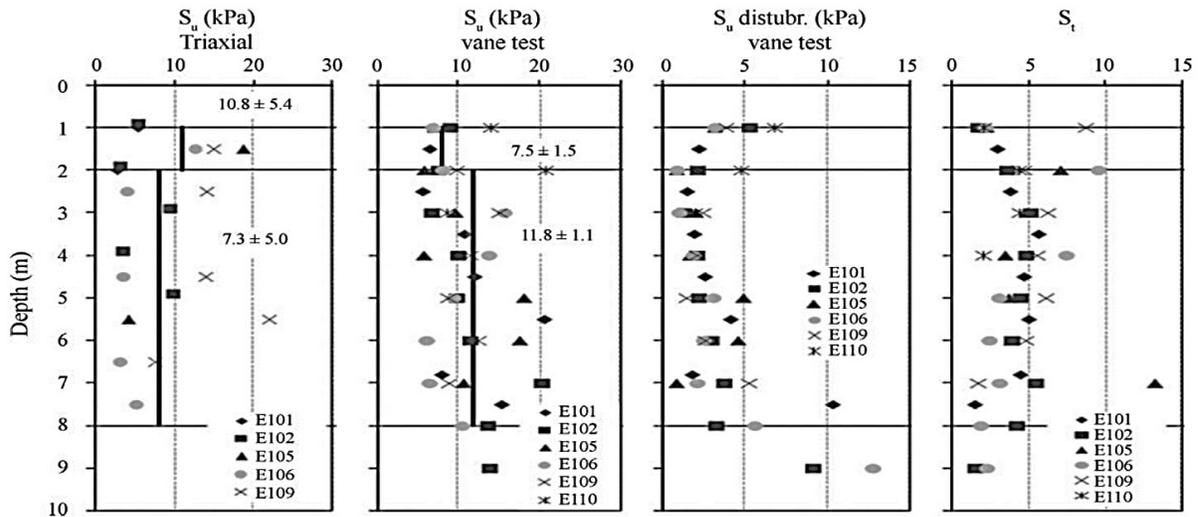


Figura 14- Resultados dos ensaios de palhetas de campo e triaxial - SUB- ÁREA A, área de estudo AE-2 - Suape (Coutinho & Bello, 2014).

Fonte: Coutinho & Bello, Soils and Rocks, pg 267, Setembro – Dezembro, 2014.

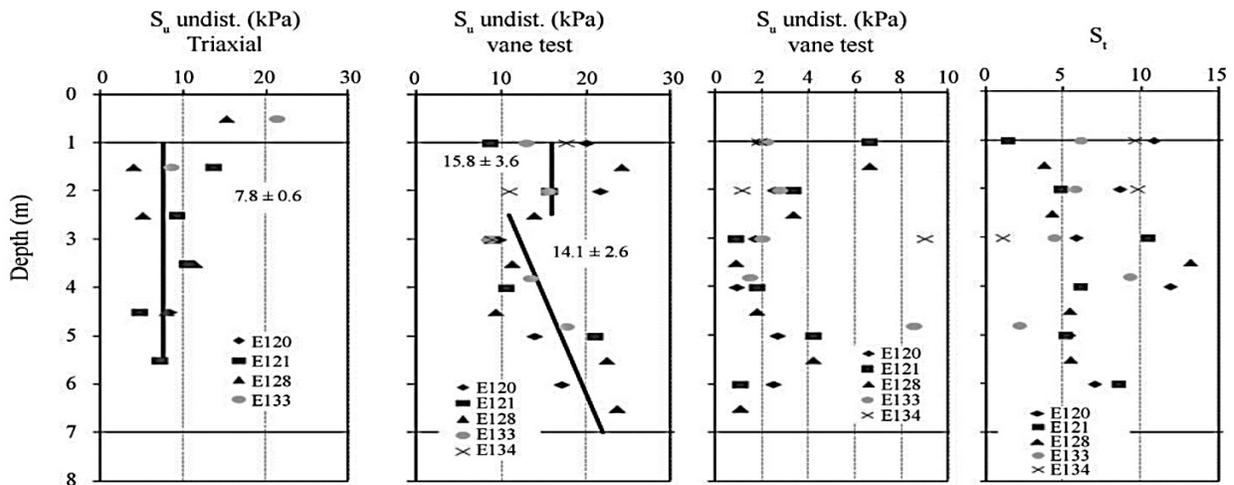


Figura 15- Resultados dos ensaios de palhetas de campo e triaxial - SUB- ÁREA C, área de estudo AE-2 - Suape (Coutinho & Bello, 2014).

Fonte: Coutinho & Bello, Soils and Rocks, pg 267, Setembro – Dezembro, 2014

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 24/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 5- Valores médios de NSPT por camadas.

Camada	N_{SPT} médio
Areia siltosa 01	8,12
Argila siltosa mole 01	3,52
Areia siltosa 02	13,99
Argila siltosa mole 02	4,35
Areia siltosa 03	19,29
Argila siltosa mole 03	7,27
Areia siltosa 04	20,08
Argila siltosa mole 04	3,97
Areia siltosa 05	48,28



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 25/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 6- Parâmetros geotécnicos do projeto por camadas

Prof. (m)	Camada	N _{SPT}	N _{SPT}	P. Esp. Sat	σ_v	σ_v'	Dr	ϕ	K _o	Su	α	E	
		médio	corrigido	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	Giuliani	Giuliani		[kN/m ²]	Kullawy	[kN/m ²]	
0	3	Areia siltosa 01	8,12	9,74	19	57,00	27	0,5183	37,9304	0,39	0,00	0,00	21850,77
3	4	Argila siltosa mole 01	3,52	4,22	16	73,00	33	0	0	0,00	23,47	1,03	3470,76
4	8	Areia siltosa 02	13,99	16,79	20	153,00	73	0,54446	38,2463	0,38	0,00	0,00	28681,21
8	11	Argila siltosa mole 02	4,35	5,22	16	201,00	91	0	0	0,00	29,00	0,93	4644,54
11	12	Areia siltosa 03	19,29	23,15	21	222,00	102	0,57481	38,607	0,38	0,00	0,00	33678,66
12	14	Argila siltosa mole 03	7,27	8,72	17	256,00	116	0	0	0,00	48,47	0,72	9415,70
14	22	Areia siltosa 04	20,08	24,10	21	424,00	204	0,473	37,3716	0,39	0,00	0,00	34361,37
22	34	Argila siltosa mole 04	3,97	4,76	16	616,00	276	0	0	0,00	26,47	0,97	4095,60
34	45	Areia siltosa 05	48,28	57,94	21	847,00	397	0,55957	38,4267	0,38	0,00	0,00	53280,99

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 26/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o escopo de atividades estabelecidas no **Contrato Nº.: 4600212340** foram apresentados o perfil geológico – geotécnico realizado com as sondagens de SPT da área do projeto, assim também se apresentaram os parâmetros geotécnicos adotados para as próximas etapas do projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT-NBR 6484/2001 – “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.
- COUTINHO, R.Q., BELLO, M. I. M. C. (2014). Geotechnical Characterization of Suape Soft Clays, Brazil – Solos & Rochas, Vol. 37, No. 3, September-December 2014: 257-276.
- DENVER, H. (1982) Modulus of Elasticity for sand determined by SPT and CPT. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 35-41.
- SCHNAID. F., & ODEBRECHT.E, (2012). Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. Oficina de Textos, SP, Brasil. 2ª Edição.
- FREIRE, F.C. (2016). Análise das propriedades geotécnicas do solo mole do Cluster/Suape-PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.
- GIULLIANI, F. e NICOLL, F.L.G. (1982). New analytical correlations between SPT, Overburden Pressure and Relative Density. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 47-51.
- MARANGON, M. Investigação Geotécnica e Parâmetros Para Fundações. Apostila do Curso de Geotecnia de Fundações e Obras de Terra, 2018. Juiz de Fora: UFJF.
- ROCHA FILHO, P.; ROMANEL, C.; SAYÃO, A.S.F.J. (1983). Interpretações dos ensaios de SPT; CPT; Palheta e Pressiometricos para projetos geotécnicos. Relatório Interno DEC.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0001	REV. 0	FOLHA: 27/27
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-28/29/30/31/32/33/34/35 - PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E PARÂMETROS DO SOLO			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

TSUCHIYA, H. e TOYOOKA, Y. (1982) Comparisons between N-values and Pressuremeter Parameters. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 169-175.

Rio de Janeiro, 29 de dezembro de 2020.



Pedricto Rocha Filho.



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 1/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

REVISÃO	ORIGINAL	A	B	C	D
DATA	04/03/2021				
PREPARADO	RRCR/EGL				
CONFERIDO	PRF				
APROVADO	PRF				

REV.	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	Original

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 2/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

1. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Para a elaboração desta avaliação, foram utilizados os resultados adotados no relatório técnico RL-BEAPE-B-0003 (TÍTULO: PARECER SOBRE FUNDAÇÕES DOS TANQUES DE GASOLINA E DIESEL), esses valores foram obtidos pelo projetista: EXCENGE – EXCELÊNCIA EM ENGENHARIA LTDA) em relação à campanha de sondagem reportadas no relatório RL-BEAPE-B-0002 (TÍTULO: RELATÓRIO DE SONDAAGEM).

Na campanha de sondagem foram executados 24 furos de sondagens a percussão (SPT) realizados pela Empresa ECOL Empresa de Consultoria Ltda. Resultados apresentados no Relatório RL-BEAPE-B-0002. Segundo o relatório, o programa de investigação do sub-solo, foi constituído de 20 (vinte) furos, sendo 18 (dezoito) à percussão e 2 (dois) à trado, e atingiram uma profundidade em torno dos 44m.

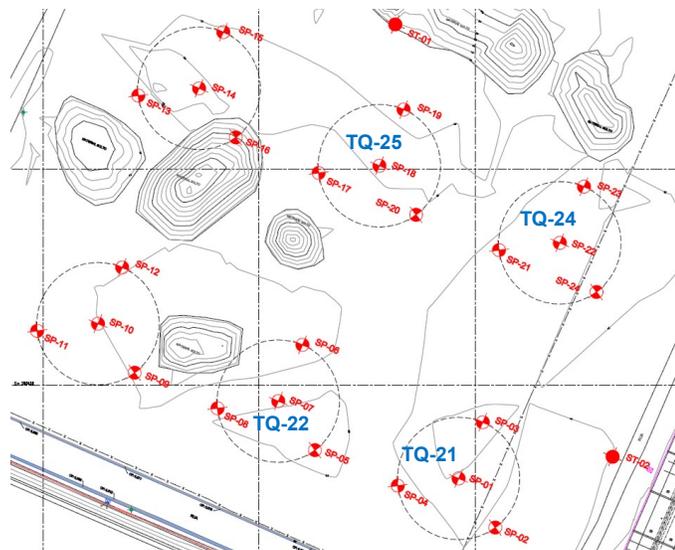


Figura 1 - Localização dos tanques TQ-21 TQ-22 TQ-24 TQ-25.

O relatório técnico indica que a região do Porto de SUAPE caracteriza-se pela alternância entre sedimentos superficiais muito fracos e sedimentos mais resistentes. No caso da área de construção dos novos tanques predominam os sedimentos superficiais mais resistentes, sobrejacentes a estrato de argila mole a média. Indicou, também, que com base em informações obtidas do comportamento de outros tanques construídos no mesmo local,

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 3/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

tivessem as suas bases concebidas em fundação direta clássica, com anel, sem qualquer evidência, até o momento, de recalques totais e diferenciais excessivos, que pudessem causar desalinhamentos indesejáveis na estrutura dos tanques, estudasse-se, além das outras alternativas acima indicadas, a viabilidade quanto à adoção de fundação direta, com anel, para os novos tanques.

A Figura 2, apresenta detalhes dos tanques em análise.

2. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOTECNICAS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROJETO

Os parâmetros de projeto adotados e considerados pelo projetista, são representativos dos solos que constituem as camadas do subsolo a partir do número de golpes do SPT. Foram selecionadas para fins de cálculo duas sondagens executadas na projeção de um mesmo tanque (SP-07 e SP-08, executadas na projeção do Tanque TQ-22), que pudessem caracterizar um maior contraste estratigráficos do subsolo e, assim, simular uma situação mais desfavorável quanto à ocorrência de recalques diferenciais.

Os seguintes perfis foram simplificados no relatório RL-BEAPE-B-0003 para realizar o respectivo cálculo:

a- Sondagem SP-07 (solo mais resistente)

- *Camada sobrejacente de sedimentos areno-siltosos, com 10 m de espessura e resistência à penetração variando de $N_{SPT}=9$ (à superfície) a $N_{SPT}=25$ (a 10 m de profundidade).*
- *Camada intermediária de sedimentos areno-siltosos, com 5 m de espessura, com resistência à penetração constante, $N_{SPT}=25$, entre 10 m e 15 m de profundidade.*
- *Camada subjacente de argila mole a média, com 16 m de espessura, com resistência à penetração constante, $N_{SPT}=4$, entre 15 m e 31 m de profundidade.*

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 4/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

b- Sondagem SP-08 (solo um pouco menos resistente)

- Camada sobrejacente de sedimentos areno-siltosos, com 13 m de espessura e resistência à penetração variando de NSPT=5 (à superfície) a NSPT=17 (a 13 m de profundidade).
- Camada intermediária de sedimentos areno-siltosos, com 3 m de espessura, com resistência à penetração constante, NSPT=25, entre 13 m e 16 m de profundidade.
- Camada subjacente de argila mole a média, com 17 m de espessura (um metro a mais que na sondagem SP-07), com resistência à penetração constante, NSPT=4, entre 16 m e 33 m de profundidade.

A tabela 1 amostra os parâmetros de resistência e de deformabilidade adotados pelo projetista com base ao relatório técnico RL-BEAPE-B-0003:

Tabela 1. Parâmetros de resistência e de deformabilidade

Furo da sondagem	Espessura	Tipo de solo	E'	Peso Esp. Nat	Peso Esp. Sat	c'	Φ'
SP	[m]		[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]
07	10	Areno-Siltoso	Linear Variável 17300 a 39400	18	19	5	30
07	5	Areno-Siltoso	39400	19	19	5	35
07	16	Argila Mole a média	4000	16	16	1	25
08	13	Areno-Siltoso	Linear Variável 10800 a 28900	17	18	2	30
08	3	Areno-Siltoso	39400	19	19	5	35
08	17	Argila Mole a média	4000	16	16	1	25

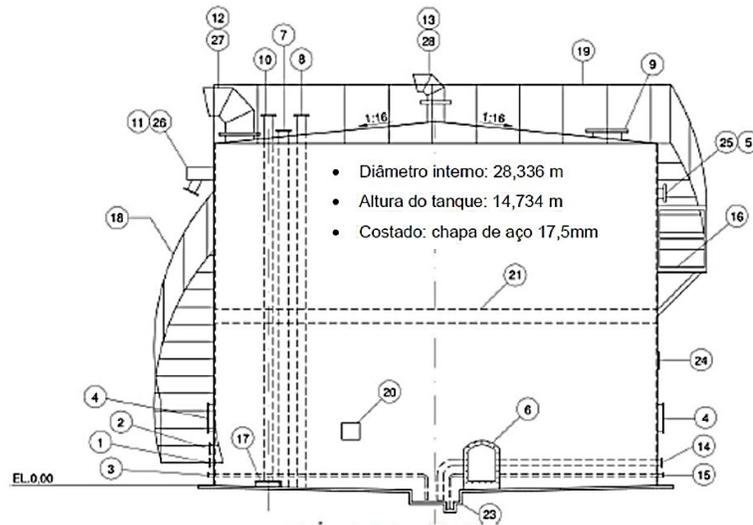


Figura 2. Dimensões do tanque.

3. CARGAS ESTÁTICAS ATUANTES

Para a análise de recalques dos tanques, consideraram uma pressão vertical no fundo do tanque de 150 kPa sendo a pressão exercida no teste hidráulico, que é equivalente a 15 metros coluna de água igual à altura do tanque (aproximadamente 15 m de altura).

Tabela 2 . Cargas estáticas atuantes

Peso Tanque vazio	242000 [kg]	2420,00 [kN]
Peso Tanque cheio de água	9553 [T]	95,53 [MN]
Peso Tanque em operação	6946 [T]	69,46 [MN]
Tensão aplicada - Tanque cheio de água	1,50 [kg/cm ²]	150,00 [kN/m ²]

Para a análise do comportamento da fundação, foi utilizado o método de elementos finitos (FEM) via software Plaxis 3D Foundation. Na análise, o comportamento não linear do solo foi modelado com modelo constitutivo de Mohr - Coulomb. A malha de elementos finitos foi gerada automaticamente após a definição do modelo geométrico e todos os elementos com suas propriedades geotécnicas iniciais definidas.

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 6/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

4. MODLEO ESTRATIGRÁFICO DO SUBSOLO

A Figura 3, ilustra o modelo estratigráfico adotado pelo projetista. Na modelagem estratigráfica, foi considerada a variação natural das espessuras das camadas de acordo com o perfil geológico geotécnico obtido nas sondagem SP-07 e SP-08.

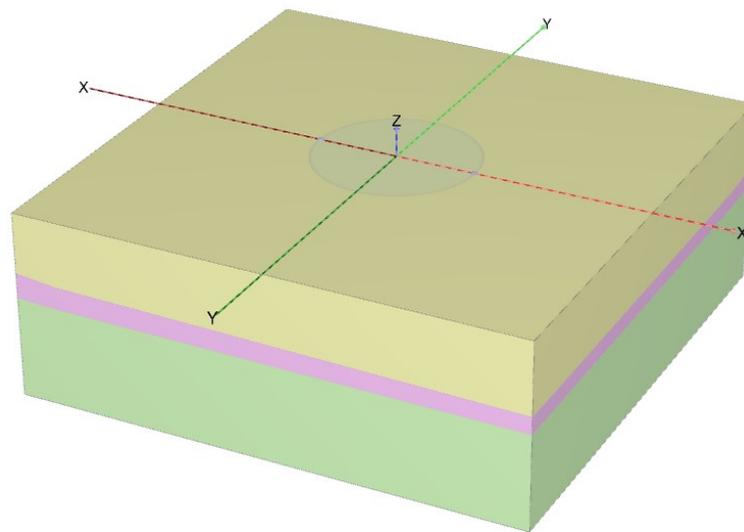


Figura 3. Detalhe da modelagem das camadas.

A alternativa recomendada no relatório RL-BEAPE-B-0003 considera um anel de fundação na borda de baixo do costado do tanque e na parte interna do anel um concreto magro de 5cm de espessura encima de uma base drenante segundo a Figura 4.

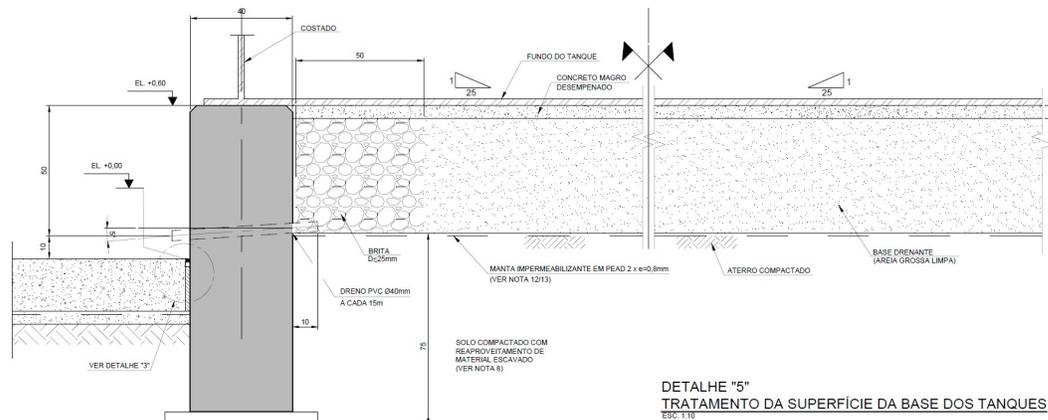


Figura 4 – Detalhe da fundação adotada

Fonte: CONSTRUÇÃO DOS NOVOS TANQUES - PROJETO EXECUTIVO
 FUNDAÇÃO TQ 21, 22, 24 E 25 (10.000 m³) FORMA (DE-BEAPE-F-0363)

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 7/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

A Figura 5, mostra o anel de fundação modelado com um elemento tipo placa (cor vermelho) a fundação tem uma altura de 1.20 m e a base de 0.40 m.

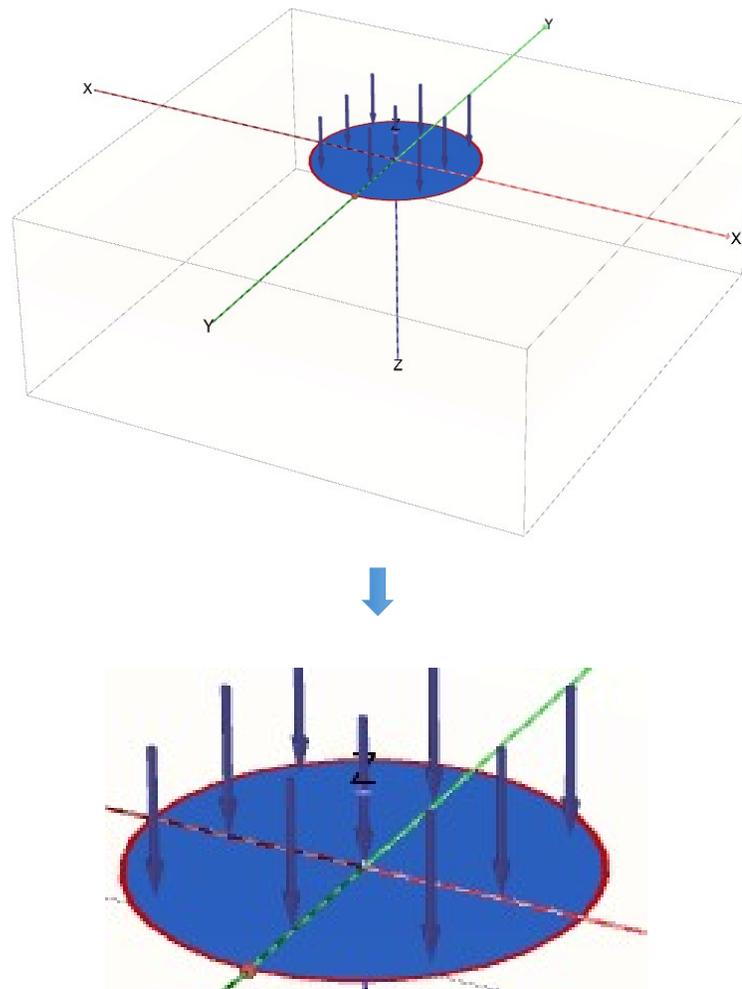


Figura 5. Modelo do anel na borda do tanque e do concreto magro

		<h1>RELATÓRIO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 8/16
TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</h2>			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

5. Modelo numérico da fundação

Os recalques finais obtidos na modelagem analisada se apresentam a continuação:

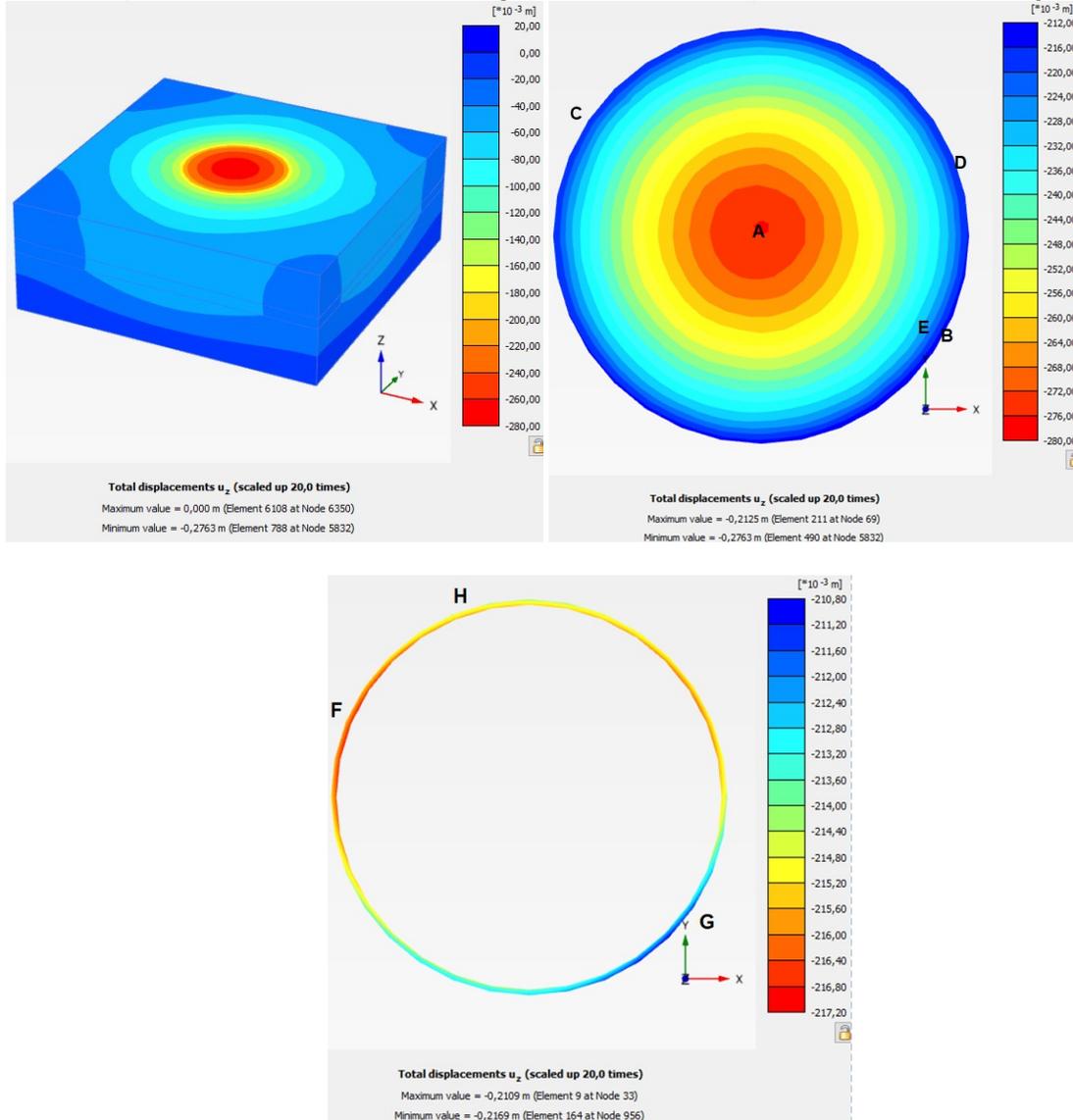


Figura 6. Recalques finais da fundação tipo anel ($b=0.4m$) e do concreto magro

A figura 6, ilustra os recalques finais obtidos para o anel de borda de fundação e na região do concreto magro. O recalque máximo no concreto magro foi de 27,63 cm e no anel foi de 21,69 cm.

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 9/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Em seguida se apresenta os valores limites de recalque segundo o critério N-0270:

5.1.1 Os recalques máximos aceitáveis, durante o teste hidrostático, na periferia da base (sob o costado do tanque) são:

- a) recalque absoluto em qualquer parte da periferia: 300 mm;
- b) recalque diferencial entre 2 pontos da periferia: 38 mm em 9000 mm (medido ao longo do perímetro e considerado como de inclinação uniforme entre cada 2 pontos distantes de 9000 mm);
- c) recalque diferencial entre 2 pontos quaisquer da periferia: 50 mm.

5.1.2 O recalque diferencial, após o teste hidrostático, entre qualquer ponto da periferia da base (sob o costado do tanque) e um ponto interno a 1 150 mm de distância (medida ao longo do raio), deve ser, no máximo, 70 mm.

5.1.4.1 Na montagem, a declividade do fundo deve ser igual à de projeto.

5.1.4.2 Durante o teste hidrostático o recalque diferencial máximo admissível (Δ), entre qualquer ponto da periferia e o centro do tanque, deve ser de:

$$\Delta \leq \frac{D}{A}$$

Onde:

- Δ é o recalque diferencial máximo admissível (em mm);
- D é o diâmetro nominal do tanque (em mm);
- A é 250 (para tanques com caimento para o centro de até 2 %, inclusive) e 450 (para tanques com caimento para o centro de 2 % até 4 %).

Os tanques deste projeto têm caimento para o centro de 4%, então o recalque diferencial máximo admissível é de 6,30 cm. A fundação avaliada apresenta um recalque diferencial máximo de 6,38cm como apresentado na tabela 3.

6. ANÁLISE DO RECALQUE FINAL NA FUNDAÇÃO

Entre os valores obtidos na modelagem, a Tabela 3 apresenta os recalques máximos e mínimos obtidos tanto na área do concreto magro quanto do anel.

Tabela 3. Recalques finais no concreto magro e no anel de borda

Concreto magro				Anel			
t	$\rho_{\text{máx}}$	ρ_{min}	ρ_{dif}	b	$\rho_{\text{máx}}$	ρ_{min}	ρ_{dif}
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
5	27,63	21,25	6,38	40	21,69	21,09	0,60

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 10/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Na modelagem se colocaram pontos de controle para a avaliação dos recalques, descritos a seguir:

Na área do tanque:

A: ponto no centro do tanque;

B: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição da periferia;

C: ponto diametralmente oposto ao ponto B;

D: ponto na periferia distante 9 m do ponto B;

E: ponto interno à base distante radialmente 1.15 m do ponto B.

No Anel de contorno:

F: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição do anel;

G: ponto diametralmente oposto ao ponto F;

H: ponto no anel distante 9 m do ponto F;

A Tabela 4 apresenta os recalques obtidos nos pontos de controle (amostrados no Figura 6) para sua respectiva avaliação em relação ao critério da Norma N-0270 apresentada na Tabela 5.

Tabela 4. Estimativa de recalques absolutos

Recalque absoluto [cm]								
Máximo	A	B	C	D	E	F	G	H
27,63	27,63	21,25	21,60	21,50	22,70	21,69	21,09	21,50
A: ponto no centro do tanque.								
B: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição da periferia.								
C: ponto diametralmente oposto ao ponto B.								
D: ponto na periferia distante 9 m do ponto B.								
E: ponto interno à base distante radialmente 1.15 m do ponto B.								
F: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição do anel.								
G: ponto diametralmente oposto ao ponto F.								
H: ponto no anel distante 9 m do ponto F.								

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 11/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 5. Critérios de aceitação de recalques absolutos e recalques diferenciais.
Norma N- 0270

Recalque [cm]					
Critérios	a	b	c	d	e
	21,69	0,19	0,60	1,45	6,38
Critério a: recalque absoluto em qualquer ponto da periferia (máx.: 30 cm).					
Critério b: recalque diferencial entre dois pontos da periferia distantes 9 m entre si (máx.: 3.8 cm).					
Critério c: recalque diferencial entre dois pontos quaisquer da periferia (máx.: 5cm).					
Critério d: recalque diferencial entre qualquer ponto da periferia e um ponto interno a 1.15 m (máx.: 7cm)					
Critério e: recalque diferencial máximo admissível (Δ) (máx.: 6.8 cm).					

7. Análise de recalques nas proximidades do tanque

A Tabela 6 e o gráfico da Figura 7 indicam os recalques a partir da borda do anel e se afastando dele. As tubulações deverão ser dimensionadas para garantir uma flexibilidade apropriada para se ajustar aos recalques (4,4cm) até uma distância de 25 m contada a partir de sua periferia do anel.

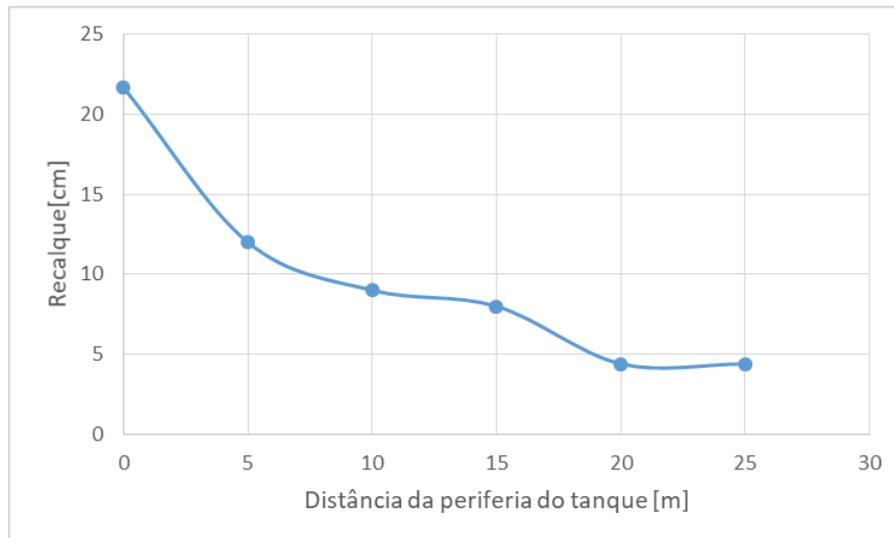


Figura 7. Influência dos Recalques fora do radier estaqueado a partir da periferia dele

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 12/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 6. Influência da propagação dos recalques além da periferia do tanque

Distância do anel [m]	0	5	10	15	20	25
Recalque [cm]	21,69	12	9	8	4,4	4,4

8. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DO ANEL

De acordo com os ensaios SPT apresentados no documento RL-BEAPE-B-0002 e os parâmetros sugeridos pelo projetista no relatório RL-BEAPE-B-0003, realizou-se a análise de capacidade de suporte da fundação.

Para o caso da capacidade de suporte (q_b), a expressão geral é:

$$q_b = S c c N_c + q N_q + 0.5 D \gamma N_\gamma$$

Para os valores de N_c , N_q e N_γ , foram aplicadas as expressões simplificadas propostas pelo Terzaghi (a parcela da coesão " $c S c N_c$ " foi desconsiderada).

$$q_b = 9 [kPa] \cdot 22,46 + 0.5 \cdot 28,36 [m] \cdot 9 [kN/m^3] \cdot 19,13$$

$$q_b = 2643,51 [kPa]$$

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 13/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 7. Valores de N_c , N_q e N_γ

ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a	ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Segundo o relatório mencionado anteriormente, o anel de fundação será construído acima de um concreto magro ($e=5\text{cm}$) apoiado sobre uma camada de areia ($e=50\text{cm}$) como mostra a Figura 4.

Na obtenção da capacidade de carga admissível foi considerado N_γ e N_q obtido a partir da Tabela 7, com o valor do ângulo de atrito interno efetivo (ϕ') correspondente para o nível de fundação. Assim,

$$q_{b\text{ adm}} = \frac{q_b}{FS}$$

Para ϕ' (30°), foi adotado o valor sugerido pelo projetista no relatório RL-BEAPE-B-0003

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 14/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

A capacidade de suporte admissível é:

$$q_{b adm} = \frac{q_b}{FS} = \frac{2643,51 [kPa]}{3}$$

$$q_{b adm} = 881,17 [kPa]$$

$$q_{b adm} = 8,81 [kg/cm^2]$$

Sendo que:

A tensão atuante na base do anel é de:

$$q_{anel} = \frac{2420 [kN]}{28,36 \cdot \pi [m] \cdot 0,40 [m]} = 67,91 [kPa]$$

$$q_{anel} = 0,679 [kg/cm^2]$$

A tensão na base do tanque no teste hidráulico é:

$$q_w = 1,50 [kg/cm^2]$$

Ambas tensões atuantes são menores a capacidade de suporte admissível do solo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado a avaliação da fundação dos tanques TQ-21, TQ-22, TQ-24, TQ-25 considerando o proposto no relatório RL-BEAPE-B-0003 (TITULO: PARECER SOBRE FUNDAÇÕES DOS TANQUES DE GASOLINA E DIESEL).

Na análise, foi adotado tanto o perfil geológico-geotécnico proposto pelo projetista no relatório RL-BEAPE-B-0003 quanto os valores dos diversos parâmetros geotécnicos (parâmetros de resistência e parâmetros de deformabilidade) do projeto.

Com base nestas características físicas e de propriedades, foi realizada q análise numérica tridimensional utilizando-se o método de elementos finitos, com o objetivo de calcular os recalques finais da fundação.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 15/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

De acordo com o apresentado e com os parâmetros do solo que foram adotados com base ao relatório RL-BEAPE-B-0003, a fundação atende o critério da Norma N-0270.

Para a avaliação da capacidade de suporte na base do tanque e na base do anel, respectivamente, foi adotado a teoria clássica de capacidade de suporte.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-NBR 6484/2001 – “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.

COUTINHO, R.Q., BELLO, M. I. M. C. (2014). Geotechnical Characterization of Suape Soft Clays, Brazil – Solos & Rochas, Vol. 37, No. 3, September-December 2014: 257-276.

DENVER, H. (1982) Modulus of Elasticity for sand determined by SPT and CPT.

Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 35-41.

SCHNAID. F., & ODEBRECHT.E, (2012). Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. Oficina de Textos, SP, Brasil. 2ª Edição.

FREIRE, F.C. (2016). Análise das propriedades geotécnicas do solo mole do Cluster/Suape-PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.

GIULLIANI, F. e NICOLL,F.L.G. (1982). New analitical correlations between SPT, Overburden Pressure and Relative Density. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdan, pp 47-51.

MARANGON, M. Investigação Geotécnica e Parâmetros Para Fundações. Apostila do Curso de Geotecnia de Fundações e Obras de Terra, 2018. Juiz de Fora: UFJF.

ROCHA FILHO, P.; ROMANEL, C.; SAYÃO, A.S.F.J. (1983). Interpretações dos ensaios de SPT; CPT; Palheta e Pressiômetros para projetos geotécnicos. Relatório Interno DEC.

TSUCHIYA,H e TOYOOKA,Y (1982) Comparisons between N-values and Pressuremeter Parameters. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 169-175.

	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0002	REV. 0	FOLHA: 16/16
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-21/22/24/25 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Rio de Janeiro, 04 de Março de 2021.



Pedricto Rocha Filho



PETROBRAS
DISTRIBUIDORA

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 1/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

REVISÃO	ORIGINAL	A	B	C	D
DATA	02/03/2021				
PREPARADO	RRCR/EGL				
CONFERIDO	PRF				
APROVADO	PRF				

REV.	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
0	Original

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 2/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

1. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Para a elaboração desta avaliação, foram utilizados os resultados obtidos do relatório TQ 36 SCI – FUNDAÇÃO – ANÁLISE GEOTÉCNICA na execução de 4 furos de sondagens a percussão (SPT), realizados pela Empresa S TEC Consultoria e Projetos. Resultados apresentados no Relatório MC-BEAPE-F-0020. O programa de investigação do sub-solo, foi constituído de sondagens a percussão tipo SPT, sendo 4(quatro) sondagens, nominalmente SP-38; SP-39; SP-40; SP-41; alocadas o SP-38 no centro da base do tanque, atingiram uma profundidade de 41m. As demais sondagens atingiram uma profundidade, em torno de 21m. A **Figura 1**, apresenta a planta de locação do tanque TQ-36 e das respectivas sondagens. As características geológicas-geotécnicas deste sub-solo, incluindo a estratigrafia, indicando a distribuição espacial, i.e., a profundidade, a espessura das camadas e a litologia, tipo de solo, etc.

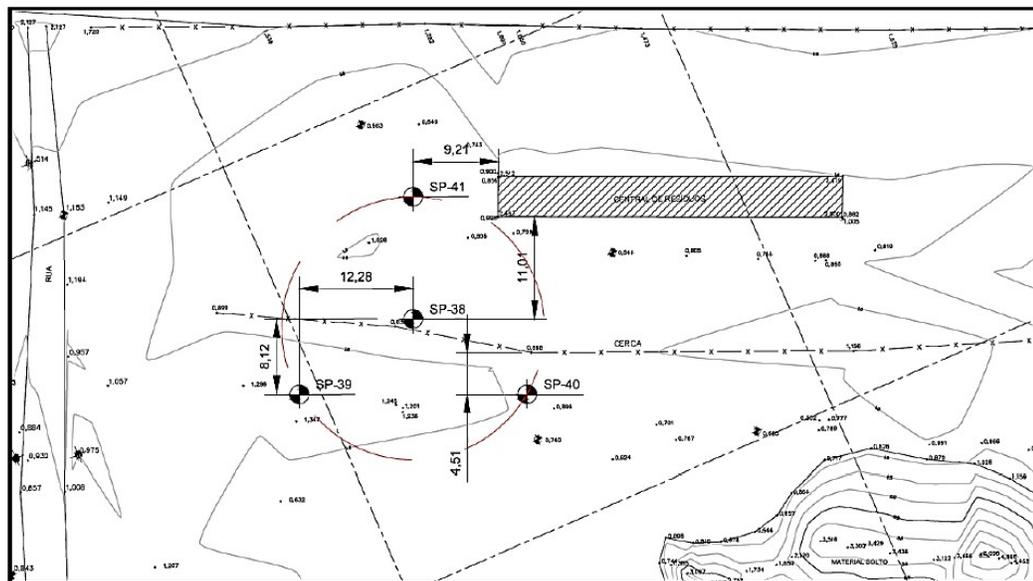


Figura 1 - Locação do tanque tq-36.

Os resultados obtidos através deste programa de investigação do subsolo, indicaram que este substrato é formado por sedimentos recentes do período quaternário, com alternâncias de energia de deposição e sedimentação. Neste sentido, observa-se a existência de sedimentos de origem fluvio-lagunar (intercalações estratigráficas constituídas de areias

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 3/24
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

finas, siltes e argilas) e de sedimentos marinhos (camadas espessas de areia), sendo o nível freático raso, ou seja, situado em uma profundidade de 2(dois) a 3(três) metros. Este tipo de formação geológica ocorre com muita frequência ao longo do litoral brasileiro.

Para efeito da avaliação do projeto e da análise do comportamento da fundação, considera-se o perfil obtido na sondagem SP-38 como representativo. O perfil geológico geotécnico está constituído por intercalações de camadas areno siltosas e camadas de argila siltosa mole com matéria orgânica. Os estratos arenosos apresentam espessuras em torno de 8 (oito) metros, as camadas arenosas apresentam intercalações de camadas argilosas com muita matéria orgânica e silte. Estas intercalações argilosas moles, possuem espessuras variando de 6 (seis) a 12 (doze) metros.

2. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOTECNICAS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROJETO

Os parâmetros de projeto adotados e considerados representativos dos solos que constituem as camadas do subsolo a partir do número de golpes do SPT, foram obtidos corrigindo os valores dos N_{spt} , considerando a energia de entrada no processo de cravação. Embora a prática brasileira seja pautada pelas sugestões da norma NBR6484/2001, que estabelece critérios rígidos para os procedimentos de perfuração e ensaios, com a adoção de um único tipo de amostrador, no meio técnico existem variações regionais de procedimentos de sondagens. Devido às variações da eficiência registradas na literatura durante os ensaios correções ao número de golpes são recomendáveis, dessa maneira no presente trabalho foi adotado um valor de 1,2 para realizar a correção dos números de golpes obtidos em cada um dos furos de sondagens realizados nos ensaios de SPT. Por outro lado, adotou-se para a definição dos parâmetros de resistência não-drenada das argilas, a proposição obtida de estudos realizados na região próxima da construção do referido tanque.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 4/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

A **Tabela 1**, mostra os valores do peso específico adotado para as diferentes camadas do solo. A **Tabela 2**, apresenta o resumo dos parâmetros geotécnicos utilizados no trabalho. A **Tabela 3**, apresenta valores de S_u obtidos através dos ensaios de palheta na literatura, e os respectivos valores dos Índice de plasticidade e da umidade natural para argilas/solos orgânicos do porto de Suapé dos autores Coutinho & Bello (2014). **Tabela 4**, apresenta um resumo geral dos parâmetros geotécnicos obtidos.

Tabela 1- Correlações entre o NSPT e o peso específico dos solos arenosos e argilosos.

Solos argilosos				
NSPT	Consistência	Peso específico (kN/m³)		
≤ 2	Muito mole	13		
3 - 5	Mole	15		
6 - 10	Média	17		
11 - 19	Rija	19		
≥ 20	Dura	21		
Solos arenosos				
NSPT	Consistência	Peso específico (kN/m³)		
		Seco	Úmido	Saturado
< 5	Fofa	16	18	19
5 - 8	Pouco compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta	18	20	21
> 40	Muito compacta	18	20	21

Fonte: Godoy (1972) apud MARANGON (2018).

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 5/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 2- Formulação utilizada para obter os arâmetros do Projeto.

Parâmetro/Índice	Fórmula / Valor	Autor	Observações
Peso Específico para todas as camadas	Tabela 1	Godoy, 1972	Correlações entre o N _{SPT} e o peso específico.
Densidade Relativa (D _r)	$D_r(\%) = \frac{\sqrt{N_{spt}}}{4,188 + 0,639\sigma'_v{}^{0,606}}$	Giuliani e Nicoll (1982)	σ'_v - Tensão efetiva vertical em t/m ² . - N _{SPT} corrigido.
Ângulo de atrito efetivo	$\phi' = \arctg(0,575 + 0,361 D_r^{0,866})$	Giuliani e Nicoll (1982)	
Coefficiente de Empuxo K ₀	$k_0 = 1 - \sin \phi'$	Jaky (1948)	
Resistência ao cisalhamento não drenada S _u	Adotado em função a campanhas de laboratório realizadas perto da área dos tanques (porto Suapé).	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	Ver Tabela 3, Figuras 13,14 e 15.
Alpha (α) – Método Teórico	$\alpha = 0,5 \left(\frac{p_\alpha}{S_w} \right)^{0,5}$	Kulhawy & Phoon (1993)	P _a = 100 kPa

RELATÓRIO

INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 6/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Módulo de Elasticidade (areias)	$E = 7\sqrt{N_{SPT}}$	Denver (1982)	Mpa e N _{SPT} corrigido
Modulo de Elasticidade (argila orgânica)	E _{epresiometro} = 478 N ^{1.376}	Tsuchiya,H e Toyooka,Y (1982)	Kpa.
Índices de compressibilidade	<p>Argila de 4-5 m prof. Cr = 0,27; Cc=1,65; Cs=0,16</p> <p>Argila de 9-10 m prof. Cr = 0,30; Cc=2,26; Cs=0,22</p> <p>Argila de 13-14 m prof. Cr = 0,28; Cc=1,62; Cs=0,2</p> <p>Argila de 24-34 m prof. Cr = 0,29; Cc=1,87; Cs=0,1</p> <p>Argila de 38 m prof. Cr = 0,30; Cc=2,03; Cs=0,2</p>	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	
Coeficiente de adensamento	<p>Argila de 4-5 m prof. Cv=12,15x10-8m²/s</p> <p>Argila de 9-10 m prof. Cv=13,6 x10-8m²/s</p> <p>Argila de 13-14 m prof. Cv= 7,3x10-8m²/s</p> <p>Argila de 24-34 m prof. Cv= 8,9x10-8m²/s</p> <p>Argila de 38 m prof. Cv= 9x10-8m²/s</p>	Freire (2016) Coutinho & Bello (2014)	

 PETROBRAS DISTRIBUIDORA		RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 7/24	
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA				
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA				

Tabela 3- Valores de Su palheta, IP e umidade natural para argilas/solos orgânicos brasileiros de varios autores.

Local	Faixa Su (kPa)	IP (%)	wn (%)	Referência
Suape/PE – (AE-1 e Ilhas 1,2 e 3)	5 - 30	10 - 170	80-260	Presente trabalho
Suape/PE - (AE-1)	2-33	10-137	10-220	Coutinho & Bello (2014)
Suape/PE - (AE-2)	5-40	23-200	90-420	Coutinho & Bello (2014)
Recife/PE (Clube Internacional)	34-56	33-70	45-100	Oliveira (2000)
Recife/PE (SESI - Ibura)	14-37	53-96	80-150	Oliveira & Coutinho (2000)
Recife/PE (Galpão BR -101)	18-40			Bello (2004)
Jurtunaíba/RJ (aterro experimental)	6-36	27-100	46-153	Coutinho (1986b)
Jurtunaíba/RJ (Barragem -Trechos II e V)	10-30	27-100	46-153	Coutinho et al. (1988)
Jurtunaíba/RJ (Barragem -Trechos III-2)	5-25	27-100	46-153	Coutinho et al. (1988)
Sarapuí/RJ	7-22	30-110	100-170	Ortigão & Collet (1986)
Porto Alegre/RJ	10-32	40-80	50-130	Soares (1997)
Barra da Tijuca/RJ	6-30	120-250	100-500	Lacerda e Almeida (1995)
Itaipu/RJ	8-26	60-200	100-475	Sandroni et al. (1984)
Santos/SP	10-60	15-90	90-140	Massad (1988)
Sergipe	12-25	20-70	40-60	Sandroni et al (1997)
Enseada Cabritos/BA	9-17	50	65-110	Baptista & Sayão (1998)
João Pessoa/ PB	13-40	-	35-150	Conceição (1997)

Fonte: Freire, F.C. (2016)

Tabela 4- Número de golpes médio por camada

Prof. (m)	Camada	N _{SPT}	N _{SPT}	Peso.Esp. Saturado [kN/m ³]	
		médio	corrigido		
0	8	Areia siltosa 01	4,25	5,10	18
8	15	Argila siltosa mole 01	3,14	3,77	15
15	23	Areia siltosa 02	29,38	35,25	18
23	36	Argila siltosa mole 02	3,61	4,33	15
36	41	Areia siltosa 03	49,00	58,8	18

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 8/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

3. CARGAS ESTÁTICAS ATUANTES

Tabela 5. Cargas estáticas atuantes

Peso Tanque vazio	220000 [kg]	2200,00 [kN]
Peso Tanque cheio de água	11015000 [kg]	110,15 [MN]
Peso Tanque em operação	11015000 [kg]	110,15 [MN]
Tensão aplicada - Tanque cheio de água/em operação	1,50 [kg/cm ²]	150,00 [kN/m ²]

4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DA MODELAGEM. PARAMETROS DE PROJETO.

Para avaliar o projeto, realizou-se três modelos numéricos mudando os módulos de elasticidade das argilas moles nas duas camadas que apresenta em cada caso. Na primeira análise utilizou-se as relações desenvolvidas pelo Tsuchiya,H e Toyooka,Y (1982), nos modelos 2 e 3 majorou-se os módulos de elasticidade aproximadamente em 1,5 e 2 vezes respectivamente, os valores empregados nas modelagens são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Módulo de Elasticidade das camadas e parâmetros de resistência.

Espessura	Cota	Camada	1ra.	2da.	3ra.
			Análise	Análise	Análise
			E´	E´	E´
			correlações	correlações	correlações
[m]	[m]		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
7,9	-7,9	Areia 1	15400	15400	15400
6,95	-14,85	Argila 1	3000	4500	6000
8,15	-23	Areia 2	31200	31200	31200
13	-36	Argila 2	3500	5000	6500
5	-41	Areia 3	53000	53000	53000

Para a análise do comportamento da fundação, foi utilizado o método de elementos finitos (FEM) via software Plaxis 3D Foundation. Na análise, o comportamento não linear do solo foi modelado com modelo constitutivo de Mohr - Coulomb. A malha de elementos finitos foi gerada automaticamente após a definição do modelo geométrico e todos os elementos com suas propriedades geotécnicas iniciais definidas. A tabela 6, mostra os parâmetros de deformabilidade utilizados na modelagem numérica.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 10/24
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

A Figura 4, mostra a modelagem desta avaliação. O anel de fundação modelado com o elemento (tipo placa) de cor lilas representa uma altura de 1.20 m e com base de 0.40 m no modelo, o concreto magro foi modelado com um elemento tipo placa (cor verde) com uma espessura de 5cm acima da camada drenante.

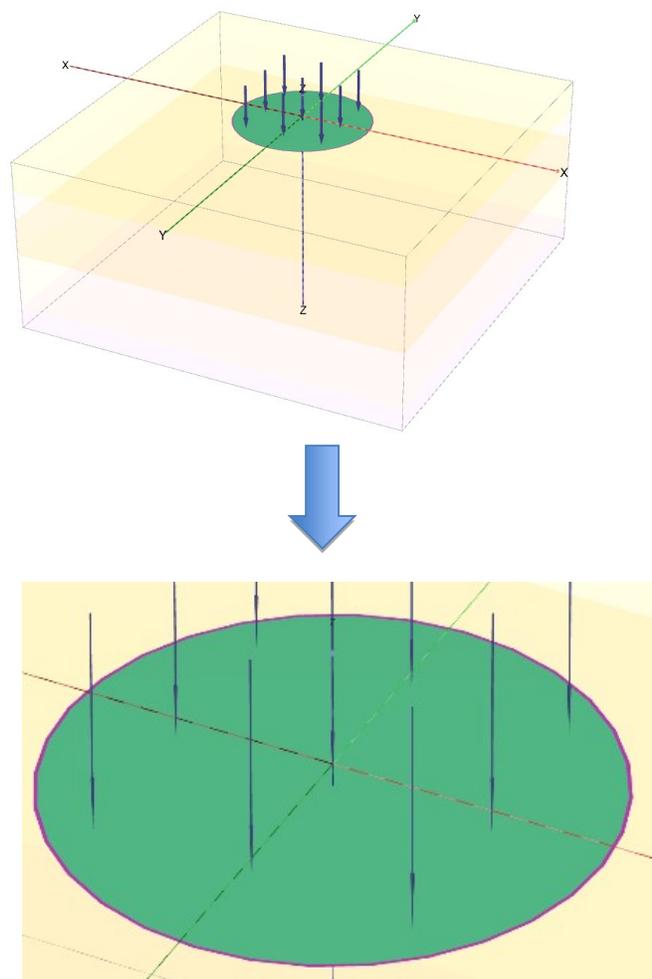


Figura 4. Modelo do anel na borda do tanque e do concreto magro

		<h1>RELATÓRIO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 11/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

6. MODELOS NUMERICOS DA FUNDAÇÃO

Os recalques finais obtidos nas três alternativas de modelagem analisadas se apresentam a continuação.

Primeira Análise (Modelo 1)

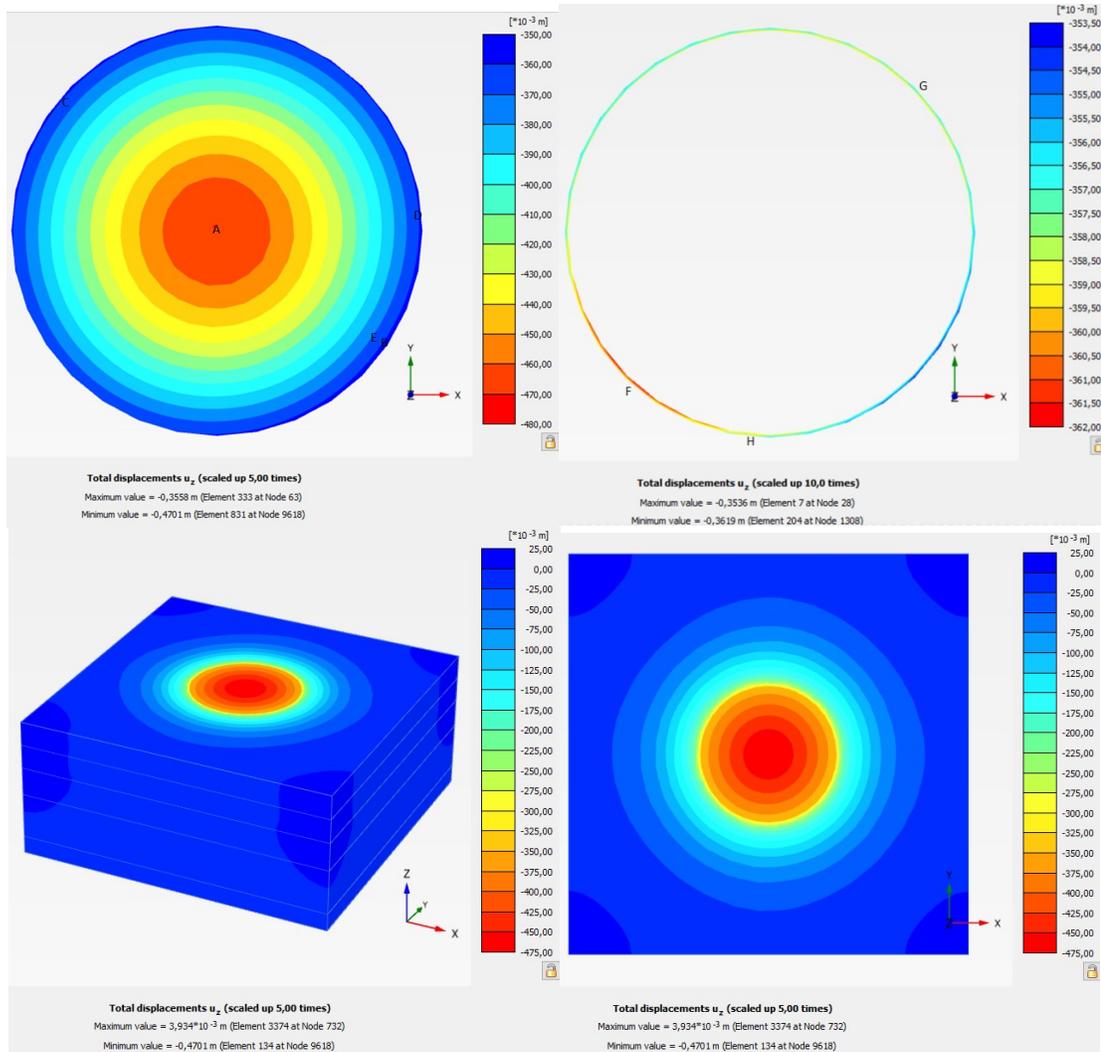


Figura 5. Acima os recalques finais da fundação tipo anel (b=0.4m) e do concreto magro, abaixo os recalques do solo em baixo da fundação (MODELO 1).

		<h1>RELATÓRIO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 12/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Segunda Análise (Modelo 2)

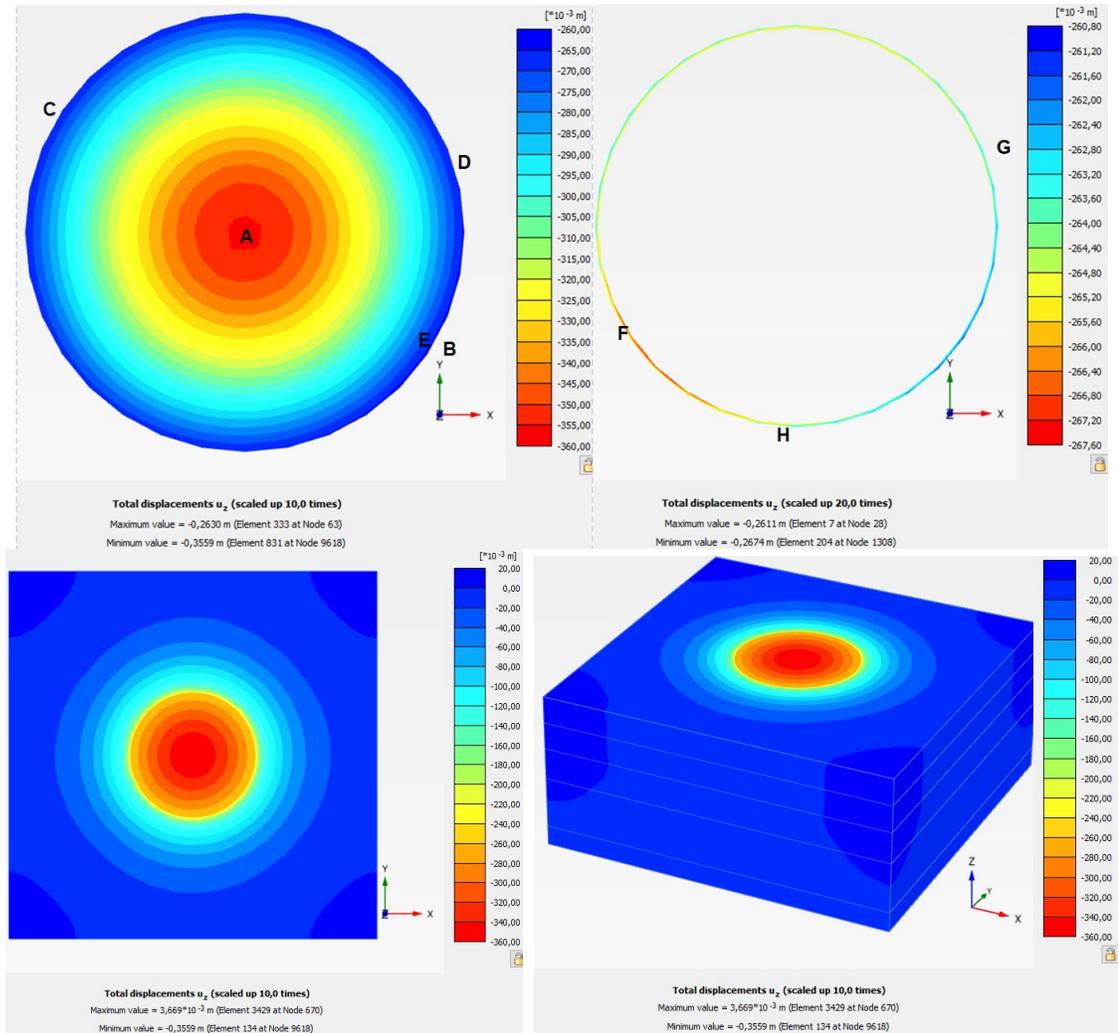


Figura 6. Acima os recalques finais da fundação tipo anel ($b=0.4\text{m}$) e do concreto magro, abaixo os recalques do solo em baixo da fundação (MODELO 2).

		<h1>RELATÓRIO</h1>	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 13/24
TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</h2>			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Terceira Análise (Modelo 3)

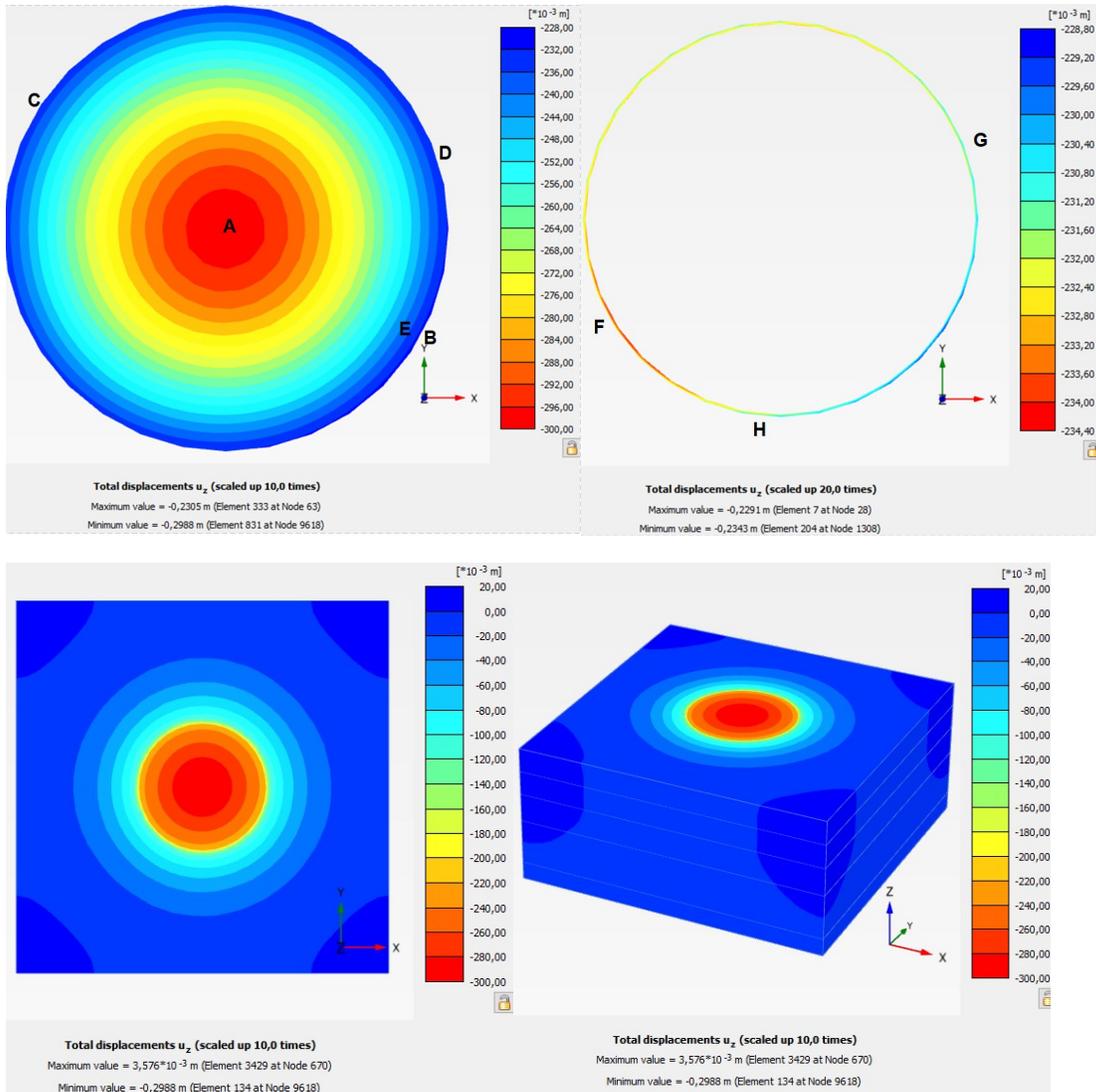


Figura 7. Acima os recalques finais da fundação tipo anel ($b=0.4\text{m}$) e do concreto magro, abaixo os recalques do solo em baixo da fundação (MODELO 3).

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 14/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

7. ANÁLISE DO RECALQUE FINAL NA FUNDAÇÃO

Tabela 7. Recalques finais no concreto magro e no anel de borda

MODELO 1							
Recalque na área do concreto magro				Recalque na Base do Anel			
t	ρ máx	ρ min	ρ dif	b	ρ máx	ρ min	ρ dif
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
5	47,01	35,58	11,43	40	36,19	35,36	0,83
MODELO 2							
Recalque na área do concreto magro				Recalque na base do Anel			
t	ρ máx	ρ min	ρ dif	b	ρ máx	ρ min	ρ dif
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
5	35,59	26,30	9,29	40	26,74	26,11	0,63
MODELO 3							
Recalque na área do concreto magro				Recalque na base do Anel			
t	ρ máx	ρ min	ρ dif	b	ρ máx	ρ min	ρ dif
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
5	29,88	23,05	6,83	40	23,43	22,91	0,52

O recalque máximo no concreto magro (parte interna do anel de fundação) no modelo 1 foi de 47,01 cm e no anel foi de 36,19 cm, no modelo 2 foi de 35,59 cm e no anel foi de 26,11 cm, no modelo 3 foi de 29,88 cm e no anel foi de 23,43 cm resumidos na Tabela 7. Em seguida se apresenta os valores limites de recalque segundo o critério N-0270.

5.1.1 Os recalques máximos aceitáveis, durante o teste hidrostático, na periferia da base (sob o costado do tanque) são:

- a) recalque absoluto em qualquer parte da periferia: 300 mm;
- b) recalque diferencial entre 2 pontos da periferia: 38 mm em 9000 mm (medido ao longo do perímetro e considerado como de inclinação uniforme entre cada 2 pontos distantes de 9000 mm);
- c) recalque diferencial entre 2 pontos quaisquer da periferia: 50 mm.

5.1.2 O recalque diferencial, após o teste hidrostático, entre qualquer ponto da periferia da base (sob o costado do tanque) e um ponto interno a 1 150 mm de distância (medida ao longo do raio), deve ser, no máximo, 70 mm.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 15/24
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

5.1.4.1 Na montagem, a declividade do fundo deve ser igual à de projeto.

5.1.4.2 Durante o teste hidrostático o recalque diferencial máximo admissível (Δ), entre qualquer ponto da periferia e o centro do tanque, deve ser de:

$$\Delta \leq \frac{D}{A}$$

Onde:

- Δ é o recalque diferencial máximo admissível (em mm);
- D é o diâmetro nominal do tanque (em mm);
- A é 250 (para tanques com caimento para o centro de até 2 %, inclusive) e 450 (para tanques com caimento para o centro de 2 % até 4 %).

O tanque TQ-36 tem caimento para o centro de 4%, então o recalque diferencial máximo admissível é de 6,8 cm o tanque segundo as modelagens apresenta um recalque diferencial máximo de 11,43 cm no modelo 1, de 9,29 cm no modelo 2 e de 6,83 cm no modelo 3, de acordo com o apresentado na tabela 7.

Na avaliação dos recalques utiliza-se a mesma localização dos pontos de controle nos 3 modelos, esses pontos de controle de recalques são descritos a continuação:

Na área do tanque:

- A: ponto no centro do tanque;
- B: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição da periferia;
- C: ponto diametralmente oposto ao ponto B;
- D: ponto na periferia distante 9 m do ponto B;
- E: ponto interno à base distante radialmente 1.15 m do ponto B.

No Anel de fundação:

- F: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição do anel;
- G: ponto diametralmente oposto ao ponto F;
- H: ponto no anel distante 9 m do ponto F;

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 16/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 8. Estimativa de recalques absolutos nos 3 modelos

Recalque absoluto [cm]								
MODELO 1								
Máximo	A	B	C	D	E	F	G	H
47,01	47,01	35,58	36,00	36,50	37,60	36,19	35,36	35,90
MODELO 2								
Máximo	A	B	C	D	E	F	G	H
35,59	35,59	26,30	26,40	26,50	27,75	26,74	26,11	26,44
MODELO 3								
Máximo	A	B	C	D	E	F	G	H
29,88	29,88	23,05	23,15	23,20	24,2	23,43	22,91	23,16
A: ponto no centro do tanque.								
B: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição da periferia.								
C: ponto diametralmente oposto ao ponto B.								
D: ponto na periferia distante 9 m do ponto B.								
E: ponto interno à base distante radialmente 1.15 m do ponto B.								
F: ponto de recalque absoluto máximo em qualquer posição do anel.								
G: ponto diametralmente oposto ao ponto F.								
H: ponto no anel distante 9 m do ponto F.								

Tabela 9. Critérios de aceitação de recalques absolutos e recalques diferenciais.
Norma N- 0270

Recalque absoluto [cm]					
Critérios	a	b	c	d	e
	36,19	0,29	0,83	2,02	11,43
	26,74	0,3	0,63	1,45	9,29
	23,43	0,27	0,52	1,15	6,83
Critério a: recalque absoluto em qualquer ponto da periferia (máx.: 30 cm).					
Critério b: recalque diferencial entre dois pontos da periferia distantes 9 m entre si (máx.: 3.8 cm).					
Critério c: recalque diferencial entre dois pontos quaisquer da periferia (máx.: 5cm).					
Critério d: recalque diferencial entre qualquer ponto da periferia e um ponto interno a 1.15 m (máx.: 7cm)					
Critério e: recalque diferencial máximo admissível (Δ) (máx.: 6.8 cm)(max. = 12 cm para declividade 2%					

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 17/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

8. ANÁLISE DE RECALQUES NAS PROXIMIDADES DO TANQUE

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam um resumo dos valores a cada 5 m que indicam a extensão de propagação dos recalques desde a borda do anel para fora dele. Nas figuras 8, 9 e 10, observam-se os recalques que ocorrem na superfície fora da área carregada do tanque. Portanto, as tubulações deverão se dimensionadas para garantir uma flexibilidade apropriada para se ajustar aos recalques do tanque até uma distância de 10 m contada a partir de sua periferia.

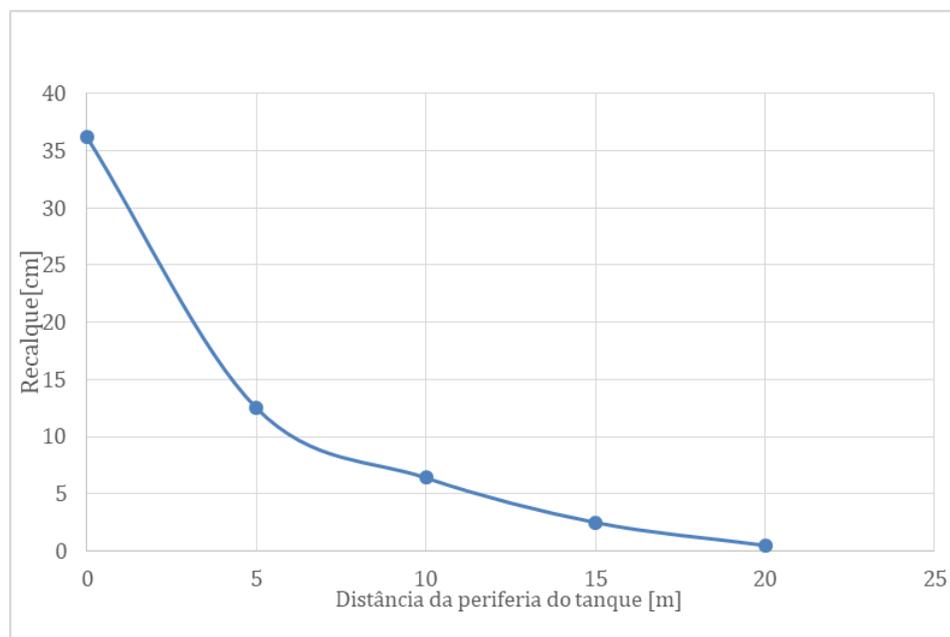


Figura 8. Influência dos Recalques fora do radier estaqueado a partir da periferia dele no Modelo 1

Tabela 10. Influência da propagação dos recalques além da periferia do tanque no Modelo 1

Distância do anel [m]	0	5	10	15	20
Recalque [cm]	36,19	12,5	6,4	2,5	0,5



INSTALAÇÃO:
BEAPE – BASE DE SUAPE/PE

Nº
RL-BEAPE-F-0003

REV.
0

FOLHA:
18/24

TÍTULO:
FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA

PROJETISTA:
PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA

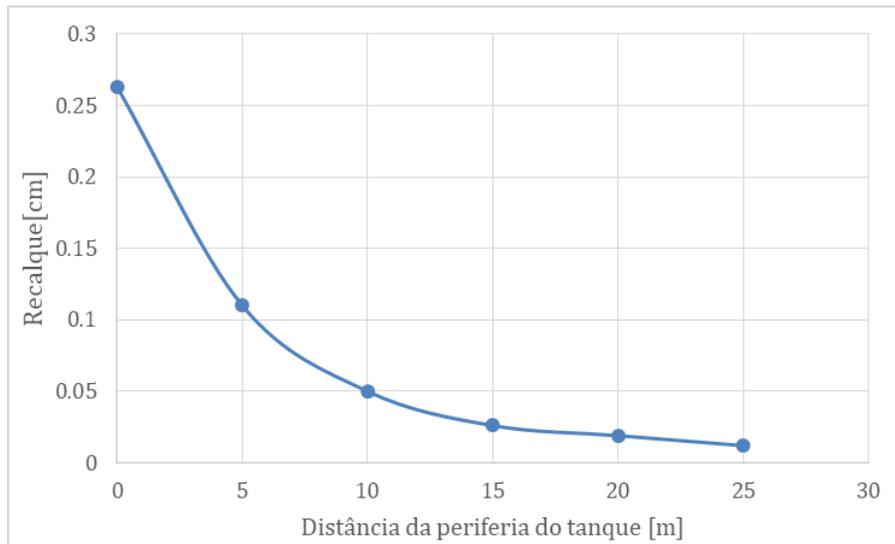


Figura 9. Influência dos Recalques fora do anel de fundação a partir da periferia dele no Modelo 2

Tabela 11. Influência da propagação dos recalques além da periferia do tanque no Modelo 2

Distância do anel [m]	0	5	10	15	20	25
Recalque [cm]	26,3	11	5	2,6	1,9	1,2

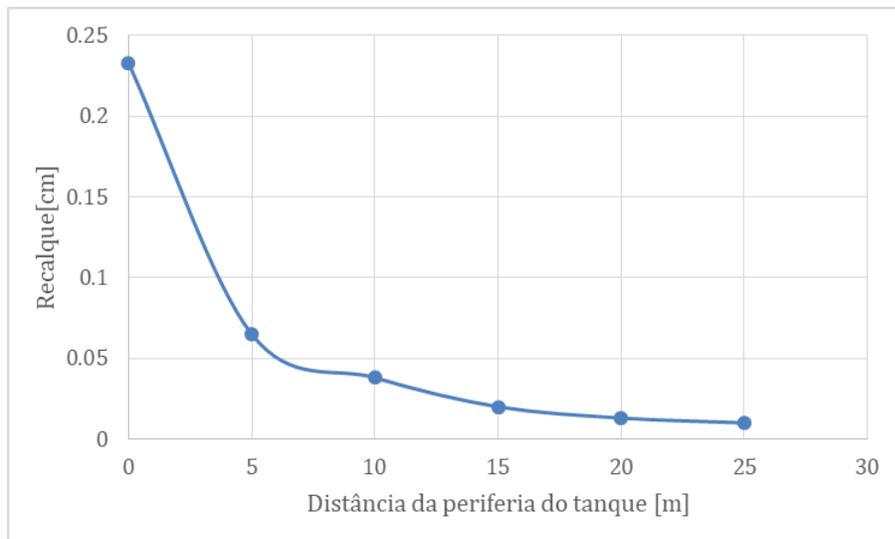


Figura 10. Influência dos Recalques fora do anel de fundação a partir da periferia dele

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 19/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 12. Influência da propagação dos recalques além da periferia do tanque no Modelo 3.

Distância do anel [m]	0	5	10	15	20	25
Recalque [cm]	23,3	6,5	3,8	2,0	1,3	1,0

9. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE

De acordo com os ensaios SPT apresentados no documento MC-BEAPE-F-0020 Relatório de Sondagem, realizou-se a análise de capacidade de suporte da fundação.

Para o caso da capacidade de suporte na base do anel (q_b), a expressão geral é:

$$q_b = c S_c N_c + q N_q + 0,5 D \gamma N_\gamma$$

Para os valores de N_c , N_q e N_γ , foram aplicadas as expressões simplificadas propostas pelo Terzaghi (a parcela da coesão " $c S_c N_c$ " foi desconsiderada).

$$q_b = 8 [kPa] \cdot 22,46 + 0,5 \cdot 30,5[m] \cdot 8 [kN/m^3] \cdot 19,13$$

$$q_b = 2513,54 [kPa]$$

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 20/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Tabela 8. Valores de N_c , N_q e N_γ

ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a	ϕ'	N_c	N_q	N_γ^a
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Segundo o relatório mencionado anteriormente, o anel de fundação será construído acima de um concreto magro ($e=5\text{cm}$) apoiado sobre uma camada de areia ($e=50\text{cm}$) como mostra a Figura 3.

Na obtenção da capacidade de carga admissível foi considerado N_γ e N_q obtido a partir da Tabela 8, com o valor do ângulo de atrito interno efetivo (ϕ') correspondente para o nível de fundação. Assim,

$$q_{b \text{ adm}} = \frac{q_b}{FS}$$

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 21/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Para calcular ϕ' , primeiro foi necessário obter a compacidade relativa (D_r), dada pela expressão de Giuliani e Nicoll (1982), onde $N_{SPT} = N_{SPT60}$.

$$D_r(\%) = \frac{\sqrt{N_{spt}}}{4.188 + 0.639\sigma'_v{}^{0.606}}$$

Em seguida, com o valor de D_r e a expressão de Giuliani e Nicoll (1982),

$$\phi' = \arctg(0.575 + 0.361 D_r^{0.866})$$

Temos a capacidade de suporte na fundação, que é:

$$q_b = 2513,54 \text{ kPa} = 25,14 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

A capacidade de suporte admissível é:

$$q_{b adm} = \frac{q_b}{FS} = \frac{25,14 \text{ [kg/cm}^2\text{]}}{3}$$

$$q_{b adm} = 8,38 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Sendo que:

A tensão atuante na base do anel é:

$$q_{anel} = 0,58 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

A tensão na base do tanque no teste hidráulico e em operação é:

$$q_w = 1,50 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Ambas tensões atuantes são menores à capacidade de suporte admissível do solo.

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 22/24
TÍTULO: <p style="text-align: center;">FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA</p>			
PROJETISTA: <p style="text-align: center;">PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA</p>			

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado a avaliação da fundação do tanque TQ-36 considerando o proposto no relatório TQ 36 SCI – FUNDAÇÃO – ANÁLISE GEOTÉCNICA. Três modelos numéricos foram desenvolvidos para realizar a avaliação da fundação do projeto, cada modelo considera diferentes módulos de elasticidade nas camadas argilosas moles.

Nas análises, foi adotado o perfil geológico-geotécnico obtido do resultado da sondagem SP-38 e, composto para se obter a estratigrafia e a litologia do subsolo. Assim, como os diversos parâmetros geotécnicos de projeto, adotando valores da literatura técnica pertinente e correlações empíricas consagradas na pratica da engenharia de fundações e fazendo as mudanças dos módulos mencionados anteriormente.

Com base nestas características físicas e de propriedades, foi realizada a análise numérica tridimensional utilizando-se o método de elementos finitos, com o objetivo de calcular os recalques finais da fundação.

De acordo com o apresentado e com os parâmetros do solo que foram adotados com correlações empíricas a partir do NSPT, só o modelo 3 atende os critérios da Norma N-0270, porém se sugere realizar ensaios de laboratório ou de campo para determinar o modulo de Elasticidade das argilas moles que é o parâmetro que mais afeta na análise dos recalques.

No caso de se adotar uma declividade de 2%, o recalque máximo admissível, (ver tabela 9) será de 12cm, portanto, os modelos 2 e 3, atende, plenamente, o limite estabelecido pela N-270. No caso do modelo 1, somente o critério (a) não é satisfeito. Ressalva-se, contudo, que nesse caso (modelo 1), foi considerado valores, relativamente baixos, dos módulos de elasticidade, das camadas argilosas 1 e 2, respectivamente de 3000 KN/m² e 3500 KN/m².

		RELATÓRIO	
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 23/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Para a avaliação da capacidade de suporte na base do tanque e na base do anel, respectivamente, foi adotado a teoria clássica de capacidade de suporte.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT-NBR 6484/2001 – “Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.
- COUTINHO, R.Q., BELLO, M. I. M. C. (2014). Geotechnical Characterization of Suape Soft Clays, Brazil – Solos & Rochas, Vol. 37, No. 3, September-December 2014: 257-276.
- DENVER, H. (1982) Modulus of Elasticity for sand determined by SPT and CPT. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 35-41.
- SCHNAID. F., & ODEBRECHT.E, (2012). Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. Oficina de Textos, SP, Brasil. 2ª Edição.
- FREIRE, F.C. (2016). Análise das propriedades geotécnicas do solo mole do Cluster/Suape-PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.
- GIULLIANI, F. e NICOLL,F.L.G. (1982). New analitical correlations between SPT, Overburden Pressure and Relative Density. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 47-51.
- MARANGON, M. Investigação Geotécnica e Parâmetros Para Fundações. Apostila do Curso de Geotecnia de Fundações e Obras de Terra, 2018. Juiz de Fora: UFJF.
- ROCHA FILHO, P.; ROMANEL, C.; SAYÃO, A.S.F.J. (1983). Interpretações dos ensaios de SPT; CPT; Palheta e Pressiômetros para projetos geotécnicos. Relatório Interno DEC.
- TSUCHIYA,H e TOYOOKA,Y (1982) Comparisons between N-values and Pressuremeter Parameters. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing. Amsterdam, pp 169-175.

	RELATÓRIO		
INSTALAÇÃO: BEAPE – BASE DE SUAPE/PE	Nº RL-BEAPE-F-0003	REV. 0	FOLHA: 24/24
TÍTULO: FUNDAÇÃO TQ-36 - AVALIAÇÃO TÉCNICA			
PROJETISTA: PMMR – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA			

Rio de Janeiro, 02 de março de 2012



Pedricto Rocha Filho.