



**CENTRO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO
INFANTIL EM ALVENARIA - FNDE**

**Memorial de cálculo para determinação
dos parâmetros do solo e cargas
consideradas no projeto**

Jaraguá do Sul

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL



PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA

CMEI - FNDE

Memorial de cálculo para determinação dos parâmetros do solo utilizado no dimensionamento do projeto estrutural

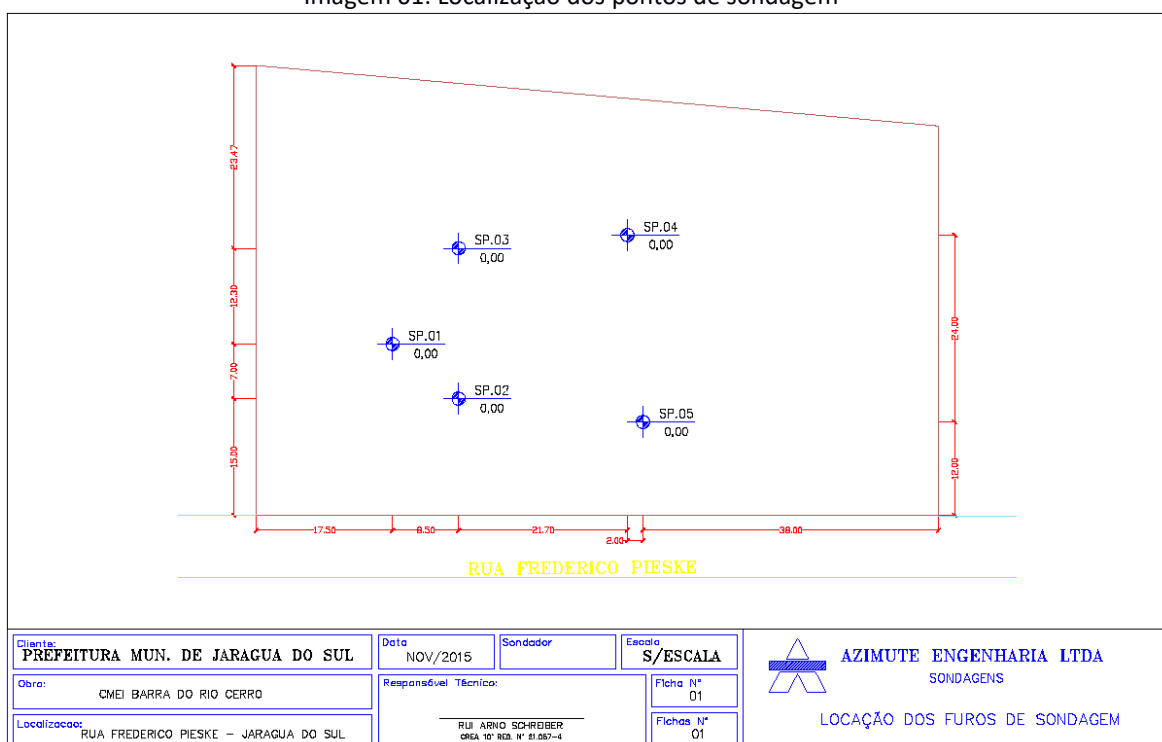
JARAGUÁ DO SUL
Agosto de 2024

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial tem por objetivo apresentar as correlações empíricas utilizadas para determinar os parâmetros do solo a partir do ensaio Standard Penetration Test (SPT). O ensaio de campo e o relatório de sondagem foi realizado pela empresa Azimute Engenharia LTDA sondagens, contratada pela Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul. O ensaio de campo foi realizado no dia 26 de novembro de 2015. Foram executadas 05 perfurações na área estudada, totalizando 106,35 metros de investigação direta no solo, foi classificado conforme item 5.2.7. a 5.2.7.9. da NBR 6484/20 por exame tátil visual de caracterização.

Abaixo é apresentado o mapa de locação dos furos e localização do muro de contenção.

Imagem 01: Localização dos pontos de sondagem



Fonte: Retirada do relatório de sondagem

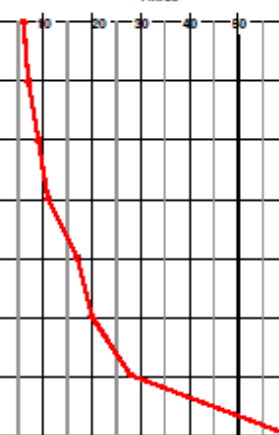
2. RELATÓRIOS DE SONDAJENS

A seguir são apresentados os relatórios de sondagem SPT 01 ao SPT 05 que tiveram sua investigação realizada até a profundidade de 9,85 m no SPT 05 a 27,00 m no SPT 01 e com nível de água na profundidade de 9,50 m no SPT 03, situação mais próxima da superfície de projeto. Os relatórios completos de sondagem podem ser solicitados para prefeitura municipal de Jaraguá do Sul.

Imagem 02 – SP 01

 AZIMUTE ENGENHARIA LTDA Topografia, Sondagem e Estaqueamento Fone: 47-3334-6069 / 9965-0288 Email: azimute@azimute.net.br										SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT NBR-6484/01	
OBRA: CMEI BARRA DO RIO CERRO LOCAL: RUA FREDERICO PIESKE - BAIRRO BARRA DO RIO CERRO - JARAGUÁ DO SUL - SC CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL										IDENTIFICAÇÃO: FOLHA: SP - 01	
DATA INÍCIO: 19/11/2015 DATA TÉRMINO: 19/11/2015		AMOSTRADOR PADRÃO Ø INTERNO = 1 1/2" Ø EXTERNO = 2" PESO BATENTE = 65 kg ALTURA DE QUEDA = 75 cm		COORDENADAS UTM: E: N: RN: 0 COTA: 0		NA 01: 9,50 (19/11/2015) NA 02: 10,50 (29/11/2015) TH - TRADO HELICOIDAL 0,00 a 1,00 CA - CIRCULAÇÃO DE ÁGUA: 1,00 a 26,85					
COTA	REV.	NA	AVANÇO	GOLPES			GRÁFICO	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL		
				1º	2º	3º					
							FINAIS (2º e 3º)				
	RV	1,00	TH	2/15	3/15	3/15	6		0		
				2/15	3/15	4/15	7		1		
				2/15	3/15	3/15	6		2		
				2/15	2/15	3/15	5		3		
				2/15	3/15	3/15	6		4		
				2/15	2/15	3/15	5		5		
				2/15	3/15	3/15	6		6		
				2/15	2/15	3/15	5		7		
				2/15	3/15	3/15	6		8		
				2/15	3/15	4/15	7		9		
				2/15	3/15	3/15	6		10		
				3/15	4/15	4/15	8		11		
				3/15	4/15	4/15	8		12		
				4/15	4/15	5/15	9		13		
				3/15	4/15	4/15	8		14		
				2/15	3/15	4/15	7		15		
				3/15	4/15	5/15	10		16		
				4/15	5/15	8/15	14		17		
				3/15	4/15	5/15	9		18		
									19		
OBS:										RESPONSÁVEL:	
ESC. VERT.: 1/100		DATA: 29/11/2015		TÉCNICO: Engº Civil - Rafael Schreiber		Engº Civil - Rui Ama Schreiber - CREA-SC S2 021057-4					

Fonte: Retirada do relatório de sondagem

 AZIMUTE ENGENHARIA LTDA Topografia, Sondagem e Estaqueamento Fone: 47-3334-6069 / 9965-0288 Email: azimute@azimute.net.br						SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT NBR-6484/01		
OBRAS: CMEI BARRA DO RIO CERRO LOCAL: RUA FREDERICO PIESKE - BAIRRO BARRA DO RIO CERRO - JARAGUÁ DO SUL - SC CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL						IDENTIFICAÇÃO O: FOLHA:		
DATA INÍCIO: 19/11/2015 DATA TÉRMINO: 19/11/2015		AMOSTRADOR PADRÃO Ø INTERNO = 1 1/2" Ø EXTERNO = 2" PESO BATENTE = 65 kg ALTURA DE QUEDA ± 75 cm		COORDENADAS UTM: E: N: RN: 0 COTA: 0		NA 01: 9,50 (19/11/2015) NA 02: 10,50 (23/11/2015) TH - TRADO HELICOIDAL 0,00 a 1,00 CA - CIRCULAÇÃO DE ÁGUA: 1,00 a 26,85		
COTA	REV.	NA	AVANÇO	GOLPES	GRÁFICO	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL	
				1° 2° 3° FINAIS (2° e 3°)				
-25,000			CA	2/15 2/15 4/15 3/15 3/15 4/15 2/15 4/15 5/15 3/15 5/15 6/15 5/15 7/15 10/15 7/15 8/15 12/15 9/15 11/15 17/15 27/15 29/15 31/15	6 7 9 11 17 20 28 60	 FINAIS		Site areno-argiloso, areia grossa, cor variada, marrom, pouco compacto a medianamente compacto 24,50m Site areno-argiloso, areia grossa, alteração da rocha, cor variada, marrom, compacto a muito compacto 27,00m
						IMPENETRÁVEL AO AMOSTRADOR Nota: furo paralisado conforme descrito no item 6.4.1 da norma NBR 6484:2001 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.		
OBS:						RESPONSÁVEL:		
ESC. VERT.: 1/100		DATA: 29/11/2015		TÉCNICO: Engº Civil - Rafael Schreiber		Engº Civil - Rui Amo Schreiber - CREA-SC S2 021057-4		



The logo is circular with a blue border. Inside the border, the text "SOMOS ODS" is written in a stylized font. Below it, "2022" is written. The logo is surrounded by a ring of 17 colored squares, each representing one of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs).



AZIMUTE ENGENHARIA LTDA
Topografia, Sondagem e Estaqueamento
Fone: 47-3334.6069 / 9965-0288 Email: azimute@azimute.net.br

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT
NBR-6484/01

OBRA: CMEI BARRA DO RIO CERRO
LOCAL: RUA FREDERICO PIESKE - BAIRRO BARRA DO RIO CERRO - JARAGUA DO SUL - SC
CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUA DO SUL

IDENTIFICAÇÃO:
FOLHA: **SP - 02**

DATA INÍCIO: 23/11/2015
DATA TÉRMINO: 23/11/2015

AMOSTRADOR PADRÃO
Ø INTERNO = 1 1/4"
Ø EXTERNO = 2"
PESO BATENTE = 65 kg
ALTURA DE QUEDA = 75 cm

COORDENADAS UTM:
E: N:
RN: 0
COTA: 0

NA 01: 11,00 (23/11/2015)
NA 02: 10,70 (24/11/2015)
TH - TRADO HELICOIDAL 0,00 a 1,00
CA - CIRCULAÇÃO DE ÁGUA: 1,00 a 26,70

COTA	REV.	NA	AVANÇO	GOLPES			GRÁFICO	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL
				1º	2º	3º			
			TH						
	RV		1,00					0	
				4	4	5		1	Argila silteosa, cor vermelha, média
				3	3	4		2	
				3	3	3		3	
				3	3	4		4	
				3	3	3		5	
				3	3	4		6	
				3	3	4		7	
				3	3	4		8	
				3	3	4		9	
				3	3	4		10	
				4	5	6		11	
				4	5	5		12	
				4	5	6		13	
				4	6	7		14	
				5	7	9		15	
				5	9	11		16	
				6	9	12		17	
								18	
								19	

OBS:

RESPONSÁVEL:

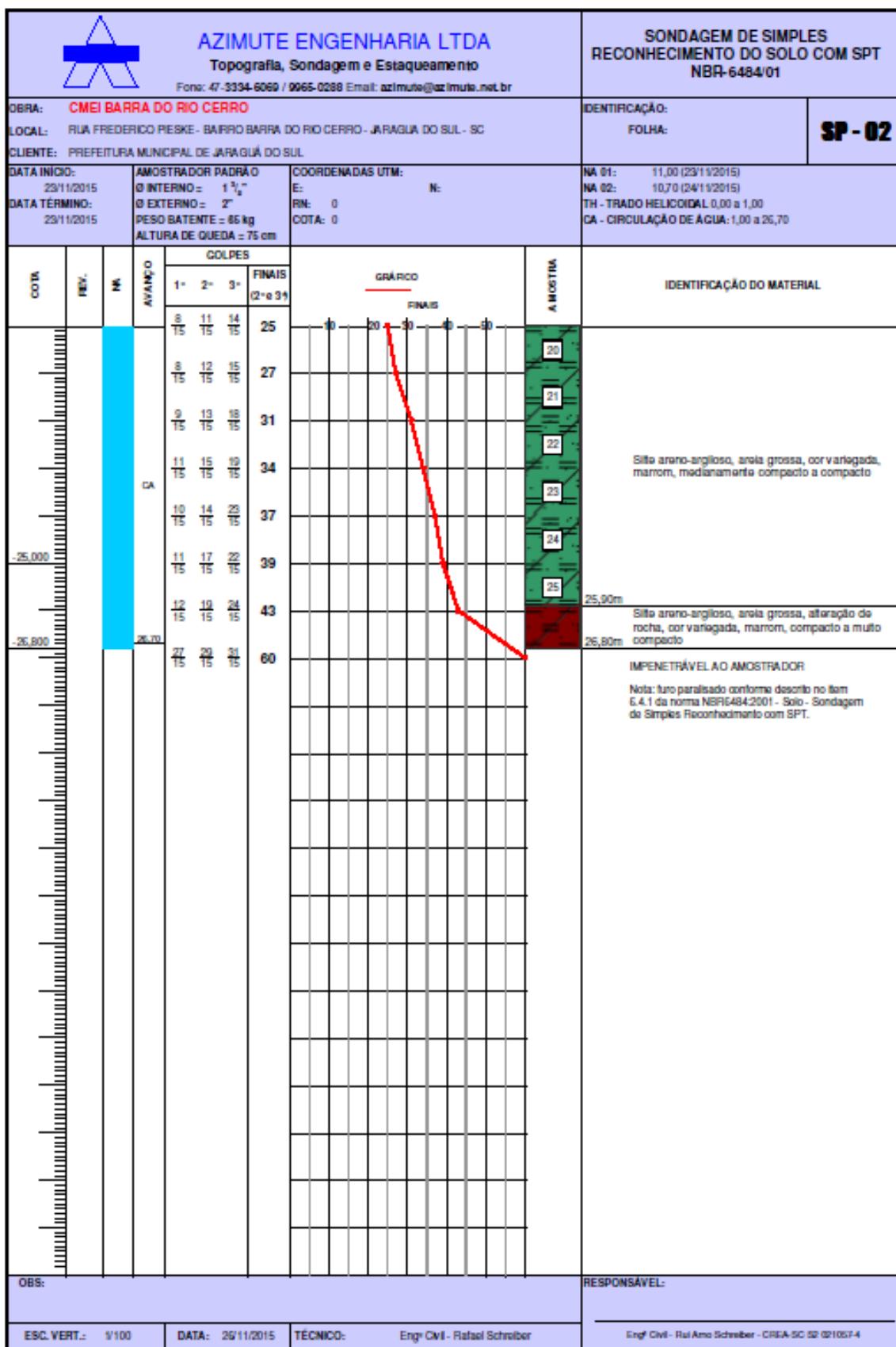
ESC. VERT.: 1/100
DATA: 25/11/2015
TÉCNICO: Engº CIVIL - Rafael Schreiber

Engº CIVIL - Rui Amo Schreiber - CREA-SC 52 021057-4



The logo is circular with a blue border. Inside the border, the text "SOMOS ODS" is written in a stylized font. Below it, "2022" is written. The logo is surrounded by a ring of 17 colored squares, each representing one of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs).

Imagem 05 – Continuação do SP 02



Fonte: Retirada do relatório de sondagem

Imagem 06 – SP 03

 AZIMUTE ENGENHARIA LTDA Topografia, Sondagem e Estaqueamento Fone: 47-3334-6069 / 9965-0288 Email: azimute@azimute.net.br										SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT NBR-6484/01	
OBRA: CMEI BARRA DO RIO CERRO LOCAL: RUA FREDERICO PIESKE - BAIRRO BARRA DO RIO CERRO - JARAGUÁ DO SUL - SC CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL										IDENTIFICAÇÃO: FOLHA: SP-03	
DATA INÍCIO: 19/11/2015 DATA TÉRMINO: 20/11/2015		AMOSTRADOR PADRÃO Ø INTERNO = 1 5/8" Ø EXTERNO = 2" PESO BATENTE = 65 kg ALTURA DE QUEDA = 75 cm		COORDENADAS UTM: E: N: RN: 0 COTA: 0		NA 01: 9,20 (23/11/2015) NA 02: 9,50 (24/11/2015) TH - TRADO HELICOIDAL 0,00 a 1,00 CA - CIRCULAÇÃO DE ÁGUA 1,00 a 25,70					
COTA	REV.	NA	AVANÇO	GOLPES			GRÁFICO	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL		
				1°	2°	3°					
							FINAIS				
1,00	RV		TH	2	2	3		0			
				15	15	15		1			
				2	2	3		2			
				15	15	15		3			
				2	3	3		4			
				15	15	15		5			
				2	2	4		6			
				15	15	15		7			
				2	2	3		8			
				15	15	15		9			
				1	2	2		10			
				15	15	15		11			
				2	3	4		12			
				15	15	15		13			
				3	4	5		14			
				15	15	15		15			
				3	4	4		16			
				15	15	15		17			
				3	4	5		18			
				15	15	15		19			
				5	8	12		20			
				15	15	15		21			
				9	11	22		22			
				15	15	15		23			
				9	15	21		24			
				15	15	15		25			
				10	17	20		26			
				15	15	15		27			
				8	12	17		28			
				15	15	15		29			
				6	9	8		30			
				15	15	15		31			
				4	7	9		32			
				15	15	15		33			
				3	6	9		34			
				15	15	15		35			
				7	11	15		36			
				15	15	15		37			

OBS: ESC. VERT.: 1/100 DATA: 26/11/2015 TÉCNICO: Engº Civil - Rafael Schroeder
 RESPONSÁVEL: Engº Civil - Rui Amo Schroeder - CREA-SC S2 021057-4

Fonte: Retirada do relatório de sondagem

3. CORRELAÇÕES EMPÍRICAS

A NBR 6484:2020 em seu anexo A apresenta na Tabela A.1 – Estado de compactidade e consistência as correlações em relação ao número N de golpes.

Imagem 04 – Anexo A NBR 6484/20

ABNT NBR 6484:2020

Anexo A (informativo)

Estado de compactidade e consistência

A Tabela A.1 apresenta o estado de compactidade e consistência dos solos.

Tabela A.1 – Estado de compactidade e consistência

Solo	Índice de resistência à penetração <i>N</i>	Designação ^a
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)
^a As expressões empregadas para a designação da compactidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.		

Fonte: NBR 6484/20

Para dimensionamento da estrutura de concreto armado do CMEI será realizado como referência o ensaio de SPT 05, onde apresentou resultados menos satisfatórios que os demais e considerando que os ensaios foram realizados bem próximos um aos outros dificultando a possibilidade da visualização do perfil geológico do terreno como um todo.

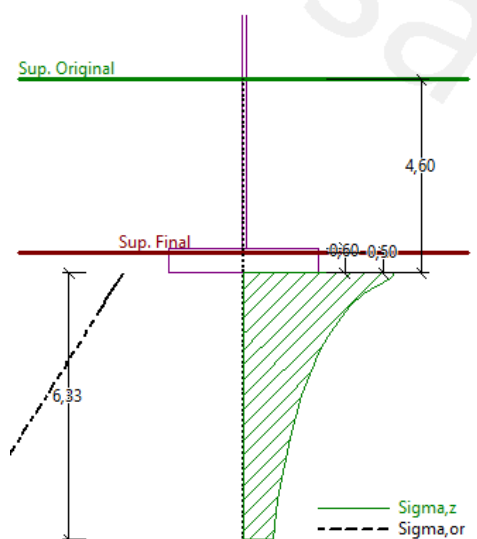
O projeto do CMEI (Centro Municipal de Educação Infantil) trata-se de um projeto base/padrão do FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação) onde a Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul realizou algumas alterações para adequar o projeto a realidade local e encaixe no terreno disponível.

Para atender as necessidades propostas no projeto, será utilizado diferentes soluções de sistemas estruturais, tais como, estrutura convencional em concreto armado (pilares, vigas e laje), fundações rasas em sapatas e fundações profundas de blocos sobre estacas de concreto armado, escadas, rampas e muros de contenções em concreto armado.

A seguir serão apresentadas as correlações empíricas para obtenção dos parâmetros do solo a partir do ensaio SPT 05. Parâmetros que serão utilizados no software de cálculo estrutural conforme cada solução necessária.

Como pré-dimensionamento das Sapatas, foi arbitrado como valor médio 1,50 m da largura maior da sapata para efeito do cálculo do bulbo de tensões. Considerando que o bulbo de tensões pode gerar um efeito a uma profundidade de aproximadamente 2 vezes a largura da base, conforme a figura representativa da imagem 5, foi considerado o N SPT MÉDIO até 3,00 m de profundidade, a partir da profundidade de 1,00 m, ou seja, até o NSPT da camada de 4,00m, pois durante a execução do ensaio SPT a primeira camada de 1,00 m é desconsiderada.

Imagem 5: Profundidade de influência bulbo de tensões



Fonte: Amvali

Cálculo do N SPT médio:

$$N \text{ SPT } (1,00 \text{ m}) = 4$$

$$N \text{ SPT } (2,00 \text{ m}) = 5$$

$$N \text{ SPT } (3,00 \text{ m}) = 5$$

$$N \text{ SPT } (4,00 \text{ m}) = 5$$

$$N_{\text{médio}} = \frac{4+5+5+5}{4} = 4,75$$

Conforme as correlações apresentadas, foi calculado o ângulo de atrito pela fórmula de Teixeira (1996) e aplicado um redutor de segurança (1,20) por esta fórmula ser mais adequada para solos arenosos e conforme o ensaio obtido as camadas utilizadas apresentam características de solos siltosos e argilosos também.

Cálculo do ângulo de atrito (ϕ):

$$\phi = \sqrt{20 \times N_{spt}} + 15^\circ \text{ Teixeira (1996)}$$

$$\phi = \sqrt{20 \times 4,75} + 15^\circ = 24,75^\circ$$

A fórmula acima é mais aplicada para solos arenosos, podendo ser utilizada para outros solos se inserido um redutor de segurança que pode variar de 1,20 a 1,50. Para este projeto será utilizado um redutor de 1,20. Aplicando então o redutor de segurança temos:

$$\phi = \frac{24,75^\circ}{1,20} = 20,62^\circ$$

Para estimativa da coesão foi utilizado a relação empírica de Teixeira e Godoy (1996):

$$c = 10 \times N_{spt} \text{ (kPa)}$$

$$c = 10 \times 4,75 = 47,50 \text{ kPa}$$

Convertendo o resultado de kPa para kgf/cm² temos **c = 0,484 kgf/cm²**

A imagem 5 e 6 de Godoy 1972, apresentam respectivamente as correlações do peso específico dos solos argilosos e arenosos com relação ao N_{spt}:

Imagem 05 – peso específico solos argilosos

N_{SPT}	Consistência	$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$
≤ 2	Muito mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Fonte: Godoy (1972).

Fonte: Godoy 1972

Imagem 06 – peso específico solos arenosos

N_{SPT}	Compacidade	γ (kN/m ³)		
		Areia seca	Areia úmida	Areia saturada
< 5	Fofa			
5 - 8	Pouco compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta			
> 40	Muito compacta	18	20	21

Fonte: Godoy (1972).

Fonte: Godoy 1972

Portanto, a partir do $N_{spt} = 4,75$ é possível estimar o peso específico das camadas. Para as camadas de solo argiloso sua consistência está classificada como mole e um peso específico de 15 kN/m³. Para as camadas de solos com características que tendem para o arenoso sua compacidade está classificada com fofa e o peso específico de areia seca de 16 kN/m³ e da areia saturada de 19 kN/m³.

Para determinação da tensão admissível do solo com base no SPT médio calculado foi utilizado a equação encontrada na literatura utilizada nesse procedimento (Moraes 1976 e Oliveira 1988).

$$\sigma = \frac{N_{spt \text{ médio}}}{5}$$

$$\sigma = \frac{4,75}{5} = 0,95 \text{ kgf/cm}^2$$

Conclui-se dessa forma a determinação dos parâmetros mínimos com relação ao ensaio SPT realizado. Vale ressaltar que estas equações são empíricas e para determinar com mais precisão esses parâmetros deveriam ser ensaiados pelas investigações geotécnicas **CPTU e/ou VANE TEST**. Os resultados encontrados foram inseridos no software Eberick para dimensionamento do projeto estrutural em concreto armado.

4. CARGAS CONSIDERADAS NO PROJETO

4.1 Cálculo da carga do telhado nas vigas (não apoiar as tesouras na laje)

Carga das telhas 0,12 kN/m² ou 12 Kg/m² – Carga retirada do memorial de cálculo do projeto de estrutura metálica padrão do FNDE.

Peso da estrutura do telhado metálica e das telhas metálicas com espessura até 8 mm conforme a NBR 6120 = 0,30 kN/m² = 30 Kg/m². A telha de 8 mm pela NBR 6120 tem carga de 0,10 kN/m² = 10 Kg/m².

Descontando esse valor do item da estrutura + a telha se obtém 20 Kg/m² e considerando a telha do projeto padrão com 12 Kg/m² tem – se o total de 32 kgf/m².

Esse valor foi multiplicado pela área de influência (80,00 m²) sobre a tesoura principal do projeto padrão, obtendo-se a carga total sobre a tesoura de 2.560 Kg.

Como no projeto padrão do FNDE as tesouras estão sobre 6 apoios, foi dividido a carga total por 6, para obter a carga por apoio de 426,67 Kg. Por não existir um projeto executivo da estrutura do telhado, onde mostraria exatamente os pontos de apoio das tesouras foi considerado no projeto de estrutura de concreto armado a carga pontal de 426,67 kg sendo uma carga distribuída por metro (426,67 Kg/m) sobre as vigas de apoio.

4.2 Cálculo das cargas na Laje do DOMO

Cargas na laje do DOMO:

Cotrapiso massa específica: 1900 kg/m³

Área da laje: 3,50m x 4,70m = 16,45 m²

Espessura: 5 cm

Volume do contrapiso = 0,05m x 16,45 m² = 0,822 m³

Massa do contrapiso = 0,822 m³ x 1900 kg/m³ = 1562 kg

Peso por m² = 1562 kg / 16,45 m² = 95 Kg/m²

Peso específico da Areia: 1500 kg/m³

Espessura da camada de areia: 40 cm

Área de aterro sobre a laje = 16,45 m²

Volume da areia = 16,45 m² x 0,40 m = 6,58 m³

Massa da areia = 6,58 m³ x 1500 kg/m³ = 9870 kg

Peso por m² = 9870 kg / 16,45 m² = 600 kg/m²

Carga accidental 150 kg/m²

Parede em alvenaria 15 cm

Peso específico: 1020 kg/m³

Comprimento da parede = 10,66 m

Altura da parede = 0,90 m

Espessura da parede = 0,15

Volume da parede = 0,15 x 0,90 x 10,66 = 1,44 m³

Peso da parede = 1,44 m³ x 1020 kg/m³ = 1469 kg

Peso por m² = 1469 kg / 16,45 m² = 89,30 KG/M²

Eng. Pablo Vinícius Rigo

CREA/SC 164680-0

