

FEIÇÕES GEOTÉCNICAS DO CAMPUS DA FUCAMP EM MONTE CARMELO-MG

Matheus Marra Oliveira¹
Mônica Diene Rodrigues de Oliveira²

RESUMO: O solo é formado por partículas sólidas, contendo vazios preenchidos por água ou ar. Existem vários tipos de solo e quando estes estão sujeitos a solicitações cada um pode reagir de tal forma. Com os estudos geotécnicos se obtém resultados que determinam o melhor tipo de fundação, a forma mais viável de trabalhar e empregar técnicas que irão economizar tempo e custo. O campus da Fucamp na Fundação Carmelitana Mário Palmério, vem recebendo grandes investimentos em sua estrutura ao longo dos anos, preocupada com seus alunos, e questões ambientais, uma análise geotécnica minuciosa a fim de precaver futuras percolações e recalques diferenciais sobre suas futuras instalações na área de expansão do campus. O estudo foi conduzido na área de expansão da Fucamp, com a retirada de 15 amostras e levadas para o laboratório do Campus onde foi realizado os ensaios geotécnicos, textura do solo, umidade do solo, plasticidade e consistência. O resultado desses ensaios mostrou que o solo é do tipo argiloso, sendo assim, um solo de pouca resistência, mais frágil, sujeito a recalques em futuras construções, se receber algum tipo de fundação inadequada. Pelas características do solo o melhor tipo de fundação a precaver futuros recalques, é do tipo sapata e estaca, garantindo maior segurança a futuras construções.

Palavras-chave: Solo; Construções; Geotécnicos.

Apoio: FAPEMIG

ABSTRACT: The soil is formed by solid particles containing voids filled with water or air. There are several types of soil and when these are subject to requests each can react in such a way. With geotechnical studies you get results that determine the best type of foundation, the most viable way to work and employ techniques that will save time and cost. The campus of Fucamp at the Carmelite Foundation Mário Palmério, has been receiving major investments in its structure over the years, concerned with its students, and environmental issues, a thorough geotechnical analysis in order to prevent future percolations and differential settlements on its future facilities in the area of campus expansion. The study was conducted in the Fucamp expansion area, with the withdrawal of 15 samples and taken to the Campus laboratory where the geotechnical tests, soil texture, soil moisture, plasticity and consistency were carried out. The results of these tests showed that the soil is of the clayey type, thus being a soil of low resistance, more fragile, subject to rebound in future constructions, if it receives some type of inadequate foundation. Because of the characteristics of the soil, the best type of foundation to prevent future setbacks, is of the shoe and stake type, guaranteeing greater safety to future constructions.

Keywords: Ground; Construction; Geotechnical.

1- Graduando do 9º período de Engenharia Civil na Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP)

2- Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia Ambiental

1 INTRODUÇÃO

Solo é o material formado por partículas sólidas, originadas de uma rocha mãe, que contém vazios preenchidos por água ou ar. Portanto, o solo é o resultado do intemperismo, seja pela desintegração mecânica ou pela decomposição química de rochas (VARGAS, 1977; LEPSCH, 2002). Os solos são muito diferentes entre si e respondem diferentemente quando sujeitos as mesmas solicitações. Sendo assim, todas as experiências acumuladas pelos construtores ao longo dos anos são de grande importância na geotécnica, pelo fato de incorporarem um grande número de informações sobre solos existentes (SOUSA PINTO, 2006). A determinação da textura do solo pode ser realizada basicamente de dois modos: teste de campo e análise de textura, mecânica ou granulométrica (FERREIRA & DIAS JUNIOR, 2001). No teste de análise visual e tátil dos solos, feito a campo, procura-se correlacionar a sensibilidade ao tato com o tamanho e distribuição das partículas unitárias do solo. De caráter subjetivo e dependente da experiência do operador, este teste apenas orienta sobre a possível classificação granulométrica de um solo. Para uma melhor avaliação da textura recomenda-se a análise granulométrica.

A análise granulométrica é realizada em laboratório e tem por finalidade determinar a distribuição quantitativa de partículas do solo através de ensaios de peneiramento e sedimentação (ABNT NBR 7181,1984). Em laboratório, a textura é identificada com maior precisão, pois são determinadas por métodos analíticos as porcentagens de argila, silte e areia, com suas respectivas subdivisões o que não é possível a nível de campo. O estudo do solo, de seus componentes e de sua resistência é de fundamental importância para a construção civil. A partir do solo é que se dimensiona a fundação, tipo e o peso da edificação que poderá ser construída, respeitando, assim, os limites de resistência do solo (SOUSA PINTO, 2006). A falta de investigação geotécnica ou a má interpretação de dados resultam em projetos inadequados, atrasos na obra, aumento de custos por modificações de última hora e remediação, problemas ambientais e até mesmo a ruptura da obra. A investigação geotécnica além de minimizar os riscos e custos, é uma forma de demonstrar responsabilidade para com a sociedade e respeito à natureza (MARINHO, 2005).

Preocupada com o desempenho de seus alunos, aliada as questões ambientais e geotécnicas a Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP), é uma instituição Educacional sem fins lucrativos, que iniciou suas atividades em agosto de 2000, absorvendo o

Campus VI da Universidade de Uberaba (UNIUBE), que funcionava em Monte Carmelo MG. A mesma possui uma área própria com aproximadamente 45.000 m², área doada pelo Senhor José Rocha Mundim e, recentemente, a Prefeitura Municipal da Cidade doou à Instituição mais uma área de 8.900m². O constante investimento em melhor infraestrutura devido à criação e expansão de cursos de graduação e pós-graduação exigem a construção de novos blocos, edificações, salas de aula, laboratórios, para o crescimento. A fim de que a gestão não sofra com problemas construtivos, tais como recalques diferenciais, solos entre outros, faz-se necessário a análise do solo da área de expansão da FUCAMP.

Dessa forma, uma análise cuidadosa do solo, envolvendo ensaios geotécnicos específicos, será importante para evitar problemas futuros nas edificações, principalmente no que se refere aos recalques diferenciais ocasionados pelo dimensionamento incorreto das fundações. Espera-se que o presente estudo, sirva de subsídio técnico, na ampliação e execução das obras de expansão da supracitada instituição de ensino.

2 JUSTIFICATIVA

O conhecimento das propriedades físicas do solo permite que este recurso seja usado da forma mais proveitosa possível. Para a Engenharia Civil, o solo é de grande importância, uma vez que este recebe a fundação e suporta o peso de edificações. Não há um solo “ideal” para a construção, pois as diversas técnicas para o melhoramento da área a ser trabalhada, buscam solos que propiciem menos gastos ou alternativas rápidas e econômicas. A investigação geotécnica na área de expansão do Campus da FUCAMP possibilitará colocar em prática o melhor uso do solo nas atribuições propostas.

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Objetiva-se neste projeto estudar a textura, teor de umidade e os limites de consistência do solo em toda a área de expansão do Campus da FUCAMP, localizada em Monte Carmelo/MG.

3.2 Objetivos específicos

Os resultados obtidos neste trabalho poderão ser utilizados como base de estudo em toda essa área. Os resultados podem ser utilizados para o estudo de recalques diferenciais, percolação de água pela alvenaria e má drenagem do solo, trazendo benefícios a futuras construções.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Campus da FUCAMP está localizado na parte sudoeste do município de Monte Carmelo em Minas Gerais às margens da MG-190, entre as coordenadas 18°44'16"S e 47°30'55"W. A área está localizada numa posição central em relação a várias cidades: Iraí de Minas (42km), Romaria (22km), Estrela do Sul (26km), Grupiara (23km), Nova Ponte (74 km), Cascalho Rico (67km), Douradoquara (49km), Abadia dos Dourados (32km) e Coromandel (52 km), conforme ilustra a Figura 01.

Figura 01 – Localização do município de Monte Carmelo, na mesorregião do Triângulo Mineiro

desagregado, deve ser representativa do solo que está sendo investigado, apenas, quanto à textura e constituição mineral. No caso do teor de umidade retira-se estas amostras com pás, enxadas, picaretas e outras mais apropriadas a cada caso, enquanto que para profundidade maior tem-se a necessidade de ferramentas especiais (trado Holandês).

De acordo com pesquisas na literatura da área, tem-se muitas informações a respeito do tipo de solo na região. As informações existentes são as caracterizadas no momento da construção e no anteprojeto para melhor planejamento.

4.1 Ensaios geotécnicos

4.1.1 Textura do solo

Segundo a literatura pesquisada a textura do solo é a proporção relativa dos diferentes grupos de partículas classificados por tamanho. Cada classe de tamanho (areia, silte e argila) pode conter partículas de mesma classe mineral. Segundo a ABNT NBR 6502 as classes de tamanho de solo se diferenciam conforme o diâmetro apresentado. A Tabela 01 ilustra as classes de tamanho de solo de acordo com a ABNT NBR 6502/95.

Tabela 01. Classes de tamanho das partículas do solo.

Terminologia	Diâmetro (mm)
Bloco de Rocha	20cm a 1m
Pedregulho/Cascalho	2 a 60
Areia Grossa	0,6 a 2
Areia Média	0,2 a 0,6
Areia Fina	0,06 a 0,2
Silte	0,002 a 0,06
Argila	< 0,002

Fonte: NBR 6502/95.

4.1.2 Umidade do solo

A umidade é relação entre o peso da água (M_u) e o peso dos sólidos (M_s) presentes no solo. Os teores de umidade variam com o tipo de solo, alterando de 0% a 100% (ARQUEMA, 2015).

4.1.3 Plasticidade e Consistência

O limite de plasticidade é o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço. Podendo ser definido também como a transição entre os estados plásticos e semi-sólido do solo (REBELLO, 2008). Consiste na maior ou menor capacidade dos solos serem moldados, sob certas condições de umidade, sem variação de volume (CAPUTO, 1988).

Na prática este limite foi estabelecido pelo teor de umidade necessário e suficiente para rolar uma porção do solo umedecido sobre uma placa de vidro até formar um pequeno cordão com 3 mm de diâmetro e 12 cm a 15 cm de comprimento (NBR-7180/84). A consistência pode ser definida como o grau de resistência de um solo de granulometria fina à fluência ou à deformação (REBELLO, 2008). De acordo com Caputo (1988, p .58) o índice de consistência define a consistência de um solo em seu estado natural e pode ser obtido através da fórmula:

$$IC = LL - h / IP$$

Onde: LL= limite de consistência;

h= teor de umidade;

IP= Índice de plasticidade, que é a diferença entre os limites de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP)

4.2 Recalques diferenciais

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

Segundo Rebello (2008, p. 57), recalque é a deformação do solo quando submetido a cargas, provocando movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à estrutura. Rebello (2008) conclui que a existência de água no solo é um princípio favorável, pois diminui a tensão aplicada ao solo. Porém, sob pressão, a água pode ser expulsa para regiões de menor pressão no solo, provocando vazios que levam ao recalque da fundação.

4.2.1 Tipos de recalques

Quando um elemento de fundação se desloca verticalmente, é configurado um recalque absoluto. A diferença entre os recalques absolutos de dois elementos da fundação é denominada recalque diferencial. O recalque diferencial impõe distorções à estrutura que pode acarretar em fissuras (ALONSO, 1991). O recalque diferencial específico, também

chamado de distorção angular (δ), é definido por:

$$\delta = \frac{\text{recalque diferencial}}{\text{distância entre os elementos}} = \frac{\Delta}{l}$$

Os 3 tipos de recalques sob a ótica do solo devido a cargas estáticas:

4.2.1.1 Recalque elástico

Ocorre imediatamente após a aplicação da carga e são maiores em solos não coesivos, ou seja, em solos não argilosos (REBELLO, 2008). Também denominado recalque imediato, deve-se considerar a rigidez da fundação, sua forma, profundidade e a espessura da camada deformável de solo (TEIXEIRA e GODOY, 1998).

4.2.1.2 Recalque por escoamento lateral

A deformação por escoamento lateral acontece com maior predominância em solos não coesivos. Trata-se da migração de solo de regiões mais solicitadas para as 55 menos solicitadas, ou seja, o deslocamento se dá do centro para a lateral (REBELLO, 2008). Verificam-se de maneira mais acentuada nos solos não coesivos sob fundações superficiais (CAPUTO, 2012).

4.2.1.3 Recalque por adensamento

A deformação por adensamento ocorre pela diminuição no volume aparente do maciço de solo, causada pelo fechamento dos vazios deixados pela água expulsa em pressão da fundação aplicada ao solo. Segundo Caputo (2012), são recalques lentos, quando se tratando de argilas, face ao baixo coeficiente de permeabilidade das mesmas. Segundo Rebello (2008), o recalque por adensamento pode ser estabilizado quando toda a água entre os grãos de solo é expulsa, não mais havendo diminuição do volume do solo. Se o recalque não afetou a estrutura, o problema passa a ser apenas vedar a trinca na alvenaria.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados ensaios para determinar os parâmetros: umidade, textura e consistência do solo. Para que esses ensaios fossem realizados, foi necessário retirar amostras deformadas do solo na extensão do Campus universitário. Os procedimentos adotados serão descritos nos itens a seguir.

5.1 Amostragem do solo

As amostras deformadas de solo coletadas na área de expansão da FUCAMP, foram submetidas a ensaios de caracterização geotécnica. Tais ensaios servirão de subsídio na

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

escolha do melhor tipo de fundação, de modo, a vir minimizar os recalques diferenciais, que prejudicam a vida útil das edificações. Deste modo, analisaram-se a textura do solo e o teor de umidade de 15 amostras de solo retiradas em diferentes profundidades, 1m, 2m e 3m.

A Tabela 02 apresenta as coordenadas geográficas das amostras de solo.

Tabela 02. Coordenadas Geográficas

COORDENAD AS	FURO 01	FURO 02	FURO 03	FURO 04	FURO 05
Latitude	18°44'15.65"	18°44'12.88"	18°44'12.00"	18°44'15.07"	18°44'13.92"
	S	S	S	S	S
Longitude	47°31'2.06"	47°31'1.06"	47°31'3.81"	47°31'3.83"	47°31'2.67"
	O	O	O	O	O

Fonte: O autor, 2018.

A amostragem de solo procurou ser representativa de toda área de estudo. Devido a condições de viabilidade operacional, só foi possível atingir uma profundidade máxima de 3m, feitas com trado holandês. A Figura 02 ilustra a área total de expansão da FUCAMP e os locais onde foram feitas a retirada das amostras para fins geotécnicos.

Figura 02. Locais de coleta de amostras para fins geotécnicos na FUCAMP,



Fonte: Google Earth, 2018.

A Figura 03 ilustra a área total de amostragem de solo para caracterização geotécnica, onde analisaram-se o teor de umidade do solo, a textura e os índices de plasticidade e

consistência. Nesta imagem, pode-se perceber que foram feitas a limpeza e nivelamento do terreno, onde será construído uma extensão da Instituição.

Figura 03. Área geral de expansão da FUCAMP, 2018.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

A Figura 04 ilustra a forma que foram feitas as perfurações do solo, onde as amostras foram coletadas através da utilização de um trado holandês. Para tal, coletaram-se 15 amostras em diferentes profundidades (1, 2 e 3 m).

Figura 04. Perfuração do solo com trado Holandês.

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br



Fonte: Acervo do autor, 2018

5.2 Umidade do solo

O teor de umidade do solo foi verificado no laboratório de solos da FUCAMP, no mês de julho de 2018. O ensaio do teor de umidade consiste na relação entre a massa de água presente em certo volume de solo e a massa das partículas sólidas, no mesmo volume, sendo expressa em porcentagem. A metodologia utilizada neste trabalho foi proposta pela EMBRAPA (2011) e está descrita no Manual de Métodos de Análise de Solos. Para realização do ensaio utilizaram-se os seguintes materiais:

- a. Balança;
- b. Cápsulas metálicas;
- c. Estufa de ventilação forçada;
- d. Trado holandês;
- e. Boca de lobo;
- f. Sacos plásticos;
- g. Caneta.

De acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA, 2011, cada amostra de solo foi acondicionada em cápsulas metálicas, onde se aferiu a massa em balança, obtendo-se a M_u (Massa úmida). A seguir, estas amostras foram submetidas a estufa de ventilação forçada, com temperatura de 70°C durante 24 horas. Após estabilização das amostras, as mesmas foram pesadas novamente, obtendo-se a M_s (massa de solo seca). Todos os valores encontrados foram tabelados, e a partir deles foram calculadas a umidade percentual ($W\%$)

para cada amostra de solo, conforme a equação abaixo, descrita no manual de Métodos e Análise de Solo da EMBRAPA (2011):

$$W(\%) = \frac{(Mu - Ms)}{Ms} \times 100$$

Sendo que Mu= Massa úmida do solo;

Ms= Massa seca do solo.

5.3 Textura do solo

Os ensaios de textura do solo foram feitos em laboratório credenciado, utilizando-se a metodologia da pipeta descrito pela EMBRAPA (2011).

Baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original (EMBRAPA 2011).

5.4 Índice de plasticidade e consistência (NBR-7180/84)

Os Materiais utilizados para análise do índice de plasticidade e consistência ou Limites de Atterberg- 1911 foram:

- a. Estufa;
- b. Cápsula de porcelana;
- c. Balança;
- d. Placa de vidro fosco;
- e. Espátula;

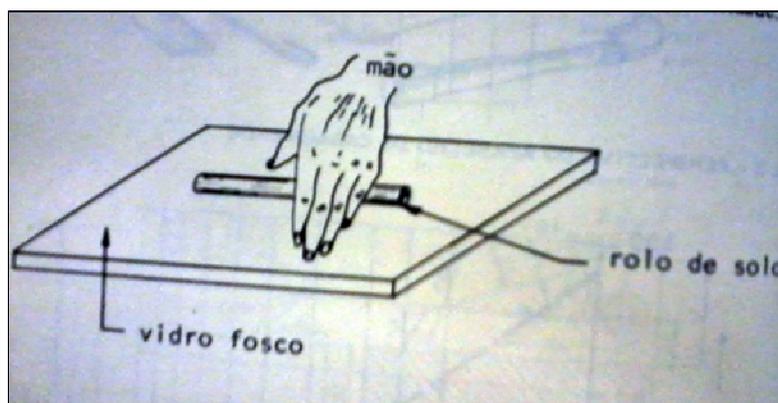
1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

f. Aparelho de Casa Grande.

5.4.1 Limite de plasticidade

A preparação do solo é feita a partir do peneiramento em peneira de 40 mm, a seguir adiciona-se água no solo em pequenos incrementos até que obteve consistência plástica, com cerca de 10g da amostra moldou-se as amostras como esferas, logo em seguida, utilizando uma placa de vidro esmerilhado, rolando a esfera começou formar pequenos cilindros com cerca de 3mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, conforme Figura 05. A operação é repetido pelo menos 5 vezes, definindo assim como limite de plasticidade o valor médio dos teores de umidade determinados.

Figura 05 - Ensaio de Plasticidade



Autor: VARGAS, 1977

5.4.2 Limite de liquidez-LL

É o teor de umidade do solo na fronteira entre os estados líquido e plástico. É determinado através do aparelho de Casagrande. O ensaio é realizado de acordo com a NBR 6459/84.

São colocados 70g de solo, que passa na peneira com abertura igual a 0.42 mm, homogeneizada com água até formar uma pasta, na calota do aparelho. Com o cinzel abrirem-se uma ranhura no centro da calota. Gira-se a alavanca na velocidade de 2 revoluções por segundo, conta-se os números de golpes da calota, necessários para obter-se o fechamento da

ranhura em 1 cm entre as paredes inferiores. Convém na 1ª determinação com a pasta que sejam necessários mais de 25 golpes para o fechamento da ranhura. Acrescentando-se água ao solo repete-se o processo anterior pelo menor 3 vezes. Dessa maneira resulta 4 pares de valores de umidade multiplicado ao nº de golpes que, colocadas no gráfico semi logarítmico com o n.º de golpes no eixo logarítmico, se alinham numa reta. O limite de liquidez é então obtido como sendo a umidade correspondente a 25 golpes.

Em resumo, o LL é a quantidade de água na qual um corte padrão na amostra remoldada irá fechar à distância de 13 mm com 25 golpes.

A Figura 06 ilustra, passo a passo o ensaio de determinação do limite de Liquidez realizado através do aparelho de Casa de Grande (NBR 6459/84).

Figura 06: Ensaio de determinação do Limite de Liquidez

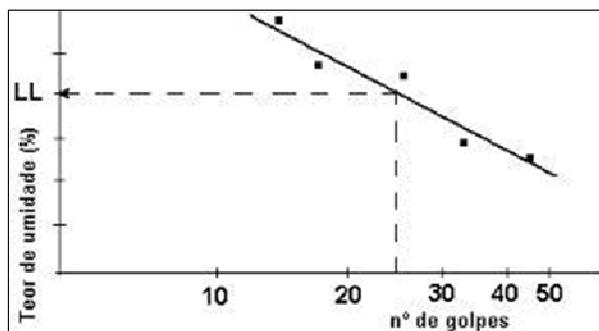


Fonte: Pires, 2011.

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
 2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
 3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br
- GETEC, v.8, n.20, p.219-245 /2019

A Figura 07 mostra a curva do Limite de Liquidez que é definida pelo teor de umidade do solo, e o número de golpes aplicados no aparelho Casa grande, onde a junção dos dois se traça a curva, e através da fórmula se encontra o LL da amostra.

Figura 07: Curva de determinação do Limite de Liquidez.



Fonte: (NBR 6459/84)

Pela curva o LL pode ser determinado pela equação:

- $LL = h \left(\frac{n}{25} \right) \operatorname{tg} \beta$
- β = declividade da curva de fluxo;
- $N = n^\circ$ de golpes para fechar a ranhura, $10 < n < 40$

5.4.3 Limite de Contração

É o teor de umidade para o qual o solo não mais se contrai, mas que garante a saturação do material. Em outras palavras é o teor de umidade necessário para saturar uma pastilha de solo seco em estufa. O ensaio é realizado de acordo com a NBR 7183/84.

5.4.4 Índice de plasticidade

O índice de plasticidade IP, foi calculado através da seguinte equação:

$IP = LL - LP$, onde:

LL- limite de liquidez

LP- limite de plasticidade.

Considera-se:

- IP = 0 para solos não plásticos;
- 1 < IP < 7 para solos pouco plásticos;
- 7 < IP < 15 para solos de plasticidade média;
- IP > 15 para solos muito plásticos

5.4.5 Índice de consistência-IC

O índice de consistência foi calculado pela seguinte equação:

$$IC = \frac{LL - w}{LL - LP}$$

Considera-se:

- IC < 0 → FLUÍDO – DENSO;
- 0 < IC < 1 → ESTADO PLÁSTICO;
- IC > 1 → ESTADO SEMI - SÓLIDO OU SÓLIDO.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físicas do solo que servirão de subsídio técnico nas obras de expansão da referida instituição de ensino superior, encontram-se a seguir.

A Tabela 03 apresenta os teores de umidade das amostras coletadas a campo.

Tabela 03. Teor de umidade das amostras de solo.

Nº	Peso cápsula	Peso cápsula+	Peso cápsula+	W (%) = (MU-
----	--------------	---------------	---------------	--------------

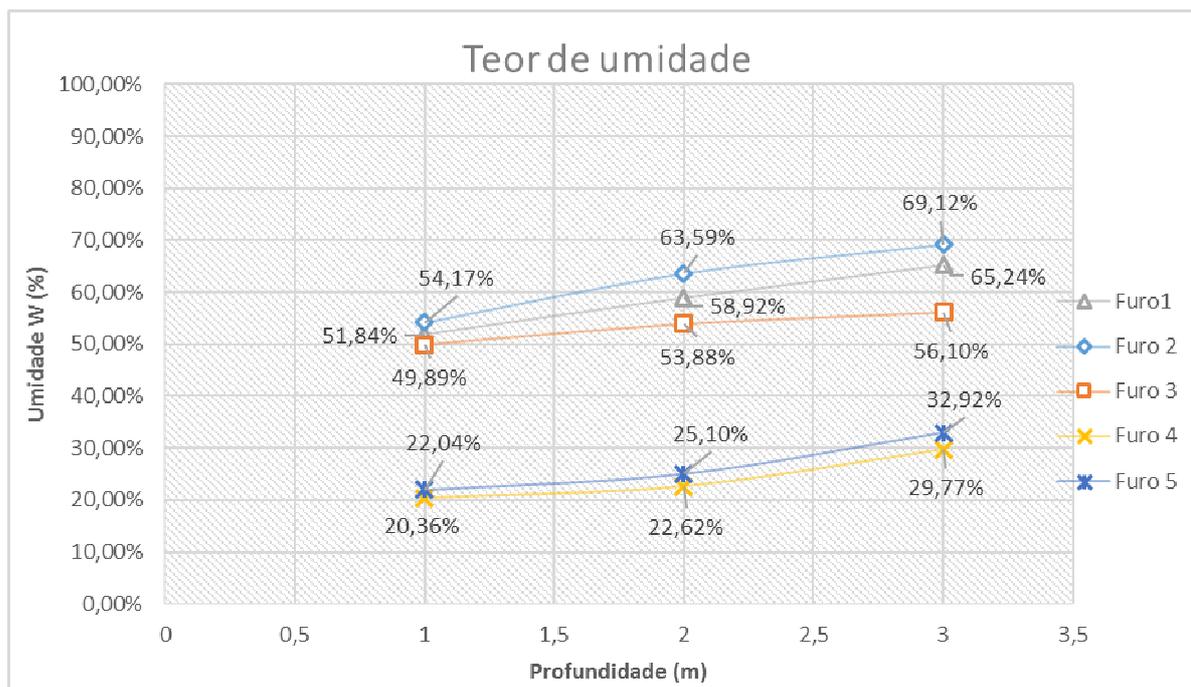
1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

amostras/Profundidade		amostra úmida	amostra seca	MS/MS)x100
Furo 1/1 M.	5,66g	24,14g	17,83g	51,84 %
Furo 1/2M.	5,50g	22,06g	15,92g	58,92%
Furo1/3M.	5,16g	19,85g	14,05g	65,24%
Furo2/1M.	5,74g	21,42g	15,91g	54,17%
Furo2/2M.	5,64g	21,95g	15,61g	63,59%
Furo2/3 M.	5,61g	22,59g	15,65g	69,12 %
Furo3/1M.	5,89g	27,67g	20,42g	49,89 %
Furo3/2M.	5,68g	23,90g	17,52g	53,88%
Furo3/3M.	9,78g	30,69g	23,10g	56,10%
Furo4/1M.	9,80g	33,38g	29,39g	20,36%
Furo4/2 M.	9,72g	27,28g	24,04g	22,62%
Furo4/3M.	9,44g	31,54g	26,47g	29,77%
Furo5/1M.	9,77g	25,99g	23,06g	22,04%
Furo5/2M.	9,29g	29,77g	25,66g	25,10%
Furo5/3M.	9,90g	29,28g	24,48g	32,92%

Fonte: O autor, 2018.

É possível verificar na Tabela 03 que a umidade do solo aumentou com a profundidade em todas as amostras analisadas. Para elucidar melhor os resultados da umidade do solo com a profundidade amostral, referencia-se a Figura 08.

Figura 08. Teor de umidade encontrado no estudo geotécnico.



Autor: MARRA, 2018.

A Figura 08 demonstra que a umidade do solo aumenta com a profundidade, o que denota a necessidade de construção de uma fundação mais profunda do tipo sapata ou estacas.

A Tabela 04 apresenta os resultados geotécnicos obtidos pela análise de textura, através do método da pipeta no furo 1.

Tabela 04. Análise granulométrica do solo (Furo 1), na área de expansão da FUCAMP, 2018.

Furos de sondagem a trado	Teor de argila (%)	Teor de silte (%)	Teor de areia (%)
Profundidade (m)			
1	82.5	5	12.5
2	85	2.5	12.5

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

3	80	5	15
---	----	---	----

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 03 mostra que quanto maior a profundidade de amostragem maior a resistência do solo, pois seu nível de areia aumenta de 12.5% para 15%, assim, chegando cada vez mais perto de solos com maior resistência, propícios a construções de maiores dimensões. Nota-se que o teor de solo mole (argila + silte) diminui com a profundidade de amostragem, sendo 87.5% para 85%. Sugere-se para o local, fundações mais profundas, para que se evitem fenômenos patológicos de construções, tais como recalques, capilaridade, rachaduras e fissuras.

A Tabela 05 apresenta os resultados geotécnicos obtidos pela análise de textura, através do método da pipeta no Furo 2.

Tabela 05. Análise granulométrica do solo (Furo 2), na área de expansão da FUCAMP, 2018.

Furos de sondagem a trado Profundidade (m)	Teor de argila (%)	Teor de silte (%)	Teor de areia (%)
1	85	7.5	7.5
2	82.5	5	12.5
3	80	7.5	12.5

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 05, seu teor de silte apresenta maior que os demais furos 7,5%, indicando maior de teor de água nessa localidade, um solo de menor resistência, solo mole, mas com o decorrer que aprofunda a porcentagem de argila diminui de 85% para 80%, a porcentagem de areia aumenta de 7,5% para 12,5%, indicando que a cada metro aprofundado mais apto o solo está para receber fundações, correndo menos riscos de fenômenos patológicos, evitando prejuízos.

A Tabela 06 apresenta os resultados geotécnicos obtidos pela análise de textura, através do método da pipeta no Furo 3.

Tabela 06. Análise granulométrica do solo (Furo 3), na área de expansão da FUCAMP, 2018

Furos de sondagem a trado Profundidade (m)	Teor de argila (%)	Teor de silte (%)	Teor de areia (%)
1	80	5	15
2	77.5	5	17.5
3	75	5	20

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 06, mostra que sua porcentagem de areia é a maior desde a primeira profundidade 15% para 20%, um solo que a cada metro perfurado está mais apto a construção, receber uma fundação, seu teor de silte que é 5% não muda, mas que tem uma grande influência pois o nível de argila está alto, de 80% para 75%, indicando um solo mole. Nesta localidade será encontrado solos mais resistentes com menos profundidade que os demais, com uma fundação bem elaborada poderá economizar custos nesta localidade e não ter futuros fenômenos patológicos.

A Tabela 07 apresenta os resultados geotécnicos obtidos pela análise de textura, através do método da pipeta no Furo 4.

Tabela 07. Análise granulométrica do solo (Furo 4), na área de expansão da FUCAMP, 2018

Furos de sondagem a trado Profundidade (m)	Teor de argila (%)	Teor de silte (%)	Teor de areia (%)
1	77.5	2.5	20
2	77.5	7.5	15
3	80	5	15

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 07, ao contrário dos outros furos seu nível de argila aumenta a cada metro aprofundado de 77,5% para 80%, e seu nível de areia diminuem de 20% para 15%. Como a argila é um tipo de solo que retém muita água em tempos de chuva, seu volume aumenta, mas na estiagem ela retrai, perdendo essa água acumulada podendo ter futuros recalques sobre uma construção realizada mediante a este local. Neste caso a fundação mais indicada de modo a evitar as principais patologias da fundação, seria uma fundação do tipo sapata, pois, no contato com o solo, sua área é distribuída em um maior espaço que receberá a carga.

A Tabela 08 apresenta os resultados geotécnicos obtidos pela análise de textura, através do método da pipeta no Furo 5.

Tabela 08. Análise granulométrica do solo (Furo 5), na área de expansão da FUCAMP, 2018

Furos de sondagem a trado	Teor de argila (%)	Teor de silte (%)	Teor de areia (%)
Profundidade (m)			
1	80	5	15
2	82.5	2.5	15
3	82.5	5	12.5

Fonte: O autor, 2018.

O Furo 05 tem a mesma peculiaridade do furo 04, sua porcentagem de argila aumenta com a profundidade de 80% para 82,5%, quanto o solo que é o ideal para receber uma fundação que é a areia até chegar nas rochas que tem maior resistência, diminui de 15% para 12,5%, neste caso a fundação terá que alcançar maiores profundidades, e ser de tipo sapata, para ter uma maior distribuição de carga no solo, precavendo futuros fenômenos patológicos e até mesmo algum caso irreversível. O índice de consistência do solo foi em média 0.73%, o que classifica o solo como argila plástica.

7 TIPOS DE FUNDAÇÕES INDICADAS PARA A ÁREA DE ESTUDO

7.1 Sapatas

São elementos de fundação de concreto armado, de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir aos esforços de tração (VELLOSO e LOPES, 1998). A ideia é que a carga atuante sobre a sapata se distribua pela sua área de contato com o solo, aplicando neste uma tensão no máximo igual à tensão admissível do solo (taxa do solo) (REBELLO, 2008).

É um dos tipos de fundação mais usado, pelo seu baixo custo e por não exigir equipamento especializado (BOTELHO e CARVALHO, 2007).

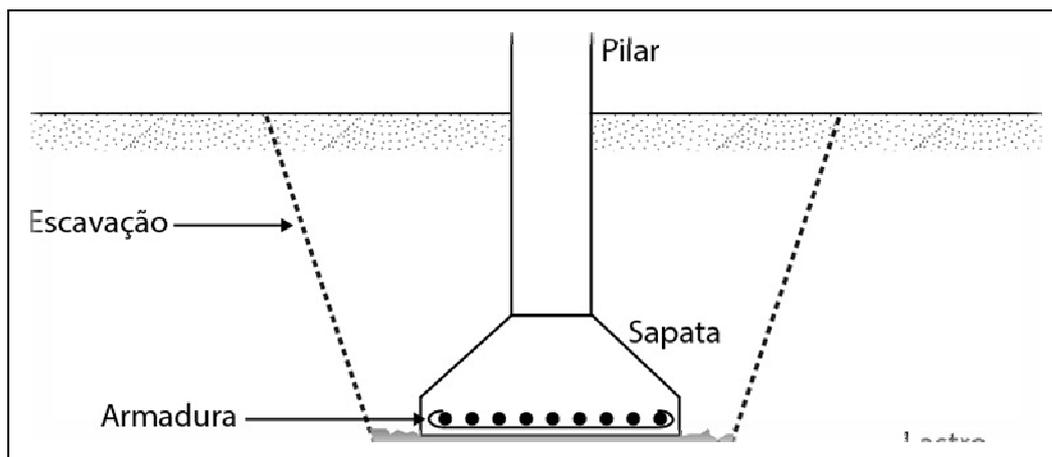
O procedimento executivo de uma sapata consiste na escavação, seguido pelo lançamento de um lastro de concreto magro¹, montagem das formas, colocação das armaduras e concretagem. Após a concretagem é retirado as formas e feito o reaterro (BOTELHO e CARVALHO, 2007).

7.1.1 Sapata isolada

Sapata isolada (Figura 09) é utilizada quando as cargas transmitidas pela estrutura são pontuais ou concentradas, como as cargas de pilares. As dimensões da sapata isolada são determinadas pelas cargas aplicadas e pela resistência do solo, de forma que as tensões no solo sejam no máximo iguais à sua tensão admissível (taxa do solo) (REBELLO, 2008).

Figura 09. Sapata isolada

-
1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
 2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
 3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br



Fonte. Adaptado (BOTELHO e CARVALHO, 2007)

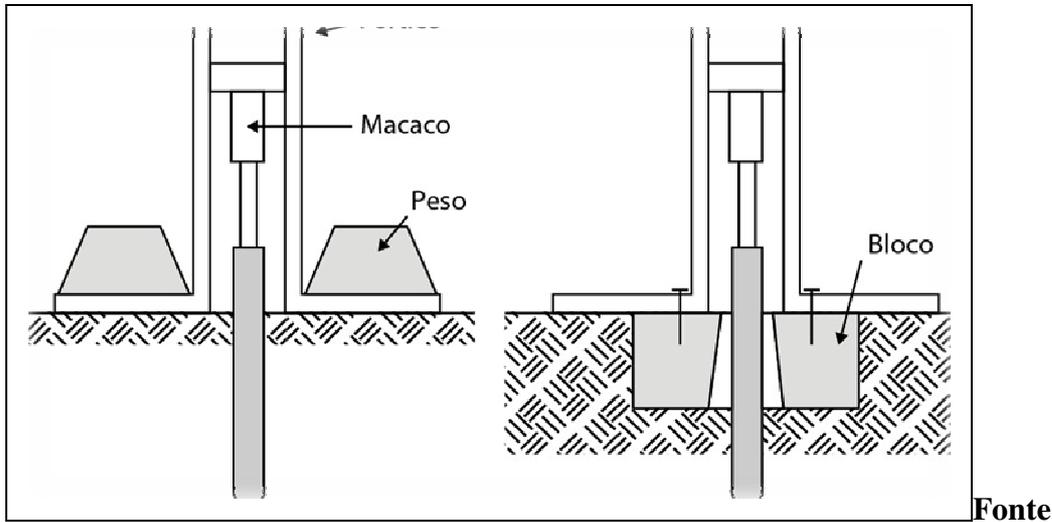
7.2 Estacas

Elementos de fundação profunda executado com o auxílio de ferramentas ou equipamentos, por cravação a percussão, prensagem, vibração ou pode ser executada por escavação (VELLOSO e LOPES, 1998). Têm a finalidade de transmitir cargas ao solo, seja pela resistência sob sua extremidade inferior (resistência de ponta), seja pela resistência ao longo do fuste² (atrito lateral) ou pela combinação dos dois (ALONSO, 1983).

7.2.1 Estacas de reação (Mega ou Prensada)

Estacas pré-moldadas, utilizada quando se pretende evitar vibrações ou para reforços de obras já executadas, finalidade para a qual elas foram concebidas (CAPUTO, 2012). São também chamadas de estacas de reação, pois requerem um sistema de reação para os macacos (VELLOSO e LOPES, 2010). A estaca é constituída por elementos de 1,5 m, 3 m ou 5 m que se vão cravando, um após o outro, justapostos, até se conseguir o comprimento desejado. Sua característica principal é a cravação no terreno, que se faz por meio de um macaco hidráulico, encontrando a reação no peso da própria estrutura a reforçar (CAPUTO, 2012). Também pode ser utilizada uma plataforma com sobrecarga, a fim de encontrar uma reação para cravação da estaca (VELLOSO e LOPES, 2010). Segundo Caputo (2012), o próprio processo de cravação da estaca Mega a submete a uma prova de carga igual a 1,5 vezes a carga de trabalho.

Figura 10. Execução de estaca prensada



(VELLOSO e LOPES, 2010).

7.2.2 Estacas Franki

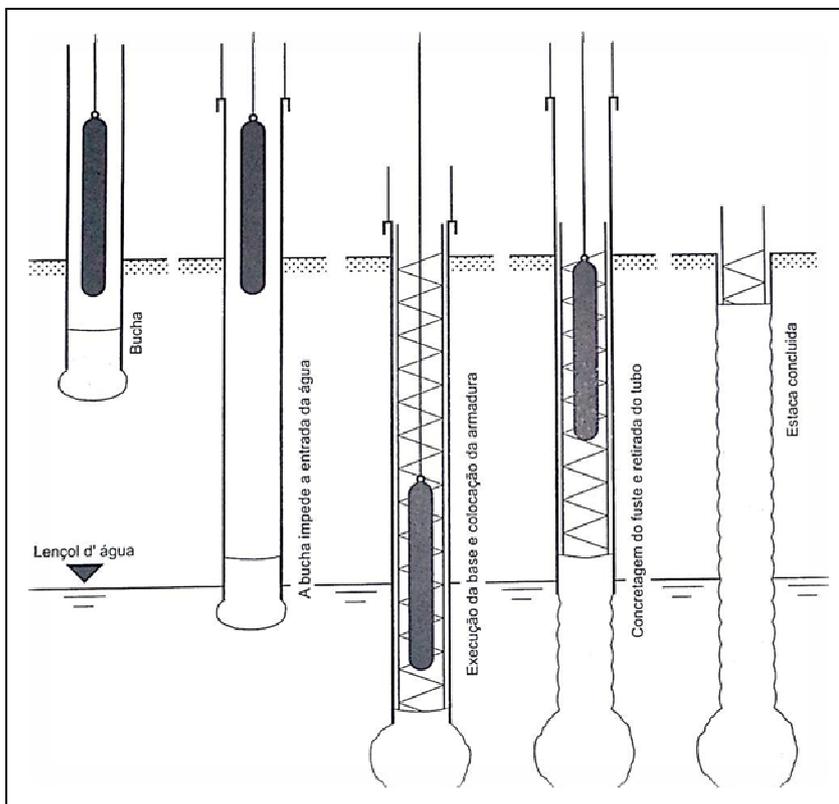
Conforme Rebello (2008) descreve, este equipamento é composto de uma torre metálica da qual é lançado um peso, denominado pilão, cuja função é cravar um tubo metálico. Para que o tubo seja cravado no solo, é colocado em sua ponta um volume de concreto bastante seco, que desenvolve grande atrito com a parede do tubo. Esse concreto seco é denominado bucha. A altura do concreto dentro do tubo deve ser de 1,5 a 2 vezes o diâmetro do tubo, para que não prejudique o processo de cravação. Ao ser atingido pelo pilão, a bucha penetra no solo e empurra consigo o tubo metálico.

Ao atingir a cota de apoio da estaca, o tubo é preso por cabos de aço e a bucha é expulsa pelos golpes do pilão, formando a ponta da estaca. Em seguida, é colocada a armação e feita a concretagem do fuste ao mesmo tempo em que é retirado o tubo metálico.

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

Pela forma de execução, as estacas Franki podem ser aplicadas a qualquer tipo de solo e também abaixo do nível da água (REBELLO, 2008).

Figura 11. Execução da estaca Franki



Fonte. (VELLOSO e LOPES, 2010)

8 CONCLUSÃO

Pelas características geotécnicas do solo da área de estudo, sugere-se que o melhor tipo de fundação a ser executada no local é do tipo Sapata ou Estaca, de modo a garantir a segurança das futuras edificações.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Exercício de fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.
GETEC, v.8, n.20, p.219-245 /2019

OLIVEIRA, M, M; OLIVEIRA, M, D, R.

ALONSO, U. R. **Previsão e Controle das Fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

BOTELHO, M. H. C.; CARVALHO, L. F. M. **Quatro edifícios, cincolocais de implantação, vinte soluções de fundações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

CANCIAN, Max Alberto. **Influência do teor de umidade, porosidade e do tempo de aplicação na mistura solocimento para pavimento rodoviário de um solo da bacia do Paraná**. 2013. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina - Paraná, 2013.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I, 1988.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2012.

CRAIG, R. F. **Mecânica dos Solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

Manual de Métodos de Análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa-cnps. Documentos, v. 2000, 1997.

NBR. (NBR-7180/84): **Solo- Limite de Plasticidade**. 02453 ed. Brasil, 1984. 3 p.

NBR. (NBR 6459/84): **SOLO-Determinação do limite de liquidez**. 02453 ed. Brasil, 1984. 6 p.

PINTO, C. D. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4. ed. São Paulo: Ziguarte, 2008.

RICHART, Alfredo et al. **Compactação do solo: causas e efeitos. Revisões**, Londrina, v. 26, n. 3, p.321-343, 2005.

SANTOS, G.V. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações**. 2014. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Uniceub. Brasília, 2014.

1. Aluno do Curso de Ciências Contábeis – FAMETRO. Rua Conselheiro Estelita, 500, Centro - Fortaleza / CE - CEP 60010-260. gabrielle.fontinele@gmail.com
2. Mestre em Controladoria e Administração pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará. Avenida da Universidade, 2431 Benfica – Fortaleza / CE – CEP 60020180. lorena.costa@plauditores.com.br.
3. Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Contabilidade da Universidade Estadual do Ceará e da UNIFOR. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi – Fortaleza / CE – CEP 60.741-000. paolo.araujo@plauditores.com.br

GETEC, v.8, n.20, p.219-245 /2019

SANTOS, J.N. et. al. **Análise do teor de umidade dos solos para construção civil na cidade de Mossoró-RN. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia-CONTECC, 2015, 72. 2013 Mossoró. Fortaleza-CE, Brasil: 1, 2015. p. 1 - 5.**

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. D. **Análise, projeto e execução de fundações rasas.** In: AUTORES, V. **Fundações: Teoria e Prática. 2. ed.** São Paulo, 1998.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações: fundações profundas.** Nova. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2, 2010.

VELLOSO, D.; LOPES, F. D. R. **Concepção de obras de fundações.** In: _____ **Fundações: Teoria e Prática. 2. ed.** São Paulo, 1998.

