

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**PRÁTICA DAS FUNDAÇÕES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA**

MARIANNA MESQUITA DUARTE

JOÃO PESSOA/PB

2016

**MARIANNA MESQUITA DUARTE**

**PRÁTICA DAS FUNDAÇÕES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a sua conclusão.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

JOÃO PESSOA/PB

## MARIANNA MESQUITA DUARTE

### PRÁTICA DAS FUNDAÇÕES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia –, Campus de João Pessoa, como requisito parcial para a sua conclusão.

Julgada em 15 de junho de 2016

#### BANCA EXAMINADORA

_____ Prof. Dr. Fábio Lopes Soares, UFPB	_____ Situação
_____ Prof. Dr. Clóvis Dias, UFPB	_____ Situação
_____ Profª Dr Aline Flavia Nunes Remigio Antunes.	_____ Situação
_____ Profª Dr. Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UFPB	

A Deus que me conduziu à realização deste sonho, aos Professores e Doutores que me transmitiram o conhecimento necessário, aos meus pais que me apoiaram, aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Serei eternamente grata a Deus que, como criador supremo, me ensinou a ter criatividade. Sua força me serviu de sustento, me encorajando a cada dia para concluir mais um projeto em minha vida, em segundo lugar aos meu pais e amigos que se mesclam formando a minha família, pelo amor, companheirismo, apoio e paciência e aos professores que contribuíram para a minha formação e me acompanharam ao longo desta jornada, sempre transmitindo conhecimentos com paciência, humildade, dedicação e respeito. Conhecimento este transmitido também através dos exemplos de caráter e honestidade, não podendo eu, deixar nenhum deles de lado.

## RESUMO

Objetivando a elaboração de um banco de dados à cerca das soluções de fundações adotadas na grande João Pessoa, realizou-se a presente pesquisa, que se propõe a atuar como instrumentos de auxílio a atividades de planejamento e gestão urbana e ambiental. Tais informações nem sempre se encontram disponíveis ou de maneira acessível e para tanto foram necessárias visitas aos principais projetistas, em termos de volume de projetos, da cidade. A pesquisa envolveu etapas preparatórias essenciais para a estruturação do Banco de Dados e foi seguida da catalogação e mapeamento das informações encontradas, resultando em dados estatísticos que se apresentaram como reflexo da correlação entre as características geotécnicas, o porte das edificações e a solução adotada nessas localidades.

Palavras-chave: Mapeamento. Fundações. Estaca escavada. Hélice contínua. Estacas de compactação

## **ABSTRACT**

Aiming at the development of a database about the foundations solutions adopted in the João Pessoa city, there was this research that aims to act as instruments to aid planning and urban and environmental management activities. Such information is not readily available or affordable and therefore were necessary to do some visits to the main design engineers, in the meaning of the ones who has the greatest amounting of projects , of the city. The research involved some preparatory steps for structuring the database and was followed by cataloging and mapping the information founded, resulting in statistics that appeared as a result of the correlation between the geotechnical characteristics, the size of the buildings and the solution adopted in these locations.

**Keywords:** Mapping. Foundations. Stake excavated. Compression stakes

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: João Pessoa 2005.....	16
Figura 02: João Pessoa 2015.....	17
Figura 03: Croqui perfil geológico – João Pessoa.....	17
Figura 04: Mapeamento das fundações de João Pessoa .....	21
Figura 05: Edifício em estacas de compactação no Bairro do Cabo Branco.....	23
Figura 06: Execução das estacas de compactação.....	23
Figura 07: Edifício em hélice contínua .....	25
Figura 08: Execução das hélices contínuas.....	25
Figura 09: Edifício em estacas escavadas.....	25
Figura 10: Execução das estacas escavadas.....	25
Figura 11: Mapeamento das fundações em relação ao nível freático.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Dados quantitativos por tipo de estacas .....	19
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Uso das fundações diretas e profundas em relação ao porte da edificação.....	25
Gráfico 02: Uso das fundações na Orla de João Pessoa.....	26
Gráfico 03: Uso das fundações na Formação Barreiras de João Pessoa.....	27
Gráfico 04: Uso detalhado das fundações na Cidade de João Pessoa.....	29
Gráfico 05: Uso detalhado das fundações na Orla de João Pessoa.....	30
Gráfico 06: Uso detalhado das fundações na Formação Barreiras de João Pessoa.....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVO</b> .....	14
<b>3. TIPOS DE FUNDAÇÕES</b> .....	14
<b>3.1. Fundações Diretas</b> .....	15
<b>3.1.1. Sapata</b> .....	15
<b>3.1.2. Bloco não armado</b> .....	15
<b>3.1.3. Radier</b> .....	15
<b>3.1.4. Reforço em estacas de compactação</b> .....	15
<b>3.2. Fundações Profundas</b> .....	16
<b>3.2.1. Estacas metálicas</b> .....	16
<b>3.2.2. Estacas escavadas sem lama</b> .....	16
<b>3.2.3. Estacas Franki</b> .....	17
<b>3.2.4. Hélice Contínua</b> .....	17
<b>4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA</b> .....	17
<b>5. ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO</b> .....	19
<b>6. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	20
<b>6.1. Fundações Diretas</b> .....	22
<b>6.2. Fundações Profundas</b> .....	24
<b>6.3. Fundações e o Porte das Edificações</b> .....	25
<b>6.4. Fundações e Localização das Edificações</b> .....	26
<b>6.5. Fundações e Nível Freático</b> .....	28
<b>6.6. Subdivisões das fundações diretas e profundas</b> .....	29
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, a cidade de João Pessoa vem passando por um crescente processo de valorização do solo e de verticalização, tal processo caminha em paralelo com o avanço nos estudos de fundações e análises geológico-geotécnicas, resultando na conseqüente transferência de um grande número de moradores de casas para edifícios, concentrando assim, um número cada vez maior de famílias em uma mesma edificação.

Mediante tal crescimento do número de obras em João Pessoa entre 2005 e 2015, bem como do porte desses empreendimentos, que podemos visualizar nas Figuras 1 e 2, ressalta-se a importância da fundação de cada uma dessas obras, que se trata do elemento responsável pela transferência de carga do edifício para uma camada resistente do solo, pois qualquer falha será capaz de acarretar em grande risco financeiro e humano.



Figura 01: João Pessoa 2005

Fonte: Giovane Carneiro



Figura 02: João Pessoa 2015

Fonte: Autor Desconhecido

A realização de uma análise minuciosa do subsolo sobre o qual será instalada a edificação se faz imprescindível para a realização de todas as etapas do projeto, desde a estruturação do banco de dados até o tratamento e análise dessas informações, pois só assim poderá determinar-se o tipo de fundação mais segura e econômica, porém, em determinadas situações práticas, investigações mais amplas não são apreciadas pelo proprietário da obra.

Por isso a solução de um projeto de fundação deve ser cuidadosamente avaliada em termos de desempenho, isto é, se a solução adotada assegura a obra a ser estável, atender às funções para as quais foi construída e não ter comprometida a sua aparência. (Burland et al.,1977)

Com o aumento do foco na construção civil e o conseqüente aumento no número de construtoras, o embasamento teórico acaba por muitas vezes sendo negligenciado, gerando limitações como falta de investimento no conhecimento do solo, aceitação de riscos, falhas na adoção do modelo de análise e até mesmo a confiança excessiva na experiência enfatizam a importância da análise das informações usualmente adotadas,

ratificada pelo fato de que exemplos da prática local costumam servir como base para a tomada de decisões de agentes especialistas.

## **2. OBJETIVO**

Visando a importância econômica e social da correta adoção da solução de fundação, bem como a não disponibilização de tais informações à comunidade científica apresenta-se no presente trabalho um acervo de informações que elencam as soluções de fundações de 104 edifícios na cidade de João Pessoa, onde a coleta de informações foi realizada através de visitas aos principais escritórios de cálculo estrutural da Cidade de João Pessoa, podendo citar a contribuição dos Engenheiros Carlos Rolim, Nereu Cavalcanti e Luiz Pinto Neto, ao permitir consultas em seus bancos de dado. Todas as fundações apresentadas contam com informações a cerca da localização, porte e tipo de solução de fundação adotada, de modo a viabilizar um estudo comparativo entre a fundação e os fatores que levaram a sua adoção.

## **3. TIPOS DE FUNDAÇÕES**

Em obras de engenharia, temos por fundação a base que alicerça e recebe os esforços da estrutura e os transmite ao terreno. Trataremos no presente trabalho apenas de edifícios da Cidade de João Pessoa, PB e apresentaremos o tipo de solução de fundações adotado para cada um deles.

Partindo da divisão dos tipos de fundações em dois grandes grupos, temos o das Fundações Diretas, no qual o elemento da fundação, seja ele bloco, sapata ou radier, transmite os esforços ao solo através de sua base e o das Fundações Profundas onde não apenas pela base, mas por sua superfície lateral, as cargas são transmitidas ao terreno.

### **3.1. Fundações Diretas**

#### **3.1.1. Sapata**

Executadas em concreto armado, seu dimensionado é feito de modo que as tensões de tração resultantes sejam resistidos pela ferragem, que dispõe a essa finalidade. Esta pode ser isolada, transmitindo ao solo a carga de um único pilar, corrida Conforme a NBR 6122 2010, sapata corrida é aquela sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento ou associada, comum a mais de um pilar.

#### **3.1.2. Bloco não armado**

Recorrente em obras de pequeno porte e pequena carga, estes elementos de elevada rigidez são utilizados, os blocos não possuem armadura pois eventuais esforços de tração são absorvidos pelo próprio material do bloco.

#### **3.1.3. Radier**

Executado em concreto armado, o radier trabalha a flexão, segundo a NBR 6122 2010, trata-se de um elemento que abrange parte ou todos os pilares de uma estrutura, distribuindo os carregamento.

#### **3.1.4. Reforço em estacas de compactação**

Como veremos mais a diante, adota-se comumente em conjunto com o elemento de fundação direta o recurso de melhoramento do solo com estacas de compactação, podendo o elemento estaca/ sapata também ser tratado como fundação mista, onde tal método objetiva a melhoria da resistência do solo mediante a densificação de camadas superficiais, desta forma, diferentemente das convencionais, essas estacas não estão aptas a receber carga direta da sapata, mas sim uma carga distribuída que também será aplicada no solo arenoso que as circunda. O processo cravação da estaca se dá pela introdução de material compactado no terreno; que gera o deslocamento do material igual ao volume introduzido.

### **3.2. Fundações Profundas**

Em casos onde as camadas superficiais são de baixa resistividade, a fundação encontra-se abaixo do nível de água ou ainda se requer elevada capacidade de carga, necessita-se de transmissão de carga para camadas mais profundas – de no mínimo 3 metros segundo NBR6122 – recorre-se usualmente ao uso das fundações profundas.

Estas se subdividem em tubulões e estacas, porém o primeiro tipo, apesar de possuir eficácia comprovada e já ter sido bastante utilizada, necessita que um operário desça em seu interior durante o processo e com isso vem caindo em desuso.

Conforme será apresentado mais a diante com maior riqueza de detalhes, as estacas de uso mais recorrente na cidade de João Pessoa PB são metálicas ou de concreto moldado in loco, citaremos assim a conceituação das práticas mais recorrentes

#### **3.2.1. Estacas metálicas**

Constituídas por perfis laminados ou soldados, trata-se de um elemento estrutural de alta resistência e fácil cravação, podem ser utilizadas em qualquer tipo de solo e são eficazes na transposição de camadas compressíveis, pois podem chegar a uma profundidade de até 34m, porém apresentam como desvantagem o alto custo.

#### **3.2.2. Estacas escavadas sem lama**

A execução das estacas escavadas segue o processo de perfuração com trado mecânico do terreno, retirada do material, colocação da armação e concretagem. Além da boa relação custo benefício, esse método apresenta as vantagens de grande mobilidade e produção do equipamento, possibilidade de atingir variadas profundidades e a ausência de vibração, podendo ser executada próximo à divisa sem dano às construções vizinhas, possuindo a limitação de não poder ser executada abaixo do nível da água, sob o risco de acarretar estrangulamento do fuste.

### **3.2.3. Estacas Franki**

As estacas Franki apresentam alta resistência e custo competitivo. Assim como as estacas escavadas, são moldadas “in loco”, executadas com um tubo metálico com ponta inferior vedada com uma mistura de brita e areia, que é socada por um pilão até que se atinja a cota desejada, em seguida é expulsa, formando uma base alargada, então compre-se as etapas de inserção da armadura, concretagem e remoção do tubo.

### **3.2.4. Hélice Continua**

Estaca de concreto moldada “in loco” cuja perfuração consiste na introdução de um trado helicoidal com meio vazado na forma de um tubo, por onde, após perfuração, é lançado o concreto simultaneamente à retirada do trado.

As vantagens de rápida execução, monitoramento eletrônico e ausência de vibrações no solo local fazem desta uma técnica cada vez mais utilizada.

## **4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA**

A prática de fundações é bastante influenciada pelas características geomorfológicas do subsolo de tal maneira que, terrenos situados em uma mesma unidade geológica, possuem resultados semelhantes ratificando a importância do conhecimento do solo para que tenhamos melhor compreensão das soluções adotadas.

As áreas onde podemos encontrar maior concentração de edifícios de grande porte em João Pessoa se modelam basicamente em dois domínios representados em perfil na Figura 03: Orla e Formação Barreiras, delimitados pela formação barreiras, onde o primeiro se caracteriza por um solo areno-argiloso, situado em uma superfície plana e suavemente inclinada.

Este domínio apresenta propensão ao desenvolvimento urbano, que pode ser observado atualmente pela intensa ocupação das planícies costeiras. Nele se faz necessário predominantemente o uso de fundações profundas.

O domínio da orla se caracteriza por um solo arenoso resultante tanto de sedimentos marinhos quanto fluviais e está situado em uma região de baixa altitude. Nela, o lençol freático apresenta baixa profundidade, fazendo com que sua ocupação, bem como verticalização ocorresse em paralelo com o avanço da engenharia. Tais avanços permitiram uso predominante de técnicas de melhoramento de solo em conjunto às fundações diretas em locais favoráveis.

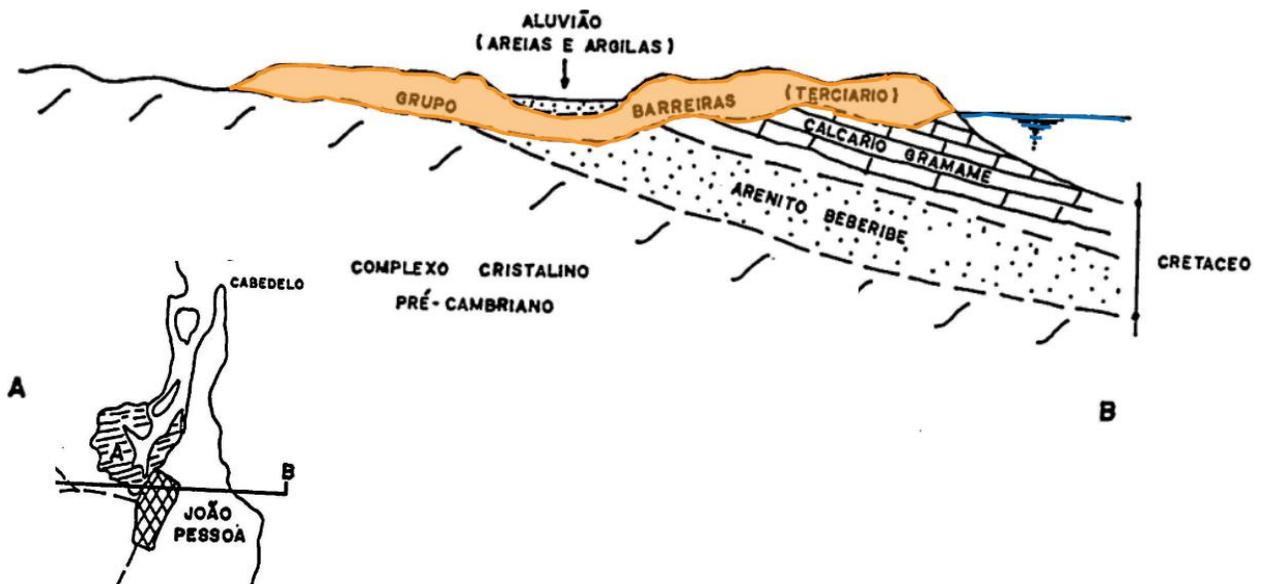


Figura 03: Croqui perfil geológico - João Pessoa

Fonte: Imagem modificada de Prof. Fábio Soares

A execução dos projetos deve ser feita com base em informações obtidas em testes de sondagem do terreno, onde o principal balizador utilizado para são as sondagens SPT (Standard Penetration Test), cujo número de golpes NSPT nos permite, segundo a NBR6484 01, determinar do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático.

. A partir da análise dos perfis de sondagem, obtêm-se subsídios que irão definir o tipo e o dimensionamento das fundações.

## 5. ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

De posse dos dados de sondagem, expande-se o leque de fatores preponderantes na escolha do tipo de fundação a ser adotada. Espessura, profundidade e propriedades das camadas de solo, nível do lençol freático, topografia, cargas eventuais, natureza dos carregamentos, recalques, alternativas viáveis e custos estimados com base em ante-projeto são analisados a fim de alcançar a compatibilidade entre o elemento estrutural de fundação e as propriedades mecânicas do maciço do solo.

Fatores como camadas intermediárias compressíveis, solo com baixa resistência, recalques previstos que provocariam danos à estrutura e elevada relação entre as cargas aplicadas e a tensão admissível do solo, induzem ao uso de fundações profundas, que representam em média 4% do orçamento da obra. Em função disto procura-se sempre que possível adotar soluções de fundações diretas juntamente com técnicas de melhoramento de solo, tais técnicas proporcionam também a diminuição das dimensões das sapatas ou atuam em conjunto com as fundações profundas para que haja diminuição em sua profundidade.

O melhoramento se dá comumente em terrenos arenosos, no caso específico desse tipo de terreno, apesar da baixa compactidade, em geral não trazer maiores inconvenientes em carregamentos estáticos, o mesmo não ocorre em relação a carregamentos dinâmicos, que podem ocasionar um processo de liquefação (Gusmão Filho, 1996), dessa forma, tal processo atua no aumento da tensão admissível do solo, com o objetivo de assegurar a estabilidade da fundação e da estrutura por consequente.

O melhoramento com estacas de compactação apresenta-se como a técnica mais recorrente no litoral de João Pessoa, porém, segundo relatos de engenheiros das áreas de fundações e estruturas, consultados durante o levantamento de dados, já nota-se no mercado local a queda no uso de tais técnicas, pois as mesmas possuem a desvantagem de gerar vibrações intensas, causando insatisfação nos moradores das localidades vizinhas aos canteiros tendendo assim a serem substituídas por hélices de melhoramento, que por serem escavadas, não geram vibração.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após coleta de dados, recorreu-se a nomes de ruas, número de lotes de terrenos e a ajuda adicional de imagens via satélite, nas quais se registrou a localização de todas as fundações encontradas, com exceção de três delas que não apresentavam localização de maneira adequada. A Tabela 01 resume o quantitativo das fundações encontradas bem como valores característicos médios.

Tabela 01: Dados quantitativos por tipo de estacas

Tipos encontrados	Total por tipo	Lméd (m)	$\phi$ méd (m)	nº méd de estacas / lote
Estacas metálica	7	22		130
Estaca escavada	38	11,76	0,65	140
Hélice contínua	10	21	0,5	150
Estaca Franki	9	11	0,4	160
Tubulão	2		0,9	
Radier	3			
Sapatas em solo cimento	4			
Estacas de compactação	31	3,5	0,3	440

A partir do apanhado de dados, observa-se uma já esperada setorização nos tipos de fundações adotadas, determinada principalmente pelas características geológicas do subsolo e o porte das edificações onde, refletindo a heterogeneidade do solo de João Pessoa, foram encontrados oito tipos de soluções de fundação, sendo eles os principais tipos apresentados na literatura.

Os tipos encontrados, bem como os edifícios listados, concentram-se predominantemente nos bairros dos Estados, Altiplano, Brisamar, Cabo Branco, Tambaú e Manaíra, sendo estes os mais notórios no já citado processo de verticalização.

Na Figura 04 apresenta-se o posicionamento das fundações catalogadas na presente pesquisa, o mesmo contém dados representativos de todos os tipos de fundações encontradas.



Figura 04: Mapeamento das fundações de João Pessoa

Constata-se ao observar o mapeamento, a predominância das fundações profundas do tipo estaca escavada, representadas por pontos na cor amarela, em segundo lugar vem as fundações diretas com reforço em estacas de compactação representadas por gotas na cor laranja. Estas se encontram quase que em sua totalidade na Formação Barreiras e na Orla respectivamente.

Em uma das entrevistas realizadas na presente pesquisa, relatou-se a presença de estacas de compactação em grande número edifícios da orla pessoense, o que possivelmente traria um equilíbrio nos dados quantitativos das fundações diretas e profundas, porém apenas foram transferidas para o mapeamento as obras as cujo projeto se teve acesso.

Refletindo a já citada ascensão no uso de estacas do tipo hélice contínua, apesar de apresentar-se em pequeno número, as unidades encontradas se referem a empreendimentos recentes, dentre elas está um empresarial ainda em execução, que será mostrado mais adiante. Na situação contrária, as duas fundações com estacas do tipo tubulão encontradas pertencem à edificações relativamente antigas, o que retrata o desuso desta prática.

### **6.1. Fundações Diretas**

A Legislação da Paraíba determina na Constituição Estadual de 1989, art. 299 que não é permitido em seu litoral construções acima de 12,90m na faixa de 500 metros a partir da preamar de sizígia para o interior do continente. Tal gabarito confere um padrão aos edifícios situados na orla, que combinado às características do subsolo local, leva também a um padrão nas soluções de fundações adotadas.

Dentre as edificações de fundação direta encontradas no presente levantamento, 81% delas possui reforço de solo com estacas de compactação. Trata-se de uma solução comumente adotada em regiões litorâneas, por apresentar-se como solução adequada para o melhoramento de solos arenosos, tal fato constata-se na presente pesquisa, onde 90% das obras levantadas que possuem fundações diretas, encontram-se no litoral e possuem em sua maioria estacas compactadas de areia e brita, à exemplo da obra representadas nas Figuras 05 e 06.



Figura 05: Edifício em estacas de compactação no Bairro do Cabo Branco

Fonte: JCP Construções e Incorporações S.A.



Figura 06: Execução das estacas de compactação

Fonte: JCP Construções e Incorporações S.A.

Situação favorável ao melhoramento. A camada de areia da superfície até 5,00 m de profundidade é adequada ao melhoramento, apresentando SPT entre 5/30 e 10/30 e para pontos mais profundos, a resistência do solo é sempre crescente. (Soares, 2010, p.12). Solos com camadas compressíveis espessas e ou próximas à superfície apresentam-se assim inviáveis para uso de tal solução, o que justifica sua inadequação a solos argilosos.

## 6.2. Fundações Profundas

As fundações profundas representaram 63% das edificações listadas, as fundações profundas se apresentaram 97% em estacas, exceto por duas do tipo tubulão, dentre elas temos as Escavadas, Metálicas, Franki e Hélice Contínua, onde as mais recorrentes foram do tipo escavadas, ilustrada na Figura 08, representando 58% do total de fundações profundas e as estacas do tipo hélice contínua, apresentada na Figura 10, com 15%.



Figura 07: Edifício em hélice contínua

Figura 08: Execução das hélices contínuas

Fontes: Galeria de fotos da construtora EDR e Prof. Fábio Lopes



Figura 09: Edifício em estacas escavadas

Figura 10: Execução das estacas escavadas

Fonte: Galeria de fotos da Alliance Empreendimentos

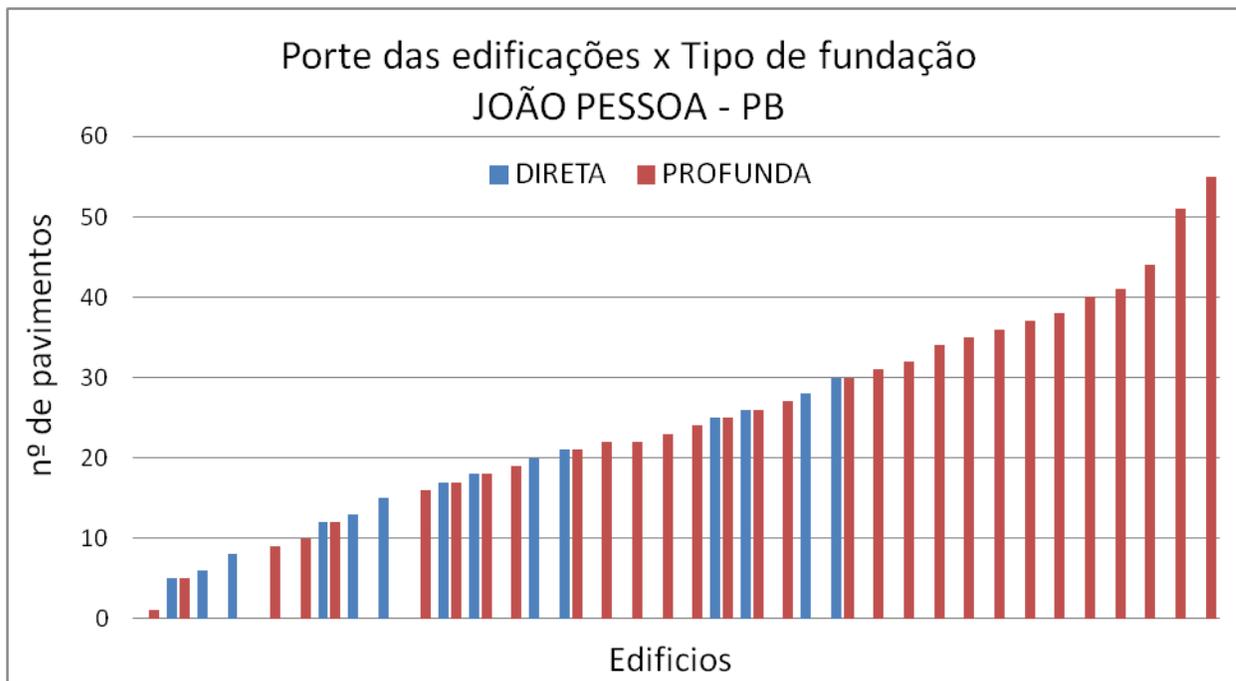
### 6.3. Fundações e o Porte das Edificações

Dentre os fatores preponderantes na escolha do tipo de fundação a ser adotada, está o porte da edificação, com os mais variados portes, as edificações encontradas vão de 1 a 54 pavimentos.

Com o aumento da solicitação de capacidade de carga, as fundações diretas deixam de ser apropriadas e neste caso, apenas fundações profundas terão a capacidade de conferir ao solo capacidade de carga desejada, espera-se então que com o aumento do número de pavimentos, tenha-se maior incidência no uso de tal solução.

No gráfico 01 podemos visualizar a constatação deste fato, o mesmo apresenta o numero de pavimentos de uma porção representativa das edificações encontradas e a determinação do tipo de fundação em direta ou profunda.

Gráfico 01 : Uso das fundações diretas e profundas em relação ao porte da edificação



Dentre as mostragens, se observa o uso de fundações diretas em edificações de até 30 pavimentos, a partir deste número as edificações apresentaram em sua totalidade o uso de fundações profundas. Na faixa que vai de 1 a 30 pavimentos, o uso destas soluções encontra um certo equilíbrio.

Este equilíbrio existe em decorrência do tipo de solo encontrado no local e não apenas do porte da edificação, de modo que apenas a partir de certo número de pavimentos o porte da edificação será decisivo, pois ainda que o solo apresente alta capacidade de carga, as altas tensões previstas para a edificação, irão demandar obrigatoriamente o uso de fundações profundas.

#### 6.4. Fundações e Localização das Edificações

Para melhor compreensão das soluções adotadas, se faz necessário correlacionar o número de pavimentos com o tipo de solo no qual tais fundações foram assentadas. Para tanto, o gráfico 01, passa a ser apresentado seguindo as subdivisões globais de Orla e Formação Barreiras, com isso temos respectivamente a predominância de solos arenosos e areno-argilosos.

Gráfico 02 : Uso das fundações na Orla de João Pessoa

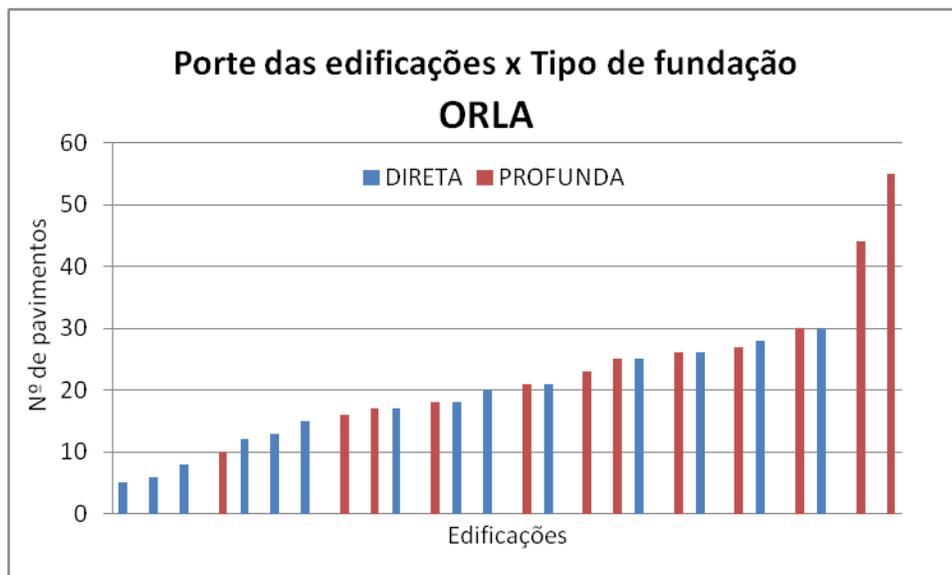
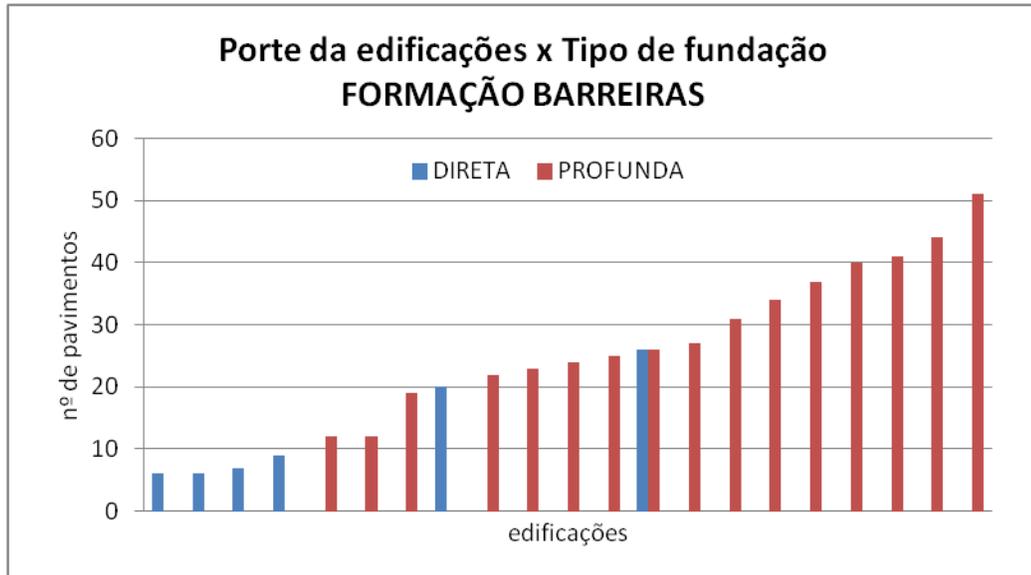


Gráfico 03 : Uso das fundações na Formação Barreiras de João Pessoa



A análise comparativa dos gráficos 02 e 03 indica que em edificações de pequeno porte, tanto na Formação Barreiras quanto na Orla, se faz viável o uso de fundações diretas. Conforme se tem o aumento do número de pavimentos, as fundações situadas na Formação Barreiras passam a apresentar, acima de 12 pavimentos, com apenas duas exceções, apenas fundações profundas.

Nas fundações situadas na orla o uso de fundações diretas apresenta-se como solução viável, competindo igualmente com as fundações profundas até o ponto em que, nos edifícios acima de 30 pavimentos todos possuem como solução fundações profundas. Tal competitividade se faz possível pelo uso do reforço com estacas de compactação, bem aceito em terrenos arenosos.

Tal resultado nos permite observar que em edifícios de médio porte, o fator de maior relevância na escolha do tipo de fundação foi o geotécnico, tendo em vista que edifícios entre 12 e 30 pavimentos situados na Formação Barreiras possuem em sua maioria fundações diretas e com o mesmo número de pavimentos houve predominância em fundações diretas naqueles situados na orla, ao passo que nos de 1 a 9 pavimentos e a partir de 30 pavimentos, o fator determinante passa a ser o número de pavimentos.

Tomando como exemplo as estacas de compactação, estudos apontam que o efeito da compactação atinge aproximadamente 1,5m abaixo da ponta do tubo, dessa

forma, segundo a média encontrada, estacas de 3,5m trazem um melhoramento de até 5 metros de profundidade, chegando ao máximo de estacas de 5 metros onde haverá reforço em uma cota de 6,5m de profundidade, de tal forma, com o aumento do número de pavimento e o conseqüente aumento do bulbo de tensões gerado pela edificação, o reforço apenas em camadas superficiais, não mais se faz suficiente. De maneira análoga, tal aumento na tensão superficial se mostra suficiente para edifícios de até 9 pavimentos em ambas as porções da cidade.

### **6.5. Fundações e Nível Freático**

Ao cruzar o mapeamento com o modelo de nível freático apresentados na Figura 11, vemos que as regiões com predominância de estacas escavadas possuem nível freático variando entre 11 e 35 metros de profundidade, não oferecendo empecilho para adoção desta solução, elimina-se assim uma possível desvantagem na execução dessas estacas, fazendo com que, dentre os tipos de fundações profundas, este seja o mais viável e portanto o mais recorrente.

Tal resultado reflete o direcionamento do crescimento urbano na Formação Barreiras em áreas com melhores condições de drenagem, áreas essas que apresentam de maneira geral, melhores condições de subsolo no tocante ao uso de fundações. Na Figura 11 podemos observar uma concentração de edifícios em regiões onde a superfície freática encontra-se em cotas mais profundas.

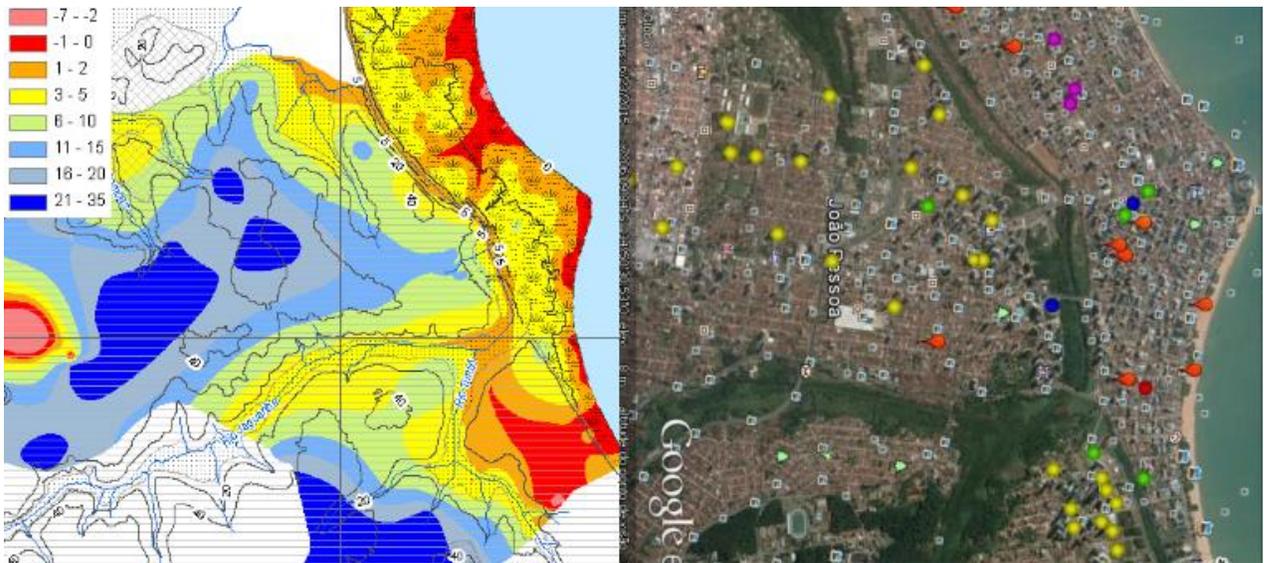


Figura 11: Mapeamento das fundações em relação ao nível freático

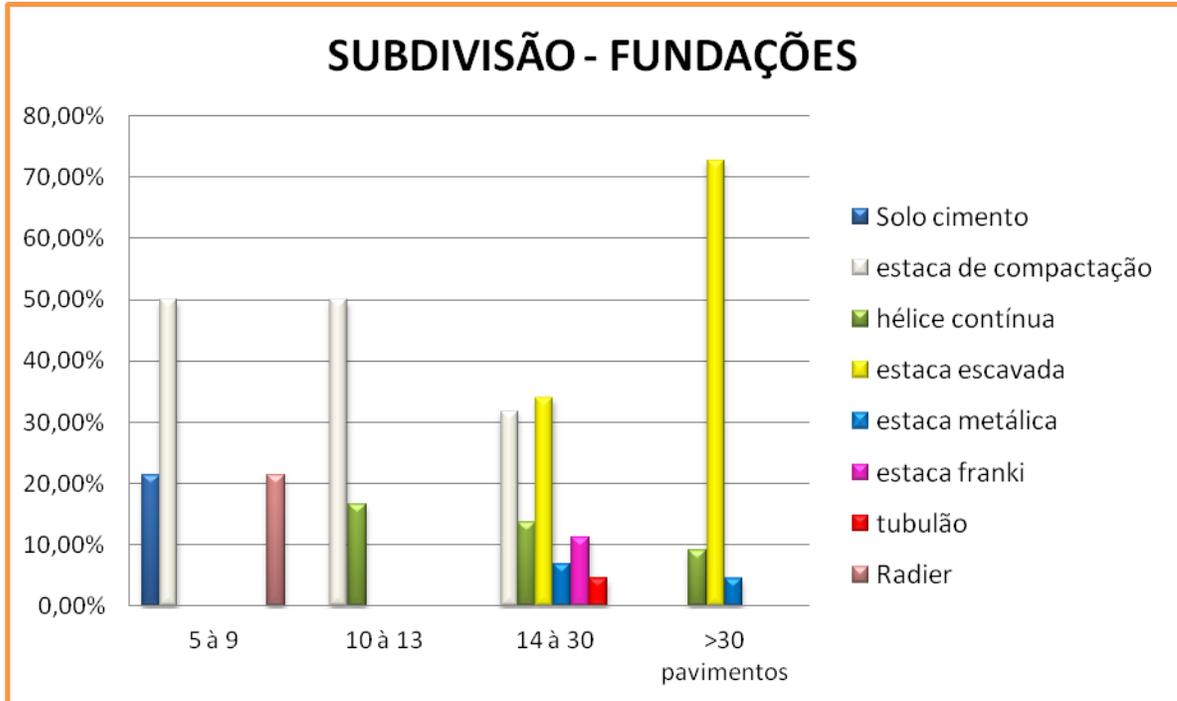
Fonte: Imagem modificada de Soares, W. C. 2011 e Google Earth

### 6.6. Subdivisões das fundações diretas e profundas

Além do porte da edificação e da localização já citados, devemos levar em conta certas particularidades que servem como balizadores na adoção do tipo de fundação. São exemplo disso fatores como, a análise do ambiente onde o empreendimento estará situado, pois em locais onde não pode haver vibrações e ruídos não se deve adotar estacas de compactação, pré-moldadas ou Franki, a verba disponível, por exemplo, quando se deseja adotar fundações mais onerosas como as estacas metálicas e hélice contínua, o nível do lençol freático, pois um nível freático elevado inviabiliza o uso de estacas escavadas, atuando em conjunto com o tipo de solo, onde dentre as limitações estão o não uso de estacas Franki em solos com camadas de argila mole ou estacas de compactação em solos não arenosos.

Como constatado anteriormente, a predominância no uso de determinadas fundações se dá por faixas de número de pavimentos, representadas no Gráfico 04, que partindo para uma análise mais detalhada, representa-se a porcentagem de cada um dos oito tipos de fundações encontradas, com isso tem-se em números as incidências indicadas no mapeamento apresentado na Figura 04.

Gráfico 04 : Uso detalhado das fundações na Cidade de João Pessoa



Tendo em vista as já citadas condições ideais para uso de estacas de compactação, o resultado apresentado no Gráfico 05, reforça a viabilidade da utilização de tal solução na orla, combinando as características do solo, a viabilidade econômica e o porte dos edifícios. Em decorrência da variação da cota da superfície freática entre -1 e 5 m visualizadas na Figura 11, o uso de estacas escavadas, bem como dos tubulões faz-se inviável.

Gráfico 05 : Uso detalhado das fundações na Orla de João Pessoa

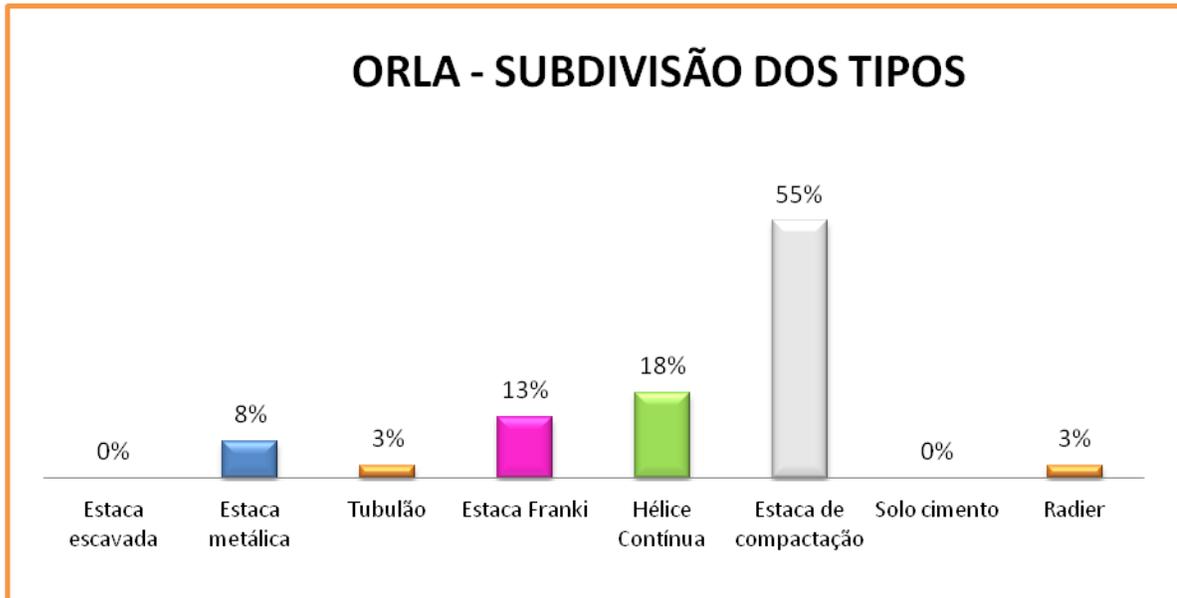
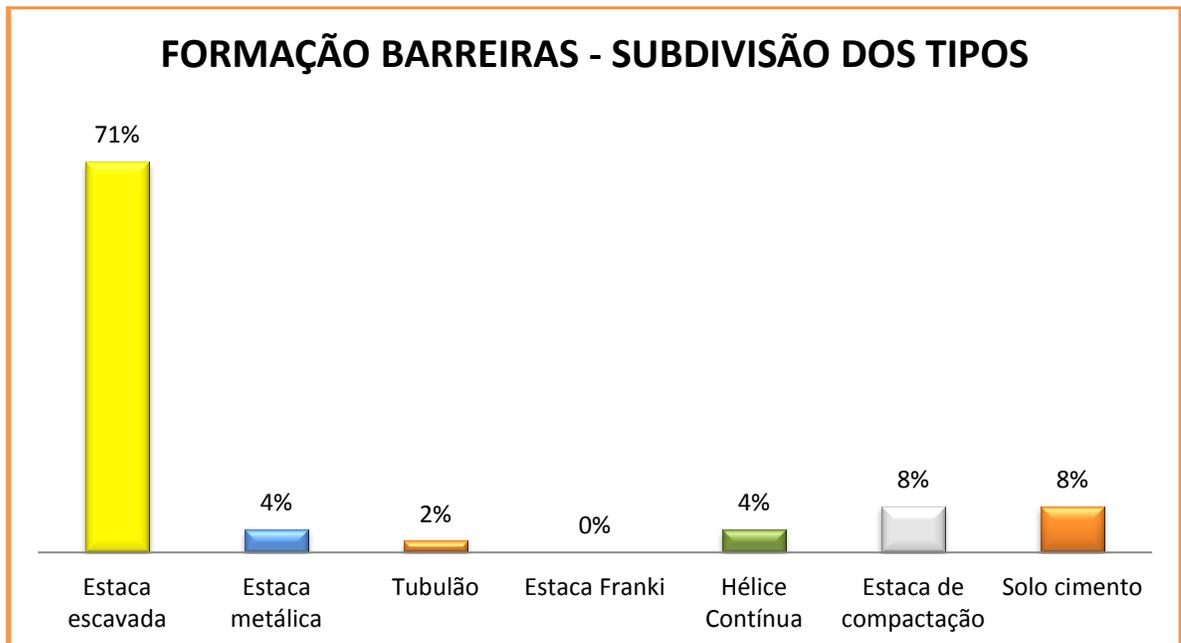


Gráfico 06 : Uso detalhado das fundações na Formação Barreiras de João Pessoa



## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em análise global dos resultados, tem-se a predominância de dois tipos de soluções, as estacas escavadas correspondendo a 36% dos totais encontrados e as de compactação com 29% de todo o apanhado. Observa-se que os tipos de fundação superficial preponderam em edifícios de porte baixo, de até nove pavimentos, tal preponderância começa a diminuir, até o ponto em que se tem a dominância das fundações profundas em prédios de grande porte, chegando à sua totalidade nos edifícios de 30 pavimentos em diante.

Tais resultados foram condizentes com as condições pré-elencadas para a escolha do tipo de fundação, mantendo a coerência entre os fatores geotécnicos do terreno e o porte das edificações. Os mesmos representam uma tentativa de sistematização dos conhecimentos à cerca das fundações da cidade de João Pessoa, para que possam estar à disposição da comunidade científica e sujeitos à complementação através de novas fontes de informação.

Ressalta-se ainda que o presente mapeamento não elimina a necessidade de análise minuciosa das condições geotécnicas, de maneira que os conhecimentos geológicos sirvam de moldura para tais análises, à fim de conhecer os limites do meio físico e buscando a ideal interação entre a edificação e o meio físico.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH JR., H.P. **Selection of foundation systems.** Foundation Engineering Lecture Series, Illinois, USA, NW University and ASCE., 1968

FALCONE, F. F., **Fundação teoria e prática**, 2ed.São Paulo: PINI,2002

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa** . Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007

GUSMÃO, J.A.F. **Fundações, do conhecimento geológico à prática da engenharia**, Editora Universitária UFPE, Recife, 1998

MARINHO, E. G. A. **Bases Geológicas e Geomorfológicas das Organizações Espaciais no Município de João Pessoa (PB)**. João Pessoa, 2011

MITCHELL, J.K. **Soil improvement – State of the Art Report Session 12**, Estocolmo, Vol4, 1981

SOARES, W. C. **Análise de recalque em edifícios em solos melhorados com estacas de compactação** Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005

SOARES, V. B. **A Prática das Fundações na Paraíba**, Editora Impreli. João Pessoa 2004

SOARES, F. L., **Solo: do comportamento a aplicações – Fundações – Novas Tendências**, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa