

# Mapeamento dos Tipos de Fundações de Edificações Executadas na Cidade de Teresina-PI

Petrus Tabatinga Castro  
UFPI, Teresina, Brasil, petrustabatinga@hotmail.com

Sarah Costa Silva  
UFPI, Teresina, Brasil, sarahcostasilva@gmail.com

Luciana Barbosa Amancio  
UFPI, Teresina, Brasil, eng.luciana2009@gmail.com

**RESUMO:** Com o intuito de compreender o contexto histórico da engenharia de fundações da cidade de Teresina-PI, o presente trabalho apresenta o levantamento dos tipos de fundações, executadas nas edificações desta cidade, durante os últimos anos. Para isso, foi realizada a coleta de dados em empresas locais ou diretamente no canteiro, alcançando o total de 56 obras. As informações levantadas foram: a localização; o tipo de fundação; a quantidade de pavimentos, e a finalidade da obra. De posse desses dados foram elaborados tabelas, gráficos e mapas para facilitar a visualização e a análise dos resultados. Com relação a localização pode-se concluir que 84 % das obras analisadas pertencem a Zona Leste, ratificando que a maior concentração de obras geralmente ocorre na "área nobre" da cidade. Além disso, percebe-se o tímido crescimento no número de empreendimentos construídos na Zona Sul (9%), mostrando que o cenário imobiliário, presente nessa zona, interfere no surgimento de novas obras. O restante das edificações, cerca de 7%, estão dispersas entre as Zonas Sudeste e Centro-Norte. Ao analisar a distribuição dos tipos de fundações, nota-se que 15% das obras optaram pelo melhoramento dos solos aplicando a técnica de solo-cimento para prédios com até 4 pavimentos. Aproximadamente 62% adotaram a fundação superficial do tipo sapata, sendo que 60% possui mais de 5 (cinco) pavimentos, ou seja, provavelmente a pequenas profundidades o solo apresenta elevadas resistências. Já as fundações profundas foram utilizadas como solução em 22% das obras, sendo 15% para tubulão, 8% para estacas. Por fim, de acordo com a finalidade da obra percebe-se que apenas 9% tratam-se de prédios comerciais, provalmente devido a grande demanda por prédios residenciais. Vale ressaltar que esse trabalho é apenas a etapa inicial de um projeto de pesquisa que pretende compreender como ocorre o uso e ocupação do solo ao longo do tempo, dando ênfase a engenharia de fundações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mapeamento de Fundações. Cidade de Teresina-PI. Edificações.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os primeiros indícios de Engenharia Geotécnica se dão no século XIX, com a construção de ferrovias para o escoamento da produção de café (SAYÃO, 2010).

Segundo Vargas (1998) as atividades geotécnicas do Brasil Colonial eram voltadas principalmente para a construção de instalações portuárias e fortalezas militares, e as fundações dessas obras utilizavam alicerces contruídos por

pedras socadas em valas escavadas ao longo das paredes. Já no período Imperial, as principais obras de estradas de ferro utilizavam fundações em blocos, provavelmente de alvenaria de pedra.

Porém, de acordo com o mesmo autor, as informações mais precisas sobre fundações de edifícios surgem no Brasil a partir de 1930, quando os edifícios construídos em concreto armado já se apoiavam sobre fundações diretas (sapata de concreto armado ou blocos de concreto simples) ou optava-se pelo uso de

estacas de madeira ou estacas pré-moldadas de concreto armado.

Quanto à região Nordeste do Brasil, Gusmão Filho (2005) afirma que na cidade de Recife, devido a presença de depósitos de argila mole orgânica na cidade, foram crescentes os avanços tecnológicos com o uso de fundações profundas, destacando-se o emprego da estaca Strauss como o primeiro tipo de estaca usada no Nordeste.

Na década de 1950, obras de maior porte começam a ser feitas no país, como por exemplo, a Barragem de Vigário, no estado do Rio de Janeiro e as Usinas Paulo Afonso, no Nordeste. (SAYÃO, 2010)

A partir de 1960, novos tipos de fundação avançam bastante, como as fundações de torres de transmissão e fundações de estruturas matrítimas, principalmente plataformas de petróleo (VARGAS, 1998).

De modo geral, para a escolha do tipo de fundação usada em edificações é fundamental analisar diversos aspectos, entre eles destacam-se: o perfil geotécnico do subsolo; o nível freático; o custo da mobilização e desmobilização do equipamento; o tempo de execução; as características da obra; o tipo de vizinhança; etc.

Outro aspecto relevante, que está intimamente ligado ao tipo de fundação, é a carga aplicada pela estrutura, ou seja, quanto maior a quantidade de pavimentos mais complexa será a alternativa adotada. Portanto, o processo de verticalização da cidade também está atrelado aos tipos de fundações executadas.

Salame e Alencar Jr. (2006) sugere consultar os procedimentos adotados por profissionais da geotecnia que tenham conhecimento sobre as especificidades do subsolo da região, pois apesar de pesquisas e sondagens realizadas no local da obra, confiar somente nessas informações pode levar a uma definição equivocada do projeto de fundação. Embora existam obras, na cidade de Teresina/PI, relevantes do ponto de vista geotécnico, como por exemplo, a Ponte Estaiada João Isidoro França, há uma carência de trabalhos publicados sobre as experiências vivenciadas durante a sua construção, e, tampouco foram realizados levantamentos dos tipos de fundações das edificações erguidas durante o processo de verticalização.

Diante deste contexto, a proposta deste

trabalho é apresentar o mapeamento dos tipos de fundações, a partir de uma coleta de dados realizado entre os meses de Maio e Setembro do ano de 2015.

## 2 PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO EM TERESINA

Teresina foi a primeira cidade planejada do Brasil, fundada em 1852. O seu traçado inicial (Figura 1), planejado por Conselheiro Saraiva, tinha estilo xadrez, com vias dispostas no sentido leste-oeste e norte-sul até o limite da Avenida Miguel Rosa, uma das principais vias comerciais da cidade. O centro era representado pela Igreja Nossa Senhora do Amparo, primeira edificação da cidade. De norte a sul, Teresina tinha 18 quadras e de Leste a Oeste os limites da cidade eram os rios Poti e Parnaíba, com 12 quadras (VIANA, 2005).

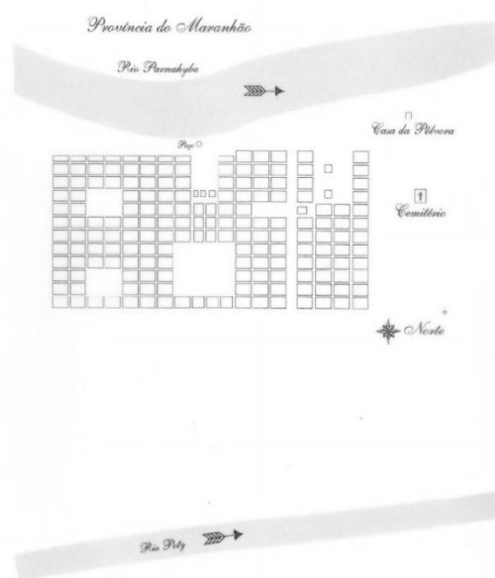


Figura 1. Miniatura do Plano de Teresina, 1852 (Cadernos de Teresina, ano XII, nº. 32, out/2000, FUNDAC, aniversário de 148 anos)

A cidade foi construída para substituir Oeiras como a nova capital do Piauí, que por localizar-se no centro do estado, tinha dificuldades para destacar-se como entreposto comercial. Assim, a escolha pela cidade às margens do Rio Parnaíba tem a ver com a navegabilidade do rio, topografia plana e centralidade comercial. (LEAL JR., 2014)

Os primeiros prédios foram construídos por volta de 1950 e início de 1960, sendo a grande maioria composta por construções públicas na região central da cidade, sem caracterizar ainda uma verticalização de fato. Esta veio iniciar-se por volta da segunda metade da década de 1970 com maior aparição de prédios comerciais, ainda na zona Centro (VIANA, 2005).

Façaanha (1998) ressalta que ao final da década de 1980 o processo de verticalização acelerou-se fortemente, com o aparecimento de edifícios de apartamentos residenciais de luxo, e a consolidação deste processo aconteceu por volta de 1990, principalmente na Zona Leste e Centro da capital (Figura 2).

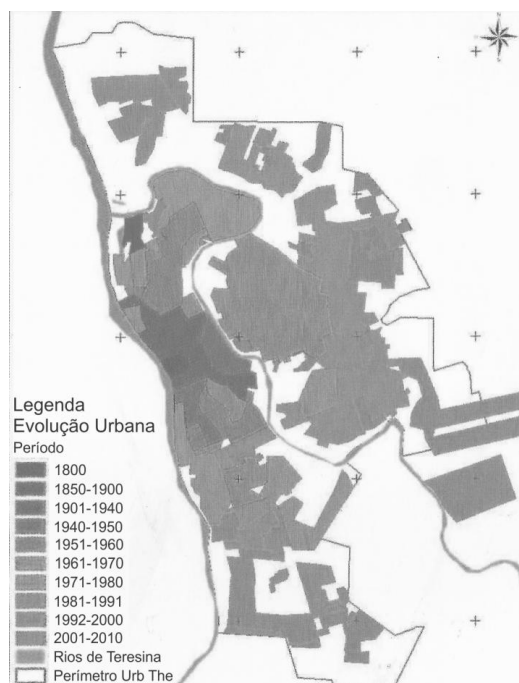


Figura 2. Mapa da Evolução Urbana (Prefeitura Municipal de Teresina), Façaanha (1998).

Dias (2003) dividiu o processo de verticalização de Teresina em três fases, sendo a primeira fase chamada de Os Pioneiros, caracterizada pela construção dos primeiros edifícios isolados com mais de quatro pavimentos, por volta de 1970 a 1988; a segunda fase, chamada de Desenvolvimento do Produto, na qual houve uma sequência de fatores (Leis) que impulsionaram esse processo e foram o ‘Start’ para a explosão da verticalização da cidade; e a terceira fase, chamada de Consolidação do Produto, que se prolonga de 1993 até os dias atuais.

### 3 METODOLOGIA

Com o intuito de conhecer a distribuição dos tipos de fundações superficiais e profundas adotadas nos edifícios de múltiplos pavimentos construídos na cidade de Teresina/PI fez-se entrevistas com profissionais ligados à construção civil. Essa etapa foi realizada em canteiros de obras e/ou empresas locais.

Nesse primeiro momento da pesquisa, buscou-se somente as seguintes informações: a finalidade da obra (residencial ou comercial); o endereço; a quantidade de pavimentos e o tipo de fundação utilizada.

A área de estudo foi escolhida com base no mapa da evolução urbana (Figura 2), que demonstra uma concentração de prédios na zona urbana da cidade. A Figura 3 ilustra a delimitação dessa área a partir do mapa do estado do Piauí.

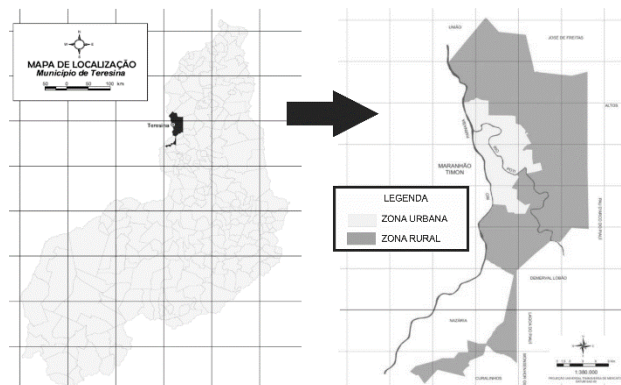


Figura 3. Delimitação da Área de Estudo. (Semplan – Prefeitura Municipal de Teresina)

A Figura 4 ilustra o mapa de localização, dividido pelas zonas que compõem a área urbana de Teresina-PI, das obras estudadas.

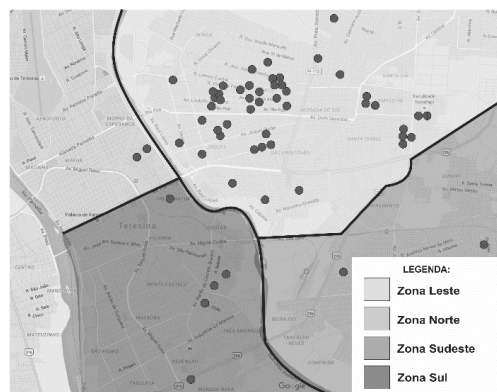


Figura 4. Mapa de Localização das Obras.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de Maio e Setembro de 2015, alcançando um total de 56 obras. É importante salientar que o período da construção das edificações não correspondem necessariamente a este, uma vez que buscou-se acrescentar informações de prédios já concluídos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação a localização, temos a Tabela 1 e a Figura 5, onde nota-se que 84 % das obras analisadas concentra-se na Zona Leste, confirmando a constatação de Façanha (1998) sobre o acelerado processo de verticalização nessa zona na década de 90.

Tabela 1. Localização das obras por zonas.

| Localização das Obras | Nº Obras | %    |
|-----------------------|----------|------|
| Zona Leste            | 47       | 84%  |
| Zona Sul              | 5        | 9%   |
| Zona Sudeste          | 2        | 3%   |
| Zona Norte            | 2        | 4%   |
| Total                 | 56       | 100% |

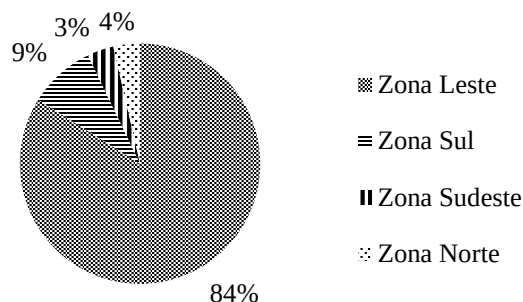


Figura 5. Localização das obras por zona

Além disso, percebe-se o tímido crescimento no número de empreendimentos construídos na Zona Sul (9%), mostrando como o cenário imobiliário favorável presente nessa zona interfere no surgimento de novas obras.

Por fim, temos 4% distribuídas na Zona Centro-Norte e 3% na Zona Sudeste.

Ao analisar a distribuição dos tipos de fundações (Tabela 2 e Figura 6) nota-se que 62% das obras analisadas adotaram a fundação superficial do tipo sapata e 15% optaram pelo melhoramento dos solos aplicando a técnica de solo-cimento. Já as estacas (hélice contínua e estaca raiz) e os tubulões foram utilizados como solução para 23%.

Tabela 2. Distribuição dos tipos de Fundação.

| Tipos de Fundação | Nº Obras | %    |
|-------------------|----------|------|
| Sapata (S)        | 38       | 62%  |
| Tubulão (T)       | 9        | 15%  |
| Solo Cimento (SC) | 9        | 15%  |
| Estaca (E)        | 5        | 8%   |
| Total             | 61       | 100% |

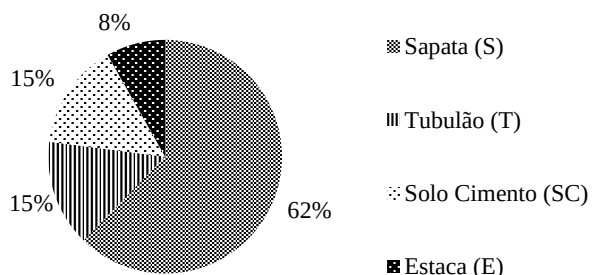


Figura 6. Distribuição dos tipos de fundações.

Unindo as duas informações citadas anteriormente, conforme ilustram a Tabela 3 e a Figura 7, percebe-se que na Zona Leste temos todos os tipos de fundações, sendo que a maioria (64%) adotou sapata. Nas demais zonas temos tanto fundações superficiais como profundas.

Tabela 3. Tipos de Fundações por Zonas.

| Zona/Tipos de Fundações | S  | SC | E | T |
|-------------------------|----|----|---|---|
| Zona Leste              | 32 | 7  | 5 | 6 |
| Zona Sul                | 3  | 1  | - | 2 |
| Zona Sudeste            | 1  | 1  | - | - |
| Zona Norte              | 2  | -  | - | 1 |

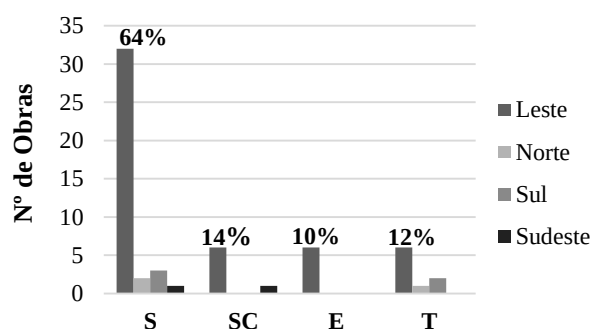


Figura 7. Tipo de Fundação/Localização das obras

Para melhorar a visualização desses resultados foi confeccionado o mapa exibido na Figura 8 em que constam os tipos de fundações em cada zona. É fácil perceber que em alguns pontos temos dois tipos de fundações, sendo este o motivo que explica a diferença entre o número de obras das Tabelas 1 e 2.

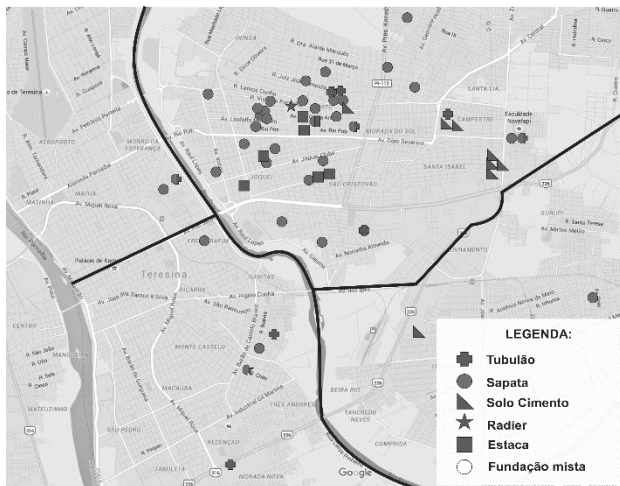


Figura 8. Mapa dos tipos de fundações.

Tendo em vista que a escolha do tipo de fundação está intimamente ligada ao perfil geotécnico do subsolo, e uma das investigações mais usuais no Brasil ainda é a sondagem SPT, foram elaborados dois perfis geotécnicos para a Zona Leste a partir de 12 sondagens realizadas em 4 obras, cuja localização está ilustradas na Figura 9.

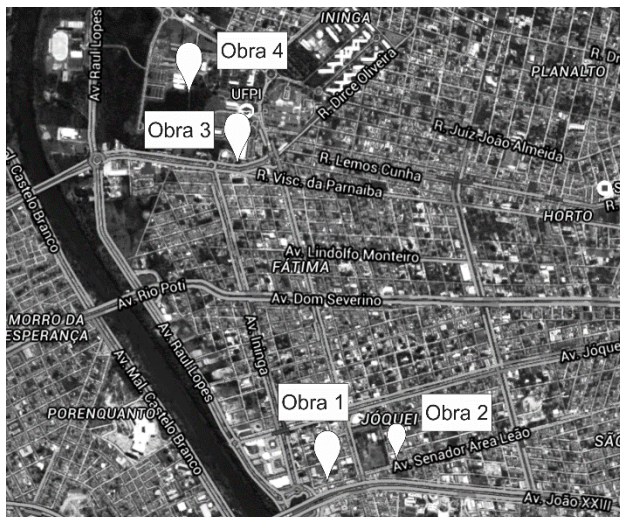


Figura 9. Localização das sondagens SPT.

Observa-se que, embora pertencente a mesma zona, os perfis geotécnicos são distintos. Enquanto na Figura 10 temos uma camada superficial com diferentes tipos de solos e a profundidade da camada de arenito encontra-se há aproximadamente 6 metros, podendo ser considerada constante, na Figura 11 ocorre uma menor variabilidade do tipo de solo superficial, porém a profundidade da camada resistente de arenito apresenta uma variabilidade na espessura

de 8 para 3 metros.

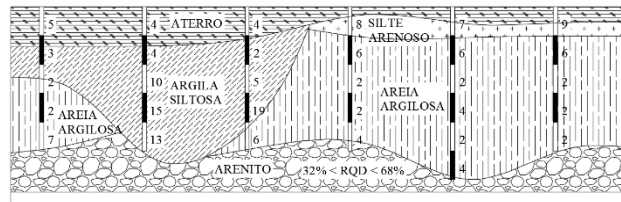


Figura 10. Perfil geotécnico para as obras 1 e 2.

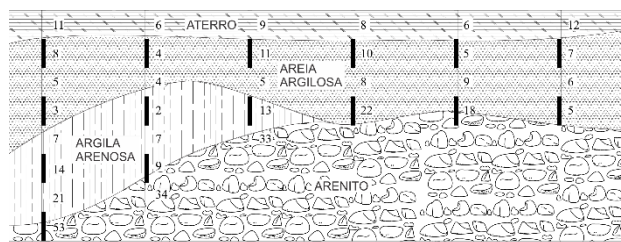


Figura 11. Perfil geotécnico para as obras 3 e 4.

É importante salientar que a presença da camada de arenito, impenetrável ao SPT, pode explicar a maior porcentagem de fundações superficiais nessa zona, principalmente para prédios com presença de subsolos.

Essa camada, que está presente em todas as zonas da cidade de Teresina/PI, também justifica a utilização de estacas do tipo raiz nas edificações em que as fundações devem atravessá-la.

Com relação a quantidade de pavimentos, como mostra a Tabela 4 e a Figura 12, a maioria das edificações possuem apenas 4 pavimentos, tendo a técnica de solo-cimento como fundação mais predominante.

Tabela 4. Número de pavimentos/Tipos de Fundações.

| Pavimentos | Tipos de Fundações | Nº Obras |
|------------|--------------------|----------|
| 2          | T                  | 2        |
| 4          | 8SC+2S+1T          | 10       |
| 5          | 2S+1T              | 3        |
| 6          | 5S+1T              | 5        |
| 8          | S                  | 3        |
| 13         | S                  | 5        |
| 14         | S                  | 4        |
| 15         | 5S+1T              | 5        |
| 16         | 4S+1T+1E           | 5        |
| 17         | 4S+1E              | 4        |
| 18         | 1S+1T              | 2        |
| 19         | S                  | 1        |
| 20         | E                  | 2        |
| 21         | E+S                | 2        |
| 23         | 1S+1T              | 2        |
| 26         | E                  | 1        |



## 5 CONCLUSÕES

Através da realização desta pesquisa é possível concluir que 84 % das obras analisadas concentram-se na Zona Leste, ratificando que a maior concentração de obras geralmente ocorre na "área nobre" da cidade.

Além disso, percebe-se o tímido crescimento no número de empreendimentos construídos na Zona Sul (9%), e o restante das edificações, cerca de 7%, estão dispersas entre as Zonas Sudeste e Centro-Norte.

Ao analisar a distribuição dos tipos de fundações, nota-se que 15% das obras optaram pelo melhoramento dos solos aplicando a técnica de solo-cimento para prédios com até 4 pavimentos. Porém, 62% adotaram a fundação superficial do tipo sapata, sendo que 60% possui mais de 5 (cinco) pavimentos e a maioria pertencente a Zona Leste, isso ocorre devido a presença de uma camada de arenito, a pequena profundidade, que possui elevada resistência à penetração.

Já as fundações profundas foram utilizadas como solução para 23% das obras, sendo 15% para tubulão e 8% para estacas. Nesse caso, a quantidade de pavimentos com tubulão varia entre 2 e 23, enquanto que para as estacas é superior a 16, destacando-se a hélice contínua e a estaca raiz.

Por último, de acordo com a finalidade da obra, não há prédios residenciais na Zona Norte, e nem prédio comercial na Zona Sudeste. Neste caso, torna-se relevante realizar um novo levantamento com foco nessas duas zonas para analisar se esse comportamento corresponde a realidade dos locais.

As informações apresentadas neste trabalho evidenciam a necessidade de conhecer os tipos de fundações executadas em prédios de múltiplos pavimentos, uma vez que fornece aos engenheiros geotécnicos subsídios para uma solução mais adequada, tendo em vista as experiências já reproduzidas com êxito em local próximo àquele em que se deseja construir.

É importante salientar que esse trabalho é apenas a etapa inicial de um projeto de pesquisa que pretende compreender melhor as escolhas e as técnicas adotadas pelos profissionais que atuam na região.

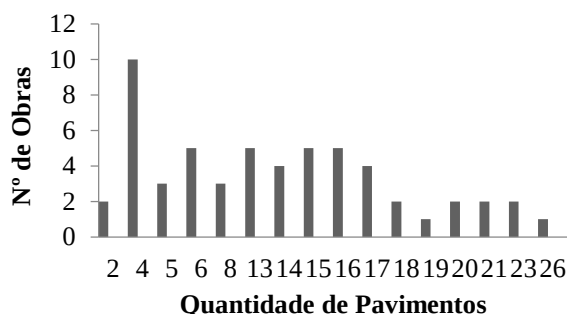


Figura 12. Número de pavimentos.

As sapatas foram adotadas para prédios com até 23 pavimentos, enquanto que as estacas somente para acima de 16. Considerando apenas as edificações acima de 5 pavimentos temos que 60% das fundações são sapatas, 10% é tubulão e 10% estacas.

E, finalmente, ao analisar a finalidade das obras percebe-se na Figura 13 que a maioria são residenciais. Porém, ao elaborar o gráfico da Figura 14 baseado na Tabela 5, onde constam a quantidade de obras por zona, observa-se que na Zona Norte não temos edificações residenciais e na Zona Sudeste, ocorre o contrário, uma vez que não há prédios comerciais.

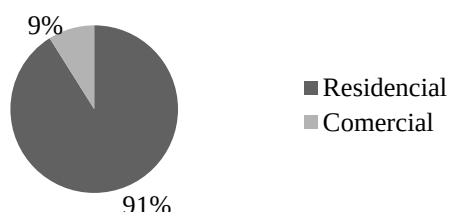


Figura 13. Finalidade das obras

Tabela 5. Distribuição da finalidade das obras por Zona.

| Zona/Finalidade das obras | Residencial | Comercial |
|---------------------------|-------------|-----------|
| Zona Leste                | 45          | 2         |
| Zona Sul                  | 4           | 1         |
| Zona Sudeste              | 2           | 0         |
| Zona Norte                | 0           | 2         |

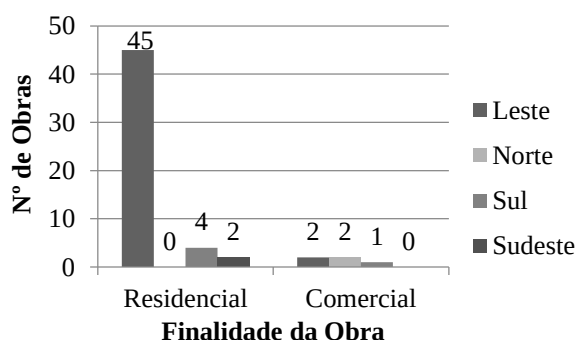


Figura 14. Finalidade das obras por Zona

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todas as construtoras pelo auxílio no levantamento dos dados utilizados nesta pesquisa e ao Engº Civil Bertolino Marinho Madeira Campos pela atenção e fornecimento dos relatórios de sondagem.

## REFERÊNCIAS

- Dias, R. (2003). *A verticalização em Teresina*. Cadernos de Teresina, Teresina, ano 15, n.35.
- Façanha, A.C. (1998) *A Evolução Urbana de Teresina: Agentes, Processos e Formas Espaciais na Cidade*, Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, 325 p.
- Gusmão Filho, J.A. (2005) História da Geotecnia no Nordeste. In: GUSMÃO, A.D. et al. (Org.). *Geotecnia no Nordeste*, 2 ed., Editora Universitária da UFPE, Recife, p. 29-57.
- Leal Jr., J.H. (2014) *Expansão Urbana, Planos Urbanísticos e Segregação Urbana: O Caso de Teresina-PI*, Dissertação de Mestrado, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal de Santa Catarina, 144f.
- Salame, A.M.; Alencar Jr., J. A. de (2006) *Mapeamento das Fundações Mais Usadas na Cidade de Belém-PA*, In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 11, 1998, Brasília. Anais... Brasília: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, p. 1519-1526, v. 3.
- Sayão, A. (2010) *História da Engenharia Geotécnica No Brasil: Sessenta Anos da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica- ABMS*, ABMS, Rio de Janeiro, RJ, 251 p.
- Vargas, M. História da Engenharia de Fundações no Brasil. (1998) In: HACHICH, W. et al. *Fundações: Teoria e Prática*, 2 ed., Pini, São Paulo, p. 34-50
- Viana, B. A. da S. (2005) *O Sentido da Cidade: Entre a Evolução Urbana e o Processo de Verticalização*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Piauí, 10p.