

ANÁLISE DA FUNDAÇÃO UTILIZADA EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO

Dalton de Paula Leandro¹

Luís Felipe de Paula¹

Renata Pessoa Bifano²

Imaculada Coelho da Silva Cardoso²

Marcos Paulo de Oliveira²

Mateus Zanirate de Miranda²

mateus.zanirate@engenharia.ufjf.br

ÁREA DE CONHECIMENTO: Engenharia

RESUMO

Atualmente, no mercado, estão disponíveis diversos tipos de fundações, incitando o desenvolvimento de diversos estudos sobre a viabilidade de cada construção, para que, assim, possa ser definida a melhor e mais viável metodologia a ser adotada. As fundações podem ser divididas em dois grupos: as rasas ou superficiais e as profundas. As fundações rasas se caracterizam por transmitirem tensões para o solo através da área de contato, ou seja, pela base. Já as fundações profundas transmitem as tensões através do atrito lateral e pela resistência de ponta da estaca com o solo (NBR 6122/2019). Os parâmetros determinantes para escolha da melhor estrutura de fundação seguem o tipo de construção, os esforços estruturais da superestrutura, as condições do solo definidas pelo laudo de sondagem, as condições de entorno, a topografia do terreno e a disponibilidade de métodos de execução presente na região, sendo estes os principais fatores para realização de todas as análises de desempenho, de viabilidade e de custos de infraestrutura. Neste estudo, buscou-se realizar o dimensionamento das fundações profundas para estaca escavada mecanicamente e a hélice contínua pelos métodos semiempíricos de Aoki-Velloso (1975) e Antunes e Cabral (1996), respectivamente. Para tanto, foi realizado um levantamento quantitativo dos materiais e dos serviços para essas fundações, comparando-se os seus custos com a estaca pré-moldada de concreto adotada na edificação, a fim de verificar qual metodologia apresentou o melhor custo-financeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações profundas; Sondagem; Métodos Semiempíricos.

1. INTRODUÇÃO

A superestrutura de uma construção civil apresenta características especiais quanto aos seus modelos estruturais, materiais, esforços e carregamentos

¹ Acadêmicos do 10º período do curso de Engenharia Civil da Univértix.

² Professor dos cursos de Engenharia Civil da Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó

apresentando, assim, suporte, segurança e conforto em sua utilização. Contudo, as fundações exercem grande responsabilidade na transferência dos esforços da superfície ao solo, para que todos elementos exerçam com excelência sua função estrutural (SILVA, 2019). O formato do elemento de fundação é diretamente proporcional à parcela estrutural do edifício, portanto, quanto maior e mais carregada for a estrutura, maior será a infraestrutura da construção (MELHADO *et al.*, 2002).

As fundações são separadas em dois grupos: rasa (direta ou superficial) e profunda. As fundações rasas são aquelas cuja base é projetada em profundidades baixas, nas quais a chegada das tensões da estrutura se distribui para gerar equilíbrio em sua base. Já as fundações profundas são as que recebem as cargas e transferem ao solo por meio de sua base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência do fuste), sendo que sua profundidade mínima de assentamento corresponde a três metros (NBR 6122/2019).

O dimensionamento e a realização do projeto de fundação são realizados de acordo com as correlações geradas pelos parâmetros geotécnicos de cada região e outras condições extrapoladas de cada edificação, conforme sua localização, verificação detalhada das obras existente próxima ao local, tipo de elemento de fundação a ser definido, entre outras. Com a definição desses fatores apresentados, aplicam-se os métodos semiempíricos para os cálculos (VELLOSO; LOPES, 2010).

A escolha correta do melhor elemento de fundação, havendo um bom planejamento, garante percentual de custo final entre 3 e 10% da obra. Contudo, a falta dessas etapas iniciais, com organização e qualidade, eleva os custos, causando um aumento de cinco a 10 vezes do valor da fundação correta para o projeto (BRITO, 1987).

Nesse cenário, o tema chamou a atenção dos pesquisadores na busca de investigar o método de fundação profunda em estaca pré-moldada de concreto utilizada em uma edificação multifamiliar na cidade de Rio Casca - MG e comparar com outras metodologias que será as estacas escavada mecanicamente e hélice contínua monitorada. Nesta pesquisa, foram analisados o porte da edificação, a topografia do terreno, o carregamento do projeto estrutural a serem distribuídos na fundação e interpretação do laudo de sondagem, equacionando os dados para os XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

cálculos dos métodos propostos para essas estacas.

Como objetivo da elaboração deste trabalho, realizou-se o dimensionamento geotécnico e estrutural à compressão pelos métodos semiempíricos estatísticos que garante a melhor precisão nos cálculos das tensões admissível do solo para as fundações profundas e pelos critérios definidos pela NBR 6122/2019, especificamente para as estacas, com os dados investigados em campo, comparando viabilidade, custo de execução, consumo de concreto e aço utilizado, no intuito de verificar a garantia de melhor economia.

2. METODOLOGIA

Para as análises a serem propostas por este estudo, foi realizado um levantamento de dados para o dimensionamento das fundações, visando garantir eficiência e economia. O primeiro objeto de estudo é o solo e suas variáveis características e, conseqüentemente, as diversas estruturas de fundação. A pesquisa quantitativa busca provas por meios de resultados, sendo influenciada diretamente pelas condições do perfil geotécnico (OLIVEIRA, 2011).

Na presente pesquisa, contou-se com levantamentos bibliográficos em livros, artigos científicos e métodos semiempíricos propostos para a determinação da capacidade de carga geotécnica das estacas a serem comparadas. Também, foi utilizada uma planilha do programa Microsoft Excel para dimensionamento e definição das armaduras, seguindo as especificações da NBR 6122/2019.

Como objeto de estudo deste trabalho, tem-se a edificação multifamiliar de quatro pavimentos em processo de construção já finalizada na cidade de Rio Casca – MG, pois o solo presente nessa construção apresenta as características descritas no relatório de sondagem. As condições da topografia do terreno e as condições de entorno dessa obra permitem a execução de todos os tipos de estacas a serem estudadas.

A edificação foi dimensionada com a metodologia executiva em estacas pré-moldada de concreto em perfis quadrado de dimensões 20x20 e 24x24 cm e com sua cota de assentamento entre 6,00 a 13,80 m para cada condição solicitada pelas cargas estruturais e em seu projeto de fundação.

XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

A determinação da capacidade de carga das estacas apresenta, em suas metodologias, as formas teóricas ou semiempíricas, ou mediante análise das provas de carga dinâmicas ou estáticas realizadas simultaneamente à execução desse elemento de fundação (NUERNBERG, 2014).

Pelas características apresentadas no laudo de sondagem, trata-se de um solo não coesivo. Com isso, para execução segura da estaca escavada mecanicamente, torna-se necessário estabilizar o fuste, e, conseqüentemente, essa proteção lateral depende diretamente do material chamado lama bentônica no momento de sua execução (NBR 6122/2019).

Para o dimensionamento geotécnico da escavada mecanicamente e da hélice contínua monitorada, que serão comparadas à metodologia adotada na edificação, foram escolhidos os métodos semiempíricos proposto com Aoki-Velloso (1975) e Antunes e Cabral (1996) respectivamente, através do tipo da estaca e do diâmetro a ser analisado, juntamente às informações referentes ao (N_{spt}) e ao tipo de solo da camada. Obtém-se, assim, as resistências por atrito lateral e ponta, e posteriormente a resistência admissível, onde podem ser verificados os carregamentos solicitantes dos pilares, definindo, por sua vez, as dimensões da estaca, de acordo com a carga de catálogo ou com a carga estrutural máxima permitida para o tipo de estaca (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Carga de catálogo tradicional e carga estrutural admissível da estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal

Diâmetro (cm)	Carga de catálogo tracionada P_e (kN)	Carga estrutural admissível (kN)
25	200	250
30	300	360
35	400	490
40	500	640
45	600	810
50	800	1000

Fonte: Adaptada de Falconi, Souza Filho e Fígaro (1998).

Tabela 2. Carga estrutural admissível para estacas hélice contínua monitorada

Diâmetro (mm)	Carga admissível estrutural (kN)	Espaçamento sugerido (cm)
275	350	70
300	450	75
350	600	90
400	800	100
425	900	110
500	1250	125

Fonte: Adaptada de Antunes *et al.* (1998).

Para os cálculos da armadura das estacas, seguindo as orientações da NBR 6122 (2019), que determina orientações para as estacas escavadas mecanicamente e hélice contínua, constata-se uma tensão de compressão abaixo de 5 e 6 MPa (representada pela equação 14), em que deverão ser armadas com uma taxa mínima de 0,4% da sua seção de concreto, prevendo um comprimento mínimo para a armadura longitudinal entre dois e quatro metros, respectivamente. A determinação dos diâmetros das armaduras é analisada mediante a área de aço calculada, definindo-se, assim, o tipo de barra que apresenta a melhor condição técnica e econômica (definida pela equação 15).

$$\tau_{\text{comp.}} = (\tau_{\text{adm}} / \pi \cdot r^2) / 100000 \leq 5 \text{ e } 6 \text{ MPa} \quad (14)$$

Onde: $\tau_{\text{comp.}}$ - Tensão de compressão (Mpa); $\tau_{\text{adm.}}$ - Tensão ou resistência admissível do solo (kgf); r^2 - raio da estaca (m); a divisão final corresponde pela obtenção da transformação de (kgf/m²) para (Mpa).

$$A_s = (0,40/100) \cdot \pi \cdot r^2 \quad (15)$$

Onde: A_s - área de aço (cm²); r^2 - raio da estaca (cm).

Segundo NBR 6122 (2019), para as armaduras transversais, a sua utilização se torna necessária em estacas sujeitas a esforços de tração ou flexão. Contudo, para garantir a segurança e facilitar a metodologia executiva à compressão das armaduras longitudinais, os estribos podem contribuir para um melhor posicionamento e montagem da obra.

Ao verificar a aplicação destes métodos executivos, nota-se semelhança no quesito eficiência, respeitando as condições propostas pela NBR 6122/2019, de XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

forma segura e técnica. Portanto, deve-se analisar qual método apresenta o melhor resultado econômico em sua execução (NAVES, 2018). A obtenção dos resultados destas estacas será comparada à estaca pré-moldada utilizada na edificação.

Visando obter um quantitativo global da execução, serviços e matérias neste estudo, os valores em todas as estacas foram retirados da planilha SETOP (mês de referência Abril/2020), da região central sem desoneração do estado de Minas Gerais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização deste estudo, contou-se com as análises dos resultados obtidos pela metodologia executada em estaca pré-moldada de concreto em seção quadrada, comparando-se as estacas escavadas mecanicamente e a hélice contínua, a fim de verificar qual estaca garantiu a melhor economia, seguindo todos os parâmetros de segurança para o seu dimensionamento.

Os resultados levantados e apresentados pelas estacas pré-moldado em concreto foram disponibilizados na Tabela 3.

Tabela 3. Levantamento e orçamento das estacas pré-moldadas de concreto

Código SETOP	Seção (cm)	Estacas pré-moldadas de concreto				Valor Unitário	Valor Total
		Comprimento das estacas		Comprimento total (m)			
		6 m	8 m				
ED49730	20x20	36	16	344	R\$ 105,47	R\$ 36.281,68	
ED49732	24x24	30	0	180	R\$ 124,63	R\$ 22.433,40	
Total geral:						R\$ 58.715,08	

Fonte: Adaptado Setop (2020).

Segundo Nuernberg (2014), a definição de um método semiempírico específico para o dimensionamento da capacidade de carga do solo está relacionada às características geotécnicas e à disponibilidades de técnicas construtivas em cada região. Portanto, a inexistência de uma condição de cálculo unificada torna a escolha correta um fator de incerteza. Dessa forma, cabe ao profissional a responsabilidade sobre a definição conceitual, garantindo as XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

condições mínimas de segurança definidas pela NBR 6122/2019, assim como o seu custo benefício.

Aplicando os métodos semiempíricos estáticos propostos por Aoki-Velloso e Antunes e Cabral, para o dimensionamento geotécnico das estacas, foram definidos os diâmetros e a profundidade que garantem, para cada um metro de solo e suas variáveis, a determinação das resistências laterais, de ponta e a tensão admissível igual ou superior a carga estrutural (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4. Dimensionamento resistência lateral do solo.

Método Semiempírico	Aoki-Velloso 50cm		Antunes e Cabral 50cm		Antunes e Cabral 40cm	
	rl (kN)	RL (tf)	rl(kgf/cm ²)	RL (tf)	rl(kgf/cm ²)	RL (tf)
Profundidade(m)						
1	12,1	1,89	0,15	2,36	0,15	1,88
2	16,13	2,53	0,2	3,14	0,2	2,51
3	24,2	3,79	0,3	4,71	0,3	3,77
4	22,18	3,48	0,275	4,32	0,27	3,45
5	32	5,02	0,48	7,54	0,48	6,03
6	40	6,28	0,6	9,42	0,6	7,54
7	50,66	7,953	0,76	11,94	0,76	9,55
8	66,66	10,46	1	15,71	1	12,56
9	38,32	6,015	-----	-----	0,76	5,97
10	-----	-----	-----	-----	0,68	5,34

Fonte: Os autores (2020).

Tabela 5. Dimensionamento da resistência da ponta e admissível do solo para a estaca escavada mecanicamente.

Profundidade(m)	RL(tf)	rp(tf)	Rt	Rp≤20%.Rt	RT	Radm (tf)
6	23,005	80,26	103,26	20,65	43,65	21,83
7	30,958	102,75	133,7	26,74	57,69	28,85
8	41,423	99,41	140,83	28,16	69,58	34,79
9	47,438	86,67	134,11	26,82	74,25	37,13

Fonte: Os autores (2020).

Tabela 6. Dimensionamento da resistência da ponta e admissível do solo para a estaca hélice continua monitorada.

Profundidade(m)	RL(tf)	rp(tf)	Rt	Rp≤20%.Rt	RT	Radm (tf)
6 - (50cm)	31,49	58,9	90,39	18,07	49,568	24,78

XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

7 - (50cm)	43,43	74,61	118,04	23,61	67,038	33,52
8 - (50cm)	59,14	98,17	157,31	31,46	90,602	45,30
10 - (40cm)	58,60	21,36	79,96	15,99	74,592	37,30

Fonte: Os autores (2020).

Para a condição de solo apresentada pelo terreno estudado, e seguindo as correlações propostas, o método de Antunes e Cabral garantiu maiores tensões admissíveis do solo, por suas características serem diretamente definidas para a metodologia da estaca hélice contínua; seu dimensionamento garantiu, assim, maior precisão nos resultados.

De acordo com os critérios aplicados para a determinação dos diâmetros e profundidade calculados para cada elemento, buscou-se o melhor custo-benefício em sua execução e com o menor número de estacas por blocos. Esses resultados definiram o volume de concreto gasto, aplicando a multiplicação da área da circunferência pela sua profundidade, considerando um fator perda de 5%. Quanto ao concreto adequado para as estacas, a NBR 6122/2019 define as especificações técnicas e suas classes de resistências.

O dimensionamento estrutural e a compressão seguem os critérios estabelecidos pela Tabela 4 da NBR 6122/2019, sob as condições estruturais solicitadas ao subsolo. As estacas foram calculadas seguindo a área de aço que compreende a 0,4% da seção bruta de concreto da estaca (equação 14), e a profundidade necessária para as armaduras longitudinais de dois e quatro metros; já as barras transversais (estribos) tornam-se necessárias para preservar o modelo executivo de montagem, seguindo um espaçamento de 20 cm.

Para garantir a segurança e a durabilidade das armaduras, um fator de extrema importância é o cobrimento, que, nas especificações da NBR 6118/2014, define para as estruturas em contato com o solo no mínimo maior ou igual 45mm, além do acréscimo de tolerância de 10mm. Nas Tabelas 9 e 10, apresentam-se os resultados das estacas dimensionadas e seus valores de execução e matérias.

O projeto de fundações para as estacas dimensionadas está representado no Anexo 4 e 5.

Tabela 9. Orçamento da estaca escavada mecanicamente

Estaca escavada mecanicamente				
Código SETOP	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Valor Total
Escavação:				
ED-49757	340	m	R\$ 47,50	R\$ 16.150,00
Concreto Estrutural 30MPa:				
ED-49799	70,10	m ³	R\$ 422,25	R\$ 29.599,75
Resumo de Aço:				
ED-48295 (6.3mm)	135,45	Kg/m	R\$ 7,70	R\$ 1.042,95
ED-48295 (12.5mm)	637,02	Kg/m	R\$ 7,70	R\$ 4.905,05
Total geral:				R\$ 51.697,75

Fonte: Adaptado de Setop (2020).

Tabela 10. Orçamento da estaca hélice contínua

Estaca hélice contínua				
Código SETOP	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Valor Total
Escavação:				
ED-49715 - Diâmetro 40cm	80	m	R\$ 40,00	R\$ 3.200,00
ED-49716 - Diâmetro 50cm	225	m	R\$ 50,00	R\$ 11.250,00
Concreto Estrutural 30MPa:				
ED-49799	57	m ³	R\$ 422,25	R\$ 24.068,25
Resumo de Aço:				
ED-48295 (6.3mm)	242,60	Kg/m	R\$ 7,70	R\$ 1.868,02
ED-48295 (12.5mm)	1067,77	Kg/m	R\$ 7,70	R\$ 8.221,85
Total geral:				R\$ 48.608,12

Fonte: Adaptada de Setop (2020).

Os resultados obtidos no resumo de aço em unidade por barra correspondem para as estacas escavadas mecanicamente: 56 barras transversais e 46 barras para as longitudinais. Já para as estacas hélice contínua: 83 barras transversais e 93 barras para as longitudinais. Para o dimensionamento na unidade Kg/m, aplica-se o produto da quantidade linear total pelo peso aproximado por metro, correspondendo a 0,245 kg/m para o diâmetro de 6.3 e 0,963 kg/m para o diâmetro de 12.5mm.

Segundo Carvalho (2017), as variações dos custos de execução e os XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

materiais específicos em cada fundação estão relacionados diretamente ao método de dimensionamento e aos fatores de segurança adotados por cada projetista de fundações, conforme condições estruturais e geotécnicas em cada projeto.

Com o resultado do levantamento de quantidades dos serviços e materiais para as metodologias dimensionadas, obtendo, assim, na escavação da estaca hélice contínua, uma economia de 10,52%, com relação à estaca escavada mecanicamente, sendo que nessa etapa não foi considerado o fluido estabilizante para o orçamento (seria um percentual econômico maior). Para o volume de concreto, a estaca hélice garantiu uma economia de 18,69%.

Pelas condições propostas em cada elemento de fundação, o consumo de aço para as estacas mecanicamente garantiu uma economia de 41,05%, seguindo a profundidade de armação mínima proposta pela NBR 6122/2019, na qual a estaca hélice define uma cota de posicionamento da armadura duas vezes maior quando comparada à estaca escavada mecanicamente. Mediante a utilização de material estabilizante, o comprimento útil mínimo correspondente é igual para a hélice contínua. Sendo assim, considera-se o consumo total dimensionado pela área da estaca calculada.

No total de todos os levantamentos gerados para as fundações deste estudo, e a partir da metodologia executada na edificação, a estaca que garantiu o melhor custo-benefício dos itens levantados foi a hélice contínua monitorada, sendo 17,21% mais econômico que a estaca pré-moldada e 5,98% em comparação à estaca escavada mecanicamente, sem o uso do fluido estabilizante em sua execução.

Segundo Cordeiro (2019), o dimensionamento da capacidade de carga geotécnica proposta no método de Antunes e Cabral e Aoki-Velloso apresenta com eficiência para as respectivas estacas, resultando, assim, na aplicação das correlações definidas pelos autores que garantem segurança e economia nos projetos de fundações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições propostas pelo solo neste empreendimento e as características definidas pelas estacas pré-moldadas de concreto e a hélice contínua monitorada XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

correspondem, com segurança e excelência, à função solo-estrutura e a sua viabilidade, tornando-as as mais adequadas para execução. Observa-se que a estaca escavada mecanicamente necessita de estabilização das paredes laterais para não ocorrer o estrangulamento do fuste. Sendo assim, esse elemento torna-se mais oneroso pelo fato de trabalhar diretamente com o fluido estabilizante e, conseqüentemente, gerar mais sujeira no canteiro de obra.

Contudo, o presente estudo não considerou o tempo gasto para a execução das estacas, sendo que cada elemento de fundação depende diretamente: do tipo de maquinário específico, da disponibilidade da diversidade de metodologia próxima ao local do empreendimento, da relação dos materiais propostos, dos serviços diretos e indiretos no canteiro de obra e das condições proposta pelo solo. Nesse caso, o profissional deve realizar análises criteriosas sobre o dimensionamento de dois ou três tipos de fundações, com o objetivo de garantir economia na escolha, seguindo todos os parâmetros técnicos de segurança e de durabilidade.

Por fim, vale pontuar que, para avaliar um bom comportamento e desempenho estrutural do elemento de fundação, é primordial que todas as etapas de uma obra (projeto, execução e acompanhamento) sigam as especificações definidas pelas normas de cada serviço e dos materiais relacionados à sua metodologia executiva.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. 3 Ed. 2019.

ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. **Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua**. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

BRITO, J. W. **Fundações de edifício**. São Paulo: EPUSP, 1987.

CARVALHO, J. P. S. **Dimensionamento de fundação profunda: estudo de caso de uma obra em Patos de Minas**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade do Noroeste de Minas, Patos de Minas, 2017.

XIV FAVE, Matipó, MG, 21 a 24 de setembro de 2021.

CORDEIRO, I. O. **Comparação entre métodos de capacidade de carga e recalques com resultados de provas de cargas estáticas.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação de Tocantins, Palmas, 2019.

FALCONI, F.F.; SOUZA FILHO, J.; FÍGARO, N.D. **Execução de fundações profundas: estacas escavadas sem lama bentonítica.** In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). *Fundações: teoria e prática.* 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

MELHADO, S. B. *et al.* **Fundações.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

NAVES, L. A. V. **Análise comparativa técnico-econômica entre fundações tipo estaca escavada e hélice contínua monitorada para um projeto de edificação situada na orla 14 em Palmas - TO.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2018.

NUERNBERG, M. F. **Estacas do tipo hélice contínua monitorada (EHC): Dimensionamento através de métodos semiempíricos.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração.** 2011. Manual (Pós-Graduação em Administração). Universidade federal de Goiás, Catalão, 2011.

SILVA, C. L. A. **Análise comparativa do projeto de fundações por estaca tipo pré-moldada de concreto e hélice contínua monitorada – Estudo de caso.** 2019. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão, Delmiro Gouveia, 2019.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação de Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.