

ESTUDO DE SOLO EM CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL AUTÔNOMA

Diogo Caio R. Amorim¹

Fábio Davi de Paula²

Hudson Correa Santos³

Thiago Sousa da Cunha⁴

Wildson Lorenzon Alves

dos Santos⁵

Tecnologia Ambiental

Resumo

No âmbito da construção civil a análise das características do solo é extremamente importante para evitar patologias nas edificações. Além de não satisfazer o quesito segurança, a ausência ou deficiência da sondagem do solo gera gastos muito maiores quando comparados àqueles dispendidos quando executada a análise geotécnica. Os construtores autônomos são profissionais responsáveis pela realização de uma obra. Pretende-se mostrar aos construtores como é importante ter conhecimento acerca da sondagem. A pesquisa bibliográfica foi amplamente utilizada para fundamentar as hipóteses levantadas, além de consultas eletrônicas em sites, bibliotecas virtuais, artigos e revistas. Como resultado principal deste trabalho ficou evidenciada a importância do estudo de solo em construções civis, independentemente do porte da obra. Diversos relatos na literatura mostraram que os transtornos causados para recuperar um imóvel com patologias associadas ao solo é maior e poderiam ser facilmente evitados. Embora pouco difundida em construções menores, percebe-se que a sondagem de solos começa a ganhar espaço no setor público. É o caso da Prefeitura de Belo Horizonte que realiza, através de contratos de obras públicas, a sondagem de solo em obras públicas. No entanto, a legislação brasileira ainda é omissa em relação à obrigatoriedade de realizar o estudo das características do solo. Sugere-se a criação de lei para garantir a execução da análise geotécnica.

Palavras-chave: Sondagem de solos; Patologias; Construtores autônomos; Legislação.

¹Orientação: Prof. Me. UNA – Campus Betim, Departamento Engenharia, diogo.amorim@prof.una.br

² Aluno do Curso (graduação em Engenharia Civil,), Instituição UNA – Betim, fabio.depaula@forumempreendimentos.com

³ Aluno do Curso (graduação em Engenharia Civil,), Instituição UNA – Betim, hubs.11@hotmail.com

⁴ Aluno do Curso (graduação em Engenharia Civil,), Instituição UNA – Betim, tncunha11@gmail.com

⁵ Aluno do Curso (graduação em Engenharia Civil,), Instituição UNA – Betim, wildson.lorenzoni@gmail.com

INTRODUÇÃO

O concreto e o aço são os materiais com função estrutural mais utilizados na construção civil em todo o mundo, e por serem materiais artificiais são fabricados com o controle necessário para atender as características desejadas; diferentemente dos solos que são materiais naturais que possuem composição variável, o que implica em um comportamento distinto de acordo com a carga aplicada (CINTRA, et al, 2013).

Para Arantes e Carneiro (2017), “sondagem é a análise do subsolo ou de subleito (nos casos de estradas) que antecede a elaboração de qualquer projeto e pode ser imprescindível no decorrer da obra, ou posteriormente a ela”.

Segundo Caputo (1988), um dos maiores riscos que se pode correr na engenharia de construções é iniciar uma edificação sem que seja feita uma análise prévia do solo, pois os estudos de projetos e execução de fundações e estruturas necessitam de prévias investigações geotécnicas, independentemente do tamanho ou da importância que se tenha a obra.

Albuquerque (2020) ressalta que em geral o custo de um estudo de solo bem conduzido está em torno de 0,5 e 1,0 % do valor da obra.

Segundo a ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas - Norma Técnica Brasileira) 8036/1983, que tem por finalidade fixar as condições exigíveis na programação de simples reconhecimento de solos, o número de sondagens e a localização de onde deve ser feita no terreno está relacionada ao tipo de estrutura que se deseja construir no mesmo.

O número mínimo de sondagens no terreno que se pretende executar uma construção, de acordo com a ABNT NBR 8036/1983, é de uma sondagem para cada 200 m² de área da projeção em planta do edifício, até 1200 m² de área. Para uma área de projeção que esteja entre uma área de 1200m² e 2400m², é necessário realizar uma sondagem para cada 400m² que excedam os primeiros 1200m² e em um terceiro caso, onde a área de projeção ultrapasse 2400m², o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano

particular da construção. E sob qualquer circunstância o número mínimo de sondagens deve ser:

- a) Dois para área da projeção em planta do edifício até 200m²
- b) Três para área entre 200m² e 400m²

Nos casos em que não houver ainda disposição em planta dos edifícios, como nos estudos de viabilidade ou de escolha de local, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens. (ABNT NBR 8036/1983, p.1).

Na atualidade existem diversos tipos de sondagem de solo, como a sondagem a trado, sondagem a percussão - SPT (método mais utilizado), sondagem rotativa e sondagem mista.

Milititsky et al (2015) apontam erros relativamente comuns na realização de sondagens, como localização errada ou incompleta do sítio da obra, adoção de procedimentos indevidos ou ensaio não padronizado, uso de equipamento com defeito ou fora da especificação, falta de nivelamento dos furos em relação à referência bem identificada e permanente, má descrição do tipo de solo, entre outros (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID 2015).

Do ponto de vista da aprovação de projetos frente às prefeituras uma série de documentos devem ser apresentados em concordância com o código de obras e plano de diretor específico de cada município.

Conforme a lei complementar Nº 11, de 11 de setembro de 2019, que institui o código de obras e edificações da Cidade de Betim - MG, o estudo de solo não é critério direto para aprovação de um projeto, porém, em seu artigo 64 fica claro que o responsável técnico responde por todas as estruturas da edificação.

- Art. 64. O responsável técnico responde pela escolha e pela correta utilização dos materiais, equipamentos e elementos construtivos, estruturais ou não, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras relativas à resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústico, resistência estrutural, durabilidade e impermeabilidade (Cidade de Betim - MG, 2019, p. 39).

O art. 64 § 1º, da lei complementar Nº 11, de 2019 define que os elementos construtivos de uma edificação são: as fundações, a estrutura, as paredes, as lajes e os telhados.

Diante disto, fica clara a necessidade de um estudo detalhado de solo mediante a concepção de qualquer edificação, tendo em vista que através deste é possível determinar

quais os tipos mais indicados de fundação devem ser utilizados em cada terreno, garantindo assim resistência, qualidade e durabilidade da edificação.

Justifica-se a elaboração deste trabalho tendo em vista a grande expansão imobiliária no segmento de residências unifamiliares em todo território nacional, levando em conta que muitas dessas construções são executadas de forma autônoma, onde o proprietário realiza ou terceiriza etapas da obra da forma que julga necessário, valendo-se apenas do conhecimento empírico baseado em pesquisa informal da vizinhança. Assim sendo, não realizam qualquer tipo de investigação de solo para dimensionamento das fundações, podendo resultar sub ou superdimensionamento da estrutura aumentando os custos ou acarretando danos à edificação.

O objetivo principal deste artigo é chamar a atenção de construtores autônomos quanto à importância do estudo de solo para o dimensionamento correto das fundações, pois através dos resultados obtidos pelo estudo de solo será possível aperfeiçoar os custos da construção, determinando corretamente o tipo de fundação necessária que o solo requer e também dimensionando a quantidade correta de materiais necessários para a execução da mesma, sem que haja um sub ou super dimensionamento das estruturas, evitando assim gastos desnecessários com futuros reforços estruturais.

METODOLOGIA

O presente trabalho discorre de pesquisa exploratória a fim de identificar os fatores mais relevantes sobre o tema, bem como evidencia análises qualitativas dos diversos métodos utilizados no estudo de simples reconhecimento de solo ao qual antecede a execução de fundações, além de consulta a normas regulamentares diversas.

A pesquisa bibliográfica foi amplamente utilizada para fundamentar as hipóteses levantadas, além de consultas eletrônicas em sites, bibliotecas virtuais, artigos e revistas, optando-se por utilizar apenas os textos redigidos na língua portuguesa e os textos que fazem referência a estudos de sondagem de solos e patologias em construções, excluindo-se os textos sem embasamento científico ou aqueles sem detalhamento da metodologia utilizada.

Para embasar tecnicamente todo o conteúdo explorado utilizou-se dos parâmetros das normas técnicas definidas pela ABNT, como NBR 6484/2001 e NBR 8036/1983.

Foram verificados também os códigos de obras de três municípios de Minas Gerais, a saber: Belo Horizonte, Betim e Igarapé, com o propósito de conhecer os critérios mínimos exigidos para aprovação de projetos junto às prefeituras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em estudo feito por Lopes (2020) sobre a utilização da sondagem a percussão do ensaio SPT em obra de pequeno porte, na cidade de Três Pontas/MG, ficou evidenciada a importância de realizar a sondagem do solo antes do início da construção, evitando assim erros no processo de fundação e possíveis problemas posteriores, como o recalque diferencial.

Para análise do solo nessa obra verificou-se a quantidade de furos, conforme a NBR 8036/1983 e realizou-se a sondagem, de acordo com a NBR 6484/2001.

Através dos dados obtidos foi possível concluir que o solo apresentava baixa resistência e resistência mediana o que impactaria diretamente na escolha do processo de fundação.

Realizar a sondagem do solo antes do início da construção evitou erros no processo de fundação, uma vez que as pressões realizadas pelas camadas do solo juntamente com a carga da estrutura ocasionariam o rompimento das brocas levando a um desnível em toda a estrutura.

Em outra análise, um problema ocorrido na etapa de sondagem de solo e em uma das fases de execução do projeto, denominada terraplanagem, ocorreu na cidade do Rio De Janeiro. Inaugurada no ano de 2007 a Vila Pan-Americana, também conhecida como Vila do Pan, foi construída para abrigar as delegações dos países competidores dos Jogos Pan-Americanos no Rio de Janeiro. (MACEDO, 2017)

A vila foi construída sob um terreno de turfa, um material de origem vegetal, que exige fundações bem mais profundas que outros tipos de terreno. O aterro construído em cima desse terreno comprime e começa a afundar. (Araújo, Antônio, 2014 apud Ribeiro,

2014).

Com isso, houve recalque. Rachaduras apareceram (Figura 1), o terreno cedeu, danos às tubulações foram provocados, e os imóveis foram desvalorizados. (MACEDO, 2017)



Figura 1: Rachadura em fachada na Vila do Pan.
Fonte: COELHO, 2013 apud MACEDO, 2017

Para KONCHINSKI (2016, apud MACEDO, EDUARDO A. V. BRITTO DE, 2017) houve falha na etapa de projeto, pois o terreno é formado por argila mole, sendo necessário nesse caso ter sido realizado um tratamento geotécnico adequado durante a construção, com o intuito de rebaixar o solo antes que fosse colocado o aterro definitivo, evitando assim o recalque.

O engenheiro civil Tschebotarioff, relatou detalhadamente este efeito pela primeira vez em 1962, e a partir de então passou a ser conhecido como efeito de Tschebotarioff (VELLOSO E LOPES, 2011 apud ARAÚJO JÚNIOR, LUIZIMAR).

“Toda sobrecarga unilateral aplicada sobre um solo de fundação provoca tensões e deslocamentos no interior da massa do solo, nas direções vertical e horizontal. Na hipótese de existir estacas próximas à área carregada, estas irão impedir à deformação do solo, recebendo os esforços provenientes desta restrição”.
(ARAÚJO JÚNIOR, 2015, p. 21)

O processo de recuperação da Vila do Pan teve início, porém anos depois a situação parece ter se agravado com problemas relacionados ao afundamento do terreno, ocasionando dificuldades de acesso, tanto de pedestres quanto de veículos. Em 2011, a Prefeitura do Rio de Janeiro iniciou reformas para estabilização do solo, tendo gasto de 2011 até 2017, R\$ 72 milhões, totalizando um gasto de mais de R\$ 300 milhões, considerando o montante investido para a construção e reformas. (KONCHINSKI, 2016 apud MACEDO, EDUARDO A. V. BRITTO DE, 2017).

Um estudo de caso de duas obras edificadas, no município de Arcos/MG, sem o auxílio de qualquer análise do solo foi realizado com o intuito de estudar a viabilidade das simples sondagens geotécnicas, a fim de atender o dimensionamento de elementos de fundação em obras de baixo custo. (TEIXEIRA, 2015)

As amostras para análise foram coletadas com o auxílio de um trado holandês, conforme normas da ABNT (1986), em uma profundidade de 100 cm a 150 cm, sendo um furo em cada obra. (TEIXEIRA, 2015)

Com os dados obtidos foi possível caracterizar o tipo de solo presente no local e obter informações suficientes para atender a determinação da capacidade de carga do maciço presente em cada edificação. (TEIXEIRA, 2015)

Tendo classificado os solos, determinou-se a capacidade de carga (tensão admissível) do solo, através de um método empírico segundo a ABNT NBR 6122 (1996), e através de método teórico de Terzaghi. (TEIXEIRA, 2015)

Feito o redimensionamento dos elementos de fundações de acordo com o tipo de fundação sapata, foi possível comparar a estimativa de custos dos elementos de fundação já executados com os elementos redimensionados, a partir do valor de capacidade de carga proposto pela ABNT, e a partir da capacidade de carga obtida pelo método de Terzaghi. (TEIXEIRA, 2015)

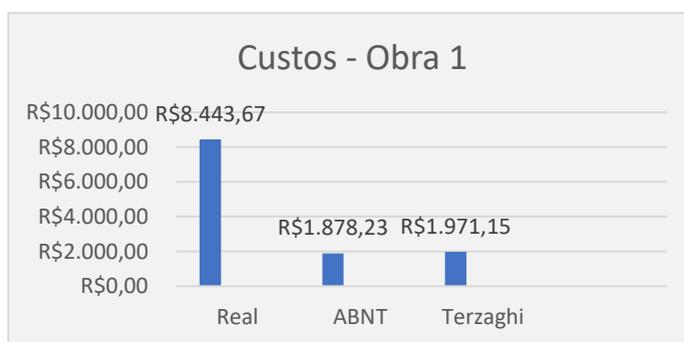


Figura 2 - Custos dos elementos reais e dos redimensionamentos - Obra 1.

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, (2015)

Segundo a Figura 2, obteve-se uma economia de R\$ 6.565,44 (77,75% em relação ao custo total dos elementos de fundação reais) no redimensionamento, a partir da tensão admissível obtida segundo a ABNT, e uma economia de R\$ 6.472,52 (76,65%) no

redimensionamento, a partir da tensão admissível obtida segundo o método de Terzaghi. (TEIXEIRA, 2015)

A pequena vantagem econômica no redimensionamento segundo critérios da ABNT, para esta obra, se justifica pela pequena profundidade que os elementos de fundação se encontram, em função de que, para obtenção da capacidade de carga do solo através do método de Terzaghi, quanto maior a profundidade, maior a tensão obtida. (TEIXEIRA, 2015)

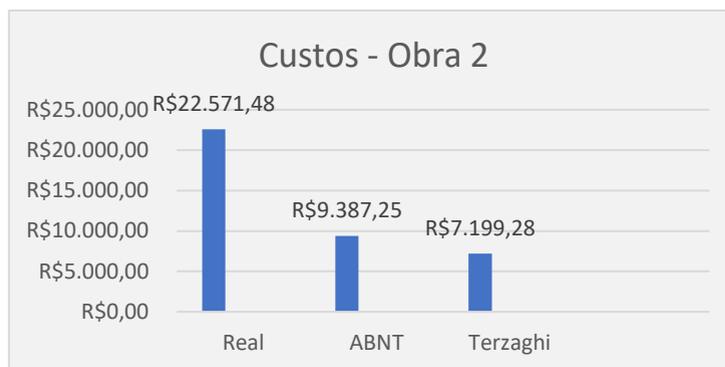


Figura 3 - Custos dos elementos reais e dos redimensionamentos - Obra 2.

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, (2015)

De acordo com a Figura 3, obteve-se uma economia de R\$ 13.184,23 (58,41% em relação ao custo total dos elementos de fundação reais) no redimensionamento a partir da tensão obtida pela ABNT, e uma economia de R\$ 15.372,20 (68,10% em relação ao custo total dos elementos de fundação reais) no redimensionamento a partir da tensão admissível obtida segundo o método de Terzaghi. (TEIXEIRA, 2015). Ao contrário da Obra 1, sua fundação é constituída por elementos mais profundos, justificando, neste caso, a vantagem econômica de aproximadamente 10%. (TEIXEIRA, 2015)

Existe, portanto, viabilidade das sondagens de simples reconhecimento de solo para o dimensionamento de fundações em obras de baixo custo, obtendo-se uma economia de até 77% nos elementos de fundação dimensionados a partir destas sondagens, em relação aos elementos dimensionados a partir dos métodos utilizados por profissionais na cidade onde as obras utilizadas no estudo de caso foram edificadas, em que, na maioria das vezes, não contam com estas sondagens. (TEIXEIRA, 2015).

Ainda com base nos estudos realizados, dividindo obras de baixo custo em dois

grupos, pequeno porte (até 300 m²) e grande porte (a partir de 300 m²), concluiu-se também a vantagem econômica do dimensionamento de elementos de fundação, a partir da obtenção da capacidade de carga pelos valores propostos pela ABNT, para obras de pequeno porte, e a vantagem a partir da obtenção pelo método de Terzaghi, para obras de grande porte. (TEIXEIRA, 2015)

Em uma pesquisa de preços realizada no mesmo município constatou-se que uma caracterização do solo, por meio do ensaio a trado, e a partir de uma amostra de solo coletada pelo cliente, pode ser feita em valores a partir de R\$ 400,00 (quatrocentos reais), a variar em relação ao número de amostras coletadas. (TEIXEIRA, 2015)

Na região metropolitana de Belo Horizonte/MG, para o ano de 2021, o serviço de sondagem SPT pode ser feito a partir de R\$ 950,00 (novecentos e cinquenta reais), variando o valor em relação ao número de furos executados.

Analisando as etapas de construção de uma edificação tem-se o seguinte fluxo: antes de iniciar a obra é necessário solicitar, junto à Prefeitura do Município onde será realizada a construção, a aprovação de alvará de licenciamento para execução da obra, bem como entregar projetos que atestarão aspectos de segurança relativos ao empreendimento. Após análise do órgão de fiscalização será emitida a autorização para a execução da obra.

No Brasil, a análise geotécnica deve ser realizada segundo as normas da ABNT, afim de obter um resultado fidedigno.

No entanto, do ponto de vista legal, não existe, até o momento, uma lei que obriga os construtores autônomos a realizarem a sondagem de solo.

Dentre as exigências de algumas prefeituras verifica-se a ausência da obrigatoriedade em se realizar o estudo da sondagem de solos. Em uma análise feita em três localidades, a saber: Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), Prefeitura de Betim e Prefeitura de Igarapé constatou-se que no Código de Obras das três prefeituras não é obrigatório apresentar o estudo da sondagem do solo para conseguir o alvará de licenciamento da construção.

Em contraponto, um fato interessante foi observado na Prefeitura de Belo Horizonte. Há um documento que norteia e é parte integrante de todos os editais e contratos da PBH referentes a projetos.

Esse documento, criado em 2017, recebe o nome de “Procedimento para elaboração e apresentação de projetos de edificações” e contemplam, além de outras informações, orientações sobre a execução de sondagem de solos, definindo critérios específicos de realização, bem como a forma como a empresa que prestará o serviço será remunerada.

Se por um lado nota-se, de maneira positiva, que o serviço de sondagem do solo é procedimento obrigatório para alguns municípios e que o mesmo deverá ser realizado antes de iniciada a obra, por outro lado, percebe-se que infelizmente essa não é a realidade de outros municípios nem tão pouco seja a de construtores autônomos.

Avaliando do ponto de vista dos municípios acredita-se que possa haver falta de conhecimento e falta de interesse por parte dos governantes em criar leis impondo a realização da análise geotécnica anterior ao início da obra.

Ponderando os aspectos que cercam a ausência da sondagem do solo por parte dos construtores autônomos acredita-se que os mesmos não realizam o serviço possivelmente por falta de conhecimento relativo à importância da sondagem, tanto no que se refere à segurança quanto com relação aos possíveis problemas futuros causados pela ausência ou deficiência do estudo do solo e os elevados gastos para resolver esses problemas.

CONCLUSÕES

Todas as formas de construções tendem a sofrer, com o passar do tempo, efeitos indesejáveis de manifestações patológicas, que interferirão na qualidade da edificação de maneira estética, funcional ou estrutural.

Quando realizada antes da construção a sondagem do solo, se efetuada da maneira correta, reduz a possibilidade de uma edificação apresentar patologias relacionadas ao solo.

Infelizmente no Brasil, a sondagem não é um serviço amplamente utilizado em obras de pequeno porte em função da falta de conhecimento dos construtores autônomos em relação à sua importância, além do fato dos proprietários de imóveis residenciais considerarem o custo para a realização desse serviço elevado.

No entanto, diversos relatos na literatura mostraram que os transtornos causados

para recuperar um imóvel com patologias associadas ao solo é maior e poderiam ser facilmente evitados.

Embora pouco difundida em construções menores, percebe-se que a sondagem de solos começa a ganhar espaço no setor público. É o caso da Prefeitura de Belo Horizonte que realiza, através de contrato de obras públicas, a sondagem de solo.

O ideal seria que as prefeituras considerassem, para a aprovação de projetos de construção residencial, a sondagem como um serviço de caráter obrigatório, evidenciando, dessa forma, a importância da realização desse método.

Sugere-se que o poder público crie uma lei regulamentando a obrigatoriedade de realizar a sondagem de solo antes de iniciada qualquer obra, seja ela de pequeno, médio ou grande porte e impondo aos Municípios a obrigatoriedade de fiscalizarem e expedirem alvará de licenciamento para construção somente após a entrega de relatório de análise da sondagem do solo, juntamente com o projeto estrutural executado, levando-se em consideração as características do solo.

Dessa forma, espera-se que os conhecimentos acerca da sondagem do solo sejam difundidos entre os construtores autônomos e, ainda que inicialmente com caráter obrigatório, com o passar do tempo a sondagem torne-se tão corriqueiro quanto fazer um desenho para executar a obra.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de. Engenharia de Fundações. Rio de Janeiro, RJ. Grupo GEN, 2020. p.32

ARAÚJO JÚNIOR, Luizimar Feliciano de Araújo. **Análise Numérica do Efeito de Sobrecargas Assimétricas em Estacas**: Estudo de Caso de Pontes nas Obras do Arco Metropolitano. Rio de Janeiro, 2015. 133 p. Dissertação de Pós-Graduação (Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

ARANTES, Lucas Macedo; CARNEIRO, Matheus Calixto. **Critérios que interferem nos resultados de sondagens à percussão – Tipo Standart Penetration Test (SPT)**, Anápolis, 2017. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – UniEvangélica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, p. 17. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento de solos para fundações de edifícios - Procedimento, 1983, 3 p.

BETIM, Lei complementar nº 11, 2019, institui o código de obras e edificações do município de Betim e dá outras providências, Art. 64. Disponível em:
<http://www.dpurb.betim.mg.gov.br/site/index.php/legislacao-2/codigo-de-obras>. Acesso em 21 de abril de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.725 de 15 de julho de 2009. Institui o Código de Edificações do município de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo Horizonte, 2009, 34 p.

BRASIL. Lei complementar nº 11 de 11 de setembro de 2019. Institui o código de obras e edificações do município de Betim e dá outras providências. Betim, 2019, 70 p.

BRASIL. Lei complementar nº 24 de 03 de dezembro de 2009. Institui o código de obras do município de Igarapé/mg e dá outras providências. Igarapé, 2009, 76 p.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Fundamentos 6. ed. v. 1 Rio de Janeiro: LTC, 1988, 234 p.

CINTRA, José Carlos A. et al. **Fundações**: ensaios estáticos e dinâmicos. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013, 144 p.

LOPES, Leandro de Lima. **Análise de solo por meio de sondagem SPT**: estudo de caso de uma residência de dois pavimentos em ambiente urbano. Três Pontas, 2020, 19 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

MACEDO, EDUARDO A. V. BRITTO DE. **Patologias em obras recentes de construção civil**: análise crítica das causas e consequências. Rio de Janeiro, 2017. 114 p. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. Patologia das fundações. 2 edição revista e ampliada, São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2015, 256 p.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP. Procedimento para elaboração e apresentação de projetos de edificações. 8. ed. Belo Horizonte, 2017.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações. 2 edição, São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2012, 224 p.

TEIXEIRA, Paulo Júnio Rodrigues. **Viabilidade das sondagens de simples reconhecimento de solo para o dimensionamento de fundações em obras de baixo custo**. Formiga, 2015, 57 p. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Civil) – UNIFOR.