

Impacto da sondagem de solo no valor da obra
Impact of solo surfacing on the value of the project
Impacto del sondaje de suelo en el valor de la obra

Recebido: 01/07/2019 | Revisado: 10/08/2019 | Aceito: 26/08/2019 | Publicado: 02/09/2019

Pedro Emílio Amador Salomão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: pedroemilioamador@yahoo.com.br

Rafael Saúde Jahel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2563-5248>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: rafaelsaudejahel@gmail.com

Resumo

A sondagem do solo proporciona informações importantes para que o calculista estrutural possa idealizar uma estrutura que atenda de maneira específica as exigências de cada tipo de obra, no entanto, o que ocorre em diversos casos (principalmente em obras de pequeno porte) é a negligência com esse tipo de informação, uma vez que o proprietário alega não ser viável financeiramente que se invista em tal atividade por motivos diversos. Essa negligência força com que o calculista assuma uma postura mais conservadora, levando em conta a segurança da sua estrutura e gerando assim na grande maioria das vezes uma estrutura superdimensionada, o que eleva o custo desta obra. Este artigo faz análise entre duas obras onde uma possui estudo de solo e outra não, utilizando o método de sondagem *SPT* (*standard penetration test*). Este trabalho tem como objetivo mostrar os impactos da sondagem SPT na obra e em projeto final.

Palavras-chave: Sondagem de Solo; Calculista Estrutural; Segurança da Estrutura; Custo da Obra.

Abstract

Soil sounding provides important information so that the structural calculator can devise a structure that specifically meets the requirements of each type of work; however, what happens in many cases (especially small works) is negligence with this type of information,

since the owner claims that it is not financially viable to invest in such activity for various reasons. This neglect forces the calculator to take a more conservative posture, taking into account the security of its structure and thus generating in the vast majority of times an oversized structure, which increases the cost of this work. This paper analyzes between two works where one has a soil study and the other does not, using the standard penetration test (SPT) survey method. This paper aims to show the impacts of the SPT survey on the work and final project.

Keywords: Soil Survey; Structural Calculator; Structure Security; Cost of the Work.

Resumen

El sondeo del suelo proporciona información importante para que la calculadora estructural pueda diseñar una estructura que cumpla específicamente con los requisitos de cada tipo de trabajo; sin embargo, lo que sucede en muchos casos (especialmente en trabajos pequeños) es negligencia con este tipo de información, ya que el propietario afirma que no es financieramente viable invertir en dicha actividad por varias razones. Esta negligencia obliga a la calculadora a adoptar una postura más conservadora, teniendo en cuenta la seguridad de su estructura y generando así en la gran mayoría de las veces una estructura sobredimensionada, lo que aumenta el costo de este trabajo. Este documento analiza entre dos trabajos donde uno tiene un estudio de suelo y el otro no, utilizando el método de encuesta de prueba de penetración estándar (SPT). Este documento tiene como objetivo mostrar los impactos de la encuesta SPT en el trabajo y el proyecto final.

Palabras clave: Sondeo de suelo; Calculadora Estructural; Seguridad de la estructura; Costo de la Obra.

1 Introdução

Na concepção do cálculo estrutural de uma obra, é de extrema importância que se saiba as características do solo onde a mesma será implantada, uma vez que a variação de características como resistência do solo, nível de água, declividade, tipo do solo, entre outras, tem impacto direto sobre os elementos estruturais que compõem a obra. Essas características são obtidas através de um método de estudo de solo denominado como sondagem. Para Conciani (2013):

“Sondagem é um tipo de investigação feita para saber que tipo de solo existe em um terreno, a sua resistência, a espessura das camadas, a profundidade do nível de água e até mesmo a profundidade onde está a rocha.”

Levando em consideração essas características especificadas do solo encontrado é que o calculista poderá obter uma estrutura mais econômica e eficiente para aquela determinada construção. No entanto, nos deparamos atualmente com uma serie de construções onde o calculista não pode contar com tais informações uma vez que o proprietário do imóvel não realiza o estudo a fim de que se obtenha uma economia financeira, o que acaba não acontecendo na pratica, já que na falta da sondagem o responsável pelo cálculo se ver obrigado a assumir uma condição onde se considera aquele determinado solo como de baixa resistência, já que é imprescindível para o profissional que se garanta a segurança da construção. Segundo Araújo (2018 pg. 17):

“O conhecimento das características do solo permite as profissionais envolvidos (engenheiros, geólogos, arquitetos e etc.) um maior embasamento em decisões no que diz respeito a fundações, projeto geométrico e estrutural da obra.”

Este artigo tem por objetivo apresentar a real diferença financeira entre uma obra com e sem estudo de solo, levando em conta o projeto estrutural que será gerado em ambos os casos, além de descrever como funciona a sondagem SPT. (Miranda, E. C. N. et al. 2018)

O projeto utilizado como exemplo nesse artigo é baseado em uma sondagem estilo *SPT (standard penetration test)* fictícia e foi gerado com o auxilio do software CYPECAD 2018.

2 Revisão Bibliográfica

A Sondagem a percussão do tipo *SPT* vem sendo cada mais utilizada entre os canteiros de obra devido a sua grande facilidade de uso, e baixo custo de execução. Mesmo não sendo a opção que proporciona os detalhes mais precisos quanto à informação do solo,

esse tipo de sondagem atende na maioria das vezes a demanda de grande parte das obras espalhadas pelo território nacional.

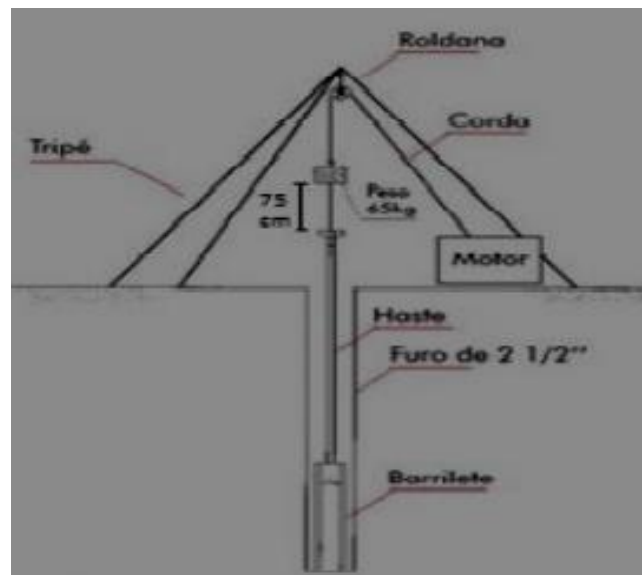
A norma que regulamenta a sondagem *SPT* atualmente é a NBR 6484/01 de 2001, onde está descrito como deve ocorrer o processo de sondagem para que se possa garantir o controle de qualidade.

O processo inicia-se com a conferência e aferição de todo material que será utilizado na sondagem pelo sondador de acordo os parâmetros previstos na NBR 6484. É importante também que acha a limpeza do terreno e condições topográficas a fim de se posicionar os aparelhos que serão utilizados.

De acordo com Maragon (2011 pg. 56):

“O ensaio consiste na medição do número de golpes necessários à penetração de um amostrador padrão de 50,2 mm de Φ externo sob a ação de um martelo padronizado de 65 kg em queda livre de uma altura padronizada de 75 cm. “

FIGURA 1 – Esquema de um Aparelho de Sondagem *SPT*.



FONTE: NF Soldas, 2014.

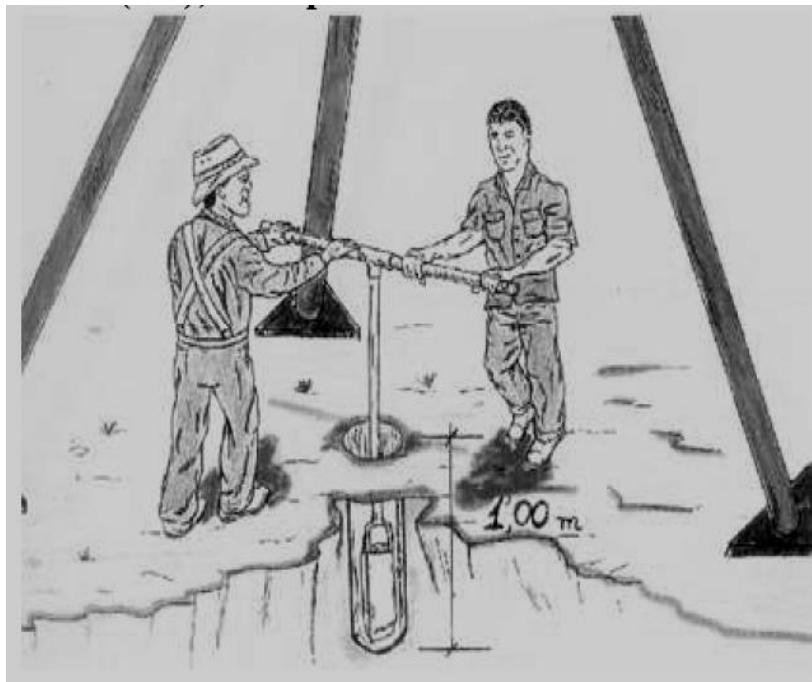
Antes de iniciar o uso da percussão, é necessário que se faça um furo a trado ou cavadeira manual até a cota de 1m tendo como base o terreno da superfície de instalação do equipamento, onde deve ser retirada uma amostra de primeiro solo. Logo após essa retirada inicia-se o processo descrito a cima por, Maragon (2011) esse processo será repetido até que o

amostrador penetre 45cm no solo, a cada 15cm é mensurado o número de golpes do martelo para atingir tal profundidade, sendo que os primeiros 15cm de solo são descartados do cálculo. Levando em conta essa relação de golpes/profundidade é que obtemos o Nspt (índice de resistência a penetração) do solo que será utilizado no cálculo de resistência.

Segundo Araújo (2018 pg. 54):

“O valor do Índice de Resistência a Penetração (Nspt), é a soma do número de golpes necessários para penetrar o amostrador nos últimos 30 cm de solo.”

FIGURA 2 – Escavação de Preparação Para Ensaio



FONTE: Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015.

A Figura 2 ilustra a forma como ocorre o processo de perfuração para a realização da sondagem.

Em casos onde o trado espiral tiver avanços menores do que 50,0mm em 10min de operação contínua de perfuração, ou em casos onde o solo é aderente ao trado, passa-se a utilizar o método de percussão com circulação de água. Nessa situação caso a parede do furo

se apresente instável, é necessária a utilização de tubo de revestimento. De acordo com Araújo (2018 pg. 23)

“a boca inferior do revestimento nunca fique a mais de 1,0 m do fundo do furo e nem menos de 10,0cm, no momento de cravar o amostrador.”

A sondagem SPT deve ser interrompida em seis situações, são elas:

1ª - Quando a profundidade solicitada no projeto inicial for atingida.

2ª - Forem obtidos avanços inferiores a 5,0cm por períodos, em três períodos consecutivos de 10min, o material será considerado impenetrável mesmo com o método de percussão com circulação de água.

3ª - Quando, em 3m sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador.

4ª - Quando, em 4m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador.

5ª - Quando, em 5m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 45 cm iniciais do amostrador.

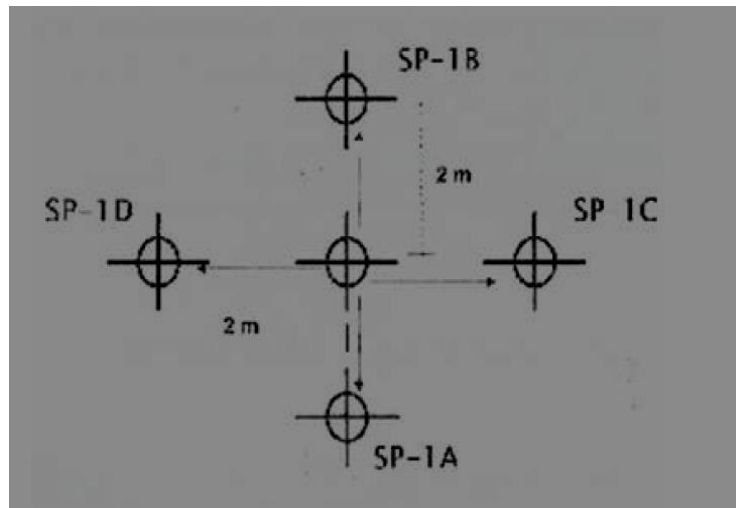
6ª - Nos casos de perfuração com circulação de água, quando forem atingidas penetrações no solo menores a 5,0cm durante 10 golpes consecutivos, desconsiderando os 5 primeiros golpes testados, ou quando o valor do SPT for superior a 50 em um mesmo ensaio. Diante dessa situação o solo é considerado impenetrável ao SPT.

Ao final do estudo do solo, deverá ser colocado no local do furo uma marcação de concreto com comprimento mínimo de 50,0cm e altura mínima de 10,0cm a cima do terreno com as seguintes identificações: identificação nominal do furo, cota da boca do furo e profundidade final encontrada.

3 Relatórios de Perfuração.

A NBR 6484 especifica algumas diretrizes para que a execução da sondagem assim como os resultados gerados possua um grau de confiança elevado para aqueles que utilizaram essas informações como base para locação da obra, cálculos estruturais, dimensionamento do edifício, entre outras atividades.

FIGURA 3 – Locação em Planta dos Furos Para Sondagem.



FONTE: Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos, 2015.

A Figura 3 ilustra a forma como devem se proceder antes de iniciar a perfuração.

Os recipientes de amostras devem contém uma etiqueta com as seguintes informações:

- 1ª – Descrição ou número do trabalho.
- 2ª – Localização da Obra.
- 3ª – Descrição ou número da sondagem.
- 4ª – Descrição ou número da amostra.
- 5ª – Profundidade de retirada da amostra.
- 6ª – Número de golpes com as respectivas penetrações do amostrador.

Ao final da sondagem, o responsável pelo serviço deve gerar um relatório definitivo que deverá ser datado, numerado, e assinado por responsável técnico devidamente registrado

nos órgão ou conselho que rege sua atividade profissional. Tal relatório deve conter as seguintes informações:

- 1ª – Nome do contratante.
- 2ª – Local e natureza da obra.
- 3ª – Descrição dos métodos e equipamentos utilizados na sondagem.
- 4ª – Metragem total da perfuração.
- 5ª – Declaração de que o processo seguiu as normas relativas ao determinado serviço prestado.
- 6ª – Comentários e observações (caso seja necessário).
- 7ª – Referências aos desenhos anexados.

Deve ser anexado ao relatório também um desenho contendo:

- 1ª – Planta do local da obra com cotas e referências facilmente encontráveis.
- 2ª – Planta com a referência de nível usada para o nivelamento das bocas dos furos, incluindo a descrição do elemento físico tomado como referência.
- 3ª – Localização das sondagens cotadas incluindo elementos fixos bem definidos no terreno

Apresentar também desenhos contendo perfil individual de cada sondagem mostrando seções do subsolo. Nesses desenhos devem constar:

- 1ª – Nome do responsável pela execução da sondagem, nome do contratante, local da obra, número do serviço, assinatura do responsável técnico.
- 2ª – Descrição do amostrador e tubo de revestimento utilizado na execução da sondagem.
- 3ª – Número da sondagem.
- 4ª – Cota da boca dos furos em centímetros.
- 5ª – Marcação Horizontal cotada a cada 5,0m em relação a referência de nível.
- 6ª – Posição das amostras colhidas (contendo algum detalhe se necessário).
- 7ª – Profundidade em relação à boca do furo, mudança de camadas e do final das sondagens.
- 8ª – Relação do número de golpes pela penetração do amostrador em centímetros.

9^a – Indicações dos solos nas amostras e representação gráfica de cada solo conforme NBR 13441.

10^a – Indicação dos níveis de água com descrições como pressão ou perda de água no processo de perfuração.

11^a – Indicação da não existência do nível de água, quando não houver.

12^a – Datas do início e término de cada sondagem individualmente.

13^a – Indicação do processo de perfuração que foi utilizado em cada trecho de cada sondagem.

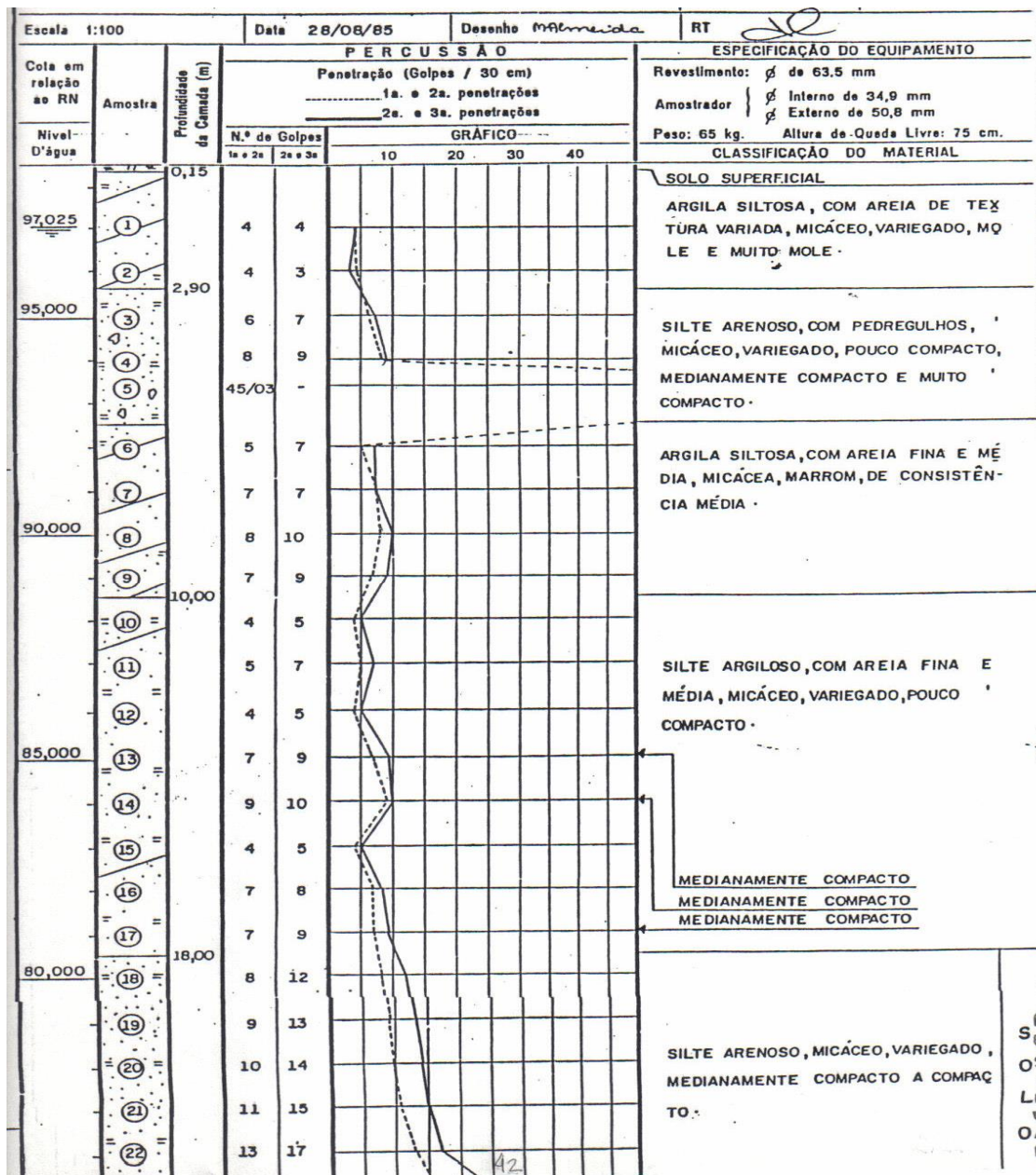
14^a – Algum procedimento especial utilizado no processo de sondagem (se houver).

15^a – Resultados dos ensaios com perfuração por circulação de água (se houver).

16^a – Desenho das sondagens na escala vertical de 1:100.

Como forma de ilustrar como deve se proceder na elaboração de um relatório de sondagem, na Figura 4 é mostrado um modelo de relatório.

FIGURA 4 – Exemplo de Relatório de Sondagem.



FONTE: Investigação Geotécnica de Campo, 2011

No modelo de relatório ilustrado na Figura 4 pode ser visto que os dados coletados são expostos de forma sistemática para facilitar o entendimento de quem for executar a obra.

4 Metodologia

Para calcularmos o impacto financeiro gerado pela falta de sondagem na obra, foi utilizada uma construção fictícia com térreo, dois pavimentos idênticos, e cobertura, contendo

180,00m² no total, criada especificamente para este estudo de caso com o auxílio do software AUTOCAD 2007.

A obra tomada como exemplo foi realizada sobre um terreno fictício predominantemente argiloso e nivelando que possui resistência igual a 5,0 kgf/cm².

O cálculo estrutural desta obra foi gerado com o auxílio do software CYPECAD 2018, onde foi dimensionada a estrutura necessária para suportar as construções levando em conta as diferentes resistências de solo.

Assim como ocorre em situações reais, quando o calculista não possui a resistência do solo, esse, a favor da segurança, toma como base um solo de baixa resistência. Nesse estudo de caso levando em consideração a situação onde não existe sondagem, o cálculo foi realizado tomando a resistência do solo como sendo 1,5kgf/cm² no nível da fundação. Na outra situação onde existe sondagem, foi considerado o solo descrito acima com resistência igual a 5,0kgf/cm² no nível da fundação. As características de todos os outros elementos da estrutura foram iguais em ambos os casos, são esses:

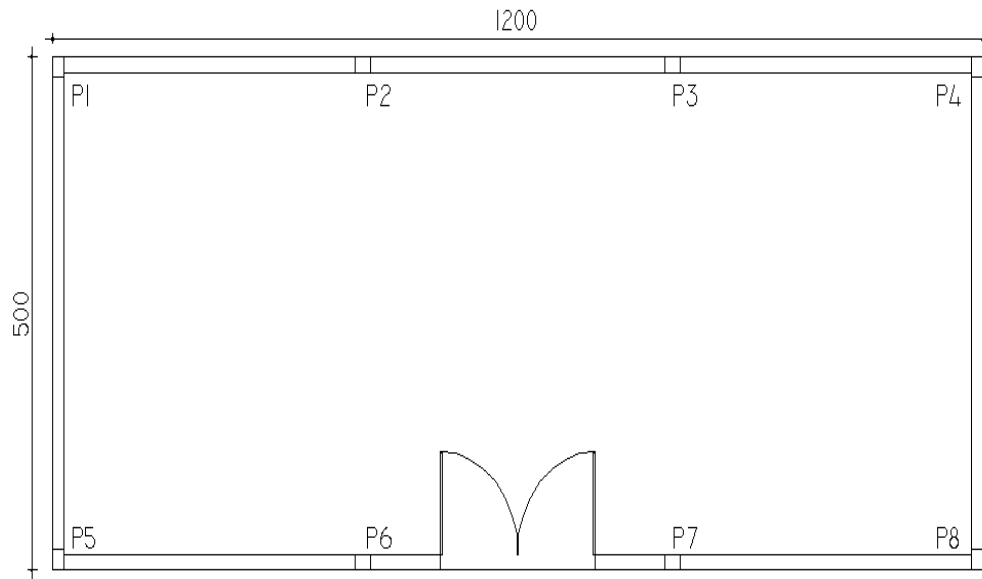
- Concreto C25 em geral.
- Aço CA-50 e CA-60.
- Agregado brita 1 (19mm).
- Classe de agressividade 2.
- Laje pré-moldada com treliça TR 12645.
- Fundação com utilização de sapatas.

Notas:

- Para efeito de cálculo, o piso do térreo foi considerado como laje maciça.
- Não foram considerados os efeitos do vento na estrutura.

Na simulação dos cálculos foi utilizado uma planta baixa como mostrado na Figura 5.

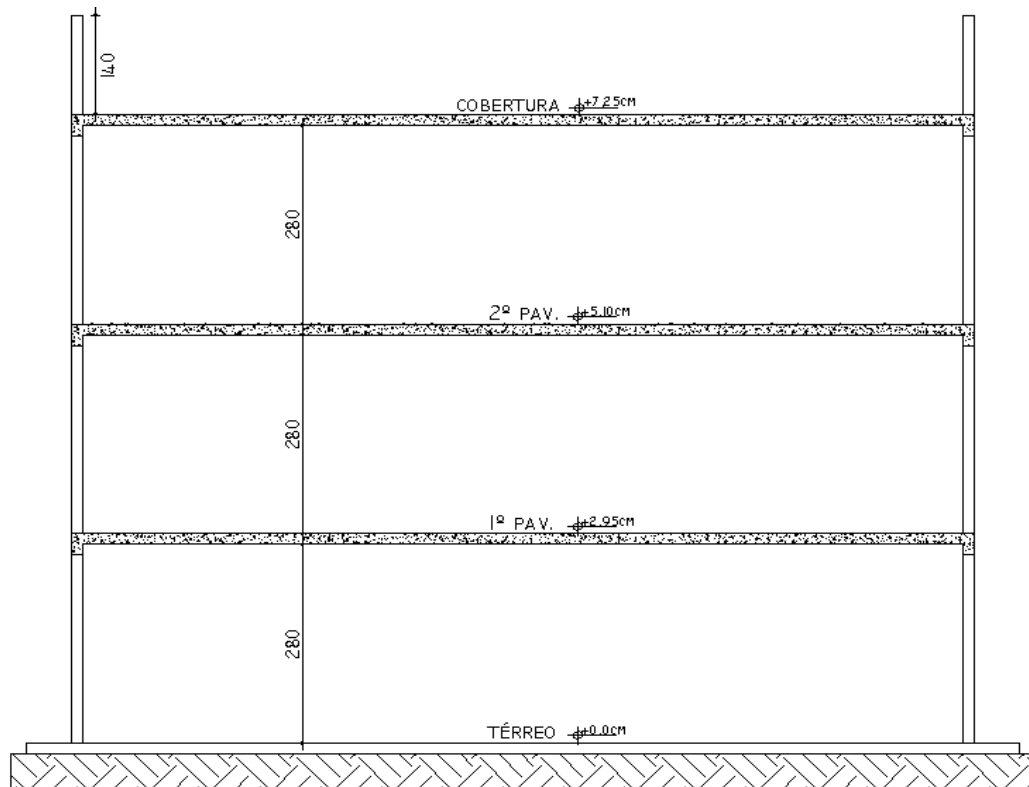
FIGURA 5 – Planta Baixa Utilizada no Estudo de Caso.



FONTE: Autoria Própria, 2018.

A Figura 5 representa a planta vista de cima, ao passo que na figura 6 pode ser visto os corte (vista lateral) da planta utilizada.

FIGURA 6 – Corte da Planta Utilizada no Estudo de Caso.



FONTE: Autoria Própria, 2018

Para a realização dos cálculos da sondagem, é preciso de uma simulação de uma estrutura, isso foi mostrado na Figura 5 e 6 com a estrutura utilizada para os cálculos.

5 Resultados e Discussão

Após ser calculada a obra descrita acima em ambos os terrenos obtivemos os seguintes resultados em resumo:

Resumo do aço na obra sem sondagem de solo:

Fundação:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$, $\Phi 12.5\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 225 kg

Pilares:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 351 kg

Vigas:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$, $\Phi 12.5\text{mm}$, $\Phi 16.0\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 562 kg

Lajes:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 342 kg

Resumo do aço na obra com sondagem de solo:

Fundação:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$, $\Phi 8.0\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$, $\Phi 12.5\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 128 kg

Pilares:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$, $\Phi 8.0\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$, $\Phi 12.5\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 381 kg

Vigas:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$, $\Phi 10.0\text{mm}$, $\Phi 12.5\text{mm}$
 $\Phi 20.0\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 617 kg

Lajes:

Barras utilizadas $\Phi 5.0\text{mm}$, $\Phi 6.3\text{mm}$

Peso total do aço utilizado – 333 kg

Dessa forma chegamos à conclusão que levando em conta o aço utilizado nessa obra, o estudo do solo gerou uma economia de 1,42% no valor total do aço utilizado. Se considerarmos o valor de R\$ 7,50 por kg de aço CA-50/60 conforme consta no código ARM-AÇO-020 da planilha SETOP da região Jequitinhonha com desoneração e atualização de janeiro de 2018, a economia real com aço utilizado nessa obra seria de R\$ 157,50.

Levando em consideração o concreto gasto na obra obtivemos os seguintes resultados em resumo:

Resumo do concreto na obra sem sondagem de solo:

Fundação: 4,932m³

Pilares: 4,059m³

Vigas: 9,905m³

Resumo do concreto na obra com sondagem de solo:

Fundação: 1,740m³

Pilares: 2,935m³

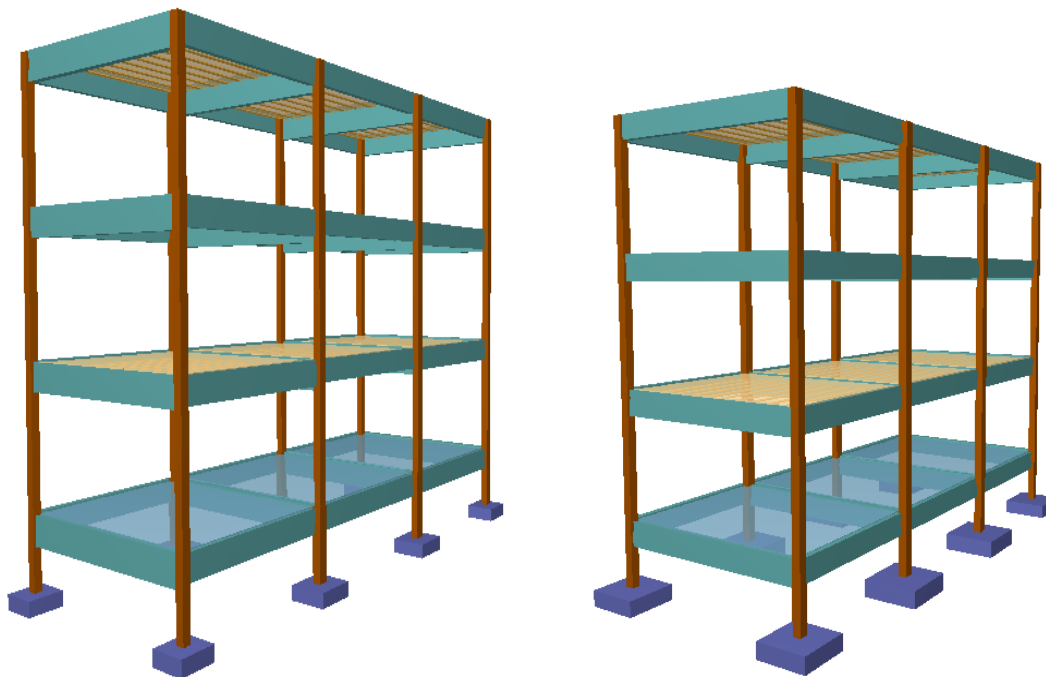
Vigas: 10,16m³

Quando observamos o volume total de concreto utilizado na obra, o estudo de solo gerou uma economia de 21,49% em relação ao cálculo feito sem estudo de solo. Considerando o valor de R\$ 377,35 por m³ do concreto C25 descrito no código FUN-COM-140 da planilha SETOP da região Jequitinhonha com desoneração e atualização de janeiro de 2018 a economia final em relação ao concreto utilizado nessa obra expressa em valores é de R\$ 1.536,20.

Os valores expressos em reais são exclusivamente para a obra fictícia utilizada como exemplo nesse artigo, para utilizar de base em outras obras deve-se considerar a economia em porcentagem final.

Existem ainda outros itens que não foram considerados com respeito à economia nesse artigo, como a quantidade de forma, tempo de execução e mão de obra. Porém os resultados obtidos são ilustrados na Figura 7.

FIGURA 7 – Desenho 3D da obra com estudo de solo (esquerda) e sem estudo de solo (direita)



FONTE: Autoria Própria, 2018

A Figura 7 representa o desfecho final dos cálculos que iniciaram com os levantamentos de dados da sondagem, sendo possível verificar que os dados da sondagem resulta em uma projeto diferente quando não considerado os dados da sondagem.

6 Conclusão

Ao realizar a sondagem *SPT* é possível verificar que no desfecho final da obra existe diferença no projeto. Essa diferença pode ser em algumas situações a diferença entre um projeto bem executado e outro que pode apresentar complicações ao longo do tempo.

Observamos que existe de fato uma economia no valor final dos elementos estruturais quando se possui as informações detalhadas das características do solo, informações estas que só é possível adquirir com o estudo de sondagem do solo, seja ele qual for.

Sendo assim fica a critério dos responsáveis envolvidos nas construções avaliarem os investimentos necessários para a conclusão de cada obra especificamente, e identificar qual será o impacto do custo de se fazer ou não a sondagem, visto que existem várias maneiras diferentes de se executar o estudo do solo, e ainda que na maioria das vezes ate o mesmo tipo de estudo apresenta valores de execução variados de região para região do país.

Porém, diante desse cenário é importante ressaltar que esse artigo teve como foco expor especificamente as diferenças geradas com respeito a valores, uma vez que este é o principal motivo alegado por aqueles que se opõem a sondagem do solo, porém vale lembrar que existem ainda vários outros benefícios em se conhecer mais profundamente o solo onde será instalada a obra, e em alguns casos, esse estudo se torna até indispensável se levamos em conta certas características específicas que algumas obras podem demandar.

Como sugestão de trabalhos futuros, poderia realizar a análise do solo, afim de verificar a estabilização do mesmo de acordo com a propriedade química.

Referências

Conciani, W., Silva, C., Costa, C., Silva, J. & Silva, M. (2013). *Manual do Sondador*. Brasília. DF.

Araújo. Cintia; Porto. Marcos; Naresi. Luiz; Silva. Antônio. 2018. *Especificações e Procedimentos de Sondagem à Percussão de Simples Reconhecimento – SPT*. Belo Horizonte – MG.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6484/01 – *Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos*. 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 8036 – *Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento do Solo Para Construção de Edifícios*. 1983.

Pinto. Carlos. 2006. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo – SP.

Maragon. M. 2011. *Investigação Geotécnica de Campo*. Juiz de Fora – MG.

SCARABEL, Danilo. 2012. *Estudo de Aplicação da NBR 6484/01 por Construtoras de Campo Mourão e Região*. Livro de campo. Campo Mourão – PR

Schnaid, F. (2000). *Investigações Geotécnicas e de Campo*. Rio Grande do Sul.

Manual de Especificações de Sondagem a Percussão e Procedimentos. 2015 (Autores, qual o local da publicação e falta o ponto final)

Planilha de Preços SETOP com Desoneração. Região do Jequitinhonha. Referência Janeiro de 2018.

Miranda, E. C. N. ; Salomão, P. E. A. ; Costa Junior, h. ; oliveira, a. N. S. (2018). A importância da sondagem *SPT* no dimensionamento de fundações. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 1, p. 347-370.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Pedro Emílio Amador Salomão – 50%

Rafael Saúde Jahel – 50%