



Negligência De Uma Campanha De Investigação Geotécnica - Relato De Caso

Guilherme Alan Souza Costa

Professor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Brasil, guilhermecosta@utfpr.edu.br

RESUMO: É apresentada uma análise de caso de investigações geotécnicas onde a importância da prospecção do subsolo foi menosprezada. Trata-se de um empreendimento de grande porte localizado no município de Macaé-RJ cujo episódio relatado se inicia após a contratação de uma prestadora de serviços de origem questionável. Avaliou-se o problema a partir de análise documental com apoio de relato de envolvidos no processo. O estudo dos diversos boletins de SPT identificou ora furos com características idênticas e ora furos relativamente próximos com camadas de solo completamente distintas. Além disto, camadas de aterro não foram identificadas bem como em alguns casos apontou-se existência de aterro em região de corte. As discrepâncias observadas levaram a contratação de campanha adicional com objetivo de obter uma interpretação confiável do subsolo local. Dado o nível do problema, contratou-se uma terceira empresa, idônea e reconhecida no mercado, para sanar as terminantemente as dúvidas. Em termos práticos estes fatos implicaram em custos extras relacionados a equipes ociosas, execução de estacas adicionais e revisão do projeto de fundações. Por fim, o cerne do problema consistiu no ímpeto de economizar na investigação do subsolo o equivalente a 0,31% do valor global da obra.

PALAVRAS-CHAVE: SPT; sondagem; investigação; ensaio de campo; perfil; fundações.

ABSTRACT: It is presented a case analysis regarding geotechnical investigations where the importance of subsoil exploration was underestimated. It is a large enterprise located in the city of Macaé-RJ whose reported episode begins after contracting a firm of dubious origin. The problem was evaluated based on document analysis supported by the report of those involved in the process. The study of the various SPT reports identified cases with identical characteristics and cases relatively close with completely different soil layers. In addition, the embankment layers were not identified, and in some cases a fill layer in the cut region was pointed out. The observed discrepancies led to the hiring of an additional campaign to obtain a reliable interpretation of the local underground. Given the level of the problem, a third company, reputable and recognized in the field, was hired to definitively resolve the issues. In practical terms, these facts implied extra costs related to idle work teams, additional piles executed and foundation design fully revision. Finally, the core of the issue was the desire to save on soil investigations the equivalent to 0.31% of the overall value of the construction.

KEYWORDS: SPT; sounding; investigation; field test; profile; foundations.

1 Introdução

É de amplo conhecimento a importância de uma campanha de investigação do subsolo. Este é um requisito técnico mínimo para dimensionar uma estrutura de fundação conforme critérios que atendam a segurança (estabilidade) e qualidade (utilização). Uma prospecção do subsolo conduzida de forma adequada fornecerá subsídios para compreensão dos fenômenos, escolha de métodos e parâmetros utilizados na avaliação do problema. Neste sentido, Luiz e Gutierrez (2020) observam que o sucesso da atividade geotécnica depende do conhecimento das características e propriedades dos materiais do subsolo. Apesar disto, é lamentável notar que ainda se encontre resistência em executar ensaios, seja de campo ou de laboratório.

Portanto, em prol da boa técnica e da disseminação da prática de exploração do subsolo, é pertinente discutir a importância dos ensaios além de tudo quando é possível relatar os impactos negativos de caráter prático. Este artigo visa ilustrar o problema através do relato de um caso real de uma obra de grande porte onde a investigação do subsolo foi negligenciada. Esta consiste em um empreendimento de cunho industrial cuja localização se dá em zona especialmente destinada a este fim. Em consonância com a realidade da engenharia



de fundações no Brasil, o programa de investigações se restringiu a sondagem com medida de resistência dinâmica (SPT).

2 Referencial Teórico

O SPT é um ensaio largamente empregado no Brasil e no mundo. No âmbito nacional o procedimento de ensaio é padronizado pela NBR 6484/2020. Pelas características de robustez do equipamento e simplicidade o ensaio é uma ferramenta rotineira em campanhas de investigação do subsolo, no mínimo em uma fase preliminar. Como apontam Nascimento e Larios (2020), o SPT destaca-se como um dos métodos mais comuns e talvez o mais utilizado devido a acessibilidade. Massocco *et al.* (2018) acrescentam que os resultados deste ensaio são amplamente empregados na avaliação da capacidade de carga de fundações na prática brasileira de engenharia geotécnica. O ensaio é usualmente empregado em campanha preliminar visando fornecer as primeiras impressões do subsolo. Esta antecede a campanha complementar que procura pontuar questões específicas como: inconsistências da campanha preliminar e identificação do subsolo das regiões mais carregadas.

Apesar das dúvidas que pairam sobre o SPT, vale observar conforme Look (2007), que a qualidade de uma investigação de campo depende primordialmente da experiência e habilidade da equipe além da supervisão do serviço. Sobre este último quesito, Moh (2004) e Zumrawi (2014) apontam a necessidade de uma supervisão integral das atividades de investigação de campo visando garantir a confiabilidade dos resultados obtidos. Os autores relatam casos em que patologias e falhas estavam associadas a uma supervisão inadequada ou inexistente. Look (2007) ainda acrescenta que a escolha não se restringe somente a uma análise de custos. Sobre esta questão, Alonso (2021) comenta que existe uma prática falha de contratação da atividade de investigação com SPT como sendo um mero produto, ou seja, com foco somente no quesito do preço.

3 Estudo de Caso

Levando em consideração que a construção está inserida em uma área especialmente destinada a indústria, caracteriza-se por um local onde não há problemas de densidade urbana nem de restrições de acesso a equipamentos e maquinários, bem como, no caso específico, não há falta de recursos financeiros.

Para atingir os objetivos foram analisadas informações do projeto, além de dados geológicos, topográficos e hidrológicos locais. Em função do caráter primordialmente informativo, os elementos específicos do projeto não serão revelados para preservar as partes envolvidas. Procura-se apresentar os principais pontos que levaram ao problema, indicar como foi o processo de solução bem como busca-se apresentar dados visando uma reflexão sobre formas de prevenir futuros casos semelhantes.

3.1 Contexto geológico-geotécnico local

A área objeto de estudo está localizada no estado do Rio de Janeiro, a 190 km ao norte da capital fluminense, no município de Macaé distando cerca de 7,5 km da faixa costeira. No contexto geológico, a região está inserida na Província Mantiqueira, uma entidade geológica que se estende em uma faixa de cerca de 3.000 km do litoral Atlântico. Segundo mapeamento geológico da CPRM (ALMEIDA *et al.*, 2009) no local da obra há ocorrência da formação do Complexo Região dos Lagos (PP3r1) delimitando a formação do Grupo Barreiras (ENb). O empreendimento se localiza em uma região de encontro destas formações. Segundo este mapeamento, as estruturas rochosas locais se caracterizam por metamórficas. Como região de clima tropical, o horizonte de intemperismo é em geral espesso, principalmente onde a inclinação natural é pequena. Nas regiões mais planas, espera-se encontrar material quaternário com características arenosas, conforme sugerem os mapeamentos da CPRM (ALMEIDA *et al.*, 2009). A Figura 1.a apresenta um recorte do mapa geológico, com destaque para a região da obra.

De acordo com a topografia local, ilustrada pela Figura 1.b, o terreno encontra-se parcialmente inserido em uma planície fluvial e é margeado em um dos flancos por um morro (altitude de 178 m) e em outra face por uma região de colina (elevação de cerca de 40 m). Isto indica que a porção mais baixa do terreno é um trecho de talvegue onde o nível freático estaria sujeito à ascensão na época de regime de chuvas. A Figura 2



apresenta uma fotografia da região do empreendimento após a terraplanagem e já com algumas estruturas construídas.

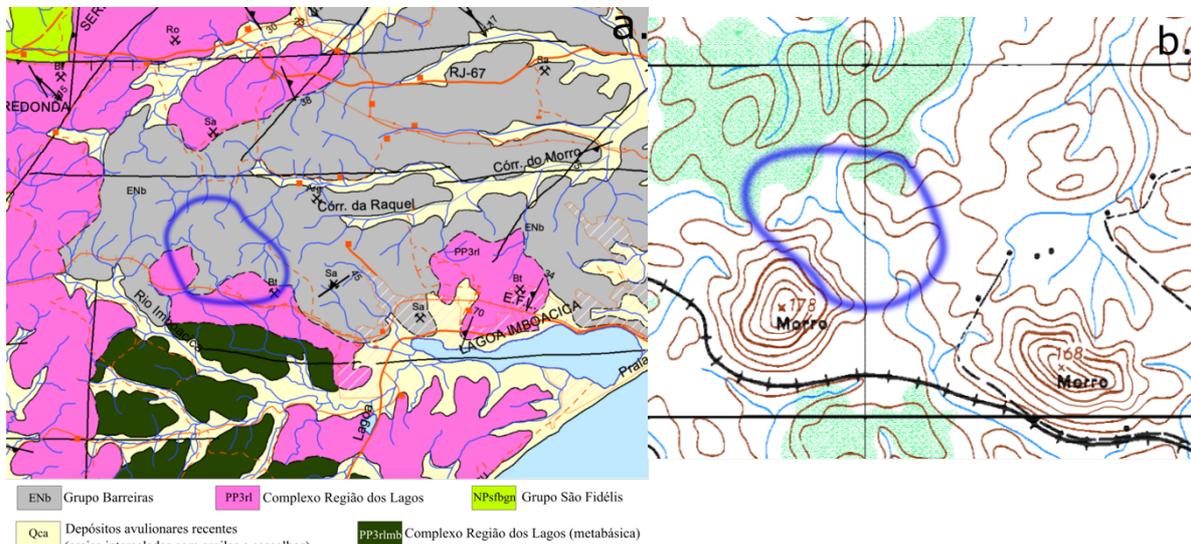


Figura 1. a. Mapa Geológico; b. Mapa Topográfico – adaptados de Almeida *et al.* (2009) e IBGE (1969), respectivamente.



Figura 2. Vista aérea da região da obra após terraplanagem.

Em função do exposto, o perfil do subsolo esperado é um silte argiloso e material arenoso nas regiões mais planas e baixas com existência de nível freático não aflorante; e leito rochoso profundo em geral e potencialmente raso a aflorante nas proximidades do morro que delimita uma parcela do perímetro do terreno.

O clima local é classificado como tropical úmido (FREITAS *et al.*, 2015). Foram coletadas informações da estação meteorológica A608 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), a qual fica a 8,2 km da obra, em uma elevação similar a do empreendimento. Os dados pluviométricos locais constam na Tabela 1.

Tabela 1. Dados pluviométricos da Estação A608. Compilados de (INMET, 2021).

| Mês/Ano | Março 2013 | Dezembro 2013 | Janeiro 2014 | Fevereiro 2014 | Março 2014 | Abril 2014 |
|-------------------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|
| Precipitação total (mm) | 84,0 | 331,2 | 4,4 | 17,7 | 49,2 | 79,2 |

3.2 Descrição e Histórico

A obra objeto de estudo consiste em uma planta industrial de grande porte sendo composta por uma série de galpões além de algumas estruturas auxiliares construídos em uma área de cerca de 340 mil m². Esta compreende duas elevações com diferença de cerca de 10 m entre si, as quais serão chamadas de platô inferior e superior. Para a adequada compreensão do caso, apresenta-se um relato dos acontecimentos ocorridos entre 2013 e 2014.

A aquisição da área ocorreu posteriormente ao processo de terraplanagem do terreno. No início dos



estudos conceituais e de projeto básico os profissionais não tiveram acesso ao projeto de terraplanagem e naquela ocasião sequer sabiam da sua existência. Nesta perspectiva, informações valiosas estavam sendo perdidas, dentre as quais destacam-se a morfologia do terreno natural, características geológicas importantes como afloramentos de rochas, demarcação das áreas de corte e aterro além do controle de compactação empregado. Na fase de elaboração do projeto básico foi concebido um plano de investigação geotécnica preliminar. Este era composto por uma malha de SPT cujos pontos foram locados em função do *layout* do projeto básico.

Esta campanha preliminar será chamada de Campanha 1 e foi executada pela Empresa A contratada diretamente pela proprietária do empreendimento. Este serviço foi executado em março de 2013. Destaca-se que apesar desta campanha não ser plenamente representativa e ser insuficiente para um projeto executivo, ela era primordial visto que daria as primeiras impressões sobre as características do subsolo da obra. Além disto, ela viria a ser a base para a fase de cotação e posteriormente da contratação dos serviços relativos à execução das fundações.

Após a definição da empresa responsável pela execução da obra, ficou a cargo desta a elaboração de uma campanha complementar visando a caracterização do subsolo para fins de dimensionamento das estruturas de fundações. Esta será designada como Campanha 1-A, ela ocorreu entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014 e foi realizada pela mesma firma responsável pela Campanha 1. Muito embora tenha havido relatos de dúvidas a respeito da primeira campanha – inclusive recomendações para que outra empresa a executasse – este fato foi completamente ignorado. Portanto, os resultados destas campanhas iniciais subsidiaram o dimensionamento das fundações profundas em estaca hélice contínua monitorada.

Na fase da execução destas estacas, observou-se que algumas delas não alcançavam os comprimentos previstos (ainda que sondagens próximas às locações indicassem ser possível atingir as cotas especificadas). Este fato foi observado pela equipe de execução das estacas e por mérito desta reforçou-se o apelo por uma reavaliação do subsolo.

Sendo assim, foi requerida uma nova campanha, a qual será chamada de Campanha 2, realizada entre janeiro e fevereiro de 2014 pela Empresa B. De posse dos novos boletins, observou-se discrepância entre as sondagens da Empresa A e da Empresa B. As divergências eram evidentes e havia um forte indício de que as Campanhas 1 e 1A eram as que possuíam informações duvidosas. Porém, em face da falta de confiança inspirada pela situação, tornou-se imperativa a execução de uma nova campanha de sondagem. Esta será chamada de Campanha 3, executada entre fevereiro e abril de 2014 e para tal foi escolhida a Empresa C, idônea e reconhecida no mercado, esperando assim sanar as dúvidas que pairavam sobre o projeto. Por fim, em outubro de 2014 foi executado um plano particular de investigação que consistiu em três sondagens mistas, também executadas pela Empresa C.

3.3 Análise do Problema

Em relação ao número mínimo de sondagens, conforme ABNT (1983), os projetos preliminar e complementar mostraram-se coerentes e os pontos foram locados em regiões que levaram em consideração as características das estruturas. Todas as sondagens com medida de resistência foram executadas com equipamento manual acionado por corda, conforme previsto pela ABNT (2001), vigente à época da execução. Não há conhecimento nem registro dos detalhes de todos os materiais empregados nos diversos ensaios.

Apesar das campanhas 1 e 1A terem apresentado informações no mínimo incomuns, o problema só se tornou evidente na ocasião do início da execução das fundações. Nesse ínterim, dentre os documentos de referências encontrou-se informações sobre a terraplanagem, a qual havia sido executado anteriormente à aquisição da área. A análise deste projeto, um fato novo dentro do contexto do problema, mostrou que a Campanha 1 levou a conclusões equivocadas sobre as áreas de aterro e de corte. Na realidade, as Campanhas 1, 1A e 2 acusaram camadas de aterro em região de corte. Por outro lado, os resultados da Campanha 3, em sintonia com o projeto de terraplanagem, indicavam que parte do terreno havia sido cortado e esta conclusão convergia com a avaliação da topografia e da geomorfologia local, observada após visita de campo.

A Tabela 2 foi produzida a partir da compilação das características de todos os boletins de SPT pertencentes a cada campanha. Nela é possível notar que somente a Campanha 3 não identificou o platô superior como área de aterro, sendo a espessura de 1,15 m registrada como um caso particular. Além disto, vale destacar as diferenças entre as campanhas 1 e 1A conduzidas pela mesma empresa (A). Salienta-se por



exemplo o fato da Empresa A encontrar camada de aterro no platô inferior na campanha 1 e na campanha 1A identificar um único furo com 4 m de espessura de aterro, sendo os demais classificados como área de corte. Ademais, as campanhas 1 e 1A não detectaram níveis freáticos condizentes com os períodos chuvosos em que foram executados (Tabela 1).

Tabela 2. Características gerais das campanhas de SPT.

| Platô | Item (m) | Campanha | | | |
|----------|------------------|----------|----------|---------|-----------|
| | | 1 | 1A | 2 | 3 |
| Superior | Espessura Aterro | Até 6,68 | Até 8,11 | Até 6,4 | Até 1,15* |
| | Prof. Freática | 1,24* | - | 8 a 14 | 8 a 13 |
| | Prof. Perfurada | 2 a 25 | 16 a 21 | 11 a 17 | 11 a 32 |
| Inferior | Espessura Aterro | Até 8 | 0 (4*) | - | Até 7,25 |
| | Prof. Freática | 2 a 7 | 0 (3,3*) | - | 2,5 a 4 |
| | Prof. Perfurada | 2 a 26 | 18 a 22 | - | 12 a 31 |

* casos isolados, onde a maioria dos valores é igual a zero.

A peculiaridade do caso fez com que dois ou até três furos de SPT fossem executados bastante próximos (cerca de cinco metros entre si). Selecionou-se para o estudo os dados de alguns SPT's conforme Tabela 3. No platô superior, que teoricamente se encontrava em área de corte, foram comparados três locais e no platô inferior, cujo estudo topográfico indicou ser uma área de aterro, foi comparado um local.

Tabela 3. Sondagens próximas selecionadas para análise comparativa.

| Local | Platô | Campanha | | | |
|-------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | 1 | 1A | 2 | 3 |
| 1 | Superior | - | SP-103(A) | SP-02(B) | SP-02(C) |
| 2 | Superior | - | SP-109(A) | SP-11(B) | SP-08(C) |
| 3 | Superior | - | SP-111(A) | SP-13(B) | SP-13(C) |
| 4 | Inferior | SP-20(A) | SP-127(A) | - | SP-506(C) |

Ao analisar as sondagens do platô superior (locais 1, 2 e 3) notou-se que a Empresa A não identificou nível d'água em nenhuma das três sondagens. Em contrapartida, as sondagens das Empresas B e C apontaram um nível freático aproximadamente semelhante. A maior discrepância ocorreu entre as sondagens SP-02(B) e SP-02(C). Porém ao confrontar com os dados hidrológicos (Tabela 1), observou-se que a sondagem SP-02(C) foi executada em um período de precipitação quatro vezes superior àquele da sondagem SP-02(B), o que mostra coerência (janeiro e fevereiro de 2014). Em relação ao tipo de material do subsolo, os dados topográficos e o projeto de terraplanagem indicam que o Platô superior é uma área de corte. Apesar disto, somente a Campanha 3 não identificou a existência de aterro e, portanto, foi a única campanha capaz de confirmar este fato.

A Figura 3 exibe os perfis das sondagens do local 2 (platô superior, conforme Tabela 3) elaborados a partir dos relatórios de campo. Os valores de N_{SPT} , exibidos à esquerda de cada perfil, são aqueles que deram origem à representação gráfica da Figura 4.b.

Fica evidente, na Figura 3, a discrepância dos resultados entre as três empresas. Houve discordância nos índices de resistência, no nível freático e na identificação das camadas. Aparentemente a única convergência ocorreu na profundidade necessária para atingir um suposto nível impenetrável à percussão. Esta figura exprime a importância da escolha da empresa executora, da fiscalização dos serviços e da análise crítica do engenheiro geotécnico.

Por fim, ao comparar resultados de sondagem a percussão é importante avaliar os valores de índice de resistência. Pelas características inerentes do SPT sabe-se que a repetibilidade é um aspecto sensível, porém no caso de ensaios executados conforme técnica correta, espera-se que os valores estejam dentro de uma ordem de grandeza. A Figura 4 exibe os valores de N_{SPT} ao longo da profundidade para os furos dos locais 1 ao 4.

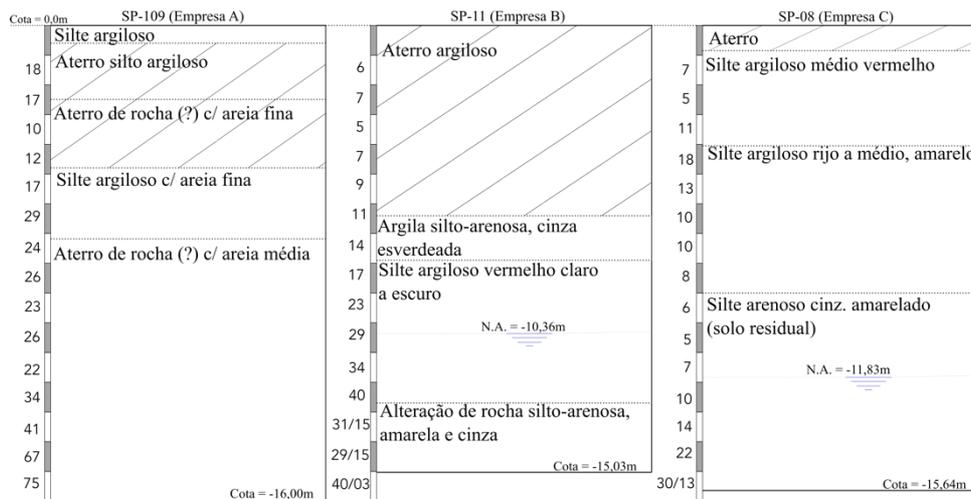


Figura 3. Comparação entre sondagens próximas do local 02 executadas por três empresas distintas.

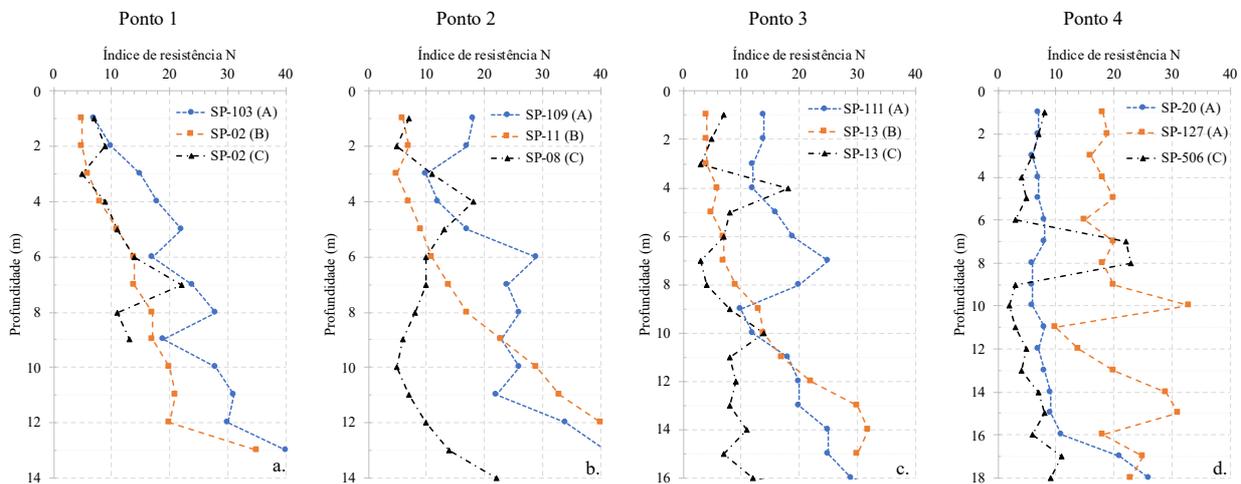


Figura 4. Valores de N_{SPT} ao longo da profundidade. Platô superior: a. Local 01; b. Local 02; c. Local 03; Platô inferior: d. Local 4.

Selecionou-se para o platô inferior uma situação de interesse especial para a análise onde duas das três sondagens comparadas foram executadas pela mesma empresa – sondagens SP-20(A) e SP-127(A), conforme Tabela 3. Sendo uma oportunidade de avaliar e tentar compreender se os procedimentos de ensaio, ou talvez os equipamentos, estivessem influenciando nos resultados. Para esta conclusão, seria esperado que os boletins das sondagens citadas anteriormente fossem similares, o que não se observou na prática.

Em oposição aos casos dos Pontos 1 ao 3, nesta situação, uma das sondagens da Empresa A, SP-20(A), revelou resultados bastante próximos do indicado no boletim da sondagem SP-506(C) da Empresa C, com exceção de um pico de resistência no 7º e 8º m de profundidade, conforme Figura 4.d. Nestas duas sondagens a espessura da camada de aterro, o nível freático e a cota do impenetrável foram muito similares. Concluiu-se que o resultado destas estava conforme o esperado considerando a análise em paralelo da topografia, da geologia e da planta de terraplanagem do local.

Por outro lado, foi inesperado notar que as sondagens SP-20(A) e SP-127(A), ambas executadas pela mesma empresa (A), em um intervalo de dez meses, forneceram valores tão discrepantes. Na Figura 4.d é possível notar que o SP-127(A) indicou uma resistência de pelo menos o dobro das demais. Além disto, não houve indicação de nível freático, apesar dos dados hidrológicos sinalizarem ocorrência de regime de chuvas acima da média no período de execução daquela sondagem.

Finalizando a fase de exploração do subsolo, executou-se três perfurações com sondagem mista. Estas caracterizaram a rocha matriz como sendo do tipo gnaissica, o que era esperado conforme estudos prévios do mapa geológico da área.



3.4 Solução do problema e comentários finais

O problema exposto teve sua gênese na escolha da empresa executora da campanha de investigação do subsolo. Apesar dos indícios dos próprios boletins de sondagem resultantes, o erro não foi identificado. Somente na fase da execução, com os equipamentos mobilizados, concretizaram-se as dúvidas sobre os resultados. A solução consistiu em re-investigar o subsolo com uma campanha complementar. Em face da emergência do caso, e de posse de boletins de sondagem que contrariavam os primeiros resultados, foi preciso executar uma nova campanha de investigação para caracterizar indiscutivelmente o subsolo local. Esta última e definitiva campanha de investigação foi realizada por uma empresa idônea e reconhecida no mercado de ensaios de campo.

Os boletins da Empresa C, como previsto, apresentaram resultados mais coerentes e consistentes com o esperado de acordo com os aspectos geomorfológicos locais. As áreas próximas a regiões de maior declive apresentaram finas camadas de horizonte intemperizado. Este fato foi constatado a partir da análise de três sondagens mistas cujos laudos identificaram espessuras de cerca de cinco metros até que se atingisse a rocha sã classificada como gnaisse. Nos pontos mais baixos do terreno, após o aterro, pode-se observar uma camada delgada de material potencialmente transportado, seguido por um material argiloso mole subjacente ao solo residual.

Em função dos estudos, foi possível invalidar categoricamente as campanhas executadas pelas Empresas A e B (campanhas 1, 1A e 2). O estaqueamento executado foi reavaliado para as novas sondagens e houve casos em que necessitou-se executar estacas adicionais, aumentar o bloco de coroamento e conseqüentemente revisar o projeto estrutural das cintas. Em outros casos, optou-se por descartar os elementos executados devido a capacidade de carga prevista não atender as solicitações. Já para aquelas estacas que viriam a ser executadas foi possível realizar ajustes ainda na fase de projeto. Sabe-se que foram previstas provas de carga estática das quais algumas foram executadas, porém não se tem conhecido a respeito dos resultados obtidos.

Finalmente, ao estudar e comparar relatórios de sondagens próximas entre si é preciso ter em mente que eles representam uma ínfima parcela do subsolo que se pretende reconhecer e mais, é preciso ter plena ciência do caráter variável inerente ao material. Estes fatos foram considerados antes de condenar qualquer resultado de SPT.

Ao final do processo descobriu-se que a escolha da empresa responsável pela execução das duas primeiras campanhas se deu pelo critério puramente econômico. Na tomada de preços para a campanha preliminar (Campanha 1) participaram três empresas das quais duas eram de pequeno porte e desconhecidas e uma delas era uma empresa de renome e presente em obras significativas no cenário da engenharia geotécnica no Brasil. A Empresa A, contratada no início, ofereceu um valor que representou 56% e 19% daqueles propostos respectivamente pelas empresas de pequena expressão e aquela reconhecida na área. Baseado nesta análise primária de custos foi decidida a contratação da Empresa A.

Neste sentido é fundamental destacar que o contrato da empreitada da obra, com fornecimento de todos os materiais necessários, foi da ordem de uma centena de milhão de reais. Em termos percentuais, isto significa que a campanha contratada representou 0,064% do custo total em detrimento da escolha de uma empresa idônea que representaria cerca de 0,37% do valor global do contrato da empreitada do empreendimento. A título de comparação pode-se citar dados de Rowe (1972) *apud* Look (2007) que indica uma porcentagem média de 0,7% do custo de uma campanha de investigação em relação ao custo global.

4 Conclusões

Este trabalho ilustra desafios enfrentados pelo engenheiro geotécnico na árdua tarefa de obter informações conforme os critérios técnicos adequados. Mostrou-se latente a necessidade de acompanhar de maneira próxima o processo de investigação do subsolo e, em caso de impedimento, analisar o histórico dos trabalhos sempre com um indispensável olhar crítico.

Conclui-se que o fator determinante para os imprevistos ocorridos durante a obra foi a negligência da campanha de investigação do subsolo. Indiretamente esta questão relaciona-se ao nível de conhecimento técnico, especialmente em termos geotécnicos, dos responsáveis envolvidos em última instância pela



contratação do serviço. As horas despendidas com consultoria especializada, campanhas adicionais, equipamentos e paralisados, além do tempo consumido para a administração do problema em si, mostraram o que significa economizar em campanha de investigação de campo. O desleixo com esta matéria é recorrente na prática da engenharia de fundações e este artigo buscou lançar luz sobre este problema. Em função do exposto é possível concluir que:

- 1- A importância de uma campanha de investigação do subsolo nunca deve ser colocada em segundo plano;
- 2- A contratação do serviço baseado unicamente no preço final tende a ser prejudicial ao empreendimento (tanto técnica quanto economicamente) e esta prática deve ser abolida;
- 3- O conhecimento do histórico profissional das empresas executoras de investigação do subsolo é um caminho no sentido de obter resultados de qualidade;
- 4- Este relato expõe que a origem dos problemas consistiu na busca de uma economia relativa a 0,31% do custo previsto do empreendimento;
- 5- A contratação do serviço de investigação do subsolo baseado em aspectos técnicos é imperativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J.C.H., Dios, F.R.B., Souza, D.M., Martins, P., Costa, M., Azevedo, R., Andrade, E.S., Carvalho, F.H., Rodrigues, G., Fraifeld, F., Schmitt, R.S., Silva, I.H., Nummer, A.R. (2009) Mapa Geológico Folha Macaé (SF.24-Y-A-I) na Escala 1:100.000 – Programa Geologia do Brasil. Contrato CPRM 017/PR/2007. CPRM. Brasília.
- Alonso, U.R. (2021) Discussões. In: *A Interação Solo-estrutura comanda o risco e a segurança em Fundações* (2021). 1 vídeo (106 min). Publicado pelo canal ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DNJaY8FtI8Q>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1983). NBR 8036. *Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR 6484. *Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.
- Freitas, L. E., Nunes, F. S. B., Cruz, J. C. H. O., Vilela, C., Mendes, S., Silva, A. C., Borges, G. (2015) *Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé*. Editora Nova Triade do Brasil. Rio de Janeiro
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (1969) Macaé. Carta do Brasil, Folha SF-24-M-I-3.
- Instituto Nacional De Meteorologia (2021). *Banco de Dados Meteorológicos – Dados Históricos*. Brasília, DF. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 25 mai. 2021.
- Look, B.G. (2007) *Handbook of geotechnical investigation and design tables*. Taylor and Francis/Balkema, London, 331p.
- Luiz, A. M. F., Gutierrez, N. H. M. (2020) Geostatistical data analysis of the Standard Penetration Test (SPT) conducted in Maringá-Brazil and correlations with geomorphology. *Soils and Rocks*, West Conshohocken, v. 43, n. 4, p. 619-629.
- Massocco, N. S., Freiras, B. A., Silva, F. K. (2018) Previsão de capacidade de carga de estacas hélice contínua através dos conceitos de energia de cravação de ensaios SPT. In: XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, Salvador. *Anais COMBRAMSEG 2018*.
- Moh, Z.C. (2004) Site Investigation and Geotechnical Failures. In: International Conference on Structural and Foundation Failures, Singapore. *Proceedings*.
- Nascimento, C. A., Larios, M. R. B. (2020) Cartas geotécnicas: desenvolvimento de software gerador de perfil de resistência à penetração do subsolo do UNASP-EC. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 21, n. 73, p. 321-331.
- Zumrawi M. (2014) Effects of inadequate geotechnical investigation on civil engineering projects. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 3, n. 6, p. 927-931.