

Perda de Produtividade e Sobrecustos Associados às Falhas de Investigações e Projetos Geotécnicos

Thales Braga Pires de Miranda

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, thales.pmiranda@hotmail.com

Crysthian Purcino Bernardes Azevedo

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, purcino@etg.ufmg.br

RESUMO: Pretende-se, neste trabalho, avaliar qualitativamente como os resultados de investigações geotécnicas podem impactar a produtividade das obras de engenharia. Durante o planejamento de qualquer obra, estes resultados são parte essencial para a determinação dos métodos executivos e, principalmente, para formação de preços dos serviços. Dada a elevada incerteza dos mesmos, é comum a descoberta, durante o processo executivo da obra, de materiais não previstos nos ensaios. Isto pode acarretar em um aumento ou diminuição da produtividade e, conseqüentemente, em custos adicionais à obra. Complementarmente, será apresentado um breve estudo de caso envolvendo sobrecustos de uma obra em decorrência de problemas na execução das investigações geotécnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Investigações geotécnicas, Produtividade, Geotecnia, Sobrecustos.

1 INTRODUÇÃO

O início de qualquer obra de engenharia passa por serviços de fundação, terraplenagem e geotecnia. Deve-se conhecer todas as características do terreno a fim de se projetar de maneira precisa e, principalmente, atingir bons níveis de produtividade durante a execução, como bem expõe Schnaid (2000, p. 1): “O reconhecimento das condições do subsolo constitui pré-requisito para projetos de fundações seguros e econômicos [...] sendo as informações geotécnicas obtidas indispensáveis à previsão dos custos fixos associados ao projeto e sua solução” (grifou-se).

Para se obter bons níveis de produtividade, deve-se dar especial na etapa de planejamento, onde serão definidas a maioria das variáveis da construção: composições de preço, cronogramas e projetos executivos – itens essenciais do planejamento baseados em diversos estudos prévios. Incluem-se análises de viabilidade, projeções econômico-financeiras, estudos de mercado, estudos hidrológicos, investigações geológico-geotécnicas, entre outros.

Os resultados das investigações do solo impactam diretamente na produtividade final da

obra. Entretanto, os métodos de investigação (a maioria empíricos) desenvolvidos até os dias de hoje não são precisos o suficiente, especialmente em se tratando de áreas extensas. Somam-se ainda práticas incorretas por parte das empreiteiras que produzem estudos incoerentes e que frequentemente geram problemas durante a execução de empreendimentos.

Este trabalho objetiva introduzir os impactos decorrentes das falhas de investigações geotécnicas de maneira sucinta, e ilustrar com um breve estudo de caso, decorrente da experiência do Autor.

2 ENSAIOS DE CAMPO

Ensaio de campo são o tipo mais comum de procedimento para investigações geotécnicas. São apresentados, a seguir, os ensaios mais utilizados, seus métodos executivos, principais características, vantagens e desvantagens. Ressalte-se que a maioria dos ensaios é realizada por meio de aproximações empíricas, dada a elevada heterogeneidade e complexidade de solos e rochas. Portanto, deve-se assumir certo grau de incerteza inerente às investigações.

Os métodos de ensaio existentes podem ser classificados em dois tipos principais segundo Schnaid (2000, p. 2): diretos – de natureza empírica ou semi-empírica, têm fundamentação estatística, a partir das quais as medidas de ensaios são correlacionais diretamente ao desempenho de obras geotécnicas – e indiretos: os resultados são aplicados à previsão de propriedades de solos, adotando-se conceitos e formulações clássicas de mecânica dos solos.

2.1 SPT (Standard Penetration Test)

O SPT é o mais difundido de todos os ensaios de campo, especialmente no Brasil, onde cunhou-se a expressão “engenharia do SPT”, devido à maioria dos ensaios realizados serem desse tipo. É amplamente utilizado para identificação da capacidade de suporte do solo e para sua caracterização visual.

Consiste na cravação de um amostrador com o auxílio de um peso padrão que é solto de uma altura também padronizada (Figura 1).



Figura 1. Execução de sondagem SPT

Durante a penetração, mede-se o N_{SPT} – número de golpes necessários para penetração dos 30 cm finais de 45 cm. Utiliza-se então algum método para definir a capacidade de carga do solo através de correlações empíricas com o N_{SPT} .

O SPT foi normatizado pela ASTM (*American Society for Testing and Materials*), mas vários países adotam normas próprias, como o Brasil, onde é regulado pela NBR 6.484. Devido a não padronização do ensaio, é comum a ocorrência de variações nos resultados.

As principais vantagens do SPT são sua simplicidade executiva, o baixo custo dos equipamentos e a existência métodos regionais para cálculo da capacidade de carga do solo.

A grande desvantagem é a susceptibilidade da energia do martelo aos fatores externos. Silva

(2008, p. 46) afirma que a variação entre a energia gerada e transmitida durante o ensaio pode elevar o valor de N_{SPT} em até três vezes.

Devido à sua elevada energia de cravação, o ensaio SPT não é recomendado para solos moles, pois o próprio impacto da cravação é capaz de modificar as características do solo. Também apresenta resultados irreais em areias puras, onde o valor da resistência encontrado pode estar muito abaixo da real capacidade do terreno e pode induzir o projetista a superdimensionar as estruturas de fundações, adotando um parâmetro de suporte para o solo muito menor do que o real.

Apesar de ser um equipamento de simples operação, é necessário que o operador esteja atento tome certos cuidados. São erros comuns: não medição precisa da altura de queda, não execução da circulação de água antes de definir o furo como “impenetrável”, contagem errada do número de golpes, não executar furos suficientes ou espaçados inadequadamente, etc.

O próprio solo pode gerar resultados incoerentes. A compactação relativa das areias resulta em um aumento irreal do N_{SPT} de acordo com a profundidade, que não será mantido durante a fase executiva da obra.

As incertezas geradas por estes fatores e a prática brasileira – frequentemente omissa – produzem variações na energia transmitida entre 65 a 80%, conforme levantamento de Belincanta (1998) apud Schnaid (2000, p. 15).

2.1.4 SPT-Torque (SPT-T)

Método complementar ao SPT, consiste na aplicação de torque no conjunto haste-amostrador após a cravação. Utiliza-se um torquímetro para medir o torque máximo torque para romper a adesão solo/equipamento e definir o atrito lateral resistido. Sua principal vantagem é redução dos erros inerentes ao SPT, pois não depende do número de golpes, altura de queda, peso do martelo, atrito das peças, etc. Fornece o torque residual, parâmetro secundário melhora a precisão do ensaio. A Figura 2 ilustra o ensaio.

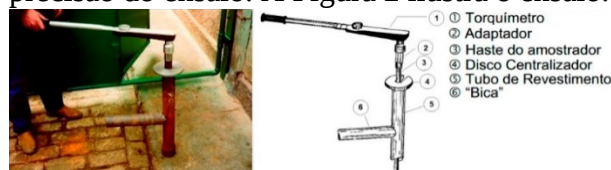


Figura 2. Torquímetro para ensaio SPT-T

2.2 CPT (Cone Penetration Test) e CPTU (Piezocone Penetration Test)

O CPT pode ser utilizado para determinação de perfis de solos e suas propriedades e prever a capacidade de carga de fundações. Apresenta alta precisão e é recomendado para solos compressíveis e de baixa resistência.

Consiste na cravação de uma ponteira cônica no terreno, sob velocidade constante, enquanto sistemas elétricos fazem a medição contínua da resistência de ponta (q_c) e atrito lateral (f_s).

As principais vantagens são o fornecimento contínuo dos parâmetros, permitindo uma boa definição dos horizontes dos materiais, e o fato de não sofrer influência do operador. É um ensaio portátil, podendo ser montado sobre um caminhão, utilitário ou reboque (Figura 3), atingindo bons níveis de produtividade, devido à facilidade de deslocamento do conjunto.

O piezocone é um complemento ao ensaio que mede, continuamente, a poropressão atuante.

O CPT e o CPTU apresentam ótima precisão sendo possível a identificação e distinção de camadas finas de material.



Figura 3. Equipamento para ensaio CPT

Avanços tecnológicos aprimoraram o ensaio CPT, criando acessórios que melhoram sua precisão, como geofones (Figura 4), que podem ser incorporados ao fuste de cone para medidas de velocidade de propagação de ondas de compressão e de cisalhamento, utilizadas para determinação das camadas de solo.

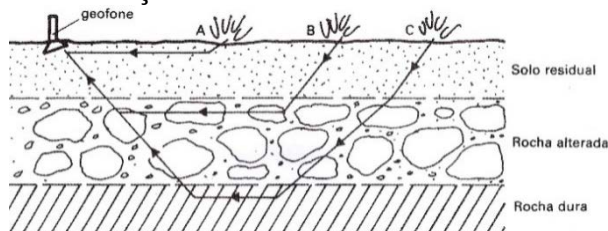


Figura 4. Esquema de funcionamento de um geofone

2.3 Ensaio de Palheta (Vane Test)

Tradicionalmente empregado na determinação da resistência ao cisalhamento não-drenada (S_u) de argilas moles. Serve de referência a outras técnicas e metodologias, cuja interpretação requer a adoção de correlações semi-empíricas.

Utiliza uma palheta de seção cruciforme que, cravada em argilas saturadas de consistência mole a dura, é submetida ao torque necessário para cisalhar o solo por rotação, em condições não drenadas. É, portanto, necessário o conhecimento prévio da natureza do solo onde será realizado o ensaio, não só para avaliar sua aplicabilidade, como para, posteriormente, interpretar adequadamente os resultados.

2.4 Fatores de segurança

É importante ressaltar que os fatores de segurança (FS) envolvidos em procedimentos geotécnicos se relacionam diretamente com a eficiência das investigações. Por definição, o FS é responsável por mitigar os efeitos das incertezas inerentes aos processos de investigação, projeto e execução das estruturas. Reese & Wright (1977) apud Schnaid (2000) propuseram que o FS pode variar até 106% em função da eficiência das investigações geotécnicas.

2.5 Considerações

Observa-se que o ensaio SPT predomina no Brasil e que existe grande resistência ao uso de outros métodos – mais onerosos – por parte das empreiteiras. Por ser altamente sujeito a falhas nos resultados, pode-se inferir que há um risco inerente de ocorrência de falhas em boa parte dos ensaios realizados no País.

3 PLANEJAMENTO DE CUSTOS

Etapa essencial de qualquer obra, a fase de planejamento é responsável por definir os custos, prazos e recursos produtivos necessários à execução dos serviços.

3.1 Definição

O cálculo da remuneração por determinado serviço está associado ao levantamento dos

custos diretos (representados pelo valor dos insumos aplicados e horas de utilização de mão de obra e de equipamentos) e dos custos indiretos (componente do BDI, junto ao lucro e impostos).

Durante o planejamento de um empreendimento são consideradas condições de execução que incluem também fatores de risco previsíveis, relacionados ao ambiente, à produção ou à economia – regime de chuvas, evolução da inflação e juros do mercado, histórico de pagamento da contratante, baixa produtividade da mão de obra em determinadas regiões, etc.

3.2 Composições de preços para serviços de terraplenagem, geotecnia e fundações

As composições de preço dos serviços relacionados à geotecnia merecem atenção especial pois diversos fatores contribuem para sua determinação, como bem explica Mattos (2011, p. 138): “O mais difícil em uma composição de custos de um serviço de terraplenagem não é a quantificação dos volumes em questão [...], mas o estabelecimento das produtividades [...]. São muitas as variáveis envolvidas, algumas das quais alvo de interpretações e análises subjetivas”.

Em se tratando de obras de engenharia – em especial obras geotécnicas – a produtividade está majoritariamente associada aos equipamentos, pois os serviços detêm alto grau de mecanização. Os equipamentos utilizados (escavadeiras, tratores, caminhões, scrapers etc.) são peça chave na determinação da produtividade global do empreendimento e seus custos são baseados em fatores como:

- Tempo de ciclo (t_c): tempo necessário para a execução de um ciclo composto de quatro operações básicas: escavação, carga, transporte e descarga/espalhamento.
- Fator de empolamento (ϕ_1): dado pela razão entre o volume natural (V_n) e o volume solto (V_s) do material escavado, decorrente do fenômeno de descompactação do solo. Varia entre 0,71 para solos argilosos e 0,89 para solos arenosos secos. Este parâmetro, isolado, pode influenciar diretamente em até 25% na produtividade dos equipamentos.
- Fator de carga (F_C): razão entre a capacidade efetiva do equipamento para determinado

material e a capacidade nominal, variando entre 0,90 para materiais de 1ª Categoria e 0,70 para materiais de 3ª Categoria. Este parâmetro, isolado, pode influenciar diretamente em até 29% na produtividade dos equipamentos.

3.3 Pesquisa de mercado

Para demonstrar a variação do custo de escavação em função da categoria do material, utilizou-se a Tabela Referencial de Preços para Obras Rodoviárias do DER-MG, com preços vigentes em 31/01/2015, apresentados na Tabela 1 em função da categoria do solo e da distância média de transporte (DMT), e ilustrados graficamente na Figura 5.

Tabela 1. Custo de escavação, carga, descarga, espalhamento e transporte de material de, com caminhão, por categoria e DMT.

DM T (m)	Custo por categoria (R\$/m³)			
	Solo mole	1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria
200	9,63	5,09	6,61	20,59
400	10,05	5,37	6,99	21,05
600	10,49	5,96	7,34	21,51
800	11,16	6,27	8,07	22,47
1.000	11,50	6,54	8,44	22,95

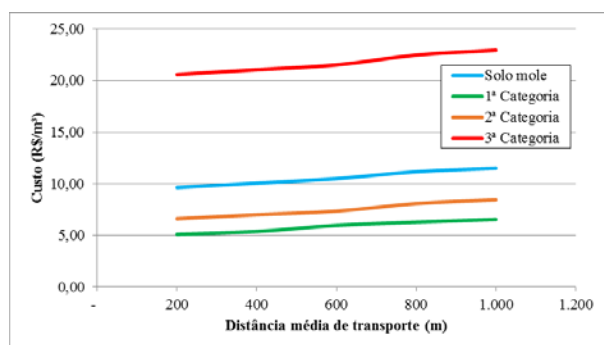


Figura 5. Variação do custo de escavação, transporte e espalhamento de material, por categoria e DMT

Observa-se na Figura 5 que o custo de transporte de material de 3ª categoria é muito superior aos demais e que o material influencia mais no custo final do que a DMT. Logo, em uma eventual discrepância entre os materiais previstos e encontrados no local da obra, pode haver um enorme sobrecusto com a escavação e

transporte.

3.4 Aplicabilidade e custo de equipamentos de terraplenagem

Existem diversos tipos de equipamentos de terraplenagem com características específicas que os tornam melhores em determinada situação de trabalho. Nem todo equipamento é capaz de trabalhar em certos terrenos, devido ao peso, raio de manobra, modo de operação, etc.

O custo de operação também varia de acordo com o aparelho. Quanto maior a complexidade do serviço a ser executado, mais caro é o equipamento necessário.

4 PRODUTIVIDADE EM OBRAS DE TERRA

A produtividade de obras de terra é determinada em função do tipo de material a ser trabalhado, o serviço e os equipamentos a serem utilizados. Serão abordados aspectos básicos como as características dos principais tipos de solo, determinação da produção de equipamentos de terraplenagem e escavação.

4.1 Classificação de solos e rochas

Existem diversos sistemas de classificação de solos e rochas. O DNIT (2009) classifica em categorias:

- 1ª Categoria: solos em geral, com diâmetro inferior a 0,15 m, facilmente escaváveis.
- 2ª Categoria: solos de resistência média, necessita de escarificação e, eventualmente, explosivos. Incluem-se blocos de rocha inferiores a 2 m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio entre 0,15 m e 1 m.
- 3ª Categoria: materiais alta resistência e blocos de rocha com diâmetro superior a 1 m, ou volume superior a 2 m³, cuja extração e redução se processem com o emprego contínuo de explosivos.

A NBR 6.502 apresenta a seguinte classificação:

- Argilas: solos finos, partículas menores que 0,002 mm e elevado grau de coesão e plasticidade. Sua escavação pode ser verticalizada e sem escoramento.

- Areias: solos não coesivos e não plásticos, partículas entre 0,06 e 2,00 mm. Apresentam baixa produtividade de escavação que, muitas vezes, exige escoramento.
- Siltes e outros: solo intermediário entre a argila e areia. Possui baixa ou nenhuma plasticidade e partículas entre 0,002 e 0,06 mm. Sua produtividade varia de acordo com suas características.
- Rochas: materiais sólidos, muito bem consolidados e de alta resistência. Em geral, sua escavação requer o uso de explosivos, fazendo com que o procedimento seja bastante oneroso e de maior risco. A produtividade dos equipamentos depende da fragmentação da rocha (explodida ou não).

Importante apresentar também os solos orgânicos que, segundo Pinto (2011, p. 73), contêm 4 a 20% de matéria orgânica. São solos problemáticos, encontrados principalmente em depósitos litorâneos ou várzeas de rios. Têm elevado índice de vazios, baixa capacidade de suporte e alta compressibilidade. Se houverem folhas e caules na decomposição, formam-se as turfas, material extremamente deformável e compressível, susceptível a recalques.

6 ESTUDO DE CASO

Para ilustrar os efeitos dos erros nas investigações geotécnicas na produtividade de uma obra, será apresentado um breve estudo de caso onde problemas de identificação do solo impactaram o planejamento inicial da obra e impossibilitaram o alcance da produtividade programada. Tal fato provocou, ainda, um substancial custo adicional na execução dos serviços. Para manter a confidencialidade as empresas envolvidas não serão identificadas.

6.1 Introdução

Trata-se de uma obra dutoviária com ramais de grande diâmetro. Por se tratar de uma obra de grande extensão, era plausível que fossem encontrados solos distintos, informação que deveria ser considerada durante a fase de planejamento e orçamento das propostas, de forma a possibilitar a identificação das melhores técnicas executivas trecho a trecho.

A execução de obras dutoviárias requer atenção especial quanto ao solo. Durante o projeto, deve-se avaliar a capacidade de suporte do terreno e escavabilidade, além do material de aterro, que deve ser suficientemente denso para manter os dutos enterrados. Resumidamente, a obra consistiu nos seguintes serviços: marcação topográfica da faixa de domínio, limpeza e regularização do terreno; Supressão vegetal e roçagem; Preparação do canteiro; Execução de obras complementares de acesso e drenagem; Desfile, curvamento e soldagem dos dutos; Abertura das valas; Descida dos dutos nas valas; Cobertura e aterro.

Note-se que grande parte dos serviços envolve atividades relacionadas à geotecnia.

Durante a execução, foram encontrados materiais com comportamento diferente do previsto, impactando no processo de execução das atividades e demandando serviços extras e mudança na alocação dos recursos inicialmente previstos – como a necessidade de alocação de equipamentos mais pesados e onerosos.

6.2 Problemas encontrados

Durante a fase de licitação, a contratante disponibilizou um relatório de estudos geotécnicos que definiam o perfil do solo da região. Predominantemente, foram identificados solos argilosos consistentes, com registros pontuais de argila mole e solo orgânico.

Conforme visto anteriormente, as argilas são materiais de boa escavabilidade, frequentemente classificados como 1ª categoria, apresentando boa produtividade. A Figura 6 ilustra a instalação de duto em vala aberta em solo argiloso e coesivo, semelhante ao que deveria ter sido executado pela contratada no caso em estudo. Observa-se que, nestas condições, é possível realizar a escavação mantendo as paredes da vala verticalizadas, sem necessidade de escoramento.

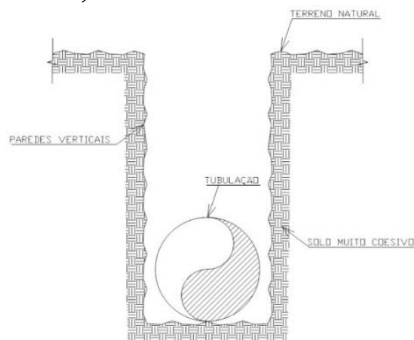


Figura 6. Instalação de duto em vala escava em solo argiloso

A Figura 7 mostra o uso de paredes inclinadas para estabilização das valas, quando necessário. O ângulo de inclinação é definido pela projetista. Algumas empresas podem optar por executar as valas com paredes inclinadas por segurança.

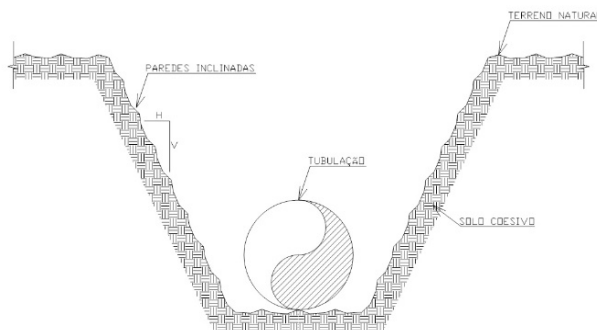


Figura 7. Instalação de duto em vala com paredes inclinadas

A contratada, então, elaborou sua proposta com as informações apresentadas pela contratante, considerando que a escavação dos dutos seria realizada em terreno de boa trabalhabilidade.

Entretanto, durante a execução das obras foi constatada a existência de solos moles orgânicos, saturados e com presença de matacões. Este fato gerou a necessidade de mudança de toda a metodologia executiva de abertura de valas, como pode ser exemplificado na Figura 8.

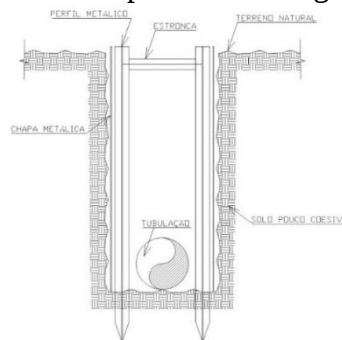


Figura 8. Instalação de duto em vala escavada em solo mole

Observe-se a presença de escoras e pranchas. É necessária uma maior largura de abertura da vala, o que reduz a logística de todo o canteiro. A diminuição da faixa útil para movimentação acarreta em redução da produtividade ao passo que gera interferência entre equipamentos e limita o porte e quantidade dos mesmos.

Alguns equipamentos foram desmobilizados, como retroescavadeiras que foram substituídas

por equipamentos mais pesados e onerosos, como *draglines*, que operavam com o auxílio de escoramentos e bombas para drenagem.

Observou-se a ineficiência do solo local para o lastreamento dos dutos, pois o mesmo não possuía peso específico condizente com as especificações de projeto, necessário aterrar os dutos corretamente. Foi usado então material de empréstimo, onerando significativamente a obra.

6.3 Novas investigações

A contratada realizou, então, novos estudos para verificar as reais condições do solo e replanejar a obra. Os resultados apontaram a presença de areias grossas de pouca compacidade (solos friáveis), orgânicos moles, turfas (Figura 9) e areias desmoronáveis, além da presença de matacões e pedregulhos em alguns locais.



Figura 9. Turfa

Solos orgânicos possuem baixa escavabilidade e é necessário o escoramento das valas para que não se fechem, além de imporem dificuldade ao deslocamento de equipamentos. Em função da baixa resistência e alta compressibilidade, fica restrito o uso de equipamentos de roda, sendo necessária a utilização de esteiras que melhor distribuem o peso da máquina sobre o solo.

O novo relatório apontava pontos onde era impossível a abertura de valas com profundidade maior que 1 m sem escoramento, enquanto o projeto previa valas de 4 m para o correto assentamento dos dutos.

6.4 Causas

As novas investigações e análises de consultores permitiram identificar porque algumas causas dos problemas encontrados não foram

percebidas durante os estudos geotécnicos.

Os perfis providos pela contratante durante a fase de licitação baseavam-se em dois estudos distintos: sondagens SPT e sondagens a trado que deram base a composição de um perfil geral.

Entretanto, durante a execução dos ensaios não foi realizado um plano de sondagem adequado. A maioria dos furos foi feita em locais que apresentavam solos com maior capacidade de suporte e não refletiram o perfil da região como um todo. Ainda, foram detectados erros nas sondagens, que diferiram fortemente das novas sondagens realizadas nos mesmos locais.

Ainda, os furos foram pouco profundos. A maioria das sondagens foi executada até cotas superiores às especificadas em projeto e, portanto, não atingiram o solo de assentamento. Os novos estudos definiram o horizonte de solo orgânico, que se revelou muito mais profundo do que o previsto.

6.5 Sobrecustos

Os problemas ocorridos nos ensaios geraram sobrecustos à contratada da ordem de milhões de reais, decorrentes dos gastos com equipamentos mais onerosos, da mobilização e desmobilização de equipes, dos custos de improdutividade de equipamentos e mão de obra e dos custos indiretos devidos à dilatação do prazo contratual em função da baixa produtividade.

7 ANÁLISES

Conforme exposto acima, a descoberta de solos e rochas não previstos nas sondagens, especialmente após o início das obras, impacta negativamente a execução do contrato, exigindo alterações de metodologia executiva em função do novo material encontrado. Essas mudanças impactam diretamente a produtividade de equipamentos e mão de obra que, por vezes, precisam ser realocados. Em se tratando de equipamentos, pode ser necessária até mesmo a sua desmobilização ou troca por outros mais custosos, pois podem se tornar inutilizáveis por não terem capacidade operar novos materiais.

Como visto, é notável a influência dos solos no planejamento de obras, desde a seleção da metodologia executiva para cada serviço,

escolha dos equipamentos, etc. e consequente reflexo no preço final do empreendimento.

No caso apresentado, observou-se que mesmo em grandes obras, realizadas por grandes empreiteiras, ainda ocorrem erros elementares nas investigações resultando em enormes prejuízos aos proprietários das obras e às próprias empreiteiras.

8 CONCLUSÃO

Neste trabalho propôs-se uma avaliação dos impactos à produtividade e aos custos de uma obra causados por erros de estudos geotécnicos.

Uma breve revisão sobre os principais métodos de sondagem utilizados atualmente mostrou que esses frequentemente apresentam distorções e são altamente sujeitos à variabilidade em função de fatores externos – especialmente humano.

Demonstrou-se também que o conhecimento do terreno onde será instalada a obra é essencial para o processo de planejamento e definição dos custos do empreendimento.

No estudo de caso, ilustrou-se alguns problemas recorrentes devidos às falhas nas investigações.

É perceptível a necessidade de melhorias nos processos de estudos geotécnicos, especialmente no Brasil, onde prevalece o uso do SPT. É necessária a revisão das normas referentes aos ensaios e a escolha de processos mais rigorosos e precisos para suas execuções.

Adicionalmente, os profissionais da área devem ser melhor qualificados de forma a reduzir a parcela de problemas devidos a falhas humanas.

Cabe ressaltar que durante o desenvolvimento deste trabalho identificou-se grande deficiência de estudos correlatos, demonstrando a falta de interesse do mercado e meio acadêmico.

A correta execução dos serviços de investigações geotécnicas é, portanto, etapa de extrema importância na implantação de uma obra. Seus resultados são necessários para a definição de toda a metodologia executiva e seleção de recursos, e falhas durante as investigações afetam, diretamente, a produtividade e os custos do empreendimento podendo até inviabilizá-lo.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2001) *NBR 6484: Solo: Sondagens de simples reconhecimento com SPT: Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1995) *NBR 6502: Rochas e solo: Terminologia*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1983) *NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios: Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais. (2015) *Tabela Referencial de Preços para Obras Rodoviárias*. Nº 01/2015. Belo Horizonte.
- Mattos, Aldo Dórea. (2011) *Como preparar orçamento de obras*, 1ª Ed, PINI, São Paulo, 281 p.
- Peixoto, Anna Silva Palcheco. (2001) *Estudo do ensaio SPT-T e sua aplicação na prática de engenharia de fundações*, 510 f, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=-vtls000235433&fd=y/>. Acesso em 29 mar. 2015.
- Pinto, Carlos de Souza. (2011) *Curso Básico de Mecânica dos Solos*, 3ª Ed, Oficina de Textos, São Paulo, 363 p.
- Ricardo, Hélio de Souza & Catalani, Guilherme. (2007) *Manual prático de escavação: Terraplenagem e escavação de rocha*, 3ª Ed, PINI, São Paulo, 653 p.
- Schnaid, Fernando. (2000) *Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações*, Oficina de Textos, São Paulo, 189 p.
- Silva, Daniel Firmino da. (2008) *Mapeamento geostatístico dos parâmetros N_{SPT} e torque máximo de solos em parte da bacia do Ribeirão Cambezinho em Londrina/PR*, 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=-vtls000149824/>. Acesso em: 20 mar. 2015.