

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

A Prática da Geotecnia no Brasil: Diálogo Entre o Eu e o Eu Interior

José Camapum de Carvalho

Professor Titular, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, camapumdecarvalho@gmail.com

RESUMO: O objetivo do artigo é trazer para reflexão questões para as quais, muitas vezes, não se atina e que são de grande relevância para os estudos, projetos e execução de obras geotécnicas em países com presença de clima tropical, como é o caso do Brasil. Como metodologia, as questões tratadas no artigo serão discutidas por meio de diálogo estabelecido entre o Eu e o Eu Interior. O Eu Interior representará o Ser ideal, livre, autônomo, sem amarras a dogmas, normas e conhecimentos postos, que busca trazer as análises para a melhoria da realidade geotécnica do país. Já o Eu constitui aquele Ser submisso, que segue dogmas, normas e conhecimentos a ele ditados. Ao longo do artigo, serão apresentados exemplos em caráter ilustrativo de modo a possibilitar análises da realidade ao longo do diálogo. As análises abrangerão a discussão sobre normas técnicas, sobre resultados de ensaios sem vínculos com as realidades de projetos e de obras, sobre análises de projetos feitas sem que sejam compatíveis com a realidade da obra, sobre fiscalizações de obras que guardam relação com estudos realizados em laboratório, mas que não guardam relação com as situações de campo, que vão desde a exploração de jazidas até a própria execução e vida útil da obra. Como conclusão, o artigo indicará a postura profissional recomendável para que se tenham estudos e projetos mais apropriados às obras a serem executadas e para que estas tenham maior durabilidade e requeiram menos manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento, Observação, Reflexão, Entendimento, Decisão, Liberdade.

ABSTRACT: The objective of the paper is to bring for reflection issues that are often not addressed and have great relevance for the studies, projects, and execution of geotechnical works in countries with a tropical climate, such as Brazil. As a methodology, the issues dealt with in the paper will be discussed through a dialogue established between the Self and the Inner Self. The Inner Self will represent the ideal Being, free, autonomous, without ties to dogmas, standards, and established knowledge, which seeks to bring analysis to improve the country's geotechnical reality. The Self, on the other hand, constitutes that submissive Being, which follows dogmas, standards, and knowledge dictated to it. Throughout the paper, illustrative examples will be presented to enable an analysis of reality throughout the dialogue. The analyzes will cover the discussion on technical standards, test results unrelated to the realities of projects and works, project analysis carried out without being compatible with the reality of the work, inspections of works that are related to studies carried out in a laboratory, but which are not related to field situations ranging from deposit exploration to the actual execution and useful life of the work. As a conclusion, the paper will indicate the recommended professional posture so that studies and projects are more appropriate for the works to be carried out and so that they have greater durability and require less maintenance.

KEYWORDS: Knowledge, Observation, Reflection, Understanding, Decision, Freedom.

1 Introdução

O presente artigo foi inspirado no livro “A Águia e a Galinha”, de autoria de Boff (2014). Optou-se por apresentá-lo em formato de diálogo, cabendo, no entanto, lembrar que, apesar de pouco usado atualmente, ele integra a história da humanidade. Ele foi introduzido por Platão, na Grécia. Ao longo do tempo, os textos em formato de diálogo saíram de seus conteúdos originais mais filosóficos para assumirem, no Renascimento, características com maior liberdade intelectual. Hoje, sua aceitação ou não no campo técnico-científico depende do grau de ortodoxia do leitor, assim como do grau de liberdade que ele é capaz de assumir diante do convite às reflexões formuladas.

Na Engenharia Geotécnica Brasileira, o autor deste artigo conjuntamente com colegas deu início ao uso deste formato de texto no Simpósio sobre Solos Não Saturados realizado em Fortaleza no ano de 2015 por meio de dois artigos contendo diálogos de cunho técnico-científico entre um Engenheiro e um Técnico



(Camapum de Carvalho *et al.*, 2015^a e 2015b). Em 2018, no COBRAMSEG realizado em Salvador, foi publicado o artigo “O que, Onde e Como Ensinar o Conteúdo Geotécnico”, no qual se desenvolve um diálogo entre um Professor e uma Professora (Camapum de Carvalho *et al.* 2018). Por ocasião do SEFE 9, foi apresentado e publicado o artigo “Fundações Profundas: Questões para Reflexão” (Camapum de Carvalho *et al.*, 2019). A ideia das publicações seguindo o estilo de diálogo não é mudar os formatos hoje adotados no meio técnico-científico, mas sim atrair os leitores para a necessidade de reflexão sobre as práticas adotadas, percorrendo do ensino à execução de projetos e obras geotécnicas.

O artigo ora apresentado envolve questões de cunho técnico relevantes para a melhoria da Engenharia Geotécnica no Brasil. Apesar do fundo filosófico, as questões levantadas no artigo voltam-se para a engenharia aplicada. O artigo discute questões que vão das normas técnicas à execução de projetos e de obras geotécnicas. Atuarão, no diálogo, os personagens “Eu” e “Eu Interior”. O Eu constitui aquele Ser submisso, que segue dogmas, normas e conhecimentos a ele ditados. Já o Eu Interior representa o Ser ideal, livre, autônomo, sem amarras a dogmas, normas e conhecimentos postos, trazendo as análises para a realidade geotécnica com maior possibilidade de desenvolver e aplicar a engenhosidade. A escolha dos personagens voltou-se para a representação direta do pensamento do autor do artigo sobre questões que ele considera relevantes.

Espera-se, com o artigo, contribuir para a atuação com liberdade e autonomia dos engenheiros e engenheiras, mas sempre respeitando a vida e a qualidade de vida em sentido amplo e mantendo a responsabilidade profissional com o olhar voltado para o desenvolvimento sustentável.

Para maior clareza das discussões, o artigo foi dividido em itens voltados para os assuntos tratados.

2 As Normas Técnicas de Ensaios

Eu: – Gostaria, inicialmente, de expressar minha gratidão por esta oportunidade de diálogo, pois minha exposição como engenheiro diante da lida do dia a dia é, muitas vezes, frustrante. É um estudo ou projeto que é questionado, é uma obra em execução ou mesmo executada que apresenta problema, são danos socioambientais que se potencializam pela simples prática da engenharia. Espero que o Eu Interior me traga respostas, ou melhor, que me mostre caminhos para uma prática da engenharia mais eficiente.

Eu Interior: – A gratidão é toda minha, pois não raro me mantenho envolto em minha timidez diante do Eu que, cabisbaixo, mantém-se passivo e submisso, sem iniciativas coerentes com as necessidades profissionais e mesmo éticas, quase sempre se autocoagindo diante do mundo exterior. Mas vamos ao nosso bate-papo.

Eu: – Diante da frequente falta de coerência entre o desempenho em campo e as propriedades físicas e os comportamentos, obtidas para os solos tropicais por meio de ensaios de laboratório, em especial os solos profundamente intemperizados, solos lateríticos, fico perplexo, pois as normas técnicas recomendadas foram seguidas. Exemplificando, um solo que estudamos para uso em uma estrutura de pavimento, solo laterítico, apresentou classificação totalmente incompatível com o desempenho que esse tipo de material apresenta em campo. Então, faço as perguntas: por que isso estaria a ocorrer? Onde estaria o problema?

Eu Interior: – Inicialmente, cabe destacar que as normas técnicas não são cogentes, e, mesmo que por força de um contrato elas passem a ser, não se pode admiti-las como acima da liberdade e da responsabilidade profissional e ética, sendo, portanto, sempre que necessário e justificável, possível adaptá-las ou mesmo simplesmente não as usar.

Eu: – Tudo bem, mas isso ainda não responde à minha indagação.

Eu Interior: – Tranquilo, mas eu ainda não tinha concluído a minha fala. Pois bem, nesse seu caso específico, cabe inicialmente destacar que os ensaios especificados, executados e analisados segundo as normas, muitas vezes, não correspondem à realidade do solo. Por exemplo, nesse caso específico de um solo laterítico, o uso de defloculante não condiz com a realidade do solo *in situ*. Em campo, o seu estado de agregação pode estar a levá-lo à textura de areia. Um outro aspecto diz respeito aos limites de Atterberg, pois a água contida nos microporos dos agregados não integra, conforme mostrado por Camapum de Carvalho e Gitirana Jr. em 2021, a umidade definidora desses limites devendo ser excluída dos resultados experimentais obtidos. Logo, a classificação que você obteve não guarda coerência com o que é o solo.

Eu: – É provável que tenha razão, mas decidimos, então, fazer a classificação do solo usando a metodologia MCT e, segundo ela, o solo foi enquadrado como laterítico com um bom potencial de uso. Fizemos, então, a compactação Proctor, segundo a norma, e obtivemos teor de umidade ótima (w_{ot}) e peso específico aparente seco, compatível com os valores obtidos segundo a metodologia MCT, e os especificamos



para execução da obra, admitindo como umidade de execução w_{ot} +/- 2% e grau de compactação mínimo de 100 %, mas tivemos problemas. Nesse caso, o que fazer?

Eu Interior: – Veja, a prática da engenharia requer conhecimento, observação, entendimento, reflexão e decisão, mas me parece que o primeiro aspecto não está sendo bem considerado e passou por cima do terceiro e quarto, indo direto para a decisão.

Eu: – Como assim? Estou perplexo por ser questionado profissionalmente.

Eu Interior: – Mil perdões. Não tive a intensão de ofendê-lo e, por isso, vou explicar-lhe minhas razões.

Eu: – Sou todo ouvido, e confesso que estou ansioso por tais esclarecimentos.

Eu Interior: – Antes, diga-me: você estava obtendo umidade menor ou maior que as especificadas?

Eu: – Para atingir o grau de compactação desejado, tivemos que colocar umidades no solo maiores que as especificadas.

Eu Interior: – Ah! Entendi. Mas veja: quando você fez o curso de graduação ou mesmo de pós-graduação? Se não me engano, você é pós-graduado, você estudou mineralogia dos solos e rochas, não estudou?

Eu: – É, isso foi dado, mas não me lembro de ter visto o elo entre ela e o comportamento do solo.

Eu Interior: – Bem, então, o conhecimento você tinha, mas não o utilizou. Veja, nos solos laterítico, muitas vezes, faz-se presente o argilomineral haloisita em estado hidratado. Recordando, ele pertence ao grupo da caulinita e, quando desidratado, não se reidrata. É diferente de um argilomineral expansivo, como a esmectita, muitas vezes presente nos solos pouco intemperizados, pois ela se reidrata. Então, você não usou o conhecimento que tinha, espero que efetivamente o tenha.

Eu: – É, tinha, mas não o usei. Mesmo assim, não estou ainda entendendo bem.

Eu Interior: – Então está faltando o entendimento e, para melhor clareza, vamos considerar este desenho que estou fazendo, no qual estou colocando a curva de compactação obtida em laboratório e aquela que se deve obter para o solo no estado em que se encontra no campo (Figura 1). Agora, com base nessa figura, reflita, pois acho que já terá a resposta.

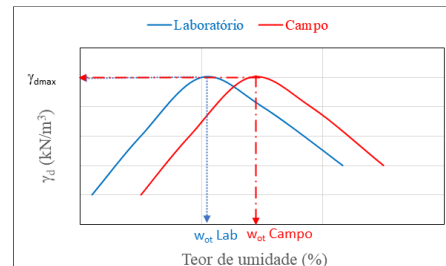


Figura 1. Curvas de compactação

Eu: – Entendi. Quando eu sequei o solo ao ar em laboratório pelo menos grande parte das partículas de haloisita se desidrataram e, no campo, elas estão hidratadas. Como é a água interpartículas que define o comportamento, quando, no campo, eu retiro do teor de umidade essa água de hidratação da haloisita, falta água interpartículas, requerendo o aumento da umidade para que se alcance o grau de compactação definido.

Eu Interior: – Isso mesmo. Você viu, portanto, a importância do conhecimento, da observação, do entendimento e da reflexão para a boa prática da engenharia.

Eu: – Tudo bem, mas onde entra o questionamento da norma nesse caso?

Eu Interior: – Veja, a norma possibilita secar ou não o solo e é o engenheiro ou o responsável pelo laboratório que decide, ou seja, por vezes, a norma não deve ser usada em um caso específico, como mostrou o exemplo do uso do defloculante no ensaio de sedimentação, no entanto, em outras situações, ela possibilita escolhas como essa, que se relaciona à preparação de amostra para o ensaio de compactação. As normas são importantes, mas não podem cercear a liberdade do engenheiro em relação ao exercício da profissão.

Eu: – Ótimo. Obrigado pelos esclarecimentos e vamos continuar nossa animadora conversa.

3 Os Estudos de Jazidas

Eu: – Como trabalho com projetos e execução de obras rodoviárias, de quando em quando tenho algum problema. Por exemplo, recentemente, fizemos o estudo de uma jazida de cascalho laterítico para uso em uma



base de pavimento. Na jazida, o manto de cascalho que foi estudado e está sendo usado na obra apresenta 4 m de espessura, e cor e textura similar ao longo do perfil. Agora o cliente me ligou, reclamando e dizendo que, ao usar o material em campo, alguns trechos estão dando grau de compactação maiores e em outros, menores que os especificados. Fiquei sem entender, e o pior: onde deu maior, a fiscalização aceitou, mas onde está dando menor, ela quer que seja refeito o serviço e isso vai terminar sobrando para mim. Você poderia me ajudar?

Eu Interior: – É claro. Usando aqueles fatores já colocados, vamos buscar o entendimento do que está a ocorrer e definir qual o melhor caminho a seguir. Mas antes, dê-me algumas informações complementares. Quando foi estudar a jazida, como você procedeu na coleta e no estudo do material?

Eu: – Como o material apresentava a mesma cor e textura, fizemos uma trincheira e coletamos o material ao longo do perfil. Realizamos a caracterização, a curva de compactação e estudamos o comportamento.

Eu Interior: – Mas o que foi feito como caracterização?

Eu: – Fizemos o convencional. Homogeneizamos o material coletado ao longo do perfil e determinamos os limites de Atterberg e granulometria, e estudamos o comportamento mecânico para definir os parâmetros de projeto, e isso agora está também me preocupando.

Eu Interior: – Vamos, então, mais uma vez, começar pelo conhecimento. Você, quando estudante, além de ter estudado a mineralogia dos materiais, certamente viu como a densidade real dos grãos com ela varia. Por exemplo, considerando-se apenas os minerais mais frequentes nesses solos lateríticos, de modo aproximado, tem-se o quartzo, que apresenta um valor de 2,65; a caulinita, 2,6-2,68; a gibsita, 2,3-2,4; e a hematita, 4,9-5,3.

Eu: – Sim, eu me lembro de ter visto essas particularidades dos minerais, mas onde elas entrariam na análise e solução para os problemas elencados?

Eu Interior: – Agora entra o fator observação. Você tinha observado, ao avaliar o perfil de solo na trincheira executada para a coleta das amostras, que, ao longo do perfil, o solo apresentava mesmas cor e textura. Quando da execução, foi observado que tinha trechos com grau de compactação superior e outros com grau inferior ao especificado. Vamos, então, por meio de um exemplo simples, buscar entender o que está ocorrendo.

Eu: – Fiquei curioso para conhecer esse exemplo simples que vai dar.

Eu Interior: – Tudo bem, mas antes vamos recordar o conhecimento que você disse ter. Embora eu tenha dado exemplos de densidades reais dos grãos de minerais, certamente você também estudou que, em um perfil de intemperismo tropical, a mineralogia geralmente muda ao longo da profundidade. Não é isso?

Eu: – Esse detalhe, eu não me lembro de ter visto.

Eu Interior: – Então, digo-lhe agora: é assim que geralmente ocorre. Portanto, embora com o perfil de solo apresentando a mesma cor e textura ao longo da profundidade, é provável que a densidade real esteja a alterar, o que torna recomendável estudar a jazida ao longo do perfil de intemperismo que está sendo usado.

Eu: – Tudo bem, mas e o exemplo?

Eu Interior: – Calma, pois, como diz o ditado popular, “Apressado come cru”. Vamos lá, recordando a infância, pois, certamente, você brincou com aquelas pequenas esferas de vidro.

Eu: – É claro, elas fizeram parte de minha infância, mas não imaginava que recorreria a elas em minha vida profissional, como parece que será o caso.

Eu Interior: – Isso mesmo, esse será o caso, pois, como verá, vai facilitar o entendimento, aliás, na engenharia, não raro voltar o olhar para o simples nos ajuda a entender o complexo ou o que aparenta ser complexo. Só que agora, além das esferas de vidro, você vai imaginar-se brincando também com esferas de argila expandida e com esferas de aço, as três possuindo exatamente os mesmos diâmetros de 1 centímetro, o que corresponde a um volume igual a 0,524 cm³.

Eu: – Mas por que usar também as esferas de argila expandida e as esferas de aço? Está tão bom simplesmente recordar a minha infância!

Eu Interior: – Na vida, tudo tem uma explicação, e aqui também vamos encontrar uma que está a brotar do meu interior. Vamos adotar, para a argila expandida, os dados reportados por Vasconcelos e outros no ano de 2006. A argila expandida por eles estudada apresentou uma massa específica aparente igual a 0,46 g/cm³ e uma massa unitária real igual a 2,57 g/cm³, ou seja, considerando-se o volume da esfera, o volume de sua massa sólida é igual a 0,24 cm³ e o volume dos vazios é de 0,28 cm³. Os autores encontraram uma absorção de 30% em 24 horas, valor inferior ao correspondente ao volume de vazios, que seria igual à 45%. Para as esferas de vidro e de aço, serão adotadas, respectivamente, as massas unitárias reais iguais a 2,5 e 5 g/cm³.



Eu: – Retornando à infância, a nossa conversa estava muito agradável, mas agora, apesar de certamente ter uma justificativa, com todas essas informações, começa a ficar complicado e cansativo.

Eu Interior: – Mil perdões. Vamos, então, voltar a brincar com as esferas, mas precisaremos ainda fazer algumas contas. Vamos adotar três recipientes cúbicos com 10 cm de aresta e encher cada um deles com um tipo de esfera, e aqui lhe faço duas perguntas: 1) Os volumes das esferas que estão enchendo os recipientes são iguais? 2) Os volumes dos vazios no interior dos recipientes contendo as esferas são iguais?

Eu: – Vou responder, mas só vou fazê-lo porque, quando criança, eu adorava fazer conta. Respondendo às duas perguntas, como os volumes dos recipientes são iguais, os volumes das esferas também o serão, no entanto, no caso da argila expandida, o volume de vazios será maior que o dos outros dois casos.

Eu Interior: – Ótimo, mas o vazio entre as esferas de argila expandida será igual ao dos outros dois casos, você concorda? Você concorda também que são esses vazios que vão definir o comportamento interpartículas dos materiais e que eles tenderão a ser semelhantes se desprezadas as diferenças de superfície?

Eu: – Concordo, apesar de ter dúvida sobre a não influência da água absorvida no comportamento.

Eu Interior: – Depois voltaremos a essa questão dos vazios internos, mas sua dúvida é pertinente, pois o nosso olhar geralmente se mantém voltado para o que estudamos nos livros e artigos, para os dogmas, para as normas, sem uma conjugação dos fatores e reflexão tão importantes para a boa prática da engenharia.

Eu: – Ótimo, mas fiquei curioso e entusiasmado com a recordação de minha infância, ainda mais quando se está a fazer um elo com uma situação que está a me preocupar.

Eu Interior: – Por enquanto, não se preocupe, apenas analise a situação e depois, você define o que fazer. Se você considerar os teores de quartzo, caulinita, gibsita e hematita, dentre outros minerais que podem estar presentes no perfil de intemperismo da jazida que estudou e está usando, você há de concordar comigo que o peso específico dos grãos médio está variando ao longo da profundidade. Concorda?

Eu: – Concordo, é claro.

Eu Interior: – Então, você há de convir que, assim como no caso das esperas, e vamos nos limitar por enquanto às esferas de vidro e de aço, o peso específico aparente seco do cascalho na jazida será tanto maior quanto maior o peso específico dos grãos, ou seja, quando ele for mais rico em hematita, será maior que quando ele contiver mais gibsita, e, fazendo um paralelo com as esferas, considere, respectivamente, se elas forem de aço ou de vidro. Mas veja, assim como no caso das esferas, quando você me respondeu que o volume de vazios das esferas de aço e de vidro colocadas nos recipientes eram iguais, aqui também, a situação do cascalho colocado no recipiente intitulado camada de solo compactado terá volume de vazios semelhante, e como você concordou, no caso das esferas, semelhante também será o comportamento responsável pelo desempenho da obra.

Eu: – Entendi, mas como vou justificar para o meu cliente?

Eu Interior: – Primeiro, você, que trabalha em projetos e execução de obras de engenharia, deve ter em mente que não dá para simplesmente estar fazendo o que dizem para fazer, seguindo cegamente normas e dogmas, faz-se necessário se aprofundar no seu íntimo por meio do uso dos fatores colocados, inclusive o conhecimento, mas não apenas, buscando a excelência na prática da engenharia, excelência que torna quase sempre imprescindível a reflexão.

Eu: – Sim, mas o que fazer?

Eu Interior: – A sua primeira atitude deve ser a de sempre que for estudar um perfil de intemperismo, ir além de suas características tátil-visuais. No presente caso, isso já não dá para ser feito em sua integralidade, restando duas opções: a primeira, refazer as curvas de compactação, considerando-se os materiais usados em cada trecho, e, com os pesos específicos obtidos, fazer novos cálculos dos graus de compactação; a segunda é fazer a determinação das porosidades presentes nos trechos e comparar com a que encontrou em laboratório.

Eu: – Mas isso resolve? Resolvendo, fiquei curioso para entender o significado prático das esferas de argila expandida em relação à aplicação prática no exemplo que deu.

Eu Interior: – Em primeiro lugar, não posso garantir que será exatamente o que expus que está ocorrendo no campo, pois não tenho o dom da vidência, mas é provável que a questão será esclarecida e que não terá que refazer os trechos com grau de compactação menor do que o inicialmente obtido.

Eu: – Bem, mas e as argilas expandidas?

Eu Interior: – Isso é o que, adentrando em meu íntimo e saindo do que me vem à mente com superficialidade, vou agora colocar. Veja, quando os dados reportados na literatura e aqui citados indicaram, em uma breve análise, que não só a absorção existia, mas também que o volume a ela correspondente era menor que o volume de vazios global dos agregados de argila expandida, abriram-me as profundezas do meu



eu interior para explicar-lhe mais alguns detalhes importantes nos solos tropicais agregados, como é o caso dos cascalhos lateríticos.

Eu: – Estou curioso!!!

Eu Interior: – Então, fazendo um paralelo com os agregados presentes nos solos tropicais, estes possuem poros conectados aos vazios existentes entre eles e poros isolados, e esse é um detalhe importante mesmo nas análises anteriores, nas quais vinculei a densidade real dos grãos apenas à mineralogia. Esses poros isolados podem ser entendidos como conferindo aos grãos uma densidade real aparente, situação em que a quebra dos agregados vai conduzi-la a valor maior e efetivamente correspondente à densidade real propriamente dita.

Eu: – Mas e do ponto de vista prático, em que isso ajuda?

Eu Interior: – Conhecendo essa particularidade e sendo ela uma característica do material que está usando, abrir um trecho já compactado para recompactá-lo, quase sempre leva, devido à quebra dos agregados e exposição desses vazios, a uma elevação do peso específico aparente seco, só aparentemente resolvendo o problema, pois, para estruturas de pavimento, geralmente os materiais mais granulares apresentam um comportamento melhor. É claro que, no caso de uma barragem de terra, se o olhar se voltar apenas para a permeabilidade, o comportamento será melhor, pois diminui-se a macroporosidade presente entre os agregados. Bem, espero que tenha entendido a importância do exemplo e sua aplicação prática.

Eu: – Sim, entendi e ficarei mais atento quando for estudar perfis de solos tropicais, mesmo que para atuar como fundação. Aprofundar em nosso íntimo na busca do entendimento das situações é, sem dúvida, relevante, mas e como ficaria esse aprofundamento nas percepções em relação aos projetos – muitas vezes, com condições ditadas pelo contrato?

Eu Interior: – Isso nós veremos a seguir.

4 A Elaboração de Projetos

Eu Interior: – Vou iniciar fazendo uma breve colocação sobre os contratos. A sua responsabilidade profissional e diante da vida em sentido amplo, aí se inserindo o meio ambiente, deve estar acima de qualquer contrato. É evidente que este não é um convite ao simples não respeito aos contratos firmados, pois isso levaria a uma postura ética não desejável, dentre outros, no âmbito da engenharia.

Eu: – Entendo e concordo, mas como ficam os projetos em relação à boa prática da engenharia?

Eu Interior: – Bem, vamos, então, voltar ao próprio exemplo da jazida que analisamos e, depois, ampliaremos os exemplos.

Eu: – Ótimo.

Eu Interior: – Veja, não raro se analisa, por exemplo, a estabilidade de talude de um aterro ou corte simplesmente se buscando, a pretexto de que os ensaios de laboratório e de campo são demorados e caros, a definição dos parâmetros a serem usados nos cálculos em correlações existentes nos livros e em artigos. No entanto, quase sempre, elas foram estabelecidas em relação à granulometria e plasticidade do solo.

Eu: – É verdade, pois eu já vi, mantendo-me no alcance dos meus olhos e sem maiores reflexões que adentrassem no meu íntimo, algumas situações que apresentaram problemas, mas confesso, muitas outras não.

Eu Interior: – É interessante a sua manifestação, não só por revelar que não podemos nos manter no que apenas está ao alcance dos nossos olhos, no que está posto em livros, artigos e normas, mas também porque ela aponta, em ambas as situações vistas, as obras que apresentaram e as que não apresentaram problemas, que a prática adotada não foi a melhor escolha, pois, certamente, muitas das obras que não apresentaram problema, não o fizeram porque se encontravam superdimensionadas e com custo maior que o necessário à execução.

Eu: – Estou curioso, então: como devo atuar como Engenheiro?

Eu Interior: – O meu primeiro comentário necessita ser sobre os aspectos por mim levantados no que diz respeito à realização dos ensaios: o tempo que se leva para fazê-los e o alto custo que eles apresentam. O aspecto tempo revela tão simplesmente a falta de planejamento tanto no setor público como no privado. No setor público, certa feita, deparou-se com uma situação em que a empresa vencedora da licitação deveria executar um aterro em terra armada com altura significativa sobre um manto de intemperismo espesso composto de solo colapsível. A terra armada era uma imposição paisagística. O engenheiro responsável pela execução decidiu, com base em sua experiência regional com aquele tipo de solo de fundação, contratar uma equipe para fazer ensaios e avaliar a exequibilidade daquela obra, sem risco de problemas futuros. Foram feitos os estudos e definiu-se que seria necessário o estaqueamento do aterro ou a mudança de projeto. Optou-se por



mudar o projeto. Mas o importante, nesse caso, é que se gastou o mesmo tempo na realização dos ensaios, revelando, assim, a grande relevância do planejamento na prática da engenharia.

Eu: – Ótimo exemplo para realçar a importância do planejamento, mas e o custo?

Eu Interior: – Antes de adentrar no custo, mas para não dizer que a falta de planejamento é uma particularidade do setor público, quero deixar uma pergunta para que reflita: Por que, ao se executar as fundações de um edifício, muitas vezes, deixa-se para realizar as provas de carga previstas em norma para a fase final da execução das fundações? Pode lhe ajudar na reflexão o fato de já ter me deparado com situações em que foi necessário o reforço das fundações mesmo antes de dar início à execução da edificação propriamente dita.

Eu: – Interessante! Vou refletir, pois, embora não existisse uma previsão explícita de norma naquele caso da obra relacionado à jazida de cascalho laterítico, o planejamento e a melhoria dos estudos de projeto exercendo minha liberdade profissional em relação ao que está posto, teria, no mínimo, conduzido-me a melhores alternativas de execução e acompanhamento da obra e evitado os transtornos que estou passando.

Eu Interior: – Que bom, mas quanto aos custos, o simples fato de a empresa que ganhou a licitação ter arcado com os custos dos ensaios e reanálise do projeto mostra que ele é mínimo em relação aos custos diretos da obra, mas não os fazer pode gerar custos indiretos oriundos da má prática da engenharia e que vão, muitas vezes, além dos simples custos materiais: são vidas que se vão, são danos ambientais irreparáveis.

Eu: – Bem, gostaria de ouvi-lo sobre suas ponderações de ordem técnica.

Eu Interior: – Serei breve, pois ainda deveremos falar, mesmo que de modo breve, da execução de obras. Veja o estudo da jazida que você fez: conforme mostraram nossas análises, é constituída por solo que apresenta propriedades físicas e químico-mineralógica que variam com a profundidade ao longo do perfil de intemperismo, impactando diretamente no comportamento hidromecânico do solo, esteja ele no estado natural ou compactado. As granulometrias usadas nas correlações são, geralmente, aquelas obtidas, fazendo-se uso de defloculante ou ultrassom e, portanto, sem relação com a realidade dos solos tropicais profundamente intemperizados em campo. Tem-se ainda que, quando do uso dos limites de Atterberg, geralmente se consideram os resultados experimentais obtidos sem que deles se retire a umidade contida nos microagregados, como sugerido por Camapum de Carvalho e Gitirana Jr., em 2021.

Eu: – Entendo, mas e se o solo for um solo pouco intemperizado?

Eu Interior: – Bem lembrado. Nesse caso, aquelas correlações melhoram suas representatividades, mas não devemos nos esquecer de observar, nesses casos, aspectos como a existência ou não de orientação microestrutural das partículas, pois estas interferem diretamente na anisotropia de comportamento hidromecânico. Veja, então, a importância para o engenheiro de manter aguçado o seu senso de observação.

Eu: – Mas e as obras propriamente ditas?

5 A Execução de Obras de Engenharia

Eu Interior: Serei breve até porque a execução das obras de engenharia depende, em grande parte, de tudo que conversamos até aqui. Cabe, no entanto, lembrar, que as obras de engenharia passam por algumas etapas até a sua conclusão

Eu: – É verdade, pois, além de projetar, faz-se necessário executar os serviços com qualidade.

Eu Interior: – Não, as obras de engenharia não envolvem apenas essas duas etapas. Inicialmente, elas são concebidas de modo a atender a uma demanda; em seguida, são analisadas as viabilidades técnica e econômica; e, quando se trata de obra pública, não raro tem grande relevância o seu impacto político, etapa em que, comumente, faz-se um anteprojeto, projeta-se e, finalmente, executa-se a obra com uma garantia mínima de vida útil.

Eu: – Sim, mas o que requer uma execução eficiente de uma obra de engenharia?

Eu Interior: – Como nas situações anteriores, a execução de uma obra de engenharia continua requerendo conhecimento, observação, entendimento, reflexão e decisão. Por exemplo, suponhamos que você tenha sido contratado para executar um corte em um trecho rodoviário em curva e que você deve entregá-lo já revegetado.

Eu: – Eh! O exemplo me parece interessante, só não estou gostando é do contratado ser eu, pois me parece que desse contrato devem vir problemas.

Eu Interior: – Não se preocupe, pois a engenharia sempre nos permite encontrar as soluções apropriadas...



Eu: – É verdade.

Eu Interior: – Nesse caso, dois aspectos precisam ser considerados, e espero que o projetista os tenha levado em conta. O primeiro diz respeito à vegetação, pois, se por um lado, ela pode reter maior ou menor umidade no solo intervindo diretamente na sucção e em seu comportamento mecânico, por outro, ela precisa de água para viver, e se não estiver previsto um sistema de irrigação, faz-se necessário avaliar o potencial de retenção de água espacialmente distribuído no maciço, pois não raro, em determinadas zonas do talude, a sucção se torna muito elevada, levando ao perecimento da vegetação, e aqui entra a importância de uma atuação multidisciplinar entre um profissional que entende de planta e um engenheiro que vai analisar a distribuição de umidade no maciço.

Eu: – Interessante! Não tinha pensado nisso, e olha que já executei muitos cortes e aterros e eles apresentaram trechos com perecimento da vegetação. Mas e sobre o corte propriamente dito?

Eu Interior: – Sobre o corte, poderia até mesmo ser um aterro. Como ele se situa em um trecho curvo, é provável que o projetista tenha trabalhado com análises tridimensionais, pois as análises bidimensionais não permitem uma avaliação mais realista da situação, uma vez que, na parte côncava, ocorre um efeito do arco de tensões, melhorando a estabilidade, enquanto, por sua vez, a maior concentração de umidade e um lençol freático mais elevado, quando se fizer presente, vai levar a um piora no comportamento mecânico.

Eu: – A conversa está ótima e me é profundamente enriquecedora, mas dado o adiantado da hora, precisamos concluí-la.

6 Considerações Finais

Eu Interior: – Concluindo, gostaria de deixar-lhe a mensagem estampada nessa nossa conversa de que, para a boa prática da engenharia, faz-se necessário conhecimento, observação, entendimento, reflexão e decisão, mas não apenas, é preciso que abramos espaço para o nosso eu interior, aquele eu não submetido aos conhecimentos postos, aos dogmas e às normas técnicas vigentes, aquele eu que exerce a indispensável liberdade profissional, liberdade responsável e ética respeitando a vida em sentido amplo e o meio ambiente.

Eu: – Obrigado, sou-lhe grato e buscarei libertar o meu eu e levá-lo para atuar nas profundezas de minha percepção interior, exercendo minha liberdade profissional de modo responsável e ético, e sempre não só dizendo, mas efetivamente respeitando a vida em sentido amplo e o meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, à CAPES, à FAP-DF, aos(às) colegas e a todos(as) que atuaram comigo nos projetos de pesquisa e atividades de extensão desenvolvidos que ajudaram a consolidar esse meu pensar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boff, L. (2014). *A Águia e a Galinha: Uma metáfora da condição humana*. 52. ed. Petrópolis: Vozes, 147 p.
- Camapum de Carvalho, J.; Gitirana Jr., Gilson F. N.; M, M. M. A. (2015a). Histerese nas Propriedades Físicas: Diálogo entre um Técnico em Engenharia e um Engenheiro. In: *VIII Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados*. Fortaleza: Gráfica Fotolaser, v. 1. p. 125-131.
- _____; Gitirana Jr., Gilson F. N.; Mascarenha, M. M. A. (2015b). Histerese na Curva Característica: Diálogo entre um Técnico em Engenharia e um Engenheiro. In: *VIII Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados*. Fortaleza: Gráfica Fotolaser, v. 1. p. 132-140.
- _____; Mascarenha, M.M.A.; Luiz, G.C. (2016). Diálogo geotécnico entre dois professores: o que e como ensinar? In: *XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Belo Horizonte. São Paulo: ABMS, v. 1, 9 p.
- _____; Silva, C.M.; Sales, M.M. (2019). Fundações profundas: Questões para reflexão. São Paulo: ABEF, *9º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 9*, 10 p.
- _____; Gitirana Jr., G.P.N. (2021). Unsaturated soils in the context of tropical soils. In: *Soils and Rocks*, 44(3). www.soilsandrocks.com