



OS IMPREVISTOS GEOLÓGICOS E O DESENVOLVIMENTO DA GEOTECNIA

Professor VICTOR DE MELLO

VICTOR DE MELLO

Prezados colegas, eu estou aqui com uma certa dúvida de como conduzir o assunto, por causa da parte de apoio visual, que evidentemente é muito mais importante do que o que vou falar. Portanto, apagaremos as luzes e usaremos retro-projeção para alinhar alguns pensamentos.

Eu começo por agradecer imensamente a honra e o prazer deste convite de vos dirigir a palavra. Embora o tema seja realmente um tema que vai ser discutido em sessão técnica no final deste congresso, deram-me esta grata oportunidade de introduzi-lo.

E, como diz o SERGIO BRITO, às vezes eu gostaria de ser polêmico. Eu gostaria apenas de pedir licença para suprimir o "às vezes". Eu acho que nós só derivamos progresso e entusiasmo em função de uma espécie de um "boxe", não profissional, mas amador. Porque, no fundo, a vida é dinâmica e o que nós queremos é participar com um certo entusiasmo em degladiar idéias. Nada se produz na letargia.

O tema que me foi solicitado para discutir hoje é os imprevistos Geológicos e o Desenvolvimento da Geotecnia.

Para começo de conversa, nós temos que reconhecer que esse tema reflete basicamente a biografia de TERZAGHI. Eu recomendaria que todos lessem o livro biográfico "Theory to Practice in Soil Mechanics" em homenagem ao próprio TERZAGHI. A verdade é que TERZAGHI começou a sua carreira como um grande entusiasta da geologia da época (1918-1920).

E ele estava muito interessado em geologia e se desinteressou por ela porque se impacientou com o fato de que ela era demasiado qualitativa. Era uma época em que as descrições eram predominantemente químico-mineralógicas, e TERZAGHI chegou à conclusão de que elas não levavam a nada. Não eram índices de algum comportamento efetivo que interessasse à engenharia.

Então, em função disso, foram dados os primeiros passos básicos.

Daí em diante, a interação foi muito mais da geotecnia ter ajudado a geologia do que vice-versa. Por uma razão muito simples, não é porque geotecnia é meu campo. Esta seria a mais simples e muito ecologicamente válida para hoje. Mas o ponto fundamental é que o mundo pretendeu se quantificar cada vez mais. Ora, dentro de um mundo que mais e mais se quantifica, automaticamente, uma geotecnia quantificável permitia produzir interação mais fértil para geolo

gia do que vice-versa.

Já existia Mecânica de Solos idealizada na época em que TERZAGHI começou seus trabalhos. Mas aquilo não era, realmente, uma Mecânica dos Solos. Ninguém estava interessado em solos: COULOMB, RANKINE, etc., imaginaram um material granular, jamais sujaram o sapato. Muitos de vocês também não, mas enfim, isto é um assunto particular de cada um.

Essas pessoas daquela época sentavam em seus escritórios e visualizavam materiais hipotéticos: como é que deveria funcionar o material se seguisse tais e tais dógmas, tais e tais leis. E é isso que eles faziam.

Com isso TERZAGHI pretendeu iniciar então, o seu campo de quantificação. Os entusiasmos de TERZAGHI eram de pretender quantificar e, como eu já lhes disse, houve uma falência total nesse assunto.

Portanto, nós poderíamos dizer que o imprevisto geológico inicial seria tudo quanto a geologia qualificava para prever. Se alguém descreve algo é, supõem-se, para chegar a alguma conclusão. Eu não qualifico algo, a não ser para algo.

No início do Velho Testamento, Deus se descreve: "Eu sou aquele que é". Eu sou aquele que é, sem qualificação nenhuma. Por que? Porque é infinito. No momento em que eu começo a qualificar, daí em diante começa a ser finito, portanto, tem um fim.

Basicamente a geologia pretendia qualificar dizendo que uma rocha sã, ígnea, com tal composição química-mineralógica etc., deveria se comportar de tal e tal forma. E não se comportava. Portanto, falido.

Daí em diante o conceito do imprevisto mudou e, no meu entender, mudará sempre. Eu proponho que nós nos vejamos no espelho. Eu tenho a impressão que todas as gerações, todas as épocas, sempre acharam que eram os tais (pelo menos nós achamos que somos os tais). E, felizmente, a combinação de saber não ocorre. Cada nova geração deve ter algo novo para contribuir e as coisas vão caindo por terra. Portanto, a verdade é transitória e relativa.

Passemos a discutir aqui um segundo assunto. Houve um longo período subsequente, o que eu chamaria de imprevisto geológico associado a dois aspectos básicos, jornalísticos principalmente. Primeiro, rupturas catastróficas; evidentemente todos nós somos muito interessados em catástrofes. Vejam as notícias comuns em nossos jornais.

Mas quais foram as lições geotécnicas dessa fase de imprevistos? Realmente nenhuma. Há chavões... "falhas". Todo mundo acha que tem que lembrar ao engenheiro: cuidado com uma falha!".

Muita gente ainda acha que isso é uma grande contribuição da geologia. "Tem que achar falhas!". Seguindo: "tem que achar karsts, com aqueles grandes buracos!":

Todos esses nomes, chavões, já existem cansados e até já devem estar em tudo quanto é jornal.

Nós somos realmente uma micro, micro escala. E se há alguma coisa que a geologia tem que nos ensinar é a respeitarmos a magnitude dos fenômenos naturais. Voltarei a isto: humildade.

Conceito do diabo: será que sou medieval? É, mas pouco a pouco, eu tenho começado a refletir. Vocês acreditam no diabo? Eu pouco a pouco acredito. O que é o diabo? É aquela somatória de situações absolutamente incríveis. "Não podia dar isso, somado a mais isso, mais aquilo. Não pode!" Mas dá; então essa hora é o diabo! Quer dizer, os nossos antepassados medievais chamavam isso de diabo. Nós procuramos discutir isso como a estatística dos extremos, as pro

babilidades infinitesimais, etc..

Mas realmente existem situações em que é incrível como tudo dá errado, mas tudo! Então, o desconhecimento passou a ter um tanto esse aspecto. Desconhecido por que? Porque havia uma somatória de circunstâncias extremamente difíceis.

Agora, modernamente, nós vamos discutir um pouco mais o que eu chamaria de "graus diferenciados de imprevisibilidade". A realidade é um contínuo, um histograma. Não precisa ser simétrico, gaussiano, etc., mas é um histograma. E, dentro dessa realidade, temos os graus diferenciados em imprevisibilidade. E nós somos obrigados a distinguir quanto a dois tipos básicos de imprevisibilidade, quanto ao âmbito do conhecimento. Há pouco, eu ouvi um pouquinho esse começo da discussão, que é muito acirrada hoje em dia:

A quem compete dizer a verdade, a verdade profissional? Em que âmbito de conhecimento? Qual é o campo profissional em que tal conhecimento será aferido?

Um geólogo tem certos conhecimentos que considera óbvios, enquanto que um engenheiro possivelmente ache: não há nada de tão óbvio nesse parecer dele. E assim por diante. Então o resultado é que o campo profissional em que é discutido é extremamente importante.

Atualmente nós diríamos que a geomecânica está contribuindo para o desenvolvimento da geologia. E eu estou empregando aqui de propósito, pela primeira vez, a palavra geomecânica. Em setembro do ano passado, em Portugal, eu estive presente a uns dois ou três congressos, quase que sucessivos da Associação de Mecânica das Rochas e Geologia Aplicada à Engenharia e de Mecânica dos Solos. E tivemos pela primeira vez, uma reunião dos três presidentes internacionais dessas Associações e achamos que a reunião foi extremamente proveitosa. Está havendo um movimento em todo o mundo no sentido de reunir e não dividir.

Respeitar as especializações e dar-lhes campo para a expressão maximizada de diferenciação, mas sob um ponto de vista de fertilização cruzada. Não há duas coisas iguais no mundo.

Então, quanto mais nós aprendemos a gostar das diferenças, melhor. Porém o problema básico é de nós termos a oportunidade de estarmos juntos, para que eu possa absorver o que o geólogo tem a me dizer e vice-versa, ele possa absorver o que eu tenho a dizer.

Quanto ao âmbito do conhecimento atual: de um modo geral, nós todos reconhecemos, que cada ruptura, que vou mencionar daqui a pouco, abrindo os olhos: mas isto é uma novidade, não era sabido. Bom, passa a ser sabido. E assim, o campo sempre é um campo*que vai evoluindo com o tempo.

Além do âmbito do reconhecido, existe o que os anglo-saxônicos reconhecem como "Acts of God". Quer dizer, aquilo que está fora do âmbito do nosso conhecimento atual. E no meu entender, humildemente, nós temos que reconhecer que sempre haverá os "atos de Deus".

Então, nós temos que reconhecer que estatisticamente a perfeição é impossível. Nem nosso direito do conhecimento é culminável. Vai haver "atos de Deus".

Agora, imprevistos por erro. Se alguém faz um erro em geologia, claro que hoje pode ser dado como um erro, mas que há 40 anos atrás talvez não fosse. Temos noções de ordens de grandeza intuitivas, porém ainda não temos os ensaios, os índices corretos. Por exemplo, um assunto de extrema relevância, no qual não temos esse conhecimento é ripabilidade. Até que profundidade, em rochas moles, o material pode ser eficiente e baratamente escavado com trator e "ripper". Existem diversas sugestões, mas todos esses índices tem uma dispersão mui

to grande. Então, a dificuldade de quantificação persiste.

Ora, quaisquer que sejam os dois tipos de casos de imprevistos, nós temos, como eu mencionei, um histograma de comportamento de dissabores: nossas estruturas atuais são demasiado exigentes. Eu não estou pretendendo aqui reformar o mundo, mas que eu fico cada vez mais e mais apavorado com as perspectivas do mundo de amanhã, isso eu fico.

O nosso problema básico é esse: para que é que nós temos que prever?

Já tem gente aí querendo prever um comportamento perante uma hipótese de um sismo, etc., quando nunca ocorreu sismo nenhum na região. Ora, se nunca ocorreu sismo na região, existem duas teorias. Uma seria a hipótese de que onde nunca existiu sismo, nunca existirá sismo (extrapolação do conceito). E a outra é a teoria de que onde nunca existiu sismo é onde vai haver o maior sismo, porque está se acumulando energia para que ocorra o sismo. Está se acumulando uma vontade de "sismar"!

Então, lamentavelmente, os grandes especialistas de sismologia não sabem, por enquanto, nos dizer a qual das duas crenças nós deveríamos pertencer. Mas na hora que é para calcular a estrutura, aí sim, é preciso fazer com que tal e tal obra tenha uma garantia de que durante os últimos 20.000 anos não houve nenhum deslocamento de mais de 2 mm ou 5 mm e que durante os próximos 20.000 anos, sem termos recursos às consultas do além, também não haverá. É isso que nós estamos pretendendo fazer. Isso é uma estupidez! Nós todos somos levados a esta estupidez continuamente.

Agora, se ocorrer um sismo, é imprevisto? Não. Seria simplesmente uma pretensão de pretendermos ser deuses, quando nós não somos.

Agora, prosseguindo ainda dentro do campo um pouco filosófico, eu diria que o imprevisto é inevitável. O próprio decorrer do tempo é fato continuamente novo. E a sociedade e o homem são impelidos a fronteiras novas. Eu relembro aqui a carta de TERZAGHI a ANDRÉ COIN, com relação à ruptura da barragem de Malpassé, em 1959. Eu cito esta carta, aliás está publicada no trabalho do CASAGRANDE sobre "Calculated Risk". É uma carta linda em que TERZAGHI, logo depois da ruptura da barragem de Malpassé, sobre a qual vou falar um pouco, escreve a ANDRÉ COIN dizendo que só podia ser gente de um calibre extraordinário como ele, que é impelido a levar a ciência para diante das fronteiras do desconhecido, que teria que pagar o tributo, de tempos em tempos, de sofrer uma ruptura, uma catástrofe. Portanto, que caiba à profissão não só respeitá-lo dentro dessa tragédia à qual ele foi submetido, mas de ser-lhe grato pelo fato de que, através desta coragem que ele teve de assumir sua posição de líder, a profissão avançou.

Mas o ponto fundamental, então, é que sempre vai haver o desconhecido, sempre vai haver o imprevisto, e sempre vai haver alguém que, de tempos em tempos, vai pagar caro por esses imprevistos. Saibamos respeitá-lo e saibamos também respeitar o fato de que só através disso é que a profissão realmente cresce.

Agora nós vamos entrar num campo um pouco polêmico, que é: o que é a geologia, onde entram a mecânica dos solos, mecânica de rochas, etc., o que é, depois, engenharia, quais são realmente as suas subdivisões, dentro deste prazer de especializarmos e, ao mesmo tempo, de co-habitarmos, de convivermos com prazer.

No meu entender, a geologia é algo que nos dá aquela noção de macro escala. Macro escala de espaço, macro escala de tempo,

macro escala de qualidades de materiais. Eu posso ter rochas tão moles quanto solúveis e com buracos no material rochoso, até materiais que são muitíssimo mais resistentes do que o concreto. É curioso, quanta gente prefere escavar rocha e botar concreto por cima. O que é uma grandíssima vergonha de desconhecimento de que uma rocha é muitíssimo melhor, digamos um bom basalto ou um bom granito, é muito melhor do que o melhor dos concretos, mas enfim, o ponto fundamental é que nós temos uma grande macro escala, uma grande dispersão de condições de qualidades e de micro-integrações.

Quando eu discuto geologia, eu relembro estudos que estavam sendo feitos no lago Maracaibo (1958) sobre a compressibilidade de areias e de arenitos, à profundidade de 5.000 metros. Porque em função de micro-compressibilidade integradas ao longo dessa altura, toda aquela região iria sofrer dezenas de metros de recalque. Quer dizer, em outras palavras, nós temos infinitesimais e, no entanto, integrando micro-efeitos de contínuos, nós acabamos tendo uns efeitos que, para a nossa escala, são grandes. Nós continuamos sendo do mesmo tamanho.

Dando chance à estatística de casos anômalos, a geologia, pelo fato de ter macro escala, nos permite muito mais visualizar a possibilidade de ocorrerem os casos extremamente anômalos. Então, enquanto que os solos, de modo geral, o melhor dos solos, ou o pior dos solos, têm uma gama de variação relativamente pequena, nas rochas nós percorremos diversas situações. Nas condições geológicas podemos encontrar casos anômalos muito mais dispersos.

Agora, o que é mecânica dos solos e mecânica das rochas? No meu entender, são instrumentos de análises de síntese. São meios para um fim. Eu sempre sinto muito quando me descrevem como um especialista de mecânica de solos, etc. Eu digo sim, mas acontece que na minha ordem de prioridades eu espero que eu seja primeiro homem e cidadão. Para ser o melhor homem e cidadão, eu procurei ser um engenheiro civil, porque, acho que como alfaiate talvez fosse pior cidadão. Ou como cirurgião. Cada um tem que escolher a melhor forma de ser um bom cidadão. Mas, qual é a primeira prioridade? Ser cidadão!

Daí, para melhor ser cidadão, sou um engenheiro civil. A minha meta é ser engenheiro civil. O meu meio é mecânica dos solos e geotecnia. E não conheço uma profissão chamada mecânica de solos. E eu espero que os senhores não conheçam e os senhores rejeitem as pessoas que se dizem. Porque um meio não pode ser o fim. Nem mecânica de rochas, nem mecânica de solos são profissões. São meios para a profissão. A profissão é a síntese.

Nós vamos sintetizar aqui mecânica dos solos e mecânica da rocha. É lamentável que elas tenham se separado. Mecânica dos solos foi a mecânica dos contínuos, moles, etc., e entrou a mecânica das rochas como a mecânica dos descontínuos e, no entanto, realmente entrou por que? Porque o CASAGRANDE e outros não quiseram fazer o MANOEL ROCHA, presidente da Associação Internacional de Mecânica dos Solos. Acontecem muitas coisas em função meramente de episódios pequeníssimos desse gênero. Se o MANOEL ROCHA, que tinha, sem dúvida nenhuma, estatura maior do que vários dos maiores nomes da época de mecânica de solos, tivesse sido eleito presidente da Associação Internacional de Mecânica de solos, nós teríamos tido a Associação de Mecânica de Rochas como parte da de Mecânica de Solos e não uma outra associação. Indiscutível! E com uma interação contínua muito fértil.

Bom, prossigamos. Geologia Aplicada. Aplicada à que?

Eu quero dizer que, realmente, a geologia aplicada é uma espécie de "léxico". É uma tentativa de simplificar para o semi-ignorante engenheiro, simplificar uma forma de comunicação com o engenheiro.

Enfim, o ponto fundamental é destilar um pouco para que a gente saiba se compreender. Não ficar tratando só em níveis de grande erudição.

Agora, mineração também é um campo que eu diferencio da civil, por um motivo muito simples. Os mineradores são nossas cobaias. Eles trabalham com o coeficiente de segurança e risco muito mais apertados. Por que? Porque basicamente, o sonho ideal de um minerador seria de que, quem sabe, ele não precisasse de escavar, se cada vez que ele fosse dar uma caçambada o talude próprio escorregaria em volume apropriado e ele ficasse simplesmente colhendo. Ah! Isso seria o ideal! Ou então, terminado de fazer a sua grande cava, ela desmoronasse e voltasse a ser um panorama lindo, ecologicamente bonito com pastos e tudo mais. Isso é que seria o ideal também.

Bom, então, basicamente, mineração é uma engenharia civil arrojada, de trabalhar apertado; nós derivamos muitíssima experiência em função disso. A diferença que eu chamaria de fundamental, é no sentido dos fundamentos, na raiz das coisas, de aptidões, atitudes e metas.

A geologia, no meu entender, é exercida por um homem de observação. São as ciências naturais que os anglo-saxônicos começaram. O "bird watcher", o inglês que ficava olhando passarinho, ficou olhando a natureza, e daí, ao olhar a natureza, ele pouco a pouco deu a observar, começou a descrever, começou a qualificar, etc.

É uma ciência eminentemente de observação, mas observação crítica, de interpretação e de montar uma história, uma novela na moda de detetive.

Ora, o geólogo é uma pessoa que tem esse faro, eu não. Agora, a engenharia é inteiramente diferente da geologia num sentido: é um homem que analisa e sintetiza oxalá quantitativamente para atuar; a engenharia é trabalhar, executar, executar de forma a dominar. Quer dizer, em outras palavras, na hora que eu monto uma casa, eu quero que a casa fique de pé, custe o que custar. Quer dizer, que ela não corra o risco de vir a desmontar no primeiro ônibus que passa ao lado.

Então, o engenheiro é um homem atuante. Ele decide a despeito de desconhecimentos, ele não procura histórias do passado, nem nada, ele procura formar a história do amanhã. Essas atitudes são inteiramente distintas. Se não souberem disto, vão ao seu psiquiatra! Honestamente, está na hora. Parece que há sempre, como se fosse uma competição, como se nós estivéssemos tirando o campo um do outro. Não! Somos complementares, por atitude, por temperamento e por tudo. Bom, exagerando, geologicamente nós obtemos a visão da macro realidade, que eu mencionei com toda a franqueza; nenhum ensaio pode ser melhor do que o ensaio visual de quem quer enxergar. A maioria das pessoas passa pela vida sem jamais enxergar nada, sem olhar.

Outro dia estávamos discutindo estabilidade de taludes de cascalho. Eu digo: você algum dia viu, por exemplo, em La Paz, ou em Lima, em todos os Andes, escarpas de mais de 150, 200 metros, subverticais, 70 graus, de cascalhos sem cimentação? Quer dizer, todos eles têm uma micro-cimentação. Todos eles sofreram sismos. Os senhores sabem o que são os sismos andinos. Os taludes estão lá, suponho eu, há milhares de anos, isto é, os geólogos têm que me

dizer. Na hora que eu vou fazer uma obra de cascalho, eu fico a querer comparar com uma areia que foi ensaiada em laboratório do MIT e com um ensaio hipotético para transformar uma areia, um cascalho numa macro areia e uma teoria baseada num ensaio de laboratório. Mas que aberração! A natureza nos dá os ensaios maravilhosos para nós olharmos, mas olharmos se quisermos. Se quisermos passar sem ver nada, também ela permite, ela não impõe nada.

Bom, então nenhum ensaio pode ser melhor que o macro ensaio geológico, e é nisso que devemos muito ao TERZAGHI. Nesse assunto ele sempre fazia observação, tentava quantificar da geologia para a engenharia civil, etc. Agora, o que é a realidade? Evidentemente vocês vão dizer que depende do que cada um enxerga, depende do modelo mental. Se eu tenho um modelo mental que tenta enxergar uma determinada forma, é meio difícil fazer com que a pessoa enxergue de outra forma. O modelo mental é um problema sério. Mecânica dos solos errônea equivale àquele período que ainda continua, é cada vez mais dizer que é o que pode ser ensaiado e calculado.

Lamentavelmente, as grandes universidades internacionais estão produzindo, como empadinhas da praça da Sé, os grandes especialistas de uma pseudo-mecânica dos solos errônea, que acham que só pode ser mecânica dos solos e geotecnia aquilo que pode ser ensaiado em laboratório e calculado por computador, e o resto não existe.

Ora, voltemos aos velhos que continuam perenemente moços, TERZAGHI, PECK, CASAGRANDE e todos eles mostram que não é isso!

O ensaio é um bom instrumento, mas a realidade é muito mais ampla, muito mais complexa. Aliás, isto é um pequeno aparte.

A grande vantagem do ensaio é apenas o seguinte: de nós poderemos manter toda uma série de parâmetros constantes e variarmos um a um para investigar uma relação de causa e efeito de um par de parâmetros, enquanto os demais são mantidos constantes. É o que, em matemática, no 1º ano de engenharia se chama de diferencial parcial. O ensaio de laboratório é indispensável, mas ele é uma diferencial parcial. O diferencial real, o modo de comportar-se do material, é aquele em que todos os parâmetros estão variando, inclusive uns variam provocando variação no outro simultaneamente, secundariamente. Então é uma doce e deleitosa confusão. Isto é o que é a realidade.

Bom, então, voltando de novo, ao que eu estava pictoricamente querendo mencionar, se eu tivesse porcentagem de frequência, esquematicamente, o que acontece com rochas é que nós temos rochas tais como o gesso, por exemplo.

Eu mencionarei o caso de uma barragem de que vocês já devem ter ouvido falar. Uma que rompeu, muitas pessoas acham que por motivos de pressões neutras, mas realmente foi por dissolução de delgadíssimas camadas de gesso entre outras camadas sedimentares. Nós temos rochas que são rochas e, no entanto, dissolvem!

Há cerca de um mês ocorreu uma quase catástrofe num túnel na Colômbia, em que abriu-se uma caverna imensa (uns 50 mil metros cúbicos), em função de uma adutora ter dissolvido camadas de gesso, que não se tinha desconfiado existirem.

Pois é, então, aí aparece o imprevisto, o erro, mas porque não se pensou em gesso? É porque foi na Colômbia. Os ingleses vivem de ouvir falar em gesso. Se os ingleses tivessem que errar, eles errariam, como, por exemplo, um e outro errou em classificar nosso solo residual em um depósito lacustre. A que espécie de lago

não sei, mas o inglês erraria em solo tropical. Mas gesso ele conhece e, no entanto, em solos tropicais, a possibilidade de errar, cortar o gesso, ocorreu recentíssimamente.

Bom, então nós temos aqui um histograma vastíssimo de materiais que vão desde, digamos, da resistência à compressão simples (1 Kg/cm², 2 ou 5), quer dizer, quase uma argila dura, até 1.000, 1.500 e tudo é rocha. Enquanto isso os solos são materiais desintegrados, são de uma gama de variação muito pequena. Para nós, da mecânica dos solos, nós dizemos que uma argila é muito diferente de uma areia. Sim, felizmente tão diferente que me dá uma profissão, mas se eu quiser ser honesto com relação ao que Deus colocou à nossa disposição, através da geologia, essa diferenciação entre uns e outros aí é relativamente pequena.

Eu procuro colocar aqui em gráfico de Mohr que os senhores todos devem conhecer também, esse mesmo tipo de conceito. O solo, seus 30 graus, variando para 20, ou seja o que for, etc., e o campo de tensões possível entre a pressão vertical (σ_1) e a pressão lateral (σ_3), etc., é relativamente pequeno.

Então, quando eu discuto tensões internas num maciço, eu não posso errar muito. O máximo que pode acontecer é chegar aqui romper, fissurar tudo, etc.

Bom, as rochas têm uma média de comportamento muito mais alta e muito mais dispersa. Claro, quanto mais alta, mais a possibilidade de ser disperso. Se eu tenho pouco, pouco posso errar, se eu tenho muito, posso errar muito. E então, o problema básico de mecânica de solos e mecânica de rochas está aí. Campos de dispersão possíveis em rochas, então, é um campo extremamente variado e é daí que nós ficamos com essa impressão que o geólogo e a geologia são os malfeitores, eles é que provocam os imprevistos. Nós, os da mecânica dos solos, somos os bonzinhos, nós conhecemos tudo direitinho.

Eu já lhes disse que acho que a geotecnia contribuiu mais para a geologia do que o oposto, depois daquele primeiro ato de geração, na calada da noite. Mas, apesar de tudo, vamos fazer um esforço para dar uma certa interação.

Em primeiro lugar, vamos discutir o conceito de pressões neutras. Provavelmente do modo como foi ensinado para vocês seria uma mentira branca, que eu próprio já transmiti várias vezes, e que foi estabelecido por um ensaio em areias e micas, por TERZAGHI, verificando como se comportava um depósito natural e verificar o que seria pressão neutra, pressão efetiva e pressão total, tentando diferencia-las de uma forma ou de outra. Na verdade, quase uma centena de anos antes disso, o conceito de pressão neutra nasceu na geologia. Nasceu nas fissuras, naquilo que chamamos de "up-lift". Aliás, nasceu no conceito de membrana que, em outras palavras, representa uma massa rochosa, um corpo sólido rígido, inteiramente impermeável e circundado de uma pressão de água exterior. Esse é o conceito de membrana.

A ruptura da barragem de Gleno (1923) na Itália, e de várias outras, levou à confirmação do que os engenheiros já naquela época discutiam: qual a importância da pressão neutra? Foi, realmente, a geologia que contribuiu com esse fator.

Enquanto a infiltração no solo pode prosseguir por muito tempo, com grandes volumes, sem provocar nada mais do que uma rede relativamente inofensiva, porque sua energia é consumida no percurso, basta um pouquinho de água entrar numa fenda, que é estanque, para aplicar nela o total de pressão hidrostática. É o conceito

de macaco de Freyssinet. E isto é muito mais catastrófico do que uma rede de percolação. Muita gente atribui à ruptura da barragem de Vajont a situação de fissuras preenchidas por água e sujeitas a esta pressão hidrostática.

Esse primeiro conceito de pressão neutra, tenho certeza, foi uma contribuição da geologia para a geotecnia.

Segundo, de extrema importância: anisotropia, inclusive com preenchimento de gesso solúvel.

A ruptura da barragem de San Francisco na Califórnia, em 1926, onde, de repente, os blocos de gravidade da barragem saíram deslizando como patinadores que não sabem patinar, cada um foi para um lado, e milhares de pessoas foram mortas. A ruptura dessa barragem, durante muito tempo, foi atribuída à pressão neutra. Mas investigações um pouco mais aprimoradas chegaram a demonstrar que essa pressão neutra se desenvolveu ao longo de delgadíssimas películas de preenchimentos de gesso que foram dissolvidas. Não foi no primeiro enchimento do reservatório, não foi logo e, se fosse puramente um efeito físico de pressão neutra, deveria ter sido logo. Mas não foi. Houve um pouco de dissolução, suficiente para criar o fenômeno. A anisotropia é extremamente importante em argilitos e em lutitos.

Os planos com bentonita, por exemplo, a barragem de Fort Peck, com delgadíssimas camadas de bentonita, smectita ou montmorilonita (cada vez que aprendemos um novo nome, eles criam mais um outro para afastar os bárbaros). O fato básico é que a barragem de Fort Peck representa uma ruptura importantíssima de uma grande barragem, em 1937, a maior barragem de aterro hidráulico no mundo na época, cento e poucos metros de altura e cento e tantos milhões de metros cúbicos de material depositados em aterro hidráulico, tipo de construção que os russos continuam a fazer com muito sucesso, por vários motivos que não vêm ao caso discutir aqui no momento. O fato é que aquela barragem rompeu devido a deslocamentos que ocorreram nesses planos que tinham essa bentonita.

No sentido vertical aquela rocha era, como qualquer outra, muito resistente. E no sentido transversal ela tinha um ângulo de atrito de apenas $4^{\circ}20'$, portanto, sofreu grandes deformações, tão grandes que a massa de areia toda entrou em liquefação e a barragem rompeu.

O ponto fundamental é o seguinte: há várias barragens com superfícies de "slikensides" (o próximo passo que vou mencionar) e nesse aspecto foi o geólogo que contribuiu para a mecânica dos solos.

Na mecânica dos solos, as anisotropias são de proporção de 2:1, 2,5:1, ou coisas do gênero. É muito difícil encontrar a proporção 1.000:1, como na geologia nos mostra. Então, superfícies de cisalhamento com "slikensides", os folhelhos expansivos "Bear law", em muitos desses casos esses folhelhos, que continuam a ser investigados no Canadá, Estados Unidos e outros países, já obrigaram a fazer barragens com taludes de 1:12 e, mesmo assim, as barragens continuam andando, tanto para montante quanto para jusante, isto é, continuam se mexendo. Ora, o mais curioso é que se fizéssemos ensaios SPT o material seria impenetrável. Material altamente resistente no sentido vertical, o que indica uma anisotropia importante.

Tensões internas: é a geologia que realmente está nos abrindo os olhos a uma das grandes mentiras da mecânica dos solos moderna. De onde vêm todos os nossos conceitos de uma pressão ver-

tical uniforme? Eu vou depois me referir à "piping" logo em seguida. É simplesmente aquele conceito de que os materiais são homogêneos. Eles tinham que ser homogêneos para nos permitir calcular. De onde vem esse conceito de pressão lateral ser uma proporção da pressão vertical, e que gama de variação seria possível nestes parâmetros?

Mencionei as proporções de pressão horizontal para vertical possíveis no solo. Podemos visualizar que a proporção pode ser infinita, inclusive podendo levar à tração num lugar e à compressão alta no outro, e ainda não romper, enquanto que no solo não é possível.

Nós sabemos hoje, principalmente através de análises de elementos finitos, que um material não pode ser continuamente homogêneo de modo a se poder garantir isso como um dado real em toda sua extensão. O estado de tensão é um valor médio. Em média, ação é igual à reação, então o material tem que sustentar o peso. Mas à medida que começam a ocorrer pequenas diferenciações, uns certos núcleos passam a ser um pouco mais resistentes do que os outros, e de certa forma é sobre os mais resistentes que se transmite o incremento de pressão que vem de cima. Em função disso, realmente, o aspecto de homogeneidade de tensões verticais e horizontais e uma certa gama limitada de variações é algo fictício. É uma mentira! É útil, necessário para o cálculo, mas se formos medir de ponto a ponto, com precisão adequada, verificaremos que é muito variável, muito disperso o comportamento das tensões. Daí, um motivo para um problema de "piping" e erosões internas.

O problema de dupla sedimentação. Em muitas barragens, encontramos uma fundação sobre matacões. Tenho compartilhado da sugestão de que, por motivo de tratamento, mesmo sendo matacões satisfatórios, devemos encher os vazios com areia para servir de filtro. Sob o ponto de vista de diminuir a permeabilidade, muito certo, mas sob o ponto de vista de evitar o "piping" não. Porque essa areia que entrou facilmente não recebe pressão nenhuma. Toda a pressão está aplicada sobre os matacões. A areia está solta. Uma areia solta é livre de sair também, se não for impedida na saída, com a colocação de um filtro de verdade.

Até certo ponto, menciono aqui o aspecto de que alguns dos gravíssimos problemas de imprevistos de comportamento de Tarbela foram devidos a isto. E em tudo quanto é corte de estrada, se vocês quiserem parar para examinar, encontrarão por exemplo umas camadas mais rígidas, argilosas e areias, que são perfeitamente resistentes à erosão em cima. Tal fato não se deve apenas a cimentações, mas também por elas receberem a pressão que lhes dá resistência enquanto que uma areia em baixo de uma camada rígida, na hora que ela começa a sair, a camada rígida, redistribui a pressão para outros e essa areia sem ter pressão vertical nenhuma que a contenha, desagrega-se. Na barragem de Curuá-Una, na bacia Amazônica, na hora de se fazer escavações profundas para a casa de força que ficava a 25 metros de profundidade, cada vez que se encontrava uma camada limonitizada ("pedra de fogo" como chamam os locais) era justamente em baixo dessa limonitização que davam violentas cavernas de "piping" de areia. A areia em baixo não recebia a pressão, que era redistribuída pela laje de limonita. E isso, pode ser encontrado se os senhores percorrerem 20 km de qualquer estrada que tenha camadas sedimentares (região de São Paulo), os senhores vão ver esse fenômeno continuamente.

Isso aqui é uma fotografia do tapete de montante de Tarbela pouco depois do primeiro acidente que a esvaziou. Já estava com

um tanto de siltagem, mas vê-se nitidamente uma tendência a uma fenda, uma fenda que abria aqui devido a rigidez desse tapete em função do fato de que ele sofreu recalques de compressões.

Esse era o problema sério, os famosos "sink holes", buracos, recobertos pelo tapete, com a pressão da água em cima. O reservatório encheu muito rápido, a pressão da água aqui em cima era tão grande que espessuras da ordem de 10 a 12 metros de aterro compactado, magnífico, como os senhores vêm aí de cascalhos e siltes argilosos, etc., sofria uma punção por um motivo de que por baixo a fundação tinha caverna. Não é que tinha caverna, criaram-se cavernas, e eu vou lhes mostrar porque se criaram cavernas.

Um outro desses parece exatamente daqueles buracos que se fazem em folhas de papel à punção e é isto exatamente o que aconteceu. A represa, enchendo muito rapidamente, a pressão de água em cima passou a ser alta, enquanto a pressão de água em baixo não tinha chegado a valores que equiparassem, de modo a fazer ocorrer só uma pequena perda de carga.

Bom, agora chegamos aqui ao ponto que eu queria. Isto é tirado, evidentemente, do lado de alguns daqueles depósitos, e os senhores vêm aqui certa heterogeneidade. Agora eu lhes pergunto. Essa heterogeneidade é estatística? Aqui à esquerda os senhores vêm fragmentos pedregosos um tanto maiores e à direita uma lente de silt puro. Ora, a natureza depositou esses materiais a esmo? Não. Justamente essa lente de silte foi depositada em água parada, água essa que só era parada pelo fato de que as pedras na frente brechavam a velocidade da água. Então, em outras palavras, existe algo de determinístico em tudo isso.

Há uma seleção natural. Era automático que ao lado de matacões grandes, iria haver de preferência uma tendência, uma água mais parada e, portanto, deposição de silte e materiais mais finos.

Agora, em aditamento a isso, o próximo aspecto é o seguinte: a hora que esse depósito vai recebendo carga em cima, o material mais incompressível recebe a grande parte da carga, portanto os matacões à esquerda (isso é foto com tele-objetiva mais próximo). O material à esquerda, sendo mais incompressível, recebe mais e mais pressão e o material à direita continua sem receber pressão.

Os senhores vêm aqui, então, um tipo de material de areias, bem soltas, lado a lado, conjuntamente com matacões.

Então, voltemos à nossa discussão. O que eu queria frisar nesse assunto é que o fenômeno de "piping" ocorre; nós sabemos como combatê-los, mas onde ele ocorre é um dos fatores que tem sido muito pouco lembrado. Ele ocorre onde não existe pressão suficiente para realmente dar proteção ao material. E isso é uma situação que na natureza ocorre por uma forma, vamos assim dizer, mecânica. É determinística. Toda vez que um rio trás na enchurrada matacões, esses matacões vão estabelecer uns meandros e, ao lado desses matacões, vai ficar água parada e vai depositar um material siltoso, areias finas, etc.. Se eu estou errado, os geólogos que me corrijam, mas o que eu enxergo é isso. E a história que os geólogos contam em geral é esta. E existe justamente essa diferenciação determinística, se não é meramente um problema de uma heterogeneidade, etc..

Ora, então, é bastante determinístico o fato de que onde nós tivermos dupla sedimentação, pedregulhos grandes são depositados em época de enchurrada; depois, água suja com areia fina começa a infiltrar e depositar internamente, o que entra fácil sai fácil (diz o ditado português). Então esse material que aqui entrou vai querer sair à mínima provocação.

Qual é a nossa preocupação? Se retirando aquele material

não acontece nada, muito bem. Porque eu falo isto? Por causa dos nossos colegas de mecânica das rochas. Eu tenho visto discussões horribílicas que tem custado ao país centenas de milhares de horas de altíssimo gabarito, em função do problema de discutir se uma película decomposta silto-argilosa, entre duas placas de basalto ou granito pode ou não ser um problema catastrófico para a barragem. Bom, toda a vez que pode ou não, nós temos esse velho problema "to be or not to be". Então, vamos discutir o problema. Vamos admitir o pior. Vamos admitir que todo o material seja retirado. Vocês já retiraram mentalmente ou inclusive com um canivete suíço (aqueles que não estão guardando o canivete suíço para outra oportunidade).

Então, começa a raspar essa película de material decomposto e onde é que pára? Pára em rocha sã. E o que acontece? Nada. E pergunte ao geólogo quantos mais milhões de anos vai levar para criar outra película de lmm? Nessa hora os geólogos têm que dizer: "Olha, não estaremos nem aqui, nem nossos filhos, nossos netos, nem todas as proles imagináveis no futuro, para ver mais um outro mm, de rocha decomposta". Então, nessa hora eu lhes pergunto: "Eu, como engenheiro de barragens, digo: Está muito bem, então, eu retiro esses mm aqui e acolá, etc.. Quer dizer, uma barragem, que recalca 3 metros devido a mais 30 fendas de lmm, vai recalcar mais 3cm. Que drama! Mas como é dramático isso! Meus caros amigos, nós estamos numa situação triste, todos nós sabemos. Rir, felizmente ainda é a nossa grande virtude, saber rir. Levanta, sacode a poeira e dá a volta por cima. Sacode a lama também e escorrega nela.

Mas o fato básico é que nós gastamos os tubos, coisa que o país nenhum gastou, em função de abstrações hipotéticas que nunca ocorreram a outros. Evidentemente eles não são inteligentes, nós não somos. É por isso que nunca eles pensaram em certos problemas que nós temos.

Bom, prosseguindo. O que a geologia nos ensinou? Imprevistos para a geotecnia, subsidências. Nós não tínhamos noção, dada a escala da mecânica dos solos. Discutia-se o adensamento de argilas de Istambul, adensamento de argilas do Bangkok, etc., mas não subsidências devidas à exploração de petróleo à profundidade de três mil metros, ou coisas do gênero, devido a micro-compressões acumuladas. Já em Long Island em 1941, a tese de doutoramento de NABOR CARRILHO, demonstrou isto. Aliás, a história deste assunto é muito interessante. O NABOR CARRILHO resolveu o assunto, puramente por teorias de elasticidade e matemática. Estudando um certo problema, ele chegou à conclusão de que deveria haver um campo petrolífero que estava sendo bombeado numa região qualquer lá dos Estados Unidos, que era segredo máximo de segurança. Ele passou um telegrama para Casagrande, dizendo: acho que tal região tem campo petrolífero em exploração. Isto, na época da guerra, causou um rebuliço. Ele foi investigando e disse que chegou a esta conclusão baseado no exame matemático da teoria do campo elástico do mundo e chegou a esta conclusão. Por coincidência, ele tinha localizado um dos grandes campos petrolíferos que naquela época ninguém conhecia no Texas, que estava em exploração, e só as forças armadas norte-americanas sabiam. O Casagrande conseguiu tirá-lo do aperto. O fato básico é que o problema de subsidência é um problema que nós estamos enfrentando em todo lugar do mundo hoje como geotécnico e, realmente, o geólogo tem que nos ajudar muitíssimo mais. A região do vale do Pó, inteira, a cidade de de Veneza, a cidade de Bangkok e a cidade do México, todas elas estão sofrendo subsidência que, evidentemente, ano em ano é muito, mas ao final de 50, 60, 70 anos acaba dando algo importante.

Empolamentos, para mim foi uma novidade. Quando eu estive

o ano passado em Helsinque, no congresso europeu, convidaram-me a uma visita ao edifício da prefeitura, que tinha oitenta e poucos anos e que já tinha sofrido reforço de fundação, porque tinha sido apoiado por estacas atravessando argilas moles, estacas de madeira até a rocha sã e o edifício tinha subido 72 centímetros e, portanto, as cabeças das estacas estavam todas expostas, acima do lençol freático atual. Estavam começando a apodrecer. Simplesmente a rocha, com plexo arqueano, ainda está sofrendo movimento de alívio de tensão do peso de gelo que a capeou há 10 mil anos. É preciso ser geólogo para pensar nisso.

Agora, venham me dizer que isto é um erro de geotecnia. Felizmente, os meus interesses são de uma escala e os dos geólogos são de outra e, em complemento um ao outro, nós fazemos uma boa orquestra.

Vou mencionar aqui a barragem de Montreal. É uma barragem em arco de 142m de altura que estava pronta há mais de 25 anos, com acompanhamento perfeito e tudo o mais. De repente, em outubro de 1978, um dos instrumentos da ombreira esquerda mostrou uma tendência a movimento um tanto diferente, um movimento de recalque um pouco maior. Então, começou aquela fase típica de instrumentação, de discutir se o instrumento está certo ou errado. Enquanto isso, veio o inverno e parou a instrumentação devido ao frio. Depois, logo a seguir, foram checar de novo e o movimento tinha aumentado. Uns meses mais tarde deu um movimento brusco, 15cm no máximo na ombreira esquerda e um pequeno deslocamento horizontal e uma barragem de 25 anos de vida, rachou. Felizmente os reservatórios de água são pequenos e foram esgotados rapidamente, e a barragem ficou lá em discussão durante muito tempo. O que aconteceu foi o seguinte: Do lado de cá, a uma profundidade de 400m abaixo e a uma distância de mais de um km, do outro lado do morro, o departamento de estradas da Suíça estava abrindo um túnel. Esse túnel acabou por ensejar a instalação de regime de percolação no maciço, que foi o responsável pelos problemas da barragem.

Terrenos de módulos de deformabilidade superiores a 100000 kg/cm², que tinham revelado um comportamento excelente para uma barragem de 142m de altura, sofreram compressões suficientes para dar os 15cm de recalque, devido a este fenômeno do outro lado do mesmo corpo. Quem é o culpado? Para nós isto está na escala do imprevisível. Nós não podemos ficar raciocinando, em cada obra, em função do que possa acontecer a um km de distância e 400m de profundidade feito por outra entidade. Isto faz parte do risco que o proprietário tem.

Liquefação: nós aprendemos sobre liquefação basicamente da geologia. Liquefação em laboratório é muito fácil provocar. Agora, liquefação do tipo que aconteceu em Montaro, 1974, e agora, mais recentemente, em Guavio na Colômbia, em julho de 1983, é coisa diferente. O caso de Montaro: está a dois mil e poucos metros da serra Andí na aqui, Montaro, este lago existe há muito tempo, etc.. No ano de 1974, os camponeses, que plantavam seu milho aqui, ficavam aborrecidos porque o milho começava a apodrecer por demasiada água.

Em abril de 1974, uma massa de cascalho, solo, rocha e tudo mais estimado em 7 bilhões de m³, deslocou-se formando uma barragem de duzentos e tantos metros de altura, com cerca de 3km de extensão bloqueando o rio Montaro. Por que este lado começou a se movimentar? Por alguma fissura aqui alimentar este lençol freático e, em algum momento, passou a dar esta liquefação explosiva.

Eu vou descrever rapidamente o caso ao qual estive associa

do recentemente: o caso da barragem de Guavio. É muito importante para aqueles que acreditam em instrumentação, sofisticação e outras coisas, voltarem à humildade. Em planta, o rio é num vale em V (vê), seguindo neste sentido e aqui começava então um túnel de desvio e um outro. Esta zona aqui havia sido mapeada como colúvio. O geólogo havia dado sua contribuição. Aqui, em planta, é uma zona de rochas "in situ" e aqui uma zona de colúvio. Não havia sido estimada a espessura da zona de colúvio. Ao fazerem a escavação de acesso a este túnel, tentou-se aqui o acesso com taludes de 3 a 4m de altura. Logo depois do almoço, 2 ou 3 operários ficaram sentados à sombra da escavação e houve um escorregamento de 500m³ de material, que os matou. A consequência foi a preocupação de que aquela zona era instável. Na hora do corte, se chumbou uns perfis para dar uma maior proteção além de uma vala. Isto em setembro de 1982. Entre esta data e junho de 1983, foram colocados uma grande série de instrumentos, 7 pessoas (1 engenheiro e 6 técnicos) estavam continuamente observando os movimentos nesta zona tida como instável. E o modelo mental, volto a mencionar, é de achar que este colúvio são zonas que vêm escorregando como lasca ao longo do talude. Houve 4 outros escorregamentos, mas nenhum fatal. Chegaram a medir aqui movimentos durante o ano todo num total de 7 metros vertical e 4 a 5 na horizontal. Chegaram também a fazer relações importantes entre precipitação em milímetros de chuva e o movimento. No dia 10 de julho, "el Niño" despencou lá com todo o seu furor, houve umas enchentes violentas, e toda a fisionomia da região teve aqueles escorregamentos de lascas por todo lado, mas lá não aconteceu.

Depois houve uns 4 ou 5 dias sem chuva e 9 dias chovendo pouco (9, 10, 15mm, etc.); em nenhum dia o nível chegou a ameaçar, de acordo com as estatísticas. No dia fatídico, às 6 horas da tarde, de um momento para o outro, houve um estrondo violento, que refluíu toda uma massa de terra que levou de roldão, casas, etc..

Foi um problema de liquefação de um material que tinha pouco mudado de comportamento. Os senhores conhecem um pouco sobre o caso de Vajont sobre o qual vou falar. Nós temos este tipo de problema. Curva de tensão-deformação e na mecânica de solos se discute o que é válido: usar ensaios de deformação controlada ou de tensão controlada. Ora, a diferença é a seguinte: deformação controlada é útil para pesquisa, pois permite conhecer aproximadamente o tipo de comportamento depois de rompido. Porém, na natureza, o que ocorre num talude? o peso é que não muda. Então, o comportamento real é de tensão controlada.

Espero ainda que chegue um filme sobre um escorregamento na Escandinávia. Um talude brando de 9 graus, um pasto, casas de campo. Um dos agricultores resolveu escavar uma piscina, num total de 2000 m³ de material que ele retirou e mandou depositar junto à beira do lago. Esta pequena retirada de terra iniciou com um processo de ruptura progressiva que em questão de minutos levou 200000m³ de lama com uma velocidade de 30 km/h, destruindo toda uma aldeia. Uma ruptura de liquefação de um material altamente sensível. Pretender discutir estes aspectos sem conhecer a geologia e sem conhecer o porquê destes problemas através de geologia, é desconhecer o fato de que na natureza taludes são de um modo geral ao redor de um coeficiente de segurança de um. A natureza não tem necessidade de ter coeficiente de segurança maior que um, a natureza tende a penneplanizar-se.

A ruptura da barragem de Vajont. Monumento à engenharia civil de barragem. Maior barragem de arco do mundo, 294 metros de altura, teve um problema de um escorregamento violento, que os senhores

já devem conhecer a bibliografia. Uma massa de rocha de 200 milhões de metros cúbicos se deslocou com uma velocidade tão grande que provocou sismos em Copenhagem e outras cidades, inclusive a primeira impressão era que o sismo provocou o escorregamento, mas quando verificaram o cronômetro viram que era ao contrário.

Da mesma forma que a barragem de Malpassé que matou cerca de 300 operários a jusante, este levou uma aldeia pequena com cerca de 3000 pessoas. Neste outro caso, cujo projetista foi o de maior nome na época, que tentou examinar o assunto como se fosse um problema de deformabilidade, de módulo de elasticidade. Não se sabia, na época, que o aspecto representado por trações aqui e compressões aqui, provocaria um aumento de permeabilidade à montante da ordem de 1000 vezes a permeabilidade de jusante. Em função disto, a barragem teve uma ruptura catastrófica. Finalizando esta exposição, na qual eu pretendi deixar claro que o que é imprevisível é muito relativo, acho que devemos terminar com a tecla básica da humildade. Se há uma coisa que a geologia nos pode ensinar é sermos um tanto humildes no nosso modo de raciocínio. Os fenômenos, à escala da natureza, são fenômenos muito maiores do que nós imaginamos. Todos os fenômenos de que falei nos fazem lembrar uns dizeres atribuídos a HIPÓCRATES, o primeiro médico a quem se atribuiu o método observacional de medicina. O que ele disse em 500 A.C. "A vida é curta. A arte é duradoura. O conhecimento é ilusório". Toda vez que nós achamos que conhecemos algo, desconfiamos. Porque os nossos pais e avós também achavam que conheciam e nós provamos que eles estavam errados. E nossos filhos e netos, oxalá provem que nós também estávamos errados. Errados no sentido de que insuficientemente certos. Tão certos quanto o necessário para hoje, mas não certos totalmente. Esta frase que é importante: "A experiência é traiçoeira". A experiência automaticamente nos leva a um certo modo de pensar. Em Guavio, durante um ano, ficaram observando pequenos movimentos e numa forma transformada em lama de 500000m³ e em função deste modelo mental se tinha curado a idéia de que não haveria nada de novo. E finalmente: "O julgamento é difícil". Quem será o primeiro a jogar a pedra nos telhados de vidro?

A geologia nos faculta a extrapolar e a controlar nossa experiência. A geologia nos faculta olharmos para trás a escala de tempo, olharmos, à distância, a escala de centenas e milhares de km e sentirmos algo sobre a realidade da macro escala, perante a qual nós fazemos nossas pequenas obras. Uma das grandes contribuições que a geologia tem a dar à geotecnia, além da humildade, é o problema da percepção de extrapolações, tanto para um lado quanto para outro. Finalmente, os "Acts of God": vocês todos devem ter lido o caso do vulcão de Santa Helena que de repente teve uma erupção violenta. Foi uma felicidade em relação à barragem de _____, uma das grandes barragens dos Estados Unidos, aquele mar de lava fluir numa direção diferente.

Será que nós temos alguma possibilidade de sermos humildes perante este tipo de situação? Então, o que a geotecnia contribui para a geologia é uma capacidade de tentar quantificar através de pequenos elementos e pequenos métodos de cálculo. O que a geologia tem a contribuir para a geotecnia é esta escala dos extremos. Então, para os senhores que são geólogos eu digo com muito respeito e profundo reconhecimento: sejam geólogos com paixão por esta escala que vai de um extremo a outro extremo. Não procurem fazer pequenos ensaios a mais ou a menos. Deixem isto para nós. Cada qual tem sua função.

Agradeço imensamente vossa atenção e espero realmente ter deixado convosco a impressão de que nós, da engenharia civil e da

geotecnia e mineração, precisamos de uma geologia de visão ampla que nos aproxime dos fenômenos naturais e da grandeza de Deus.
Obrigado.