

■ DEMANDAS E DESAFIOS DA GEOLOGIA ■ DE ENGENHARIA EM PROJETO E ■ CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS

CHALLENGES AND DEMANDS IN ENGINEERING GEOLOGY IN
DAM DESIGN AND CONSTRUCTION

CARLOS HENRIQUE MEDEIROS

Eng. Civil, Geotécnico

M.Sc. e Ph.D. em Engenharia Geotécnica e de Barragens

RESUMO ABSTRACT

O 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), edição especial dos 50 anos da ABGE, realizado em setembro de 2018 em São Paulo, trouxe uma discussão e uma provocação muito oportunas sobre quais os desafios e as demandas existentes na seara da Geologia de Engenharia e Ambiental nas diferentes regiões do Brasil. Coube a cada representante dos núcleos regionais da ABGE tratar deste tema na mesa redonda “Retrospectiva da Evolução da ABGE e da Geologia de Engenharia e Ambiental no Brasil”. Desta forma, este artigo expõe, sem pormenorizar, alguns dos principais desafios e demandas da GEA em projetos e construção de barragens

Palavras-chave: Desafios, Projeto, Construção, Barragens, ABGE.

The 16th Brazilian Congress of Engineering Geology and the Environment, a special edition of 50 years of ABGE, held in September 2018 in São Paulo, brought a discussion and a very timely provocation about the challenges and the demands existing in the field of Engineering Geology in the different regions of Brazil. Each ABGE’s regional representative addressed this issue at the round table “Retrospective of the Evolution of ABGE and of Engineering and Environmental Geology in Brazil”. In this way, this article exposes, without detailing, some of the main challenges and demands of Engineering Geology in dam design and construction.

Keywords: challenges, project, construction, dams, ABGE.

1 INTRODUÇÃO

Os incidentes e acidentes atribuídos a problemas geológico-geotécnicos respondem por mais de 40% dos casos, sendo este o desafio que se traduz por capacidade de lidar com incertezas e de adotar linhas de defesa para a garantia do menor nível de risco envolvido na obra de engenharia. Aqui me permito transcrever algumas definições atribuídas aos desafios que temos que enfrentar, com destaque para a frase do ilustre Prof. Victor de Mello: “*engenharia é a arte de tomar decisões, face a incerteza*” e a minha convicção e certeza de que “*cada estrutura de barragem e seu sítio geotécnico, tem sua impressão digital*”.

Quadro 1. Quadro com estatística de acidentes por tipo

Tipos de acidentes	Terra	Concreto	Outros
Transbordamento	53%	29%	34%
Plobelas de fundação	21%	53%	30%
Problemas de percolação	38%	-	28%
Ecorregamentos de tabules, outros	6%	18%	8%

Fonte: ICOLD, 1974

Importante ressaltar o fator relevante diz respeito a qualidade da campanha de investigação geológica-geotécnica, com a citação de que os custos médios de uma investigação geotécnica são, em media, muito reduzidos, o que se contrapõe ao índice de acidentes devido aos erros ou falhas no planejamento e/ou condução dos estudos geotécnicos, sendo que essa frase explica com presteza esse ambiente de incerteza em que lidamos.

Uma frase traduz isso com propriedade: you pay for a site investigation whether you have one or not (A. C. Waltham, 1994). A magnitude e custo de uma campanha de investigação geotécnica varia, consideravelmente, em função das características do projeto / obra e da complexidade e/ou dificuldades das condições do subsolo.

Existe uma carência de estudos geológicos-geotécnicos, como subsidio ao planejamento da campanha de investigação geotécnica, com ausência de laudos que fundamentem a escolha dos pontos de sondagens, profundidades e justificativa sobre a quantidade e distribuição espacial, nas áreas da estrutura principal (corpo da barragem) e obras complementares.

Não é comum a disponibilização de mapeamento geológico-geotécnico de superfície, comprometendo a interpretação dos resultados dos sondagens convencionais e ensaios de campo, ambos necessarios para a definição dos parâmetros de resistência, deformação e permeabilidade. Esse procedimento é corriqueiro nos grandes projetos e obras de engenharia, mas, irrelevantes ou inexistentes no empreendimentos de pequeno e médio portes. São muitas as simplificações e o risco dessa atitude compromete a qualidade e segurança dos empreendimentos.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Essas incertezas são traduzidas ou representadas pela expressão “risco geológico”, conforme descrito em citações de alguns profissionais aqui reproduzidas:

“Todo processo, situação ou evento no meio geológico, de origem natural, induzida ou mista, que pode gerar um dano econômico ou social para alguma comunidade, e em cuja previsão, prevenção ou correção há de se empregar critérios geológicos” Ortega (1995)

“Um projeto de custo mínimo geralmente resulta numa obra de máximo risco geológico (problemas), mas, nem sempre um projeto de custo real representa risco reduzido” I. A. Minicucci (1999)

Por outro lado, o “risco geológico” pode ser expandido para outras condições não somente aquelas observadas nas investigações geotécnicas e somente visualizadas após a exposição da fundação, com um conceito mais abrangente, considerando o impacto dessas incertezas na viabilidade do projeto e construção, com reflexos significativos no custo final do empreendimento decorrente de estudos de materiais de construção mal conduzidos e análises de suas propriedades de engenharia: resistência, deformabilidade e permeabilidade, inconsistentes. A seguir apresentamos uma lista parcial desses fatores:

- Divergências entre cotas de implantação previstas e executadas;
- Problemas devido a sobrecavações;
- Ocorrência de solos moles e/ou materiais com características geotécnicas difíceis, não

- detectados na campanha de investigação geotécnica;
- Ocorrência de planos de fraqueza e/ou de instabilidade na fundação e/ou ombreiras, não previamente identificados;

- Problemas de estanqueidade nas fundações e/ou ombreiras, não identificados, etc.;

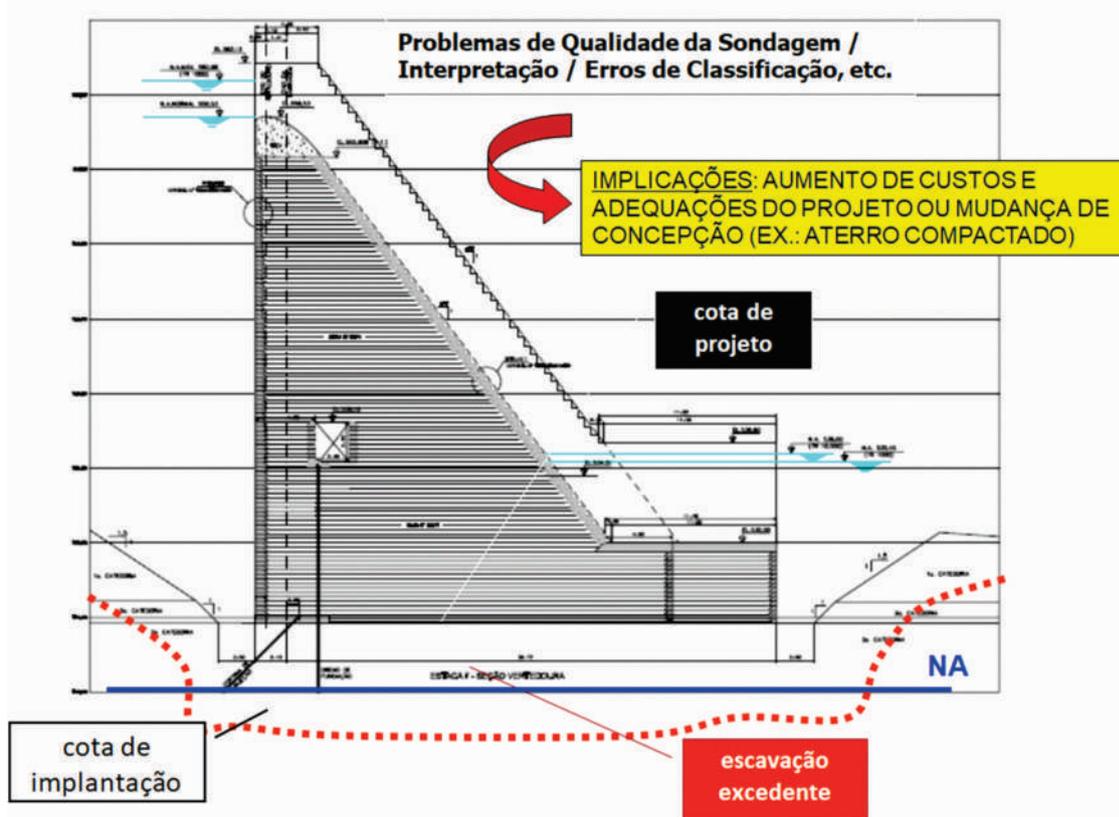


Figura 1. Seção de projeto. Alteração de cota de implantação de fundação

2.1 Risco Geológico

São vários os fatores que governam os “risco geológico”, sendo os principais:

- Erros na identificação dos “defeitos”, devido à elaboração de mapa geológico-geotécnico, excessivamente geológico e;
- Erros no planejamento da referida campanha de sondagens, sem avaliação rigorosa por profissional com experiência de geotecnia, das zonas críticas e notáveis em superfície. mapeamento geológico-geotécnico sem detalhamento suficiente para o Planejamento do programa de sondagens;



Figura 2. Limpeza e preparo de fundação.

- Erros de interpretação dos resultados dos ensaios de campo: sondagens com medida de SPT, rotativas, mistas e, principalmente, ensaios de infiltração e perda d'água sob pressão;
- Erros na formulação do modelo geomecânico, compreendendo erros de representação dos contatos e/ou interfaces, atitudes, compartimentação do maciço, etc. Necessário se avaliar os efeitos no comportamento da estrutura a ser imposta;



Figura 3. Barragem de Camará. Reforço de fundação. Solução adotada (cortesia: Andrade Galvão Ltda)

- Investigação geológico-geotécnica mal planejada ou insuficiente. Em geral: 1,0 a 3,0% do custo do projeto, por outro lado, o aumento na quantidade de furos de sondagens não implica em mais segurança; na eventualidade do mau planejamento da campanha de investigação.

Quadro 2. Custo médio da investigação x custo do projeto.

Projeto/obra	% Custo total do projeto	% Custo com a fundação
Edificações/edifícios	0,05 - 02	0,5 - 2,0
Estradas	0,2 - 1,5	1,0 - 5,0
Barragens	1,0 - 3,0	1,0 - 5,0

Fonte: C. Waltham

A qualidade dessas ações é que se traduz em mais segurança, com base na confiabilidade dos estudos, interpretações e decisões tomadas por profissional qualificado.

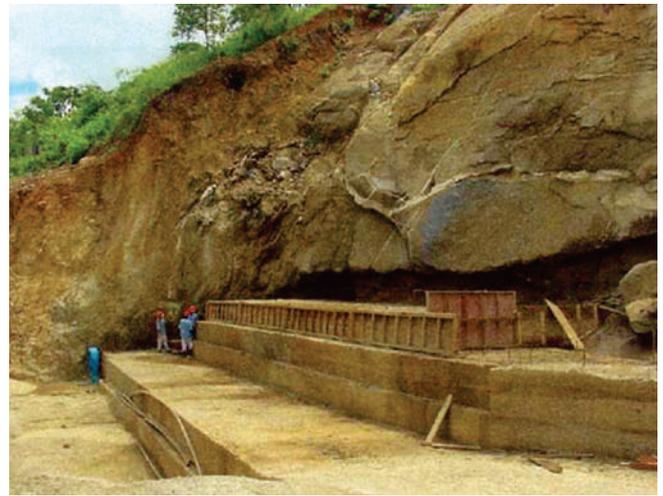


Figura 4. Barragem de Camará. Reforço de fundação. Solução adotada: cunha de travamento (cortesia: Andrade Galvão Ltda)

2.2 Gerenciamento do Risco Geológico

Compreende, dentre outras ações, também relevantes:

- Contratação de empresa e profissional qualificados para a realização dos serviços geológico-geotécnicos, etc.;
- Acompanhamento dos serviços de mapeamento geológico das escavações (elaborado por profissional qualificado);



Figura 5. Tratamento / limpeza de fundação.

- Elaboração de programa de investigações geotécnicas com base no resultado do item anterior (por profissional qualificado em geologia, geologia de engenharia ou geotecnia);

- Realização de sondagens (inclusive, a geofísica: refração, eletroressistividade, Ground Penetration Radar – GPR, etc.) e ensaios laboratoriais e de campo;
- Registro das ocorrências (defeitos ou anomalias: fraturas, falhas, surgências, cavidades, etc.);
- Análise e avaliação do defeito por profissional qualificado e intervenção imediata.

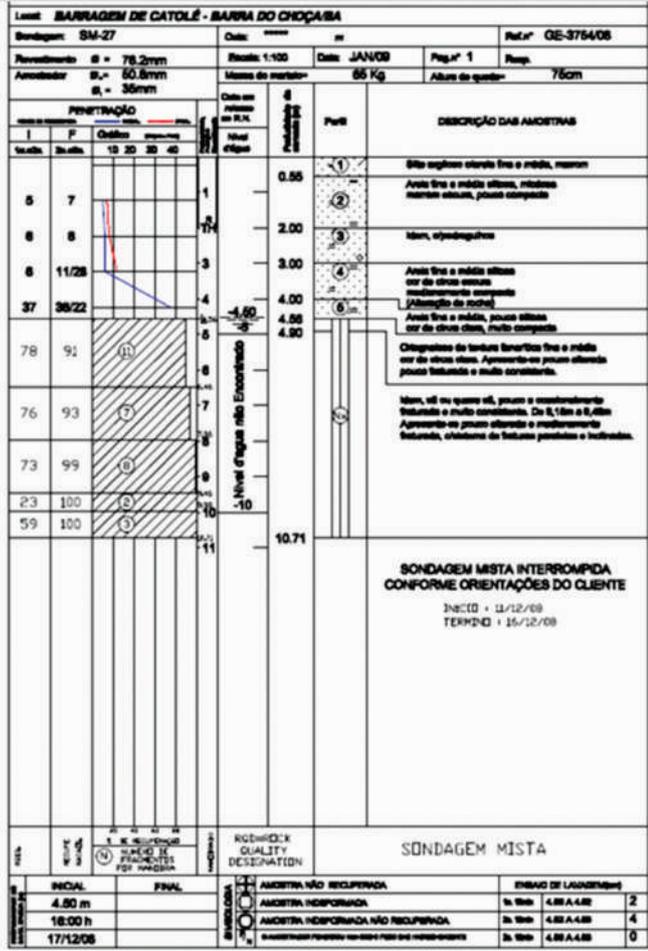


Figura 6. Resultado de sondagem rotativa.



Figura 7. Maciço rochoso exposto x testemunho de sondagem rotativa

2.3 Tratamento de Fundações

- Assegurar adequadas condições de contato da estrutura com a sua fundação, no trecho central do leito do rio e ombreiras;



Figura 8. Tratamento de discontinuidades, não detectadas na campanha de investigação geotécnica. Aumento nos custos de tratamento da fundação.

- Melhorar as propriedades mecânicas do maciço de fundação, designadamente, a resistência e deformabilidade;
- Reduzir a permeabilidade do maciço e/ou homogeneizar os fluxos da água, através da fundação;
- Controlar as subpressões e,
- Evitar o carreamento de solos pela fundação (piping).



Figura 9. Previsto topo rochoso próximo a superfície. Escavação revelou topo rochoso em profundidade e em rocha incompetente, fraturada e alterada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Melhorar a comunicação técnica entre engenheiros, geólogos e geólogos de engenharia e geotécnicos, esses, principais interlocutores;
- Compatibilizar as informações dos mapas geológicos com a descrição de feições litológicas, discontinuidades, contatos, etc., com as características ou propriedades de interesse da engenharia: resistência, deformação e permeabilidade;
- Observar que a melhor sequência para a condução dos estudos geológico-geotécnicos, consiste: levantamento de campo através de sondagens convencionais (trado, abertura de trincheiras ou poços e percussão e rotativas) e ensaios geofísicos (opcional). Necessário a elaboração de um plano de levantamento geológico-geotécnico e de sondagens, com o apoio de ensaios de campo e laboratório;
- Não limitar a utilização de ferramentas geofísica (GPR, eletroresistividade, etc.) na investigação na fase de projeto e construção mas, estendendo sua utilização ao período pós construção, para a detecção de defeitos ou feições não identificadas nas fases anteriores;
- Utilização mais efetiva dos resultados dos estudos geotécnicos, nas tomadas de decisão. ensaios são executados e seus parâmetros não são devidamente traduzidos em favor da qualidade do projeto

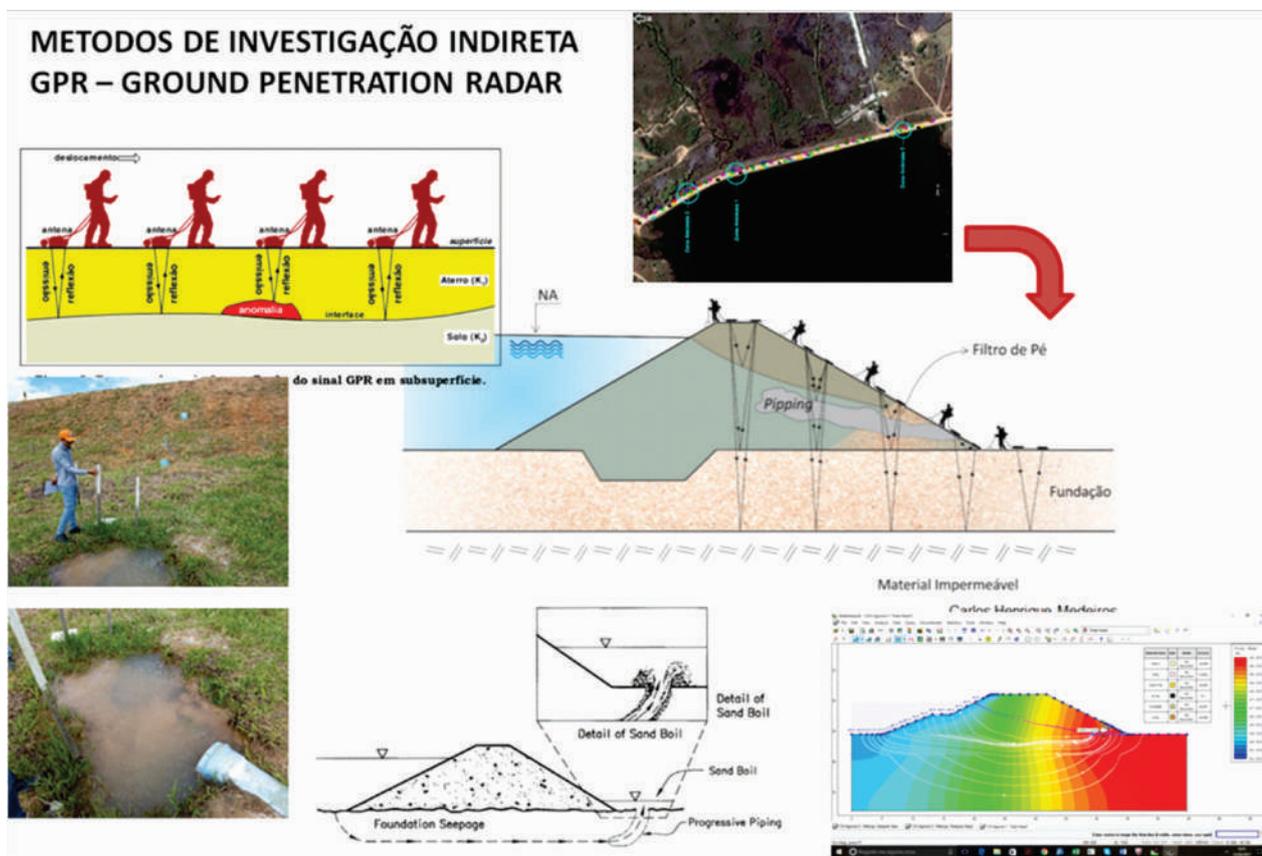


Figura 10. Utilização do Método Ground Penetration Radar (GPR), na investigação de cavidades e trincas.

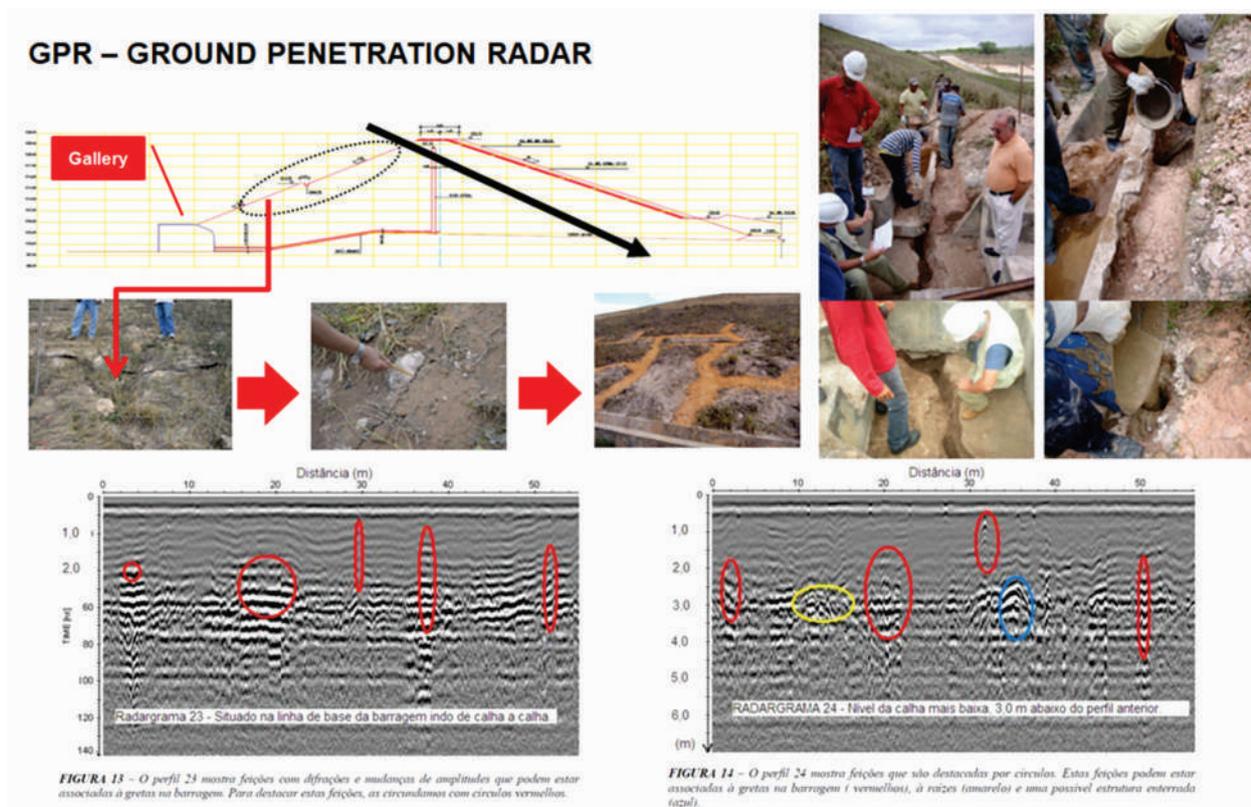


Figura 11. Utilização do Método Ground Penetration Radar (GPR), na investigação de cavidades e trincas. Resultados e intervenções de engenharia geotécnica.

REFERÊNCIAS

Aurèle Parriaux - Geology Basics for Engineers (2009) - CRC Press Taylor & Francis Group, A. Balkema Book.

Carlos Leite Maciel Filho - Introdução à Geologia de Engenharia (2007) - Editora UFSM, 3ª. Edição ampliada - Santa Maria.

Robin Fell, Patrick MacGregor & David Stampledon - Geotechnical Engineering of Embankment Dams (1992) - A. A. Balkema / Rotterdam / Brookfield.

C. Waltham - Foundations of Engineering Geology (1994) - Blackie Academic & Professional.