

" Simposio de Barragens de Enrocamento com Face de Concreto -
CBGB "

173

data do evento - 1993

data publicação - 1995

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM MEMBRANA IMPERMEÁVEL DE MONTANTE HISTÓRICO, CONCEPÇÃO, EVOLUÇÃO E INVOLUÇÕES

Prof. Dr. Eng^o Victor F.B. de Mello

PREFÁCIO

Não tenho vocação para Cassandra, sempre admirei Hector que não hesitou em lutar contra Aquiles mesmo protegido pela deusa Pallas Athena desde o nascimento e ainda mais ajudado por trapaças da divina mãe durante o próprio duelo. Hesitei também em forçar mais este meu depoimento, sabendo que nós, e nossos filhinhos e netinhas que só querem tenis Reebok ou boneca Barbie, não somos diferentes em nada. Afinal, o direito de ser masoquista é inalienável, e seria inaceitavelmente sádico privar o masoquista de seu deleite. Resolvi acrescentar a este trabalho o subtítulo explicativo "FAÇA O QUE EU HOJE VENDO, NÃO FAÇA O QUE FIZ, COM O SUCESSO COM QUE ME PROMОВИ".

Acabo de chegar do congresso Panamericano de Mecânica dos Solos, Viña del Mar, em que, estupidamente sozinho reclamei (confidencialmente) de um Relator Geral, e de uma Mesa de Sessão, Presidente e Panelistas. O Relator Geral, eruditíssima autoridade oriunda de instituição mandachuvíssima, descreveu trabalho desenvolvido ao longo de 2,5 anos por 12 grupos de pós-graduandos sob sua coordenação. Descreveu completamente, em extensão e profundidade, os conhecimentos e comportamentos sobre 12 solos que ocupam vastas regiões da Panamerica ... argilas sensíveis do Canadá, saprolitos do Brasil, loesses da Argentina, etc. Um caso, por exemplo: uma areia "pura" angular, reportada como meta-estável, e que era absolutamente estável num corte de aproximadamente 30 m em talude de aproximadamente 70. E assim por diante. Em resumo, nenhum dos solos cumpria nenhuma das indicações de comportamentos obrigatórios de acordo com os ensaios convencionais (granulometrias, limites de Atterberg) de CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS. Com um milésimo da informação hoje disponível nossos mentores, analogamente eruditas autoridades da época, avançaram Recomendações, Prescrições, Especificações. Qual o ramo tecnológico em que as verdades de 1930-50 continuam válidas hoje sem enormes avanços, todos construídos sobre o passado, consagrado porém superado? Satélites, oceanografia, computadores, eletrônica, cirurgia,

neurologia ...? Não: deixa estar que é nobre ser único ... ENGENHARIA CIVIL GEOTÉCNICA BARRAGEIRA. Reclamei do Relator Geral que faltou à obrigação de declarar de público que as classificações clássicas, deduzidas para sedimentos recentes e conhecimentos grosseiros de primeiro grau de aproximação NÃO PERMANECIAM APLICÁVEIS A PRATICAMENTE NADA DOS CONHECIMENTOS-NECESSIDADES de agora! Faltou à obrigação de oferecer NOVAS RECEITAS calcadas na experiência acumulada.

É preciso, primeiro, exigir o TESTEMUNHO DO PASSADO: indispensável pesquisá-lo para entendê-lo; desconhecer o passado é negá-lo, negar as verdades insofismáveis que o tempo ratificou.

HISTÓRICO GENÉRICO

Para o tipo de barragem em foco pode-se bem associar os primeiros desenvolvimentos aos EE.UU., e, portanto, referir à resenha "Continuous development of dams since 1950" Julian Hinds, ASCE, Vol. CT (Centennial) 1953, Transactions pp. 489-520, seguido do trabalho "Dams, then and now" K.B. Koener, loc. cit. pp. 521-35.

As seções dadas como típicas, Fig. 1 (reproduzida das Figs. 22, 23 do artigo) são indicadas como ilustrando a grande evolução da condição original de trabalho manual barato conjugado com maquinária pobre, c. 1900, até a de operariado caro conjugado com bom equipamento, c. 1952. Lamentavelmente não constam especificamente as alturas até às quais (c. 25 m) terão chegado as barragens primitivas de talude de montante tão íngreme quanto $1V : 0,75H$. O emprego de pedra bem arrumada teve sua concepção oriunda de alguma analogia com as barragens-gravidade de alvenaria, de algumas experiências centenárias. A quase totalidade das muralhas de fortificações medievais era de faceamentos de alvenaria de pedra com recheio de entulho; e não eram lá muito baixas, não: ... porque não se submetem tais realidades à análise sabichona da atualidade?

Alguns problemas e soluções listados são atualíssimos, *mutatis mutantis*" - (a) Empregar somente rocha sã resistente, de grande tamanho e livre de finos de pedreira ou outros finos (Revisto 1958, 1985); (b) Fundação firme, preferivelmente rocha sã (revisto 1958); (c) Rega jateada copiosa (ex. 3-4 vezes o volume do enrocamento) do enrocamento empregado, durante a construção; (d) os anteparos de "entulho seco" (DRY RUBBLE) tem que ser construídos cuidadosamente com pedras grandes de contactos rocha-rocha estáveis, empregando pequenos fragmentos ou lascas para encunhar se necessário; (e) Contraflechas tanto vertical como horizontal para compensar por recalque e deslocamento previsto; (f) A membrana impermeável tem que ser projetada para resistir às deformações previstas; (g) Nas ombreiras íngremes, recalques diferenciais entre maciço e o canhão requerem consideração especial para evitar ruptura da membrana impermeável.

Observa-se a menção específica da barragem de Salt Springs, 1931, de altura record já de 100 m, como de pormenores "modernos".

Do segundo trabalho, calcado principalmente nas realizações de U.S. Bureau of Reclamation pós-1900, ressalta a peculiaridade da barragem Minidoka, 1905, de 26,5 m de altura, em enrocamento com "membrana terrosa (35-50% argila)" que não consta ter rompido. Para uma Engenharia Nacional subjugada por exagerada burocracia da senilidade, talvez tenha principal interesse transcrever frases-chave tais como as seguintes que exibem o panorama enxuto de quando obras de engenharia eram conduzidas por poucos engenheiros de verdade, ao invés de centenas de automatistas da indústria do "ENGINE ENGINEERING" (Rosenblueth, México). ... "As especificações para concretagem consistiam de duas frases, ou um total de noventa palavras; as recentes especificações no mesmo assunto para o Palisades Dam and Power Plant empregaram 1070 palavras. Com relação à qualidade daqueles planos e especificações os engenheiros de hoje não ousam ser demasiado críticos pois as estruturas ainda estão em uso" (Fig. 2). Com relação à "membrana" de solo argiloso ocorreu uma mudança do método construtivo que requeria compactação ... "O procedimento para finalização da barragem propriamente dita foi o de manter o aterro terroso uns 5 a 7 m mais baixo do que o enrocamento e, mediante comportas no circuito do desvio, manter a superfície da água um pouquinho abaixo do topo a fim de enlamear ("puddle") para a compactação. A maioria dos materiais para o aterro terroso foram basculados de carros num trilho situado ao longo de montante do enrocamento. Assim, o aterro argiloso foi colocado por um processo semihidráulico". (!!!) Observem as dimensões, e, portanto, a Graça Divina intercedendo (!?).

Afora respeitarmos as ousadíssimas soluções, comprovadas aptas (com alguma Graça Divina), pois que não suscitaram a única reprovação que conta (i.é. ruptura, ou mau comportamento) retornemos à admiração quanto aos Desenhos e Especificações. Ponderemos, por fim, para fins comparativos, quanto à situação inconteste em profissões colaterais. Já imaginaram, quanto a profissões igualmente nobres, PORQUE É QUE CIRURGIÕES-CIRURGIA, ADVOGADOS-ADVOCACIA, etc., NÃO SÃO REGIDOS por centenas de normas, especificações, e/ou desenhos e textos do que fazer e como? Ponderem ..., e ajudem a remir a Engenharia Civil da condição de sub-profissão auto-vassala.

Comparação 1958 e 1985 e Lições. FAÇAM O QUE HOJE VENDO, NÃO FAÇAM O QUE FIZ E AFIRMEI, COM O SUCESSO QUE ME PROMOVEU.

O Simpósio de 1985 se limitou às barragens de enrocamento com face de concreto (CFRD): está contido não só no Volume específico da ASCE (GT) mas também no Vol. 113 n.10, Out. 1987, GT Journal, que reproduziu as discussões e sínteses finais.

Como referências bibliográficas correlatas merecem ser frizadas a Terzaghi Lecture "Progress in Rockfill Dams" de J. Barry Cooke (ASCE GT 110 n.10, Oct. 1984, e Discussões GT 112, n.2, Feb. 1986) que foi o indês para o Simpósio 1985; e, toma-se a liberdade de

assinalar a Lição Manuel Rocha de Victor de Mello, "Instabilizações de taludes e enrocamentos: reapreciações conceituais", (Revista GEOTECNIA, Lisboa, n. 47, Jul. 1986) que havia sido encomendada e elaborada para o Simpósio 1985 mas por motivos calendários de força maior não chegou a ser publicada no idioma e veículo almejado.

Uma das primeiras observações que resulta da comparação de 1958 com 1985-87 é a relativa fertilidade de grandes nomes (Lawton, Growdon, Terzaghi, Bleifuss, Cooke, Steele, etc.), a variedade de "ensaios arrojados" e a intensidade de buscas de raciocínios teóricos que norteariam e/ou justificariam tais experimentações à escala de protótipos em 1958, em contraposição com a relativa unicidade dos conceitos e casos submetidos em 1985-87. Por um lado pareceria salutar e proveitoso que a experiência tivesse efetivamente peneirado um caso único como nitidamente mais recomendado do que todos os demais, mesmo que tal vislumbre pareça contrariar o princípio de que nas condições geológico-meteorológicas nunca haverá dois casos iguais salvo por serem desprezíveis (PARA QUEM ?) as diferenças. Por outro lado, é notável o fato de que em 1958 ocorrem diversas discussões da ECONOMIA e relação BENEFÍCIO/CUSTO do empreendimento, enquanto que em 1985-87 não só não transparece uma única informação ou opinião sobre o assunto, mas pior, a questão nem sequer é posta.

Em síntese, enquanto em 1958 todos os pronunciamentos experientes (1) AFASTARAM LIMINARMENTE QUALQUER TEMOR POR SEGURANÇA, mesmo em taludes muito íngremes de estabilidade incompreensível promovida por DELGADA CASCA DE ENROCAMENTO ARRUMADO; (2) enfatizaram a impermeabilidade e isenção de fissuramentos da membrana como assunto secundário, mesmo economicamente; (3) etc.; o curioso é que nos 28 anos decorridos os problemas psicológicos de fissuramentos e vazamentos foram prioritários, toda a atenção tendo passado a consumir enormes esforços de engenharia na melhora da membrana e de condições (inconseqüentes) de impermeabilidade, enquanto NÃO HOVER QUALQUER TENTATIVA EFETIVA DE AVANÇAR NA COMPREENSÃO DA ESTABILIDADE DE TALUDES ÍNGREMES CONSAGRADOS. Escrevem Sherard e Cooke, 1987, p. 1096, Abstract "Static stability analyses are not used in CFRD design". Se nem sequer são usadas, seria obrigatório concluir que a estabilidade na prática atual está superabundante: mas, a instabilização não aumenta, obrigatoriamente, com o emprego de taludes progressivamente mais íngremes? Por que não inclinar mais?

Face à tendência dos últimos 15 anos, de concentrar atenções, inclusive perante incidências de sismos INTENSOS (gerados por elevadas MAGNITUDES, a distâncias e profundidades modestas) exclusivamente em DEFORMAÇÕES e TRINCAS-VAZAMENTOS MENOSPRESÁVEIS, limitamo-nos a frizar dois casos, e informações -afirmações correspondentes, que ironizam aspectos de eventual INSTABILIZAÇÃO. Steele - Cooke (1958, pg. 76) referindo-se à barragem UPPER BEAR RIVER DAM (construída +/- 1900, Califórnia, sismicidade indiscutivelmente elevada, 24 m de altura, 8 m superiores talude 2V : 1H e 16 m inferiores talude 1,33V : 1H, notem bem, não são erros tipográficos-datilográficos, taludes

bem mais íngremes do que 45) escreve: - "... is of particular interest because of the steep slopes with a very thin layer certainly not adequate as a retaining wall ... THIS DAM AND OTHER EARLY ROCKFILLS WITH STEEPER THAN NATURAL DUMPED SLOPES HAVE PROVIDED EVIDENCE that the shearing strength is MUCH GREATER than that based on a 1:1.3 natural slope: (SUMPED). {N.B. Em aparte. Perante nossas pretensões de minguar megaprojetos estereotipados para as escalas de mini-usinas caberia mencionar inclusive a elevação da crista daquela barragem em 2,5 m para aumentar armazenamento, e a substituição, em 1953, da face de madeira de 50 anos por uma face contínua gunitada sem juntas}.

Em segunda instância, relativo à eventual instabilização por sismo, Steele (1958, pg. 296) refere-se à barragem COGOTI, Chile com seus 53 m (corrija-se para 85 m, cf. 1985 pg. 1) de altura que, com seu talude de jusante de enrocamento basculado de 1:1,6 (corrija-se para 1:1,5, cf. 1985 pg. 1) "withstood an extremely severe earthquake with practically insignificant disturbance of the fill. The vertical settlement caused by the quake measured 1.4 feet". JÁ ERA RESSALTADA A DESPREOCUPAÇÃO POR INSTABILIZAÇÃO, efeitos sendo discutidos em função de recalques. {N.B. No artigo de 1985, pg. 1 completa-se a informação quanto a 4 grandes sismos, 1943, 1965, 1971, 1985 e os recalques incrementais sucessivamente menores, ÓBVIO}. Indicação semelhante (1958 pg. 116) decorre da barragem Pinzanes, 55 m, México, enrocamento solto em 1:1,2 e 1:1,3, sem qualquer problema ou trinca sob sismo de Intensidade 5 Mercalli sofrido. Acaba de ser publicado (Congresso Panamericano SMFE, Chile, Ago. 91) o comportamento do enrocamento compactado de Infiernillo, México, 146 m, que em 20 anos recalcou 20 cms, incluídos 4 episódios sísmicos importantes de cerca de 3 cm de recalque instantâneo cada.

Terzaghi (1958, pg. 139-148) dedicando-se meticulosamente a ponderações sobre os pontos que declara únicos importantes das exposições sobre Salt Springs e Lower Bear River, NÃO MENCIONA INSTABILIZAÇÕES DOS TALUDES salvo: "The degree of stability of cohesionless fills is independent of height ... Therefore the only item of concern in the effect of settlement on concrete facings ... It is impracticable to determine the significant properties of rockfills by laboratory tests. These properties CAN ONLY BE DEDUCED FROM THEIR OBSERVED MANIFESTATIONS IN THE FIELD". Note-se que mesmo um Terzaghi, mago da intuição, conclui erroneamente, por motivo da falta de informação suficientemente analítica, a favor de "Therefore the construction of rockfill dams in a single operation deserves the preference over construction in several lifts".

Repita-se: observações de protótipos; instabilizações de taludes bem íngremes inquestionadas, embora incompreendida a surpreendente estabilidade; preocupações focalizadas em deformações e trincas, declaradamente inconseqüentes. CABERÁ RETORNAR AO ASSUNTO TALUDES porque implica em volumes, e comprimentos dos circuitos hidráulicos, portanto, ECONOMIAS SIGNIFICATIVAS.

Reflita-se de passagem quanto ao curioso marco histórico de 1958!! Em outro extremo apareceram Casagrande (seguido de Marsal), cf. Furnas 1958, etc. em diante, tratando de enrocamento como "AREIA SUPER-GROSSA, UNIFORME" e compactando em camadas, e ensaiando em triaxiais, sem incorporar os benefícios do "pré-adensamento do esmagamento de contactos grão-a-grão", fator preponderante em estabilizar incalculavelmente a "CASCA" que havia tanto e tão compreensivelmente ESPANTADO A STEELE-COOKE. É curiosamente o grande retardo em considerar a "pressão virtual de pré-compressão da compactação deve-se a um incompreensível lapso de memória profissional analógica, porquanto toda a discussão das preferências por alturas de basculamento de enrocamento, jateamento com monitores, etc. (Terzaghi, Steele-Cooke, etc. 1958, pg. 140, 145, 147) focalizava no aspecto das quebras de contactos angulares grão-a-grão (COISA QUE NÃO OCORRIA EM areia de Ottawa dos laboratórios acadêmicos). Afirmavam Steele-Cooke (1958, pg. 155) "It is the writers opinion that a good dumped fill is as good or better than PLACED ROCK. From comparison of settlement of P.G. and E. Company dumped-fill dams with French, Algerian and Russian placed-rock dams, the dumped-rockfill post-construction SETTLEMENT is less".

Reflitamos, enfim, quanto a:

- (i) prioridade indiscutível dos FATOS DE PROTÓTIPOS em comparação com hipóteses acadêmicas impostas aos ensaios, cálculos, protótipos;
- (ii) instabilizações aparentemente inexistentes, mesmo para taludes tão íngremes quanto alguns de "MUROS DE ALVENARIA DE PEDRA", e submetidos a sismos;
- (iii) não havendo questionamento de estabilidade, como é que todas as atenções disponíveis se esgotam flagrantemente em se concentrarem nos ITENS DECLARADOS INCONSEQÜENTES (recalques, deformações, trincas, vazamentos, manutenção da face de concreto), de modo a suprimir o interesse QUER TEÓRICO QUER ECONÔMICO, de investigar-teorizar sobre a estabilidade dos taludes, inclusive COM E SEM "CASCA". Por exemplo, a barragem Pinzanes, México, já mencionada, tem espessura (perpendicular ao talude) de apenas 2 m de PEDRA ARRUMADA! Não admira resultar a afirmação (Sherard-Cooke, 1987, pg. 1096) "Static stability analyses are not used for CFRD Design" (N.B. Frizemos que nem o são, tão pouco as análises dinâmicas quanto a estabilidade, e sim quanto a deformabilidades incrementais). Por exemplo, escreve Bleifuss (1958 pg. 279) "under short duration transient loads, rockfills have substantially higher shear strengths ... If, however, a downstream slope flatter than the natural is deemed necessary, ALTHOUGH THE WRITERS CAN SEE NO REASON AT ALL WHY IT SHOULD BE ... "(N.B. enrocamento basculado). Quer dizer: taludes, incompreendidos, estão sendo adotados por experiência curandeira? E porque, para que, mais brandos e menos econômicos do que já o foram? Adiante comentamos o curioso desvirtuamento da essência da profissão

de projeto em função do orgulho ostentado de condicionamento a práticas construtivas, que os especialistas "acadêmicos" sem experiência prática desconheceriam.

Reflitamos por reductio ad absurdum; se os principais problemas são - (1) Estabilidade - segurança; (2) recalques-deformação, e danos à membrana; (3) facilidades-dificuldades construtivas da obra inicial; (4) vazamentos, riscos e custos; (5) manutenções-consertos das faces e ônus ECONÔMICO-ANUAL respectivo: ... o que é que a EXPERIÊNCIA HISTÓRICA ACUMULADA revelaria?

1. Estabilidade-segurança

Reflitamos que não ocorreu qualquer caso de dano aos taludes das barragens, noticiado quer em jornais etc. quer em meios técnicos especializados, e RESSALTEMOS em particular a conclusão da importância da "casca" (ARRUMADA, e/ou quiçá em termos técnicos mais apropriados, IMBRICADA-COMPACTADA) que bem poderia ser (tem sido) modernizada por processos mecanizados modernos diversos. Notemos a indiscutível contraposição da prática moderna desejável de faceamento (montante) com finos, contra a antiga, muito mais estável, com pedronas arrumadas. Querer é poder: fácilimo acoplar os dois interesses, se não forem pretendidos!

Ora, dizer que taludes de enrocamentos de BARRAGENS não romperam é apenas 40% (+/-) da verdade desejada e indispensável; outros 30% (+/-) deriva do fato de que analogamente taludes imensos de REJEITOS DE MINÉRIOS, rejeitadamente empilhados, também não romperam-deslizaram (ressalvados casos raros, célebres e bem explicados por sobrepressões neutras) e, em contraposição, taludes muito íngremes, naturais e escavados, de rochas, romperam, e/ou exigem reforços; {Veja-se, por mero exemplo o recente artigo local, "Simulações teóricas de casos de desmoronamento de taludes rochosos", Giovanni Carnevale, REVISTA SOLOS E ROCHAS Vol. 14, n. 1, 1991 pgs. 21-40}; finalmente, sendo o enrocamento o único elemento de fundamental importância da barragem, os últimos 30% (+/-) da verdade buscada residem na dupla indagação (a) se é, ou não, obrigatório investigar-entender a estabilidade-segurança, e (b) se, perante, e munidos de, tal entendimento, interessa ou não adotar taludes mais íngremes COMPATÍVEIS COM A SEGURANÇA E O BOM COMPORTAMENTO DESEJADOS?

Fato inapelável é que existe a instabilização de taludes rochosos: por exemplo, considerem-se os trabalhos da MECÂNICA DAS ROCHAS e modelagem de rupturas (deslizamentos conjugados com trações) de taludes íngremes, em modelos tanto físicos quanto computacionais, à medida que o "tabuleiro" inicialmente horizontal é progressivamente inclinado. Os fatores fortemente condicionantes são os parâmetros de deslizamento rocha-rocha entre blocos, e o fabuloso acréscimo de trabalho associado com a dilatância.

Se a Mecânica dos Enrocamentos está por ser investigada, não será nas teorias das Estruturas ou da Hidráulica que se buscará apoio, e sim, fértil, na Mecânica das Rochas, igualmente empenhada em formular comportamentos de blocos rígidos com contactos fracos, seja planares, seja angulares, e seja duros, friáveis, moles ou escorregadios. Apenas como lembrete reproduzimos na Fig. 3 indicações de taludes rochosos investigados à ruptura (3.1) em vias de instabilização {Ref. "Computerized design of rock slopes ...", Peter Cundall et al., Design Methods in Rock Mechanics, XVIth Symposium Rock Mech., Univers. of Minnesota, U.S.A., 1975, pgs. 5-11, FIG. 2}, e (3.2) em corte de mais de 100 m em 75 {Ref. loc. cit., 1975, "High road cuts in a Rock Mass with horizontal bedding", M. Bukovanski et al., pgs. 71-76, FIG. 4}.

Se algum(ns) caso(s) de canalização de enrocamentos (stockpiles, enseadeiras, etc.) for(em) conscientemente conduzido(s), com pequeníssimo custo incremental, de forma estudada para testar a fronteira da impunidade, é evidente que rapidamente adquiriremos os conhecimentos sobre as inclinações de taludes instabilizáveis.

2. Recalques-deformações, e danos à membrana

Foco de todas as atenções 1958-87, devendo merecer consideração separada.

3. Facilidades-dificuldades construtivas da obra inicial

É rotineiro externarem-se e ouvirem-se discussões qualitativas inamovíveis quanto à "inviabilização de taludes" mais íngremes por razões diversas, jornalísticas. Enquanto não se queria ir à lua, todas as razões eram razões inamovíveis para lá não ir: quando se quis, foi-se, e pronto. Que tal se transcrevermos Steele-Cooke (1958 pg. 109) na comparação de Lower Bear River Dam n. 2 contra n. 1?

"It is similar to Dam n. 1, but being of only 48 m height some ECONOMIES AND SIMPLIFICATIONS IN DESIGN WERE made". "The primary difference in design is the upstream face slope of 1:1 as compared to 1.3 : 1 for Dam n. 1 ... The 1 : 1 slope was adopted as being economic ... It was believed that the 1: 1 face would be MORE DIFFICULT TO CONSTRUCT. Observation of the simultaneous construction of the two dams of different face slopes indicated that UNIT COSTS SHOULD BE ABOUT THE SAME, and placed rock was actually placed at a FASTER RATE ON DAM N. 2 ...".

Em primeiro lugar desfaz-se o mito de que taludes mais íngremes não interessa(em)(aram) quanto à economia: economia de volume de enrocamento, de área de base, e de distância montante-jusante condicionante do circuito hidráulico. Aliás, se não existissem tais interesses, porque a adoção do(s) PARAPEITO(S) na crista da barragem, sempre introduzidos justamente pelo citado interesse, embora levando no bojo uma boa dose de sedução de

filigrana da engenharia de detalhamentos, quando a barragem seria plenamente satisfatória se terminada em bruto?

Em segundo lugar, refletamos quanto à inversão das concepções intrínsecas. É estéril uma engenharia de projeto (meta, idealização condicionada pelo viabilizável) regida pelas práticas construtivas "comprovadas" (portanto, do ontem). Tal prática significaria menosprezar e desprestigiar a notável engenhosidade das Construtoras quanto a inovações de equipamentos, materiais, e práticas construtivas. Em conceito, o projeto almeja algo mais ideal, e a prática acata as limitações temporais com ajustes, teoricamente entendíveis, ditadas por otimizações variáveis de caso a caso. A interação projeto-obra evolue em função de algum choque entre metas um pouco mais altas, e limitações práticas um pouco mais chãs.

Enfim, nem em taludes temporários (ensecadeiras), nem nos isentos de sismicidade, nem em extensos trechos das ombreiras onde seções são mais baixas (se é que isto faria diferença?), nem onde o encurtamento de circuitos hidráulicos gera grandes economias, etc., em nenhum caso a UNICIDADE DA PRÁTICA PREGADA ATUAL EXCLUE REAVIVAR consagradas práticas (e facilmente melhoráveis) dos pobres Californianos e outros paupérrimos Nórdicos do que, ipso facto, passou a ser o Primeiro Mundo.

4. Vazamentos, riscos e custos

Sempre foram, e continuam sendo, unânimes os pronunciamentos de que qualquer que seja a vazão de vazamentos (a) não há riscos nenhum para as trincas "não-erodíveis" do concreto, (b) não há qualquer risco de instabilização do maciço de enrocamento (quer solto, quer, a fortiori, compactado). {Note-se que riscos de vazamentos e eventual piping por fundação eventualmente sujeita a alguma erosão não são mais do que análogos aos, e algo menores do que os, de barragens convencionais de concreto sobre as mesmas rochas}.

Não tem qualquer sentido falar em instabilizações eventuais (de jusante) por vazamentos de mesmo metros cúbicos por segundo: técnicas muito fáceis, sobejamente comprovadas, são a de provocar quase toda a perda da carga hidráulica do vazamento a montante (enrocamento mais fino, etc.) ou de armar à tração com "ferragem" o talude de jusante do enrocamento entre outras.

Serão mais eloqüentes os testemunhos de escalas incomparavelmente maiores, mesmo que algumas qualitativas outras passíveis de alguma quantificação porém ainda não elaborada; tais como:

- (i) geomorfologicamente é enfatizado que o entulhamento de vales por talus obrigou rios a mudarem de curso relegando vales à condição fossil, por ser menos difícil atacar por erosão algum caminho novo na rocha manter do que o próprio vale barrado pelo enrocamento solto;

- (ii) tanto os molhes costeiros como os exemplos correntes de fechamentos-desvios de rios por ensecadeiras de enrocamentos fornecem boa documentação analisável reforçando indicações das instabilizações de enrocamentos por fluxos;
- (iii) já foram muito divulgados, e consagradamente usados, os critérios de projeto de enrocamentos para condições de percolação e galgamento ("through-flow and overflow rockfills) desenvolvimentos Australiano-Mexicano de há +/- 30 anos;
- (iv) etc.

Lamentavelmente merece frizar-se, porém, a indústria do mito: qualquer problema real é insignificante comparado com o problema imaginário, mitológico. O primeiro se expõe, e é atacado, vencido; o segundo prolifera, sempre no recôndito campo DO OUTRO. Vazamentos são alardeados como tendo valor energético, ou valor inestimável de base psicológico-social, os ônus da comunicação explicativa etc. Ora, tudo tem uma pequena dose de verdade, e quantificável: mas analisem-se os casos. Por exemplo, na grande maioria dos casos os vazamentos passam POR BAIXO DO NÍVEL DE SUBMERSÃO do pé de jusante e são totalmente perdidos ou despercebidos: constroem-se estruturas etc. para trazer à tona e permitir medir os vazamentos; assim, nada referente a vazamentos transpira para o público leigo, preocupável, senão através da retransmissão do pseudo-profissional subinformado. Quanto a valores energéticos perdidos? Por um lado, na maioria de nossos rios os dados hidrológicos, evaporações, etc. jamais chegam a precisões em que vazamentos figurassem. Por outro lado, perdas são, de fato, perdas: mas as maiores, logo após o enchimento, ocorrem quando apenas pequena porcentagem dos grupos geradores está instalada e operando. Com o tempo, as águas barrentas geralmente tendem a colmatar fissuras, de modo que, por ex., vazões iniciais de 200 l/seg (+/-) em poucos anos caem a 50 l/seg. Perda energética será, na maioria das vezes uma argumentação vazia, para justificar o recôndito desejo de valorização, buscando as complicações da perfeição da estanqueidade quimérica.

RESUMO - Não há, realmente, qualquer possibilidade de preocupação salvo se grandes fluxos emergirem (p. ex. após transbordamento por onda sísmica, e abatimento significativo da crista) em cota elevada do talude de jusante.

Não admira resultar assim a afirmação, tecnicamente inatacável (cf. Steele-Cooke, ref. Salt Springs, 1958, pg. 95) "As long as leakage did not approach or exceed the REQUIRED RELEASE, face repairs were not made". Obviamente tal critério referido a água de compensação e de direitos riparianos, lógico para bacia árida, água valiosa de alta queda etc., não teria aplicabilidade realística na maioria dos rios do Brasil: mas, PORQUE NÃO SERIA ABSOLUTAMENTE LÓGICO E CORRETO no Nordeste, nas Obras contra as Secas, etc.? Não foram muitíssimas, e econômicas e bem sucedidas, as barragens de enrocamentos "RETARDER DAMS" de proteção contra inundações, poupadas de quaisquer dispêndios em impermeabilizações porquanto a função era apenas a de amortecer as ondas de

enchentes? Porque, e para que, automaticamente, de Norte a Sul e Leste a Oeste do País, os mesmos acentuados e caros esmeros anti-fissuras e anti-vazamentos quando a melhoria da impermeabilização em regime de funcionamento é corriqueira, tal como publicada, por exemplo, ref. barragem Pinzanes, México (1958, pg. 118) " ... leakage was gradually reduced ... The reduction was obtained by pouring small amounts of coarse sand followed by fine sand, through a 6-inch diameter pipe laid on the upstream face of the dam, from the crest to the site of the cracks ..."?

Porque não admitir, no trecho superior correspondente a alguma depleção do reservatório, uma solução temporária (em madeira?) a ser ulteriormente substituída, tal como foi, por exemplo, em San Gabriel n.2, 84 m, (Cogswell) (cf. Spielman, 1958, p. 61); sic... "It is the writer's conclusion, however, that there is no justification for more than a simple heavy (?) reinforced-concrete slab. The temporary timber facing applied to San Gabriel Dam n.2 was quite successful. There was sufficient seepage so as to aid the settlement (!!) during the period of water loading, and the life of 12 years was long enough for settlement to practically cease. Finally, in 1947, a permanent reinforced concrete facing of simple rugged design was placed on the dam" ...

5. *Manutenções-consertos das faces e ônus econômico-anual*

Admitia-se que a Engenharia acoplava obrigatoriamente as OTIMIZAÇÕES TÉCNICA E ECONÔMICA, esta bem subdividida em Primeiro Custo e Despesas Operacionais Anuais, sendo que os juros do capital do primeiro custo eram inescapável parcela das despesas operacionais anuais.

Envergonho-me por nunca, nunca mesmo, ter sabido (em 42 anos de vida profissional no País) qualquer palavra ou número referente a custos das Obras em que arduamente colaborei. Nunca soube, sequer, os orçamentos pós-concorrência dos Primeiros Custos, de Projeto e Construção. O Censo do IBGE está procurando saber o que? Onde o desconhecimento é total, qualquer primeiro dado constitui incremento de infinito por cento. Mas concordemos que o treino de esgrimir contra a chuva, otimização pelo faro, não deixa de ter alguma valia objetiva. E é fácil concluir que o esforço aplicado no assunto da membrana de concreto não teria qualquer valia técnico-econômica em comparação com algum interesse nos taludes do enrocamento.

Ora, já que tão notáveis esforços foram (e estão sendo) dispendidos no tocante aos vazamentos, merece ressaltar-se um dos dados enfaticamente fornecidos em 1958 (cf. Steele-Cooke, pg. 96, Salt Springs Dam): - "In 27 years of life of the dam, the maintenance cost has averaged \$ 8000 per year. This compared with a \$ 2000000 estimated saving, in 1931 dollars, in using a rockfill rather than a concrete dam ...", cabendo lembrar que a ação gelo-degelo constituiu importante agravamento.

Ora, admitindo juros de 10% ao ano, uma despesa anual de \$ 8000 empataria com um incremento de primeiro custo de \$ 80000. Esqueçamos os fatos inúmeros favoráveis, tais como os imensos caudais de nossos rios, as quedas energéticas pequenas em comparação com as dos Alpes ou Rockies etc., as águas barrentas tendentes a auto-selagens, etc. etc. Corrijamos os \$ 80000 para cerca de \$ 1000000 (?) atuais (inflação dos EEUU). Ainda resulta indiscutível que muitos dos esmeros aplicados na face de concreto não se justificariam comparado com manutenções corriqueiras: e, indubitavelmente, um esforço equivalente de engenharia aplicado na otimização dos taludes teria MUITO MAIOR RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO.

Dentro da meta solicitada do presente trabalho, e de meus próprios pendores profissionais-desenvolvimentistas, resulta-nos a obrigação de extrair uma conclusão de grande impacto para o próprio conceito da engenharia, e para as perspectivas de um País com centenas de barragens por fazer. Perante a filosofia da engenharia são curiosos os raciocínios implicitamente sinuosos expressos com naturalidade em frases tais como (cf. Cooke, 1984, pg. 1395, 1404) "Seismic RESISTANCE of compacted rockfill ... (cf. Seed..) withstand extremely strong shaking with only small DEFORMATIONS" (N.B. nem menção, nem sequer de deslizamentos superficiais, nem, inclusive de enrocamentos análogos e menos estáveis, como, por exemplo, os de rejeitos de minerações) e também "Section and STABILITY ... since no rockfill DAM (porque só barragens?) has ever failed because of inadequate stability, it is hardly possible to recommend a verified method of stability analysis ...: passando, a seguir a mencionar o único modelo de eventual deslizamento global para jusante de todo o maciço pelo empuxo da água, modelo este EVIDENTEMENTE NUNCA POSSÍVEL de ser condicionante. Fazendo nossas as palavras de Barry Cooke (1984, pg. 1384) friza-se assim que "in contrast to the development of earth dams, the state-of-the-art of modern rockfill dam design and construction technology has evolved more as a result of field observation of construction practices and performance evaluation than by theory and laboratory (FIELD?) testing". Mas Terzaghi 1958, havia enfatizado "deduced from their observed manifestations in the field". Em contraposição porém parece-nos inevitável que a circunstância da evolução exclusivamente em função de OBSERVAÇÃO DE COMPORTAMENTOS EXTERIORIZADOS tenha ipso facto levado à concentração de esforços no visível e psicológico, trincas, vazamentos, micro-deformações devidas a sismos etc., que vinha sendo sistematicamente relegado a plano INCONSEQÜENTE QUER TÉCNICA QUE ECONOMICAMENTE. Enquanto isto, o fato liminar de nunca ter havido ruptura passou ao PLANO DO ESQUECIMENTO, como o cumprimento "bom dia" de todos os dias, chuva-sol, gripe-ou-não etc. A única tentativa de teorização do fator conseqüente (TALUDE, RUPTURA, SEGURANÇA) foi nati-morta por ter sido gerada por extrapolação descabida de LABORATÓRIOS DE SOLOS de amostras de 5 cm de diâmetro.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para abreviar e conscientizar, julgo oportuno conceituar a importância do RESPEITO ao conjunto de abstrações teóricas associadas a, e indispensáveis em, essencialmente QUALQUER OBRA CIVIL análoga (resistência dos Materiais, etc.). Em princípio uma ESTRUTURA que teve a felicidade de engenho de lidar com a composição de ELEMENTOS "PERFEITOS" PARA SUAS FUNÇÕES, resultando numa composição perfeita (ex. macho-fêmea na evolução da Natureza), é mais do que nunca indispensável a teoria, para entender as condições que se aproximem do "perfeito" (infinito, inexistente salvo por abstração). É tão lata e profunda a gama de publicações e conhecimentos técnicos correlatos DIRETA E ANALOGICAMENTE APLICÁVEL AO CASO EM FOCO, que a única forma de resumir, para permitir a razoável absorção dos pontos-chave, é a de recorrer a uma resenha de PALAVRAS-CHAVE.

Permito-me ressaltar que sobre a quase totalidade dos assuntos minhas próprias publicações (afora muitas das de outros, verdadeiras autoridades) obrigam à abstenção de uma repetitividade maçante.

Reportando-me à FIG. 5, ressalto os pontos:

- (a) É fundamental, em enrocamentos, o ganho de estabilidade em função da diferença, de lógica inapelável, entre o Coeficiente de Segurança clássico, e o COEFICIENTE DE GARANTIA. Ademais, é significativo o ganho da comparação por "seleção natural" entre: - talude de enrocamento empurrado de ponta, mais brando, inclinação máxima estável condicionada pela pedra mais instável, rolando, ter que parar; talude de escavação de stockpile, inclinação ditada pelas pedras mais estáveis, imbricadas, terem que ser desimbricadas para rolar.
- (b) Quer Teoria quer Prática das BARRAGENS em foco não podem prescindir de avaliação-quantificação criteriosa dos 4 pontos cardeais listados sob subtítulos 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4.
- (c) São importantes, e bastante diferenciadas as condições de caso a caso quanto a MATERIAL ENROCAMENTO. Como, então otimizar, ou evitar dissabores, na aplicação de pseudo-práticas de projeto-construção "uniformizadas"?

As quantificações da "resistências" (e rigidez) do material rochoso tem sido baseadas (sem, por enquanto, ter sido proposta qualquer RECEITA "indexada") em ensaios demasiado indiretos, de desagregação Los Angeles, e de comparação de Resistência à compressão simples "seca" vs. molhada. Tanto agregados (de britagem) como os testemunhos de rocha tendem a ser mais resistentes do que o material maior e médio. De qualquer forma, se o uso destes ensaios-índice fosse muito mais frequente, haveria possibilidade de gerar algumas "fronteiras de receitas". Obviamente os ensaios mais diretos seriam os de ESMAGAMENTO (inclusive os índices de desagregação em triaxial, cf. Marsal) e obviamente influem muito as

interveniências de "finos" dos enrocamentos "sujos", quando resultem em significativa redução das pressões de contactos grão-a-grão. Note-se que também existem finos e sujos que em nada interferem nos contactos rocha-rocha, assunto modicamente calculável, por cálculos de porosidade-porosimetria, e cálculos da condição fofa -- densa de ocupação dos poros pelos finos.

O principal desenvolvimento de há +/- 10 anos nos campos da Geomecânica-Geotecnia tem sido o reconhecimento de que os critérios (modernamente muito mais apertados do que há 3-4 décadas, e para trás) de limites toleráveis de deformações (totais, e, portanto, a fortiori, para DEFORMAÇÕES ESPECÍFICAS QUE, INTEGRADAS, GERAM AS DEFORMAÇÕES TOTAIS CONSEQÜENTES), "SERVICEABILITY CRITERIA", levaram à conclusão de que os comportamentos "elásticos" de obras estão muito mais próximos de bem correlacionar com módulos dinâmicos de microsísmica, do que com os clássicos módulos de ensaios in situ etc. Simultaneamente, óbvio, passou a ser nula a antiga dicotomia entre comportamentos "estáticos vs. dinâmicos" pois que a diferença é dada por uma curva contínua, o módulo caindo gradativamente á medida que aumenta (amplitude da) deformação (específica, cíclica). Enfim, resumidamente, o emprego de ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DE MÓDULOS DE ELASTICIDADE MICROSSÍSMICOS passou a ser uma realidade proveitosa, muito mais realística do que os ensaios "brutos" estáticos primitivamente tidos como intuitivos. Assim, distinguindo entre pesquisas de parâmetros de ruptura-resistência (que não sofreram alteração significativa, por serem, intrinsecamente, parâmetros "brutos") e determinações de parâmetros de comportamentos de deformações, gradativamente a partir de 1970 +/- e plenamente confirmado pós 1980, o que vale é ensaiar em microsísmica. Assim, frizam-se os ensaios de COLUNA RESSONANTE, e triaxiais respectivos, sempre preferindo as ondas S (de cisalhamento) às ondas P (de compressão) porque as primeiras não sofrem interferências dos fluidos (ar e água) dos poros, enquanto as segundas são precipuamente condicionadas por tais fluidos.

Obviamente em princípio geral o fato supra vale tanto para ensaios laboratoriais como para determinações IN SITU, de campo. Há aplicação para ambos os tipos, o primeiro mais para pesquisas de tendências de variação controlada, e não para quantificação de parâmetros específicos, POIS QUE A GRANDE ADULTERAÇÃO OCORRE NAS "CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO" (absolutamente impossíveis de serem nem remotamente reproduzidas na transformação campo-laboratórios!!). As condições de microesmagamento de contactos de áreas infinitesimais sob altíssimas pressões rocha-rocha NÃO PODEM SER FIELMENTE REPRODUZIDAS: e, repita-se enfaticamente de passagem (Mello 1977, 1980, etc.) o emprego do índice intuitivo (bruto) de DENSIDADE (SECA) PARA REPRESENTAR A QUALIDADE comportamental DE ENROCAMENTOS COMPACTADOS E BRUTALMENTE INSENSÍVEL, IRREALÍSTICA, INAPLICÁVEL.

Assim, frizem-se os graves atrasos, gerados pelo conforto de já se saber "TUDO, BASTANTE (o quanto basta) A CONTENTO" (que lastima, em tecnologia, a presunção da

divinidade humana alcançar a culminação do saber!), na introdução de (a) controle de compactação na base dos solos compactadores com emissão-captção de microssísmica para registro automático computadorizado de módulos E, e de sua variação; (b) monitoramento do comportamento do enrocamento mediante técnicas crosshole (evidentemente tubos horizontais) de geofísica microssísmica S, inclusive com acompanhamento fácil da variação de $E = f(\sigma)$ in situ. {Resumido nas indicações 3.1.2 da Fig. 5}.

Apenas em estimativa presumo que, ademais do esforço em determinações indiretas de "parâmetros brutos" (primitivamente intuitivos pela genética da geotecnia de argila-areia) tais como densidades secas e granulometrias ser IRRELEVANTE E CARO, com o progresso da última década o investimento na nova percepção (compactação controlada por E dinâmico DURANTE AS PRÓPRIAS PASSADAS DO ROLO, e comportamento monitorado crosshole) ocorreria um investimento bem barato de alta relação benefício/custo, na direção realmente conseqüente. Mencione-se ademais que desde os anos quarenta (Mello 1949, etc., e JAPANESE DISASTER COMMITTEE, e monitoramentos de minas na África do Sul, etc.) o próprio PRENÚNCIO DE RUPTURA INCIPIENTE tem sido associado, com êxito, à intensificações de EMISSÕES ACÚSTICAS (monitoradas em tubos no interior da massa). {Resumido na indicação do item 3.2, Fig. 5}.

Resumidamente, foram dramaticamente estéreis para a mecânica das Rochas (importante a DESCONTINUIDADE E OS CONTACTOS, e não o MEIO CONTÍNUO) as intuições "brutas" de contínuos MUITO DEFORMÁVEIS QUE FORAM A BASE (FÉRTIL) DA TEORIZAÇÃO PRIMITIVA DA Mecânica dos Solos (argilas, areias). E, conforme resumido esquematicamente nos itens 3.1 e 3.2 o atual desconhecimento total do ENROCAMENTO e das ESTRUTURAS-OBRAS DE ENROCAMENTOS é devido a causa facilmente diagnosticada, que, porém, perdurará por longo tempo por razões psico-sociológicas igualmente fáceis de diagnosticar.

Quanto à "Membrana perfeitamente impermeável" (item 3.3) está bem identificado o fato de que a "flexibilidade" para aceitar deformações sem fissura é RELATIVA. Também pareceria que já existe algum grau de conscientização da diferença entre fissuramento em cisalhamento (junta perimetral, plinto) e o fissuramento de tração (juntas verticais próximas às ombreiras) por flexa. Louváveis os esforços empíricos de gradativo progresso: presume-se que, todavia, o progresso poderia ser mais efetivo se colimado nas duas direções tão claramente distintas em "reologia" (seja de materiais, seja de composição de peças). A insistência (de uma escola) em promover membranas de concreto asfáltica ressalta porém o fato de não ser corrente e marcante a compreensão de que o fissuramento em tração é mais associado à estatística dos extremos (elo mais fraco) e PORTANTO, NÃO PODENDO HAVER PERFEIÇÃO EM OBRA, O PREFERÍVEL É COMEÇAR POR INCORPORAR OS FUSÍVEIS. Desde que não erodíveis, e facilmente consertáveis, nada melhor do que pré-definir as posições em que possam ocorrer as fissuras. A membrana asfáltica é conceitualmente errada, geralmente EXIGINDO O ESGOTAMENTO DA REPRESA PARA CONSERTO DE TODA A FACE, ALEATORIAMENTE FISSURADA.

No tocante à fundação das barragens em consideração parece já estar adequadamente conceituado que o problema da deformabilidade é equacionável por comparação com parâmetros e métodos de análise análogos aos da parte inferior da barragem. Em princípio, não existe problema de resistência ao cisalhamento: FRIZE-SE isto porque tem sido frequente, embora DESORIENTADA, a menção de "planos fracos na rocha de apoio"; a condição mais desfavorável é durante a subida do enrocamento, e NUNCA APÓS CHEGADO AO TOPO, E MENOS AINDA APÓS O ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO. O que importa também não é permeabilidade: muitas condições de injeções beneficiam a impermeabilidade SEM CORRIGIR EM NADA O ÚNICO QUE IMPORTA, QUE É ERODIBILIDADE (PROGRESSIVA) E SOLUBILIDADE. Se uma descontinuidade de rocha decomposta só tem películas de milímetros de material erodível, qual seria a preocupação? NENHUMA. Em arenitos etc. a erodibilidade pode ser progressiva, incessante: PREOCUPAÇÃO ÓBVIA E SÉRIA.

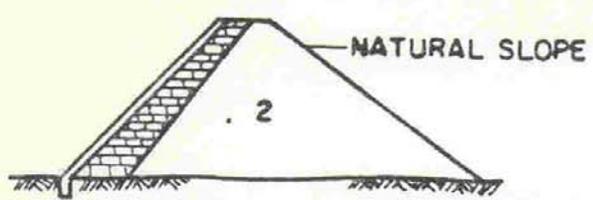
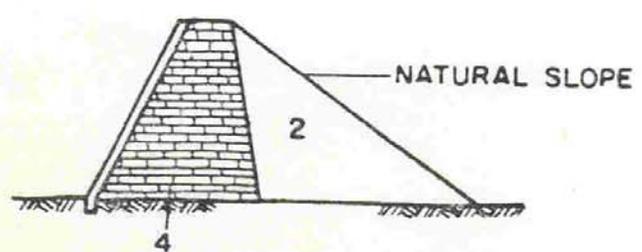
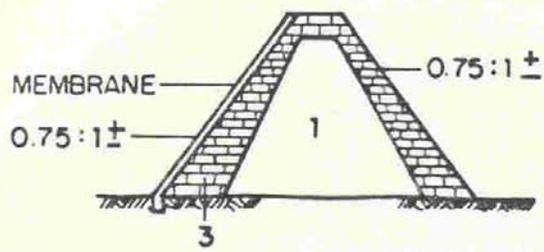
Na FIG. 6 estão ressaltados nos esquemas (A), (B), (C) algumas analogias e contraposições de escavações em rocha, de barragens-gravidade de cantaria, de enrocamentos (importantíssimas as formas e os tamanhos dos fragmentos, determinantes do tipo de contacto rocha-rocha), de cascalhos (limados, duríssimos, contactos indeformáveis calota-calota), de britas, e, inclusive, de um enrocamento peculiar de contacto face-face tal como foi o de Furnas, Estreito, Jaquara nos quais o quartzito são rígido-friável fissurava in situ pela passada do trator (condição tipo Brazilian split-test, ensaio Lobo-Carneiro). O ponto mais importante é o da PRÉ-COMPRESSÃO NOMINAL DA COMPACTAÇÃO, assunto sobejamente (embora tardiamente) reconhecido. Para quem lide com as relações hiperbólicas (Kondner, Duncan etc. etc.) de análises por elementos finitos, merece ressaltar-se que a única razão de se interpretar recalques (compressões) vs. $\log \sigma$ é para RESSALTAR O FATO: existem "fatos" que nus não se salientam, e o ser humano tem o direito e a obrigação de ressaltar o que pretende ver-usar-expor: as relações E vs σ hiperbólicas são muito pouco diferenciadas, acima e abaixo da pressão de pré-compressão, e, é para bem diferenciar que se procura(ou) usar o gráfico semilog. Por que ressaltar? Porque o comportamento histerético É FATO INABALÁVEL INSOFISMÁVEL, sua percepção dependendo do grau de precisão das medições, regressões, dispersões: ora, se a compactação gera pré-compressão, CONHECENDO-A TEMOS CONDIÇÃO DE ATUAR NA ESCOLHA DA COMPACTAÇÃO. E assim por diante. Como, obviamente, em nosso meio só se dá crédito ao que é publicado com origem Nórdica-Anglosaxônica, embora com 15 anos de atraso, deverá ter interesse a recente publicação de Duncan et al. "Estimation Earth Pressures due to Compaction" ASCE, 117, 12, Dec. 1991. pgs. 1833-47 na qual, obviamente omitindo publicações internacionais anteriores, frizam "Duncan and Seed (1986) developed a HISTERETIC PROCEDURE for analyzing earth pressures due to compaction...". São (já eram) óbvias as conclusões de que as pressões de pré-compressão compactada (inconteste e quantificável) geradas tendem a (a) se dissipar com o tempo nas argilas (b) permanecer em materiais granulares.

Na Lição Manuel Rocha, 1985, Mello procura inclusive atender a preocupações sísmicas em função do princípio do PRETESTE, precomprimindo os contactos rocha-rocha na compactação dinâmica. O conceito pareceria óbvio, o esforço de impacto dependendo não só do peso do rolo e da frequência da vibração, mas, obviamente da proporção de pesos martelo/martelado, que determinam a conseqüência efetiva da energia impactada. Se os conceitos não forem postulados com razoável compreensão física-geomecânica, não haverá orientação de caminhos a buscar na evolução.

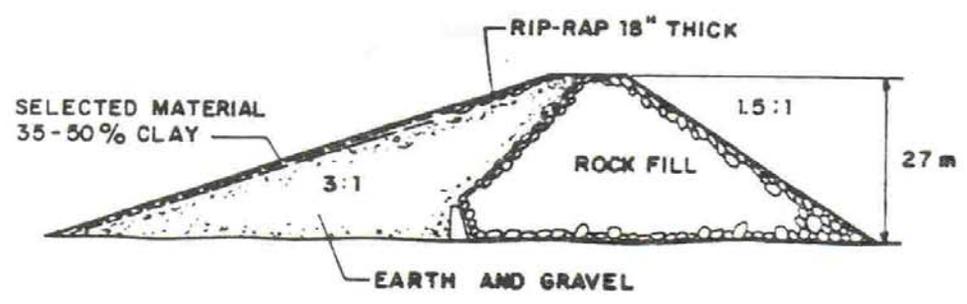
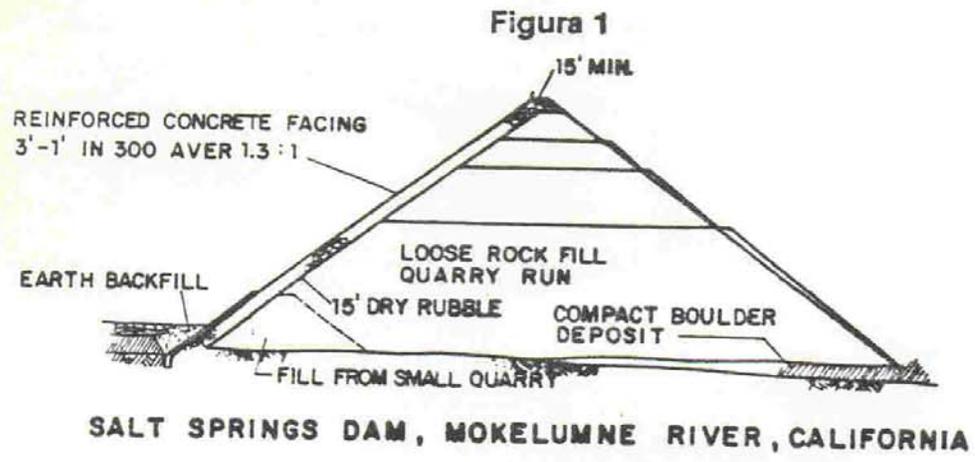
Finalmente, na FIG. 6, esquema (D) estão postuladas algumas sugestões de reapreciação de projeto da seção-tipo otimizada. Primeiro, é fato indiscutível, mas muito pouco reconhecido e usado que há uma diferença fundamental entre aplicação da pressão de água sobre uma face impermeável (enrocamento com face de concreto) e através de PRESSÕES DE PERCOLAÇÃO SEGUNDO A REDE DE FLUXO (muito mais verticalizada na parte final) como é o caso em barragens de enrocamento com NÚCLEO DE TERRA.

Segundo, seria o fato de que ademais da economia em empregar taludes mais íngremes, o talude de montante mais íngreme, "melhor estabilizado" pelo empuxo da água sobre a membrana, deveria ter comportamento de deformação conseqüente (devida ao enchimento da represa) mais favorável. Terceiro, seria a hipótese de que mesmo empregando taludes mais íngremes no topo, perante as deformações devidas ao enchimento, poderia-deveria resultar mais favorável "robustecer" (alargar um tanto) o topo da barragem, sua crista. Estas duas hipóteses referentes a eventuais-possíveis otimizações da seção poderão ser liminarmente testadas em modelos numéricos (razoavelmente realísticos). Obviamente se reconhece que abandonar talude uniforme de montante implicará em ajustar práticas construtivas de forma deslizante, etc. Porém, em princípio vale primeiro investigar e certificar-se da meta possivelmente almejável.

Finalizando, reitero os princípios básicos do presente trabalho baseado no Passado - Presente - Futuro, com ênfase no futuro, para nosso País em que vão ser milhares as barragens a serem feitas com maximização de economia, respeitada a segurança inquestionável. Seriam melancólicas as teses da desnecessidade do conhecimento consciente, do desvio de atenções para o inconsequente, da uniformidade de solução, da solução priorizada na seqüência construção - projeto invertida da seqüência proveitosa projeto-construção, e, dos sintomas "faça o que digo, não faça o que fiz", e "deixa estar que sei errar sozinho".



- 1 - LOOSE ROCK FILL OR DRY RUBBLE
- 2 - LOOSE ROCK FILL
- 3 - DRY RUBBLE
- 4 - DRY RUBBLE OR MASONRY



MINIDOKA DAM, SNAKE RIVER IDAHO
Figura 2

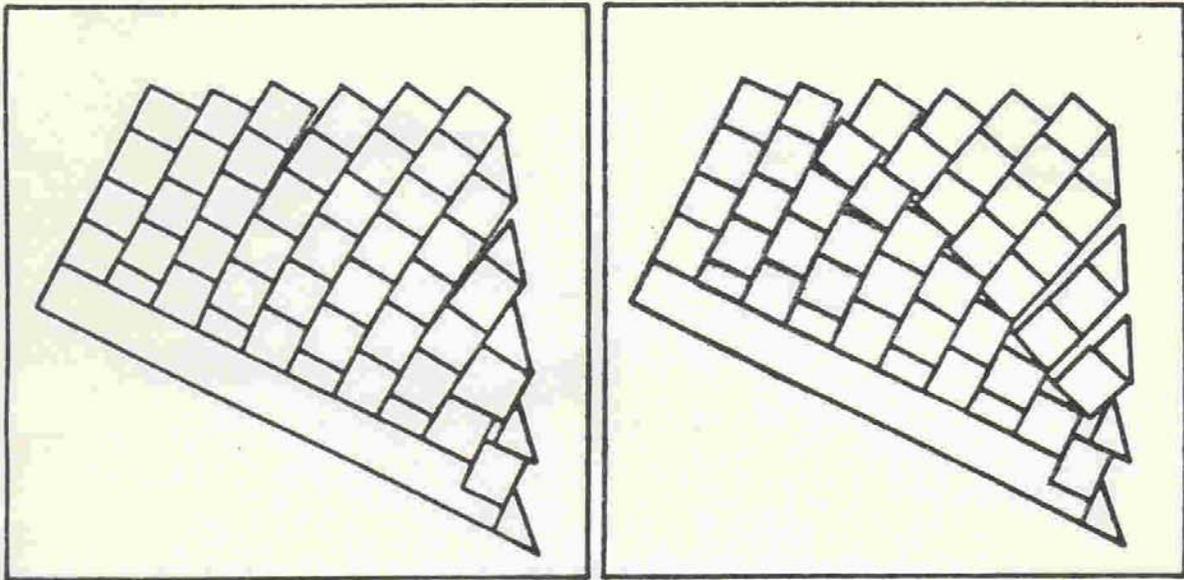


Figura 3.1 - Ruptura de talude em rocha fraturada cubicamente (Fig. 2 da Ref. Bibliográfica)

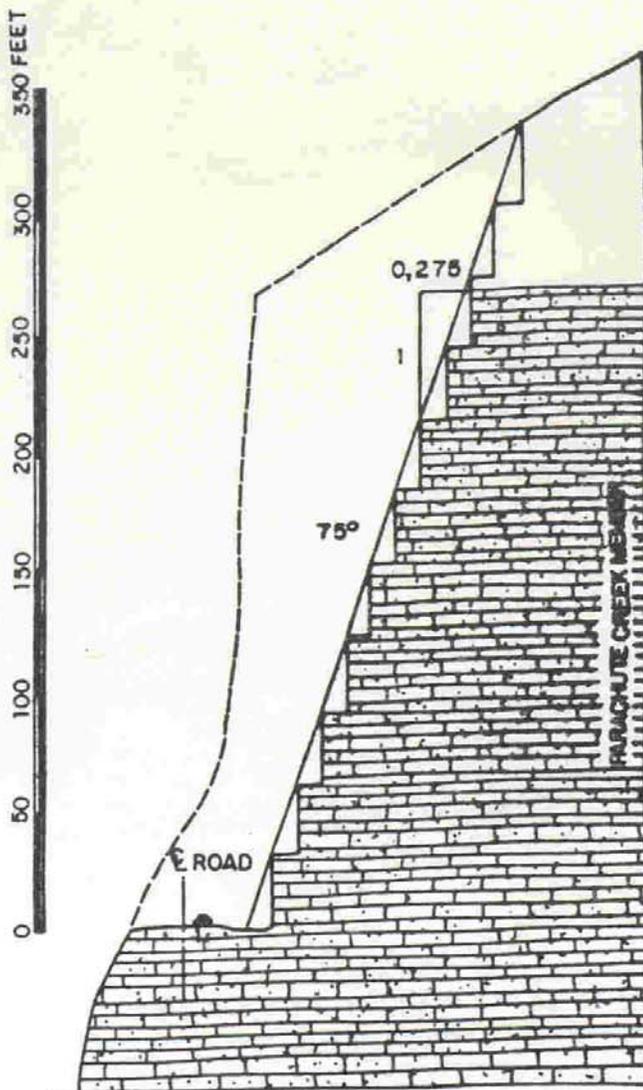


Figura 3.2 - Um dos cortes mais altos em rocha (Fig. 4 da ref. Bibliográfica)

REFERÊNCIAS NO TEXTO
 SYMPOSIUM OF ROCK
 MECHANICS, 1975.
 MINNESOTA, U.S.A.

3 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS

COMPOSIÇÃO ELEMENTOS "PERFEITOS"... MAIS DIFÍCIL, MAS NÃO DISPENSA... INDISPENSÁVEL ENTENDER COEF. SEGURANÇA (COEF. GARANTIA) DOS TALUDES (RUTURA POSTULÁVEL).

3.1 - MATERIAL ENROCAMENTO

3.1.1 QUALIDADE DO MATERIAL ROCHA-ENROCAMENTO

ENSAIOS CONSEQUENTES $\left[\begin{array}{l} \text{LOS ANGELES ?} \\ \text{SECO} \\ \text{Rc} < \text{MOLHADO ?} \end{array} \right.$

COLUNA RESSONANTE (MICRODEFORMAÇÕES S)
ESMAGAMENTO (SECO - MOLHADO)
CISALHAMENTO DIRETO ROCHA - ROCHA
TRIAXIAIS ACOMPANHADOS POR COLUNA RESSONANTE

3.1.2 MATERIAL NA CONDIÇÃO CONFORME EXECUTADO

INSPEÇÃO CONSEQUENTE (ROLO C. EMISSÃO - CAPTAÇÃO MICRO ONDAS SÍSMICAS)

TUBOS PARA EMISSÕES CROSSHOLE SOB φ DIFERENTE

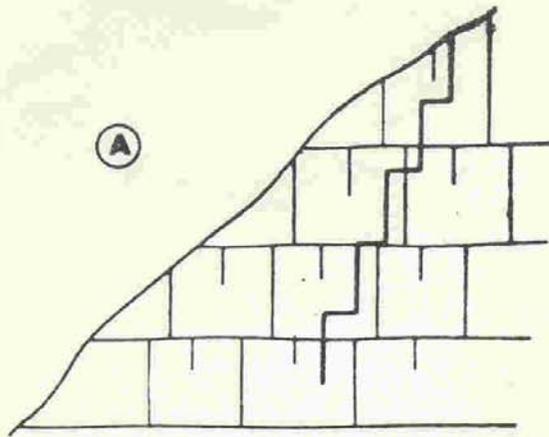
3.2 - SEGURANÇA DA ESTRUTURA - OBRA PERANTE RUTURA.

OBSERVAÇÕES CONSEQUENTES, ESPECIALMENTE PARA ENSAIOS REALÍSTICOS DE ESCALA PROTÓTIPO... EMISSÃO ACÚSTICA... MICROSÍSMICA GERADA POR MICRODEFORMAÇÕES.

3.3 - MEMBRANA ... "FLEXÍVEL", FISSURÁVEL OU NÃO, PREFERÊNCIA POR FUSÍVEL - FISSURA, NÃO ERODÍVEIS, FACILMENTE CONSERTÁVEIS.

3.4 - FUNDAÇÃO... ERODIBILIDADE, SOLUBILIDADE... RESIST. - DEFORM. MACIÇO ... PERMEABILIDADE. \pm SECUNDÁRIO.

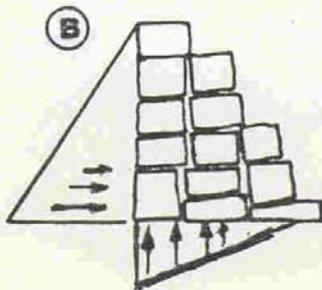
Figura 5



ESCAVAÇÃO EM ROCHA



ESCAVAÇÕES PROFUNDAS EM ROCHA.
PRÉ-COMPRESSÃO.
CONTATO ROCHA-ROCHA...QUE TIPO?
SEGURAMENTE MELHOR QUE CANTARIA



MUROS DE ARRIMO E BARRAGENS - GRAVIDADE
DE CANTARIA, ALVENARIA DE PEDRA ARRUMADA
ROCHA-ROCHA (FACE-FACE) JUNTAS SEM AR-
GAMASSA.



CASCALHO !?



IMBRICAMENTO-FORMA/TAMANHO DOS FRAGMENTOS
ENROCAMENTO ANGULAR DILATANTE
CONTATOS PONTUAIS ESMAGÁVEIS

OBS: ENSAIOS SOBRE BRITAS DUPLAMENTE MELHORES
(CERNE > RESISTENTE; MAIOR Nº CONTATOS)



TIPO FURNAS: ENROC. FRATURADO FACE-FACE, NA
COMPACTAÇÃO

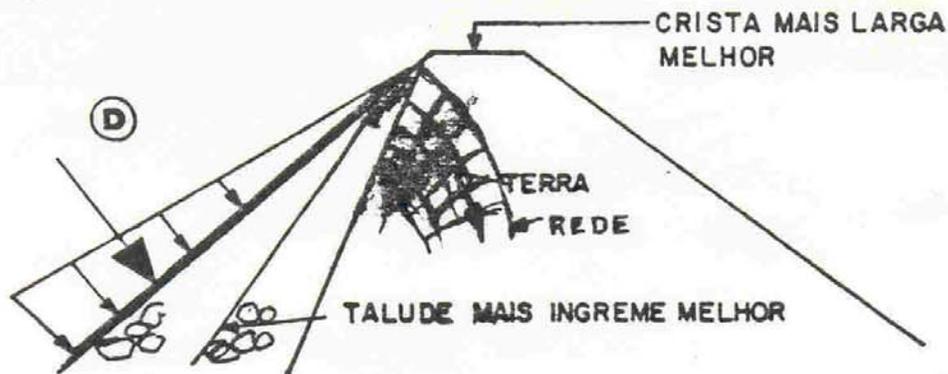


Figura 6