

SUGESTÕES PARA UMA ABORDAGEM DO EFEITO DE ESCALA EM MACIÇOS ROCHOSOS

Suggestions for an approach of the scale effect in rock masses

por

M. J. LEAL GOMES*

RESUMO — No presente trabalho procuram sugerir-se algumas vias de investigação que permitam equacionar e eventualmente solucionar o problema do efeito de escala na determinação das propriedades dos maciços rochosos. Introduce-se o conceito de amostra representativa e tecem-se considerações em torno duma filosofia geral de resolução do problema.

SYNOPSIS — In this paper we try to suggest some ways of research to solve the scale effect problem in the determination of some rock mass properties. An idea of "representative sample" is introduced and some considerations about a general philosophy to solve the problem are presented.

1 — INTRODUÇÃO

Os maciços rochosos são heterogéneos, descontínuos, afectados por anisotropias e com comportamentos que se afastam dos propostos por modelos ideais. Isso obriga não só a considerar regionalizações de propriedades e a associar campos de distribuição dos seus valores, como a uma atenta observação na extrapolação das informações a espaços e volumes diferentes dos ensaiados.

Entre amostras do mesmo maciço com dimensões diferentes, as propriedades não são independentes do volume dos espécimes ensaiados. É costume chamar a este fenómeno "efeito de escala".

Como há interdependência entre os numerosos factores que contribuem para o comportamento dos corpos de prova, alguns, forçosamente, acabam por ser negligenciados dentro dum campo útil de observações. Assim a extensão ou a extrapolação das observações regionalizadas ou pontuais num maciço a todo o seu volume não é na prática satisfatoriamente resolvida somente por processos matemáticos incluindo os métodos estatísticos.

Uma maneira de contornar o problema de escala consistiria em ensaiar espécimes de dimensões cada vez maiores até as propriedades em observação assumirem valores assintóticos. O maior óbice deste procedimento, aparentemente a via natural de investigação do problema, reside nas grandes dimensões que seria necessário ensaiar, incompatíveis com procedimentos de rotina e envolvendo custos elevados e dificuldades tecnológicas significativas.

*Engenheiro de Minas da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Como há grande número de variáveis implicadas em cada ensaio e a sua influência se modifica quando se muda de escala, torna-se difícil encontrar soluções que satisfaçam todas as situações. Não se saberá qual a intervenção ou a contribuição para o efeito de escala de cada factor em cada amostra. Não só estão em causa aspectos operacionais nada desprezáveis mas também aspectos físicos intrínsecos à constituição da amostra. Por isso não é viável tentar deduzir leis a partir da simulação com métodos numéricos de cálculo automático.

Basta admitir que a heterogeneidade determinará, em princípio, diferentes composições das amostras a duas escalas diferentes e que a uma mesma escala já se não obtêm valores determinados, evoluindo estes em torno de uma média, para se ter ideia da complexidade do problema. Dificilmente será possível introduzir elementos suficientes e relações fiáveis para que a simulação tenha significado e constitua mais do que um simples exercício. A via experimental parece pois ser a única capaz de dar subsídios válidos.

Conhecidos estes aspectos abandonaram-se na prática muitas pretensões de rigor. A margem de ignorância é, em certa medida, sanada pela adopção de factores de segurança, ainda não tão desfavoráveis que tenham incidências inaceitáveis sobre o custo das obras.

Cabe referir um aspecto que é a escala óptima a que se deveriam realizar os ensaios para que eles fornecessem os valores mais convenientes para as obras em apreço. Isto é, as próprias obras impõem diferentes programas de ensaios para determinação de propriedades, em função das suas diferentes dimensões e solicitações envolvidas, de acordo com as suas peculiaridades e as do terreno. Pelo que, em rigor, se tem de saber qual o fim a que se destinam esses resultados.

Assim só tem interesse ensaiar grandes dimensões se houver garantias de que os valores obtidos são representativos e interessam ao projecto. Com o efeito de escala conjuga-se a representatividade das áreas ou volumes ensaiados e a própria execução dos ensaios, em relação à propriedade em estudo. O local da colheita das amostras (ou da realização dos ensaios, no caso de testes “in situ”) é pois determinante. Na grande maioria dos casos há muito pouca informação coligida de forma sistemática sobre o assunto que permita esclarecer qual a incidência de um ou outro destes aspectos.

Usando como princípio geral a estreita relação que existe entre a escala de determinado ensaio e a representatividade, em relação a determinada propriedade, do provete ou do local de ensaio, tentar-se-á uma solução parcial, conduzidos pela noção de que a optimização do custo das campanhas de ensaios implica a realização destes às escalas mais favoráveis, evitando a execução de testes que não favoreçam a fiabilidade das médias ou apenas contribuam para refinamentos irrelevantes destas, sem interesse prático em face do dispêndio envolvido.

Como as soluções parciais podem adquirir na prática feições bastante diferentes consoante os casos em apreço, não é indiferente o tipo de tratamento estatístico a dar a cada caso. Neste, como em quase todos os problemas de Mecânica de Rochas, apenas se podem emitir regras gerais, devendo cada caso peculiar ser analisado de acordo com estratégias próprias. As filosofias que serão expostas visam soluções médias, pois é duvidoso que pretensões de maior refinamento tenham significado prático. Quando muito poderão obter-se valores extremos quando a natureza dos problemas assim o exigir.

Admitamos que se pretende explorar através dum factor F a tendência da evolução dos valores afectados pelo efeito de escala. As equações teóricas usadas na determinação dos

valores das propriedades fundamentais dos terrenos de maneira geral ainda o não prevêm. Isto é, postulamos que esse factor, com estrutura e evolução desconhecidas à partida, não está presente nas equações constitutivas dos materiais, nas funções reológicas, nos critérios de rotura ou nas leis de permeabilidade.

Mas, por exemplo, não é descabido, ao estudarem-se as deformações de provetes do mesmo material mas com diferentes dimensões, escrever a lei de Hooke na forma

$$\Delta l = F \sigma l E^{-1} \quad (1)$$

onde Δl é o deslocamento, l o comprimento do provete, σ o estado de tensão e E o módulo de Young. Se o comportamento dos provetes for rigorosamente elástico $F=1$. F , que é um número puro ou um coeficiente adimensional, destina-se a descrever a evolução das deformações em materiais rochosos cuja matriz tem comportamento elástico, mas a que as imperfeições, heterogeneidades, anisotropias, conferem outra reologia. Assim este factor empírico que associámos à lei de Hooke tem alguma legitimidade prática. E é de admitir que o coeficiente F também seja uma função dependente do efeito de escala que é o problema em causa.

Em estudo anterior não publicado, baseados na análise dimensional, sugerimos que a avaliação do efeito de escala que afecta os deslocamentos axiais em função da altura do provete sujeito a compressão, passa por uma função

$$F = F \left[\varepsilon^{(1-\alpha)} \right] \quad (2)$$

onde F tem a natureza citada, ε é a deformação do provete e α um valor obtido em ensaios a diversas escalas, efectuados em condições pré-estabelecidas.

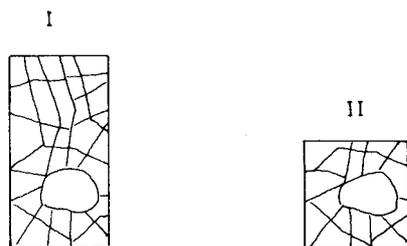
O principal interesse deste procedimento está em possibilitar critérios de regressão com base experimental, tornando as interpretações estatísticas subsidiárias da perspectiva física do problema.

2 — A ORIGEM DO EFEITO DE ESCALA E O CONCEITO DE AMOSTRA REPRESENTATIVA

Para o efeito de escala contribuem as características intrínsecas dos provetes. Em certa medida os valores são afectados pela relação entre as dimensões dos corpos de prova e os equipamentos de ensaio. Como este último aspecto pode, em larga medida, ser aprimorado ao ponto de eventualmente quase se conseguir eliminar a sua incidência face às características intrínsecas à natureza dos terrenos em relação com as dimensões dos espécimes ensaiados, será a estes que dedicaremos a nossa atenção.

Grande parte das condições de ensaio podem ser conduzidas de maneira a reproduzir as condições “in situ”. Mas há aspectos que se não conservam. O efeito de escala deve-se ao desajuste funcional e estrutural entre as condições naturais do terreno e as impostas artificialmente pela amostragem e ensaio.

Se a reologia duma rocha está associada à natureza da matriz, heterogeneidade, anisotropia e composição do terreno, a deformação dum provete não se verifica uniformemente em toda a massa da amostra ensaiada mas mercê de inúmeros pequenos ajustamentos às tensões que se desenvolvem no seu interior. Esse mecanismo desenvolve-se em função da geometria, volume, estrutura e propriedades do espécimen e das sollicitações impostas ao corpo de prova. Entre os provetes I e II da Fig. 1 intuitivamente se observa que, sujeitos ao mesmo confinamento, as reacções desenvolvidas pelo clasto redondo conduzem a equilíbrios internos muito diferentes num e noutro caso. E que a maior densidade de descontinuidades no provete I terá igualmente reflexos óbvios sobre as suas propriedades, sendo neste caso evidente uma das causas do efeito de escala.



Provetes I e II
sugestão das causas do efeito de escala

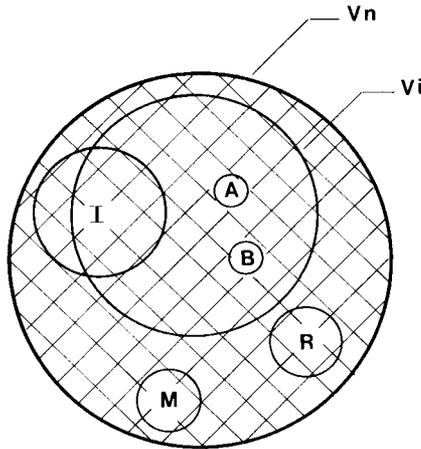
Fig. 1

Mas mesmo que os provetes fossem perfeitamente homogêneos e isotrópicos, embora sujeitos ao mesmo confinamento, aos diferentes volumes corresponderiam diferentes configurações das linhas de força. E se em lugar destes corpos de prova se usassem outros com a mesma forma e volumes diferentes, ainda que houvesse perfeita homotetia na distribuição das linhas de força, seria necessário investigar se os valores da energia específica localizados nos pontos homólogos dos provetes se conservariam.

Como se disse, a maneira mais óbvia de se obter um conhecimento credível da evolução do efeito de escala seria ensaiar amostras de dimensões sucessivamente crescentes até se notar uma tendência assintótica dos resultados. As dimensões V_i correspondentes ao início da assíntota têm propriedades muito próximas das correspondentes à escala natural. Mas tratar-se-ão, em princípio, de dimensões demasiado grandes para permitirem ensaios laboratoriais de rotina (Fig. 2).

Todavia é admissível que exista algures no terreno um local donde se possa extrair uma amostra com um volume determinado mas ainda fácil de ensaiar, capaz de fornecer valores idênticos aos que dariam ensaios a escalas incomparavelmente maiores, envolvendo volumes que os tornariam muito mais dispendiosos e difíceis de realizar, por exemplo da ordem de grandeza dos ensaios "in situ". E noutro local haverá outra amostra com o mesmo ou outro

volume ainda facilmente ensaiável que reproduza propriedades idênticas às das dimensões do próprio maciço que interessam a determinada obra. Todavia, neste caso, a falta de um valor de referência a grande escala, como se verá, torna quase insuperável a definição correcta dessa amostra que reproduz os valores das propriedades do protótipo e a que chamaremos “amostra representativa”.



- V_n - volume à escala natural
- V_i - volume correspondente ao ensaio que determina o início da tendência assintótica do efeito de escala
- A e B - amostras vulgares
- I - volume correspondente a um ensaio “insitu”
- R - amostra representativa
- M - amostrador que percorre o maciço

Fig. 2

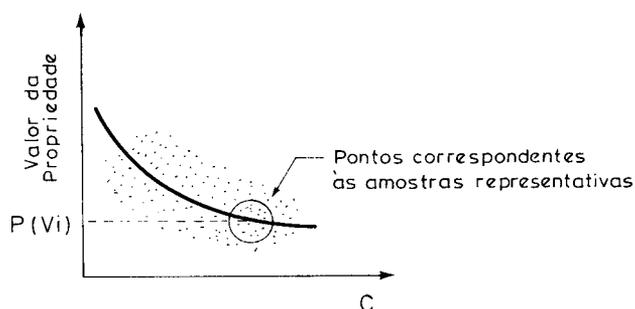
Na Fig. 2 representa-se um terreno cuja fronteira V_n corresponde à escala natural que interessa a um empreendimento, percorrido por duas famílias \underline{a} e \underline{b} de diáclases, principais responsáveis pelo efeito de escala verificado.

Sejam A e B duas amostras da mesma dimensão, inferior a V_n , afectadas diferentemente pela heterogeneidade, que em princípio deverão fornecer valores diferentes para as propriedades que se pretendem determinar. R é uma “amostra representativa”, isto é, que não é afectada pelo efeito de escala apesar de ter dimensões inferiores a V_n , a V_i e mesmo a I (escala correspondente a ensaios “in situ” envolvendo grandes volumes). É evidente que outra “amostra representativa” R’, com dimensões diferentes de R, ocupará outra posição no terreno, embora seja de esperar que tenham certas características correlacionáveis que, como veremos, será importante detectar.

Assim, se com um amostrador M, de dimensões arbitrárias mas que terão um valor mínimo em função das características e propriedades do terreno (das quais se deverá fazer uma prévia estimativa, grosseira que seja), percorrermos V_n , ocasionalmente obteremos determinações de

propriedades iguais às do protótipo, isto é, amostras representativas dessas propriedades, sem que, todavia, na ausência de outros elementos conheçamos quais são.

Se tentarmos quantificar as características petrográficas, morfológicas e outras que se julguem relevantes nas amostras através dum parâmetro C (*) e lançarmos os valores de determinada propriedade num gráfico como o da Fig. 3, obteremos uma nuvem de pontos. Não será de todo descabido tentar determinar os pontos correspondentes a “amostras representativas” do maciço, por exemplo através duma regressão sugerida pela análise dos factores adimensionais que referimos. Com efeito, se nas “amostras representativas” determinada propriedade tem o mesmo valor que se encontraria se fosse possível ensaiar todo o maciço, o início da tendência assintótica indicará essas amostras.



Localização das amostras representativas através da assíntota da curva de regressão

Fig. 3

Tendo referenciado devidamente todas as amostragens, seguindo este raciocínio elementar, será possível determinar de que amostras se trata. E tendo previamente estudado as suas características, que aliás foram necessárias ao cálculo de C , deverão procurar encontrar-se aspectos comuns ou correlacionáveis. Pesquisando outros locais do domínio V_n onde se observe a conjugação destes aspectos, retirando amostras da mesma dimensão, verificar-se-á se o valor da propriedade $P(V_i)$ se conserva aproximadamente. Nesse caso ter-se-ão indiscutivelmente encontrado as características relevantes para a definição da “amostra representativa” do terreno, à escala M .

Decerto este estudo será moroso, difícil e se terão de fazer aproximações e refinamentos sucessivos, quer das leis de regressão quer do parâmetro C , de composição variável de terreno para terreno, até se encontrarem resultados de fiabilidade aceitáveis.

Mas se se conduzir uma campanha sistemática de investigações neste domínio, supõe-se que se poderão obter subsídios com significado. E se atendermos às origens prováveis do efeito de escala, decerto concluiremos que a parte mais significativa desse efeito se deve às “imperfeições” do terreno, as quais são determinadas pela sua génese e história geológica. Em

(*) $C = C(\Sigma a_i)$, onde os a_i são valores atribuídos às propriedades ou características observadas no provete, é um tipo de formulação, decerto simplista, que se pode atribuir a este parâmetro.

extrapolação que não repugna mas que necessita de ser fundamentada, é lícito aceitar que maciços com características genéticas e petrográficas similares às do terreno estudado têm amostras representativas análogas às que se referenciaram no terreno precedente e provavelmente não apresentam significativa diferença na evolução desse efeito, o que irá tornando sucessivamente mais acessível a abordagem do problema para outros materiais de algum modo aparentados. A solução do problema ir-se-á aproximando gradualmente, às vezes quase por iteração.

Evidentemente que o maior óbice deste procedimento reside precisamente na manifesta insuficiência da análise dimensional e de outros recursos matemáticos em estabelecer as regressões mais adequadas e fiáveis. E ainda há que considerar a insuperável faceta do problema que consiste em nada garantir que “amostras representativas” destinadas à definição de propriedades diferentes sejam análogas, o que à partida torna este estudo muito complexo e a respectiva filosofia em que se baseia um tanto artificial, mas não inviável.

3 — OUTRAS ABORDAGENS

Verificadas as limitações, em muitos casos insuperáveis, da abordagem sugerida, o problema da determinação da “amostra representativa” parece, todavia, passível duma abordagem através da teoria dos jogos.

Com efeito, o problema de determinar as propriedades dum terreno através duma “amostra representativa”, cuja localização no maciço e dimensões se desconhecem, parece consistir num jogo de soma nula, uma vez que se pressupõe que existe sempre pelo menos uma “amostra representativa” das propriedades do terreno, isto é, que existe a solução do problema. E considerando que todos os terrenos têm características genéticas, petrográficas e morfológicas próprias, é possível estruturar esse jogo, que consiste em determinar a amostra representativa, desde que se estabeleça uma estratégia adequada.

A maior dificuldade na adopção de regras gerais para o estabelecimento dessa estratégia parece residir na definição das características do terreno que são relevantes para o problema em apreço.

Na verdade, parece haver uma “estratégia óptima” para cada tipo de maciço que deve ser procurada caso a caso. São as características das rochas que podemos observar e temos de quantificar e o conceito de amostra representativa, cuja localização, propriedades, probabilidade de ocorrência e dimensões temos de encontrar, que estruturam o “jogo” em questão.

De acordo com estes raciocínios, a verificação do efeito de escala pode não ser inteiramente bem sucedida ou ser até precária, mas semelhante análise terá provavelmente, pelo menos, o interesse subsidiário de dar uma orientação válida sobre os pormenores que se deverão conservar e observar na amostragem e escolha dos provetes a ensaiar.

Se o estudo do problema, de acordo com os princípios expostos, for válido, será possível comparar as respectivas determinações com as fornecidas pelos métodos que passamos a esboçar, tentando cruzar resultados, pois teoricamente as conclusões fundamentais deverão coincidir.

Aliás já anteriormente tivemos oportunidade de referir que até ensaios a grandes dimensões, dos maiores que se possam executar “in situ”, não dão propriamente garantias de fornecerem valores representativos, capazes de garantirem a optimização dos parâmetros de cálculo de modo a, por exemplo, serem coincidentes com os parâmetros reais que importam na construção da obra. Já vimos que o efeito de escala é apenas uma das facetas a considerar na dispersão dos resultados.

Aparentemente, em oposição à definição de amostra representativa, onde são as propriedades do terreno que condicionam as dimensões dos provetes, de modo a conseguir-se a eliminação do efeito de escala, pode definir-se o conceito de “amostrador óptimo”, com dimensões e procedimentos que, independentemente das propriedades do terreno, também proporcionarão resultados isentos do efeito de escala. Não se trata de conceitos arbitrários, pois todos os resultados dos ensaios são condicionados pelas propriedades dos maciços. O amostrador óptimo deverá ter dimensões tais que contenha todas as feições relevantes necessárias à obtenção de valores isentos de efeito de escala, qualquer que seja a posição que ocupe no terreno. Em maciços rochosos, na maioria dos casos, deve corresponder a volumes de ensaio impraticáveis, talvez da ordem de grandeza de V_i (Fig. 2).

Assim o princípio da amostragem representativa, que procura provetes não afectados pelo efeito de escala, pela conjugação das dimensões do amostrador com a localização da amostra, função de determinado C , até agora tido como essencialmente dependente das propriedades do terreno, conduzindo a volumes de ensaio muito mais reduzidos, parece ter muito maior viabilidade prática.

Se C for, como anteriormente o definimos, um parâmetro que quantifica as características petrográficas, morfológicas e outras, que em cada caso particular se julguem relevantes para o estudo em apreço, e P o valor da propriedade que se pretende expurgado do efeito de escala, dispondo de uma nuvem de pontos correspondentes a testes sobre amostras de dimensões diferentes mas facilmente ensaiáveis e do valor da propriedade em questão obtida em ensaios “in situ”, a muito maior escala, ao ponto de ser lícito considerar o seu valor próximo do correspondente a hipotéticos ensaios à escala V_i , pode admitir-se que os provetes correspondentes ao domínio R_e da Fig. 4 são aproximadamente “representativos” do volume envolvido nesse ensaio “in situ” de referência.

Decompondo o C de cada um desses provetes da região R_e nas suas variáveis, previamente referenciadas, verificando as respectivas dimensões, numa primeira fase procurar-se-á observar

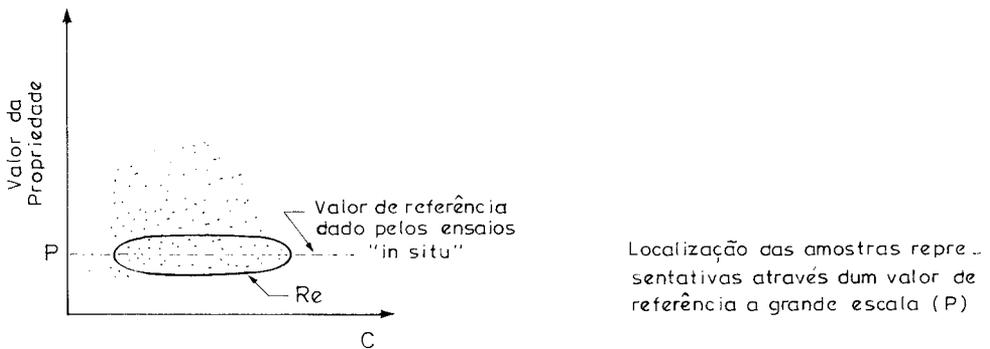


Fig. 4

se a média da propriedade em questão se mantém em provetes oriundos doutros locais com volumes e C idênticos aos dos provetes de referência, cujos valores dos ensaios caíram dentro de R_c . Nos casos em que isso se verificar, poderemos ter uma garantia relativa de haver encontrado uma ou mais “amostras representativas” caracterizadas por C , ou pelo conjunto de propriedades relevantes que nele se incluem e pelas suas dimensões. Na verdade mais do que a simples coincidência dos valores de C , será necessário que o valor dos parâmetros correspondentes às várias características que o compõem esteja presente ou devidamente correlacionado nos provetes comprovatórios.

Note-se que não será pura coincidência se a localização dessas “amostras representativas” seguir uma lei espacial, como, por exemplo, aparecerem transladadas de um certo argumento. Verifica-se nos terrenos uma certa regularidade na distribuição de feições, da heterogeneidade e do diaclasamento, tão importante na caracterização mecânica dos maciços, dependente da gênese, história e natureza dos terrenos. Isso supõe a possibilidade duma regionalização, passível dum tratamento geomatemático. Mas, aparentemente, a variável C é demasiado complexa para um estudo simples por esta via. Pode acontecer que haja aspectos além dos indicados (distribuição de fenocristais, composição mineralógica, alterações da rocha, etc.) que tenham uma distribuição aleatória, ou sigam leis espaciais mal definidas, o que na prática tornaria este estudo muito difícil ou mesmo impraticável.

Aliás, o que aqui está em causa e nos interessa conhecer não é propriamente a distribuição do valor da propriedade na massa rochosa, embora alguns problemas de engenharia o exijam, mas o valor correcto dessas propriedades a atribuir ao conjunto do maciço, em função das exigências da solução técnica procurada. Assim, um tal tratamento matemático poderia quando muito ajudar-nos a localizar as amostras representativas no maciço rochoso, se o parâmetro C não fosse tão sensível a desvios na estimativa dos seus componentes como nos parece ser.

Por esta definição de amostra representativa, outra amostra homotética que se retire do mesmo local já não garante a ausência do efeito de escala. Mas não está afastada a hipótese de duas amostras da mesma dimensão, localização diferente e com C diferentemente composto, serem representativas. E de que amostras com dimensões diferentes e diferente localização também sejam representativas. Já se justificou este facto anteriormente. E a comparação de todas essas amostras representativas pode dar subsídios preciosos.

O valor de C deverá ser calculado pela composição do maior número possível de características do material dos provetes que se julguem importantes para o estudo em apreço, sem o sobrecarregar de elementos. A gradual evolução dos conhecimentos nesta matéria poderá decidir quais são aqueles que têm menor relevância.

Cabe referir que aparentemente é nos maciços de melhor qualidade que haverá necessidade de obter amostras de maiores volumes, porque nestes as “imperfeições” do terreno, como por exemplo as descontinuidades, estão muito mais espaçadas. Embora a definição que demos de amostra representativa não obrigue a que estejam presentes todas as feições que influem nas propriedades globais do terreno (repetimos que ela tem um contexto muito diferente, apenas se exigindo que forneça valores expurgados do efeito de escala), porém, nestes maciços a principal fonte do efeito de escala parece residir nessas imperfeições muito espaçadas e a aplicação do procedimento descrito, incluindo a amostragem, não o poderá ignorar, embora só

em cada caso concreto se possa ter uma ideia da maneira como esse aspecto deverá ser abordado.

Serve todavia este exemplo para salientar que o conceito de amostra representativa está longe de ser arbitrário e, pelo contrário, é fortemente estruturado pela natureza e características do terreno.

Aparentemente, a definição do parâmetro C poderá obedecer a diferentes critérios, podendo ter composição muito variável consoante o tipo de terreno. É um campo em que apenas a experiência bem sucedida da aplicação desta filosofia deverá consagrar regras gerais. Note-se que não é condição suficiente duas amostras terem o mesmo C para serem igualmente representativas das propriedades da rocha. Este parâmetro é apenas indicativo e frequentemente terá o único mérito de permitir triagens e organizações provisórias dos corpos de prova em grupos, de acordo com as suas características, permitindo uma sistematização do estudo.

Há ainda a dificuldade de, uma vez dimensionada uma amostra representativa e estabelecidos os elementos que nela devem estar presentes, se verificar como deverá fazer-se a colheita de outras que comprovem os resultados, obedecendo às localizações onde as feições relevantes que integram a amostra representativa eleita se reúnam.

Trata-se de uma operação evitada de dificuldades, pois mesmo que o interior do maciço fosse acessível a métodos de observação directa, os custos de semelhante procedimento acabariam por exceder o da realização de fartas campanhas de ensaios "in situ". Métodos de observação como os proporcionados por câmaras de televisão no interior de furos ainda estão muito pouco divulgados e mesmo admitindo que fornecessem a necessária informação sobre a provável localização das amostras, ainda se teria de contar com inúmeros imponderáveis na sua recuperação, dos quais as dificuldades técnicas do posicionamento das sondagens e do seu alinhamento, só por si, não seriam fáceis de resolver. Minimizar o número de amostragens e conseguir a melhor estratégia para o fim em vista é uma das maiores dificuldades neste contexto.

Vimos que a composição e morfologia do terreno permitem, em muitos casos, estabelecer certas hipóteses e restrições simplificadoras da busca no interior do maciço. Mas atendendo a que o aumento do número de características a observar multiplica as dificuldades da amostragem ou, pela probabilidade composta, exige um número muito maior de tentativas, será necessário adoptar, em cada caso concreto, procedimentos que contornem esta dificuldade, sem prejudicar grandemente a informação que é necessário conservar nos provetes.

Um processo genérico que parece legítimo será, em vez de procurar as amostras em todo o domínio V_n , fazê-lo apenas no que julgarmos ser V_i , ou mesmo no correspondente a ensaios "in situ" a grande escala que se julguem representativos e onde algures se pense residirem as condições a que a amostra representativa dele retirada tem de obedecer. Já anteriormente se aceitou tal aproximação quando se usaram como valor de referência das propriedades globais do maciço os respectivos valores dos ensaios "in situ", numa primeira triagem (Fig. 4). Este procedimento deixa transparecer a dificuldade adicional de a amostra representativa dum maciço poder não se encontrar no volume correspondente ao ensaio "in situ" de referência e sim noutro ponto do maciço. Contudo, supomos que em geral o efeito de escala remanescente já terá uma importância subsidiária.

É admissível que as maiores dificuldades na aplicação da metodologia aqui esboçada se porão no início das investigações, enquanto os instrumentos e práticas não estiverem suficientemente apurados. Depois de se encontrarem soluções para alguns maciços mais típicos e vulgares, onde a caracterização das grandezas e elementos a observar seja mais fácil e sugestiva, ter-se-ão ideias mais concretas sobre as inferências, extrapolações e adaptações que é necessário e legítimo fazer, inclusive as dirigidas a outras situações e terrenos com propriedades diferentes, mas em que os conhecimentos já disponíveis e os procedimentos apurados possam ser úteis. Julgamos que quando se chegar ao adequado refinamento das técnicas de caracterização e localização das amostras representativas, a filosofia sugerida poderá ter aplicação de rotina.

AGRADECIMENTO

Estas sugestões, que agora se apresentam, foram concebidas pensando no significado de alguns ensaios a grande escala que, todavia, me mereciam dúvidas quanto ao interesse da sua execução e mesmo quanto à sua representatividade.

Ao tomar conhecimento, em meados de 1989, de que o assunto do efeito de escala em maciços rochosos iria receber maior atenção da ISRM, tendo sido constituída uma comissão internacional para analisar o fenómeno, enviei o presente trabalho à Revista Geotecnia, para apreciação. Agradeço ao Eng.^o António Pinto da Cunha, do LNEC, Presidente da referida comissão, as valiosas sugestões e comentários que teceu acerca desta filosofia de abordagem do problema.