

CLASSIFICAÇÃO GEOTECNOLÓGICA DE ROCHAS. APRECIÇÃO SINTÉTICA DA QUESTÃO (I PARTE)

Geotechnological classification of rocks. Synthetic appreciation of the problem (Part I)

por

FERNANDO OLAVO FRANCISS*

RESUMO – O texto seguinte reúne comentários relacionados com a idealização de metodologias de classificação de meios rochosos para uso em Mecânica das Rochas. Sua estruturação inclui uma apreciação das bases e princípios normativos da proposição de sistemas classificadores (Capítulo 2); algumas considerações referentes às propriedades físicas dos meios rochosos (Capítulo 3); conclusões mais importantes (Capítulo 4); um resumo das principais classificações existentes (anexo A).

SYNOPSIS – The following text, embodies considerations related to the idealization of classification schemes of rock media to be used in Rock Mechanics. It includes an analysis of the bases and principles of classification systems (Chapter 2); some comments about physical properties of rock media (Chapter 3); conclusions (Chapter 4); and finally a resume of the main existing classifications (Annexed).

1 – INTRODUÇÃO

O texto actual reúne comentários relacionados com a idealização de metodologias de classificação de meios rochosos para uso em Mecânica das Rochas. A sua estruturação inclui uma apreciação das bases e princípios normativos dos sistemas classificadores, algumas considerações referentes às propriedades físicas dos meios rochosos seguidos das conclusões mais importantes.

* Eng. Civil (PUC – Rio de Janeiro), Dr. Eng. (Univ. Grenoble)
Prof. dos cursos de pós-graduação da PUC.

Todavia, admitindo o interesse em definir a orientação adoptada na presente apreciação nos seus termos mais gerais, cumpre preliminarmente esclarecer o tipo de conexão considerado entre *operações de engenharia* e *metodologias de classificação*.

Normalmente, as operações de engenharia envolvem várias actividades cuja integração ao longo do tempo t resulta na transformação de um sistema original S_o , em um sistema final S_f , mediante uma sucessão contínua de estágios intermediários S_i , conforme sugere pictoricamente a Fig. 1.

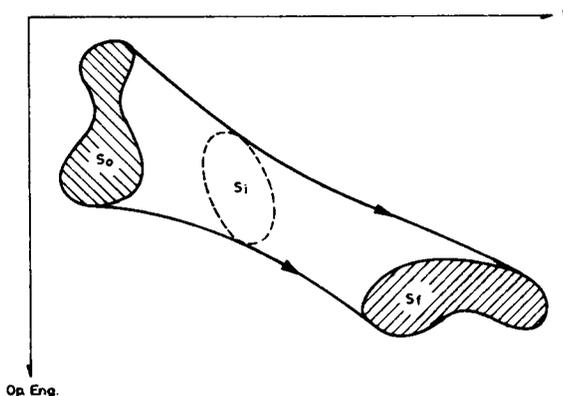


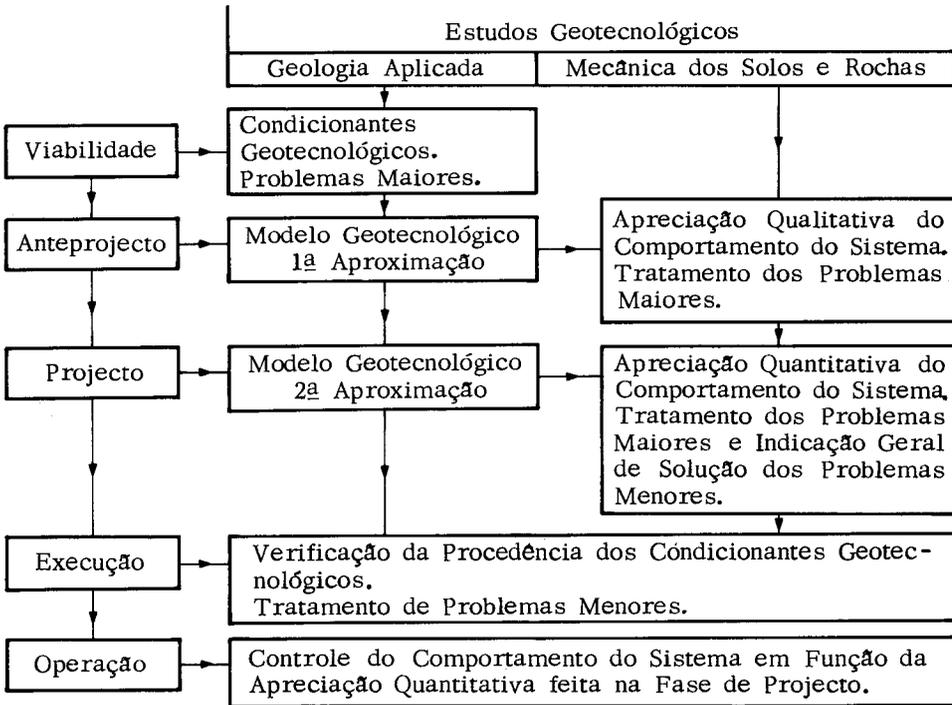
Fig. 1

As operações de engenharia de âmbito geotecnológico, participantes da transformação $S_o \rightarrow S_f$, geralmente consistem em transformações elementares do tipo $I \xrightarrow{P} E$ que exprimem a promoção de efeitos E sob a actuação de influências I condicionados pelas propriedades P dos meios terrosos ou rochosos.

As transformações elementares $I \xrightarrow{P} E$ constituem operações essencialmente físicas. Sofrem no decorrer da transformação $S_o \rightarrow S_f$, diversos tipos de tratamento, peculiares a cada etapa do processo. Considerando um dos esquemas mais comuns de desenvolvimento de actividades, conforme indica o Quadro I, as transformações $I \xrightarrow{P} E$ nos estágios iniciais (fases de inventário e viabilidade) constituem objecto de apreciações predominantemente qualitativas; nos estágios intermediários (fases de projecto básico e projecto executivo) predominam apreciações quantitativas, finalmente, nos estágios finais (fases de

execução e operação), sofrem, verificações experimentais acompanhadas de eventuais correcções.

QUADRO I



Os estágios iniciais e parte dos estágios intermediários de transformação $S_0 \rightarrow S_f$, conduzidos sob o predomínio de *engenheiros consultores*, assinalam o processo de *estruturação conceptual* da transformação, enquanto o restante dos estágios intermediários e estágios finais, sob a responsabilidade dominante de *engenheiros construtores*, assinalam a *materialização* da transformação. Ambos os tipos de profissionais participam em cada estágio de actividades com diferentes graus de importância. Na fase conceptual, a actividade profissional recorre às aproximações teóricas da realidade consoante modelos e métodos de análise julgados adequados. Na fase de materialização prevalecem exigências de produtividade e normas práticas decorrentes da experiência acumulada.

Das observações precedentes resultam as seguintes conclusões de carácter geral:

i) Uma classificação geotécnica de meios rochosos pretende atender a dois objectivos essenciais:

- favorecer a estruturação do campo de actuação das operações de engenharia na fase conceptual;
- subsistir como código de linguagem na fase de materialização.

Na fase de estruturação, a classificação de realidades atinge o espírito humano com muita eficácia e actua como processo heurístico no planeamento de actividades e formulação de soluções. Como código de linguagem, a classificação não apenas propicia uma comunicação eficiente como também facilita a extrapolação indutiva da situação já estruturada.

ii) Considerando o carácter dominante das operações de engenharia de âmbito geotecnológico, essencialmente de natureza física, os critérios de classificação devem necessariamente resultar da consideração dos factores influentes nas suas propriedades físicas.

iii) Considerando o carácter dinâmico da transformação $S_0 \rightarrow S_f$, da fase de concepção à fase de materialização, os modelos de classificação devem também acusar carácter idêntico, admitindo maior ou menor complexidade em função do aumento ou redução das necessidades de cada estágio da transformação, bem como da disponibilidade de recursos de investigação de campo e laboratório. A tendência usual, por razões heurísticas, consiste num progressivo aumento de complexidade no início da estruturação conceptual, alguma atenuação na sua conclusão, finalmente, uma simplificação sensível na fase de execução.

iv) Em face da evolução das necessidades humanas, da ciência e da tecnologia, as metodologias de classificação devem ser consideradas de carácter transitório sujeitas a profundas modificações, sob o risco de assumirem um carácter prejudicial, caso consolidem como hábitos imutáveis.

2 – BASES E PRINCÍPIOS NORMATIVOS DOS SISTEMAS CLASSIFICADORES

Na elaboração de um sistema classificador, a prévia apreciação de suas bases e princípios normativos, não apenas favorece a sua idealização, como também evita proposições incorrectas. Tais bases e princípios decorrem em essência de considerações lógico-formais, bem como do exame dos factores intervenientes nos processos de comunicação. A apreciação seguinte resume e comenta alguns dos aspectos importantes relacionados com classificações de um modo geral.

Tipologia e metrologia

O *acto de classificar* consiste em reordenar a ordem natural das percepções de realidades consoante uma nova perspectiva fixada aprioristicamente por um princípio, por uma ideia, um conceito, uma atitude livre em relação aos fenómenos observados: um *critério de classificação*. Determina a diferença essencial entre uma *percepção passiva*, assinalada por uma intervenção mínima do processo de intelecção, de uma *percepção activa* de realidades, reflexionada e metódica.

Em termos mais simples, o acto de classificar, consiste em agrupar diferentes realidades segundo *características comuns*.

Os sistemas classificadores envolvem duas operações distintas: *classificação* propriamente dita e *caracterização*. A operação de classificação situa uma realidade num grupo de realidades em função das suas características. Objectiva o grupamento de realidades cujas características são conhecidas. A operação de caracterização evidencia as características previamente ignoradas de uma realidade. Objectiva a emergência das características de uma realidade para sua posterior classificação.

Segundo Moles (1957), a operação classificadora assume um carácter *qualitativo* deliberadamente contrário ao carácter *quantitativo* da orientação geral do progresso científico, cujo objectivo envolve, em última análise, a elaboração de um universo de relações numéricas: *tipologia* em oposição à *metrologia*. A caracterização, ao quantificar eventualmente algumas características, assume um carácter intermediário. Nos estágios finais de desenvolvimento da estruturação conceptual de uma transformação $S_o \rightarrow S_f$

a caracterização transiciona definitivamente para a *mensuração* enquanto a classificação assume a função de *código de linguagem* (normalmente usada para extrapolação da mensuração). Contudo, nos estágios iniciais, a importância da tipologia supera a importância da metrologia por atingir o espírito humano com maior eficácia não apenas na fase de intelecção da realidade, precedente da sua estruturação definitiva, como também como processo *heurístico* no planejamento de novas actividades e na formulação de soluções.

Em resumo, na elaboração de metodologias de classificação, tanto a sua condição de funcionalidade mutável, como a necessidade de discutir operações de classificação e caracterização, merecem atenção.

Requisitos essenciais dos sistemas classificadores

O *critério* (ou *critérios*) de classificação de uma realidade, resulta da selecção de uma (ou mais de uma) das suas características condicionante (ou condicionantes) da sua inclusão numa determinada classe. Dentre as várias características de uma realidade, a selecção de características específicas, definidas como *critérios de classificação*, é absolutamente livre. Contudo, embora livre, a selecção não é arbitrária: na sua base, depende dos objectivos da classificação. Fixados os objectivos, a apreciação de condicionamentos práticos e empíricos acaba por favorecer a proposição dos critérios mais adequados.

Ainda segundo Moles (1957), o julgamento do valor de um sistema classificador resulta da apreciação do valor do critério (ou critérios) adoptado, na seguinte ordem de importância:

- i) Sua *exaustividade*: o critério adoptado deve reduzir a quantidade de elementos *marginais* (elementos não classificáveis) a um resíduo negligenciável. A *resposta* dada ao critério deve assumir um carácter binário (0-1) ou multivalente: ($R_0 < R < R_p$) porém destituída de sentido (exclusão da !).
- ii) Sua *especificidade*: o critério adoptado deve ter um e apenas um significado em relação ao elemento a classificar. Cada elemento a classificar deve possuir um valor definido e apenas um em presença do critério.

Normalmente critérios efectivamente *simétricos* (binários ou multivalentes) garantem a especificidade.

iii) Ausência de *ambiguidade*: o critério adoptado deve impedir a presença simultânea do elemento a classificar em duas categorias separadas de classificação. A cada classe deve corresponder um grupo específico de características e vice-versa.

iv) Sua *simplicidade operacional*: o critério adoptado deve ser, na medida do possível, imediatamente perceptível ou, na pior hipótese, ser aparente, mediante a utilização mínima de *intermediários*, (como por exemplo: instrumentos, resultados de ensaio, indivíduos com habilitações muito específicas, etc...).

v) Seu valor *dicotomisante*: quando as condições precedentes prevalecem, a selecção dos critérios classificadores deve decorrer de sua aptidão dicotomisante, capaz de cindir a realidade *contínua* em entidades distintas, estabelecendo *fronteiras* quase intransponíveis. O critério adoptado deve ter por ideal a evidenciação de valores binários sim/não. Nos estágios iniciais do desenvolvimento de várias disciplinas científicas, a tarefa de emergência de critérios binários sim/não, tem constituído o encargo essencial das metodologias de classificação. Técnicas estatísticas auxiliam a tarefa de emergência. A forma das curvas de distribuição de frequências actuam como critérios dicotomizantes. Para salientar o *qualitativo* do *quantitativo*, distinguem vários modelos de distribuição: a distribuição em U como expressão da relação $A \wedge B$ e exclusão das demais opções, a distribuição em J como expressão de condição dominante $A \gg B$, a distribuição normal como expressão de maior ou menor tendenciosidade, etc... Os valores correspondentes às *frequências mínimas* das *distribuições multimodais* que exprimem a flutuação de características, estabelecem as fronteiras ideais das classes dos sistemas classificadores.

vi) *Quantidade reduzida* de critérios classificadores: para evitar a elaboração de sistemas multivariados, de apreensão incompatível com as limitações humanas, a quantidade de critérios classificadores, deve ser minimizada mediante a selecção de características muito *independentes* (pouco correlacionáveis estatisticamente) e muito *condicionadoras*

das demais características (devem resultar de factores primários). Devem permitir a estimativa das demais características relacionadas com os objectivos de classificação.

Modalidade de sistemas classificadores

A característica determinante da vinculação de uma realidade a uma determinada classe, constitui o *critério de classificação*. Nada impede a idealização de uma operação classificadora envolvendo apenas um ou mais de um critério. Quando envolve vários critérios, a sua apreciação *sucessiva* ou *simultânea* reflecte julgamentos de valor diferenciados. A apreciação sucessiva admite implicitamente uma ordenação de critérios com importância *decrecente*. A apreciação simultânea confere aos critérios uma *importância equivalente*.

A importância relativa e quantidade de critérios determinam diferentes modalidades de classificação. Em face das dificuldades naturais verificadas na apreensão de sistemas limitados por mais de três dimensões, as variantes usuais de classificação obedecem aos seguintes cânones:

1. Sistemas *unidimensionais*:

a) *lineares*: classificação por justaposição, cada realidade localizada ao lado da realidade precedente consoante mera *convenção* ou uma ordem de *importância efectiva* (como por exemplo a classificação de rochas de Protodyakonov, Tabela 1).

b) *plurilineares*: classificação *hierárquica*, predicativa, resultante de sucessivas apreciações lineares de critérios *não necessariamente* invariantes.

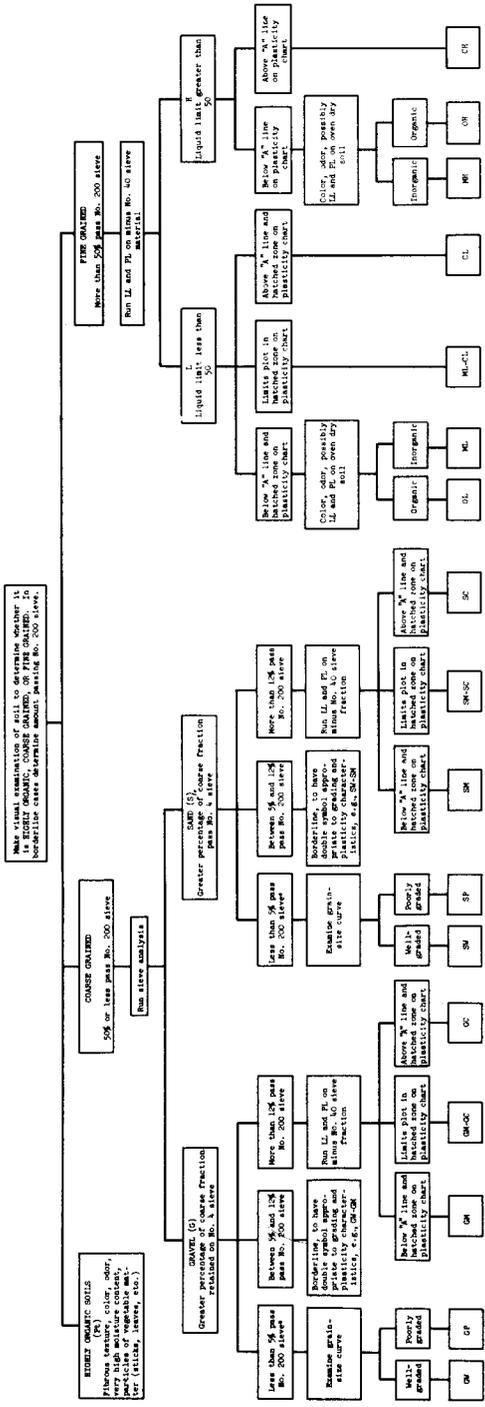
A selecção de carácter do critério de ordem n depende da tipificação definida pelo critério de ordem $n-1$. Assume um aspecto essencialmente analítico (como por exemplo a Classificação Unificada de Solos proposta por Casagrande, Tabela II).

2. Sistemas *bidimensionais*:

Resultam da apreciação simultânea de apenas *dois* critérios invariantes. Favorecem o confronto de realidades destacando as noções de *proximidade* e de "*pattern*" (como por exemplo a classificação de rochas sugerida por Müller, Diagrama 1)

Category	Strength grade	Denotation of rock (soil)	Unit weight (kg/m ³)	Crushing strength σ_c (kg/cm ²)	Strength factor f
I	Highest	Solid, dense quartzite, basalt and other solid rocks of exceptionally high strength	2800 3000	2000	20
II	Very high	Solid, granite, quartzporphy, silica shale. Highly resistive sandstones and limestones	2600-2700	1500	15
III	High	Granite and alike. Very resistive sand- and limestones. Quartz. Solid conglomerates.	2500-2600	1000	10
IIIa	High	Limestone, weathered granite. Solid sandstone, marble. Pyrites.	2500	800	8
IV	Moderately strong	Normal sandstone	2400	600	6
IVa	Moderately strong	Sandstone shales	2300	500	5
V	Medium	Clay-shales. Sand- and limestones of smaller resistance. Loose conglomerates.	2400-2800	400	4
Va	Medium	Various shales and slates. Dense marl.	2400-2600	300	3
VI	Moderately loose	Loose shale and very loose limestone, gypsum, frozen ground. Common marl. Blocky sandstone, cemented gravel and boulders, stoney ground	2200-2600	200-150	2
VIa	Moderately loose	Gravelly ground. Blocky and fissured shale, compressed boulders and gravel, hard clay.	2200-2400	—	1.5
VII	Loose	Dense clay. Cohesive ballast. Clayey ground.	2000-2200	—	1.0
VIIa	Loose	Loose loam, loess, gravel.	1800-2000	—	0.8
VIII	Soils	Soil with vegetation, peat, soft loam, wet sand.	1600-1800	—	0.6
IX	Granular soils	Sand, fine gravel, upfill	1400-1600	—	0.5
X	Plastic soils	Silty ground, modified loess and other soils in liquid condition	—	—	0.3

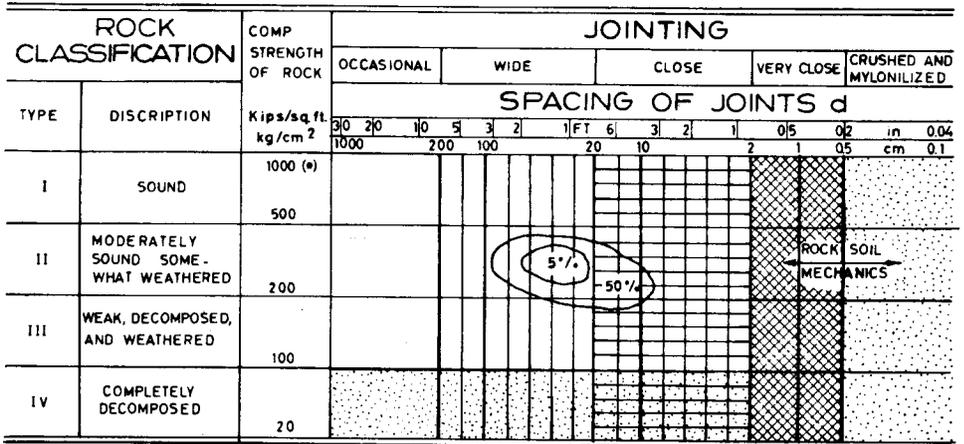
UNIFIED SOIL CLASSIFICATION INCLUDING IDENTIFICATION AND DESCRIPTION				LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA			
FIELD IDENTIFICATION PROCEDURES		TYPICAL NAMES		INFORMATION REQUIRED FOR DESCRIBING SOILS			
<p>GRAVELS More than half of material is larger than No. 200 sieve size if (excluding particles larger than 3 inches and being fraction on estimated weights):</p> <p>GRAVELS WITH CLEAN SANDS More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size and the number of particles which is larger than No. 200 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SANDS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SANDS WITH CLEAN SANDS More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size and the number of particles which is larger than No. 200 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>GRAVELS WITH CLEAN SANDS More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size and the number of particles which is larger than No. 200 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>GRAVELS WITH CLEAN SANDS More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size and the number of particles which is larger than No. 200 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p>		<p>GW Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines</p> <p>GP Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines</p> <p>GM Silty gravels, poorly graded gravel-sand mixtures</p> <p>GC Clayey gravels, poorly graded gravel-sand mixtures</p> <p>SW Well graded sands, gravelly sands, little or no fines</p> <p>SP Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines</p> <p>SM Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures</p> <p>SC Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures</p>		<p>One typical name, indicate approximate percentage of sand and gravel, note size, angularity, surface condition, local or geologic name and other pertinent descriptive information, and symbol in parentheses.</p> <p>For undisturbed soils add information on stratification, degree of compaction, cementation, moisture conditions and drainage characteristics.</p> <p>EXAMPLE:- Silty sand, gravelly, about 20% hard angular gravel particles; in maximum 10% of soil, gravelly sand and sand particles, coarse to fine, about 15% plastic fines with low dry strength, well compacted and moist in place, about 10% silt, 10% clay.</p>		<p>Use grain size curve in identifying the factors of grain identification</p> <p>Drainage percentage of gravel and sand from grain size curve depending on drainage or less than 100</p> <p>Gravelly soils requiring use of dual size of dual symbols</p> <p>GW, GP, SW, SC GM, GC, SM, SC More than 2% Less than 2%</p> <p>Not meeting all gradation requirements, for SW</p> <p>Above "X" line with 7 or P1 less than 4 or P1 less than 4</p> <p>Above "X" line with 7 or P1 between 4 and 7 or P1 less than 4</p> <p>Above "X" line with 7 or P1 less than 4</p>	
<p>SILTS AND CLAYS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SILTS AND CLAYS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SILTS AND CLAYS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SILTS AND CLAYS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p> <p>SILTS AND CLAYS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size and the number of particles which is larger than No. 4 sieve size is smaller than half of coarse fraction</p>		<p>ML Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity</p> <p>CL Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clay, sandy clays, silty clays, lean clays</p> <p>OL Organic silts and organic silt-clays of low plasticity</p> <p>MH Inorganic silts, micaceous or dolomitic fine sandy or silty soils, elastic silts</p> <p>CH Inorganic clays of high plasticity, fat clays</p> <p>OH Organic clays of medium to high plasticity</p> <p>PT Part and other highly organic soils</p>		<p>Give typical name, indicate degree and character of plasticity, amount and character of sand and gravel, note size, angularity, surface condition, local or geologic name, and other pertinent descriptive information, and symbol in parentheses.</p> <p>For undisturbed soils add information on stratification, degree of compaction, cementation, moisture conditions, consistency, structure, shrinkage, swell, and moisture and drainage conditions.</p> <p>EXAMPLE - Clayey silt, brown, slightly plastic, micaceous, silty, fine sand, lean, and dry in place, (ML)</p>		<p>PLASTICITY INDEX</p> <p>PLASTICITY CHART FOR LABORATORY CLASSIFICATION OF FINE GRAINED SOILS</p>	



Note: Sieve sizes are U. S. Standard.
 * If fines interfere with free-draining properties use double symbol such as GW-GM, etc.

Auxiliary Laboratory Identification Procedure—Unified Soil Classification System (After U. S. Corps of Engineers, Ref. 382).

DIAGRAMA 1



3. Sistemas *tridimensionais*:

Diferem dos precedentes por considerar três critérios invariantes (por exemplo a classificação de meios rochosos proposta por IIDA, Okamoto e Yasue, Diagrama 2).

DIAGRAMA 2

elements of classification	condition of intact part of rock	A fresh, hard B slightly weathered, slightly soft C weathered, easily broken by hammer
	interval of joint	I > 50 cm II 15 cm ~ 50 cm III < 15 cm
	condition of joint	a closed, not weathered along joint b closed, slightly weathered along joint c { open (about 0.1") or closed, considerably weathered along joint d open considerably

Não obstante sua complexidade (consequentemente comprometedora do seu valor pragmático), os sistemas polidimensionais são utilizados quando vários critérios acusam aparentemente igual importância, impossibilitando uma classificação plurilinear (como por exemplo a classificação de rochas proposta por Coates, Tabela III). A identificação das características fundamentais das realidades por tipificar, condicionantes do restante de suas características evita, eventualmente, a elaboração de sistemas polidimensionais, ou, na pior hipótese contribui para reduzir a dimensão do sistema.

TABELA III

- (1) Uniaxial compression strength of the rock substance:
 - (a) Weak (less than 5000 psi),
 - (b) Strong (between 5000 psi and 25,000 psi),
 - (c) Very strong (greater than 25,000 psi).
- (2) Pre-failure deformation of rock substance:
 - (a) Elastic,
 - (b) Viscous (at a stress of 50 per cent of uniaxial compressive strength the strain rate is greater than 2 microstrain per hour).
- (3) Failure characteristics of the rock substance:
 - (a) Brittle,
 - (b) Plastic (more than 25 per cent of the total strain before failure is permanent).
- (4) Gross homogeneity:
 - (a) Massive,
 - (b) Layered (i.e. generally including sedimentary and schistose, as well as any other, layering effects which would produce parallel lines of weakness).
- (5) Continuity of the rock substance in the formation:
 - (a) Solid (joint spacing greater than 6 ft),
 - (b) Blocky (joint spacing between 3 in. and 6 ft),
 - (c) Broken (in fragments that would pass through a 3-in. sieve).

Apud Ref. Bibl. 3

Estruturação dos sistemas classificadores

O propósito básico do acto de classificar na fase de intelecção de uma dada situação, consiste na redução gradual da situação inicial de *incerteza* mediante a imposição de uma *estrutura* coerente com a realidade. Nestes termos, o *valor* de uma classificação depende da sua aptidão em impor estruturas

efectivamente adequadas à situação real. Considerando os sistemas classificadores como originados por processos *indutivos* e *dedutivos* de apreensão e predição de realidades, a sua aptidão ulterior em impor estruturas válidas reflecte, em última análise, o valor dos processos indutivos e dedutivos utilizados na sua elaboração.

A importância relativa de ambos os processos na idealização de sistemas classificadores constitui motivo de divergências. Contudo, a lógica dedutiva não difere tanto da lógica indutiva para justificar a existência de divergências. Em princípio, enquanto as conclusões da lógica dedutiva são *necessariamente verdadeiras*, quando resultam de *premissas verdadeiras*, as generalizações indutivas, ao contrário, *nunca* podem ser consideradas necessariamente verdadeiras por resultarem de *premissas* mais ou menos *prováveis* ao invés de verdadeiras.

A lógica dedutiva não pode produzir certeza quando as suas premissas são *declarações de eventos naturais* (conforme ocorre na idealização de classificações de *realidades físicas*). Com efeito, a imposição de estruturas aos eventos naturais admite a seguinte sequência de suposições:

- *continuidade* dos eventos
- como consequência da continuidade, *estruturação ordenada* dos eventos
- como consequência da constatação de uma *continuidade* e de uma *estrutura*, predição de *futuro* muito similar ao passado: *indução*.

Portanto, no tratamento de realidades físicas ambos os processos recorrem a premissas mais ou menos prováveis. A sua diferenciação reside essencialmente na certeza do *argumento dedutivo* em oposição à persistência do *carácter probabilístico* dos princípios estruturais da indução. Enquanto a lógica indutiva introduz probabilidade em dois níveis: nas premissas e na inferência, a dedução, quando originada da observação de eventos naturais, introduz probabilidade apenas nas premissas. Consequentemente, os princípios estruturais de ambos os processos nunca podem produzir certeza, somente probabilidades de valores diversos.

Nestes termos, dedução e indução não são de forma alguma separáveis. Somente depois de impor indutivamente uma estrutura às nossas percepções de eventos naturais, podemos aplicar o rigor estrutural da necessidade lógica.

A estruturação de sistemas classificadores de realidades físicas, pode ser atingida por processos indutivos sem necessidade compulsória de processos

dedutivos. Contudo, a utilização da dedução requer uma estrutura indutiva prévia. Os princípios de indução são *fundamentais* a qualquer desenvolvimento do rigor estrutural. Todavia, tanto a dedução quanto a indução devem ser utilizadas na elaboração de classificações. A indução apenas sanciona relações de eventos: não *explica* relacionamentos, não formula declarações de *causalidade*. A dedução, ao inferir em função de *premissas básicas*, acelera a estruturação do sistema.

A elaboração eficiente de classificações resulta do uso alternado de processos indutivos e dedutivos consoante o seguinte roteiro :

- i) Organização das percepções de realidades físicas e proporcionamento de definições dessas percepções.
- ii) Feitura de observações sistemáticas com base nas definições conceptuais acompanhada da sua estruturação *indutiva* (normalmente efectuada com auxílio de técnicas de *inferência estatística* mediante adopção ou rejeição de hipóteses, análise de regressões, etc...).
- iii) *Dedução* de hipóteses em função da estrutura previamente induzida, particularmente, quanto aos relacionamentos entre os seus elementos.
- iv) Verificação dessas hipóteses pela aplicação dos princípios do rigor indutivo, da redefinição, da reobservação da reindução, da rededução, da reverificação, etc...

As considerações precedentes permitem perceber o valor relativo das classificações. Na sua elaboração, a indução predomina nos estágios iniciais enquanto a dedução assume importância nos estágios finais: tipologia evoluindo para metrologia, empirismo para teoria, projecto para execução, etc...

As considerações precedentes também permitem uma compreensão mais ampla da importância da *operação de caracterização* examinada anteriormente.

Em termos mais gerais, caracterizar consiste em definir características *ignoradas* em função de características *conhecidas*.

Admitida a vinculação de uma realidade a uma classe decorrente de uma característica *comum*: o critério, duas operações lógicas são possíveis :

- definição das características ignoradas de uma classe em função das características conhecidas de uma realidade: *indução* (rejeição da hipótese nula, um caso particular não constitui necessariamente um caso único)
- operação inversa, definição das características de uma realidade em função da sua vinculação a uma determinada classe: *dedução*.

Contudo, nem sempre a analogia de uma característica (o critério) implica necessariamente na correlação das demais características. A identificação das características efectivamente básicas (critérios fundamentais) e a verificação sistemática das extrapolações indutivas e dedutivas devem constituir preocupação sempre presente na idealização de classificações.

Significado dos termos da classificação

Concluída a tarefa de elaboração de uma metodologia de classificação, sua divulgação eficiente, usualmente efectuada mediante *comunicação escrita*, exige, além da obediência aos princípios básicos do *processo de comunicação*, a especificação cuidadosa dos *termos* (elementos estruturais) dos sistemas classificadores, tanto em relação aos aspectos de *definição formal* (estabelecimento do código de linguagem) quanto em relação aos aspectos de *definição operacional* (especificação das operações de caracterização).

O processo de definição (formal ou operacional) é essencial para reduzir a confusão ou incerteza referente ao *significado* dos termos da classificação.

A construção de uma definição decorre da apreciação dos seguintes factores:

- o propósito específico da *fonte* (comunicante): sua intenção em relação ao termo em definição
- a limitação e a necessidade do *receptor* (comunicando): seu nível cultural e seu grau de interesse
- a cultura do receptor: totalidade dos *conceitos* incorporados ao património cultural do receptor passíveis de utilização na construção de definição; conceitos capazes de provocar no receptor *reacções* concordantes com as *intenções* da fonte.

Um ingrediente essencial da intenção constitui o tipo de significado pretendido: *formal* (também denominado estrutural) ou *operacional* (também denominado indicativo). Cada tipo de significado tem o seu conjunto próprio de procedimentos de definição e utilidade específica.

As definições *formais* estabelecem códigos de *linguagem*. Atendem ao seguinte roteiro:

- Colocação do termo na sua *classe* própria (*genus*)
- Distinção do termo dos demais componentes da classe (*differentia*).

A definição de *genus et differentia* (p. ex. a rocha tipo I.A.1 é laminada elástica: laminada-genus, elástica-differentia) aparentemente contrasta com a definição descritiva de características. Contudo, a definição por participação na classe e a definição por atribuição de características (p. ex. a rocha I.A.1 exibe uma orientação estrutural planar e acusa uma relação tensão-deformação linear e reversível) são métodos equivalentes e satisfazem aos seguintes critérios:

- i) o termo em definição e a definição em si são mutuamente intercambiáveis
- ii) o termo participa de uma classe que inclui todos os casos do termo (p. ex. parte das rochas elásticas deve ser do tipo I.A.1)
- iii) o termo mantém diferenciação dos demais termos da classe (p. ex. somente as rochas tipo I.A.1 são elásticas e laminadas).

A definição tipo *genus et differentia* apresenta todavia dois inconvenientes principais: seu carácter estático e seu sentido absoluto (na realidade ambos consequentes da sua utilização inadequada).

Seu carácter *estático* decorre da não consideração dos condicionamentos circunstanciais (em termos de espaço, tempo e atitude da fonte definidora), suprimidos, consciente e inconscientemente, da definição. A tendência em usar indiscriminadamente o seu valor dicotômico sim/não eventualmente determina inferências falsas (p. ex. afirmar a permeabilidade de um estrato rochoso quando o seu contraste de permeabilidade com os demais estratos determina uma impermeabilidade relativa).

Seu sentido *absoluto* resulta usualmente de própria *forma* de definição que atribui ao termo apenas as suas características de participação numa classe sem considerar a eventual existência de outras características provavelmente importantes em determinadas circunstâncias (p. ex. uma determinada rocha classificada como reportada ao tipo I.A.1, laminada elástica, eventualmente acusa uma resistência reduzida embora a sua tipificação negligencie tais aspectos). A definição impõe um sistema classificador ao termo, mas não esclarece *tudo* referente ao mesmo.

As definições operacionais pretendem evitar alguns inconvenientes das definições formais mediante a especificação do *fenômeno*, da *propriedade*, do *comportamento*, etc., relacionado com o termo em definição. Atendem ao seguinte roteiro:

- descrição e interpretação do fenómeno, propriedade, comportamento, etc.
- fixação dos seus condicionamentos circunstanciais e referenciais.

Nestes termos, as definições operacionais referentes aos procedimentos de caracterização incluem o detalhamento da sua *técnica* e relacionamento do eventual *instrumental* necessário (p. ex. a definição dos limites de consistência de Atterberg).

Ambos os tipos de definição são necessários, as formais e operacionais. A determinação da qual deve ser usada depende do propósito. Nenhuma em si é suficiente. As operações de classificação exigem definições formais, enquanto as operações de caracterização, as mais importantes, exigem definições operacionais.

Quanto ao simbolismo tipológico, o uso de associações alfanuméricas simplifica acentuadamente o processo de comunicação oral e escrita. Contudo, para garantir a sua eficácia, a quantidade de unidades associadas não deve ultrapassar três (p. ex. I.A.1, rocha elástica laminada).

Finalmente, cumpre salientar a possibilidade de introdução de factores perturbadores de apreensão do significado da mensagem escrita decorrentes de diferentes valores *conotativos* vinculados aos termos em *definição* ou usados *para definir*.

Variações de âmbito regional ou local do *facies* de uma realidade associada a um termo universal promovem a incorporação inconsciente de uma complementação semântica ao seu significado: *conotação*. Em particular, os termos usados em geomorfologia e geologia estrutural acusam muitas conotações conseqüentes de variações morfoclimáticas e estilo tectónico.

A fixação prévia dos domínios e ambientes de aplicação de cada termo contribui para redução da incerteza provocada por possíveis conotações.

(CONCLUI NO PRÓXIMO NÚMERO)