APOIO AO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO NO BRASIL

A FVD – Fundação Victor Dequech, entidade sem fins lucrativos, criada em 2001, apoia e incentiva ações e projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico e Inovativo no Brasil.

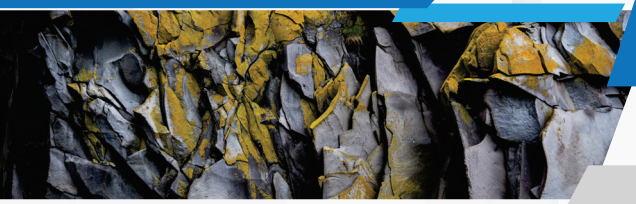
Com foco na pesquisa e engenharia mineral -- bem como nas áreas de energia, óleo e gás, meio ambiente e tecnologias a elas relacionadas -- a FVD sente-se plenamente honrada por apoiar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental na edição de suas Diretrizes, Guias, Manuais, Boletins e outros documentos assemelhados, agora como Normas Técnicas dessa conceituada associação.

A FVD e a ABGE estão irmanadas no esforço para a educação e a capacitação continuada, que proporcionam qualificação, habilidades e competências de empresas e de profissionais, contribuindo assim com o desenvolvimento e a melhoria da qualidade de vida em nosso país.

Cumprimentamos a todos os participantes dessa iniciativa pioneira.

Antonio de Padua Vieira Chaves
Diretor Presidente da FVD

Rua São Vicente, 255. Bloco B
Bairro Olho D'água - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. CEP 30.390-570.
Tel. +55 31 3288-1742 | www.fvd.org.br



NORMA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
NORMA ABGE 109/2024
1ª Edição, 2024

DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGENS

NORMA ABGE 109
1ª Edição, 2024

ABGE – AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR

Copyright 2024. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE
Todos os direitos reservados a ABGE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Norma ABGE – 109/2024 : descrição e classificação de sondagens. -- 1. ed. -- São Paulo : ABGE, 2024.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88460-28-3

1. Geotecnia 2. Investigação geológica 3. Investigações geotécnicas 4. Normas técnicas.

CDD-624.15
24-198144 -624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Geotecnia 624.15
2. Geologia de engenharia 624.151

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Sugestão de referência bibliográfica:

Norma ABGE 109/2024: Descrição e classificação de sondagens. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE
Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 59. Cidade Universitária, São Paulo, SP CEP 05508-901
www.abge.org.br – abge@abge.org.br
Fones: (11) 3767.4361 (11) 9.8687.6560

A ABGE e todos os colaboradores, revisores, coordenadores, autores e editor participantes dessa Norma ou de artigos e livros utilizados como referência bibliográfica, não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas pessoais ou de bens originados do uso da presente publicação. Aqueles que usam essa publicação são responsáveis por tomar suas próprias decisões quando aplicarem as informações aqui fornecidas e as cotejarem e harmonizarem com outras. Críticas e contribuições devem ser encaminhadas a Secretaria Executiva da ABGE: **abge@abge.org.br**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 5
1. INTRODUÇÃO 7
2. DEFINIÇÕES: DESCRIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGENS, PADRONIZAÇÃO, PADRÃO ÚNICO DE DIGITALIZAÇÃO E DE COMPARTILHAMENTO DE DADOS 9
3. FINALIDADE 10
4. DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICA DE SONDAGENS PARA FINS GEOTÉCNICOS 11
4.1 Situações especiais 13
4.1.1 Aterros, aterros sanitários, lixões e áreas contaminadas 13
4.1.2 Pedreiras 14
4.1.3 Áreas de empréstimo de solo 14
4.1.4 Pesquisa mineral de areia e cascalho 15
5. DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DE SONDAGENS 15
5.1 Índice de resistência à penetração 16
5.2 Ensaio de lavagem por tempo 17
5.3 Recuperação por manobra 19
5.4 Grau de alteração 22
5.5 Grau de coerência 25
5.6 Grau de fraturamento 26
5.7 Índice de qualidade da rocha 30
5.8 Condutividade hidráulica (permeabilidade) 33
5.9 Condições das descontinuidades 36
5.9.1 Classificação de Maciços Rochosos 38
5.9.2 Representação das Condições das Descontinuidades nos perfis 39
5.10 Disqueamento 39
6. DESCRIÇÃO DE SONDAGENS EM ALUVIÕES DE AREIA E CASCALHO 40
7. ORIENTAÇÕES GERAIS PARA A DESCRIÇÃO DE SONDAGENS 42
7.1 Local e equipamentos 42

7.2 Documentação fotográfica 42
7.3 Descrição das amostras 43
7.4 Revisão 45
7.5 Depósito de amostras 45
8. PADRONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE RESULTADOS 46
9. PRINCIPAIS PARTICIPANTES 47
10. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS 48
11. REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS 49

ANEXO I - FIGURAS 57
ANEXO II – METODOLOGIA DE CÁLCULO DO IRP (SPT) – ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO 77
ANEXO III - CÁLCULO MANUAL DA PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA 81
ANEXO IV- PLANILHAS PARA DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGENS E MODELO DE PERFIL 84
ANEXO V – CLASSIFICAÇÃO PADRONIZADA DE PARÂMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS 93

APRESENTAÇÃO

Essa Norma destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em sondagens mecânicas convencionais, como são os casos de proprietários de obras, investidores, construtoras, empresas executoras de serviços geológico-geotécnicos de campo e de laboratório, agências de regulação, projetistas, consultores e encarregados de fiscalização.

A Norma ABGE 109/2024 tem por foco a descrição e classificação geológico-geotécnica de amostras de sondagens convencionais e sua apresentação em perfis individuais (*logs*), incluindo resultados de ensaios de permeabilidade e outros realizados no furo. Trata-se, portanto, de um dos trabalhos mais importantes realizados numa campanha de sondagens mecânicas.

A presente publicação utilizou, como referência básica, a publicação de título "Investigações geológico-geotécnicas - Guias de boas práticas", publicado pela ABGE em 2021, especificamente o livro 6 contido naquela publicação, de título "Diretrizes para descrição de sondagens". São critérios e procedimentos metodológicos testados e aprovados ao logo de mais de 50 anos de história de desenvolvimento da geotecnia brasileira, em especial da geologia de engenharia, agora revistos visando melhor atender as tecnologias informatizadas de digitalização, padronização e a modelagem geológico-geotécnica.

A Norma ABGE possui formato próprio, mas semelhante ao publicado por entidades civis e associações técnicas e profissionais, nacionais ou estrangeiras, como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), ISO (international Organization for Standarlization), ASCE (American Society of Civil Engineering), CDA (Canadian Dam Association), IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), dentre outras. Essas entidades publicam Normas (Standards), Diretrizes (Guidelines), Boletins (Bulletins), Regras (Codes) e outros documentos assemelhados, com a finalidade de ajudar empresas e profissionais a trabalharem melhor.

As normas e as publicações técnicas editadas pelas entidades acima citadas, assim como a presente NORMA ABGE, são de aceitação voluntária. A sua aplicação somente passará a ter caráter vinculante no plano legal/

normativo, caso seja reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público (por exemplo, se a adoção de alguma NORMA ABGE for exigida ou referida por algum dispositivo legal); e, no plano privado, caso seja mencionada em um contrato como norma a ser observada pelas partes no cumprimento de suas obrigações (Passini & Alvares Sociedade de Advogados, 2021).

Sugerimos que os usuários das informações dessa publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras.

Agradecimentos aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação, em especial aos autores e colaboradores do livro “Investigações geológico-geotécnicas - Guias de boas práticas”, publicado pela ABGE em 2021.

João Jeronimo Monticelli
Editor

Fábio Soares Magalhães
Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

1 INTRODUÇÃO

As amostras e os resultados de ensaios realizados em sondagens mecânicas devem traduzir, tanto quanto possível, as características do terreno, tanto acima como abaixo do topo rochoso. Para tal objetivo, é fundamental ter em conta que as sondagens são apenas uma parte das investigações geológico-geotécnicas.

A metodologia de investigação geológico-geotécnica considera, necessariamente, as informações de superfície e de subsuperfície.

a) Informações de superfície:

- interpretação de imagens, mapas geológicos, geomorfológicos e estruturais;
- cartografia geotécnica e geoambiental;
- descrição de afloramentos e do perfil de alteração ou de intemperismo;
- levantamentos planialtimétricos terrestres e subaquáticos de alta resolução (InSar, Lidar e outros).

b) Informações de subsuperfície:

- métodos diretos (e semidiretos): poços, galerias e trincheiras, investigações mecânicas (sondagens a varejão, a trado, a percussão, a rotopercussão, rotativas), imageamento de furos de sondagens (perfilagem ótica/acústica) e ensaios geotécnicos;
- métodos indiretos: geofísica.

Para o estudo geológico-geotécnico de um maciço natural (solo e maciço rochoso), é fundamental o conhecimento prévio das informações geológicas, geomorfológicas e estruturais, pois o estudo de subsuperfície deve ser apoiado em um modelo geológico-geotécnico de superfície (modelo geológico preliminar), estudado para a etapa de projeto em questão. Isso inclui avaliação de experiências passadas sobre o tipo de projeto e das condições naturais e antrópicas do local dos trabalhos.

Nesse contexto, as cartas geotécnicas e geoambientais são importantes fontes de consulta para trabalhos de investigações geológico-geotécnicas. Tais informações – fruto de coleta e sistematização de dados de trabalhos realizados na área de estudo – são consolidadas em mapas, perfis e descrições, que apresentam caracterizações geológica, geotécnica, ambiental e físico-mecânicas, tanto de camadas superficiais como em profundidade.

A investigação geofísica pode ser feita antes, durante ou após as investigações por sondagens, sendo de fundamental importância a integração dos resultados de ambos os procedimentos.

O conhecimento prévio do perfil de alteração (perfil de intemperismo) é de fundamental importância para a elaboração de uma consistente descrição de sondagens. Novamente, o modelo geológico preliminar auxiliará no entendimento do maciço terroso/rochoso que está sendo prospectado, dando suporte a eventuais ajustes no programa de investigação, permitindo estimar o comportamento do maciço frente aos métodos diretos e/ou indiretos de investigação. Em síntese, é preciso tentar prever quais serão os materiais de difícil amostragem, quais estruturas deverão ser reconhecidas nos testemunhos (famílias/tipos de descontinuidades, atitudes, contatos litológicos), qual o comportamento dos materiais perante a realização de ensaios em furos de sondagens, qual a interferência das características dos materiais na obtenção e na precisão dos ensaios geofísicos. A Figura 1 ilustra um exemplo de perfil de alteração e a expectativa dos parâmetros geotécnicos esperados.

Para maiores detalhes, recomenda-se a consulta ao livro “Geologia de Engenharia e Ambiental”, publicado em 2018 pela ABGE (OLIVEIRA & MONTICELLI, 2018). Nele, o leitor encontrará conceitos, métodos, técnicas e aplicações da Geologia de Engenharia para auxiliar no equacionamento das questões decorrentes da interação entre as obras de engenharia e o meio físico.

2 DEFINIÇÕES: DESCRIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGENS, PADRONIZAÇÃO, PADRÃO ÚNICO DE DIGITALIZAÇÃO E DE COMPARTILHAMENTO DE DADOS

As denominações "Descrição de Sondagens" e "Classificação de Sondagens" são comumente utilizadas no meio técnico, o que também acabou acontecendo em publicações da ABGE. Os conceitos de "Padronização", "Padrão único" e "Compartilhamento de dados" são bastante utilizados na digitalização de informações geológico-geotécnicas visando a modelagem em 2D e 3D.

Por **"Descrição"** deve ser entendido a análise técnica e **apresentação numérica** dos parâmetros geológico-geotécnicas dos testemunhos e dos resultados de ensaios realizados no furo. Portanto, os parâmetros e resultados dos ensaios são representados no perfil de sondagem pelos valores numéricos obtidos.

Por "**Classificação**" deve ser entendido a mesma análise técnica citada anteriormente, mas de maneira que a apresentação dos parâmetros geológico-geotécnicos e dos resultados numéricos de ensaios sejam **agrupados** segundo critérios previamente estabelecidos. Os critérios de agrupamento se baseiam em tabelas de graus, ou níveis, que variam da melhor a pior situação geológico-geotécnica.

Tem sido usual apresentar os perfis de sondagens (*logs*) mesclando a Descrição (apresentação numérica) com a Classificação (resultados agrupados). E é comum o parâmetro "condições das descontinuidades" ser representado por siglas e apenas as descontinuidades relevantes serem individualizadas e descritas detalhadamente (trechos de caixas de falhas, fraturas com paredes alteradas, preenchimento de materiais argilosos, persistência que revela continuidade em vários furos etc.) As identificações de tipos de solos (gênese), sua granulometria e outros complementos (cor, presença de matéria orgânica etc.) podem ser denominadas de classificação ou descrição. O mesmo acontece a respeito da identificação do tipo de rocha (litologia), que pode ser denominada descrição ou classificação.

A "Classificação" permite facilitar a "**Padronização de dados de investigação**", e isso acontece quando as classificações das amostras são estabelecidas previamente e para viger durante todas as etapas da vida útil da obra. A "Padronização" contempla não só os parâmetros geológico-geotécnicos (alteração, coerência, fraturamento, permeabilidade etc.) e resultados de ensaios, mas também a descrição geológica dos solos (gênese, granulometria etc.) e das rochas (litologia e seus complementos) e demais investigações de superfície e subsuperfície.

O "**Padrão único de digitação e compartilhamento de dados** é a definição e especificação dos trabalhos de investigações geológico-geotécnicas segundo ferramentas computacionais que permitam linguagem digital comum e intercambiável entre as diferentes empresas e profissionais envolvidos no projeto e na obra.

Os critérios classificatórios e de padronização da obtenção e apresentação de investigações (superfície e subsuperfície), e dos parâmetros geológico-geotécnicos de sondagens, devem ser fixados em Termos de Referência/Especificações e fazer parte do Contrato com a empresa executora; e validado em todas as campanhas de investigações e em todas as etapas da vida útil da obra. As publicações da ABGE têm destacado a importância do uso das tecnologias de informação nas investigações geológico-geotécnicas segundo "Padrão único de digitalização e de compartilhamento de dados", aos moldes do Padrão AGS (Marrano et al., 2018; Norma ABGE 100/2023; DN ABGE 300/2024; www.padraoags.com.br).

3 FINALIDADE

As investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura (**investigações de superfície e de subsuperfície**) e a apresentação dos resultados necessitam de procedimentos técnicos que possibilitem integração e compatibilização entre as metodologias consagradas no meio técnico com as modernas técnicas digitais e programas computacionais, ferramentas que permitem a geração de modelos geológico-geotécnicos adequados às necessidades do projeto e da obra de engenharia.

A presente Norma ABGE 109/2023 trata da **apresentação de resultados de sondagens mecânicas** e tem por finalidade descrever as metodologias de trabalho já consagradas no meio técnico, desenvolvidas desde os anos de 1960, dentro da perspectiva de que é necessária uma transição completa dos procedimentos para o meio digital, transição essa que facilita a modelagem das informações em 2D e 3D e se integra aos avanços do BIM Geotécnico em nosso país (DN ABGE 300/2024).

A aplicação dos conceitos e metodologias dessa presente publicação atende tanto a projetos e obras simples, como os de maiores complexidades. O Empreendedor ou seu preposto (Projetista, Consultoria), por mais simples que seja o projeto e a obra, deve Especificar e fixar em Contrato a necessidade de, no mínimo, inspeção de campo e apresentação dos resultados através de um relatório sucinto, contendo não só os perfis (*logs*), mas também o modelo geológico-geotécnico do local, com base em pesquisa bibliográfica, avaliação de experiências passadas, inspeção de campo e apresentação dos resultados em modelagem 2D e 3D. A falha nesse procedimento pode comprometer a segurança e mesmo a performance técnica e financeira da obra, mesmo aquelas mais simples. (Norma ABGE 100/2023; DM ABGE 300/2024).

4 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICA DE SONDAGENS PARA FINS GEOTÉCNICOS

A descrição geológica, também denominada identificação genética ou litológica, é constituída pelo nome de origem (gênese) do solo e pelo tipo litológico, quando rocha. No caso de rocha, usam-se adjetivos que complementam a sua descrição, como por exemplo, a cor e a textura (granulometria) dos minerais constituintes. A presença de estruturas importantes (contatos e falhas, por exemplo) devem ser individualizadas. Também devem fazer parte da descrição geológica informações que ajudem a caracterizar unidades ou compartimentos contínuos e relativamente uniformes, bem como aquelas que permitem uma primeira avaliação da resistência mecânica, como: maciço, vesicular, amigdaloidal, xistoso, bandado, micáceo etc. É redundante e desnecessário descrever

em perfis (*logs*) os minerais constituintes, pois o nome da rocha já os identificam. Entretanto, os indícios de presença de minerais expansivos (argilo minerais do grupo esmectitas, por exemplo) devem ser destacados, pois podem provocar a desagregação da rocha quando exposta às intempéries.

A descrição geológica nos perfis precisa ser breve, clara e relevante, para que seja entendida por geólogos, engenheiros e demais profissionais envolvidos no trabalho. Estes atributos são importantes porque a identificação genética dos solos e litológica das rochas indica valores esperados de sua resistência à compressão uniaxial e deformabilidade, além de outras propriedades geotécnicas, tais como escarificabilidade, desagregabilidade potencial, permeabilidade etc. (Figura 2).

É fundamental que a descrição geológica seja padronizada para cada local ou mesmo para cada etapa da obra. À medida que novas informações forem obtidas, a padronização terminológica poderá ser mantida ou revista. A descrição geológica poderá necessitar da contribuição de especialista em petrologia (apreciações petrográficas ao microscópio, por exemplo) para segurança na denominação litológica e avaliação da presença de argilominerais expansivos e daqueles potencialmente reativos com álcalis de cimento, bem como entendimento da alterabilidade e do imbricamento dos minerais constituintes. Deve-se, entretanto, utilizar denominações litológicas simplificadas, condizentes com as necessidades da obra e facilidade da apresentação no perfil (*log)*.

A descrição geológica das amostras de sondagens precisa ser estabelecida com base em um modelo de perfil de alteração ou de intemperismo, a exemplo dos modelos sugeridos nas Figuras 3 e 4 (vide também PASTORE e FONTES, 1998). No caso dos solos (vide também o item 7), estes são descritos geneticamente segundo dois principais conjuntos:

- solos transportados: aluvião, terraço fluvial, coluvião, tálus, sedimento marinho, solo eólico;
- solos formados *in situ*: eluvião e solo de alteração (ou residual)*.

* O conjunto do solo eluvial e do solo de alteração tem sido denominado de solo residual (Figura 3). No caso de solos oriundos de rochas sedimentares é mais adequado usar apenas o termo “solo residual” (Figura 4).

Além da descrição genética, deve-se acrescentar a granulometria, cor e outros complementos, como presença da matéria orgânica, de concreções limoníticas etc. (Figura 5).

A Figura 6 apresenta as denominações das principais rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.

A denominação adequada dos materiais, principalmente na transição solo–rocha, deve considerar as informações de afloramentos e de poços e trincheiras de investigações e, quando possível, de ensaios de lavagem por tempo e da geofísica. Quando for realizado ensaio de penetração padronizado (SPT), o valor do índice de resistência à penetração poderá ser utilizado como parâmetro indicativo de separação entre solo e rocha (DOBEREINER *et al.*, 2011). Somente a integração de todas as informações disponíveis levará a uma boa interpretação e denominação dos materiais, de modo a permitir, posteriormente, a compartimentação do maciço natural em unidades geológico-geotécnicas.

4.1 Situações especiais

4.1.1 Aterros, aterros sanitários, lixões e áreas contaminadas

A descrição dos materiais constituintes de aterros (e entulhos), aterros sanitários e lixões deve ser feita procurando-se distinguir e caracterizar os tipos de materiais atravessados e as descontinuidades e contatos entre materiais diferentes que recobrem o maciço natural, se solo ou de rocha.

É necessário que essa descrição – geológica, geotécnica e geoambiental – em áreas contaminadas seja feita considerando o tipo e a intensidade de contaminantes, a natureza da fonte de contaminação, a localização e o formato, e o comportamento da pluma de contaminação. É importante entender as propriedades físicas e químicas dos contaminantes para poder predizer os caminhos que permitem a migração do contaminante no solo e nas rochas. Sempre que possível, deve-se destacar na descrição geológica a vulnerabilidade dos diversos estratos de solo e rocha à percolação e à retenção de contaminantes.

A investigação de locais contaminados e com resíduos perigosos possui particularidades próprias, diferentes da investigação de geologia de engenharia de projeto e construção de obras civis e de mineração. A começar pelos métodos de sondagens, pois estes podem impactar os resultados da amostragem dos

contaminantes e aumentar os caminhos de percolação. A descrição tátil-visual de solos e rochas difere da descrição das amostras de sondagens convencionais, pois a especificação da amostragem pode proibir o manuseio ou perturbação da amostra. A exposição dos equipamentos e de pessoal à contaminação requer plano de prevenção e descontaminação de equipamentos e pessoal envolvido nos trabalhos (BERTOLO et al., 2018) e ABNT NBR 15492, 2007).

4.1.2 Pedreiras

A descrição geológica de amostras de sondagens para pesquisa de agregados rochosos para concreto ou para uso em enrocamento deve visar identificar, entre outras, as seguintes características:

- Natureza, espessura e escavabilidade (1ª. 2ª ou 3ª categoria) do material de recobrimento a ser escavado até a cota inicial do maciço rochoso explotável;
- Descrição da alteração/coerência e do fraturamento, que permitem estimar previamente a qualidade da rocha e o tamanho dos blocos;
- Presença de minerais deletérios, como argilominerais expansivos, responsáveis pela desagregação da rocha quando exposta às intempéries e indicativos da má qualidade como material de construção ou de necessidade de pesquisas mais aprofundadas que permitam o uso sob determinadas condições.

No caso de agregados para concreto, a descrição precisa, ainda, identificar a presença de minerais potencialmente reativos com cimentos alcalinos (cimento tipo Portland), como sílica amorfa, pois as reações álcali-agregados podem resultar na expansão e fraturamento do concreto.

A descrição geológica deve buscar identificar, tanto quanto possível, unidades estratigráficas que permitam otimizar a coleta de amostras para a elaboração de lâminas petrográficas e para ensaios de caracterização em laboratório (FRAZÃO, 2012; FRASCÁ & PARAGUAÇU, 2018).

4.1.3 Áreas de empréstimo de solo

A descrição geológica de amostras de sondagens e de poços e trincheiras de inspeção em áreas de empréstimo de solo é feita inicialmente

tátil-visualmente e deve visar à separação de horizontes (unidades) de características geológicas e geotécnicas semelhantes (gênese e granulometria, principalmente) de maneira a otimizar o número de sondagens, a coleta de amostras e os ensaios de caracterização em laboratório, de fundamental importância na elaboração de modelo tridimensional do maciço terroso, quantificação dos volumes (cubagem) e o adequado planejamento da lavra.

4.1.4 Pesquisa mineral de areia e cascalho

Esta Norma não tem por objetivo abordar sondagens para pesquisa mineral. Embora as pesquisas minerais sejam normalmente realizadas por sondagens rotativas ou mistas (NORMA ABGE 104/2023), a pesquisa mineral possui critérios específicos para a execução de sondagens, coleta de amostras e descrição dos testemunhos (ABRÃO & OLIVEIRA, 2018).

Um tipo particular de pesquisa mineral é a que tem por finalidade a identificação de jazidas de materiais de construção, como solo, agregado rochoso, areia e cascalho. A descrição de sondagens em áreas de empréstimo de solo e para identificação de agregados rochosos (pedreiras) foi comentada em itens anteriores. O Capítulo/Item 6 desta publicação aborda, de maneira sucinta, a descrição de sondagens em aluviões constituídos por areia e cascalho, materiais de grande importância na construção civil.

5 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DE SONDAGENS

A presente Norma, salvo quando expressamente comentado ao contrário, refere-se à sondagens convencionais, de finalidades geológico-geotécnicas.

A descrição e classificação geotécnica contempla os seguintes itens:

- índice de resistência à penetração;
- ensaio de lavagem por tempo;
- recuperação por manobra;
- grau de alteração;
- grau de coerência;
- grau de fraturamento;

- índice de qualidade da rocha/*rock quality designation*;
- condutividade hidráulica (permeabilidade);
- condições das descontinuidades;
- disqueamento

Os critérios para obtenção e apresentação dos parâmetros e dos ensaios que compõem a descrição e classificação geotécnica são apresentadas a seguir.

5.1 Índice de resistência à penetração

Corresponde ao número de golpes necessários para cravar os 30 cm finais do amostrador no ensaio *Standard Penetration Test* (SPT), padronizado por Terzaghi e Peck.

O ensaio SPT (manual e mecanizado) é executado a cada metro de avanço da sondagem e consiste, basicamente, na cravação de, no mínimo 45 cm, do barrilete amostrador. Para a cravação é utilizado o impacto de uma massa metálica de 65 kg, denominada martelo, caindo em queda livre de 75cm de altura. Durante a penetração do barrilete, é anotado o número de golpes aplicados a cada 15 cm de penetração, até alcançar a penetração total de 45 cm, caso ocorra. No caso de ocorrência de material resistente, o ensaio pode ser interrompido antes de completar os 45 cm, anotando-se o número de golpes e a penetração em centímetros. Também pode ocorrer paralisação da sondagem antes do impenetrável, em função da Especificação de Contrato. A Norma ABGE 103/2023 – Sondagem à percussão e a Norma ABNT 6484/2020 trazem informações mais detalhadas sobre o tema.

O número de golpes (sigla N), comumente denominado SPT, é correlacionável à resistência à escavação, à cravação de estacas e à capacidade de suporte de solos. Pode ser utilizado, também, como um critério geotécnico para a separação entre solo e rocha sendo feita, para isso, padronização conforme o perfil de alteração em cada obra (DOBEREINER *et al.*, 2011; MONTICELI, 1986).

As Figuras 7 e 8 ilustram duas tabelas de correlação N (SPT) x Pressão admissível. A Figura 9 mostra a correlação entre características de campo de solos e rochas e resistência à compressão uniaxial.

Com a tendência de padronização e digitalização das informações de sondagens (ABGE DM 300/2024 - BIM Geotécnico), o cálculo (ANEXO II) e **a** representação do SPT (penetração/últimos 30 cm) torna-se cada vez mais importante. Ver a tabela a seguir.

Determinação prática do índice de resistência à penetração e sua representação no perfil (*log*)

A Norma ABGE 103/2023 Sondagem à percussão e a Norma ABNT NBR 6484/2020 – "Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método e ensaio" descrevem, com detalhes, os equipamentos e procedimentos do ensaio. A Norma ABGE 103/2023 e a Norma ABNT NBR 6484/2020 possuem o mesmo critério de impenetrável. É importante que os critérios de profundidade máxima, de paralisação do avanço do furo devido impenetrável ou em outras situações de avanço da perfuração, como no caso de passagem ao método rotativo, constem nas Especificações dos serviços (NORMAS ABGE 103/2023 e 104/2023).

Como frequentemente não ocorre a penetração exata de cada segmento de 15 cm, a representação do índice de resistência à penetração (SPT) no perfil individual de sondagem (log) necessita de definição prévia na Especificação e no Contrato, segundo os seguintes critérios: Critério 1 - ABGE: apresentação, em profundidade, em uma coluna do perfil, do número de golpes/penetração em cm, para cada segmento de 15 cm de ensaio, anotando a penetração real obtida, com aproximação centimétrica; e, ao lado, representação gráfica do número de golpes dos primeiros 30 cm em linha tracejada e do número de golpes/últimos 30 cm (SPT), anotando-se a penetração real obtida, também com aproximação centimétrica. (Figura 8 do ANEXO IV). Critério 2 - ABNT: esse critério é regido pela Norma ABNT 6484/2020 que exige a apresentação do número de golpes/penetração em cada segmento de 15 cm de penetração, em cada profundidade de ensaio, anotando-se golpes/ penetração real em cm.

Com a tendência de padronização e digitalização das informações de sondagens (ABGE DN 300/2024 - BIM Geotécnico), o cálculo (ANEXO II) e a representação do SPT (penetração/últimos 30 cm) torna-se cada vez mais importante, por facilitar separar unidades do solo de mesmas características geológico-geotécnicas, unidades essas com correspondentes agrupamentos de valores do SPT. Por exemplo: Solo de alteração de gnaisse/ Areia siltosa/ SPT 0 a 8; Solo de alteração de gnaisse/Areia siltosa/SPT 9 a 18, e assim por diante.

5.2 Ensaio de lavagem por tempo

Atingido o impenetrável ao ensaio SPT e havendo interesse e especificação para tanto, a sondagem deve prosseguir pelo método de lavagem com

trépano e anotação dos avanços obtidos a intervalos de 10 minutos, durante 30 minutos, procedimento denominado “ensaio de lavagem por tempo”. Para a lavagem com trépano, deve-se erguer o sistema de circulação de água (o que equivale a elevar o trépano) da altura de aproximadamente 0,3 m e, durante a sua queda, deve ser manualmente imprimido um movimento de rotação no hasteamento. O ensaio de lavagem por tempo deve ser interrompido quando forem obtidos avanços inferiores a 5 cm a cada período de 10 minutos, em três períodos consecutivos. Neste caso, o material é considerado impenetrável à lavagem com trépano.

O método de lavagem por tempo somente permite obtenção de amostras trituradas.

O avanço de sondagem pelo processo de lavagem, com ou sem execução do ensaio de lavagem por tempo, não deve ser utilizado quando a sondagem for prosseguir pelo método rotativo. As Normas ABGE 103/2023 e 104/2023 contém mais detalhes sobre os diferentes processos de avanços de sondagem, quando se requer a sua continuidade após ter sido alcançado o impenetrável a percussão. Deve constar nas especificações os procedimentos para a continuidade da sondagem, com uso de lavagem com trépano (e até quando) ou avanço com sondagem rotativa ou mesmo rotopercussiva. A norma ABNT NBR 6484/2020 também disciplina o avanço da sondagem após impenetrável ao SPT, quando não está sendo requerida a continuidade do furo por sondagem rotativa (ou rotopercussiva), o que é comum em contrato que especifica apenas a realização de sondagens à percussão e, portanto, não há equipamento e sonda rotativa disponíveis.

As anotações referentes ao ensaio de lavagem por tempo são feitas no perfil, na profundidade ensaiada, ou em tabela própria, em que constem a profundidade do início de cada trecho e o avanço em centímetro observado em cada período de 10 minutos. A precisão deve ser centimétrica. No caso da sondagem prosseguir após o impenetrável ao SPT por meio de avanço com sonda rotativa em vez da lavagem com trépano, pode-se anotar e representar em perfil (log) a pressão exercida pela sonda e a velocidade de perfuração, ou seja, o avanço a cada 5, 10 ou 15 cm e o tempo respectivo, em minutos (ARMELIN, 2012).

Tempo	Profundidade (m)		Avanço (cm)
	de	para	
10 min	15,70	15,78	8
10 min	15,78	15,83	5
10 min	15,83	15,85	2
Avanço total	15,70	15,85	15

Exemplo de representação de ensaio de lavagem por tempo.

A Tabela abaixo define uma classificação e padronização dos graus de avanços por tempo, para uso em digitalização das informações.

Grau	Avanço por tempo (cm de penetração/10 minutos)
L1	< 2
L2	3 a 10
L3	> 10

5.3 Recuperação por manobra

Corresponde, em porcentagem, à relação entre a somatória dos comprimentos dos testemunhos (peças recuperadas) e o comprimento da manobra de avanço da perfuração.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} i}{L} \cdot 100\%$$

Sendo **R** = recuperação; **i** = comprimento de cada peça; **n** = número de peças; e **L** = comprimento da manobra.

O valor de **R** indica a quantidade de material obtido (recuperado) pela sondagem rotativa. A classificação geológica e a classificação geotécnica de trechos de recuperação inferior a 100% devem ser feitas com cuidado, procurando identificar as profundidades e os motivos que causaram esta perda:

condições geológico-geotécnicas ou relacionadas aos equipamentos e procedimentos de execução.

A recuperação, quando utilizados os mesmos procedimentos executivos para várias sondagens, corresponde a um parâmetro que facilmente caracteriza as condições geomecânicas das regiões do maciço. Entretanto, perante as dificuldades normais em se fixar as condições executivas das sondagens (equipamentos, sondador responsável etc.), recomenda-se cautela em adotar a premissa de que recuperação baixa corresponde sempre a trechos de rocha alterada ou friável, de baixa resistência mecânica.

Algumas litologias, como conglomerados e outras, podem ser de difícil amostragem em sondagens convencionais. O uso de equipamentos e de técnicas de sondagens necessita ser compatível com a litologia e maciço rochoso, caso contrário, a qualidade das investigações será inadequada, prejudicando o projeto, principalmente em obras de maior complexidade, como barragens e escavações subterrâneas. Por outro lado, por meio de equipamentos e técnicas adequadas, um trecho de rocha não recuperada indica porção de maciço rochoso de menor resistência, que requer maiores cuidados na investigação (NAKAMURA, 2012; VIRGILI *et al*., 1993).

É de fundamental importância a anotação e a descrição de zonas de maior fragilidade identificadas nas sondagens. A utilização de técnicas de imageamento de paredes dos furos de sondagem traz valiosa contribuição na identificação e na caracterização de trechos de baixa recuperação (OLIVEIRA *et al*., 2012; VAZ *et al*., 2011; BAILLOT *et al*., 2004).

A determinação de parâmetros geotécnicos, principalmente do grau de fraturamento e do índice de qualidade da rocha (IQR) ou *rock quality designation* (RQD), não deve ser feita para recuperação inferior a 75%; quando feita, deve ser plenamente justificada, em face ao desconhecimento das características do trecho do maciço não recuperado e à possibilidade de que os parâmetros determinados para o material recuperado conduzirem a uma interpretação errônea das características do maciço. Deve-se localizar, na medida do possível, o trecho (profundidades) de amostras não recuperadas. Deve-se, também, ter cuidado na coleta de amostras para ensaios de laboratório em trechos de baixa recuperação, devido a sua possível não representatividade.

Em decorrência do exposto, e da necessidade cada vez maior da digitalização e padronização visando a modelagem geológico-geotécnica, a classificação dos testemunhos, com base na recuperação por manobra deve ser estabelecida conforme as faixas apresentadas na tabela abaixo.

Grau	Recuperação %
R1	> 95
R2	95 a 75
R3	< 75

Determinação Prática da Recuperação e sua representação

Ao término da sondagem, após trechos de perfuração de 10 a 20 m ou conforme a oportunidade do serviço, deverá ser feita uma checagem da profundidade do furo, por meio das próprias hastes de perfuração. Esta checagem é denominada "zeragem do furo", pelos sondadores e responsáveis pela Fiscalização. Marcando-se esta profundidade na caixa de amostras, passa-se a corrigir as profundidades das manobras na própria caixa e nas anotações do boletim de campo, onde inicialmente foram realizadas as anotações das manobras e dos comprimentos das peças. Esta correção é feita assinalando-se as faltas ou sobras de amostras, em centímetros, para cada manobra. Feita esta correção tem-se, para cada manobra, o valor correto da somatória dos comprimentos das peças.

O procedimento apresentado é necessário diante do problema da permanência de partes do testemunho no interior do furo, após a retirada da manobra. A peça de testemunho que ficar no interior do furo é retirada na manobra seguinte e assim por diante.

Outro procedimento usual é a reconstituição das manobras em uma calha, antes de seu acondicionamento nas caixas, para identificar descuidos do sondador, como peças invertidas ou mascaramento de trechos de baixa recuperação com inclusão de peças e materiais estranhos. Recomenda-se que as amostras, depois de colocadas nas caixas, não sejam mais removidas, ou, quando necessário, que isto seja feito com máximo de cuidado.

Todas as amostras devem ser fotografadas, de preferência imediatamente após a sua colocação nas caixas e no momento de obtenção do valor da recuperação por manobra.

A recuperação, assim como os demais parâmetros, deve ser feita considerando o boletim de campo do sondador e as anotações da Fiscalização. O boletim e as anotações da Fiscalização podem conter informações relevantes, como "trecho que a rocha ficou mole", "sonda penetra mais facilmente", "queda da manobra no trecho de...", "perda da água de perfuração na profundidade de...", "mesmo com uso de lama e sondador operando com cuidado a recuperação foi baixa no trecho de ...." etc.

A representação usual da recuperação é na forma de gráfico, devendo ter indicação numérica para os valores inferiores à 75% e, quando necessário, também para valores superiores (Figura 8 do ANEXO IV). A indicação numérica, por trecho, facilita o agrupamento de valores de recuperação (classificação de testemunhos da sondagem), cada vez mais útil na digitalização e modelagem geológico-geotécnica.

5.4 Grau de alteração

O grau de alteração é um indicador do estágio das modificações físicas e químicas dos minerais da rocha, decorrente da ação dos processos de intemperismo. O estágio de alteração é muito importante para a Geologia de Engenharia pois, com raras exceções, quanto maior a alteração mineralógica, maior será a redução na resistência mecânica da rocha, maior será a deformabilidade, a porosidade e a absorção de água, dentre outras modificações. As exceções são encontradas sobretudo em rochas sedimentares, quando processos secundários promovem o endurecimento da rocha, aumentando a sua resistência mecânica.

Há dois tipos de critérios para a aferição do grau de alteração, um a partir de perfis de intemperismo e outro a partir de tabelas, que indiretamente relacionam-se ao perfil de intemperismo. Exemplos de critérios associados a perfis de intemperismo estão mostrados nas Figuras 1, 3 e 4. As Figuras 1 e 3 apresentam classes (graus) de alteração associadas ao comportamento geomecânico (métodos de perfuração e escavação) e a parâmetros da rocha (resistência à compressão uniaxial; ângulo de talude de corte etc.). A associação dos graus de alteração com os métodos de perfuração e escavação elimina a maior parte da interpretação subjetiva e permite sua aplicação para rochas mais e menos resistentes.

O segundo critério para avaliar o grau de alteração é a utilização de tabelas nas quais são definidos os graus de alteração e os respectivos critérios para a sua identificação. Geralmente são elaboradas tabelas específicas para cada obra, em função das rochas existentes, e que indiretamente, referem-se ao perfil de intemperismo. Exemplos de tabelas de diversos autores, contendo de três a cinco graus, são mostrados na Figura 10

Durante a descrição da sondagem é importante avaliar a correlação entre o grau de alteração e o grau de coerência da rocha. Como a coerência é mais aplicável a rochas brandas, esta avaliação facilita a identificação e distinção dos horizontes do perfil de intemperismo.

Como a alteração afeta a resistência mecânica da rocha, nas amostragens para a execução de ensaios de laboratório deverá ser cuidadosamente definido o grau de alteração das amostras selecionadas. Esta medida permitirá que parâmetros como a resistência à compressão uniaxial sejam atribuídos às zonas do maciço rochoso com o mesmo grau de alteração da amostra ensaiada, facilitando a caracterização, a classificação geológico-geotécnica ou a identificação de unidades/compartimentos do maciço.*

* Por **Caracterização** deve ser entendido o ato de levantar detalhadamente as características geológicas, geotécnicas e mecânicas de um maciço rochoso. A transcrição dos resultados da caracterização em perfis, seções e blocos tridimensionais pode conduzir a um trabalho não inteligível, diante do número excessivo de informações a serem representadas. **Classificação geológico-geotécnica** de um maciço é o ato de eleger características representativas do maciço, denominadas parâmetros de classificação e, a partir destes, estabelecer unidades, zonas ou compartimentos que correspondam a classes de maciço, graduando do mais favorável ao menos favorável. Os parâmetros de classificação devem ser escolhidos de maneira a inferir o maior número possível das características não eleitas. **Classificação geomecânica (ou modelo geomecânico)** corresponde ao ato de estabelecer parâmetros ou índices mecânicos quantitativos às unidades ou às classes de maciço, para utilização direta nos projeto (métodos de escavação e estabilidade, principalmente). O conceito de **Compartimentação (zoneamento interpretativo**, segundo Camargo et al, 1978, de um maciço deve ser entendido como o ato de estabelecer bi ou tridimensionalmente unidades que sintetizem, de maneira clara e relevante, os condicionantes geológico-geotécnicos importantes para a finalidade e etapa de projeto em estudo. Quando as unidades da compartimentação corresponderem às classes de maciço, trata-se da própria classificação geológico-geotécnica do maciço (MONTICELI, 1986). **Modelagem geológica-geotécnica, Modelo**

A descrição de duas classes genéticas para solos formados in situ e de três classes de alteração de rocha, como apresentado na Figura 3, é de fácil entendimento e tem sido praticada com êxito no meio profissional (VAZ & GURGUEIRA, 2018).

O uso da classificação mostrada na Figura 3 (S1, S2, R3, R2, R1) como critério do grau de alteração, ou outra tabela devidamente compatível com as condições geológico-geotécnicas locais e as necessidades do projeto, permite padronização da digitalização das informações das investigações visando a modelagem geológico-geotécnica (DN ABGE 300/2024).

O critério classificatório do grau de alteração, assim como dos demais parâmetros geológico-geotécnicos, deve ser fixado nos Termos de Referências/Especificações/Contrato com a empresa executora e validado em todas as campanhas de investigações e em todas as etapas da vida útil da obra.

Identificação prática do Grau de Alteração

O grau de alteração deve ser identificado após ter sido feita a recuperação, concomitantemente com a descrição/classificação geológica, procedendo-se o ajuste e a correlação entre estes parâmetros. Isso evita erros grosseiros, como o de se anotar rocha sã para trechos com baixa recuperação onde o maciço está muito a extremamente alterado, e apenas amostras recuperadas é que estão sãs (ou praticamente sãs).

A separação do trecho para a determinação do grau de alteração é subjetiva. A prática tem mostrado que pode ser interessante a separação de trechos centimétricos nos casos de persistência lateral, como em juntas de alívio de tensão de rochas graníticas e gnáissicas e juntas sub-horizontais em basaltos. Também é recomendável em casos de matacões com decomposição esferoidal e em trechos alterados na transição entre solo residual e rocha.

geológico-geotécnico ou simplesmente **Modelo geológico** são termos equivalentes entre si e correlatos às classificações de maciço, modelos geomecânicos e aos zoneamentos interpretativos acima citados. Essas denominações têm como significado comum a interpretação das informações e separação de unidades do maciço em 2D ou 3D, de interesse ao projeto. Com os atuais recursos em informática (ver item 2), tornou-se possível a modelagem das informações de investigações de forma interpretada (triagem e representação das unidades relevantes ao projeto), mas também de **todas** as informações de uma investigação ou campanha de sondagens, com escolha do que agrupar e do que apresentar em parâmetros individualizados.

Usualmente, são considerados de três a cinco graus de alteração. A separação desses graus é feita a partir da definição tátil-visual dos graus extremos: rocha sã, que corresponde à ausência de alteração e máximo grau de resistência do tipo litológico; e rocha extremamente alterada ou solo de alteração, que corresponde ao máximo estágio de alteração da rocha e menor resistência mecânica. A justificativa para três graus de alteração de rocha (Figura 3) é que eles são suficientes para correlacionar esse parâmetro com a resistência mecânica e deformabilidade do maciço rochoso. A utilização de quatro (ou cinco graus) inclui a rocha extremamente alterada ou solo residual (solo eluvial e solo de alteração). A utilização de quatro (ou mesmo cinco graus) torna-se mais adequada quando permite estabelecer unidades ou níveis estratigráficos e correlações com outros parâmetros de descrição. Os graus de alteração são padronizados para cada local e para cada tipo ou conjunto litológico, genética e mineralogicamente semelhantes.

O grau de alteração é anotado em coluna própria no perfil de sondagem, por meio do uso das mesmas siglas utilizadas na respectiva tabela classificatória de referência. Pode-se, também, colocar a profundidade correspondente, para rápida e segura visualização do trecho (Figura 8 do ANEXO IV).

5.5 Grau de coerência

Este parâmetro avalia a resistência da rocha a esforços provocados por pressão dos dedos (friabilidade), resistência ao risco (dureza) e resistência ao impacto de martelo de geólogo (tenacidade).

A coerência tem sido utilizada para todos os tipos litológicos, porém é mais importante para as rochas sedimentares, justamente aquelas em que o parâmetro de alteração pode não ser aplicável, ou conduzir a interpretações geotécnicas duvidosas. Desta maneira, o grau de coerência e o grau de alteração são parâmetros que se completam. Tognon *et al.*, 1981 e Camargo *et al.*, 1972 descrevem as classes do grau de alteração por meio de uma combinação de alteração e coerência (Figuras 10a e 10d). Outras tabelas para o grau de coerência são apresentadas na Figura 11.

Como comentado para o grau de alteração, sugere-se a escolha de uma dessas tabelas ou a montagem de outra específica para a obra em estudo, que possa representar, adequadamente, as condições geológicas e geotécnicas encontradas. A tabelas da Figuras 11c e 11e , a primeira com cinco graus, e a segunda com quatro graus, são modelos que permitem padronização adequada para a digitalização das informações das investigações visando a modelagem

geológico-geotécnica. (DN ABGE 300/2024). Essas duas tabelas possuem correlação da coerência com a resistência à compressão axial simples, escarificabilidade e velocidade de ondas sísmicas longitudinais, correlação essa que pode ser considerada na própria modelagem geológico-geotécnica em 2D e 3D (Figura 12).

Outras correlações são apresentadas nas Figuras 2 e 9.

Identificação Prática do Grau de Coerência

O grau de coerência é identificado segundo as mesmas diretrizes mencionadas para a alteração, com a adoção de uma das tabelas citadas (ou criação de uma nova) que melhor represente as condições encontradas no local da obra. A apresentação nos perfis de sondagem tem sido feita em coluna própria, por meio do uso das mesmas siglas utilizadas na respectiva tabela de referência. Às vezes, devido à disponibilidade de espaço na descrição geológica, utiliza-se escrever no perfil e por extenso o grau de coerência junto aos adjetivos que complementam a classificação litológica. Da mesma maneira que o grau de alteração, o grau de coerência é estabelecido a partir dos valores extremos.

5.6 Grau de fraturamento

Este parâmetro expressa a quantidade de fraturas (descontinuidades) que interceptam a sondagem, considerando-se trechos de fraturamento homogêneo.

$$F = \frac{n}{L}$$

Sendo **F** = número de fraturas por metro; **n** = número de fraturas; e **L** = comprimento do trecho de fraturamento homogêneo, em metro.

O valor de F deve ser arredondado para um número inteiro, mais próximo. O trecho de fraturamento homogêneo (L), também denominado trecho de isofraturamento, deve ser identificado na caixa de amostras e independe do trecho da manobra.

O grau de fraturamento, assim como o espaçamento entre fraturas, que é o seu inverso, tem sido considerado na classificação geológico-geotécnica de maciços rochosos.

O termo fratura é empregado como sinônimo de junta, e abrange todas as feições de ruptura identificadas nos testemunhos e que estão presentes de maneira sistemática no maciço rochoso, segundo orientações preferenciais (famílias ou sistemas) originadas de esforços tectônicos. Caracterizam-se pela resistência zero à tração (MIOTO *et al*., 2018).

Tem sido comum computar contatos entre litologias diferentes no índice de fraturamento, quando se tratar de descontinuidade com resistência à tração zero ou muito baixa, critério básico para a identificação da fratura ou junta. Descontinuidade tem significada amplo: engloba não só as fraturas (juntas), mas também feições tais como acamamento, foliação, falha, e outras, em que a resistência mecânica é sensivelmente menor que a do maciço rochoso circundante (ISRM, 1978; OJIMA & SERRA JR., 2018). Como citado anteriormente, falhas e outras feições importantes devem ser individualizadas e descritas detalhadamente.

O grau de fraturamento é um parâmetro que tem restrições para ser utilizado para rochas ígneas e metamórficas com elevado grau de alteração e para rochas sedimentares em geral, diante das dificuldades na separação entre as fraturas naturais e as provocadas pela sondagem e pela retirada da amostra do barrilete e necessidade de acomodar os testemunhos nas caixas. A classificação do grau de fraturamento para as rochas sedimentares e rochas ígneas e metamórficas friáveis, quando elaborada, considera a contagem de todas as fraturas, naturais e mecânicas, já que é praticamente impossível separá-las, com uso das técnicas e procedimentos convencionais de sondagens. Para tais casos, sugere-se anotar que o grau de fraturamento representa as fraturas naturais e as provocadas, sendo importante esta consideração na interpretação do maciço. Uma justificativa para a contagem das fraturas "artificiais" é a possibilidade dessas quebras corresponderem a fissuras e fraturas soldadas, que poderão ser abertas por ocasião de desmonte por explosivo.

Quanto ao reconhecimento de fraturas naturais, é importante considerar os ensaios de perda d'água, pois os trechos permeáveis são devidos à

percolação através de fraturas existentes. Entretanto, no caso de trecho impermeável podem existir duas interpretações: as fraturas estão preenchidas por material impermeável ou as fraturas são "artificiais".

Devido à sondagem ser unidirecional, é importante conhecer *a priori* o padrão espacial de fraturamento do maciço rochoso. Em basaltos, devido ao fraturamento predominantemente horizontal, as sondagens verticais e o grau de fraturamento obtido são bastante significativos. (Alguns maciços basálticos apresentam importantes fraturas subverticais). Em outros maciços a situação pode ser mais complicada, devido à ausência da regularidade sub-horizontal dos basaltos. A execução de sondagens inclinadas, visando identificar fraturas e demais descontinuidades subverticais, é importante e deve ser considerada.

É necessário conhecer as atitudes dos principais grupos de fraturas regionais e locais antes de executar as interpretações do grau de fraturamento observado nas sondagens. A ausência de afloramentos condicionará o estudo das atitudes e frequência de fraturamento apenas por meio de sondagens. Neste caso, torna-se interessante utilizar sondagens convencionais com várias inclinações ou as modernas técnicas de imageamento das paredes (ABGE, 2020; OLIVEIRA *et al*., 2012; VAZ *et al*., 2011; BAILLOT *et al*., 2004).

A Figura 13 apresenta sugestões de tabelas de graus de fraturamento elaboradas por diversos autores. A Especificação e o Contrato com o Executante devem indicar qual tabela deve ser utilizada, uma dessas ou outra que represente adequadamente as condições geológico-geotécnicas do maciço rochoso. Todas as tabelas possuem classificações em cinco graus, variando muito pouco entre si. A tabela mostrada na Figura 13d, graus F1 a F5, (Bieniawski, modificada pelo IPT, 1997) é utilizada para distintas litologias e critério para a classificação e padronização do parâmetro grau de fraturamento, visando a modelagem geológico-geotécnica de informações do maciço rochoso.

A descrição do fraturamento deve ser feita junto com a de outros parâmetros. Para trechos do maciço com recuperação inferior a 75%, o grau de fraturamento é identificado e apresentado apenas em situações especiais, respaldadas pelas Especificações e Contrato, devidamente justificadas pelas diversas entidades envolvidas e cientes da fragilidade das informações obtidas.

A análise do fraturamento deve ser baseada, sobretudo, no conhecimento da gênese das fraturas do maciço rochoso objeto de estudo e suas relações

com a litologia, estruturas tectônicas, principalmente falhas e dobras, intemperismo e erosão. Assim, no caso de maciços basálticos, é rara a ocorrência de fraturas em brechas e em basaltos vesiculares e amigdaloidais, e frequente a presença de juntas de grande extensão sub-horizontal na zona do núcleo de derrames espessos, muitas delas com paredes alteradas e com presença de estrias de fricção, denominadas como "juntas-falhas" e mais recentemente como juntas sin, tardi e pós magmáticas. (CURTI & RICOMINI, 2011 *apud* CERRI & BRITO, 2018).

Em maciços graníticos e migmatíticos, é comum juntas contínuas e persistentes, que podem se repetir a várias profundidades, provocadas por alívio de tensão, presentes até dezenas de metros no interior do maciço rochoso. É importante que as investigações sejam orientadas para o reconhecimento da existência e das características dessas juntas (denominadas juntas de alívio de tensões).

Em rochas sedimentares e metamórficas de baixo grau de metamorfismo (filito, metassedimentos, xisto e outras), a determinação do fraturamento é problemática e sua interpretação está sujeita a controvérsias, devido à possibilidade de ocorrência de grande quantidade de fraturas "artificiais" abertas pelos planos de fraqueza, conforme já comentado.

Cálculo do Grau de Fraturamento

A determinação do fraturamento, quando possível, deve ser feita no local da sondagem, de maneira a evitar a possibilidade de desagregação das amostras e o aumento das quebras dos testemunhos. A contagem das fraturas pode ser feita em outro local (depósito ou barracão) sobre bancada apropriada, com os devidos cuidados de acondicionamento e transporte, desde que a rocha não seja sujeita a desagregação rápida.

Para a determinação do grau de fraturamento, faz-se a separação de trechos de fraturamento homogêneo (peças com comprimento semelhante). As tabelas apresentadas na Figura 13 auxiliam a escolha dos trechos. Assim, utilizando como exemplo a Figura 13d, maciços ocasionalmente fraturados (< 1 fratura/m) englobam trechos com mais de 1 metro sem fraturas; em maciços pouco fraturados (2 a 5 fraturas/m), podem ser considerados homogêneos os trechos de testemunhos com comprimento de 1 m a 20 cm.

Devem ser preparadas tabelas contendo a profundidade do início e término de cada trecho, comprimento do trecho considerado em metros, número de fraturas do trecho (ou número de peças) e número de fraturas por metro, calculado em regra de três simples. A anotação do espaçamento entre fraturas também é necessária, principalmente no caso de este ser critério para a futura classificação do maciço.

As fraturas não computadas são assinaladas na caixa de amostras, de maneira a permitir eventuais verificações posteriores. Normalmente, se utiliza pintar o testemunho com traços de tinta perpendiculares à fratura não computada, correspondente à quebra mecânica.

Os limites, em metros, dos trechos isofraturados não seguem regras fixas. Sugere-se que os trechos não sejam menores que 0,5 m, para se evitar detalhes em demasia.

Em basaltos, este limite tem sido menor, às vezes da ordem de centímetros, com intuito de realçar juntas sub-horizontais de grande extensão. Sempre que houver feições importantes, como falhas e juntas de alívio, essas descontinuidades precisam ser necessariamente individualizadas.

Deve ser anotado, na parte inferior do perfil, o critério de contagem das fraturas: foram computadas todas as fraturas, ou foram computadas apenas as fraturas naturais.

A representação do grau de fraturamento no perfil de sondagem tem sido feito de duas maneiras: graficamente, representando os valores do número de fraturas por metro de cada trecho, ou analiticamente, anotando apenas a sigla do grau de fraturamento (F1, F2,...).

Nos trechos de recuperação inferior a 75%, a representação do fraturamento, quando feita, deve ser objeto de anotação devidamente justificada, conforme comentado anteriormente.

Ocasionalmente, tem sido utilizado anotar no perfil de sondagem uma ilustração visual do padrão de fraturamento e até mesmo faixas ou graus de inclinação em relação ao furo vertical. Esta representação, feita em coluna adjacente à da apresentação do grau de fraturamento, procura ilustrar uma seção vertical pelo furo de sondagem, com traços que indicam frequência e atitude das fraturas.

Para as sondagens verticais, quando ocorre fratura subvertical, tem sido recomendado penalizar o trecho, descontando-se 10 cm da peça cortada pela fratura subvertical.

5.7 Índice de qualidade da rocha

O IQR- Índice de Qualidade da Rocha é a adaptação à prática brasileira do parâmetro *Rock Quality Designation* (RQD) definido por Deere (1964).

Corresponde à relação, em porcentagem, entre a somatória das peças de testemunhos iguais ou maiores a 10 cm e o comprimento do trecho de

fraturamento homogêneo considerado. A diferença entre os dois é decorrente do IQR considerar trecho de fraturamento homogêneo, o mesmo escolhido para o grau de fraturamento, enquanto no RQD, definido por Deere, esse cálculo é feito pelo comprimento da manobra.*

$$IQR = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Pi}{L} \cdot 100\%$$

Sendo **Pi** o comprimento das peças ≥ 10 cm e **L** o comprimento do trecho de fraturamento homogêneo.

O IQR (ou RQD) tem sido utilizado principalmente para a caracterização e a classificação de maciços rochosos frente às solicitações de obras subterrâneas, taludes e fundações. Os valores do RQD, também do IQR, possibilitam correlações empíricas com índices de resistência mecânica do maciço rochoso, como o módulo de deformabilidade.

A qualidade do maciço rochoso baseada nos valores de RDQ (ou IQR) está apresentada na Figura 14.

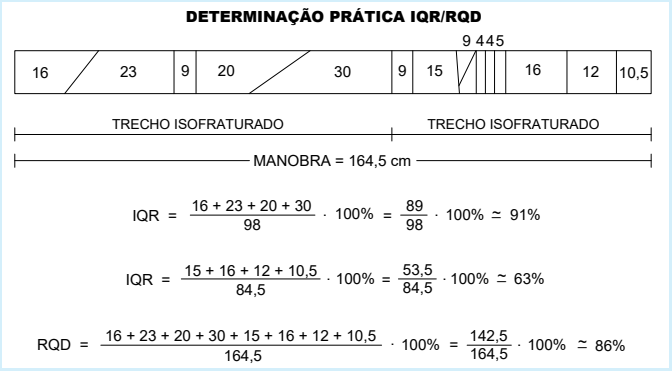
Sendo tanto o IQR como o RQD intimamente relacionado ao fraturamento do maciço rochoso, são válidas as mesmas discussões feitas anteriormente para o parâmetro grau de fraturamento: aplicação com restrições para as rochas friáveis; cômputo ou não das quebras mecânicas; a sondagem ser unidirecional, podendo não detectar fraturas subverticais etc. O RQD foi definido, originalmente, para diâmetros mínimos de sondagem de 76 mm (NW) e vedada a sua aplicação em maciços de avançados graus de alteração, ou seja, trata-se de parâmetro aplicável a rocha praticamente sã e alterada dura. O mesmo é válido para o IQR. Essas restrições podem ser cotejadas com a exigência de uma recuperação mínima de 75%. Abaixo deste valor, as determinações do grau de fraturamento e IQR/RQD são bastante contraditórias.

* A maioria dos trabalhos feitos no Brasil utiliza o IQR, mas há casos que é especificado utilizar o RQD.

A representação do IQR ou RQD em perfil de sondagem segue os mesmos procedimentos adotados para o grau de fraturamento. Sua representação se dá graficamente (Figura 8, Anexo IV) ou por meio da classificação em graus, segundo a tabela mostrada na Figura 14, o que se coaduna com a digitalização, padronização e modelagem geológico-geotécnica.

Algumas críticas foram levantadas por autores contra o RQD e por consequência, contra o IQR, principalmente a respeito da escolha dos trechos das peças ≥10 cm (LOKIN & LABAN, 1978 *apud* MONTICELI, 1986). Também por ser um parâmetro não observável diretamente no campo e nos testemunhos de sondagens (BRITO, 2021). Levando-se em consideração os critérios a seguir descritos, tais críticas se reduzem.*

Cálculo do IQR/RQD



Os trechos a serem escolhidos para a determinação do IQR devem ser os mesmos admitidos para o grau de fraturamento. Quando for RQD, o trecho escolhido deve ser a manobra. A Especificação dos trabalhos deve fixar a determinação e representação do IQR ou RQD, evitando-se duplicidade.

É necessário preparar tabelas contendo, para cada trecho, profundidade do início e do término, comprimento do trecho considerado, comprimento de cada peça ≥10 cm, somatória das peças ≥10 cm e valor em % do IQR ou RQD.

* Exemplo de dificuldade na determinação e uso do IQR/RQD: considerando a mesma recuperação, um trecho de peças de comprimento 9,9 cm tem o IQR/RQD igual a zero, enquanto em trecho com peças de 10,0 ou 10,1 cm teria o IQR/RQD igual a 100%.

As peças ou trechos não computados devem ser assinalados nas tabelas e nas caixas de amostras, de maneira a permitir verificações posteriores. Sugere-se, como no caso do grau de fraturamento, evitar trechos inferiores a 0,50 m e efetuar a determinação do IQR/RQD no próprio local do furo, imediatamente após a retirada na manobra, ou em barracão/depósito, assegurando o acondicionamento e o transporte adequados.

A contagem das peças ≥10 cm obriga a adoção de um dos dois critérios, também usados para o grau de fraturamento: computar todas as fraturas, ou apenas as fraturas naturais do maciço. Para as rochas sedimentares friáveis, o parâmetro contemplará a contagem de todas as fraturas, já que é praticamente impossível separar fraturas naturais, daquelas provocadas pela sondagem e retirada da amostra do barrilete. As rochas sedimentares e metamórficas de baixo grau de metamorfismo, geralmente friáveis, possuem, como citado para o caso do grau de fraturamento, restrições na obtenção e interpretação do valor do IQR/RQD.

Para as sondagens verticais, quando ocorre fratura subvertical, tem sido recomendado penalizar o trecho, descontando-se 10 cm da peça cortada pela fratura subvertical.[*]

5.8 Condutividade hidráulica (permeabilidade)**

Condutividade hidráulica é a denominação que tem sido utilizada para indicar a permeabilidade, obtida por meio de ensaios de infiltração e perda d'água sob pressão, realizados à medida que a sondagem vai sendo executada. O ensaio de infiltração é utilizado no trecho de solos e da transição solo–rocha. O ensaio de perda d'água sob pressão é utilizado apenas em rocha. Os dados característicos dos ensaios são: vazão absorvida, pressão efetiva utilizada e trecho do maciço submetido ao ensaio.

---

* A denominação em português, a sigla IQR e a proposta de critérios de sua determinação e representação em perfil de sondagem (*log*), anteriormente descritas, foram desenvolvidas nos anos 1970 pelo IPT para a CESP e amplamente utilizado pelo meio técnico brasileiro, por ser mais adequada que o uso do RQD.

** Sugere-se consultar a Norma ABGE 107/2024 - "Ensaio de Permeabilidade em Solos – Orientações para sua execução no campo" e a Norma ABGE 108/2024 - "Ensaios de Perda D'água sob Pressão – Diretrizes", ou os livros 4 e 5 contidos na publicação "Investigações Geológico-Geotécnicas – Guia de Boas Práticas" (Monticelli, 2021), que tratam do assunto em detalhe. O conteúdo apresentado neste item 3.8 constitui um resumo das Normas e da referência citadas.

A partir desses valores, é feito o cálculo da condutividade hidráulica, que pode ser expresso de duas maneiras:

- perda d'água específica PE, em L/min por m por kgf/cm^2
- permeabilidade K, em cm/s.

A perda d'água específica PE é dada por:

$$PE = \frac{Q}{L.P.}$$

Sendo **Q** = vazão em litros/minuto (L/min); **L** = trecho ensaiado em metros (m); e **P** = pressão efetiva em kgf/cm^2*.

Normalmente, dentro dos objetivos dos ensaios de infiltração e perda d'água executados em sondagens convencionais, tem sido utilizado calcular primeiro a PE em L/min por m por kgf/cm^2 e a seguir, caso conveniente, obter o K em cm/s utilizando-se fatores de conversão apropriados. (MONTICELLI, 2021), também disponibilizados nas Normas ABGE 107/2024 e ABGE 108/2024.

O uso do conceito condutividade hidráulica para maciços rochosos e mesmo para a transição solo-rocha (solos residuais heterogênicos) é mais apropriado que usar o termo permeabilidade, já que a água se desloca por descontinuidades abertas e dificilmente estão presentes os conceitos de fluxo laminar dados pela Lei de Darcy (AZEVEDO *et al.*, 2018; MARRANO *et al.*, 2018).

O valor da condutividade hidráulica (PE ou K) deve ser analisado com ressalvas, face às aproximações dos métodos e equipamentos utilizados nos ensaios.

O valor da PE deve ser cotejado com as condições geológicas e parâmetros geotécnicos, visando ao estudo da distribuição dos valores de condutividade hidráulica do maciço.

* 1 kgf é a força exercida pela atração gravitacional em uma massa de 1 kg. Ela é aproximadamente igual a 9,8 Newton, que é a unidade padrão aceita pelo sistema internacional de unidades.

Em projetos de barragens e na presença de situações geológicas complexas, como em regiões cársticas, quartzíticas e de rochas ígneas bastante fraturadas ou falhadas, a necessidade de estudos hidrogeotécnicos não deve se ater apenas a ensaios de infiltração e de perda d'água em furos de sondagens. Nesses casos, deve-se recorrer a ensaios hidrogeotécnicos especiais, como os apresentados por TRESSOLDI *et al*. (1990a, 1990b), TRESSOLDI & KITARA (1991), TRESSOLDI (1991,1993), AZEVEDO & ALBUQUERQUE (1998) e SILVA *et al*.(1978).

Aspectos Práticos dos Ensaios de Infiltração e de Perda D'Água sob Pressão

O ensaio de infiltração e de perda d'água são feitos para determinar quanto o terreno absorve em um determinado intervalo de tempo, com uma determinada pressão aplicada. Para interpretação e cálculo dos ensaios de infiltração e perda d'água sob pressão, é preciso rigor com a determinação da profundidade do nível d'água atentando para leituras antes e após o término do turno de perfuração, esgotamento do furo e leituras do nível d'água até a estabilização. Revestimento e obturador, quando utilizados, devem ser estanques e em posições bem determinadas. Acima do nível d'água há necessidade de aguardar a estabilização da vazão de absorção d'água pelo solo.

No ensaio abaixo do nível d'água, as mesmas preocupações são válidas, porém, como o terreno já se encontra saturado, a vazão constante é atingida rapidamente.

Informações referentes aos ensaios como critérios de pressão aplicáveis, perda de carga, escolha de equipamentos medidores de vazão e de pressão e cuidados de execução são encontrados nas Normas da ABGE anteriormente citadas, inclusive comentários sobre o ensaio em rocha proposto por Maurice Lugeon, em 1933, que consiste em aplicação de pressão de 10 kgf/cm² e que é de uso comum no exterior (Norma ABGE 108/2023).

Os resultados dos ensaios são apresentados no perfil individual de sondagem, o que permite a sua correlação com os outros parâmetros obtidos e com a descrição geológica dos materiais. Os principais resultados a apresentar são:

- trecho de ensaio;
- pressões efetivas (kgf/cm²) e absorções correspondentes (L/min.m);
- perda d'água específica (L/min por m por kgf/cm²);
- gráfico de Pressão Efetiva x Absorção.

As Especificações devem fixar os critérios de apresentação da perda d'água específica (PE) e/ou de permeabilidade (K), no perfil de sondagem. É comum o uso de coluna própria com anotação das profundidades dos ensaios e siglas correspondentes aos graus da PE ou do K, extraídas de tabelas de graus de condutividade hidráulica, estabelecidas em função da necessidade da obra. A Figura 15 ilustra uma tabela com graus entre H1 a H5 e respectivos valores de PE e de K. Outros procedimentos são as representações gráficas do ensaio e dos seus resultados no perfil (*log*). A tabela abaixo é um exemplo de faixas de condutividade hidráulica mostrando a correlação aproximada entre valores da PE e K, também utilizável na digitalização e modelagem das informações de uma campanha de investigações geológico-geotécnicas.

Sigla	Perda d'Água Específica – PE (L/min . m . kgf/cm²)	Permeabilidade / Condutividade Hidráulica – K (cm/s)
H1	< 0,1	$< 10^{-5}$
H2	0,1 – 1,0	$10^{-5} – 10^{-4}$
H3	> 1,0 – 5,0	$> 10^{-4} – 5,0 \times 10^{-4}$
H4	> 5,0 – 10,0	$> 5,0 \times 10^{-4} – 10^{-3}$
H5	> 10,0	$> 10^{-3}$

Correlação aproximada entre PE e K.

Exemplos de cálculos de PE e K em ensaios de perda d'água sob pressão estão apresentados no Anexo III. Atualmente, as empresas executoras de sondagens utilizam planilhas eletrônicas (aferidas e validadas pela Fiscalização) para os cálculos. A Figura 15 mostra os dados e resultados de ensaios em perda d'água em rocha calculados por meio de planilhas eletrônicas. O símbolo "K" é de uso corrente para designar, em cm/s, tanto o coeficiente de permeabilidade de meios porosos, como a condutividade hidráulica/permeabilidade de meios fissurados.

5.9 Condições das descontinuidades

Consiste na descrição/caracterização tátil-visual das descontinuidades (fraturas, falhas, contatos etc.) presentes nos testemunhos. São essas feições que, junto com as caraterísticas da rocha intacta, controlam o comportamento

do maciço rochoso, sobretudo em relação à resistência ao cisalhamento, deformabilidade e permeabilidade (OJIMA & SERRA JR, 2018). No caso da presença de superfícies de fraqueza do tipo contato entre camadas, xistosidade e acamamento deve-se proceder a sua descrição de forma independente, desde que corresponda a trechos de menor resistência que o maciço circundante.

Tanto as fraturas como descontinuidades importantes do tipo falha geológica, juntas de alívio de tensão, contatos entre camadas e entre litologias diferentes e outras devem ser cuidadosamente descritas, procurando-se identificar sua persistência (ou continuidade), estado das paredes (lisa, rugosa, alterada), espessura, presença e natureza do material de preenchimento e evidências de percolação de água. A descrição de descontinuidades importantes deve ser individualizada e constar no perfil, de preferência junto à descrição geológica. A descrição das fraturas tem sido feita por meio de tabelas padronizadas, escolhidas de acordo com a litologia, finalidade da sondagem e expertise profissional. A presente publicação, assim como em diretrizes anteriores da ABGE, recomenda utilização de critérios padronizados de descrição que permitem a posterior utilização dos dados para a classificação geológico-geotécnica de maciços rochosos (OJIMA & SERRA, 2018; DOBEREINER *et al*., 1987) e para a digitalização, compartilhamento de dados e utilização em modelagem (DN ABGE 300/2024).

Quando se efetua sondagem orientada, é possível a indicação da direção e mergulho da descontinuidade. Com o imageamento do furo é possível o levantamento da atitude das descontinuidades de forma completa.

A descrição/caracterização das descontinuidades – visando ou não a uma classificação geológico-geotécnica ou geomecânica ou modelagem – exige, tal como para os demais parâmetros, a necessidade de especificações técnicas com padronização de critérios, que devem fazer parte do contrato entre as entidades envolvidas: investidor, projetista, fiscalização e executor das sondagens.

A Figura 16 apresenta um modelo de padronização para descrição das descontinuidades (e demais parâmetros) que tem sido usado para estudos de obras de infraestrutura. Esse tipo de padronização é de fundamental importância, pois permite entendimentos entre os profissionais e empresas atuantes em uma obra, com reflexos positivos na qualidade das investigações, no projeto e na construção. Trata-se de um exemplo que permite a futura

compartimentação e a classificação geomecânica do maciço rochoso, tendo por objetivo o estudo de escavabilidade e de estabilidade das fundações.

Na Figura 16 foram utilizados dois critérios de descrição das descontinuidades:

a) Orientação das descontinuidades;

b) Tipo de superfície e preenchimento das descontinuidades, separado duas situações:

b.1) Com contato rocha–rocha;

b.2) Sem contato rocha–rocha.

A Figura 16 apresenta, portanto, tanto os critérios para classificação das descontinuidades como demais parâmetros geológicos-geotécnicos e está em conformidade aos procedimentos adotados na classificação RMR, de Bieniawski, e a construção de modelos no ambiente do BIM Geotécnico.

A Figura 17 contém outros exemplos de tabelas utilizadas para descrição de descontinuidades em amostras de sondagens. Estas tabelas fornecem opções a serem consideradas pelo profissional responsável pela Especificação/Termos de Referências permitindo, assim, encontrar os melhores e mais adequados critérios para atender à finalidade da obra.

5.9.1 Classificação de Maciços Rochosos

As classificações geológico-geotécnicas de maciços rochosos mais utilizadas são: *RMR – Rock Mass Rating* (BIENIAWSKI, 1989 e revisões posteriores); *Q – Quality Index* (BARTON *et al.*,1974 e revisões posteriores) e *GSI – Geological Strength Index* (HOEK & BROWN, 1980 e revisões posteriores).

A classificação RMR, de Bieniawski, relaciona RQD, espaçamento entre fraturas, condições físicas e geométricas das descontinuidades, resistência à compressão uniaxial, percolação da água subterrânea e orientação das descontinuidades. A classificação Q, de Barton, utiliza-se dos parâmetros RQD (ou o IQR), número de famílias de fraturas, condições de rugosidade e de alteração das paredes das fraturas, presença de água e estado de tensões do maciço. A classificação GSI considera o número de sistemas, o espaçamento e

a rugosidade das paredes de descontinuidades, o preenchimento, tipo e características, e, também, o tamanho dos blocos presentes. (OJIMA & SERRA JR, 2018).

5.9.2 Representação das Condições das Descontinuidades nos perfis

A representação das condições das descontinuidades no perfil de sondagens é feita por meio de suas respectivas siglas, segundo critérios padronizados e devidamente ajustados entre as entidades envolvidas nos trabalhos. A Figura 16 separa a orientação (classes H, SH, I, SW), com contato rocha-rocha (R1, R2, R3 e R4) e sem contato rocha-rochas (P0, P1, P2 e P3). Situações semelhantes são apresentadas nas Figuras 17a e 17b. A representação por siglas evita sobrecarregar demasiadamente o perfil de sondagem, que possui capacidade limitadas de representação. Descontinuidades importantes, com falhas e contatos litológicos indicativos de baixa resistência mecânica, devem ser individualizadas.

5.10 Disqueamento

O disqueamento (*discing*) de testemunhos, importante característica de natureza estrutural do maciço rochoso, deve ser descrito individualmente ou analisado em conjunto com a identificação de ovalização do furo e ocorrência de escamação de suas paredes (*breakout*). A Norma ABGE 105/2024 – Imageamento de furos de sondagens aborda procedimentos de obtenção de informações de ovalização e *breakout* de paredes de furos, cuja caracterização depende de equipamentos e técnicas especiais.

A ocorrência dessas feições geológicas – disqueamento de testemunhos, ovalização e escamação de paredes do furo – são indicadores da presença de elevadas tensões naturais atuando no maciço rochoso, tensões essas que possuem influência no projeto e construção de obras geotécnicas civis e de mineração, principalmente as subterrâneas (túneis e cavidades) e fundações de barragens.

O fenômeno do disqueamento ocorre quando o testemunho de sondagem é aliviado das suas condições naturais de tensões, ao ser desprendido do maciço e abrigado no barrilete (Figura 18a). A identificação do disqueamento

(ou das outras feições citadas) permite avaliar a necessidade de execução de ensaio de fraturamento hidráulico ou outros tipos de procedimentos, para medidas diretas do estado de tensões *in situ* (AMADEI & STEPHANSSON, 1997*apud* LIM, 2013). Em fases preliminares dos projetos ou onde há dificuldade na execução de ensaios de medidas diretas das tensões (MIOTO *et al.*, 2018), a descrição detalhada das características das pastilhas pode ser útil à estimativa de parâmetros do estado de tensões, o que é feito a partir de correlações empíricas, com base na bibliografia e expertise profissional.

A descrição/caracterização dos testemunhos, conveniente representada no perfil da sondagem (*log*), deve contemplar:

- Profundidades do(s) trecho(s), topo(s) e base(s) onde ocorre o fenômeno;
- Espessura de cada disco, ou conjunto de discos;
- Forma: curvo (forma de prato ou de sela) ou plano;
- Orientação dos discos (caso furo orientado);
- Presença de estrias de fricção.

A espessura é indicadora da magnitude das tensões: quanto mais fino o disco, mais alta a tensão e vice-versa (Figura 18b).

Os discos curvos resultam de rupturas por tração indireta e os discos planos de rupturas por cisalhamento. Os discos curvos podem ter forma de prato (superior côncavo/inferior convexo) ou assimetricamente curvos (forma de sela). Em furos orientados é possível inferir a direção das três tensões principais, como indicado na Figura 18c. No caso de discos planos configura-se uma situação na qual o furo não se alinha com as tensões principais; haverá um cisalhamento atravessando o eixo da sondagem, sendo importante identificar a presença de estrias de fricção que, presentes, indicam o sentido do movimento (Figura 18d).

6 DESCRIÇÃO DE SONDAGENS EM ALUVIÕES DE AREIA E CASCALHO

A pesquisa de depósitos de areia e cascalho em leitos e margens de rios com a finalidade de identificar e cubar jazidas de materiais granulares de

construção é um trabalho amplo de pesquisa mineral, e assim deve ser considerada. (PEREIRA *et al.*, 1984).

A descrição das amostras de aluviões, coletadas por meio de sondagens a percussão, com uso de sondinas, é realizada de duas maneiras:

- tátil-visualmente, após o término das sondagens, com apresentação de perfil individual, e objeto da abordagem neste documento;
- em laboratório, com identificação da granulometria (ensaio granulométrico de peneiramento), da composição mineral (apreciação mineralógica) e outros ensaios e estudos necessários à cubagem e à caracterização tecnológica do material de construção.

A classificação tátil-visual é feita com intuito de se obter:

- a caracterização geológica, litológica e mineralógica;
- a granulometria dos materiais atravessados pela sondagem.

A classificação geológica, litológica e mineralógica deve indicar, por meio de observação tátil-visual, com apoio de lupa, a estratigrafia dos materiais atravessados, a composição litológica e mineralógica do material coletado, com destaque à presença de horizontes limonitizados (canga limonítica) e argilo-siltosos que possam dificultar a lavra. Deve também indicar a presença de minerais deletérios ao uso em concreto e em filtro de barragem de terra, como mica, quartzito e calcedônia (sílica amorfa).

A descrição granulométrica deve indicar, para cada amostra coletada, as porcentagens de cascalhos (tamanhos 1, 2, 3 e 4) presentes no total volumétrico, ou seja, a porcentagem de cascalho em relação à areia (fina, média e grossa). A porcentagem de cascalho e a citação de informações sobre a presença e sua frequência granulométrica (tamanhos 1, 2, 3 e 4) são importantes, pois ajudam a melhor caracterizar o potencial de um depósito em relação a outro, ou separar zonas mais produtivas em relação às menos produtivas em cascalho. O mesmo pode ser dito em relação à maior ou menor presença de areia grossa que, como o cascalho, possui interesse maior.

A descrição tátil-visual é baseada em avaliações subjetivas. Sugere-se utilizar um *kit* de amostras preparadas em laboratório, com várias concentrações de areia e cascalho determinadas em ensaio de peneiramento, para servir de padrão comparativo e reduzir a margem de erro da descrição tátil-visual.

A Figura 5 mostra a granulometria dos cascalhos 1 a 4 e uma sugestão de sua apresentação em perfil de sondagem. Deve-se destacar que as sondagens de diâmetros de 4 a 6 polegadas não conseguem amostrar satisfatoriamente as granulometrias de cascalho, sendo mais adequadas nas fases inicias da pesquisa, enquanto as sondagens de diâmetro maior, como as de 10 polegadas, permitem coletar uma quantidade maior de amostras e melhor caracterizar a jazida (PEREIRA *et al.*, 1984).

7 ORIENTAÇÕES GERAIS PARA A DESCRIÇÃO DE SONDAGENS

7.1 Local e equipamentos

É necessário um local adequado junto à sonda ou um barracão/depósito arejado e com boas condições de iluminação próximo à obra, com bancada que facilite o manuseio das caixas e amostras. São necessários canivete e martelo para determinação dos graus de coerência e de alteração. Outros equipamentos são: trena, bússola, lupa, calculadora e fichas padronizadas para registro das informações. O uso de *tablets* estão cada vez mais comuns, em decorrência da informatização de todo o processo de sondagens, desde a coleta até a apresentação digital de seus resultados. No caso de sondagens orientadas, é necessário calhas instaladas sobre estruturas que reproduzem a inclinação do furo e orientadas segundo o rumo do furo. Os testemunhos orientados são instalados nesse dispositivo e a seguir são determinadas as atitudes das descontinuidades com bússola. A instalação dos testemunhos em calha requer bastante cuidado, para não comprometer as amostras.

7.2 Documentação fotográfica

As amostras devem ser fotografadas, geralmente de duas em duas caixas, para apresentação juntamente com os perfis individuais de sondagens. O uso de fotos para descrição não presencial das amostras de sondagens é prática inadequada.

O registro e a transmissão fotográfica em tempo real, não só das amostras, mas de todo o processo de execução de sondagens e de ensaios, com anotação de data, horário e coordenadas, possibilitam o rastreamento dos trabalhos, sendo mais uma garantia de qualidade. (Norma ABGE 103/2023 – Sondagem à percussão /Anexo 2).

7.3 Descrição das amostras

A descrição deve ser feita com o uso de fichas apropriadas e utilizando as tabelas contendo todas as padronizações fixadas para o projeto e etapa da obra. No Anexo IV estão apresentados exemplos de fichas já preenchidas, que são enviadas ao responsável da montagem e impressão do perfil individual. Os programas (*softwares*) em computadores móveis (*tablets*) permitem digitalizar os dados e substituir o uso de fichas impressas, segundo modelos contidos nos programas ou que venham a ser elaborados.*

Em sondagens com amostragem em solo e rocha, o primeiro passo é separar o trecho de solo do trecho em rocha, ou os trechos de solo, transição solo-rocha e rocha utilizando os critérios comentados anteriormente e sempre considerando o perfil de intemperismo do local.

O trecho em solo é descrito considerando a sua origem, a finalidade e os critérios de projeto, individualizando e caracterizando as unidades geológicas e geológico-geotécnicas com base no perfil de intemperismo, segundo dois principais conjuntos:

- solos transportados: aluvião, terraço fluvial, coluvião, tálus, sedimento marinho e solo eólico;
- solos formados *in situ*: solos eluviais e solos de alteração ou residuais.

Além da origem devem ser descritos no mínimo a granulometria, a cor e a presença de matéria orgânica.

* As Normas ABGE da série 100 (publicadas em 2023 e 2024 e disponibilizadas em www.abge.org.br) atualizam a coletânea "Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas", publicada em 2021 pela ABGE, com acréscimo de informações sobre a digitalização de sondagens.

O trecho em rocha é descrito considerando a finalidade e os critérios de projeto, individualizando e caracterizando as unidades geológico-geotécnicas (litologia e parâmetros geotécnicos). Pela sua importância, o topo rochoso (rocha dura/ praticamente sã/ rocha alterada dura) deve ser definido assim como, sempre que possível, o topo da rocha alterada mole, segundo perfil indicado na Figura 3.

O primeiro parâmetro a ser levantado é a recuperação dos testemunhos, utilizando-se as anotações feitas no boletim de campo. Durante essa tarefa, devem ser identificados e marcados nas caixas todos os trechos não recuperados ou com recuperação menor que 100%. A individualização destes trechos orientará a definição das unidades geológico-geotécnicas caracterizadas por diferentes graus de alteração e coerência.

A seguir é efetuada a descrição geológica (Figura 1 e 4 do Anexo IV) com cuidados com a caracterização da estratigrafia do maciço, quando são identificadas as unidades geológico-geotécnicas e todos os contatos dos tipos litológicos atravessados, bem como os seus diferentes graus de alteração e coerência. Dessa maneira, a descrição geológica é feita já de posse dos dados de recuperação e conjuntamente com a descrição da alteração e coerência. Esta atividade deve ser realizada desde o topo rochoso até o final do furo, evitando-se intercalar com as determinações do fraturamento, IQR/RQD e condições das descontinuidades. A determinação do IQR é a indicada, mas caso a opção seja pela utilização do RQD, deve-se proceder à contagem do número de fraturas para cada trecho de manobra.

Em seguida são desenvolvidas as atividades referentes ao fraturamento e IQR/RQD (Figuras 2 e 3 do Anexo IV). Primeiramente, são definidos os trechos de fraturamento homogêneo considerando a quantidade de fraturas e suas demais características, e também respeitando, sempre que necessário, os locais de contato das unidades geológico-geotécnicas estabelecidos anteriormente. Para cada trecho homogêneo, são definidos a quantidade de fraturas e o número de fraturas por metro (grau de fraturamento), bem como o IQR. Logo após ou concomitante à determinação do fraturamento e do IQR, é feito o levantamento das condições das descontinuidades. Outros procedimentos por etapas podem ser utilizados, com base na expertise dos responsáveis pela descrição.

A elaboração da descrição por etapas é muito importante, otimiza o processo e evita erros grosseiros. Outro procedimento habitual é elaborar a recuperação, fraturamento, IQR e cálculo da condutividade hidráulica (1ª Etapa), seguida pela descrição geológica, alteração/coerência e condições das descontinuidades (2ª Etapa), pois assim é possível que a 1ª Etapa seja feita por técnico experiente ou profissional júnior e a 2ª Etapa, pelo profissional responsável, que analisa e revisa a etapa anterior.

7.4 Revisão

Ao término de uma campanha de sondagens em uma obra (ou parte dela), é recomendável abrir as caixas de amostras e efetuar uma revisão comparativa cuidadosa das descrições e dos perfis individuais, procurando identificar a presença de situações geológico-geotécnicas relevantes e que necessitarão de maior atenção, tanto para novas campanhas de sondagens como para o projeto de engenharia em questão. Deve ser feita também a análise de consistência entre os diversos parâmetros levantados, o que significa comparar a recuperação com graus de coerência e alteração, o IQR/RQD com o grau de fraturamento, a alteração com a coerência, os valores obtidos dos ensaios de perda d'água com as características das descontinuidades, o grau de fraturamento com a alteração e coerência. No caso de inconsistências, todas as revisões necessárias devem ser efetuadas de imediato.

7.5 Depósito de amostras

As amostras devem ser convenientemente armazenadas em local adequado, até a conclusão da obra, ocasião em que o investidor deverá avaliar a sua guarda definitiva, doação a uma litoteca ou descarte. Em obras de grande porte, como barragens e escavações subterrâneas, recomenda-se a guarda das amostras junto com demais documentos do projeto de construção (*as built*). No caso de barragens, o armazenamento das amostras de sondagens ganhou maior importância com a promulgação da Lei de Segurança de Barragens (Lei 12.334/2010) e seus desdobramentos.

8 PADRONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados da descrição devem ser apresentados em perfis individuais de sondagens, como o modelo ilustrado na Figura 8 do Anexo IV. A maioria das empresas executoras de sondagem utiliza programas computacionais para elaboração dos perfis, o que permite grande agilidade no envio dessas informações ao empreendedor e ao projetista.

O mercado oferece várias possibilidades de *softwares*, que permitem o preenchimento eletrônico de planilhas, cálculos dos parâmetros geológico-geotécnicos e plotagem dos dados em perfis, bem como a apresentação de seções e modelos tridimensionais contendo as interpolações entre sondagens. A aquisição digital de dados em campo com uso de *palms* e *tablets* permite a transferência de dados e possibilita a integração da cadeia produtiva de todas as entidades envolvidas nas investigações geológico-geotécnicas. As informações digitais podem ser disponibilizadas em meio eletrônico e transmitidas pela *internet* com extrema agilidade, possibilitando a aplicação nos projetos praticamente em tempo real (24 h), com utilização de processos automatizados do AutoCad, Civil 3D e Excel (www.keynetix.com). Há empresas que têm se destacado no mercado internacional com inovações na implementação de processos digitais de aquisição, transmissão e processamento dos dados em todas as suas operações de sondagens, reduzindo ao mínimo o uso de papel e das anotações escritas manualmente (www.soil-engineering.co.uk e www.padraoags.com.br).

Diversas empresas nacionais executoras de sondagens dominam a apresentação de perfis de sondagens em meios digitais e a sua utilização tem sido de rotina. A informática permite rapidez no processamento dos dados de sondagens e sua disponibilização ao cliente, mas a **execução das sondagens e ensaios e a descrição das sondagens e interpretação dos resultados continuam dependendo de profissionais capacitados e de diretrizes e padronizações criteriosas, estabelecidas em cada etapa da obra e considerando, com acuidade, as peculiaridades geológicas.**

Atualmente, todos os procedimentos de investigações geológico-geotécnicas, incluindo as sondagens, passam por processo de informatização desde a

fase de planejamento de campanhas, até a de interpretação e apresentação dos resultados. E, mais ainda, pela busca de um padrão digital único que permita integração de critérios e dos atores envolvidos (DE MIO *et. al.*, 2020 e www.padraoags.com.br)*.

A classificação padronizada das investigações (parâmetros de sondagens principalmente), a digitalização das informações e o uso de mesmo modelo de perfil (*log*) -- em todas as campanhas de sondagens e por todas as etapas da vida útil da obra -- são de fundamental importância à modelagem 2D e 3D no ambiente do BIM Geotécnico (DN ABGE 300/2024).

9 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Revisores: Giuliano de Mio, Antonio Marrano e Ivan José Delatim.

Histórico das edições:

1ª Edição, de 2013: ABGE publicou, em 2013, o livro "Diretrizes para Classificação de Sondagens – 1ª Tentativa". A justificativa para tal publicação foi a de divulgar as melhores práticas de descrição geológico – geotécnicas de sondagens, para uso em projetos e obras de infraestrutura e de investigações de terrenos contaminados. Essa 1ª Edição foi feita considerando a bibliografia e a prática do mercado até então, tendo por base os trabalhos publicados por MONTICELI (1986) e MATTOS (1998). Contém, no Anexo III, procedimentos visando a classificação RMR de Bieniawski e Q de Barton. A 1a Edição, de 2013, foi coordenada por João Jeronimo Monticelli e Marilda Tressoldi, contou com contribuições de Ivandra Cristina Silva de Mattos, Diogo Correa

* O "Grupo AGS BR (www.padraoags.com.br) em parceria com a ABGE desenvolveu a Diretriz Normativa DN ABGE 300/2024 que aborda níveis de confiabilidade para o BIM Geotécnico. Essa Diretriz Normativa, e outras que a seguirão, tem por objetivo estabelecer princípios e informações básicas que possam ajudar Contratantes, Empresas executoras e Entidades de regulação a fazerem a completa transição da execução das investigações geológico-geotécnicas, em especial sondagens, aos modelos em ambiente BIM.

Filho e Giuliano de Mio e a revisão de Ivan José Delatim, Luiz Ferreira Vaz (*in memorian*) e Antonio Marrano.

2ª Edição, de 2021: Uma nova edição foi feita em 2021, com o título "Diretrizes para Descrição de Sondagens – 2ª Tentativa", incluída como Livro 6, na publicação "Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas". A edição de 2021 contou com uma comissão formada por Antonio Marrano, João Jeronimo Monticelli e Marilda Tressoldi e com a colaboração de Guilherme Tammerick. Essa comissão realizou uma revisão geral sobre o tema, retirou o Anexo III constante na edição anterior, e incorporou um novo item, de título Disqueamento.

Norma ABGE 109/2024: Para a presente Norma, o Editor (João Jeronimo Monticelli) e os Revisores (Giuliano de Mio, Antonio Marrano e Ivan Delatim) revisaram a 2ª Edição de 2021, com enfoque na classificação de parâmetros obtidos nas sondagens, visando facilitar o entendimento da importância da padronização, da digitalização e da modelagem geológico-geotécnica em 2D e 3D, o que significa integração da presente Norma com a proposta do BIM Geotécnico (DN ABGE 300/2024).

10 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS

É importante que os usuários das informações dessa publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras. Dentre outras, as seguintes publicações devem ser levadas em consideração:

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL **Métodos para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos**. (Tradução 12: ISRM – ''Suggested methods for the quantitative description of rock masses'', 1978). São Paulo, 1983.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7250**: Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 15492:** "Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento". Rio de Janeiro. 2007.

BERTOLO, R., ALVES, C. C., MAXIMIANO, A. Áreas Contaminadas. Cap. 35, V.2, p.228-251. *In*: **Geologia de Engenharia e Ambiental.** Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

DE MIO, G. **Níveis de confiabilidade para o BIM Geotécnico**. Vários colaboradores. DN ABGE 300/2024. São Paulo: ABGE, 2024. Disponível em www.abge.org.br

ISRM – International Society for Rock Mechanics. Suggested methods for the quantitative description of rock masses. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciencie and Geomechanics Abstracts**. England, 1978.

REED, J; STACELY,P. **Guia para projetos de taludes de minas a céu aberto** - *Guidelines for open pit slope design*. Delfino Luiz Golveia Gambetti e Iramir Barba Pacheco, Coordenadores da tradução. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2022, 559 p..

MARRANO, A.; YIOMASA, W.S.; MYIASHIRO, N.J. Investigações geotécnicas e geoambientais. Cap. 14, *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

MONTICELLI, J.J. (Editor). **Investigações Geológico-Geotécnicas – Guia de Boas Práticas**. 526 p. São Paulo: ABGE, 2021

NORMA ABGE 100/2023: Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e Técnicas. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

NORMA ABGE 103/2023: Sondagens à percussão. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2023. Disponível em www.abge.org.br

NORMA ABGE 104/2024: Sondagem rotativa e sondagem mista. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2024. Disponível em www.abge.org.br

NORMA ABGE 107/2024: Ensaios de permeabilidade em solos utilizando furo de sondagem, poço, cava, *slug test* e anel duplo - Procedimentos para

execução e interpretação dos resultados. Vários colaboradores. São Paulo: ABGE, 2024. Disponível em www.abge.org.br

NORMA ABGE 108/2024: Ensaio de perda p'água sob pressão.Vários colaboradores. São Paulo, ABGE, 2024. Disponível em www.abge.org.br

11 REFERÊNCIAS/LEITURAS RECOMENDADAS

ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. **Padronização das simbologias usadas em perfis de sondagens e seções geológicas** (1ª tentativa). São Paulo: ABGE / IPT, 1976.

_____. **Métodos para descrição quantitativa de descontinuidades em maciços rochosos**. (Tradução 12: ISRM – ''Suggested methods for the quantitative description of rock masses'', 1978). São Paulo, 1983.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 7250**: Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 6484:** ''Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio''. Rio de Janeiro. 2020.

_____. **NBR 15492:** "Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento". Rio de Janeiro. 2007.

ARMELIN, J.L. **Depoimento inédito sobre critérios e métodos de sondagens**. São Paulo: ABGE, 2012.

AZEVEDO, A.A.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L. Águas subterrâneas. Cap. 10, *In*: **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

BAILLOT, R., BARTON, N., ABRAHÃO, R., RIBEIRO JR, A. Comparing 360º televising of drill holes walls with core logging. In: **International. Site Characterization Conf. ISC-2**, ISSMGE, Porto, Portugal, 2004.

BARTON, N.; LIEN, R.; LUNDE, J. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. **Rock Mechanics Engineering.** n. 4, v. 6, 1974.

BERTOLO, R., ALVES, C. C., MAXIMIANO, A. Áreas Contaminadas. Cap. 35, V.2, p.228-251. *In*: **Geologia de Engenharia e Ambiental.** Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

BIENIAWSKI, Z. T. Engineering classification of jointed rock masses. Transactions, South African Institution of Civil Engineers, n. 12, v. 15, 1973. *Apud* Mattos, I.C.S. **Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas.** (Monografia) São Paulo, IGc-USP, 1998.

_____. Geomechanics classification of rock masses and its aplication in tunneling. *In:* International Congress on Rock Mechanics, n. 3, 1974. *Apud* Mattos, I.C.S. **Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas.** (Monografia) São Paulo, IGc-USP, 1998.

_____. Rock mechanics design in mining and tunnling. A.A. Balkema, Rotterdan, 1984. *Apud* Mattos, I.C.S. **Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas.** (Monografia) São Paulo, IGc-USP, 1998.

_____. Engineering rock mass classifications. A complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineers, New York: John Wiley. 1989. *Apud* **Mattos, I.C.S. Sugestão de Método para descrição geológico – geoténica de testemunhos de sondagens rotativas** (monografia). São Paulo, IGc-USP, 1998.

BRITO,S.N.A. Desafios atuais do geólogo de engenharia no Brasil. Conferência Especial - 5º CBGE, 1987. *Apud* RBGEA: Nossa história. Vol.11, nº 2. São Paulo: ABGE, 2021

CAMARGO F. P. *et al*. Características geomecânicas do maciço rochoso de fundação das estruturas de concreto da Barragem de Ilha Solteira. *In*: **Anais do Seminário Nacional de Grandes Barragens**. Rio de Janeiro: ISRM/ABMS, 1972.

_____. Development of conceptual geomechanical models for foundations of concrete dam: approach applied to three projects. *In*: **International Symposium on Rock Mechanics Related to Dam Foundations**, Rio de Janeiro: ISRM/ABMS, 1978.

CERRI, L. E. S.; BRITO, S. N. A Imprevistos geológicos e perícias. Cap. 40, *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

CORRÊA FILHO, D. **Ensaios de perda d'água sob pressão.** Dissertação (mestrado) EESC-USP, 1985.

DEERE, D. U.; PATTON, F. D. Slope stability in residual soils. State of the art paper. **Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**. Proceeding...San Juan, Puerto Rico, American Society of Civil Engineers, State-of-the-art-papers. v.1.Session II, 1971.

DEERE, D. U. Technical description of rock cores for engineering pourposes. **Rock Mechanics**, n. 1, 1964.

DE MIO, G.; MONTICELLI, J..J.; MALANCONI, M. Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Diretriz AGS BR. Livro 1. *In*: **Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas**. São Paulo: ABGE, 2020.

DINIZ, R. A. V. Utilização do software Logger na execução de perfis individuais de sondagem. **Atas do 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, Rio de Janeiro: ABGE, v. 2, p. 15-23, 1993.

DOBEREINER, L.; CAMARGO, F. P.; JACOMO, A. A. C. Caracterização geomecânica do maciço rochoso de Fundação da UHE Cachoeira Porteira. **Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, v. 1. São Paulo: ABGE, 1987. *In*: RBGEA – Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. vol. 1, n. 1. São Paulo. Novembro, 2011.

FRAZÃO, E. B. **Alteração de Rochas – Como Critério de Seleção de Agregados**. ABGE. São Paulo. 2012.

FIGUEIREDO, R.P. **Discing**. Notas de Aula da disciplina GTA530 – NUGEO / Escola de Minas/UFOP 2013.

FRASCÁ, M. L. B. O.; PARAGUASSU, A. B. Caracterização de agregados e de materiais rochosos para construção. *In*: **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

GUIDICINI, G.; OLIVEIRA, A.M.S.; CAMARGO, F.P.; KAJI, N.; Um método de classificação geotécnica preliminar de maciços rochosos. *In*: **Anais da 4ª Semana Paulista de Geologia Aplicada**. São Paulo: APGA, 1972.

HAOZHE, X., PENGXIAN, F., KAIFENG, J., ANG, J. **Reviews on the failure mechanism and stress condition of rock core discing** EJGE, 4211-4212. 2013.

HOEK, E.; BROWN, E.T. **Underground excavations in rock**. London: IMM, 1980.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1997. Caracterização geomecânica do maciço rochoso do Trecho Faria Lima – Vila Sônia, Linha 4 – Amarela do Metrô de SP. Relatório no 34902. *Apud* Mattos, I.C.S. **Sugestão de método para descrição geológico-geotécnica de testemunhos de sondagens rotativas.** (Monografia) São Paulo, IG-USP, 1998.

ISRM – International Society for Rock Mechanics. Suggested methods for the quantitative description of rock masses. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciencie and Geomechanics Abstracts**. England, 1978.

LIM, S.S. **In-situ Stress Magnitude and Core Disking**. A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Geotechnical Engineering. University of Alberta, 2013.

MARRANO, A.; YIOMASA, W.S.; MYIASHIRO, N.J. Investigações geotécnicas e geoambientais. Cap. 14, *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

MATTOS, I. C. S. **Sugestão de método para descrição geológico-geoténica de testemunhos de sondagens rotativas.** (Monografia). IGc-USP. São Paulo, 1998.

MIOTO, J.A.; MAGALHÃES, F.S.;CAMPANHA, G.A.C. Estruturas e estado de tensões de maciços rochosos. Cap. 8. *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

MOLITERNO, A. **Cadernos de muros de arrimo**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

MONTICELI, J. J. **Influências da compartimentação geológico-geotécnica de maciços rochosos no projeto de fundações de barragens – Fase de viabilidade**. Síntese de tese 06 (Dissertação de Mestrado – EESC/USP) São Paulo: ABGE, 1986.

NAKAMURA, Y. Techniques for obtaining high quality boring core of rock mass. *In:* **International Symposyum on Dams for a Changing World**. Proceeding... Kyoto, Japan; ICOLD, 2012.

NONATO, C. A. **Contribuição à caracterização geológica-geomecânica no Quadrilátero Ferrífero, MG**. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: UFMG, 2002.

OJIMA, L. M. **Metodologia de classificação de maciços rochosos aplicável a túneis.** (Síntese de tese apresentada ao LNEC-Lisboa para obtenção do título de Especialista.) São Paulo: ABGE, 1987.

OJIMA, L. M.; SERRA JR, E. Caracterização e classificação de maciços rochosos: Cap. 16, *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental**. Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

OLIVEIRA, D. G. G.; MONTEIRO, M. D., MASSONI, F.; ROCHA, H. C. Televisamento de furos de sondagens nos estudos do Metrô de São Paulo – Proposta metodológica para execução e análise. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental** – RBGEA, v. 2, São Paulo: ABGE, 2012.

OLIVEIRA, A.M.S.;MONTICELLI, J. J. (Editores). **Geologia de Engenharia e Ambiental**. V.1, 2 e 3. 916p. São Paulo: ABGE, 2018

PASTORE, E. L.; FONTES, R. M., Caracterização e classificação de solos. *In:* **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE: 1998.

PEREIRA, N. A. M.; ARAÚJO, J. S.; MONTICELI, J. J. Gravel deposits survey in south central Brazil. **Boletim da IAEG,** n. 29, Paris, 1984.

SILVA, R. F.; ANDREOTTI, M. C. **Manual de campo de geólogo de engenharia**. São Paulo: IPT, 1977. (Inédito).

SILVA, R. F., ARAÚJO, J. S; MONTICELI, J. J. Special "in situ" test for the determination of permeability condition. **Atas do III International Congress of IAEG**. Madri, 1978.

SOARES, L. **Determinação do grau de coerência de rochas brandas**. (Tese de doutorado) São Paulo: EESC/USP, 1991.

THEMAG ENGENHARIA. **Tabelas, critérios e modelos para descrição de sondagens.** Documentos sem nota tipográfica, 2012.

_____. Tabelas utilizadas na construção de obras auxiliares da Usina de Ilha Solteira (1971). *Apud* Monticeli, J.J. **Influências da compartimentação geológico-geoténica de maciços rochosos no projeto de fundações de barragens – Fase de viabilidade.** Síntese de Tese n. 06 (Dissertação de Mestrado – EESC/USP) São Paulo: ABGE, 1986.

TOGNON, A. A.; OLIVEIRA, A.M.S.; MANGOLIN FILHO,A.; SANTOS, M.T.N; Classificação geotécnica de maciços rochosos em túneis viários. **Construção Pesada**. ano 7, n. 75, São Paulo, abr. 1977.

TOGNON, A. A.; CUNHA, M.A.; MONTICELI, J.J.; COPEDÊ Jr. A.; MARANESI, D.A. Estudos geológico-geotécnicos para a definição da melhor alternativa do 2º conduto forçado da UH de Eloy Chaves, Rio Mogi-Guaçu, SP. *In:* **Anais do 3º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia,** Itapema (SC). São Paulo: ABGE, 1981.

TRESSOLDI, M. Tensores de condutividade hidráulica em aluvião e em arenito Caiuá. In: **Atas do 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia,** Poços de Caldas, MG, v. 1, p. 297-307, São Paulo: ABGE, 1993.

TRESSOLDI, M. **Uma contribuição à caracterização de maciços rochosos fraturados visando a proposição de modelos para fins hidrogeológicos e hidrogeotécnicos**. Dissertação de Mestrado, IGc-USP, 1991.

TRESSOLDI, M.; KITARARA, S. M. Three dimensional hydrogeotechnical tests and scale effects on fractured basalts. In: **7th Intenational Congress on Rock Mechanics**, Aachen, p. 631-635. Sonderdruck, 1991.

TRESSOLDI, M.; CELESTINO, T. B.; COSTA, S. M. K. M. Hydrogeological and hydrogeotechnical tests for Porto Primavera power plant-Brazil. In: **6th International Congresso, IAEG**. Amsterdam, v. 2, p. 1253-1259. Rotterdam/ Brookfield: A. A. Balkema, 1990a.

TRESSOLDI, M.; CELESTINO, T. B.; COSTA, S. M. K. M.; VICENZO JR, M. C. Caracterização hidrogeológica e hidrogeotécnica de basaltos fraturados através de ensaios tridimensionais - o exemplo de Porto Primavera. In: **Atas do 6º CBGE/IX COBRAMSEF**. Salvador, v. 1, p. 79-86. São Paulo: ABGE/ ABMS, 1990b.

VAZ, L. F. Classificação genética dos solos e horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais. **Revista Solos e Rochas**, n. 2, v. 19, p. 117-136. ABMS/ ABGE. São Paulo: ABMS/ABGE, 1996.

_____. Aplicabilidade das investigações e sistemas de classificação de maciços rochoso para obras subterrâneas. *In:* **Anais do Simpósio Sobre Escavações Subterrâneas**, v. 1, p. 1-22. Rio de Janeiro: ABGE, 1982.

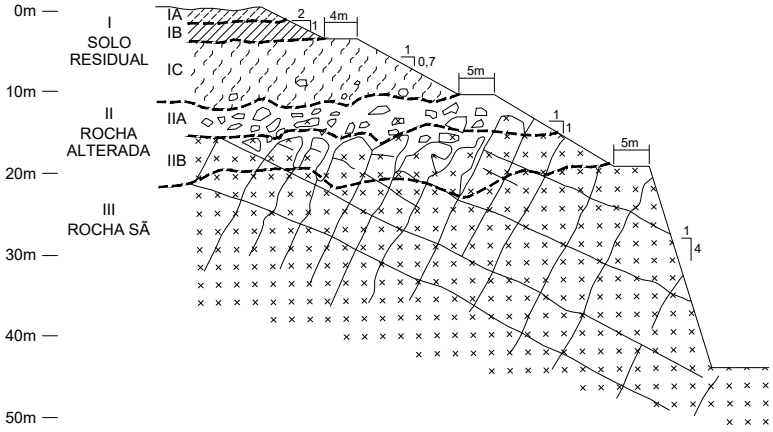
VAZ, L. F., GURGUEIRA, M. D.; MUZZI, T. O. Geologia aplicada a barragens: uma revisão de procedimentos. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental –** RBGEA, edição especial, São Paulo: ABGE, 2011.

VAZ, L. F.; GURGUEIRA, M. D. Solos em geologia de engenharia. Cap. 3, *In:* **Geologia de Engenharia e Ambiental.** Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. Editores. São Paulo: ABGE, 2018.

VIRGILI, J. C., MONTICELLI, L. T.; MINETTE, E. Sondagens geológico-geotécnicas: considerações sobre alguns aspectos do momento atual. *In:*

Atas do 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Poços de Caldas (MG), v. 1, p. 265-269. São Paulo: ABGE, 1993.

ANEXO I - FIGURAS



ZONAS		DESCRIÇÃO	RQD (%) (Ø = NX)	RECUPERAÇÃO (%) (Ø = NX)	PERMEA-BILIDADE RELATIVA	RESISTÊNCIA RELATIVA
I SOLO RESIDUAL	IA HORIZONTE A	Solo superficial, com raízes e matéria orgânica, zona de lixiviação e eluviação, pode ser porosa.	-	* 0	Média a alta	Baixa a média
	IB HORIZONTE B	Zona tipicamente rica em argila; concentração de Fe, Al e Si, possibilidade de cimentação; ausência de estruturas reliquiares.	-	* 0	Baixa	Baixa (alta se cimentado)
	IC HORIZONTE C	Presença de estruturas reliquiares; graduação para materiais siltosos e arenosos; menos de 10% de matacões; frequentemente micáceo.	0 ou não aplicável	* 0 a 10, em geral	Média	Baixa a média (influência das estruturas reliquiares)
II ROCHA ALTERADA (de solo residual ou saprolito até rocha parcialmente alterada)	IIA TRANSIÇÃO	Altamente diversificada, desde materiais terrosos a rochosos; areia comumente fina a grossa; 10 a 95% de matacões; alteração esferoidal presente.	Variável, em geral 0 a 50	Variável, em geral 10 a 90	Alta (perdas d'água comuns)	Média a baixa (se as estruturas reliquiares forem de baixa resistência)
	IIB ROCHA PARCIALMENTE ALTERADA	Material rochoso, rocha branda a dura; descontinuidade em diversos graus de alteração; feldspatos e micas parcialmente alterados.	50 a 75, em geral	>90, em geral	Média a alta	Média a alta**
III ROCHA SÃ		Descontinuidades sem alteração e películas de óxidos de ferro; feldspatos e micas inalteradas.	>75 (>90 em geral)	100, em geral	Baixa a média	Muito alta**

Notas: * Descrição de cada zona é a única forma viável de distinção entre elas.
** Considerando apenas o maciço intacto, sem estruturas geológicas com atitudes desfavoráveis.

Figura 1 – Perfil de alteração de rochas ígneas e metamórficas, respectivas soluções típicas para taludes de corte e indicação da expectativa de parâmetros geotécnicos.

Fonte: DEERE e PATTON, 1971.

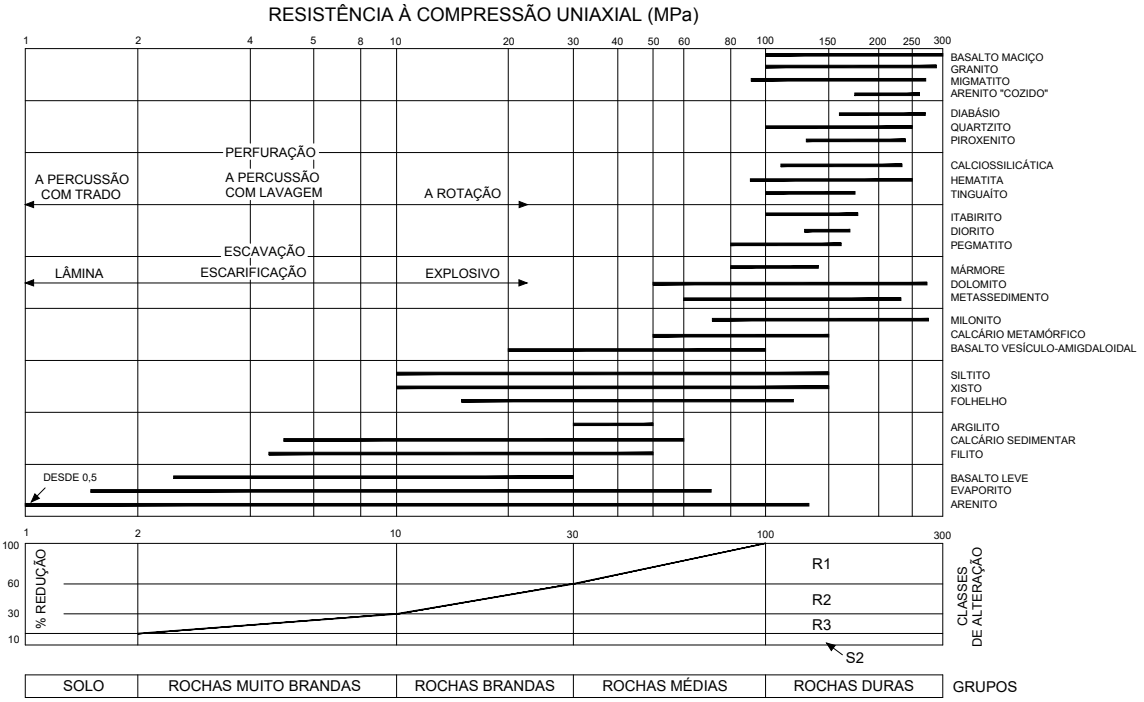


Figura 2 – Variação da resistência à compressão uniaxial conforme o tipo litológico.

Fonte: VAZ, 1996.

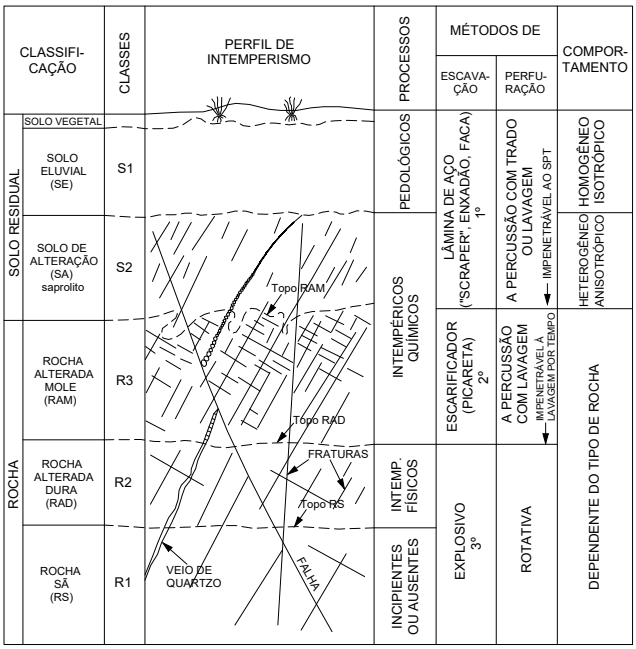


Figura 3 – Perfil de intemperismo em regiões tropicais associado a métodos de perfuração e escavação.

Fonte: VAZ, 1996.

<table>
<tr><th>PERFIL DE ALTERAÇÃO</th><th colspan="2">NOMENCLATURA GENÉTICA</th><th colspan="2">OBSERVAÇÕES</th></tr>
<tr><td>SOLOS TRANSPORTADOS</td><td colspan="2">COLUVIÃO, ALUVIÃO, TÁLUS</td><td colspan="2">O reconhecimento é feito pelo próprio conceito genético do termo</td></tr>
<tr><td>SOLOS FORMADOS IN SITU</td><td rowspan="2">SOLO DE ALTERAÇÃO OU SOLO RESIDUAL

(Indicar o nome litológico da rocha original)</td><td>MADURO (Eluvião)</td><td rowspan="2">Correspondem a vários estágios de rocha extremamente alterada (ou friável)</td><td>Ausência ou poucos vestígios da rocha original</td></tr>
<tr><td rowspan="3">TRANSIÇÃO

SOLO-ROCHA</td><td>JOVEM</td><td>Presença significativa de vestígios da rocha original</td></tr>
<tr><td rowspan="3">NOME LITOLÓGICO

(Rocha propriamente dita)</td><td rowspan="2">Rocha com vários graus de alteração (ou coerência)</td><td rowspan="3">Indicar a textura, estrutura, cimento, granulometria</td><td rowspan="2">Utilização de parâmetros geotécnicos para a separação e nomenclatura dos materiais (SPT, por exemplo)

Materiais com condições geotécnicas condicionadas, basicamente, pela matriz (às vezes matriz e descontinuidades)</td></tr>
<tr><td>ROCHA</td><td>Rocha sã</td><td>Material com as condições geotécnicas condicionadas, basicamente, pela presença de descontinuidades</td></tr>
<tr><td colspan="5">Notas: 1) A palavra saprolito (ou saprólito) foi evitada (tem sido utilizada, principalmente, para transição solo-rocha);
2) A denominação residual é mais adequada para as rochas sedimentares.</td></tr>
</table>

Figura 4 – Perfil de alteração e nomenclatura genética para a descrição geológica.
Fonte: MONTICELI, 1986, modificado de DEERE e PATTON, 1971.

<table>
<tr><td>DENOMINAÇÃO A CONSTAR NA DESCRIÇÃO GEOLÓGICA
(além do nome genético)</td><td colspan="2">CARACTERÍSTICAS
DE RECONHECIMENTO</td></tr>
<tr><td>Areia (fina, média e grossa)</td><td colspan="2">Não forma torrão quando seca. Grãos visíveis ou perceptíveis totalmente. Para indicação das frações predominantes, podem ser utilizadas, como modelo, amostras previamente separadas e classificadas em laboratório.</td></tr>
<tr><td>Silte</td><td colspan="2">Forma torrão que, quando seco, é esmagado com a pressão dos dedos.</td></tr>
<tr><td>Argila</td><td colspan="2">Forma torrão que, quando seco, é inquebrável com a pressão dos dedos.</td></tr>
<tr><td>Argila arenosa (fina, média e/ou grossa e argila siltosa)</td><td colspan="2">Forma torrão que, quando seco, é resistente ou praticamente inquebrável com a pressão dos dedos.
Na argila arenosa, é possível visualizar e sentir grande número de grãos de areia e na argila siltosa isto já não é possível. Imersos em água, a massa é amolgável e pode-se perceber as frações arenosas, bem como indicações da predominância de argila ou silte (menor ou maior facilidade em separação das partículas).</td></tr>
<tr><td>Areia (fina, média, grossa) argilosa e silte argiloso</td><td colspan="2">Forma torrão que, quando seco, é esmagado pela pressão dos dedos. Imersos em água, sente-se a presença de uma massa amolgável nos dedos (argila).</td></tr>
<tr><td>Silte arenoso, areia siltosa, areia pouco argilosa e silte</td><td colspan="2">Forma torrão que, quando seco, é esmagado com facilidade pela pressão dos dedos. Aspecto farináceo após o esmagamento.</td></tr>
<tr><td>Quando ocorrer cascalho, a porcentagem, em relação ao solo, deverá ser estimada, e a sua granulometria indicada, segundo as seguintes faixas:

Cascalho 4: diâmetro maior que 76 mm;

Cascalho 3: diâmetro entre 76 e 38 mm;

Cascalho 2: diâmetro entre 38 e 19 mm;

Cascalho 1: diâmetro entre 19 e 4,8 mm.</td><td>Quando ocorrer matéria orgânica, deve ser indicada a maior ou menor ocorrência. A gradação abaixo é uma sugestão:
· com raízes;
· com pouca matéria orgânica;
· turfosa (c/ muita matéria orgânica);
· turfa.
Quando ocorrer blocos ou matacões de rocha (escavados ou perfurados com rotativa), deve ser indicada a litologia, o diâmetro aproximado e os parâmetros geotécnicos, tais como grau de alteração e de coerência</td><td>Exemplo de descrição:
Prof. (m) — Material
0,00/5,50 — Aluvião Areia fina e média, cinza
0,00/2,00 — Com pouca matéria orgânica
4,50/5,50 — Com 30% de cascalho 1 e 2 (cascalho quartzítico)
5,50/8,40 — Solo de alteração de gnaisse, silte argiloso, cinza esbranquiçado
8,00/8,40 — Com fragmentos de rocha gnáissica (solo de alteração jovem)</td></tr>
</table>

Figura 5 – Descrição expedita de solos.

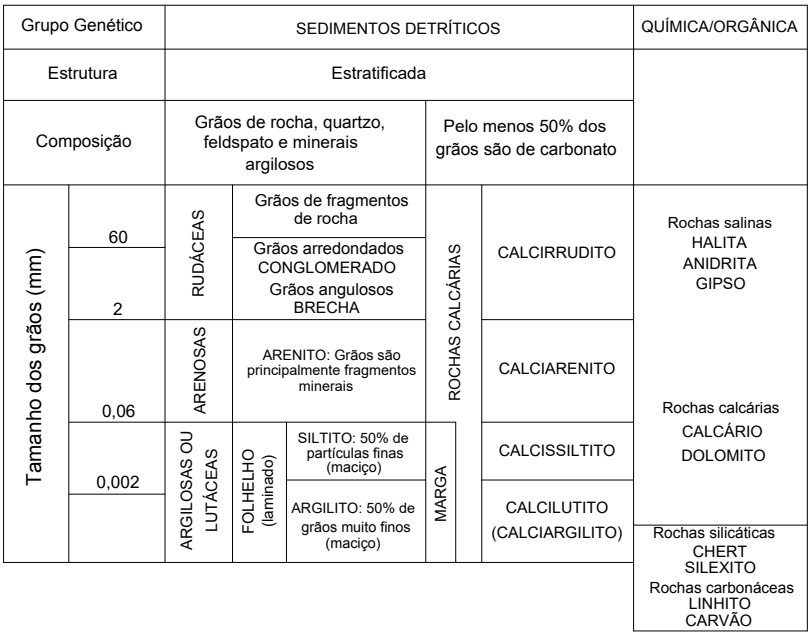
Fonte: MONTICELI, 1986.

<table>
<tr><td colspan="2">Grupo Genético</td><td>PIROCLÁSTICA</td><td colspan="4">ÍGNEAS</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estrutura</td><td colspan="5">MACIÇA</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Composição</td><td rowspan="2">Pelo menos 50% dos grãos são de rochas ígneas</td><td colspan="2">Quartzo, feldspato, micas e minerais máficos</td><td>Feldspatos e minerais máficos</td><td>Minerais máficos</td></tr>
<tr><td>Ácida</td><td>Intermediária</td><td>Básica</td><td>Ultrabásica</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Tamanho dos grãos (mm)</td><td>60</td><td>Grãos arredondados AGLOMERADO</td><td colspan="3">PEGMATITO</td><td rowspan="5">PIROXENITO
PERIDOTITO</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Grãos angulares BRECHA VULCÂNICA</td><td rowspan="2">GRANITO</td><td rowspan="2">DIORITO</td><td rowspan="2">GABRO
DIABÁSIO</td></tr>
<tr><td>0,06</td><td>TUFO</td></tr>
<tr><td>0,002</td><td>Grãos finos TUFO</td><td rowspan="2">RIOLITO</td><td rowspan="2">ANDESITO</td><td rowspan="2">BASALTO</td></tr>
<tr><td></td><td>Grãos muito finos TUFO</td></tr>
<tr><td></td><td>Vidro Amorfo</td><td></td><td colspan="3">VIDRO VULCÂNICO</td><td></td></tr>
</table>

6a – Rochas ígneas.

<table>
<tr><td colspan="2">Grupo Genético</td><td colspan="2">METAMÓRFICA</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estrutura</td><td>FOLIADA</td><td>MACIÇA</td></tr>
<tr><td colspan="2">Composição</td><td>Quartzo, feldspato micas e minerais máficos</td><td>Quartzo, feldspato, micas, minerais máficos e carbonatos</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Tamanho dos grãos (mm)</td><td></td><td colspan="2">BRECHA TECTÔNICA</td></tr>
<tr><td>60</td><td>MIGMATITO
GNAISSE</td><td>HORNFELS
MÁRMORE
GRANULITO
QUARTZITO</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">XISTO
FILITO
ANFIBOLITO</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>0,06</td></tr>
<tr><td>0,002</td><td>ARDÓSIA
MILONITO</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

6b – Rochas metamórficas (Fig. 6: continua).



6c – Rochas sedimentares.

Figura 6 – Nomenclatura simplificada de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.
Fonte: MATTOS, 1997 adaptado de MATULA, 1981.

CRITÉRIO EXPEDITO DO CORPO DE ENGENHEIROS DO EXÉRCITO DOS EUA PARA SOLOS COESIVOS			
INDICAÇÃO NO CAMPO	PRESSÃO ADMISSÍVEL kgf/cm²	CONSISTÊNCIA	IRP/SPT
O punho fechado penetra facilmente algumas polegadas	< 0,25	muito mole	< 2
O dedo polegar penetra facilmente algumas polegadas	0,25 - 0,50	mole	2 - 4
O dedo polegar pode penetrar algumas polegadas com esforço moderado	0,5 - 1,0	média	5 - 8
Facilmente marcado pelo polegar, que só penetra com grande esforço	1,0 - 2,0	consistente	9 - 15
Marca facilmente com a unha do polegar	2,0 - 4,0	muito consistente	16 - 30
Marca dificilmente com a unha do polegar	> 4,0	dura	> 30

Figura 7 – Correlação SPT x pressão admissível para solos coesivos.
Fonte: MOLITERNO, 1980.

	AMOSTRADOR PADRÃO TERZAGHI - PECK (SPT)			
MATERIAL	N° DE GOLPES	CLASSIFICAÇÃO	COESÃO APROXIMADA c (kgf/cm²)	PRESSÃO ADMISSÍVEL q_a (kgf/cm²)
ARGILA	< 2	muito mole	< 0,125	< 0,3 - 0,22
	2 - 4	mole	0,125 - 0,25	0,3 - 0,6 0,22 - 0,45
	4 - 8	média	0,25 - 0,5	0,6 - 1,2 0,45 - 0,9
	8 -15	rija	0,5 - 1	1,2 - 2,4 0,9 - 1,8
	15 - 30	muito rija	1 - 2	2,4 - 4,8 1,8 - 3,6
	> 30	dura	> 2	> 4,8 > 3,6
AREIA	0 - 4	muito fofa	-	É necessário compactação
	4 - 10	fofa	-	
	10 - 30	média	-	0,7 - 2,5
	30 - 50	compacta	-	2,5 - 4,5
	> 50	muito compacta	-	> 4,5

Notas: 1) As pressões admissíveis da linha superior referem-se às fundações isoladas e as da linha inferior, às fundações contínuas;

2) No valor de q_a, apenas para as argilas, foi considerado um fator de segurança igual a 3 (pressão de ruptura = q_a x 3).

Figura 8 – Correlação SPT x pressão admissível.

Fonte: THEMAG ENGENHARIA, 1971.

GRAU	DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DE CAMPO	CAMPO APROXIMADO DE VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (MPa)
S1	Solo muito mole	Facilmente penetrado por várias polegadas com o pulso	< 0,025
S2	Solo mole	Facilmente penetrado por várias polegadas com o dedo polegar	0,025 - 0,050
S3	Solo firme	Pode ser penetrado com o dedo polegar, por várias polegadas com moderado esforço	0,050 - 0,10
S4	Solo rígido	Prontamente amolgado pelo dedo polegar, mas penetrado somente com grande esforço	0,10 - 0,25
S5	Solo muito rijo	Prontamente recortado pela unha	0,25 - 0,50
S6	Solo duro	Recortado com dificuldade pela unha	> 0,50
R0	Rocha extremamente fraca	Marcada pela unha	0,25 - 1,0
R1	Rocha muito fraca	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo. Pode ser raspada por canivete.	1,0 - 5,0
R2	Rocha fraca	Pode ser raspada por canivete com dificuldade. É marcada por firme pancada com a ponta do martelo de geólogo.	5,0 - 25
R3	Rocha medianamente resistente	Não pode ser raspada por canivete. Amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo.	25 - 50
R4	Rocha resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturarem-se.	50 - 100
R5	Rocha muito resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se.	100 - 250
R6	Rocha extremamente resistente	Amostras podem somente ser lascadas com o martelo de geólogo.	> 250

Figura 9 – Correlação entre características de campo de solos e rochas e a resistência à compressão uniaxial.

Fonte: ISRM, 1978.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Praticamente sã	Macroscopicamente, existem poucos indícios de alteração física ou química dos minerais. Minerais apresentam brilho ou descoloração incipiente. A rocha quebra-se com dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes, que resistem ao corte por lâmina de aço.
A2	Medianamente alterada	Minerais medianamente alterados, geralmente sem apresentar brilho. Cor da rocha original bastante mascarada pela alteração. A rocha quebra-se com relativa dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes, que podem ser abatidas por lâmina de aço.
A3	Alterada	Minerais alterados. A rocha quebra-se com relativa facilidade ao golpe de martelo. O fragmento não possui bordas cortantes, as quais podem ser abatidas facilmente por lâmina de aço.
A4	Muito a extremamente alterada	Minerais apresentam-se pulverulentos, o fragmento esmaga-se facilmente ao golpe de martelo. As bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca sulco acentuado na superfície do fragmento. Pode incluir solo de alteração.

10a – Grau de alteração para gnaisses, migmatitos, granitos e granitóides.
Fonte: TOGNON et al., 1981.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Sã ou praticamente	Alteração ausente ou incipiente
A2	Medianamente alterada	Minerais medianamente alterados. Minerais geralmente não apresentam brilho. Materiais de alteração mascarando a cor da rocha original.
A3	Muito a extremamente alterada	Minerais apresentam-se pulverulentos e totalmente sem brilho

10b – Quadro do grau de alteração.
Fonte: GUIDICINI *et al.*, 1972.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Sã	Alteração ausente
A2	Pouco alterada	Apreciável oxidação das fraturas
A3	Medianamente alterada	Matriz pouco alterada
A4	Muito alterada	Matriz profundamente alterada
A5	Decomposta	Solos com vestígios da estrutura original

10c – Grau de alteração para basaltos, metassedimentos e granito-gnaisses. (Fig. 10 continua)
Fonte: CAMARGO *et al.*, 1978.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1	Sã (S)	Não apresenta vestígios de ter sofrido alterações físicas e químicas dos minerais principais.
A2	Pouco alterada (PC)	Apresenta sinais de alteração incipientes dos minerais primários. Em geral, é ligeiramente descolorida. Apresenta praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha sã.
A3	Medianamente alterada (MD)	Apresenta-se com os minerais medianamente alterados. É bastante descolorida e suas propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha pouco alterada, sendo, entretanto, uma rocha bastante resistente, quebrando-se com relativa dificuldade sob a ação do martelo. Quando pouco fraturada, só pode ser escavada a fogo. É uma rocha adequada como fundação de obras de concreto.
A4	Muito alterada (MT)	Apresenta-se com os minerais muito alterados, às vezes pulverulentos e friáveis. Suas propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha medianamente alterada. Quebra-se facilmente com as mãos e é escavada a picareta.
A5	Extremamente alterada (EXT) ou solo de alteração	Rocha decomposta ou solo em que se mantêm ainda as estruturas da rocha original. Escavável a enxadão.

10d – Grau de alteração para basaltos.

Fonte: adaptado de CAMARGO et al., 1972.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1 RS	Rocha sã	Sã ou praticamente sã. Alteração mineralógica nula ou incipiente. Cor original intacta. Escavável a fogo e perfuração com rotativa.
A2 RAD	Rocha alterada dura	Alteração mineralógica perceptível. Cores esmaecidas e pequenas transformações físico-químicas. Escavável a fogo e perfuração com rotativa.
A3 RAM	Rocha alterada mole	Alteração mineralógica acentuada. Cores parcialmente modificadas e intensa transformação físico-química. Escavável a picareta ou escarificador e perfuração com trépano e lavagem. (Ver restrição para rochas brandas.)
A4 SA	Solo de alteração	Alteração mineralógica praticamente completa. Cores totalmente modificadas e transformação físico-química completa, exceto nos minerais resistentes. Escavável a enxadão e perfuração a percussão.

10e –Grau de alteração de rochas.

Fonte: THEMAG, 2012.

Figura 10 – Grau de alteração.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Muito coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que resistem ao corte por lâminas de aço. Superfície dificilmente riscada por lâmina de aço.
C2	Coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. O fragmento possui bordas cortantes que podem ser abatidas pelo corte com lâmina de aço. Superfície riscável por lâmina de aço.
C3	Pouco coerente	Quebra facilmente ao golpe do martelo. As bordas do fragmento podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca um sulco acentuado na superfície do fragmento.
C4	Friável	Esfarela ao golpe do martelo. Desagrega sob pressão dos dedos.

11a – Grau de coerência.
Fonte: GUIDICINI et al., 1972.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Muito coerente	Som metálico. Quebra com dificuldade com o martelo.
C2	Coerente	Som fraco. Quebra com facilidade com o martelo.
C3	Pouco coerente	Pode-se cortar com canivete.
C4	Sem coerência	Desmancha-se entre as mãos.

11b – Coerência para basaltos, metassedimentos e granito-gnaisses.
Fonte: CAMARGO *et al.*, 1972.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (MPa)	
C5	Extremamente branda	Marcada pela unha	R0	0,25 - 1,0
	Muito branda	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo. Pode ser raspada por canivete.	R1	1,0 - 5,0
C4	Rocha branda	Pode ser raspada por canivete com dificuldade. Marcada com firme pancada com ponta do martelo de geólogo.	R2	5 - 25
C3	Medianamente resistente	Não pode ser marcada por canivete. Amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo.	R3	25 - 50
C2	Resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturarem-se.	R4	50 - 100
C1	Muito resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se.	R5	100 - 250
	Extremamente resistente	Amostras podem ser apenas lascadas com o martelo de geólogo.	R6	> 250

11c – Coerência segundo ISRM.
Fonte: ABGE, 1983.

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, formando poucos fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente ou apenas levemente riscada por lâmina de aço. Características mecânicas elevadas.
C2	Medianamente coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo, em vários fragmentos com bordas que podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca um sulco pouco acentuado na superfície do fragmento. Características mecânicas boas.
C3	Pouco coerente	Quebra facilmente ao golpe do martelo, produzindo muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente. A lâmina de aço produz sulcos profundos na superfície do fragmento. Características mecânicas baixas.
C4	Incoerente	Esfarela ao golpe do martelo e desagrega sob a pressão dos dedos. Pode ser cortado por lâmina de aço. Friável. Características mecânicas muito baixas.

11d – Grau de coerência de rochas.

Fonte: THEMAG, 2012.

SIGLA	DESIGNAÇÃO	VALOR DE C* (g)	CARACTERÍSTICAS DA ROCHA
C1	Coerente	< 0,1	• Superfície riscável por ponta de aço. Sulco produzido normalmente mostra profundidade inferior a 1 mm. • Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, produzindo poucos fragmentos de bordas cortantes.
C2	Medianamente coerente	0,1 - 0,4	• Superfície riscável por ponta de aço. O sulco produzido apresenta geralmente profundidades entre 1 e 2 mm. • Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos com bordas quebradiças por pressão dos dedos.
C3	Pouco coerente	0,4 - 1,4	• Superfície facilmente riscável durante o ensaio. Os sulcos produzidos apresentam profundidades entre 2 e 4 mm. • Quebra com muita facilidade ao golpe do martelo (esfarela), produzindo fragmentos que podem ser partidos manualmente.
C4	Incoerente	> 1,4	• Superfície profundamente riscável por ponta de aço, mostrando profundidades acima de 4 mm. • Quebra facilmente com pressão dos dedos, desagregando-se.

11e – Grau de coerência para rochas brandas.

*C: Valor obtido com equipamento desenvolvido por Soares (1991) e correlacionável a resistência à compressão uniaxial. Vide Figura 12a.

Fonte: SOARES, 1991.

Figura 11 – Grau de coerência.

SIGLA	VALOR DE C (g)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES - RCS (MPa)
C1	< 0,1	> 20,0
C2	0,1 - 0,4	20,0 - 10,0
C3	0,4 - 1,4	10,0 - 5,0
C4	> 1,4	< 5,0

12a – Correlação da coerência com a resistência à compressão simples.

Fonte: SOARES, 1991.

COERÊNCIA	σ_c (kg/cm²)	ESCARIFICABILIDADE	VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS LONGITUDINAIS (km/s)
C1	25 a 150	Não escarificável	> 2,6
C2	10 a 70	Marginal	2,6
C3	10 a 15	Escarificável	1,3
C4	< 10	Escarificável	< 1,3
Notas: 1) Escarificador D9G com porta-pontas múltiplo ou simples (Caterpillar); 2) σ_c obtido a partir de ensaios em 88 corpos de prova (umidade natural).			

12b – Correlação entre coerência (C), resistência à compressão uniaxial (σc) e escarificabilidade – Arenito Caiuá com cimento limonítico do Pontal do Paranapanema, SP.

Fonte: MONTICELI, 1986.

Figura 12 – Correlações do grau de coerência com a resistência da rocha e do maciço rochoso.

GRAU	DESIGNAÇÃO	N° DE FRATURAS/m
F1	Ocasionalmente fraturado	< 1
F2	Pouco fraturado	1 a 5
F3	Medianamente fraturado	6 a 10
F4	Muito fraturado	11 a 20
F5	Extremamente fraturado	> 20
F6	Em fragmentos	Torrões, pedaços

13a – Basaltos.

Fonte: CAMARGO *et al.*, 1978.

GRAU	DESIGNAÇÃO	N° DE FRATURAS/m
F1	Ocasionalmente fraturado	< 2
F2	Pouco fraturado	2 a 4
F3	Medianamente fraturado	5 a 10
F4	Muito fraturado	11 a 15
F5	Extremamente fraturado	> 15

13b – Migmatito, gnaisse e granito.

Fonte: SILVA, 1977.

DESIGNAÇÃO	ESPAÇAMENTO DAS JUNTAS	N° DE FRATURAS/m
Muito fraturado	< 5 cm	> 20
Fraturado	5 cm - 30 cm	20 - 3
Moderadamente fraturado	30 cm - 1 m	3 - 1
Espaçado	1 m - 3 m	< 1
Muito espaçado	> 3 m	-

13c – Segundo Deere (1964).

GRAU	DESIGNAÇÃO	N° DE FRATURAS/m
F1	Ocasionalmente fraturado	≤ 1
F2	Pouco fraturado	2 - 5
F3	Medianamente fraturado	6 - 10
F4	Muito fraturado	11 - 19
F5	Extremamente fraturado	≥ 20

13d – Segundo Bieniawski.

Fonte: modificado por IPT, 1997.

GRAU	DESIGNAÇÃO	N° DE FRATURAS/m
F1	Muito pouco fraturada	0 a 1
F2	Pouco fraturada	2 a 5
F3	Medianamente fraturada	6 a 10
F4	Muito fraturada	11 a 20
F5	Extremamente fraturada	Em fragmentos

13e – Segundo Themag, 2012.

Figura 13 – Grau de fraturamento.

GRAU	DESIGNAÇÃO	RQD/IQR (%)
Q1	Excelente	90 a 100
Q2	Boa	75 a 89
Q3	Regular	50 a 74
Q4	Pobre	25 a 49
Q5	Muito pobre	0 a 24

Figura 14 – Qualidade do maciço rochoso baseado em valores do IQR/RQD.

Fonte: Modificado de Barton *et al*., 1974, com inclusão do IQR.

Projetista/Fiscal	CÁLCULO DO ENSAIO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA EM ROCHA - EPA					DADOS PARA CÁLCULO	Ø DO FURO		"H" EM RELAÇÃO À "PE"		
	OBRA:						x	m	COND.	DE	ATÉ
							P	0,1207	H1	ABAIXO	0,10
							H	0,0992	H2	0,10	1,00
Executante	FURO:	SM -	DIR./INCL.	0°	Ø TUBULAÇÃO DE ENSAIO	1"	N	0,0757	H3	1,00	5,00
							B	0,0600	H4	5,00	10,00
							A	0,0480	H5	10,00	ACIMA

ENSAIO DE CAMPO										CÁLCULO								
ENSAIO NÚMERO	INTERVALO		DIÂMETRO DO FURO		INCLINAÇÃO COM A VERTICAL (GRAU)	COSSENO DA INCLINAÇÃO	ALTURA DO MANÔMETRO "h" (m)	NÍVEL D'ÁGUA "N" (m)	ESTÁGIO DE CARGA "Pm" (kg/cm²)	VAZÃO MÉDIA "Q" (L/min)	TRECHO "L" (m)	CARGA DA COLUNA D'ÁGUA "H" (kg/cm²)	PERDA DE CARGA "Pc" (kg/cm²)	VAZÃO ESPECÍFICA "QE" (L/min/m)	CARGA EFETIVA "Ce" (kg/cm²)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA "PE" (L/min/m)(kg/cm²)	COEFICIENTE DE FORMA "Cf" (adimensional)	FATOR DE CORREÇÃO	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA "K" (cm/s)	GRAU DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA "H"
	INÍCIO	FINAL	PADRÃO	(m)																
1	8,00	12,00	H	0,0992	0°	1,0000	1,00	5,05	0,10	1,47	4,00	6,05	0,00	0,37	0,70	0,52	3,97	1,05E-04	5,46E-05	H3
									1,32	7,95			0,01	1,99	1,91	1,04			1,09E-05	
									2,63	12,37			0,01	3,09	3,22	0,96			1,01E-04	
									1,32	4,08			0,00	1,02	1,92	0,53			5,57E-05	
									0,10	0,79			0,00	0,20	0,70	0,28			2,94E-05	
2	12,00	15,00	H	0,0992	0°	1,0000	1,00	7,05	0,10	2,82	3,00	8,05	0,00	0,94	0,90	1,04	3,69	9,74E-05	1,01E-04	H3
									1,69	6,19			0,01	2,06	2,49	0,83			8,08E-05	
									3,38	10,81			0,01	3,60	4,17	0,86			8,38E-05	
									1,69	3,20			0,00	1,07	2,49	0,43			4,19E-05	
									0,10	1,94			0,00	0,65	0,90	0,72			7,01E-05	
3	17,00	20,00	H	0,0992	0°	1,0000	1,05	7,25	0,10	0,00	3,00	8,30	0,00	0,00	0,93	0,00	3,69	9,74E-05	0,00E+00	H2
									2,30	1,85			0,00	0,62	3,13	0,20			1,95E-05	
									4,60	3,42			0,00	1,14	5,43	0,21			2,05E-05	
									2,30	2,01			0,00	0,67	3,13	0,21			2,05E-05	
									0,10	0,00			0,00	0,00	0,93	0,00			0,00E+00	
4	20,00	23,00	H	0,0992	0°	1,0000	1,00	7,25	0,10	0,63	3,00	8,25	0,00	0,21	0,92	0,23	3,69	9,74E-05	2,24E-05	H3
									2,70	10,50			0,02	3,50	3,50	1,00			9,74E-05	
									5,40	19,00			0,07	6,33	6,15	1,03			1,00E-04	
									2,70	11,22			0,03	3,74	3,50	1,07			1,04E-04	
									0,10	0,90			0,00	0,30	0,92	0,32			3,12E-05	
5	21,00	23,00	H	0,0992	0°	1,0000	1,25	7,25	0,10	0,23	2,00	8,50	0,00	0,12	0,95	0,12	3,28	8,67E-05	1,04E-05	H2
									2,75	2,49			0,00	1,25	3,60	0,35			3,03E-05	
									5,50	4,80			0,01	2,40	6,34	0,38			3,29E-05	
									2,75	2,62			0,00	1,31	3,60	0,36			3,12E-05	
									0,10	0,40			0,00	0,20	0,95	0,21			1,82E-05	
6	24,00	27,00	N	0,0757	0°	1,0000	1,05	7,25	0,10	0,00	3,00	8,30	0,00	0,00	0,93	0,00	3,96	1,05E-04	0,00E+00	H1
									3,20	0,00			0,00	0,00	4,03	0,00			0,00E+00	
									6,40	0,00			0,00	0,00	7,23	0,00			0,00E+00	
									3,20	0,00			0,00	0,00	4,03	0,00			0,00E+00	
									0,10	0,00			0,00	0,00	0,93	0,00			0,00E+00	
7	32,00	35,00	N	0,0757	0°	1,0000	1,03	7,25	0,10	0,00	3,00	8,28	0,00	0,00	0,93	0,00	3,96	1,05E-04	0,00E+00	H1
									4,20	0,00			0,00	0,00	5,03	0,00			0,00E+00	
									8,40	0,00			0,00	0,00	9,23	0,00			0,00E+00	
									4,20	0,00			0,00	0,00	5,03	0,00			0,00E+00	
									0,10	0,00			0,00	0,00	0,93	0,00			0,00E+00	
8	35,00	38,00	N	0,0757	0°	1,0000	1,06	7,25	0,10	0,00	3,00	8,31	0,00	0,00	0,93	0,00	3,96	1,05E-04	0,00E+00	H1
									4,55	0,00			0,00	0,00	5,38	0,00			0,00E+00	
									9,10	0,00			0,00	0,00	9,93	0,00			0,00E+00	
									4,55	0,00			0,00	0,00	5,38	0,00			0,00E+00	
									0,10	0,00			0,00	0,00	0,93	0,00			0,00E+00	

Figura 15 – Modelo de planilha de cálculo de permeabilidade em rocha.

Fonte: MATTOS, 1998.

	PARÂMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PADRONIZADOS OBRA:	EXECUTANTE	
		MÊS/ANO	
		REV.	00

GRAU DE ALTERAÇÃO		
GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1 RS	Rocha Sã	Sã ou praticamente sã. Alteração mineralógica nula ou incipiente. Cor original intacta. Escavável a fogo, perfuração com rotativa.
A2 RAD	Rocha Alterada Dura	Alteração mineralógica perceptível. Cores esmaecidas e pequenas transformações físico-químicas. Escavável a fogo, perfuração com rotativa.
A3 RAM	Rocha Alterada Mole	Alteração mineralógica acentuada. Cores parcialmente modificadas e intensa transformação físico-química. Escavável a picareta ou escarificador, perfuração com trépano e lavagem. (Ver restrição para rochas brandas.)
A4 SA	Solo de Alteração	Alteração mineralógica praticamente completa. Cores totalmente modificadas e transformação físico-química completa, exceto nos minerais resistentes. Escavável a enxadão e perfuração a percussão.

GRAU DE COERÊNCIA		
GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, formando poucos fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente ou apenas levemente riscada por lâmina de aço. Características mecânicas elevadas.
C2	Medianamente coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo, em vários fragmentos com bordas que podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca um sulco pouco acentuado na superfície do fragmento. Características mecânicas boas.
C3	Pouco coerente	Quebra facilmente ao golpe do martelo, produzindo muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente. A lâmina de aço produz sulcos profundos na superfície do fragmento. Características mecânicas baixas.
C4	Incoerente	Esfarela ao golpe do martelo e desagrega sob a pressão dos dedos. Pode ser cortado por lâmina de aço. Friável. Características mecânicas muito baixas.

GRAU DE FRATURAMENTO		
GRAU	DESIGNAÇÃO	Nº DE FRATURAS/m
F1	Muito pouco fraturada	0 a 1
F2	Pouco fraturada	2 a 5
F3	Medianamente fraturada	6 a 10
F4	Muito fraturada	11 a 20
F5	Extremamente fraturada	em fragmentos

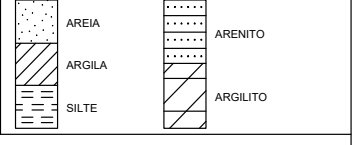
ROCK QUALITY DESIGNATION - RQD	
QUALIDADE DA ROCHA	PORCENTAGEM (%)
Excelente	100 - 91
Boa	90 - 76
Regular	75 - 51
Pobre	50 - 26
Muito Pobre	25 - 0

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	
GRAU	(L/min/m)(kg/cm²)
H1	<0,1 (Muito Baixa)
H2	De 0,1 a 1,0 (Baixa)
H3	De 1,0 a 5,0 (Média)
H4	De 5,0 a 10,0 (Alta)
H5	> 10,0 (Muito Alta)

ENSAIOS SPT E SONDAGENS A PERCUSSÃO			
AREIAS E SILTES ARENOSOS		ARGILAS E SILTES ARGILOSOS	
COMPACIDADE	Nº GOLPES/30 cm FINAIS	CONSISTÊNCIA	Nº GOLPES/30 cm FINAIS
Fofa	≤ 4	Muito mole	≤ 2
Pouco compacta	5 a 8	Mole	3 a 5
Medianamente compacta	9 a 18	Média	6 a 10
Compacta	19 a 40	Rija	11 a 19
Muito compacta	> 40	Dura	> 19

CRITÉRIO DE IMPENETRÁVEL NA SONDAGEM A PERCUSSÃO COM BASE NOS ENSAIOS DE SPT	
1	Penetração <5 cm/10 golpes, sem computar os primeiros 5 cm
2	Nº de golpes >50/45 cm de penetração do amostrador

LEGENDA PARA PERFIL GEOLÓGICO



ORIENTAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		
H	Horizontal	Descontinuidades Horizontais
SH	Sub-horizontal	com mergulho de 0° a 20°
I	Inclinada	com mergulho de 20° a 70°
SV	Subvertical	com mergulho de 70° a 90°

TIPOS DE SUPERFÍCIE E PREENCHIMENTO DAS DESCONTINUIDADES

COM CONTATO ROCHA x ROCHA		
R1	Rugosa	Superfícies irregulares; os testemunhos se encaixam naturalmente (fratura travada)
R2	Estriada	Superfície com estrias; o deslizamento é mais fácil em uma direção
R3	Plana	Superfícies planas; o deslizamento é fácil em qualquer direção
R4	Sedosa	Superfícies sedosas ou "talcosas" ao tato

SEM CONTATO ROCHA x ROCHA		
P0		Descontinuidades com suspeita de preenchimento (os testemunhos não se encaixam)
P1 (5)	Granular	Descontinuidades preenchidas por material granular incoerente (indicada espessura em mm)
P2 (5)	Misto	Descontinhidades preenchidas por material granular e argiloso (indicada espessura em mm)
P3 (5)	Argiloso	Descontinuidades preenchidas por material argiloso (indicada espessura em mm)

NOTAS E OBSERVAÇÕES QUANTO AOS PARÂMETROS APRESENTADOS

1 Parâmetros apresentados seguem a norma .... (da Projetista ou Fiscalização)
2 Os parâmetros dos ensaios de permeabilidade seguem normas da ABGE - Ensaios de Permeabilidade
3 Legendas para Perfil Geológico seguem norma ABNT NBR13441, com adaptação da ... (Projetista ou Fiscalização)

OBSERVAÇÃO QUANTO AOS HISTOGRAMAS DOS PARÂMETROS GEOMECÂNICOS:

Para a representação dos histogramas de Alteração, Coerência e Fraturamento, adotou-se a cor cinza para o grau subordinado:

FRATURAMENTO	predominante	subordinado
ALTERAÇÃO	predominante	subordinado
COERÊNCIA	predominante	subordinado

Figura 16 – Modelo de parâmetros geológico-geotécnicos padronizados.

Fonte: THEMAG, 2012.

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DA ALTERAÇÃO DAS PAREDES E PREENCHIMENTO
D1	Contato rocha-rocha, com paredes sãs. Ausência de oxidação e preenchimento.
D2	Paredes sãs, revestidas com materiais rijos (carbonato, zeólita, sílica etc.).
D3	Contato rocha-rocha, com paredes praticamente sãs (ou com alteração incipiente). Pode conter película de argila, óxido de Fe, Mn etc.
D4	Contato rocha-rocha, com paredes alteradas e/ou muito oxidadas. Pode conter preenchimento milimétrico de argila, areia, óxidos de Fe, Mn etc.
D5	Paredes alteradas e oxidadas, com preenchimento de espessura centimétrica a decimétrica. Nesse caso, deve-se descrever o material do preenchimento, estimando a sua espessura.

Figura 17a – Estado de alteração das paredes e tipo de preenchimento das descontinuidades.

Fonte: IPT, 1997.

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES DAS DESCONTINUIDADES
D1	Contato rocha-rocha. Paredes sãs.
D2	Contato rocha-rocha. Presença de material pétreo rijo, como calcita e sílica.
D3	Paredes com alteração incipiente, com sinais de percolação de água. Preenchimento ausente.
D4	Paredes alteradas. Preenchimento ausente.
D5	Paredes alteradas. Com preenchimento (ag1 - preenchimento argiloso com espessura de 1 mm ou gr10 - preenchimento granular com espessura de 10 mm).

Figura 17b – Tipo de preenchimento e alteração das paredes.

Fonte: OJIMA e SERRA, 2020.

GRUPO		DESCRIÇÃO
RUGOSIDADE	Rugosa	Fratura que possui as paredes ásperas ao tato.
	Lisa	Fratura que possui as paredes lisas, suaves ao tato.
ESTADO DE ALTERAÇÃO	Paredes sãs	Paredes sem vestígio de alteração. É comum a ocorrência de película submilimétrica de minerais secundários, geralmente escuros.
	Paredes com alteração incipiente	Paredes descoloridas ou com revestimento submilimétrico, às vezes milimétrico, de óxido de ferro (mais comum), películas coloridas diversas, pontos pretos e outras feições semelhantes, indicativas de percolação de água. Essa descrição deve ser correlacionada aos ensaios de perda d'água sob pressão.
	Paredes alteradas	Paredes que se apresentam com os minerais muito alterados e friáveis, sujeitos à remoção com a pressão das unhas. A alteração possui espessura submilimétrica a milimétrica em cada parede.
	Paredes muito alteradas	Paredes que se apresentam com as mesmas características do caso anterior, porém a espessura atinge centímetros em cada parede.
ESTRIAS DE FRICÇÃO	Paredes com estrias de fricção	Paredes com presença ou indícios de estrias de fricção (riscos brilhantes ou superfícies espelhadas). A ausência de estrias não precisa ser descrita.
ESPESSURA	Espessura submilimétrica	Quando se acredita que a espessura da descontinuidade é menor que 1 mm.
	Espessura milimétrica	Quando se acredita que a espessura da descontinuidade varia entre 1 e 10 mm.
	Espessura centimétrica	Quando se acredita que a espessura da descontinuidade varia entre 1 e 10 cm. Caso possível, deve-se indicar o valor da espessura em cada sondagem.
	Espessura decimétrica	Quando se acredita que a espessura da descontinuidade varia entre 10 e 100 cm. Deve-se indicar a espessura provável em cada sondagem.
	Espessura métrica	Quando se acredita que a espessura da descontinuidade é maior que 1 m. Deve-se indicar a espessura provável em cada sondagem.
PREENCHIMENTO	Material pétreo	Quando ocorre material pétreo soldando a fratura.
	Material arenoso e/ou silto-arenoso	Quando ocorrem materiais granulares, transportados ou resultantes da alteração *in situ* da própria rocha, preenchendo a fratura.
	Material argiloso e/ou silto-argiloso	Quando ocorrem materiais finos e lubrificantes, transportados ou resultantes da alteração *in situ* da própria rocha, preenchendo a fratura.

Figura 17c – Condições das descontinuidades para basaltos.

Fonte: MONTICELI, 1986.

Figura 17 – Condições das descontinuidades.

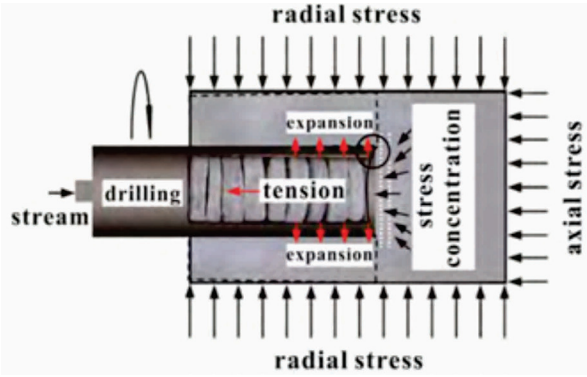


Figura 18a – Processo de formação de disqueamento.
Fonte: adaptado de HAOZHE *et al.*, 2013.

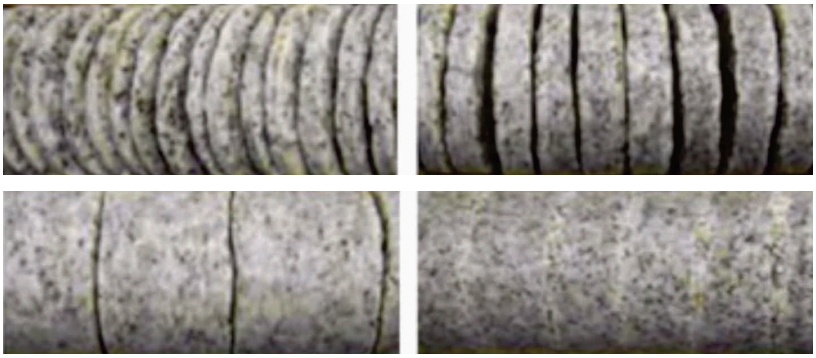


Figura 18b – Diferentes espessuras de discos.
Fonte: adaptado de HAOZHE *et al.*, 2013.

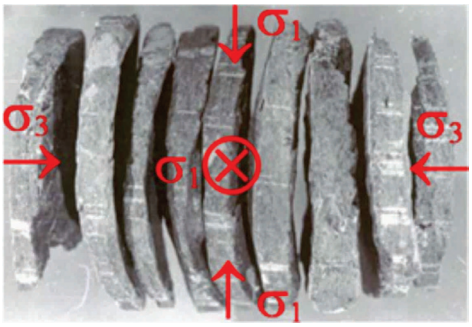


Figura 18c – Disco curvos em forma de prato e as tensões atuantes.
Fonte: adaptado de FIGUEIREDO, 2013.

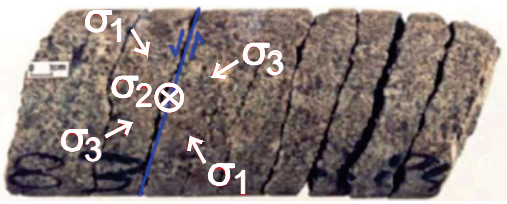


Figura 18d – Discos planares e as tensões atuantes.
Fonte: adaptado de FIGUEIREDO, 2013.

Figura 18 – Disqueamento.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (AGS-BR) e mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Figura 1 – Classificação geológica (genética) de solos.

	Gênese		Critério	Classificação	Sigla	Classificação opcional e sigla	
		DEPÓSITO TECNOGÊNICO	Solo ou Solo + Detritos	**Aterro**	**AT**	–	
Solo	Transportado	FLUVIAL	Nível de base atual	**Aluvião**	**AL**	–	
			Nível de base superior	**Terraço Fluvial**	**TF**		
		MARINHO		**Sedimentos Marinhos**	**SM**	Mangue (MA)	
		EÓLICO		**Sedimentos Eólicos**	**SE**	Duna (DU)	
		GRAVITACIONAL	Somente solo	**Coluvião**	**CO**	–	
			Solo + Blocos de rocha	**Tálus**	**TL**		
	Não Transportado (In situ)		HOMOGÊNEO	**Eluvião**	**EL**	Solo Residual	**Maduro (SRM)**
			HETEROGÊNEO	**Solo de Alteração/ Solo Residual**	**SA/SR**		**Jovem (SRJ)/ Saprolito (SAP)**
	Situação específica: Sedimentos Terciários (argilas, areias, etc...)		Solos de Bacias Terciárias	Sedimentos da Bacia de São Paulo (ou outra)	**SBSP**	–	

1. A coluna " Classificação Opcional" indica classificações ainda usuais e suas respectivas Siglas.
2. Sugere-se usar a denominação **Solo Residual** (completar com o nome da rocha original) para as rochas sedimentares; e Solo de Alteração (completar com o nome da rocha original) quando se tratar de rochas ígneas e metamórficas.
3. O termo Solo Resíduo – Coluvial (ou Elúvio-Coluvial), sigla RC (ou EC), é usado quando há dificuldade em separar esses dois tipos de solos.
4. Saprolito (sigla SAP) ou solo saprolítico (sigla SS) correspondem ao Solo de Alteração. Saprolito designa material bastante heterogêneo, podendo conter fragmentos de rocha.
5. A classificação é flexível para ser adequada as características geológicas de cada sítio.

Figura 19 – Classificação geológica (genética) de solos – Modelo de padronização
Fonte: Norma ABGE 103/2023 - Anexo 2 (pág. 62)

ANEXO II – METODOLOGIA DE CÁLCULO DO IRP (SPT) – ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

EXEMPLO A: (nº de golpes/penetração em centímetros)
3/15, 8/15 e 9/15

Isso significa que para cravar o 1° trecho foram necessários 3 golpes, para o segundo utilizou-se 8 golpes e para o 3°, 9 golpes.

Terzaghi definiu que a resistência à penetração é expressa pelo número de golpes necessários para cravar o 2° e o 3° trechos (últimos 30 cm).

Foi desprezado o número de golpes necessário para cravar o 1° trecho, pois este poderia apresentar-se influenciado pelos processos de perfuração.

SPT = X-Y (**a**).

X = n° de golpes exigidos para penetrar 45 cm

Y = n° de golpes exigidos para cravar o 1° trecho (15 cm)

Assim, temos para o EXEMPLO A: SPT = 20 -3 = 17.

Os resultados obtidos da **equação** (**a**) são apresentados com um simples número indicativo da quantidade de golpes aplicados, subentendendo-se que são relativos aos 30 cm finais (2° e 3° trechos).

DIFICULDADES NA PRÁTICA

Em solos moles é comum que o simples apoio da coluna de hastes e amostrador faça o tubo amostrador (também chamado penetrômetro) ultrapassar os limites de 15 cm (1° trecho) ou ainda o limite final de 45 cm. No caso de ultrapassar os últimos 30 cm deve ser anotado SPT igual a zero.

Em solos muito compactos, há a necessidade de se interromper os golpes, conforme os critérios de impenetrável ao SPT.

1. CÁLCULO DO SPT EM SOLOS MOLES

Nesse caso, as penetrações são sempre superiores ao trecho em que se pretende ensaiar. Tal situação permite deduzir a fração de golpes utilizados para o trecho em questão e a fração de golpes excedentes.

Esse processo de cálculo chama-se **interpolação**. Seguem dois exemplos:

EXEMPLO B: 2/18, 2/14 e 3/17

O cálculo de Y deve ser obtido na primeira relação (2/18) referente ao 1° trecho.

O valor de X deve ser obtido descontando-se do total de golpes o excesso de golpes que fez o penetrômetro ultrapassar o limite de 45 cm. Esse excesso (4 cm) deve ser calculado da última relação 3/17, pois está contida nela.

Cálculo de Y

$$\frac{2}{18} = \frac{Y}{15} \quad >> \quad Y = \frac{2x\ 15}{18} \quad >> \quad Y = 1{,}7$$

Cálculo de X

$$\frac{3}{17} = \frac{\text{excesso}}{4} \quad >> \quad \text{excesso} = \frac{3\ x\ 4}{17} = 0{,}7$$

Portanto X = 7 – 0,7 = 6,3

Aplicando esses resultados na **equação** (**a**) SPT = 6,3 – 1,7 = 4,6

Aproximações:

Tratando-se de estudos para fundações: SPT = 4

Tratando-se de estudos para escavações: SPT = 5

EXEMPLO C: 1/50

Como foi ultrapassado de uma só vez todo o trecho em pesquisa, a interpolação simplifica-se em apenas uma operação:

$$\frac{1}{50} = \frac{SPT}{30} \quad >>> \quad SPT = \frac{30\ x\ 1}{50} \quad >>> \quad SPT = 0{,}6$$

Aproximações:

Tratando-se de estudo para fundações SPT = 0 (argila e silte) e SPT = 1 (areias)

Tratando-se de estudo para escavação SPT = 1

OBS: Caso semelhante para o exemplo de 0/50 (só com o peso do martelo, o penetrômetro avançou 50 cm) dando um resultado SPT = 0 (para todos os tipos de granulometria).

EXEMPLO D: 1/15, 2/17 e 3/17

Nesse caso ocorreu excesso de penetração total (49 cm), com o excesso de 4 cm contido no 3° trecho.

Cálculo de X:

$$\frac{3}{17} = \frac{\text{excesso}}{4} \quad >>> \quad \text{excesso} = \frac{3 \times 4}{17} \quad >>> \quad \text{excesso} = 0{,}7$$

Portanto X = 5 – 0,7 = 4,3

Aproximações :

Tratando-se de estudo para fundações: SPT = 4

Tratando-se de estudo para escavações: SPT = 5

2. CÁLCULO DO SPT EM SOLOS RESISTENTES

Temos que considerar aqui dois casos, a saber:

A penetração foi maior que 15 cm e menor que 45 cm. Então, é possível calcular o Y (o 1° trecho foi ultrapassado), mas não se consegue calcular o X.

Um procedimento razoável é apresentar a relação na seguinte equação:

$$\text{SPT} = \frac{Z - Y}{N - 15} \quad \textbf{(b)}$$

Onde:

Z = nº de golpes (total)

Y = nº de golpes utilizados na cravação do 1 ° trecho

N = penetração total.

O exemplo a seguir ilustra numericamente a situação.

EXEMPLO E: 3/15 , 9/18 e 34/8 (46 golpes para penetrar 41 cm)

Onde : Z = 46 ; Y = 3 e N = 41.

Substituindo em (b)

$$SPT = \frac{46 - 3}{41 - 15} >>> SPT = \frac{43}{26}^{*}$$

Pode ocorrer, embora raro, que, no 1° trecho, o material foi tão amolecido, que não se conseguiu respeitar o limite de 15 cm, conforme o exemplo a seguir:

EXEMPLO F: 1/18, 16/15 e 26/4

Continua-se aplicando a **equação** (**b**), mas calculando por interpolação o valor de Y.

Portanto, o valor do SPT resulta:

$$\frac{1}{18} = \frac{Y}{15} >>>> Y = \frac{15 \times 1}{18} >>>> Y = 0{,}8$$

Aproximações:

Tratando-se de estudo para fundações, indicar no perfil: 42/22

Tratando-se de estudo para escavações, indicar no perfil: 43/22

2º caso: A penetração total foi menor que 15 cm

Aqui, o material é tão resistente que não se consegue calcular o SPT, por não haver possibilidade de calcular Y.

Deve-se também anotar a relação obtida. Ex. 21/8 ; 10/3 etc.

Fonte: SILVA e ANDREOTTI, 1977.

* Esta relação é o resultado obtido a ser indicado no perfil e não deve ser simplificada.

ANEXO III - CÁLCULO MANUAL DA PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA

Os exemplos a seguir mostram quatro resultados de ensaios de perda d'água sob pressão, com comportamentos diferentes.

O ensaio 8 da sondagem 19, apresentou um comportamento de acordo com a programação, ou seja, as pressões programadas foram aplicadas. Neste ensaio, utilizou-se o funil para aplicação das pressões mínimas. Nota-se que no preenchimento da planilha na coluna da pressão manométrica o valor deve ser anotado como 0 (zero), pois além da coluna resultante da altura do funil, não existe nenhuma pressão adicional.

No ensaio 5 da sondagem 15, as pressões mínimas e intermediárias foram aplicadas de acordo com a programação, mas a pressão máxima programada de 3,9 kgf/cm^2 não foi atingida mesmo com a vazão máxima da bomba, de 99,2 L/min. A pressão atingida com a vazão total da bomba foi de 2,1 kgf/cm^2. O cálculo da perda d'água específica, e consequentemente da permeabilidade, não foi possível no estágio máximo de pressão, porque o cálculo da carga efetiva que atuou no trecho de ensaio resultou negativo, o que levou a se considerar a permeabilidade nesse estágio como indeterminada. Certamente, a carga que atuou no trecho de ensaio foi positiva, mas o resultado negativo foi devido ao próprio método de cálculo; o uso de um transdutor de pressão no trecho de ensaio eliminaria este problema, pois o seu valor seria determinado diretamente, evitando-se, assim, o cálculo indireto.

No ensaio 4 da sondagem 8, foi possível se aplicar somente as pressões mínimas e uma intermediária. Na aplicação da primeira pressão intermediária, não se atingiu a pressão programada de 2,06 kgf/cm^2, mas somente 0,70 kgf/cm^2 com a vazão total da bomba de 105 L/min. Neste caso, foi possível se determinar a permeabilidade, pois se dispunha dos valores de carga efetiva positiva (diferente do exemplo anterior) e de vazão (105 l/min). Este ensaio foi encerrado com três estágios de pressão.

No ensaio 8 da sondagem 8, foram aplicadas todas as pressões programadas com auxílio do manômetro (não se utilizou funil), e o ensaio transcorreu normalmente.

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA N°s 5 e 8

SONDAGEM N° 15 e 19

ENSAIO N°	P_{ob}	TRECHO L	DIÂM. FURO Nw_d	CANALIZAÇÃO C	ALT. MANÔM. h	N. A. ADOTADO N	ENSAIO
5	DE 15,5 m A 18,5 m	3,0 m	0,0756 m	DIÂM. = 3/4" COMP. = 16,32 m	0,82 m	9,30 m	ACIMA ☐ 1 ABAIXO ☒ 2 ARTES. ☐ 3 DO N. A.

PRESSÃO Pm MANOM. kgf/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q L/min	FATOR "F" F $x10^{-4}$ = 1,046	COLUNA D'ÁGUA H/10 = 1,012 kgf/cm²	PERDA DE CARGA Pc kgf/cm²	CARGA EFETIVA CE kgf/cm²	VAZÃO ESPEC. QE L/min/m	PERDA D'ÁGUA ESP. PE (L/min/m)(kgf/cm²)	COEFICIENTE PERMEABIL. K cm/s
0,1	25	23	26	24	25	24,8	*Não se atingiu a pressão de 3,9kgf/cm² com a vazão total da bomba		0,25	0,86	8,27	9,62	$1,0x10^{-3}$
	25	25	25	25	25								
1,9	68	68	69	68	67	68,0			1,5	1,41	22,67	16,08	$1,7x10^{-3}$
	68	68	68	68	68								
2,1*	99	100	99	100	99	99,2			3,2	−0,08	33,07	INDET	INDET
	99	99	99	99	99								
1,9	73	73	73	73	73	73,0			1,6	1,31	24,33	18,57	$1,9x10^{-3}$
	73	73	73	73	73								
0,1	26	26	26	25	27	26,0			0,28	0,83	8,67	10,45	$1,1x10^{-3}$
	26	26	26	26	26								

OBSERVAÇÕES

ENSAIO N°	P_{ob}	TRECHO L	DIÂM. FURO Nw_d	CANALIZAÇÃO C	ALT. MANÔM. h	N. A. ADOTADO N	ENSAIO
8	DE 13,0 m A 16,0 m	3,0 m	0,0756 m	DIÂM. = 1" COMP. = 13,96 m	0,96 m	10,0 m	ACIMA ☐ 1 ABAIXO ☒ 2 ARTES. ☐ 3 DO N. A.

PRESSÃO Pm MANOM. kgf/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q L/min	FATOR "F" F $x10^{-4}$ = 1,046	COLUNA D'ÁGUA H/10 = 1,096 kgf/cm²	PERDA DE CARGA Pc kgf/cm²	CARGA EFETIVA CE kgf/cm²	VAZÃO ESPEC. QE L/min/m	PERDA D'ÁGUA ESP. PE (L/min/m)(kgf/cm²)	COEFICIENTE PERMEABIL. K cm/s
(FUNIL)	5,3	5,6	5,7	5,3	4,9	5,1	Considerou-se Pc=0 quando a perda de carga foi inferior a 0,01kgf/cm²		0	1,09	1,70	1,55	$1,6x10^{-4}$
0,0	5,1	4,9	4,8	4,8	5,0								
1,6	19,1	18,9	18,8	17,4	18,8	19,1			0	2,69	6,37	2,36	$2,5x10^{-4}$
	18,7	19,3	19,4	20,1	20,0								
3,3	33,6	33,8	33,4	33,6	33,9	32,9	No 1° e 5° estágios foi usado funil (na altura do manômetro)		0	4,39	10,97	2,50	$2,6x10^{-4}$
	32,2	32,4	31,9	31,6	32,3								
1,6	20,2	23,8	23,7	23,3	22,4	22,8			0	2,69	7,60	2,82	$2,9x10^{-4}$
	22,6	23,0	22,8	23,0	22,7								
0,0	7,8	8,4	7,9	7,1	7,7	7,4			0	1,09	2,47	2,25	$2,4x10^{-4}$
(FUNIL)	6,9	7,0	7,1	7,2	7,1								

OBSERVAÇÕES

FISCAL DATA	VERIF. DATA	RESP. DATA	CALC. DATA	VERIF. DATA	RESP. DATA

Nota: INDET = Indeterminado
IMP = Impermeável

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA N°s 4 e 8

SONDAGEM N° SR-08

ENSAIO N° 4	Pob DE 16,50 m A 19,50 m	TRECHO L 3,0 m	DIÂM. FURO Hw d 0,0992 m	CANALIZAÇÃO C DIÂM. = 1" COMP. = 17,60 m	ALT. MANÔM. h 1,10 m	N. A. ADOTADO N 7,91 m	ENSAIO ACIMA ☐ 1 ABAIXO ☒ 2 ARTES. ☐ 3 DO N. A.

PRESSÃO Pm MANOM. kgf/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q L/min	FATOR "F" F 0,97 X10⁻⁴ / COLUNA D'ÁGUA H/10 0,901 kgf/cm²	PERDA DE CARGA Pc kgf/cm²	CARGA EFETIVA CE kgf/cm²	VAZÃO ESPEC. QE L/min/m	PERDA D'ÁGUA ESP. PE (L/min/m)(kgf/cm²)	COEFICIENTE PERMEABIL. K cm/s
0,2	18,9	19	19,2	19,4	19,4	19,4	*Não atingiu a pressão especificada (2,06kgf/cm²) com vazão total da bomba 105L/min	0,03	1,07	6,47	6,04	$5,8 \times 10^{-4}$
	19,5	19,4	19,5	19,6	19,6							
0,7*	105	105	105	105	105	105,0		0,50	1,10	35,0	31,79	$3,1 \times 10^{-3}$
	105	105	105	105	105							
0,2	36,4	36,5	36,4	36,6	36,7	36,7		0,09	1,011	12,23	12,09	$1,2 \times 10^{-3}$
	36,8	36,9	36,8	36,8	36,8							

OBSERVAÇÕES

ENSAIO N° 8	Pob DE 26,0 m A 29,0 m	TRECHO L 3,0 m	DIÂM. FURO Hw d 0,0992 m	CANALIZAÇÃO C DIÂM. = 1" COMP. = 27,06 m	ALT. MANÔM. h 1,06 m	N. A. ADOTADO N 13,78 m	ENSAIO ACIMA ☐ 1 ABAIXO ☒ 2 ARTES. ☐ 3 DO N. A.

PRESSÃO Pm MANOM. kgf/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q L/min	FATOR "F" F 0,97 X10⁻⁴ / COLUNA D'ÁGUA H/10 1,484 kgf/cm²	PERDA DE CARGA Pc kgf/cm²	CARGA EFETIVA CE kgf/cm²	VAZÃO ESPEC. QE L/min/m	PERDA D'ÁGUA ESP. PE (L/min/m)(kgf/cm²)	COEFICIENTE PERMEABIL. K cm/s
0,1	0	0	0	0	0	0,0	Considerou-se Pc=0 quando a perda de carga foi inferior a 0,01kgf/cm²	0	1,58	0	0	IMP
	0	0	0	0	0							
3,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9		0	4,68	0,63	0,13	$1,3 \times 10^{-5}$
	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7							
6,5	9,2	8,4	8	8	8,5	8,2		0,01	7,98	2,73	0,34	$3,3 \times 10^{-5}$
	8,1	8,2	7,9	7,9	7,8							
3,2	2,5	2,6	2,8	2,9	2,8	2,7		0	4,68	0,90	0,19	$1,8 \times 10^{-5}$
	2,8	2,7	2,7	2,6	2,7							
0,1	0	0	0	0	0	0,0		0	1,58	0	0	IMP
	0	0	0	0	0							

OBSERVAÇÕES

FISCAL DATA	VERIF. DATA	RESP. DATA	CALC. DATA	VERIF. DATA	RESP. DATA

ANEXO IV- PLANILHAS PARA DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SONDAGENS E MODELO DE PERFIL

CLASSIFICAÇÃO – SONDAGEM ROTATIVA –GEOLOGIA E COERÊNCIA/ALTERAÇÃO

Local:_____ Azimute/Inclinação: _____

Sondagem: _____ Coordenadas: _____

Trechos Homogêneos

De	Até	Recuperação	Unidade geológico-geotécnica	Descrição	Coerência / Alteração

Figura 1 – Anexo IV.

DESCRIÇÃO - SONDAGEM ROTATIVA - CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES Ver padronização dos parâmetros na Fig. 17

Sondagem Nº: Cliente: Azimute/Inclinação: Cota:

Local Coordenadas N:

E:

Trechos Homogêneos

DE	ATÉ	Comp. Trecho	No. Fraturas			IQR	%	Orientação					Rugosidade, Contato Rocha x Rocha				Sem contato Rocha x Rocha -Indidicar a espessura do prenchimento em "mm" entre "( )"						Alteração das Paredes	Observações
			Quant.	Frat/m	G. F			H	SH	I	V	SV	R-1	R-2	R-3	R-4	P0	P1(5)	P2 (5)	P3 (5)	P4 (5)	P5 (5)		

Figura 2 – Anexo IV

DESCRIÇÃO – SONDAGEM ROTATIVA – CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES

Local: _____ Azimute/Inclinação: _____

Sondagem: _____ Coordenadas: _____

Trechos Homogêneos

De	Até	N°. Fraturas	RQD (+/-)	Orient.	Rugos.	Preench. / alteração	Observações

Figura 3 – Anexo IV.

DESCRIÇÃO DE SONDAGEM VISANDO À CLASSIFICAÇÃO Q

Sondagem:	**Cliente:**	**Obra:**	
Local:	**Inclinação:** Vertical	**Estaca:**	
Coord.N :	**Coord. E:**	**Cota:**	**m**
Coord.N (UTM):	Coord. E (UTM):	m	Cota SC: m
Início:	**Término**:	**Empreiteira:**	
Cond. Terreno:	**Sondador**:	**Procedência:**	
Destino:	**Especificações:**		
Técnico:	Geólogo:		

Fonte: MATTOS, 1998.

Descrição de sondagem					
Trecho (m)		**Estrato geológico-geotécnico**	**Constituintes**	**Cores**	**Particulares**
De	**Até**				
0,00	0,60	Aterro	Argila areno-siltosa com fragmentos de rocha	Marrom avermelhada	
0,60	2,40	Aluvião	Areia fina	Cinza clara	
2,40	4,50		Areia média a grossa		
4,50	9,36	Sedimento terciário	Silte arenoso	Cinza esverdeado	
9,36	10,40				
10,40	15,93		Intercalações de argila siltosa com silte arenoso	Marrom avermelhado/ cinza esverdeado	
15,93	17,50	Gnaisse	Quartzo, feldspato, biotita	Cinza esverdeado	
17,50	30,52			Cinza claro a róseo	Granulação média a grossa

Figura 4 – Anexo IV.

Caracterização da alteração e coerência					
Trecho (m) De	Até	Grau de alteração	Trecho (m) De	Até	Grau de coerência
0,00	15,93	-	0,00	15,93	–
15,93	17,60	A3/A4	15,93	17,60	C5
17,60	18,81	A3	17,60	18,81	C3
18,81	20,69	A2	18,81	20,69	C2
20,69	20,94	A3	20,69	20,94	C3
20,94	30,52	A2/A1	20,94	30,52	C1

Nº da sondagem: SR-05				
Profundidade (m) De	Até	Manobra	Recuperação	Porcentagem (%)
0,00	9,36	Sem recuperação		
9,36	9,84	0,48	0,45	93,8
9,84	10,40	0,56	0,56	100
10,40	11,21	0,81	0,67	82,7
11,21	12,70	1,49	1,49	100
12,70	14,25	1,55	1,53	9,7
14,25	15,37	1,12	1,12	100
15,37	15,93	0,56	0,13	23,2
15,93	16,80	0,7	0,87	100
16,80	17,85	1,05	0,77	73,3
17,85	18,81	0,96	0,94	97,9
18,81	20,32	1,51	1,51	100
20,32	20,96	0,64	0,64	100
20,96	21,84	0,88	0,88	100
21,84	23,31	1,47	1,47	100
23,31	24,85	1,54	1,38	89,6
24,85	26,12	1,27	1,27	100
26,12	27,70	1,58	1,58	100
27,70	29,22	1,52	1,52	100
29,22	30,52	1,30	1,30	100

Figura 5 – Anexo IV.

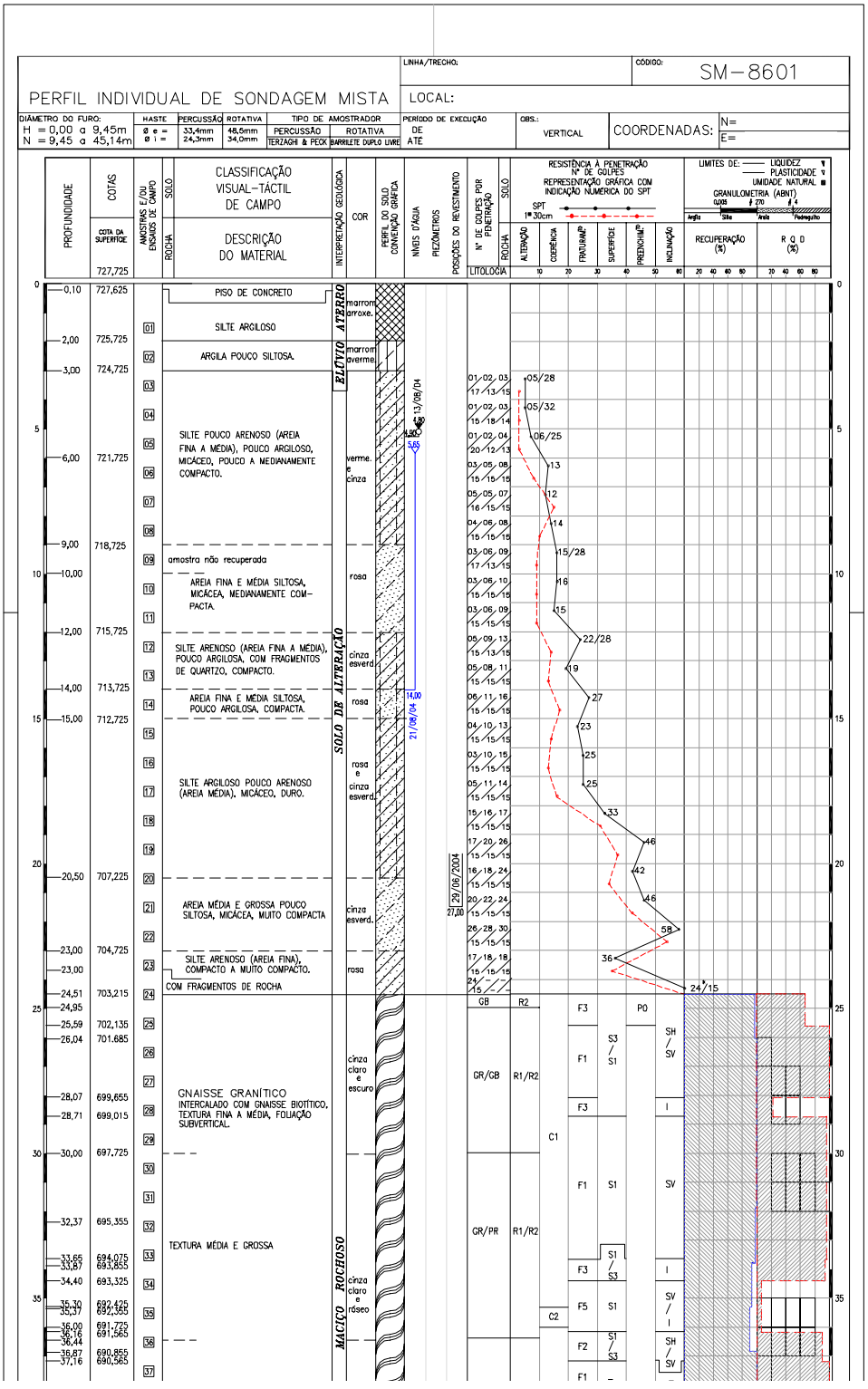
Caracterização das descontinuidades						
Profundidade (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
0,00	15,93					Solo
16,02		D4	R5	Sub-horiz.		
16,20		D4	R3	10		
16,41		D4	R10	40		
16,55		D4	R7	10		
16,77	17,52	D4	R3/R4			Fragmentos
17,60		D4	R7	10		
17,63		D3	R6	Sub-horiz.		
17,73		D4	R4	30		
17,81		D3	R3	660		
18,07		D4	R7	25		
18,13		D4	R5	20		
18,24		D4	R6	40		
18,28		D4	R7	50		
18,34		D4	R4	10		
18,50	18,81	D4	R5/R6			Fragmentos
18,88		D4	R4	30		
19,02		D4	R3	Sub-horiz.		
19,20		D4	R3	15		
19,30		D4	R4	10		
19,36		D4	R5	10		
20,32		D4	R4	Sub-horiz.		
20,48		D3	R5	30		
20,64		D4	R3	10		
20,69	20,94	D4	R7/R10			Fragmentos
21,04		D3	R6	Sub-horiz.		
21,30		D4	R5	45		
21,41		D4	R4	30		
22,00		D3	R7	50		
23,25		D4	R4	40		
23,75		D4	R3	Sub-horiz.		
23,87		D4	R3	Sub-horiz.		
23,88	24,04					Material destruído
24,05		D4	R3	Sub-horiz.		

Caracterização das descontinuidades						
Profundidade (m)		Preenchimento das fraturas (D)	Rugosidade (R)	Inclinação (°)	Atitude	Observações
De	Até					
24,09		D4	R3	10		
24,16		D4	R3	10		
24,41		D4	R4	10		
24,53		D3	R4	15		
24,58		D4	R5	30		
24,85		D4	R3	60		
25,18		D3	R3	15		
25,31		D4	R3	10		
25,93		D4	R3	10		
26,45		D3	R5	35		
26,79		D3	R6	10		
28,10		D4	R6	Sub-horiz.		
28,20		D4	R6	Sub-horiz.		
28,24		D4	R5	60		
28,27		D4	R4	10		
28,36		D4	R4	15		
28,40		D4	R4	15		
28,43		D4	R4	15		
28,52		D4	R7	40		
28,56		D4	R7	40		
29,34		D4	R3	10		

Figura 6 – Anexo IV.

Profundidade (m)		IQR (%)
De	Até	
0,00	15,93	–
15,93	16,77	89
16,77	17,52	0
17,52	18,50	65
18,50	19,36	49
19,36	20,64	100
20,64	21,41	61
21,41	23,75	100
23,75	24,58	60
24,58	28,10	100
28,10	28,56	22
28,56	30,52	100

Figura 7 – Anexo IV.


PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM MISTA
LINHA/TRECHO:
CÓDIGO: SM – 8601
LOCAL:
DIÂMETRO DO FURO: H = 0,00 a 9,45m N = 9,45 a 45,14m
HASTE Ø e = 33,4mm Ø i = 24,3mm
PERCUSSÃO 48,6mm
ROTATIVA 34,0mm
TIPO DE AMOSTRADOR PERCUSSÃO TERZAGHI & PECK ROTATIVA BARRILETE DUPLO LIVRE
PERÍODO DE EXECUÇÃO DE ATÉ
OBS.: VERTICAL
COORDENADAS: N= E=
PROFUNDIDADE
COTAS
COTA DA SUPERFÍCIE 727,725
AMOSTRAS E/OU ENSAIOS DE CAMPO
SOLO
ROCHA
CLASSIFICAÇÃO VISUAL–TÁCTIL DE CAMPO
DESCRIÇÃO DO MATERIAL
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA
COR
PERFIL DO SOLO CONVENÇÃO GRÁFICA
NÍVEIS D'ÁGUA
PIEZÔMETROS
POSIÇÕES DO REVESTIMENTO
Nº DE GOLPES POR PENETRAÇÃO
RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO Nº DE GOLPES
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA COM INDICAÇÃO NUMÉRICA DO SPT
SPT 1º 30cm
ALTERAÇÃO
COERÊNCIA
FRATURAMENTO
SUPERFÍCIE
PREENCHIM.
INCLINAÇÃO
LITOLOGIA
LIMITES DE: LIQUIDEZ PLASTICIDADE UMIDADE NATURAL
GRANULOMETRIA (ABNT)
Argila Silte Areia Pedregulho
RECUPERAÇÃO (%)
R Q D (%)
PISO DE CONCRETO
SILTE ARGILOSO
ARGILA POUCO SILTOSA.
ATERRO
ELÚVIO
SILTE POUCO ARENOSO (AREIA FINA A MÉDIA), POUCO ARGILOSO, MICÁCEO, POUCO A MEDIANAMENTE COMPACTO.
amostra não recuperada
AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA, MICÁCEA, MEDIANAMENTE COMPACTA.
SILTE ARENOSO (AREIA FINA A MÉDIA), POUCO ARGILOSA, COM FRAGMENTOS DE QUARTZO, COMPACTO.
AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA, POUCO ARGILOSA, COMPACTA.
SILTE ARGILOSO POUCO ARENOSO (AREIA MÉDIA), MICÁCEO, DURO.
SOLO DE ALTERAÇÃO
AREIA MÉDIA E GROSSA POUCO SILTOSA, MICÁCEA, MUITO COMPACTA
SILTE ARENOSO (AREIA FINA), COMPACTO A MUITO COMPACTO. COM FRAGMENTOS DE ROCHA
GNAISSE GRANÍTICO INTERCALADO COM GNAISSE BIOTÍTICO, TEXTURA FINA A MÉDIA, FOLIAÇÃO SUBVERTICAL.
TEXTURA MÉDIA E GROSSA
MACIÇO ROCHOSO
13/08/04
14,00
21/08/04
29/06/2004
27,00
GB
GR/GB
GR/PR
R2
R1/R2
C1
C2
F1
F2
F3
F5
S1
S3
P0
I
SH
SV

(Continua)

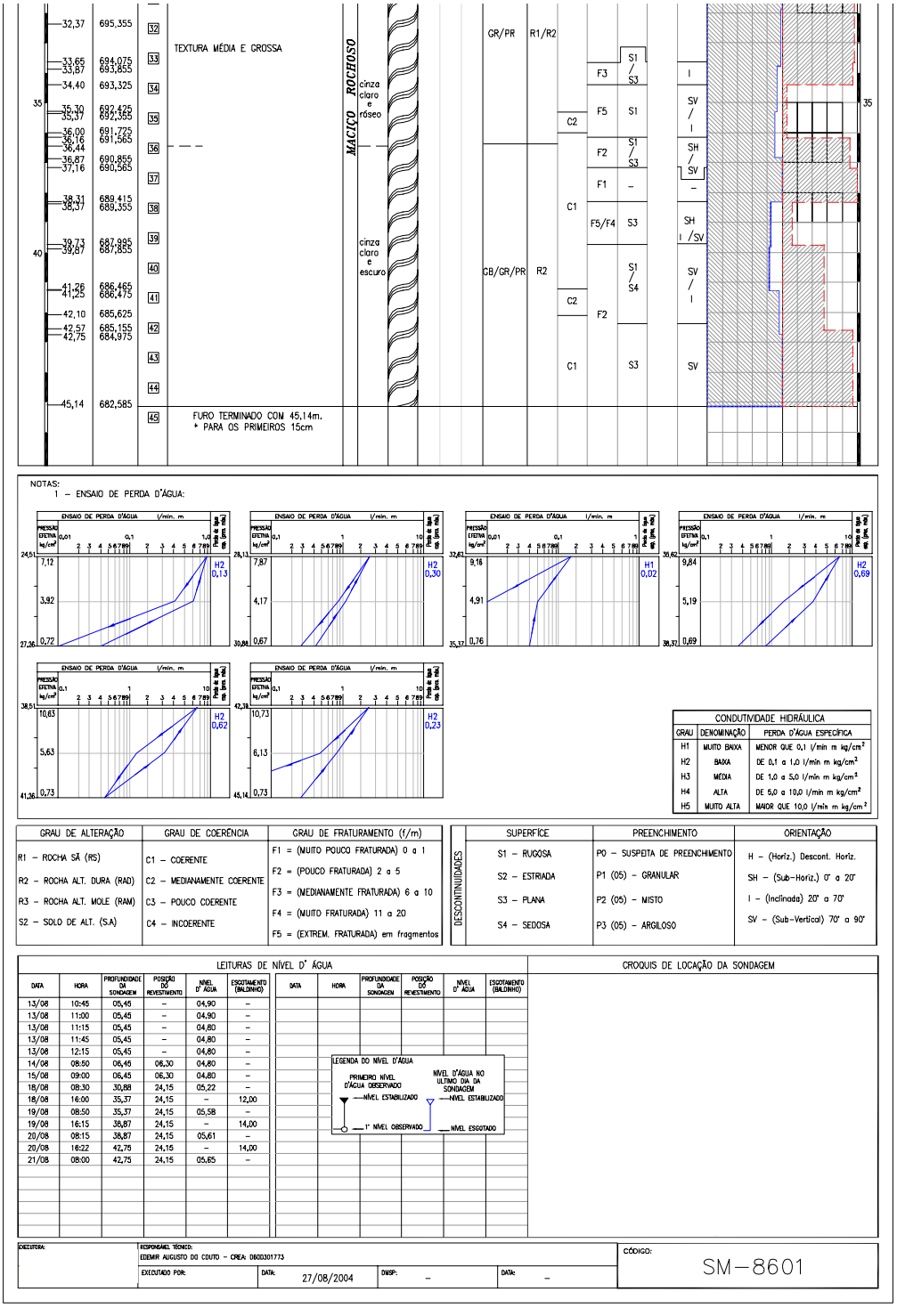


Figura 8 – Anexo IV – Modelo de perfil de Sondagem.

ANEXO V – CLASSIFICAÇÃO PADRONIZADA DE PARÂMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (AGS-BR) e mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Figura 1 – Classificação geológica (genética) de solos.

	Gênese		Critério	Classificação	Sigla	Classificação opcional e sigla	
		DEPÓSITO TECNOGÊNICO	Solo ou Solo + Detritos	**Aterro**	**AT**	–	
Solo	Transportado		Nível de base atual	**Aluvião**	**AL**	–	
		FLUVIAL	Nível de base superior	**Terraço Fluvial**	**TF**		
		MARINHO		**Sedimentos Marinhos**	**SM**	Mangue (MA)	
		EÓLICO		**Sedimentos Eólicos**	**SE**	Duna (DU)	
		GRAVITACIONAL	Somente solo	**Coluvião**	**CO**	–	
			Solo + Blocos de rocha	**Tálus**	**TL**		
	Não Transportado (In situ)		HOMOGÊNEO	**Eluvião**	**EL**	Solo Residual	**Maduro (SRM)**
			HETEROGÊNEO	**Solo de Alteração/ Solo Residual**	**SA/SR**		**Jovem (SRJ)/ Saprolito (SAP)**
	Situação específica: Sedimentos Terciários (argilas, areias, etc...)		Solos de Bacias Terciárias	Sedimentos da Bacia de São Paulo (ou outra)	**SBSP**	–	

1. A coluna " Classificação Opcional" indica classificações ainda usuais e suas respectivas Siglas.
2. Sugere-se usar a denominação **Solo Residual** (completar com o nome da rocha original) para as rochas sedimentares; e Solo de Alteração (completar com o nome da rocha original) quando se tratar de rochas ígneas e metamórficas.
3. O termo Solo Resíduo – Coluvial (ou Elúvio-Coluvial), sigla RC (ou EC), é usado quando há dificuldade em separar esses dois tipos de solos.
4. Saprolito (sigla SAP) ou solo saprolítico (sigla SS) correspondem ao Solo de Alteração. Saprolito designa material bastante heterogêneo, podendo conter fragmentos de rocha.
5. A classificação é flexível para ser adequada as características geológicas de cada sítio.

Tabela 1 – Classificação geológica (genética) de solos

Fonte: Norma ABGE 103/2023 - Anexo 2 (pg 62)

	PARÂMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PADRONIZADOS OBRA:	EXECUTANTE	
		MÊS/ANO	
		REV.	00

GRAU DE ALTERAÇÃO		
GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
A1 RS	Rocha Sã	Sã ou praticamente sã. Alteração mineralógica nula ou incipiente. Cor original intacta. Escavável a fogo, perfuração com rotativa.
A2 RAD	Rocha Alterada Dura	Alteração mineralógica perceptível. Cores esmaecidas e pequenas transformações físico-químicas. Escavável a fogo, perfuração com rotativa.
A3 RAM	Rocha Alterada Mole	Alteração mineralógica acentuada. Cores parcialmente modificadas e intensa transformação físico-química. Escavável a picareta ou escarificador, perfuração com trépano e lavagem. (Ver restrição para rochas brandas.)
A4 SA	Solo de Alteração	Alteração mineralógica praticamente completa. Cores totalmente modificadas e transformação físico-química completa, exceto nos minerais resistentes. Escavável a enxadão e perfuração a percussão.

GRAU DE COERÊNCIA		
GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
C1	Coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, formando poucos fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente ou apenas levemente riscada por lâmina de aço. Características mecânicas elevadas.
C2	Medianamente coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo, em vários fragmentos com bordas que podem ser quebradas pela pressão dos dedos. A lâmina de aço provoca um sulco pouco acentuado na superfície do fragmento. Características mecânicas boas.
C3	Pouco coerente	Quebra facilmente ao golpe do martelo, produzindo muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente. A lâmina de aço produz sulcos profundos na superfície do fragmento. Características mecânicas baixas.
C4	Incoerente	Esfarela ao golpe do martelo e desagrega sob a pressão dos dedos. Pode ser cortado por lâmina de aço. Friável. Características mecânicas muito baixas.

GRAU DE FRATURAMENTO		
GRAU	DESIGNAÇÃO	Nº DE FRATURAS/m
F1	Muito pouco fraturada	0 a 1
F2	Pouco fraturada	2 a 5
F3	Medianamente fraturada	6 a 10
F4	Muito fraturada	11 a 20
F5	Extremamente fraturada	em fragmentos

ROCK QUALITY DESIGNATION - RQD	
QUALIDADE DA ROCHA	PORCENTAGEM (%)
Excelente	100 - 91
Boa	90 - 76
Regular	75 - 51
Pobre	50 - 26
Muito Pobre	25 - 0

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	
GRAU	(L/min/m)(kg/cm²)
H1	<0,1 (Muito Baixa)
H2	De 0,1 a 1,0 (Baixa)
H3	De 1,0 a 5,0 (Média)
H4	De 5,0 a 10,0 (Alta)
H5	> 10,0 (Muito Alta)

ENSAIOS SPT E SONDAGENS A PERCUSSÃO			
AREIAS E SILTES ARENOSOS		ARGILAS E SILTES ARGILOSOS	
COMPACIDADE	Nº GOLPES/30 cm FINAIS	CONSISTÊNCIA	Nº GOLPES/30 cm FINAIS
Fofa	≤ 4	Muito mole	≤ 2
Pouco compacta	5 a 8	Mole	3 a 5
Medianamente compacta	9 a 18	Média	6 a 10
Compacta	19 a 40	Rija	11 a 19
Muito compacta	> 40	Dura	> 19

CRITÉRIO DE IMPENETRÁVEL NA SONDAGEM A PERCUSSÃO COM BASE NOS ENSAIOS DE SPT	
1	Penetração <5 cm/10 golpes, sem computar os primeiros 5 cm
2	Nº de golpes >50/45 cm de penetração do amostrador

LEGENDA PARA PERFIL GEOLÓGICO

ORIENTAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		
H	Horizontal	Descontinuidades Horizontais
SH	Sub-horizontal	com mergulho de 0° a 20°
I	Inclinada	com mergulho de 20° a 70°
SV	Subvertical	com mergulho de 70° a 90°

TIPOS DE SUPERFÍCIE E PREENCHIMENTO DAS DESCONTINUIDADES					
COM CONTATO ROCHA x ROCHA			SEM CONTATO ROCHA x ROCHA		
R1	Rugosa	Superfícies irregulares; os testemunhos se encaixam naturalmente (fratura travada)	P0		Descontinuidades com suspeita de preenchimento (os testemunhos não se encaixam)
R2	Estriada	Superfície com estrias; o deslizamento é mais fácil em uma direção	P1 (5)	Granular	Descontinuidades preenchidas por material granular incoerente (indicada espessura em mm)
R3	Plana	Superfícies planas; o deslizamento é fácil em qualquer direção	P2 (5)	Misto	Descontinhidades preenchidas por material granular e argiloso (indicada espessura em mm)
R4	Sedosa	Superfícies sedosas ou "talcosas" ao tato	P3 (5)	Argiloso	Descontinuidades preenchidas por material argiloso (indicada espessura em mm)

NOTAS E OBSERVAÇÕES QUANTO AOS PARÂMETROS APRESENTADOS

1 Parâmetros apresentados seguem a norma .... (da Projetista ou Fiscalização)
2 Os parâmetros dos ensaios de permeabilidade seguem normas da ABGE - Ensaios de Permeabilidade
3 Legendas para Perfil Geológico seguem norma ABNT NBR13441, com adaptação da ... (Projetista ou Fiscalização)

OBSERVAÇÃO QUANTO AOS HISTOGRAMAS DOS PARÂMETROS GEOMECÂNICOS:

Para a representação dos histogramas de Alteração, Coerência e Fraturamento, adotou-se a cor cinza para o grau subordinado:

FRATURAMENTO	predominante	subordinado
ALTERAÇÃO	predominante	subordinado
COERÊNCIA	predominante	subordinado

Tabela 2 – Parâmetros geológico-geotécnicos padronizados: descrição de solo e rocha, alteração, coerência, fraturamento, condutividade hidráulica, SPT, RQD e Descontinuidades.

Fonte: Themag, 2012

Solo	Índice de resistência à penetração *N*	Designação [a]
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	≥ 40	Muito compacta(o)
Areias e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura

[a] As expressões empregadas para a designação da compacidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.

Tabela 3 – Índice de penetração SPT

Fonte: ABNT NBR 6484/2020 (2ª Edição)

Grau	Avanço por tempo (cm de penetração/10 minutos)
L1	< 2
L2	3 a 10
L3	> 10

Tabela 4 – Lavagem por tempo

Grau	Recuperação %
R1	> 95
R2	95 a 75
R3	< 75

Tabela 5 – Recuperação

Grau	Descrição
A4	Rocha extremamente alterada/solo de alteração/saprolito
A3	Rocha alterada mole
A2	Rocha alterada dura
A1	Rocha sã

Tabela 6 – Alteração

GRAU	DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (MPa)	
C5	Extremamente branda	Marcada pela unha	R0	0,25 - 1,0
	Muito branda	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo. Pode ser raspada por canivete.	R1	1,0 - 5,0
C4	Rocha branda	Pode ser raspada por canivete com dificuldade. Marcada com firme pancada com ponta do martelo de geólogo.	R2	5 - 25
C3	Medianamente resistente	Não pode ser marcada por canivete. Amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo.	R3	25 - 50
C2	Resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturarem-se.	R4	50 - 100
C1	Muito resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se.	R5	100 - 250
	Extremamente resistente	Amostras podem ser apenas lascadas com o martelo de geólogo.	R6	> 250

Tabela 7 – Coerência segundo ISRM

Fonte: ABGE, !983

GRAU	DESIGNAÇÃO	N° DE FRATURAS/m
F1	Ocasionalmente fraturado	≤ 1
F2	Pouco fraturado	2 - 5
F3	Medianamente fraturado	6 - 10
F4	Muito fraturado	11 - 19
F5	Extremamente fraturado	≥ 20

Tabela 8 – Fraturamento, segundo Bieniawski

Fonte: modificado pelo IPT, 1997

GRAU	DESIGNAÇÃO	RQD/IQR (%)
Q1	Excelente	90 a 100
Q2	Boa	75 a 89
Q3	Regular	50 a 74
Q4	Pobre	25 a 49
Q5	Muito pobre	0 a 24

Tabela 9 – IQR/RQD

Fonte: modificado de Barton et al., 1974, com inclusão do IQR

Sigla	Perda d'Água Específica – PE (L/min . m . kgf/cm²)	Permeabilidade / Condutividade Hidráulica – K (cm/s)
H1	< 0,1	$< 10^{-5}$
H2	0,1 – 1,0	$10^{-5} – 10^{-4}$
H3	> 1,0 – 5,0	$> 10^{-4} – 5,0 \times 10^{-4}$
H4	> 5,0 – 10,0	$> 5,0 \times 10^{-4} – 10^{-3}$
H5	> 10,0	$> 10^{-3}$

Correlação aproximada entre PE e K.

Tabela 10 – Condutividade hidráulica/Permeabilidade (K)

SIGLA	CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES DAS DESCONTINUIDADES
D1	Contato rocha-rocha. Paredes sãs.
D2	Contato rocha-rocha. Presença de material pétreo rijo, como calcita e sílica.
D3	Paredes com alteração incipiente, com sinais de percolação de água. Preenchimento ausente.
D4	Paredes alteradas. Preenchimento ausente.
D5	Paredes alteradas. Com preenchimento (ag1 - preenchimento argiloso com espessura de 1 mm ou gr10 - preenchimento granular com espessura de 10 mm).

Tabela 11 – Condições das descontinuidades.

Fonte: Ojima e Serra, 2020.
Obs.: Considerar também as condições das descontinuidades descritas na Tabela 2.