

PROCEDIMENTO PARA COLETA DE AMOSTRAS EM TESTEMUNHOS DE SONDAGEM PARA A REALIZAÇÃO DE ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORATÓRIO EM ROCHA

Túlio P. F. Fonseca ¹; Ana Luiza Araujo ²; Yan Santos ³; Rodrigo P. de Figueiredo ⁴; Fábio Soares Magalhães ⁵

Resumo – Para projetos e estudos de geologia de engenharia realizados em maciços rochosos é necessário que sejam conhecidas as principais características mecânicas das rochas intactas que compõem o terreno. A caracterização mecânica de uma rocha intacta é realizada por meio de ensaios específicos em laboratório. Esses ensaios são essenciais, pois, a partir do reconhecimento das características das rochas é possível a determinação dos critérios de projeto, premissas de dimensionamento, métodos executivos e de controle de obra. Para garantir a melhor qualidade na execução dos ensaios e, portanto, os melhores resultados, é fundamental que as amostras conservem ao máximo suas características físicas e químicas *in situ*. Para isso, é essencial que a sua coleta e transporte sejam feitos de maneira sistemática e cuidadosa. Este documento tem por finalidade sugerir um procedimento padronizado, para reduzir possíveis problemas durante a execução de ensaios geotécnicos, a partir da devida manipulação das amostras, desde a coleta até o transporte ao laboratório.

Abstract – For engineering geology projects and studies carried out on rock masses, it is necessary to know the main characteristics of the intact rocks that make up the terrain. The mechanical characterization of a rock can be done through specific laboratory tests. These tests are essential, since the characterization of the materials makes it possible to determine the design criteria, dimensioning premises, executive methods and work control. To ensure the best quality of the tests and, therefore, the best results, it is essential that the samples preserve their *in situ* physical and chemical characteristics as much as possible. To this end, it is essential that they are collected and transported in a systematic and careful manner. This document is intended to suggest a standardized procedure to reduce possible errors during the execution of geotechnical tests, based on the proper handling of the samples, from collection to transportation to the laboratory.

Palavras-Chave – Ensaios geotécnicos de rocha; ensaios de laboratório; procedimento de coleta.

¹ Geól, Walm BH Engenharia Ltda: Belo Horizonte – MG, (31)997182485, tulio.fonseca@walmengenharia.com.br

² Geól, Walm BH Engenharia Ltda: Belo Horizonte – MG, (31)971488892, ana.araujo@walmengenharia.com.br

³ Geól, Walm BH Engenharia Ltda: Belo Horizonte – MG, (31)988073631, yan.santos@walmengenharia.com.br

⁴ Prof., DSc, Universidade Federal de Ouro Preto, (31)997112777, rpfigueiredo@ufop.edu.br

⁵ Geól, Dr, Walm BH Engenharia Ltda: Belo Horizonte – MG, (31)994230710, fabio.magalhaes@walmengenharia.com.br

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa descrever as etapas envolvidas no procedimento de coleta das amostras extraídas em testemunhos de sondagem em rochas, para execução de ensaios geotécnicos em laboratório, como compressão uniaxial e triaxial, tração, cisalhamento direto, dentre outros (Vutukuri *et al.*, 1974). O objetivo desse procedimento é garantir que as amostras coletadas para tais ensaios sejam devidamente selecionadas, identificadas, registradas, catalogadas e mantidas íntegras, desde o local da sua coleta, até a chegada ao laboratório em que serão realizados os referidos ensaios.

2. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Antes de abordar a questão prática/operacional da coleta das amostras de rocha em testemunhos de sondagem é válido refletir sobre a importância da etapa de seleção dos trechos amostrados. A realização dos ensaios de laboratório deve ser dirigida às necessidades do projeto e, por isso, é fundamental que o responsável pela coleta tenha conhecimento de que litotipos devem ser amostrados, em que quantidade e para quais ensaios. Pequenos detalhes, se não observados, poderão impactar diretamente nos resultados obtidos. Especificamente em relação aos ensaios realizados em rochas, há diversos aspectos que devem ser levados em consideração durante a etapa de seleção das amostras, como os apresentados abaixo:

- É importante ter clareza quanto aos materiais a serem ensaiados. É muito comum que os litotipos apresentem heterogeneidades em relação à composição mineralógica, granulação, graus de resistência e intemperismo, grau de deformação, dentre outros. Dessa forma, é possível que em um mesmo local o litotipo se apresente em diversas condições geotécnicas distintas. A amostragem deve ter por objetivo selecionar exemplares da condição de interesse da campanha, portanto, é necessário que isso esteja claro para o amostrador;
- Conforme estabelecido nas normas técnicas de referência (Ulusay & Hudson, 2007), é importante evitar minerais ou bandas com tamanhos relevantes (maiores que 10%) em relação às dimensões dos corpos de prova, como, por exemplo, fenocristais. A não ser que seja especificamente interesse da campanha de ensaios avaliar o efeito desses cristais nas características mecânicas da rocha em questão, eles devem ser evitados por interferirem diretamente nos resultados obtidos, bem como, por colocarem tais resultados em desacordo com o prescrito nas referidas normas;
- É importante evitar trechos com presença de fissuras, trincas, poros, vênulas, alterações, ou quaisquer outras imperfeições/condições que possam ser determinantes nos resultados obtidos (Vutukuri *et al.*, 1974; Andreev, 1995). Há casos em que o material a ser amostrado reúne essas características adversas, como um material intensamente vênulado. Nesses casos, essas condições devem ser devidamente reportadas, e o estudo deve ser direcionado para “lidar” com essas anomalias, interpretando devidamente o seu efeito sobre os resultados obtidos;
- Uma questão extremamente relevante para a amostragem de maciços rochosos está relacionada com a influência da orientação dos planos de anisotropia em relação à direção de carregamento dos ensaios (Jaeger & Cook, 1979; Goodman, 1989), representada pelo ângulo Beta ilustrado na Figura 1. Há diversos trabalhos que descrevem a variação dos resultados de resistência e deformabilidade obtidos em ensaios uniaxiais realizados num mesmo material, para diferentes valores do referido ângulo Beta. Sabe-se que, de modo geral, corpos de prova (CPs) com Beta entre 30° e 45° tendem a romper pelo plano de anisotropia (foliação), apresentando, assim, menores valores de resistência, enquanto CPs com Beta próximo a 90° tendem a

romper pela matriz mineral da rocha, apresentando resultados significativamente maiores, para um mesmo material amostrado.

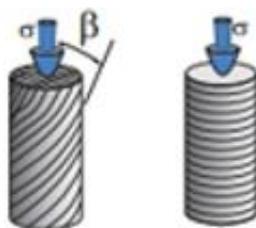


Figura 1. Figura esquemática mostrando a estruturação com Beta entre 30° e 45° (à esquerda), em contraste com os CPs em que Beta é 90° (à direita).

3. COLETA DE AMOSTRAS EM TESTEMUNHOS DE SONDAGEM

3.1. Equipamentos necessários para a coleta

A coleta de amostras em testemunhos de sondagem requer os seguintes equipamentos:

- Caderneta de campo;
- Etiquetas de identificação;
- Trena (3m);
- Calculadora;
- Martelo de geólogo;
- Máquina fotográfica;
- Sacos plásticos transparentes de amostra;
- Durex;
- Canetão;
- Plástico bolha;
- Serragem ou espumas;
- Ripas de madeira;
- Grampeador;
- Bombonas de plástico ou caixas de madeira.

3.2. Procedimentos

A coleta de amostras em testemunhos de sondagem requer uma organização e sistemática sequência de etapas que serão indicadas a seguir.

3.2.1. Identificação das amostras

A identificação das amostras coletadas deve ser feita a partir de etiquetas de identificação. As etiquetas devem conter informações como o número da amostra, orientação e profundidade, indicando o topo ou a base da amostra, data da amostragem, litotipo, parâmetros geotécnicos relevantes para o projeto, o número do furo do qual a amostra foi retirada e o ensaio a que se destina. Para cada amostra retirada devem ser elaboradas duas etiquetas idênticas: uma para inserir na caixa de testemunhos, no intervalo correspondente à sua extração; e outra para colar na própria amostra a ser transportada. A Figura 2 apresenta um exemplo de etiqueta de identificação, em um contexto em que a coleta de amostras foi orientada pela posição de planos de anisotropia em relação ao eixo do furo. Por isso, a inclusão do campo “Estrutura”, no qual destacou-se a

existência ou não de tais planos, e a sua orientação em relação ao eixo do CP. As informações contidas na etiqueta devem levar em conta o objetivo do trabalho a ser desenvolvido.

Sugere-se editar as etiquetas em computador. Fichas preenchidas à caneta ficam sujeitas a intempéries e são facilmente danificadas. A tinta sai com o tempo, borrando a etiqueta e tornando-a ilegível. É importante plastificar a etiqueta, envolvendo-a em durex, saco plástico, ou algum material semelhante. No local de onde foi retirada a amostra, deve ser implantada na caixa de testemunhos uma ripa de madeira ou isopor de comprimento equivalente ao da amostra retirada. Nessa ripa deve-se grampear uma das etiquetas de identificação referente àquele intervalo. Isso impede que as etiquetas amassem ou se percam com o tempo.

Amostra para Ensaio Mecânico de Rocha	
Furo	FZ-SR-11
Amostra	AGZ-0080
Litotipo	MGD
Ensaio	Tração Indireta
Estrutura	Isotrópico
Foliação	Ausente
Topo	96,23 m
Base	96,45 m

Figura 2. Exemplo de etiqueta de identificação. Importante: os campos “Topo” e “Base” correspondem ao topo e base do intervalo a ser ensaiado, e não da amostra total, como apresentado na Figura 3.

3.2.2. Amostragem

A amostragem deverá ocorrer nos intervalos onde o geólogo ou técnico responsável definir, buscando as amostras que apresentem as características geológicas de interesse aos ensaios geotécnicos. Os testemunhos não deverão se apresentar fraturados ou roletados pela ação mecânica do equipamento de sondagem. Devem ser selecionados trechos dos furos mais homogêneos, ou seja, livre de veios, fissuras de dissolução ou outras imperfeições que possam comprometer a resistência da amostra. O trabalho de amostragem deve ser feito com cuidado e compreende as etapas descritas a seguir:

- a) Determinar no trecho de testemunho, onde está o topo e a base da amostra a ser ensaiada. Representar o intervalo com duas linhas paralelas, ao longo do diâmetro da amostra. Essas linhas representam os planos de corte da amostra. Representar o topo e a base, indicando sempre a metragem de cada um. Colocar também o nome do furo (ex.: BRAPDD0296) e o nome da amostra (ex.: A88). A Figura 3 exemplifica como devem ser registradas as informações nas amostras coletadas.
- b) Catalogar na caderneta de campo os detalhes de cada amostra coletada. Posteriormente, essas informações devem ser registradas no computador, por meio de uma tabela de controle de amostragem (Figura 4). É importante que sejam registradas informações como:
 - Nome do furo (ex.: BRAPDD0296)
 - Nome da amostra (ex.: A31)
 - Intervalo do tarugo (ex.: 175,59 m a 175,69 m)
 - Intervalo do trecho a ser ensaiado (ex.: 175,61 m, topo, a 175,67 m, base)
 - Comprimento do trecho a ser ensaiado (ex.: 6 cm)

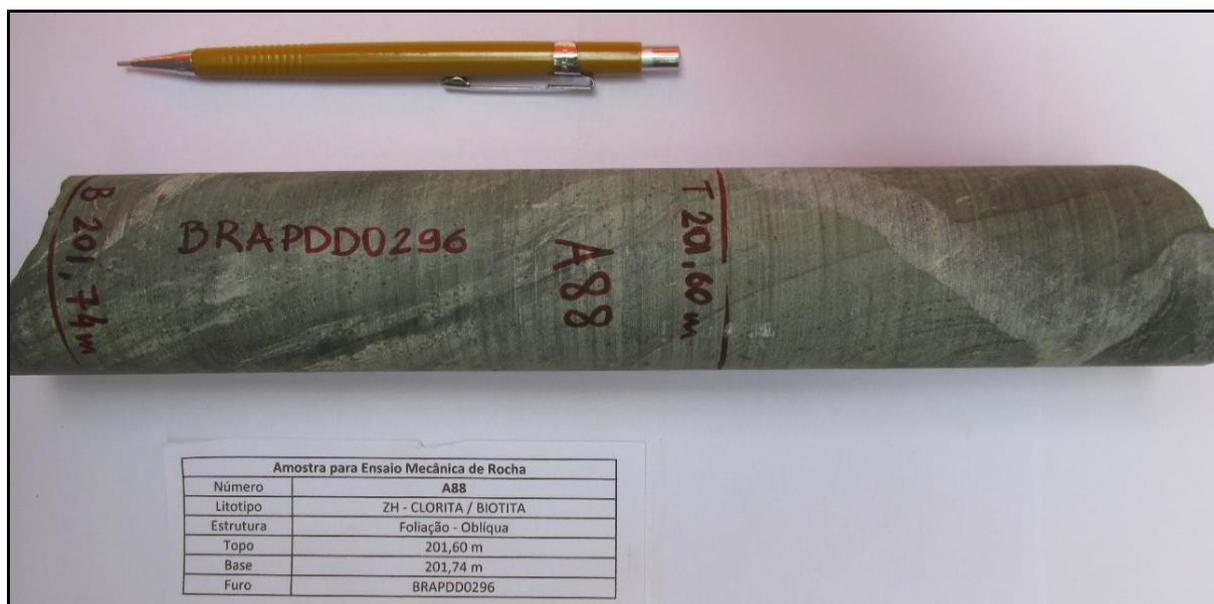


Figura 3. Foto com o testemunho amostrado e do registro das respectivas informações.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	ID	Furo	Amostra	Código Lab	Estrutura	Litotipo	Topo	Base	Foliação	Altura	Ensaio proposto	Ensaio executado	Observações	Observações geológicas
2	1	FZ-SR-07	AGZ-0001	1580	Foliação-Obliqua	GAB	33,540	33,740	Incipiente	0,20	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série II	Aproximadamente 45°
3	2	FZ-SR-07	AGZ-0002	1536	Foliação-45°+Φ/2	GAB	34,630	34,820	Penetrativa	0,19	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		Aproximadamente 55°
4	3	FZ-SR-07	AGZ-0003	1552	Isotrópico	GAB	42,830	43,030	Ausente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
5	4	FZ-SR-07	AGZ-0004	1548	Isotrópico	GAB	43,160	43,360	Ausente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
6	5	FZ-SR-07	AGZ-0005	1583	Isotrópico	GAB	44,315	44,515	Ausente	0,20	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série I	
7	6	FZ-SR-07	AGZ-0006	1566	Foliação-45°+Φ/2	GAB	44,960	45,160	Incipiente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		Aproximadamente 60°
8	7	FZ-SR-07	AGZ-0007	1607	Foliação-Obliqua	GAB	45,690	45,890	Incipiente	0,20	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série II	
9	8	FZ-SR-07	AGZ-0008	1608	Foliação-Obliqua	GAB	46,590	46,790	Incipiente	0,20	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série II	
10	9	FZ-SR-07	AGZ-0009	1553	Isotrópico	GAB	47,775	47,945	Ausente	0,17	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série I	
11	10	FZ-SR-07	AGZ-0010	1554	Foliação-45°+Φ/2	GAB	48,000	48,180	Penetrativa	0,18	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		Aproximadamente 55°
12	11	FZ-SR-07	AGZ-0011	1532	Isotrópico	GAB	48,730	48,910	Ausente	0,18	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
13	12	FZ-SR-07	AGZ-0012	1567	Foliação-Obliqua	GAB	49,570	49,770	Incipiente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
14	13	FZ-SR-07	AGZ-0013	1562	Foliação-Obliqua	GAB	49,970	50,170	Incipiente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
15	14	FZ-SR-07	AGZ-0014	1557	Foliação-Obliqua	GAB	52,540	52,740	Incipiente	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		
16	15	FZ-SR-07	AGZ-0015	1538	Foliação-45°+Φ/2	GAB	52,995	53,165	Penetrativa	0,17	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		Aproximadamente 60°
17	16	FZ-SR-07	AGZ-0016	1563	Foliação-45°+Φ/2	GAB	53,395	53,595	Penetrativa	0,20	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		Aproximadamente 55°
18	17	FZ-SR-07	AGZ-0017		Foliação-45°+Φ/2	GAB	56,400	56,600	Incipiente	0,20	Compressão Uniaxial		GABRO - RESERVA	Aproximadamente 55°
19	18	FZ-SR-07	AGZ-0018	1586	Foliação-Obliqua	GAB	58,725	58,900	Incipiente	0,17	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série II	
20	19	FZ-SR-07	AGZ-0019	1587	Foliação-Obliqua	GAB	58,940	59,120	Incipiente	0,18	Compressão Triaxial	Compressão triaxial	TRI - GAB - Série II	
21	20	FZ-SR-07	AGZ-0020	1555	Isotrópico	GAB	67,455	67,635	Ausente	0,18	Compressão Uniaxial	Compressão Uniaxial		

Figura 4. Informações das amostras em planilha de controle de amostragem.

- c) Registro fotográfico da amostra. Nesse registro, deve estar apresentadas as principais características da amostra, parte da “frente” e de “trás”, e as estruturas importantes. Todas as fotos devem ser tiradas com a etiqueta correspondente.
- d) Com um durex, colar as etiquetas no respectivo testemunho amostrado.
- e) Envolver cuidadosamente as amostras em plástico bolha, para protegê-las durante o transporte (Figura 5).
- f) Inserir as amostras em uma bombona ou caixa de plástico (Figura 6a), ou ainda em caixas de madeira (Figura 6b). No caso da bombona, colocar também bastante serragem para proteger as amostras. As amostras não podem estar em contato umas com as outras, nem com as paredes da bombona. Cada amostra deve ser envolvida por uma camada generosa de serragem (que não se deve economizar). Já no caso da caixa de madeira, é importante colocar placas de espuma entre as amostras e na parede da caixa, para evitar o contato. É claro que as amostras maiores são mais delicadas e devem ser melhor protegidas. O tamanho da bombona ou da caixa fica a critério do profissional. É importante identificar as amostras contidas em cada bombona ou caixa e tirar fotos delas.

REFERÊNCIAS

- ANDREEV, G. E. (1995). *Brittle Failure of Rock Materials – Test Results and Constitutive Models*. Balkema, Rotterdam, 446 p.
- GOODMAN, R. E. (1989) *Introduction to Rock Mechanics, 2nd ed.*, Wiley, New York, 562p.
- JAEGER, J. C. & N. G. W. COOK (1979) *Fundamentals of Rock Mechanics, 3rd ed.*, Chapman and Hall, London, 593 p.
- ULUSAY, R. & J. A. HUDSON (eds.) (2007) (2007) *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*. ISRM, Lisbon, 628 p.
- VUTUKURI, V. S.; R. D. LAMA & S. S. SALUJA (1974). *Handbook on Mechanical Properties of Rocks*, v. 1, TransTech Publications, Clausthal (Germany), 280 p.