

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS – ROCHAS ALTERADAS/SOLOS**





---


### **5.1. MATERIAIS**

Para realização dos ensaios previstos no estudo foram coletadas amostras de rocha alterada/solo residual de filito sericítico na Mina Capitão do Mato e rocha alterada/solo residual de rocha básica intrusiva nas minas Capitão do Mato, Pico do Itabirito e Tamanduá, num total de oito amostras para a caracterização geotécnica.

A amostragem realizada baseou-se principalmente no fato de serem materiais de alteração das rochas analisadas, ou seja, rocha alterada/solo residual dos litotipos em estudo, na tentativa de caracterizar as modificações ocorridas nas rochas e resultantes do intemperismo.

As amostras coletadas e sua descrição são apresentadas a seguir.

<p>A amostra CMT 01A, coletada na Mina Capitão do Mato e por isso identificada como “CMT”, é apresentada na Figura 5.1. Trata-se de um filito sericítico, de cor róseo amarelado, xistoso, completamente alterado, saprolito (Classe VI).</p>	 <p>Figura 5.1 – CMT 01A – FS</p>
<p>A amostra CMT 01B, também coletada na Mina Capitão do Mato e apresentada na Figura 5.2, trata-se de um filito sericítico, de cor preto acinzentado, alteração de Classe III para Classe IV, com foliação bem marcante e lentes centimétricas amareladas Classe V.</p>	 <p>Figura 5.2 – CMT 01B – FS</p>
<p>A amostra CMT 01C apresentada na Figura 5.3, trata-se de um filito sericítico, de cor branco amarelado, sem xistosidade aparente, com níveis avermelhados, saprolito (Classe VI).</p>	 <p>Figura 5.3 – CMT 01C – FS</p>
<p>A amostra TAM 02A apresentada na Figura 5.4, foi coletada na Mina do Tamanduá, por isso designada por “TAM” e trata-se de uma rocha básica intrusiva, de cor bege claro, completamente alterada (Classe V), com foliação penetrativa.</p>	 <p>Figura 5.4 – TAM 02A – BI</p>

<p>A amostra TAM 02B apresentada na Figura 5.5, também foi coletada na Mina do Tamanduá e trata-se de uma rocha básica intrusiva, de cor vermelho esverdeada, completamente alterada, Classe V - VI. Identificam-se ainda alguns cristais, bandamento pouco penetrativo, mas presente e veios de hidróxido.</p>	 <p>Figura 5.5 – TAM 02B – BI</p>
<p>A amostra PIC 06A, coletada na Mina do Pico do Itabirito e por isso identificada por “PIC”, está apresentada na Figura 5.6 e trata-se de uma rocha básica intrusiva, de cor amarelo ocre, alterada (Classe V) com bandamento insipiente.</p>	 <p>Figura 5.6: PIC 06A – BI</p>
<p>A amostra CMT 04A apresentada na Figura 5.7, foi coletada na Mina Capitão do Mato, por isso “CMT” e trata-se de uma rocha básica intrusiva, com lentes beges e avermelhadas, alterado (Classe V - VI), mas mantém a estrutura ígnea com os cristais de plagioclásios, textura granonematoblástica, saprolito.</p>	 <p>Figura 5.7: CMT 04A – BI</p>
<p>A amostra CMT 04B apresentada na Figura 5.8, também coletada na Mina Capitão do Mato, trata-se de uma rocha básica intrusiva, de cor vermelha com níveis roxo, bandamento largo com cristais e textura granonematoblástica, saprolito (Classe VI).</p>	 <p>Figura 5.8: CMT 04B – BI</p>

Informações complementares sobre as amostras são apresentadas na Tabela 5.1, abaixo.

Tabela 5.1: Dados relativos às coletas dos blocos

<b>AMOSTRAS</b>	<b>AMOSTRAGEM</b>	<b>PROFUNDIDADE (m)</b>
<b>CMT 01A – FS</b>	27/01/05	-
<b>CMT 01B – FS</b>	19/01/05	-
<b>CMT 01C – FS</b>	31/01/05	-
<b>TAM 02A – BI</b>	26/01/05	-
<b>TAM 02B – BI</b>	-	-
<b>PIC 06A – BI</b>	10/03/05	0,30 a 0,60
<b>CMT 04A – BI</b>	17/02/05	0,15 a 0,97
<b>CMT 04B – BI</b>	18/02/05	0,20 a 0,52

Fonte: MBR (2002).

## 5.2. METODOLOGIA DE CAMPO

Foram coletadas amostras indeformadas de solo em locais especificados pelo setor de geologia da MBR, seguindo recomendações da NBR 9604/86, “Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas”. As amostras de solo foram coletadas no formato de blocos com dimensões (35 x 35 x 35)cm devidamente parafinados para evitar a perda de umidade natural.




Posteriormente foram levadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos do DEC/UFV e armazenadas de modo a preservar sua integridade desde o início até a finalização dos ensaios. Ressalta-se que os ensaios foram realizados de acordo com técnicas e procedimentos que garantissem o aspecto de repetibilidade dos mesmos

## 5.3. METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

Inicialmente, as amostras foram colocadas em um recipiente individual e posteriormente imersas em água com o objetivo de se verificar sua desintegração, possibilitando sua identificação em rochas muito alteradas ou solos residuais. O resultado desta imersão está apresentado no capítulo 7.

**5.3.1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA**

Para caracterização física dos materiais em estudo, foi realizada uma bateria de ensaios, conforme apresentado nas Figuras 5.9 a 5.11.

<p>Figura 5.9: Preparação para o ensaio de Análise Granulométrica de Solos, realizado conforme NBR 7181/84.</p>	
<p>Figura 5.10: Preparação para o ensaio de determinação da Massa Específica dos Grãos dos Solos, realizado conforme NBR 6508/84.</p>	
<p>Figura 5.11: Preparação para o ensaio de determinação dos Limites de Atterberg realizados conforme NBR 6459/84 para o Limite de Liquidez e NBR 7180/84 para o Limite de Plasticidade.</p>	

Para a determinação do teor de umidade natural, seguiu-se as prescrições estabelecidas pela NBR 6457/86, na abertura das amostras indeformadas.

Com relação ao ensaio de análise granulométrica dos solos, houve a necessidade de modificação dos intervalos das frações dos solos, inicialmente estabelecidos pela norma NBR 6502/95, para que houvesse coerência com os intervalos utilizados pelo Laboratório de Solos/UFV na preparação das lâminas de Raios X. Conforme Tabela 5.2, percebe-se uma ligeira diferença no limite entre as frações silte e areia fina.

Portanto, a partir dos ensaios de caracterização física dos materiais estudados, foi possível classificá-los utilizando o Sistema Unificado Classificação dos Solos (SUCS) de Casagrande, que além da granulometria, utiliza os limites de consistência como elementos qualificadores, e a Classificação do Highway Research Board (HRB), também adotada pela AASHTO, que utiliza como parâmetros de classificação a granulometria, o limite de liquidez e o índice de plasticidade dos solos.

Tabela 5.2: Intervalos para separação das frações do solo

<b>Frações</b>	<b>NBR 6502/95</b>	<b>Laboratório Solos/UFV</b>
Argila	< 0,002 mm	< 0,002 mm
Silte	0,002 a 0,06 mm	0,002 a 0,05 mm
Areia Fina	0,06 a 0,20 mm	0,05 a 0,20 mm
Areio Média	0,20 a 0,60 mm	0,20 a 0,60 mm
Areia Grossa	0,60 a 2,00 mm	0,60 a 2,00 mm

A Atividade dos solos é uma característica dos finos argilosos que os compõem e influenciam os Limites de Atterberg. Se em um determinado solo temos quantidades pequenas de argila, mas o solo apresenta altos índices de consistência, isto indica que a argila é muito ativa, podendo conferir a este um comportamento de solo coesivo.

A atividade das argilas deve-se principalmente ao argilo-mineral que a originou e pode ser medida através do Índice de Atividade (IA) que é calculado conforme equação 7.

$$IA = \frac{\text{Índice de plasticidade}}{\text{Fração de argila}} \quad \text{Equação 7}$$

Para Índice de Atividade entre 0,75 e 1,25 a argila é considerada normal, menor que 0,75 é considerada inativa e acima de 1,25 a argila é ativa, SKEMPTON (1953).

Segundo GUSMÃO FILHO (2002), o índice de plasticidade (IP) fornece a variação de umidade dentro da qual o solo argiloso exibe as propriedades plásticas:  $IP = LL - LP$ . Em função do valor de IP encontrado, tem-se o solo com plasticidade baixa, média ou alta. Para IP menor do que 8 este é considerado de plasticidade baixa, para IP entre 8 e 25 este é considerado de plasticidade média e para IP maior do que 25 este é considerado de plasticidade alta.

### 5.3.2. ENSAIOS DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

Para o ensaio de difratometria de Raios-X realizado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, as amostras foram separadas em suas frações, sendo fixadas em lâminas de vidro para análise através da técnica conhecida como “esfregaço”, onde o tipo de montagem é orientada. O ensaio foi executado com as seguintes características: um ângulo  $2\theta$  variando de  $4^\circ$  a  $50^\circ$ ; velocidade de 0,50 e 1,0 grau por segundo, para as lâminas compostas das frações silte e argila, respectivamente; e o metal alvo utilizado foi o tubo de cobalto.

Desta forma temos a preparação de lâminas da fração argila e total do solo para todas as amostras, com exceção da CMT 01B, que recebeu tratamento na tentativa de obter a fração argila, porém não se obteve sucesso. Para esta, foi preparada lâmina da fração silte e total.

A difração de raios-X foi utilizada na tentativa de se obter a identificação e a determinação de minerais, para que fossem identificados comportamentos expansivos ou colapsivos, como argilas sensíveis.

### 5.3.3. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Para o ensaio de microscopia eletrônica de varredura, onde foram utilizados os mesmos equipamentos nas mesmas condições já descritas nos ensaios realizados com as rochas, as amostras foram secas em estufa até a constância de massa, destorroadas e peneiradas. Posteriormente procedeu-se a preparação dos *stub's* para o recebimento do material. Este por sua vez foi coberto com uma fina camada de ouro e em seguida as lâminas foram levadas ao microscópio eletrônico de varredura, onde foram registradas as imagens dos principais minerais de sua composição.

Para este ensaio, foram preparadas oito lâminas, sendo uma para cada tipo de solo em estudo. Estas lâminas continham uma pequena parcela das amostras, que eram homogeneizadas para melhor representar cada solo. Um exemplo destas lâminas pode ser observado na Figura 5.12.

Este ensaio foi realizado para qualificar os tipos de minerais encontrados nos solos analisados para posteriormente serem comparados com os minerais também presentes nas rochas estudadas, na tentativa de se obter o perfil de intemperismo das mesmas.

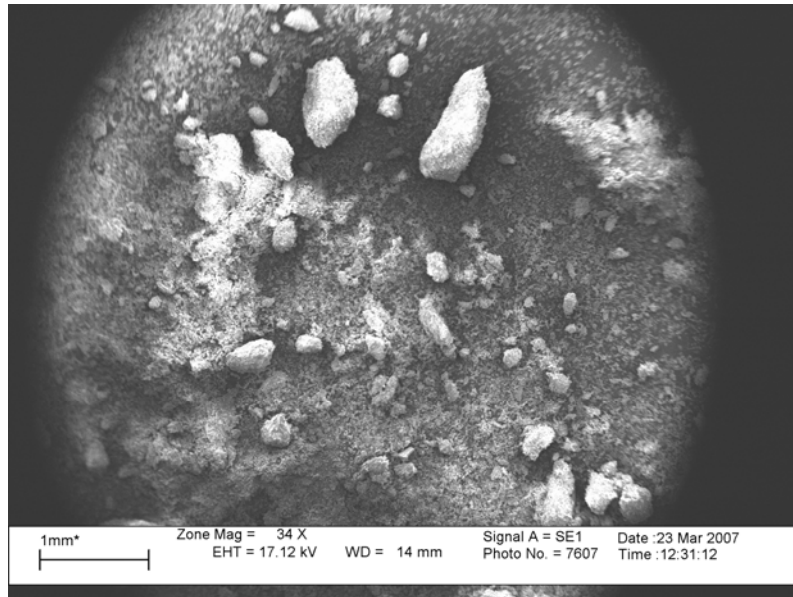


Figura 5.12: Imagem Microscópica da amostra CMT 01A – FS

#### 5.3.4. ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL

Também denominado Ensaio de Compressão Oedométrica, foi executado seguindo as recomendações contidas na norma NBR 12007/90. Foram realizados dez estágios de carregamentos, de 100 gf a 64 kgf e nove estágios de descarregamento. A fim de se verificar possíveis comportamentos colapsíveis ou expansivos, as células de adensamento foram inundadas no 7º estágio, correspondente à carga de 8 kgf. Esse estágio foi definido no momento em que se percebeu que a reta do gráfico  $e \times \log \sigma'_v$  havia atingido o trecho de compressão virgem dos solos, de forma a não prejudicar o resultado do ensaio de adensamento..

Para as amostras CMT 01A, CMT 04B, CMT 01C, TAM 02B, PIC 06A, o carregamento foi realizado na direção perpendicular à foliação.

Para a amostra CMT 01B, CMT 04A, TAM 02A, o carregamento foi realizado na direção paralela à foliação.

Este ensaio foi realizado com o propósito de determinar a tensão de pré-adensamento de cada amostra, além auxiliar no balizamento das tensões a serem empregadas no ensaio de compressão triaxial.

### 5.3.5. ENSAIO TRIAXIAL

Foram utilizados os ensaios triaxiais consolidados isotropicamente e não drenados, na condição saturada (CIUSAT), adotando-se as recomendações de BISHOP e HENKEL (1962) e os procedimentos contidos em HEAD (1986), que consiste em um ensaio onde após a completa saturação do corpo de prova inicia-se a sua consolidação de forma isotrópica (para isto é necessário a saturação). Uma vez estabilizada a fase de consolidação inicia-se a fase de cisalhamento sem que haja drenagem, registrando desta forma a deformação do anel para determinação da carga axial aplicada e, conseqüentemente, da tensão aplicada ( $\sigma_1$ ) e leituras de uma célula de pressão acoplada à base da célula de forma a possibilitar a estimativa das poro-pressões geradas durante o ensaio.

A saturação do corpo de prova a ser ensaiado foi obtida utilizando-se o parâmetro B de poro-pressão de SKEMPTON (1954), que relaciona a relação entre a variação da poro-pressão e a variação da tensão confinante ( $\Delta\sigma_3$ ), após um incremento de pressão confinante no sistema. Os valores para esta relação foram sempre superiores a 97%.

Para o adensamento das amostras foram utilizadas as tensões de 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa e 600 kPa.

Os corpos de prova foram moldados seguindo-se os mesmos padrões definidos para o adensamento unidimensional, em relação à foliação das amostras, possuindo diâmetro de 2" (50,8 mm) e altura de aproximadamente 10 cm.

Segundo PITANGA, H. N. (2002), após estudo realizado em solos residuais tropicais, conclui-se que não há um padrão de variação nos parâmetros coesão e ângulo de atrito interno que venha a sugerir uma relação com a velocidade de carregamento do ensaio. A velocidade de carregamento (ou de ensaio) não influencia, significativamente, a resistência ao cisalhamento destes solos.

Todavia, optou-se por ensaiar as amostras utilizando velocidades suficientemente pequenas para garantir a equalização das pressões intersticiais de maneira que a poro-pressão medida na base do mesmo fosse representativa da gerada no corpo de prova como um todo. Desta forma, a velocidade de deslocamento utilizada no ensaio foi de 0,15 mm/min.