

OCCORRÊNCIA DE CAULINITA NO ESPINHAÇO, MG

G.N.C.Sgarbi¹

A.H.Horn²

RESUMO

O presente trabalho investiga um corpo magmático intrusivo, caulinizado, que ocorre perto de Diamantina nos Grupos Espinhaço (Proterozóico Médio) e Rio Paraúna (Proterozóico Inferior?). Dados mineralógicos obtidos por difratometria de raios X (DRX), químicos por fluorescência de raios X (FRX), morfológicos por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise de capacidade de troca catiônica (CTC) indicam que esta ocorrência é constituída em grande parte por caulinita de alta cristalinidade, não expansiva e quimicamente pura. Estes estudos, aliados a observações de campo, sugerem, para esta ocorrência mineral, uma origem autigênica, comandada pela precipitação direta a partir de fluidos meteoricos, originários da alteração de minerais aluminosilicáticos presentes originalmente na rocha.

ABSTRACT

A kaolinized intrusive body occurring in Precambrian rocks of the Espinhaço (Middle Proterozoic) and Rio Paraúna (Upper Proterozoic?) Groups in the Diamantina region was studied. X-ray diffractometry (XRD), X-ray fluorescence (XRF), scanning electron microscopy (SEM) and cation exchange capacity (CEC) data have shown that this kaolinite is a well crystallized, non-expansive, chemically pure clay mineral. These studies, together with field observations, suggest that the kaolinite originated by direct precipitation from subsurface solutions deriving from weathering alteration of the aluminosilicate minerals of the basic intrusive rock.

¹Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

²Centro de Pesquisa Prof. Manoel Teixeira da Costa, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

TRABALHOS PRÉVIOS

As primeiras referências petrológicas sobre metabasitos intrusivos no Supergrupo Espinhaço e seqüências mais antigas deve-se a GUIMARÃES (1933). GROSSI SAD & VAZ DE MELO (1969) descreveram a evolução intempérica destes metabasitos, a qual originou acumulações importantes de bauxita na região. SCHÖLL & FOGAÇA (1981) descreveram diques e soleiras de dioritos, gabros e diabásios, incipientemente metamorfizados, os quais geraram, por intemperismo, ocorrências localizadas de caulim, mencionando especificamente o corpo caulínítico ora investigado. UHLEIN (1982) apresentando uma compilação sobre a ocorrência de metabásicas no Espinhaço Meridional, destaca a ocorrência de bauxita, relacionada com a alteração intempérica destes corpos intrusivos.

MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

Além da execução de trabalhos de campo, os quais permitiram a delimitação do corpo intrusivo ora investigado, as caulinitas foram analisadas por DRX (rocha total e fração argila) utilizando um difratômetro RIGAKU/RV 200, com radiação $\text{CuK } \alpha$ e os dados químicos de FRX foram obtidos por meio de um aparelho RIGAKU A. Na investigação por MEV utilizou-se um microscópio JEOL-JXA/800 A, equipado com sistema de análises por energia dispersiva de raios X (EDX). As análises de capacidade de troca catiônica foram realizadas segundo o método descrito por HILL (1982 apud KHALIL & TEIXEIRA, 1990).

CONDICIONAMENTO GEOLÓGICO

O corpo caulinizado ora investigado ocorre a oeste do km 116 da BR-367 (Curvelo-Diamantina), na forma de um dique que corta unidades proterozóicas representadas pelos Grupos Rio Paraúna e Espinhaço, ambos predominantemente quartzíticos. Ele estende-se por cerca de 500 m na direção aproximadamente leste-oeste, subparalelamente a uma falha indiscriminada situada a sul, com espessuras que variam entre 5 e 20 m, sendo cortado transversalmente por fraturas cujos planos encontram-se às vezes enriquecidos em sericita e quartzo. Seus limites a oeste e leste são representados por falhas de empurrão sendo recobertos a leste por material coluvionar (Fig. 1).

O dique possui direção $\text{N75}^\circ\text{W}$ e mergulho subvertical. Para efeitos de estudo o mesmo foi subdividido em dois corpos (I = oeste; II = leste), exibindo, ambos, zoneamento subparalelo à sua maior dimensão. Sondagens a trado mostraram a continuidade do caulim sob o material coluvionar situado entre os dois corpos, o qual, com espessuras variando entre 0,5 e 0,6 m é constituído por areia argilosa preta, com acréscimo de material orgânico do topo para a base. O contato entre o colúvio e o caulim é gradacional, com

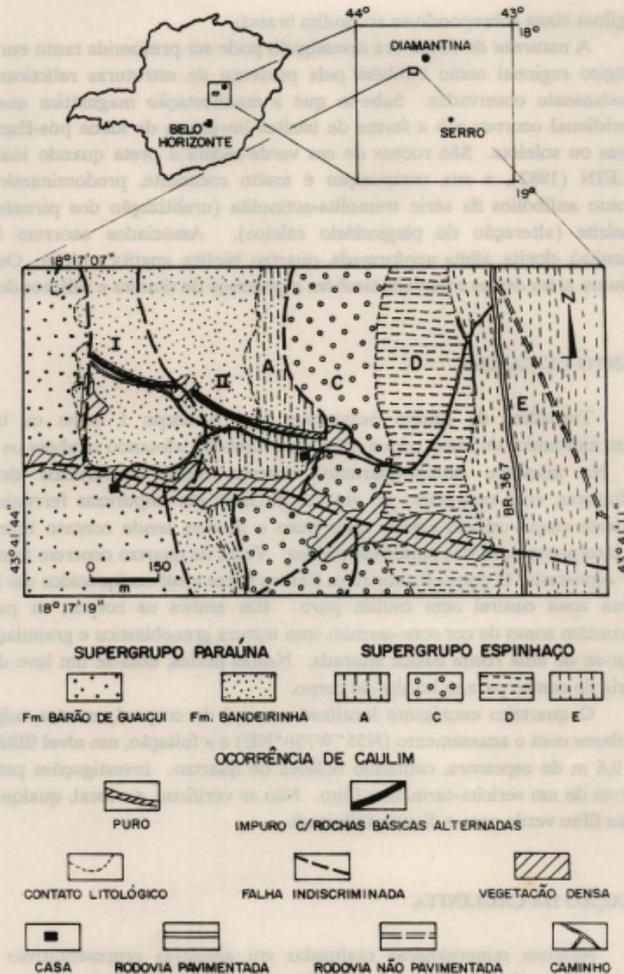


Figura 1 - Mapas de localização e geológico (nomenclatura segundo SCHÖLL & FOGAÇA, 1981) da área de ocorrência do corpo caulizino investigado.

uma fração argilosa cinza sobrepondo-se ao caulim branco.

A natureza do dique ora investigado pode ser presumida tanto em função do contexto geológico regional como também pela presença de estruturas relícticas da rocha básica, localizadamente observadas. Sabe-se que a manifestação magmática que afetou o Espinhaço Meridional ocorreu sob a forma de basitos intrusivos de idade pós-Espinhaço, na forma de diques ou soleiras. São rochas de cor verde-escura a preta quando inalteradas e, segundo UHLEIN (1982), a sua composição é muito constante, predominando minerais secundários como anfíbios da série tremolita-actinolita (uralitização dos piroxênios) e de epidoto-clinozoizita (alteração do plagioclásio cálcico). Associados ocorrem leucóxênio (núcleo de ilmenita), clorita, albita neoformada, quartzo, biotita, apatita e pirita. Os presentes autores verificaram além destes minerais, também a presença de titanita e sulfetos de cobre.

DETALHAMENTO DE CAMPO

Trabalhos de campo mostraram que o corpo I exhibe os limites sul enriquecidos em hidróxidos de ferro, com a coloração vermelha afetando também os quartzitos encaixantes. Na interface caulim-quartzito, ocorrem veios subverticais de quartzo, preenchendo fraturas, com espessuras de até 0,5 m, ricos em impurezas ferruginosas. Os limites norte deste corpo exibem caulim mais puro e branco, tendo contato brusco com o quartzito, sem interpenetração das partes envolvidas. Veios de quartzo ocorrem também aqui, mas em menor espessura. O corpo II mostra os limites norte e sul enriquecidos em hidróxidos de ferro e uma zona central com caulim puro. Em ambos os corpos, as partes mais avermelhadas contêm zonas de cor ocre-carmim com textura granoblástica e granulação média, sugerindo tratar-se de uma rocha básica alterada. Nestas partes, nota-se um leve decréscimo da granulometria do centro para as bordas do corpo.

O quartzito encaixante localizado ao sul do corpo I, mostra, adjacente ao dique e concordante com o acamamento (N55°W/50°NE) e a foliação, um nível filítico (verde) com cerca de 0,8 m de espessura, contendo bolsões de quartzo. Investigações petrográficas mostram tratar-se de um sericita-turmalina filito. Não se verificou, no local, qualquer relação inequívoca deste filito verde com o dique caulinizado.

CARACTERIZAÇÃO DA CAULINITA

Análises mineralógicas realizadas em amostras representativas do corpo caulinizado puro (corpo I), executadas por DRX mostram, em rocha total, a presença de quartzo e caulinita (Fig. 2). Dosagem da sílica livre cristalizada, realizada também por DRX indica 8% de quartzo e 92% de caulinita. A fração argila (< 0,002 mm) mostra, pelo mesmo método, 100% de caulinita de alta cristalinidade, fato evidenciado pelos picos bem formados

dos difratogramas (Fig. 3).

Confirmando os dados difratométricos, a investigação por MEV na fração argila do corpo caulinizado (ANJOS et al., 1991), mostra a presença de agregados de placas euédricas de caulinita, associados a flocos de caulinita anédrica. A composição química qualitativa, determinada por EDX indicou unicamente a presença de sílica e alumínio, tanto nos agregados como nos flocos de caulinita. Nesta fração argila, nem quartzo nem sericita, localmente presentes em rocha total, foram observados. Aspectos morfológicos do corpo caulinizado em questão encontram-se ilustrados a seguir (Estampa 1).

Análise de capacidade de troca catiônica (CTC), objetivando determinar a concentração de cátions intercambiáveis desta caulinita mostra um valor extremamente baixo (0,99 meq/100 g), o qual indica, além de nítida correlação com o teor de caulinita determinada por DRX, o caráter puro deste argilomineral. Teores adicionais de esmectita, illita ou interstratificado illita-esmectita, elevariam significativamente o valor da CTC encontrado. Para fins instrutivos são comparados valores da CTC da caulinita do Espinhaço com outros provenientes de várias outras argilas (Tabela 1). Os dados mostram que uma classificação genérica das amostras analisadas quanto aos seus cátions intercambiáveis, permitem agrupar as amostras 1, 2 e 3 como argilas empobrecidas em Na^+ e Ca^{++} , com baixos valores de CTC e, conseqüentemente, não expansivas. As amostras 4 e 5, de natureza sódio-cálcica e elevados teores em CTC, foram classificados por KHALIL & TEIXEIRA (1990) como argilas expansivas. A argila 6, de natureza cálcica, foi também classificada por estes autores como medianamente expansiva e com média capacidade de troca catiônica.

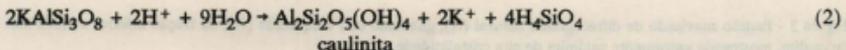
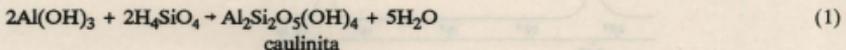
Análises químicas por FRX confirmaram a alta pureza química da caulinita ora investigada, com sílica e alumínio totalizando 97,7% em peso da rocha seca (Tabela 2).

ORIGEM DA CAULINITA

Caulinitas autigênicas podem formar-se, segundo BLATT (1985), por dois processos distintos:

a. por precipitação direta a partir de soluções supersaturadas, gerando agregados predominantemente euédricos que ocupam a porosidade disponível da rocha (equação 1).

b. por alteração *in situ* de feldspatos e de outros minerais alumino-silicáticos, neste caso formando cristais anédricos (equação 2).



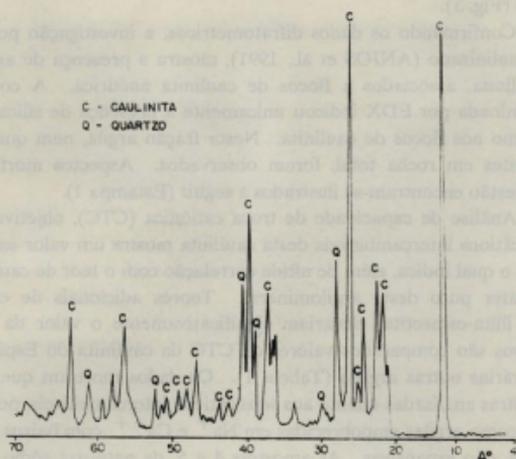


Figura 2 - Padrão suavizado de difratograma natural (pó) de caulim, mostrando caulinita e quartzo.

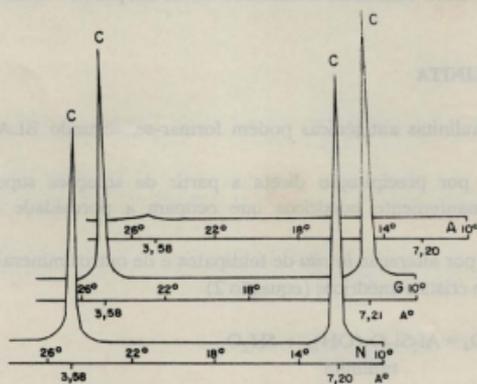
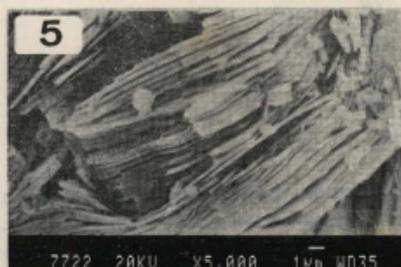
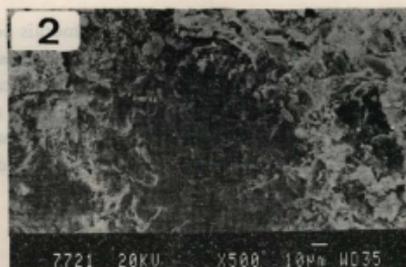
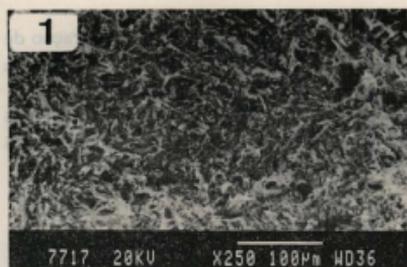


Figura 3 - Padrão suavizado de difratograma natural (N), glicolado (G) e aquecido (A), da fração inferior a $0,002 \text{ mm}$ de caulim, mostrando unicamente caulinita de alta cristalinidade.



Estampa 1 - Fotomicrografias por MEV mostrando:

1. Aspecto geral da fração argila revelando intensa caulização a partir de minerais aluminosilicáticos, com zonas mais ricas em cristais eúdricos circundados por uma massa de caulinita anédrica (aumento de 250x).
2. Detalhe de área preenchida por caulinita eúdrica circundada por caulinita anédrica (aumento de 500x).
3. Caulinitas autigênicas predominando sob a forma de "books" (aumento de 1000x).
4. Detalhe de caulinitas cristalizadas sob a forma de "books" (aumento de 2000x).
5. Detalhe de agregados de placas eúdricas de caulinita (aumento de 5000x).
6. Detalhe de caulinita vermicular presente na foto 2 (aumento de 2000x).

Tabela 1 - I: Mineralogia de argilominerais por DRX; II: Especificação da concentração de cátions intercambiáveis, em mili-equivalentes por 100g de amostra; III: Valor total da capacidade de troca catiônica (CTC). Cau = caulinita; Ill = illita; Esm = esmectita.

(1) Caulinita da Serra do Espinhaço; (2) Argilas da bacia eocênica do Gandarela, MG (SGARBI et al., 1991); (3) Caulinita de Cornwall, U.K. (WORTHINGTON et al., 1979); (4, 5 e 6) Argilas da bacia do Recôncavo, BA, Cretáceo Inferior (KHALIL & TELXEIRA, 1990).

	I - TEOR % DRX Fr < 0,002 mm			II - TEOR (meq/100 g)						III CTC meq/100g		
	CAU	ILL/ESM (IS)	ILL/EM (IS)	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Sr ⁺⁺		H ⁺	Ca ⁺⁺ /Na ⁺ (meq/meq)
1	100	-	-	≤ 0,04	0,63	0,12	0,05	0,19	-	-	0,30	0,99
2	100	-	-	≤ 0,04	0,27	0,90	0,31	0,31	-	-	1,15	1,79
3	85-90	tr.	8-10	-	0,20	0,20	0,86	1,20	-	3,00	6,00	4,90
4	-	100	15-20	0,07	21,37	5,50	6,74	29,71	0,40	-	1,38	64,00
5	10	90	5-20	0,02	30,88	2,38	6,94	42,09	0,62	-	1,36	83,00
6	-	100	25-30	0,13	0,59	1,41	4,98	37,80	0,17	-	64,00	45,10

Tabela 2 - Análises químicas por FRX, base seca, fração < 0,002 mm. (1) Caulinita da Serra do Espinhaço; (2) Média de 5 análises de caulinita de Cornwall, U.K. (JASMUND, 1979); (3) Caulinita da bacia eocênica do Gandarela, MG (SGARBI et al., 1991).

	1 (%)	2 (%)	3 (%)
SiO ₂	53,20	52,56	47,80
Al ₂ O ₃	44,51	44,42	46,10
Fe ₂ O ₃	0,79	0,59	3,21
K ₂ O	0,69	1,44	3,01
MgO	0,41	0,14	0,65
CaO	0,19	0,26	-
TiO ₂	0,12	0,04	4,78
P ₂ O ₅	0,04	-	-
N ₂ O	0,01	0,04	-
TOTAL	99,95	99,29	99,86

No presente caso, as morfologias observadas por MEV (Estampa 1) mostram zonas ricas em caulinitas euédricas, circundadas por uma massa flocular de caulinitas anédricas, associação que sugere a atuação conjunta dos dois processos genéticos acima descritos, porém em um contexto eminentemente intempérico.

Um outro aspecto importante a ser considerado, por envolver o enriquecimento relativo em caulinita pela saída dos outros elementos originalmente associados na rocha intrusiva, é a retirada do ferro do sistema, processo este comandado pela presença da matéria orgânica, preservada na forma de turfeiras de gramíneas, comuns naquela região da Serra do Espinhaço. Considera-se que a remobilização do ferro pode relacionar-se com a redução do Fe³⁺ para Fe²⁺, em função do rebaixamento do potencial de "redox" para valores menores que zero, como consequência do acúmulo de matéria orgânica ao longo da antiga depressão linear representada pelo dique.

CONCLUSÕES

a. Dados morfológicos obtidos por MEV, associados a observações de campo, indicam, para a presente ocorrência de caulinita, uma origem tanto a partir da precipitação de cátions presentes em águas meteóricas contendo sílica e alumínio originando os agregados euédricos observados, como também pela alteração de minerais aluminosilicáticos presentes na rocha original, formando as massas floculares anédricas de caulinita.

b. A remobilização do ferro da rocha intrusiva pode relacionar-se com sua redução pelo rebaixamento do potencial de "redox" local, conseqüente da presença de matéria orgânica. A retirada do excesso da sílica pode ocorrer em clima quente e pH alcalino associados à existência de boa drenagem local. Processos mais amplos de concentração de alumínio, aliados à retirada mais efetiva de sílica, ferro, potássio, etc. em rochas básicas alteradas, tem sido descrito no Espinhaço Meridional (ocorrências de bauxita mencionadas no texto).

c. Os contatos do caulim com as encaixantes são retilíneos ou marcados pela presença de veios de quartzo na interface. A única feição de alteração observada nas encaixantes foi a presença de intensa lateritização ferruginosa, inclusive com a formação de canga. Por isto exclui-se uma origem hidrotermal para o corpo caulinizado em questão.

d. Observou-se grande semelhança mineralógica e química entre o corpo caulinizado da Serra do Espinhaço ora analisado e argilas caulínticas da bacia terciária do Gandarela (SGARBI et al., 1991), estas seguramente de origem diagenética.

Sondagens a trado e perfis sísmicos de refração, a serem realizadas pelos autores no futuro, verificarão a delimitação tridimensional do corpo caulinizado e suas relações com a rocha original. Serão ainda comparados os fatores da caulinição na área, com os corpos de bauxita também presentes na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Dra. Sylvia M.Couto e Célia R.F.Carvalho (PETROBRÁS/CENPES) pela confecção das análises por DRX, FRX e MEV e ao Dr. Carlos N.Khalil (PETROBRÁS/CENPES) pelas análises de CTC apresentadas. Análises por DRX também foram realizadas pelo Prof. Rui Z.L.Cançado e o acadêmico Cláudio A.C.Carneiro (Eng^o MINAS/UFMG), aos quais os autores agradecem. Os trabalhos de campo foram facilitados pela participação dos acadêmicos Gelson L.Fambrini e Marlei A.C.Chamani (IG/USP). O Centro de Geologia Eschwege em Diamantina (CGE/UFMG) gentilmente colocou à disposição toda a infra-estrutura necessária à execução dos trabalhos.

Os autores são gratos, ainda, à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG (Projeto nº 23072.024300/92-73), que financiou os trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, S.M.C.; CORDEIRO, C.R.; SOUZA, A.L.S. (1991) Análise por microscopia eletrônica de varredura em amostras de arenito e argila. **Comunicação Técnica Diger. Petrobrás/Cenpes**, (60/91):1-8.
- BLATT, H. (1988) Current problems in Diagenesis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3., Ouro Preto, 1988. **Atas**. Ouro Preto, SBGq. V.1, p.107-136.
- GROSSI SAD, J.H. & VAZ DE MELO, M.T. (1969) Recursos econômicos do distrito de Serra, MG. Belo Horizonte. **Geologia e Sondagens - Geosol/DNPM**:1-179.
- GUIMARÃES, D. (1933) Os anfíbolitos da região diamantífera do norte de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 5(4):237-257.
- JASMUND, K. (1979) X-ray fluorescence spectroscopy. In: OLPHEN, H.V. & FRIPIAT, J.J. (eds.) **Data handbook for clay materials and other non-metallic materials**. London, Pergamon Press. p.155-161.
- KHALIL, C.N. & TEIXEIRA, L.C.F.L. (1990) Determinação de capacidade de troca catiônica de frações argila da Formação Sergi/Campo de Dom João. **Comunicação Técnica Secres.Petrobrás/Cenpes**, (15/90):1-8.
- SCHÖLL, W.U. & FOGAÇA, A.C.C. (1981) **Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional, Quadrículas Guinda/Gouveia**. Belo Horizonte, DNPM/UFGM. 44p.
- SGARBI, G.N.C.; FANTINEL, L.M.; MASOTTI, F.S. (no prelo) Geologia dos sedimentos lacustres da bacia terciária do Gandarela, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6., Ouro Preto, 1991. **Atas**. Ouro Preto, SBG.
- UHLEIN, A. (1982) **Geologia e mineralogia de cromita e itabiritos na região de Serra, MG**. Brasília, 189p. (Tese de Mestrado - Instituto de Geociências/Universidade de Brasília).
- WORTHINGTON, A.E.; GRANQUÍST, W.T.; CLEMENCY, C.V. (1979) Cation exchange capacity. In: OLPHEN, H.V. & FRIPIAT, J.J. (eds.) **Data handbook for clay materials and other non-metallic materials**. London, Pergamon Press. p.195-201.

Recebido em 16/01/1992.

Aprovado em 29/04/1992.