

Caracterização Mineralógica e Tecnológica do Caulim da Região de Silvânia - GO, Visando a Sua Utilização Industrial

Fabício Ribeiro Freire

Bolsista de Iniciação Científica, Geologia, UERJ

Luiz Carlos Bertolino

Orientador, Geólogo, D. Sc.

Adão Benvindo da Luz

Co-orientador, Eng. de Minas, D. Sc.

Resumo

O estudo visa à caracterização mineralógica e tecnológica dos diversos tipos de caulins da região de Silvânia - GO, bem como a determinação da distribuição do íon ferro no minério. O caulim da região é essencialmente caulínítico, granulometria média a fina, após o alveamento químico a alvura chega a 82,15% ISO.

1. Introdução

O termo caulim é usado para denominar a rocha que contém a caulinita, assim como para o produto resultante do seu beneficiamento. É formado essencialmente pela caulinita, apresentando cor branca ou quase branca, devido ao baixo teor de ferro. Entende-se por caulim, o material formado por um grupo de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita, secundariamente por diquita e nacrita. Além disso, o caulim sempre contém outras substâncias sobre a forma de impurezas, desde traços até a faixa de 40 – 50% em volume, consistindo, de modo geral, de quartzo, micas, feldspatos, óxidos de ferro e titânio, etc. A fórmula química dos minerais do grupo da caulinita é $Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$, onde m varia de 1 a 3 e n de 2 a 4 (LUZ, *et al*, 2005).

Em função de suas propriedades físicas e químicas, o caulim pode ser utilizado em uma grande variedade de produtos desde carga e cobertura para papel, até fertilizantes e outros (LUZ, *et al*, 2005, PEREIRA, 2001, MURRAY, 1988). No entanto, para ser empregado industrialmente, diversos processos de beneficiamento são requisitados, de modo a proporcionar o aumento de propriedades como alvura, opacidade, pureza, entre outras (TRAWINSKI, 1980).

No centro leste do Estado de Goiás, no município de Silvânia, ocorre uma espessa seqüência de rochas metassedimentares de composição caulínítica de coloração variada, às vezes quartzito caulínítico e quartzito micáceo. Essas rochas foram mapeadas como pertencentes ao Grupo Paranoá de idade Meso-neoproterozóica.

Os mais recentes dados sobre litoestratigrafia, sistemas deposicionais e geotectônica do Grupo Paranoá são apresentados por Faria & Dardenne (1995) que o caracterizam como uma seqüência deposicional em ambiente marinho, subdividida em doze litofácies com *status* de formação e agrupadas em quatro megaciclos sedimentares.

No Brasil, um dos pontos mais desfavoráveis para a utilização do caulim está no fato de que a grande maioria das jazidas de prospecção deste minério está situada na região Norte, o que eleva o custo deste minério para as demais regiões. Com o estudo e exploração de jazidas do minério em regiões estrategicamente mais favoráveis, como a região Centro-Oeste, pode-se reduzir o custo de transporte e viabilizar a aplicação do caulim em segmentos industriais em outras regiões do Brasil.

2. Objetivos

O estudo teve como objetivo a caracterização mineralógica e tecnológica dos diversos tipos de caulins que ocorrem no município de Silvânia, Goiás, contribuindo de forma significativa para o melhor aproveitamento do depósito.

3. Materiais e Métodos

Foram coletadas 7 amostras (Tabela 1) na frente de lavra representativas de cada tipo de caulim.

Tabela 1. Identificação das amostras de caulim.

Amostra	Localização
Am – 1	Ponto - 01 Caulim Amarelo
Am – 2	Ponto - 01 Caulim Branco Macio
Am – 3	Ponto - 01 Caulim Macio
Am – 4	Ponto - 03 Caulim Amarelo
Am – 5	Ponto – 05 Caulim Esbranquiçado
Am – 6	Ponto – 06 Caulim Esbranquiçado
Am – 7	Ponto – 07 Caulim Branco

3.1. Beneficiamento do Caulim

O caulim ocorre associado a várias impurezas, não atendendo, dessa forma, às especificações de mercado. Para promover o seu melhor aproveitamento é necessário realizar operações de beneficiamento. Nos laboratórios do CETEM as amostras passaram pelas seguintes etapas:

Secagem e desagregação: as amostras foram secas em estufas a uma temperatura média de 70°C, posteriormente foram desagregadas, homogeneizadas em pilha prismáticas e quarteadas.

Classificação granulométrica a úmido: os ensaios de peneiramento foram realizados com 1,0 kg de amostra, utilizando as seguintes peneiras: 1,651mm, 1,168mm, 0,833mm, 0,589mm, 0,417mm, 0,295mm, 0,208mm, 0,147mm, 0,104mm, 0,074mm, 0,053mm e 0,043mm.

Alveamento químico: utilizou-se a lixiviação redutora em meio ácido. O processo consiste basicamente na redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} , que é a forma mais solúvel em água e que possibilita sua remoção após a operação de filtragem. Utilizou-se da fração abaixo de 44 μm , em polpa a 30% de sólido e pH entre 3,0 e 3,5, 4 kg/t de ditionito de sódio, agitação a uma rotação de aproximadamente 90 rpm. Durante a realização dos ensaios, alíquotas de 40 mL foram retiradas a cada 30 min, filtradas e secadas em estufa. Após a secagem foi determinada a alvura das amostras.

3.2. Caracterização Mineralógica

3.2.1. Difração de Raios-X (DRX)

Os difratogramas de raios-X (DRX) das amostras foram obtidos em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação $Co K\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ 2\theta$ por passo com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 4 a $80^\circ 2\theta$. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker Diffrac Plus.

3.2.2. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Foram analisadas no Microscópio Eletrônico de Varredura amostras de caulim após o alveamento químico.

4. Resultados e Discussões

4.1. Granulometria

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da classificação granulométrica a úmido do caulim da região de Silvânia. As amostras 2 e 3 da camada de caulim macio, foram as que apresentaram o melhor rendimento (respectivamente 81,05% e 82,15%).

As amostras 1, 4 e 7 apresentaram um rendimento bom, e com resultados parecidos (respectivamente 78,01%, 73,99% e 78,31%). As duas primeiras amostras pertencem a camada de caulim amarelo, enquanto que a amostra 7 a camada de caulim branco.

Tabela 2. Classificação granulométrica do caulim da região de Silvânia.

Amostras	Massa Total(g)	> 44 µm (g)	< 44 µm (g)	Rendimento (%)
Am – 1	300,72	55,73	234,60	78,01
Am – 2	363,44	61,89	294,59	81,05
Am – 3	474,03	70,23	389,44	82,15
Am – 4	324,89	79,20	240,40	73,99
Am – 5	482,04	388,02	84,93	17,61
Am – 6	579,71	170,74	402,01	69,34
Am – 7	585,06	117,92	458,21	78,31

Apesar das amostras 5 e 6 serem da mesma camada de caulim, nota-se uma diferença entre as porcentagens de material passante abaixo de 44 µm (respectivamente 17,61% e 69,34%), pois é comum ocorrerem variações na lateral e na vertical ao longo do depósito.

4.2. Alveamento Químico

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do Índice de Alvura (ISO) do alveamento químico em intervalos de 30 minutos. A variação nos resultados de alvura nas diferentes condições de alveamento químico pode ter sido proveniente de flutuações do pH da polpa.

Tabela 3. Índice de alvura (%ISO) do caulim.

	Alvura (% ISO)								
	Bruta	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
Am – 1	42,94	45,14	45,02	44,96	44,87	45,02	44,80	44,88	45,07
Am – 2	64,79	68,84	66,89	66,75	66,95	66,79	66,84	66,72	67,02
Am – 3	66,06	66,50	66,77	67,39	67,43	67,39	67,44	67,15	67,55
Am – 4	67,12	68,74	68,82	68,69	68,53	68,45	68,13	-	68,10
Am – 6	43,71	44,70	44,54	44,80	44,43	44,78	44,51	44,62	44,70
Am – 7	51,13	58,39	58,59	58,53	58,50	58,37	58,66	58,40	58,54

Obs: Por ter apresentado um rendimento granulométrico muito baixo, a amostra 5 não foi utilizada.

Os resultados do índice de alvura (ISO) das amostras brutas do caulim de Silvânia mostram que os caulins possuem uma baixa alvura, sendo o maior valor 67,12% e o menor valor 42,94%.

Comparando os valores iniciais (Bruta) e finais (240 min), nota-se que houve um ganho nos valores de alvura que variam entre 0,98% e 7,41% (respectivamente Am-4 e AM-7). As amostras 1 e 2, apresentaram respectivamente um ganho de 2,13% e 2,23% no índice de alvura. Enquanto que as amostras 3 e 6 apresentaram respectivamente um ganho de 1,49% e 0,99%.

4.3 Difração de Raios-X

A difratometria de raios-X foi a principal técnica utilizada na identificação mineralógica das amostras de caulim. Os difratogramas das frações -44 μm apresentam picos característicos da caulinita (figura 1), demonstrando que o caulim é essencialmente caulínítico.

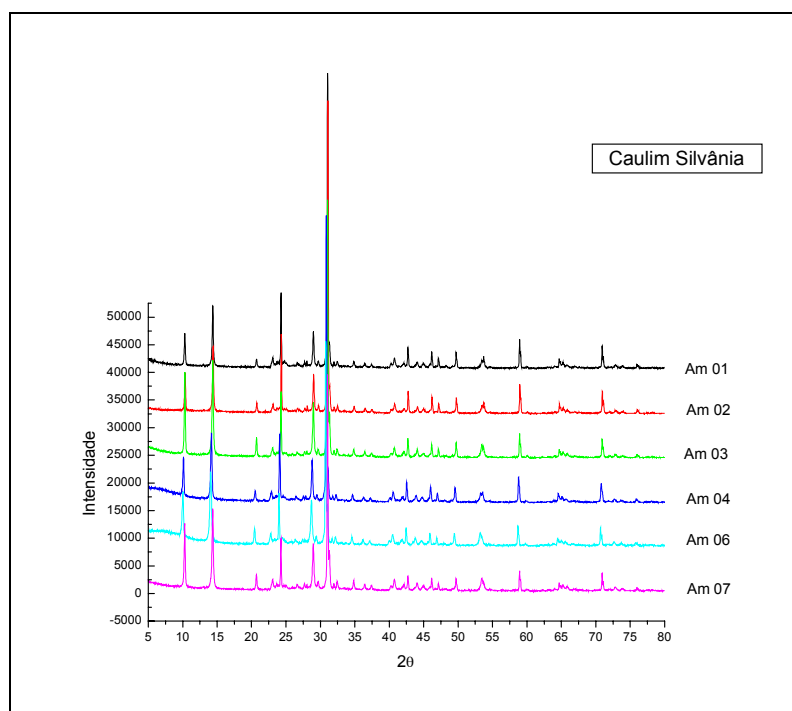


Figura 1. Difratogramas de raios X das amostras de caulim de Silvânia. Co K α (35 kV/40 mA).

4.4 Microscópio Eletrônico de Varredura

As análises no microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmaram que as amostras após o beneficiamento são constituídas essencialmente por caulinita e secundariamente por quartzo. Os grãos de caulinita são pseudo-hexagonais e eventualmente apresentam na forma de agregados (Figura 2).

Durante as análises no MEV não foi possível identificar a presença de óxidos e/ou hidróxidos de ferro, indicando que o beneficiamento feito foi efetivo.

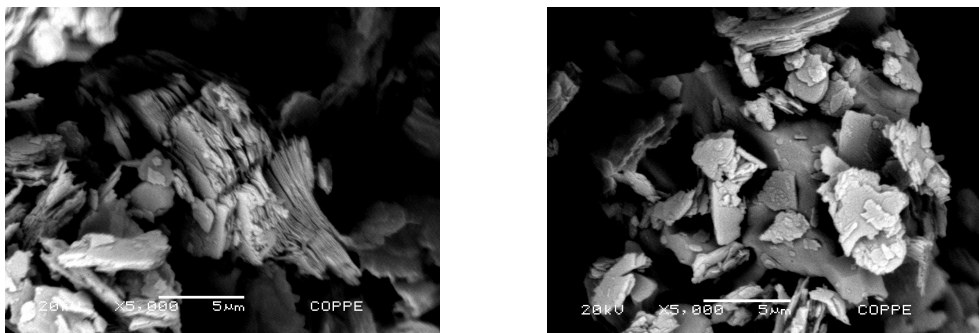


Figura 2. Imagens do caulim do ponto 07. BSE

4.5. Análises químicas

As análises químicas do caulim por espectrometria de fluorescência de raios-X, apresentados na Tabela 4, revelaram pequena variação no teor de óxido de alumínio, porém com valores um pouco abaixo do esperado para caulinita (22%). Somente a amostra Am-7 apresentou concentração de óxido de alumínio acima de 22%. A elevada concentração relativa de óxido de ferro encontrada nas amostras, com fase característica de gohetita, reduz a alvura e compromete a aplicação do caulim beneficiado.

Observa-se também altos valores de SiO₂ indicando a grande concentração de quartzo no caulim.

Os resultados das análises das amostras que passaram por tratamento (T), classificação granulométrica e alveamento químico, indicam pequenas variações nos teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃.

Tabela 4. Análises químicas das amostras de caulim (% em peso)

Amostra	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.F.	Total
Am – 1	17,17	70,84	2,21	0,92	0,08	0,05	0,86	0,08	2,89	4,79	99,90
Am – 2	17,14	72,53	1,15	0,79	0,09	0,03	0,85	0,08	3,00	4,58	100,24
Am – 3	18,97	69,57	0,96	0,97	0,1	0,04	1,02	0,07	3,43	4,95	100,10
Am – 4	17,12	71,95	1,14	0,91	0,08	0,04	0,78	0,08	2,87	4,62	99,59
Am – 6	19,90	66,11	2,77	0,97	0,07	0,03	1,05	0,07	3,50	5,68	100,15
Am – 7	22,47	62,59	1,75	1,29	0,11	0,05	1,21	0,09	4,18	6,10	99,85
Am – 2T	16,99	72,59	1,10	0,80	0,09	0,04	0,87	0,07	2,99	4,43	99,97
Am – 3T	19,13	68,88	1,24	0,97	0,10	0,03	1,02	0,08	3,53	4,97	99,95
Am – 4T	17,11	72,65	1,10	0,91	0,08	0,04	0,81	0,08	2,89	4,55	100,21
Am – 7T	21,03	64,67	1,67	1,21	0,11	0,04	1,13	0,09	3,88	5,89	99,72

P.F.: Perda ao Fogo

5. Conclusão

Os testes de beneficiamento com o caulim da região de Silvânia apresentaram baixo rendimento abaixo de 44 μm e alto teor de SiO_2 , indicando uma grande concentração de quartzo. A amostra 3 (Ponto - 01 Caulim Macio), apresentou o melhor rendimento (82,15%), enquanto as amostras 5 e 6 apresentaram o menor rendimento (17,61 e 69,34%).

O índice de alvura (ISO) das amostras brutas mostra que os caulins possuem uma baixa alvura, sendo o maior valor 67,12% e o menor valor 41,10%. Depois de 4 horas de alvejamento químico, verificou-se um ganho na alvura entre 0,98% e 7,41% (respectivamente Am-4 e AM-7).

As análises por difratometria de raios X das amostras brutas apresentam picos característicos da caulinita e quartzo, e secundariamente picos da muscovita e sericita, demonstrando que o caulim é essencialmente caulinitico.

As análises no microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmaram que as amostras após o beneficiamento são constituídas essencialmente por caulinita e secundariamente por quartzo, não sendo possível identificar a presença de óxidos e/ou hidróxidos de ferro, indicando que o beneficiamento feito foi eficaz.

As análises químicas do caulim por espectrometria de fluorescência de raios-X revelaram pequena variação no teor de óxido de alumínio, com valores um pouco abaixo do esperado para caulinita (22%). Elevada concentração relativa de óxido de ferro (com fase característica de gohetita) e sílica (SiO_2).

6. Agradecimentos

Ao CETEM pelo suporte científico, técnico e laboratorial durante a execução do trabalho. À Mineração Silvânia SA pelo apoio e fornecimento das amostras. Ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio financeiro.

7. Referências Bibliográficas

- FARIA, A. e DARDENNE, M.A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'aliança – Alto Paraíso de Goiás. 1995.
- LUZ, A.B.; CAMPOS, A.R.; CARVALHO, E.A. e BERTOLINO, L.C. Caulim. In Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações. Ed. Luz, A.B. e LINS, F.A.F. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 2005. p.231-262.
- MURRAY, H. H. Kaolin Minerals: Their Genesis and Occurrences, Reviews in Mineralogy: Hydrous Phyllosilicates, (S. W. Bailey, Ed.), Vol. 19, p.67–89, 1988.
- PEREIRA, S., 2001. DNPM - Balanço Mineral Brasileiro 2001. Caulim 1-13. In: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/caulim.pdf>
- TRAWINSKI, H. O beneficiamento de caulim 1a parte. Cerâmica, 1980, vol. 26(122), p. 25- 33.