

## As Matérias-Primas Plásticas para a Cerâmica Tradicional: Argilas e Caulins

**José Francisco Marciano Motta<sup>a\*</sup>, Antenor Zanardo<sup>b</sup>, Marsis  
Cabral Júnior<sup>a</sup>, Luiz Carlos Tanno<sup>a</sup>, Gláucia Cuchierato<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Divisão de Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
IPT Cidade Universitária, 05508 - 901 São Paulo - SP*

<sup>b</sup>*Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Unesp/Rio Claro - SP  
e-mail: jfmotta@ipt.br*

**Resumo:** Na cerâmica tradicional de base argilosa, utilizam-se temperaturas que variam de 850 °C a 1.300 °C para queimar as peças conformadas a partir de massas úmidas e plásticas e que são formuladas a partir de uma única matéria-prima argilosa (massa simples) ou pela mistura de matérias-primas plásticas e não-plásticas (massa composta), conforme assunto já abordado nas partes I e II<sup>19,20</sup>. O presente trabalho, embora se constitua em um artigo independente, trata-se da terceira parte da série, em que são apresentadas as características geológicas e tecnológicas das matérias-primas plásticas, formadas pelas argilas e caulins, materiais que desempenham uma ou mais funções no processo cerâmico e interagem com os demais componentes, gerando as características e comportamentos gerais das massas e produtos. Em artigo posterior serão abordadas as matérias-primas não-plásticas, como feldspato, quartzo e carbonatos, finalizando a série de trabalhos iniciada com o perfil das indústrias cerâmicas brasileiras.

**Palavras-chaves:** *matérias-primas cerâmicas, argilas, caulim, indústria cerâmica, pesquisa mineral*

### 1. Introdução e Objetivos

Em artigos anteriores foram apresentados o panorama técnico-econômico do setor cerâmico e as características das massas cerâmicas básicas utilizadas<sup>19,20</sup>. No presente trabalho objetiva-se apresentar as características geológicas e tecnológicas das matérias-primas plásticas, sendo tratadas mais especificamente as argilas de queima avermelhada, que se referem às argilas quaternárias e argilas de bacias sedimentares; e as argilas caulínicas de queima clara, que incluem as argilas plásticas e caulins.

Em artigo posterior serão enfocadas as matérias-primas não-plásticas, como feldspato, quartzo e carbonatos, finalizando a série de trabalhos iniciada com o perfil das indústrias cerâmicas brasileiras.

### 2. Generalidades

As matérias-primas aqui abordadas referem-se basicamente às argilas e ao caulim, substâncias constituídas majoritariamente de argilominerais, minerais do grupo dos filossilicatos. Outros materiais deste grupo, como talco e

filito, apresentam características plásticas menos pronunciadas e fundência mais elevada, e serão abordados dentro das matérias-primas não-plásticas, junto com os minerais e rochas fundentes.

O termo argila *sensu lato* é empregado para designar um material inorgânico natural, de granulometria fina, com partículas de poucos micrômetros, que apresenta comportamento plástico quando adicionada uma determinada quantidade de água. Do ponto de vista sedimentológico e granulométrico, a fração argila corresponde ao conjunto de partículas inferiores a 2 µm ou 4 µm, segundo as escalas de Attemberg e Wentworth, respectivamente.

Mineralogicamente, as argilas são constituídas predominantemente de argilominerais (filossilicatos), e seus tipos mais comuns são formados de folhas tetraédricas (T) de silício e octaédricas (O) de alumínio, e, com menor frequência, de magnésio e/ou ferro. Constituem unidades estruturadas na proporção 1:1 (TO) ou 2:1 (TOT). Além do arranjo estrutural, o espaçamento basal dessas unida-

des tipifica os argilominerais dos diversos agrupamentos, destacando-se os grupos da caulinita, illita e esmectita como os mais importantes do ponto de vista cerâmico. Juntamente com as partículas de argilominerais ocorrem outros minerais, geralmente nas frações silte ( $2 \mu\text{m} = 0,002 \text{ mm} < \Phi < 0,62 \text{ mm}$ ) e areia ( $\Phi > 0,62 \text{ mm}$ ). Nessas granulometrias maiores, o mineral mais comum é o quartzo, seguido de micas, feldspatos e minerais opacos.

A argila, por se tratar de um material extremamente fino, muitas vezes de mineralogia mista, torna-se difícil a sua identificação e classificação precisas, propiciando uma farta difusão de terminologia. Parte dessa miscelânea de nomenclatura, envolvendo critérios técnicos e jargão cerâmico, é apresentada no Quadro 1.

Na abordagem aqui efetuada, as argilas são classificadas em dois grupos principais, com base na cor de queima (principal característica) e na mineralogia (característica secundária), conforme organizado na Tabela 1. Contudo, estes dois subgrupos têm vínculo com setores de aplicação industrial, a saber: **a) argilas de queima avermelhada:** matéria-prima para cerâmica vermelha e estrutural, placas cerâmicas de revestimentos (inclui principalmente os produtos da via seca e, secundariamente, pisos extrudados avermelhados e via úmida), agregado leve, vasos, potes e outras peças utilitárias e de decoração, de corpo avermelhado; **b) argilas caulínicas de queima clara** (argilas plásticas e caulim para cerâmica branca): matérias-

primas utilizadas em cerâmica sanitária, placas cerâmicas via úmida, porcelana técnica, porcelana e faiança utilitária e artística. Parte dessas argilas pode também ser utilizada na fabricação de refratários sílico-aluminosos e eventualmente mulita, mas as argilas refratárias não serão tratadas especificamente e detalhadamente.

A Fig. 1 ilustra, de forma idealizada, a distribuição dessas matérias-primas em um gráfico que relaciona as propriedades: plasticidade vs. refratariedade.

Quanto às matérias-primas não-plásticas e fundentes, serão abordadas em artigo posterior, envolvendo o feldspato e fundentes feldspáticos, filito, talco, fundentes carbonáticos e quartzo.

### 3. Argilas de Queima Vermelha

Usualmente denominadas de argilas comuns ou para cerâmica vermelha ou estrutural, sobretudo quando destinadas ao grupo de produtos deste segmento industrial, essas argilas têm como principais características a cor de queima avermelhada. Essa propriedade deve-se ao alto conteúdo de óxido de ferro total que encerram, geralmente superior a 4%, conforme Facincani (1992)<sup>8</sup>. Esse valor também foi corroborado para argilas do Recôncavo Baiano, a partir do tratamento de dados coligidos em Conceição Filho & Moreira (2001)<sup>4</sup>.

As argilas aqui tratadas apresentam ampla distribuição geográfica no Brasil, e podem ser agrupadas em dois am-

**Quadro 1.** Diversas nomenclaturas para classificação das argilas.

Critérios de Classificação	Exemplos de Terminologias Usuais
Aplicação	Argilas comuns ou para cerâmica vermelha; argilas plásticas para cerâmica branca; caulim; argila refratária; bentonitas; argilas descorantes.
Composição mineralógica	Argilas caulínicas; caulim; esmectita e argilas esmectíticas; illita e argilas illíticas; gibbsita e argilas gibbsíticas; argilas calcíticas; de composição mista.
Litologia	Folhelho; argilito; siltito; ritmito; varvito; argila turfosa; argila calcárea.
Cor de queima	Argila de queima vermelha; argila de queima branca, de queima clara etc.
Composição química	Argilas alcalinas; argilas ferruginosas; argilas carbonáticas, argilas aluminosas.
Temperatura de sinterização e refratariedade	Argilas fundentes e argilas refratárias
Origem geológica (alteração-transporte)	Argilas sedimentares; argilas de alteração ou alteritas; argilas residuais ou primárias; argilas transportadas ou secundárias; argila coluvial.
Origem geológica (ambiente deposicional)	Argilas marinhas; de várzea; de planície costeira, lacustre; deltáica; de estuário; glacial.
Cronológico (idade)	Argilas quaternárias, argilas terciárias, argilas fanerozóicas, gondwânicas.
Contexto geomorfológico –geológico	Argila de baixo ou baixio, argila de várzea, argila de planície, argila de alto, argila de bacia sedimentar, argila formacional, argila de barranco, de morro.
Plasticidade	Argila plástica; argila semi-plástica; argila gorda; argila magra
Granulometria	Argila, argila siltica; argila arenosa
Denominações locais	Taguá (taguá mole, taguá duro); tabatinga; torba
Terminologias internacionais	Ball clay; underclay; fülller clay, flint clay etc.

**Fonte:** CBPM (2003), terminologia coletada e compilada de vários autores: Norton 1973, Souza Santos 1975, Zandonadi 1988, US Bureau of Mines (sd), Loyola *et al.* (1997), Conceição Filho & Moreira (2001).

**Tabela 1.** Classificação e contexto geológico das matérias-primas argilosas tratadas neste trabalho e a relação com as diversas terminologias existentes

Classificação Utilizada		Contexto Geológico e Terminologias <sup>1</sup>	
<b>Argilas de queima avermelhada</b>	<b>Argilas quaternárias</b>	Várzea	<b>Argila de queima avermelhada que ocorre no fundo dos vales atuais.</b> Argilas comuns ou para cerâmica vermelha; argilas caulínicas ou composição mista, vermelhas; argila turfosa; argilas ferruginosas; argilas transportadas ou secundárias; argilas de baixo ou de baixio; argila plástica; argila semi-plástica; argila gorda; argila magra; argila, argila siltica, argila arenosa; tabatinga; torba.
	<b>Argilas de Bacias Sedimentares</b>	Planície Costeira	<b>Argila de queima avermelhada que ocorre nas planícies costeiras atuais.</b> Argilas comuns ou para cerâmica vermelha; argilas caulínicas ou de composição mista, vermelhas; argila turfosa; argila de queima vermelha; argilas ferruginosas; argilas transportadas ou secundárias; argilas deltáicas, de estuário; argila mista; argila de baixo ou de baixio; argila plástica; argila semi-plástica; argila gorda; argila magra; argila, argila siltica, argila arenosa.
sedimentar		<b>Argilas de queima avermelhada em bacias sedimentares antigas.</b> Taguá (taguá mole, taguá duro); argilas comuns ou para cerâmica vermelha; argilas illíticas; argilas caulínicas; argilas de composição mista; argilas calcíticas; folhelho; argilito; siltito; ritmito; varvito; argilas alcalinas; argilas ferruginosas; argilas fundentes; argilas de alteração ou alteritas; argilas residuais; argilas transportadas ou secundárias; argila coluvial; argilas sedimentares; argilas terciárias, argilas fanerozóicas, argilas gondwânicas; argilas marinhas; lacustre; glacial.	
alterita		<b>Argila de queima branca ou clara, formada por caulinita detrítica, geralmente rica em matéria orgânica, que ocorre principalmente em ambiente quaternário (no Brasil).</b> Argila <i>ball clay</i> ou do tipo <i>ball clay</i> ; argila plástica para cerâmica branca; argila plástica; argila para cerâmica branca; argilas caulínicas; <i>underclay</i> ; <i>filler clay</i> , <i>flint clay</i> , etc.	
<b>Argilas caulínicas de queima clara</b>	<b>Argilas Plásticas</b>		<b>Argila de queima branca ou clara, rica em caulinita autóctone (formada por alteração de rocha preexistente). É geralmente póbre em matéria orgânica e ocasionalmente rica em illita.</b> Argila plástica; argila semi-plástica; argila formacional; argilito branco; alterito; caulim sedimentar.
	<b>Caulim</b>	primário sedimentar	<b>Caulim associado à rocha magmática e metamórfica.</b> <b>Caulim associado à rocha sedimentar.</b>

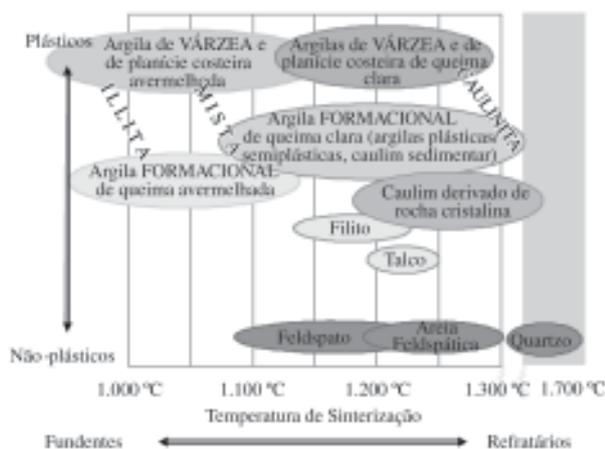
<sup>1</sup> Terminologias e/ou jargões que podem contemplar as argilas nos diversos grupos, segundo vários critérios de classificação, conforme Quadro 1.

bientes geológicos principais, as argilas quaternárias e de bacias sedimentares.

### 3.1. Argilas quaternárias

Na paisagem atual das áreas continentais, encontra-se uma série de ambientes propícios ao acúmulo de argilas detríticas. Nessas áreas emersas, dois locais são destacados: a *várzea*, que é o ambiente mais tradicional acumulador de argila nas regiões interiores e a *planície costeira*, junto às regiões litorâneas. Esses locais são zonas saturadas

em água ou sujeitas a inundações periódicas, que exercem influência no comportamento tecnológico do material. As argilas quaternárias são a variedade que apresentam umidade alta e alta plasticidade, propiciando boa trabalhabilidade para os processos cerâmicos de conformação plástica, a exemplo dos produtos extrudados, tais como tijolos e telhas, até mesmo para a produção artesanal (olarias) ou com equipamentos de pequeno porte. Entretanto, argilas puras constituem bolsões dentro dos ambientes de várzea e da planície costeira, onde elas estão associados a argilas



**Figura 1.** Classificação das matérias-primas com relação às características de plasticidade e refratariedade.

arenosas, menos plásticas, que podem ser misturadas com as primeiras para a manufatura de diversas peças.

Do ponto de vista mineralógico, as argilas de várzea, de forma geral para o território brasileiro, constituem-se de caulinitas detríticas, devido à disponibilidade desse mineral na área-fonte – regiões que serviram de suprimento para a formação dos depósitos sedimentares. Isso decorre do clima quente e úmido dominante no período - quaternário e final do terciário – que favoreceu o desenvolvimento da caulinita nos espessos mantos de intemperismo (solos e rochas alteradas), seguindo-se de erosão e carreamento detrítico nas estações chuvosas. Ocasionalmente, em ambientes localizados, pode-se encontrar também argilas detríticas mistas, compostas de caulinita e illita (eventualmente esmectita), devido à contribuição na fonte de rochas menos alteradas, ou pelas condições locais mais áridas, que possibilitaram o enriquecimento nesses minerais.

No cenário geológico paulista predominam argilas caulínicas, com contribuição de gibbsita nas planícies do Planalto Cristalino, e de esmectita no Planalto Ocidental<sup>17</sup>, de forma que as primeiras apresentam tendência mais refratária. Vários exemplos semelhantes são conhecidos em outros estados, como é o caso da região costeira da Bahia, com domínio de argilas caulinitas e, ocasionalmente, argilas mistas<sup>4</sup>.

A fração arenosa das argilas é geralmente representada pelo quartzo, mineral estável nas condições apontadas. Porém, em casos localizados, pode-se encontrar abundantes minerais menos estáveis, como feldspato.

As argilas de várzea formam depósitos lenticulares. A extensão dos depósitos varia de acordo com a dimensão da planície de inundação, com espessura de porte métrico, e distribuição em áreas que podem variar de poucos hectares a quilômetros quadrados. O perfil geológico é tipificado por um substrato arenoso e passagens ricas em matéria or-

gânica, culminando, às vezes, com um capeamento orgânico turfoso.

Na *planície costeira*, amplas áreas planas próximas à costa (em regiões de desembocadura dos rios, regiões estuarinas, etc.), desenvolvem-se extensas planícies com camadas argilosas caulínicas, por vezes de espessura delgadas, que podem apresentar importantes reservas de argila para cerâmica vermelha, como é o caso da região de Campos, no Estado do Rio de Janeiro. As camadas mais basais desse ambiente podem apresentar contribuição mista de argilominerais, bem como apresentar sedimentação mais rica em sais solúveis, dada a influência de água salobra.

Do ponto de vista da extração, dada a situação fisiográfica dos depósitos de argilas em zonas inundáveis, observam-se alguns problemas: a) sazonalidade da lavra – a extração geralmente restringe-se aos períodos de estação seca; b) exaurimento de reservas – motivado por longos períodos de produção; c) inundação antrópica – devido ao enchimento de reservatórios de hidrelétricas, várias regiões produtoras tiveram os seus depósitos inundados; e d) problemas de impacto ambiental – dada a intensa atividade biótica nas planícies de inundação, a mineração vem sofrendo severas restrições, devido ao enquadramento desses ambientes em áreas de preservação ambiental.

Assim, torna-se cada vez mais necessário o uso de argilas de bacias sedimentares para os produtos da cerâmica vermelha e revestimentos cerâmicos.

### 3.2. Argilas de bacias sedimentares

As argilas das bacias sedimentares, também denominadas de formacionais, são aquelas relacionadas às formações geológicas antigas – as principais bacias sedimentares brasileiras são das eras paleozóica e mesozóica (540-65 Milhões de anos – Ma), e secundariamente, terciária (65-2,5 Ma). Essas bacias constituíram grandes áreas deprimidas (bacia de sedimentação) que acumularam sedimentos durante longos períodos, sobretudo em ambientes marinhos, incluindo espessos pacotes argilosos, de mais de uma centena de metros. Com a evolução geológica, esses sedimentos transformaram-se em rochas compactadas e estão hoje parcialmente expostas no continente, em diversos setores planálticos, modelados em relevos geralmente suaves, tais como colinas. As litologias de interesse cerâmico são folhelhos, argilitos, siltitos, ritmitos, varvitos e outras rochas de natureza pelítica, que são denominadas genericamente, no jargão cerâmico, de **taguá**. Outras denominações de cunho cronológico são ocasionalmente utilizadas, como argilas fanerozóicas e gondwânicas.

Quanto ao aspecto químico-mineralógico, os taguás portam, predominantemente, argilominerais 2:1 (TOT), principalmente a illita. Esse mineral é rico em óxido de potássio, que confere baixo ponto de sinterização, característica marcante dessas rochas. A caulinita ocorre de forma secundária, concentrando-se, sobretudo, nos mantos

de alteração mais evoluídos. Além disso, o taguá apresenta alto conteúdo de material ferruginoso, o que propicia cor de queima avermelhada.

Outra característica importante é o porte dos depósitos, formando pacotes argilosos contínuos e com relativa homogeneidade, embora variações faciológicas horizontais e verticais importantes são comuns e podem refletir no desempenho cerâmico. As variações são de granulometria (pacotes mais arenosos ou mais argilosos), de composição química (domínios mais carbonáticos, mais alcalinos), e de composição de argilominerais (variação nas proporções entre illita, esmectita e caulinita), entre outras. Tais diferenciações são originárias na sedimentação original, fruto da evolução geológica pós-sedimentar antiga (diagênese, tectonismo, etc.) ou moderna (geomorfologia e alteração). A Tabela 2 apresenta a composição química e mineralógica média de algumas argilas de queima avermelhada, das bacias sedimentares e de várzea.

Os taguás são mais abundantes que as argilas quaternárias, possuem ampla distribuição no território nacional e apresentam bom desempenho cerâmico, sobretudo no processamento térmico. Isto vem possibilitando o seu uso crescente, em substituição às argilas de várzea na cerâmica vermelha, com vantagens técnicas e ambiental da extração, pois constituem depósitos mais espessos e homogêneos, posicionados em situações topográficas mais favoráveis para a lavra (fora das áreas de inundação). O uso dos taguás vem sustentando também a produção em larga escala e expansão da indústria de revestimentos cerâmicos via seca. Como exemplo, no Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP), são consumidas cerca de 450.000t/mês de taguás para produção de placas cerâmicas via seca.

Assim, fatores como a disponibilidade de taguás e proximidade com centros consumidores têm favorecido o adensamento da mineração e atividades cerâmicas em regiões das bacias sedimentares, caso comum na Bacia Sedimentar do Paraná, em vários pólos no Sudeste, Sul e Centro-Oeste; e em várias bacias no Nordeste (bacias do Recôncavo, Taquari-Vassouras, Potiguar e Parnaíba). A Fig. 2 ilustra a distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras.

Entretanto, algumas dificuldades como a trabalhabilidade e conformação de produtos extrudados são apresentadas quando da substituição de argilas quaternárias por taguás, que requerem, geralmente, maior robustez em equipamentos. Isso torna a adaptação dessas argilas mais difíceis para a produção artesanal. Algumas características gerais comparativas entre as argilas quaternárias e os taguás são relacionadas na Tabela 3.

#### 4. Argilas Cauliníticas de Queima Clara

Trata do grupo de matérias-primas de aplicação cerâmica que engloba as argilas plásticas para cerâmica bran-

ca e caulim. Do ponto de vista mineralógico correspondem aos materiais argilosos constituídos essencialmente de argilomineral do grupo das caulinitas, podendo portar ainda, em quantidades menores, illita e esmectita, além de quartzo, feldspato e mica.

Conforme o ciclo das argilas, abordado por diversos autores, com destaque a Millot (1970)<sup>15</sup>, o principal sítio de geração da caulinita é o manto de alteração intempérica desenvolvido em regiões de clima quente e úmido. Nesse ambiente, a passagem de água abundante, com temperatura e acidez adequadas, favorece a alteração de minerais alumínio-silicáticos e sua transformação em caulinita, mineral que pode ser considerado estável em tais condições.

A caulinita gerada pode permanecer *in situ* no manto de alteração ou ser carregada pela rede de drenagem e sedimentada. Neste contexto, como já detalhado em Motta et al. (1993)<sup>17</sup>, pode-se agrupar os depósitos de argilas caulíníticas brasileiros em dois tipos genéticos principais: 1) depósito sinsedimentar detrítico ou sedimentar *strictu sensu* (S.S.); e 2) depósito de alteração intempérica ou de alterita (ALT). Note-se que existem outras origens na formação da caulinita, como a hidrotermal, à qual é atribuída a formação de importantes depósitos no exterior, a exemplo de jazidas na Inglaterra, na Nova Zelândia e no Japão, mas no Brasil não são tão importantes, ou onde existem, foram geralmente sobrepostos por processos de intemperismo.

O depósito sedimentar *sensu strictu* (S.S.) é constituído de caulinita detrítica, que é erodida dos mantos de alteração, transportada, selecionada e sedimentada em ambientes adequados dos sistemas continental, costeiro ou marinho. De forma geral, os depósitos de caulinita são mais



**Figura 2.** Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras, portadoras de sedimentação argilosa, potencial para produção de cerâmica vermelha e revestimentos via seca.



**Tabela 3.** Características cerâmicas gerais das argilas de queima avermelhada, provenientes de várzea e de bacias sedimentares.

Tipo de Argila	Matéria-prima		Conformação		Secagem		Queima	
	Minerais dominantes	Moldagem plástica	Velocidade	Retração	Temperatura e Sinterização	Resistência Mecânica	Absorção d'água	
<b>Quaternária</b>	Plástica “gorda”	Caulinita	Alta a muito alta	Lenta	Alta	Média a alta	Média a baixa	Alta a média
	“Magra”	Caulinita e quartzo	Média a baixa	Rápida	Baixa	Alta	Baixa	Alta
<b>Bacia Sedimentar</b>	Alterada	Caulinita e illita	Média a alta	Lenta a média	Alta	Média	Média	Média
	Sã	Illita	Baixa	Lenta a média	Média a alta	Média a baixa	Alta a média	Baixa a média

depósitos sedimentares (S.S.);

- Tipo 2 - são argilas de queima branca ou bastante clara, que sozinhas não desempenham as propriedades necessárias ao processo de colagem, mas que, quando adicionadas às argilas tipo 1, podem reduzir significativamente o seu consumo. Quando de queima branca e de boa resistência mecânica podem ser aplicadas a praticamente todos os outros processos de fabricação, destacando a porcelana de mesa, monoporosa e o grês porcelânico, notadamente quando isentas de matéria orgânica. Na maioria das vezes, tais depósitos são de origem sedimentar (S.S.), mas podem ocorrer significativos depósitos de alteração (ALT); e
- Tipo 3 - compreendem as argilas de de queima com tonalidades claras a médias, com uso mais restrito aos revestimentos cerâmicos semi-porosos e gresificados, em que o suporte não seja branco. Podem ocorrer nas duas modalidades de origem (S.S. e ALT), mas são mais comuns no primeiro tipo.

As jazidas de argilas plásticas não são comuns, sendo raros os depósitos de *ball clay* do tipo 1. Como visto anteriormente, sua formação depende da convergência de vários fatores, tais como área-fonte caulinítica, clima quente e úmido, e meio deposicional de água doce ou muito pouco salina. Adicionalmente, durante a evolução pós-deposicional, tais sedimentos devem ficar preservados de fatores adversos, tais como erosão, contaminação por óxidos e outras intempéries, conforme ressaltado em Motta *et al.* 1993 e Deems & Vincent 1997<sup>17</sup>.

Mundialmente, os principais depósitos de argilas plásticas concentram-se em países do hemisfério norte, associados a bacias terciárias, geralmente formando várias camadas de argila alternadas com matéria orgânica e areias (multilentes). Na Europa destacam-se os depósitos da Inglaterra (Devon e Dorset - tipo 1), Alemanha (Westerwald - tipo 2) e Ucrânia (Donbas - tipo 2). Nos Estados Unidos, ocorrem as jazidas do “embaiamento” do Mississipi (Kentucky e Tennessee - tipo 1). No sudeste da Ásia, o

norte da Tailândia possui os principais depósitos multilentes (tipo 1), de origem terciária, enquanto que na China (Guandong - tipo 1) e na Indonésia (Kalimatan - tipo 1), são lavradas lentes superficiais, de idade quaternária.

No Brasil, o depósito mais clássico de argila plástica (tipo 1 - premium), sobretudo para uso no grupo de cerâmica branca, são as lentes de argila do rio Tamanduá, em São Simão, bastante referidas na literatura<sup>16,17,22,23,25,31</sup>. Os demais depósitos fornecem argilas tipos 2 e 3, *extenders* na indústria sanitária e para revestimentos cerâmicos, destacando-se as jazidas cenozóicas do Alto Tietê (SP), Tijucas do Sul (PR), Guarda-Mór (MG). Têm-se também depósitos quaternários (fluviais e de planície costeira) na região de Ipojuca (PE), que, após extração, mistura, beneficiamento e tratamento, produzem argilas do tipo 1.

Afora os sedimentos cenozóicos, são também conhecidos depósitos de argilas plásticas de queima clara nas seqüências mais antigas, como as argilas *underclay* sinsedimentar – associadas a camadas de carvão – em Santa Catarina e Rio Grande do Sul; *underclay* pós-sedimentar, que se trata de horizontes de argilas comuns nos vales atuais, sob camadas de turfa, que foram submetidas à lixiviação cenozóica, tais como ocorrem em Tambaú e Porto Ferreira<sup>18</sup>; alteritos em setores planálticos, a exemplo de Oeiras, PI, e Serra de Itaqueri, SP<sup>17,26</sup>. Outros depósitos de argila de queima clara, ainda não bem diagnosticado na literatura quanto à sua formação, são explotados em sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná, em setores planálticos, em Santa Catarina, e em São Mateus do Sul, no Paraná, de uso basicamente na indústria de revestimentos.

Na América do Sul, Deems & Vincent (1997)<sup>7</sup> estimam o seguinte consumo de argilas plásticas para os setores de sanitários e revestimentos, respectivamente: Brasil (55.000 tpa e 750.000 tpa); Argentina (13.600 tpa e 200.000 tpa); Colômbia (15.000 tpa e 80.000 tpa), Venezuela (7.500 tpa e 150.000 tpa). Os autores frisam que, para a produção de sanitários nos três últimos países, as argilas locais funcionam como *extenders* (tipo 2) de argilas importadas. Na Argentina, os depósitos mais impor-

tantes (San Julian, no sul), estão associados à alteração residual de rochas vulcânicas e piroclásticas e na Venezuela a sedimentos terciários.

No Brasil, no entanto, a demanda vem se modificando, sobretudo para o seguimento de revestimento do tipo grês porcelânico e de louça sanitária, cuja formulação inclui cerca de 30% de argila plástica de queima branca.

Alguns dos principais depósitos mundiais encontram-se relacionados na Tabela 4. As principais jazidas brasileiras de argilas plásticas e caulins encontram-se localizadas na Fig. 3. Algumas áreas-chave nos estados do PR/SC, SP, BA, RN/PB e PI são mostradas nas Figs. 4 a 7, através de seções esquemáticas regionais que ilustram esquematicamente o contexto geológico-geomorfológico dos depósitos.

#### 4.2. Caulim

O caulim é um material branco (claro) e fino, constituído essencialmente de caulinita, com pouca contaminação de outros minerais e sem matéria orgânica. Entre suas características cerâmicas mais comuns destacam-se a cor branca de queima, refratariedade, plasticidade média a baixa e baixa resistência mecânica a verde. Devido a estas últimas características, é utilizado em conjunto com as argilas plásticas para formar as diversas massas de cerâmica branca.

O caulim pode ser de origem primária (residual) ou secundária (transportado ou sedimentar), sendo que o primeiro tipo é o mais comum em se tratando de matéria-prima cerâmica produzida no Sudeste brasileiro. Nesta região, a rocha-mãe é geralmente ígnea e metamórfica e o porte dos depósitos primários variam de pequenos bolsões pegmatíticos a maciços granitóides de grande porte.

Na região Sul, importantes jazidas estão relacionadas com a alteração de rochas vulcânicas ácidas (SC) e anortositos (RS); no Nordeste, associados aos pegmatitos (PB/RN), a sedimentos cretácicos e terciários (BA) e; no Norte, ocorrem os grandes depósitos sedimentares terciários da região amazônica, estes últimos lavrados para abastecimento da indústria mundial de papel. Os principais depósitos de caulim encontram-se localizados na Fig. 3 e as características químicas e mineralógicas encontram-se relacionadas na Tabela 5.

Apesar das diferentes rochas que originaram os depósitos, destaca-se o papel fundamental da alteração intempérica relacionada a todos eles, denotado pelo perfil de alteração típico, ocasionalmente com couraças ferruginosas, constituição predominante de caulinitas neoformadas e ausência de matéria orgânica. Acredita-se que esta etapa de caulinitização (mineralização) esteja relacionada ao evento de peneplanização terciário paleogênico.

O produto da alteração das rochas quartzo-feldspáticas é uma massa de caulinita e quartzo, em que o caulim é separado da areia e do silte por beneficiamento, processo que favorece a constância de qualidade do material pro-

duzido. No caso de rochas sedimentares, a produção pode envolver ou não a etapa de beneficiamento na etapa mineira.

O caulim é uma matéria-prima importante, sobretudo por tratar-se de material plástico de queima branca, mais abundante que as argilas plásticas. Entretanto, o seu beneficiamento e a distância de determinados pólos elevam os custos do produto.

## 5. Considerações Finais

Nesta terceira parte do conjunto de trabalhos dirigidos à caracterização das matérias-primas para a indústria cerâmica foram enfocadas as características geológicas e tecnológicas das argilas de queima avermelhada, argilas caulínicas de queima clara e caulins.

Todas estas matérias-primas são fundamentais para a composição das diversas massas da indústria cerâmica silicática de base argilosa, também denominada de cerâmica tradicional, e o seu bom abastecimento constitui-se em fator de competitividade para o setor cerâmico brasileiro, no mercado interno e externo.

Quanto ao caulim, o material é produzido para cerâmica com bons padrões de qualidade em diversas regiões brasileiras, como em Encruzilhada (RS), Campo Alegre (SC), Mogi das Cruzes (SP), Ubá (MG) e sul da Bahia, entre outras localidades, e apresenta reservas em praticamente todos os estados da federação. Entretanto, apesar de um aparente equilíbrio entre produção e consumo, ainda não é pleno o abastecimento de caulim que atenda às diversas especificidades do mercado. Por exemplo, é carente o abastecimento de minério rico em haloisita; bem como é também a oferta de caulim com diversidade e controle granulométrico.

Quanto à argila plástica, o abastecimento torna-se problemático para o material de queima clara, sobretudo as do tipo 1 e 2, notadamente para os setores de sanitários<sup>27</sup> e revestimentos B1a (grês porcelânico). Com o crescimento destes dois setores, a capacidade de produção de argilas plásticas mostra-se limitada, ao se considerar os pólos hoje existentes. Adicionalmente, vários arranjos produtivos locais de louças e porcelanas artísticas e de mesa no Brasil, como Porto Ferreira (SP), Pedreira (SP) e Campo Largo (PR) também carecem de um abastecimento de argilas padronizadas.

Acredita-se que para a produção doméstica plena e satisfatória de caulínicas de queima clara (argilas plásticas), são requeridos investimentos e esforços nas fases de exploração, pesquisa, extração, beneficiamento e produção de massas prontas ou semi-prontas.

Quanto às argilas de queima avermelhada, a tendência é a predominância da produção de taguá em relação às argilas de várzea, devido às características fundentes destes materiais e as restrições ambientais nos ambientes quaternários. Os taguás apresentam grandes reservas no

**Tabela 4.** Composição de alguns tipos comerciais de argilas plásticas.

País	Local	P.F	Composição Química (% em peso)										Mineral DRX			MO	Usos	Fonte
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K	M	Q					
Inglaterra	S Devon- Gr. I	13,8	48,0	34,0	1,0	0,9	0,2	0,3	0,2	1,6	0,2	0,2	70	16	8	3,2	1, 2	1
	N Devon- Tipo I	-	59,5	27,0	1,0	1,4	0,2	0,5	0,4	2,4	0,2	0,2	44	25	28	0,4	1, 2	1
	Dorset Classic	10,7	56,0	28,0	1,3	1,2	0,2	0,3	0,3	2,2	0,2	0,2	nd	nd	nd	1,5	1, 2	1
Alemanha	Westerwald FTA	7,3	62,7	25,0	1,0	1,4	0,2	0,1	0,2	2,2	0,2	0,2	nd	nd	nd	0,2	3	1
Estados Unidos	Blend I	10,0	57,1	29,7	1,0	1,8	0,2	0,3	0,2	1,5	0,2	0,2	nd	nd	nd	nd	1, 2, 3	1
	Starcast	10,7	55,9	29,2	0,9	2,0	0,2	0,2	0,1	0,9	0,2	0,2	nd	nd	nd	nd	1, 2, 3	1
Tailândia	TBC-1	8,5	63,0	24,0	1,5	1,4	0,3	0,5	0,1	0,8	0,1	0,8	nd	nd	nd	nd	3	1
	Mae San	8,9	61,4	24,6	1,3	0,6	0,2	0,5	0,2	2,1	0,2	0,2	nd	nd	nd	1,5	1a, 3	1
Indonésia	W Kalimantan	9,4	61,7	25,9	0,9	1,3	0,0	0,1	0,1	0,6	0,1	0,6	nd	nd	nd	nd	1a, 3	2
China	Guangdong	12,4	52,6	31,7	1,1	0,6	0,1	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2	nd	nd	nd	0,9	1a, 3	1
	San Julian	8,4	67,0	22,0	0,9	0,4	0,3	0,3	0,1	0,6	0,1	0,6	77	nd	23	nd	1a, 3	1
Brasil	São Simão (SP)	14,1	48,6	33,9	1,7	1,0	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	nd	nd	nd	nd	1, 2	A
	Tijucas (SC)	14,5	45,2	35,3	1,9	1,8	0,1	0,3	0,0	0,9	0,0	0,9	nd	nd	nd	nd	1a, 3	3
	Piteiras (SP)	7,0	70,6	17,2	1,7	1,1	0,7	0,6	0,4	0,3	0,6	0,3	nd	nd	nd	nd	3	4
	Ipojuca (PE)	14,5	45,0	35,5	2,7	0,6	0,1	0,4	0,2	0,3	0,1	0,3	nd	nd	nd	nd	1a	A
Recôncavo (BA)	Alhandra (PB)	10,1	50,6	34,1	1,3	1,5	<0,1	0,3	0,1	1,9	0,1	1,9	71	17	10	Nd	2	5
	Alhandra (PB)	12,6	49,3	20,5	6,9	-	3,5	-	2,4	3,0	2,4	3,0	27	25	25	nd	1a	6

**Nota:** MO = Matéria Orgânica; nd = não disponível; DRX = difratometria de Raios-X. Usos da ball clay: 1 = Louça sanitária; 1a = extender em massa de louça sanitária; 2 = demais setores de cerâmica branca; 3 = revestimentos

**Fonte:** A = arquivo do autor; 1 = Wilson 1998; 2 = Hum 1997; 3 = Biondi et al. 2001a; 4 = Souza et al. 1997; 5 = Conceição Filho & Moreira 2001; 6 = Menezes et al. 2003.

OCORRÊNCIAS DE ARGILAS CAULINÍTIICAS PARA CERÂMICA BRANCA

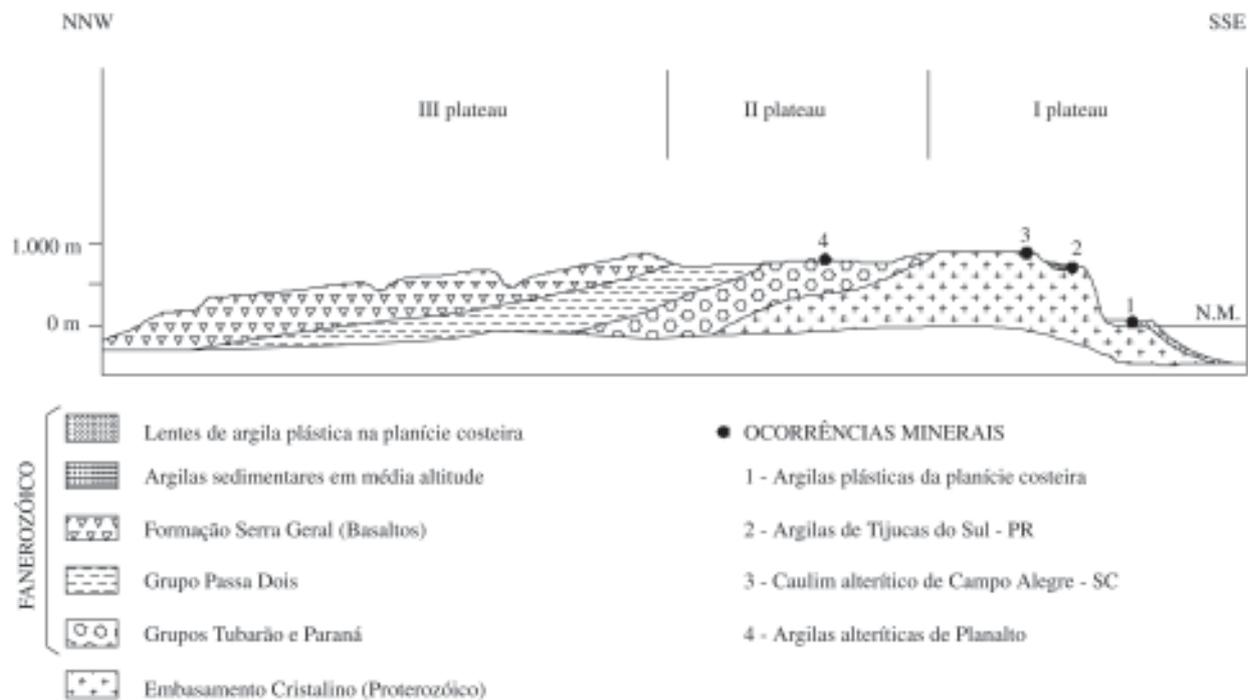


**Figura 3.** Distribuição das principais ocorrências de argilas plásticas e caulins no Brasil.

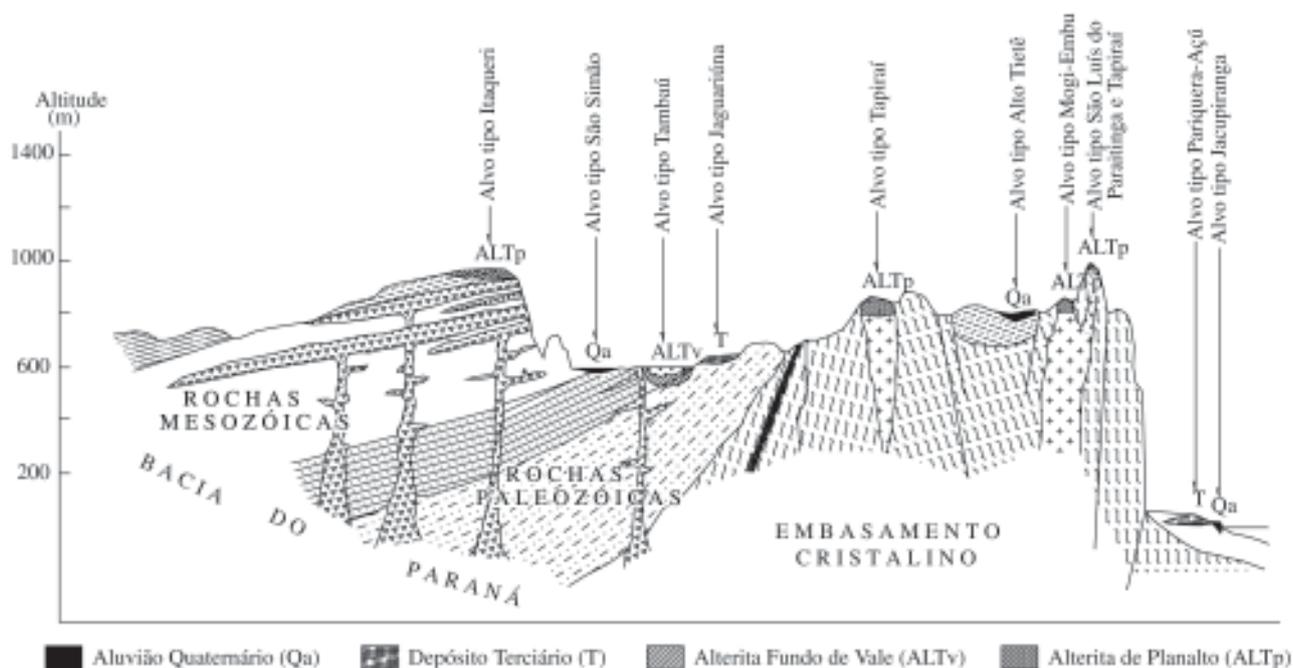
País, mas dada à rigidez locacional – próximo às cerâmicas e aos centros urbanos – a mineração deste material está passando por uma adequação quanto ao disciplinamento e competição com outras formas de uso e ocupação territorial.

### Referências

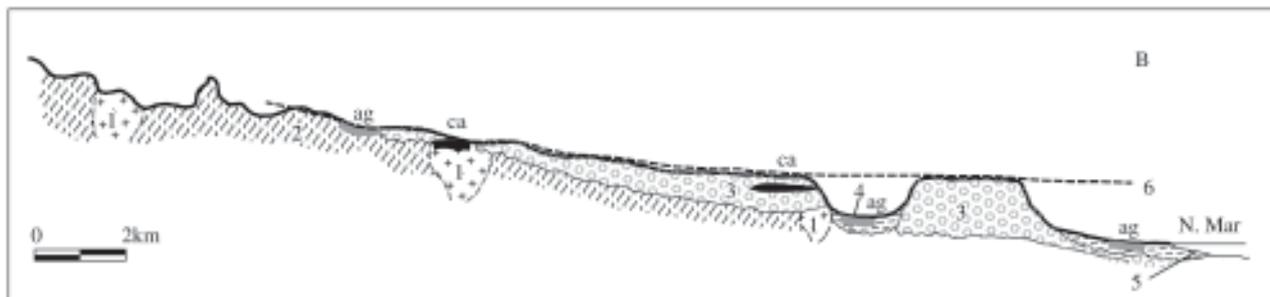
1. Biondi, J.C.; Santos, E.R.; Gianini, P.C. Modelo Geológico e Geoquímico do Depósito de Caulim da Mina Fazendinha, Mineração Tabatinga (Tijucas do Sul – PR). *45º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Florianópolis. Anais...ABC. (CD-ROM), 2001.
2. Biondi, J.C.; Lopes, A.P.; Cury, L.F.; Canestraro, I.R. Geologia e Petrologia do Minério para revestimento cerâmico da Mina de Bateias (Cerâmica Porto Bello). *45º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Florianópolis. Anais...ABC. (CD-ROM), 2001.
3. CBPM - Companhia Baiana de Recursos Minerais. 2003. Catálogo das matérias-primas cerâmicas da Bahia. Salvador: CBPM:IPT, p. 95, 2003.
4. Conceição Filho, V.M.; Moreira, M.D. *Depósitos de argila do Recôncavo Baiano – geologia e potencialidade*



**Figura 4.** Perfil geológico-geomorfológico esquemático dos Estados do Paraná e Santa Catarina, com distribuição dos depósitos de argilas caulínicas.



**Figura 5.** Perfil geológico-geomorfológico esquemático do Estado de São Paulo, com distribuição dos depósitos de argilas caulínicas.

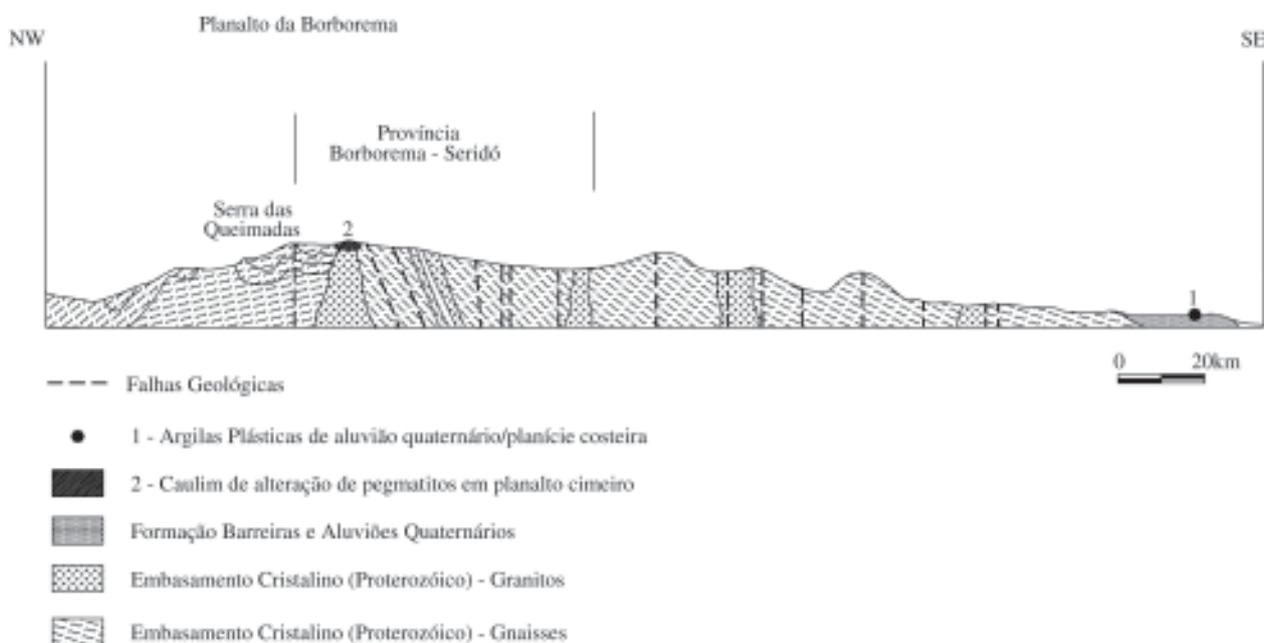


ca - ocorrência de caulim

ag - argila plástica

- 6 - Superfície de erosão parcialmente preservada, com ocorrência de caulim e argila plástica de alteração
- 5 - Sedimentos detríticos da planície costeira, com lentes simples de argila plástica
- 4 - Sedimentos aluviais quaternários, com lentes simples de argila plástica de várzea
- 3 - Sedimentos terciários da Formação Barreiras, com ocorrências de caulim
- 2 - Formações metassedimentares com camadas de rochas argilosas, com ocorrência de argilas plásticas
- 1 - Rochas cristalinas granitóides do embasamento Pré-cambriano

**Figura 6.** Perfil geológico-geomorfológico esquemático do Recôncavo Baiano (A) e do Sul da Bahia (B), com distribuição dos depósitos de argilas caulíníficas.



**Figura 7.** Perfil geológico-geomorfológico esquemático do Nordeste (PE/PB/RN), com distribuição dos depósitos de argilas caulíníficas.

*econômica*. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. Salvador. CBPM. Série Arquivos Abertos, 15, p. 46, 2001.

- 5. Conceição Filho, V.M. *Projeto Argilas do Sul da Bahia*. Salvador: CBPM, 2001.
- 6. Christofoletti, S.R. *Um modelo de Classificação Geológico-Tecnológica das argilas da Formação Corumbataí utilizadas nas indústrias do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes*. (Tese de Doutorado – IGCE/

UNESP), Rio Claro, p. 187, 2003.

- 7. Deens, T. F.; Vincent, T. Ball clay development in the Americas. *Mining Engineering*. Feb. 97. p. 30-33, 1997.
- 8. Facincani, E. Tecnologia cerâmica – I laterizi. Gruppo Editoriale Faenza Editrice. *Faenza. Italia*. Seconda edizione, p. 267, 1992.
- 9. Fernandes, D. M. de P., Berg, E. A. T., Arroyo, I. K. Estudo de folhelhos visando a obtenção de grês para

**Tabela 5.** Composição química e mineralógica média (em %) de diferentes caulins brasileiros (Modificado de Wilson et al. 1998)

Rocha Mãe	M	Local/Tipo	Composição Química (% em Peso)											Mineral		
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P.F.	K	Mi	F	Q	
Argilito, Silito	L	Jari (AP)	45	37	2,20	1,30	0,03	0,03	0,01	0,08	14,4	99	tr	nr	tr	
	L	Recôncavo (BA) <sup>1</sup>	51	34	1,35	1,55	<0,01	0,34	1,90	0,11	11,0	71	17	-	10	
	L	M. Pascoal (BA) <sup>2</sup>	39,9	39,2	2,20	1,23	<0,05	0,51	0,15	0,70	15,8	-	-	-	-	
Pegmatito	T	Conceição (MG)	46	39	0,05	0,01	0,03	0,05	0,21	0,12	14,0	94	6	nr	nr	
	L	Junco (PB)	46	39	0,26	0,02	0,05	0,11	0,54	0,08	13,7	93	6	nr	1	
	T	Embu (SP)	46	39	0,36	0,01	0,07	0,9	0,74	0,43	13,6	96	4	nr	nr	
Granitóide	L	Jundiapéba (SP)	46	39	0,71	0,05	0,04	0,12	1,25	0,12	13,0	90	7	nr	1	
	T	Piracaia (SP)	49	35	1,40	0,14	0,05	0,16	2,40	0,08	12,1	82	7	9	2	
	T	M. Pascoal (BA) <sup>3</sup>	45	36	1,25	0,45	0,03	0,02	0,16	0,05	14,5	97	2	-	1	
Anortosito Vulcânica	T	Eneruzilhada (RS)	45	40	0,34	0,01	0,24	0,44	1,10	0,18	13,1	85	15	nr	tr	
	T	S. Bento (SC) <sup>4</sup>	52	34	0,53	0,74	0,05	0,21	0,28	0,07	12,1	93	nr	nr	7	
	T	S. Bento (SC) <sup>5</sup>	57	30	0,98	0,25	0,05	0,26	1,20	0,06	11,1	89	nr	nr	11	

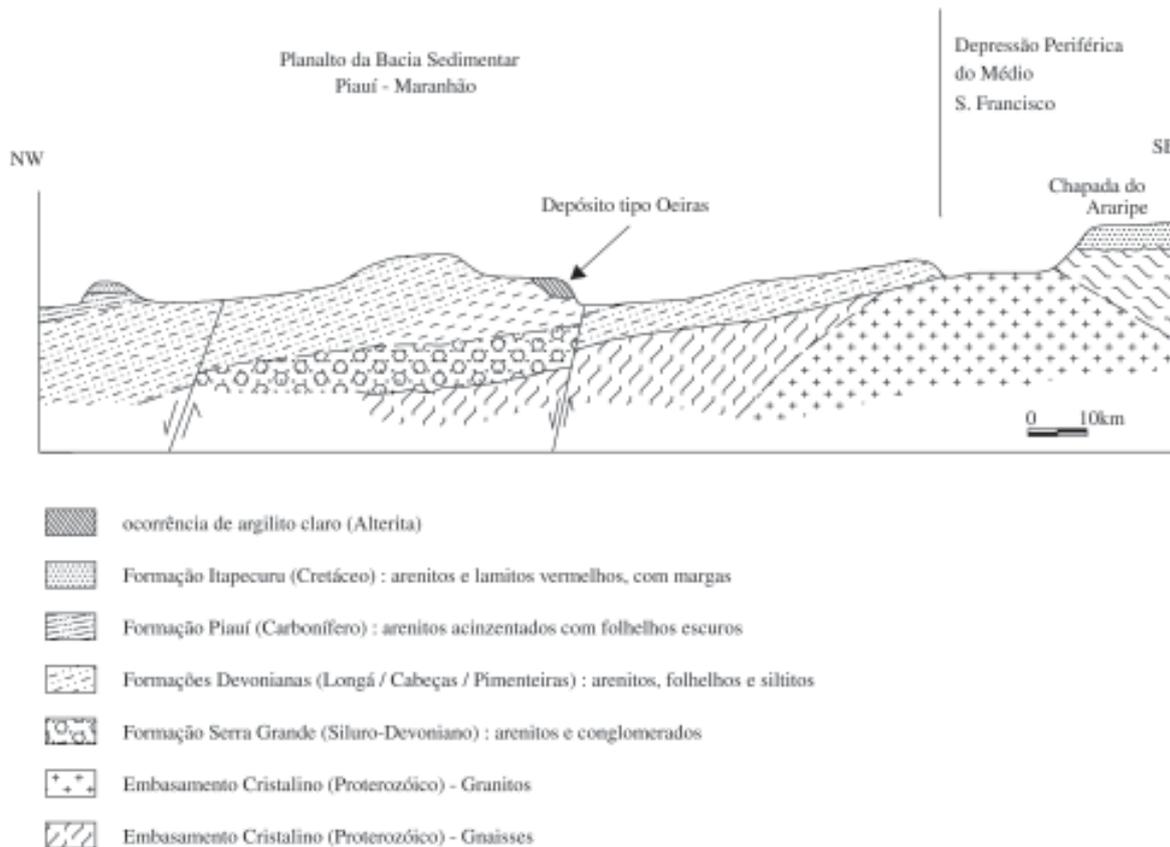
**Nota:** M= morfologia; L = Lamelar- apenas caulinita, T = Tubular – com halloisita; **Mineralogia:** K = caulinita, Mi = mica, F = feldspato, Q = quartzo; **Locais/**

**Tipo:** <sup>1</sup> Capuame; <sup>2</sup> Extra fino; <sup>3</sup> Extra 90; <sup>4</sup> Turvo; <sup>5</sup> Kovalski.

**Fonte:** Wilson et al. (1998); <sup>1,2,3</sup> Conceição Filho & Moreira (2001).

produtos domésticos. *42º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Poços de Caldas. Anais...ABC. p. 129-132, 1998.

10. Geremias, M.L. *Características das Argilas da Bacia do Paraná, no Sul de Santa Catarina, para uso na fabricação de pisos cerâmicos*. (Tese de Doutorado - EPUSP), São Paulo, CD-ROM, 2003.
11. Holdridge, D.A. Ball clay and their properties. *Brit. Ceram. Soc.*, v. 55. n. 369, 1956.
12. Hurn, T. Where raw material com from: *ball clay from West Kalimantan*, Indonesia. *Interceram*. v. 46, n. 2. p. 109-111, 1997.
13. Loyola et al. *O setor de cerâmica vermelha no Paraná*. Convênio MINEROPAR / IPARDES, Relatório (inédito), p. 195, 1997.
14. Menezes, R.R.; Ferreira, H.S.; Neves, G. de A.; Ferreira, H.C. Caracterização de argilas plásticas do tipo “ball clay” do litoral paraibano. *Cerâmica* 49, p. 120-127, 2003.
15. Millot. G. *Geology of clay: weathering, sedimentology, geochemistry*. New York: Springer-Verlag, p. 429, 1970.
16. Motta, J.F.M. *Avaliação do potencial geológico para argilas plásticas para cerâmica branca no Estado de São Paulo*. Rio Claro (Unesp- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Dissertação de Mestrado). 177p., 1991.
17. Motta, J.F.M., Tanno, L.C., Cabral Jr, M. Argilas plásticas para cerâmica branca no Estado de São Paulo-potencialidade geológica. *Rev. Bras. Geocênc.*,v. 23, n. 2, p. 158-173, 1993.
18. Motta, J.F.M. Tanno, L.C., Zaine, J.E., Valarelli, J.V. Diagnóstico da produção de argila para cerâmica no Município de Rio Claro, SP. *42º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Poços de Caldas, Anais...ABC. p. 89-92, 1998.
19. Motta, J.F.M., Zanardo, A., Cabral Jr., M. As matérias-primas cerâmicas. Parte I: o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. *Cerâmica Industrial*, v.6, n.2, p. 28-39, 2001.
20. Motta, J. F. M., Cabral Jr. M., Tanno, L.C., Zanardo, A. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte II: Os Minerais Industriais e as Massas da Cerâmica Tradicional. *Cerâmica Industrial*. São Paulo:, v.7, n.1, p. 33 - 40, 2002.
21. Murray, H. H.; Patterson, S. H. Kaolin, ball clay and fire clay deposits in The United States- their ages and origins. In: *Int'l Clay Conference*. Mexico City. Proceedings...Wilmette, Illinois. p. 511-520, 1975.
22. Norton, F. H. Introdução à tecnologia cerâmica. *Ed. Edgard Blücher Ltda*. São Paulo. p. 324, 1973.
23. Pressinotti, M. M. N. *Caracterização geológica e aspectos genéticos dos depósitos de argilas tipo “ball clay” de São Simão, SP*. (IGcUSP, Dissertação de



**Figura 8.** Perfil geológico-geomorfológico esquemático do sul do Piauí, com distribuição dos depósitos de argilas caulínicas.

- Mestrado). São Paulo, p. 141, 1991.
24. Souza, P.E.C.; Motta, J.F.M., Cabral Jr, M.; Moreno, M.M.T. Pólos cerâmicos de Mogi Guaçu e Santa Gertrudes: características das indústrias de revestimentos e das matérias-primas locais utilizadas. In: *Congresso Brasileiro de Cerâmica, 41*. São Paulo, Anais...ABC. p. 700-703, 1997.
  25. Souza Santos, P. Tecnologia de Argilas, *Editora Edgard Blücher*, S. Paulo, Brasil, ed. 1, v. 2, p. 802, 1975.
  26. Tanno, L.C.; Motta, J.F.M.; Caral Jr., M.; Kaseker, E.P.; Pressinotti, M.M.N. Depósitos de argila para uso cerâmico no Estado de São Paulo. In: *Principais Depósitos Mineraiis do Brasil*. DNPM/CPRM, v. 4b, p. 99-110, 1997.
  27. Tanno, L.C.; Cuchierato, G.; Motta, J.F.M.; Cabral Jr., M.; Sintoni, A.; Machado, S.; Yokota, R. Perspectivas para a Indústria Cerâmica de Sanitários no Brasil. *Cerâmica Industrial*. São Paulo:, v. 8, n. 4, p. 33-36, 2003.
  28. Toledo, S.P.; Souza Santos, H. de; Souza Santos, P. Caracterização dos Argilominerais do Grupo da Caulinita em alguns caulins e “ball clays” de Santa Catarina. *Cerâmica Industrial*. São Paulo:, v. 8, n. 4, p. 19-25, 2003.
  29. US Bureau of Mines (sd), Mineral Facts and Problems. Bulletin. U.S. Printing Office, Washington USA.
  30. Vieira, C.M.F., Holanda, J.N.F., Pinatti, D.G. Estudo de massa de cerâmica vermelha. *42º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Poços de Caldas. Anais...ABC, p. 275-278, 1998.
  31. Wilson, I. R. Review article: the constitution, evaluation and ceramic properties of ball clays. *Cerâmica, ABC*, v. 44, n.287-288, p. 88-117, 1998.
  32. Wilson, I.R., Souza Santos, H., Souza Santos, P. Caulins brasileiros: alguns aspectos da geologia e da mineralogia. *Cerâmica*, v. 44, n. 287-288, p. 118-129, 1998.
  33. Worrall, W. E. The organic matter in clay. *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, v. 55, p. 689-705, 1956.
  34. Zandonadi, A. R. Fundamentos da tecnologia cerâmica. Programa de Treinamento para Terceiros Países: *Curso de Treinamento em Grupo em Tecnologia Cerâmica*. São Paulo. IPT/JICA (Apostila do curso, inédito). p. 112, 1988.