



# PROSPECÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA PORCELANATO

## Equipe do Projeto:

Coordenador: Dr. Sérgio Ricardo Christofolletti – IPA/SEMIL-SP, Geologia e Matérias-Primas  
Dr. José Francisco M. Motta – Pesquisador/Consultor-Extraminador/Geologia e Matérias-Primas  
Dr. Marsis Cabral Jr. – Pesquisador/ Geologia, Matérias-Primas e Gestão Territorial  
Prof. Dr. Antenor Zanardo – Unesp Rio Claro/ Geologia, Petrologia e Cerâmica  
Dr. Fabio G. Melchiades- UFSCar/ CRC/Cerâmica  
Prof. Dr. Guillermo Navarro – Unesp Rio Claro/ Petrologia  
Dr. Fabiano Tomazini da Conceição-Unesp Rio Claro/ Geologia e Geoquímica  
Dr. Michele Dondi – Istec Faenza Itália/ Geologia, Matérias-Primas e Cerâmica



Apoio:

# OBJETIVOS

- Prospecção, mapeamento e inventário dos principais depósitos de matérias-primas cerâmicas, visando conhecer e expandir as reservas para a fabricação de porcelanato, assegurando a viabilidade econômica do PCSG;
- Realizar a caracterização química, mineral e tecnológica desses depósitos, além de orientar o seu uso, incluindo métodos de utilização de algumas matérias-primas e testes de formulações;
- Aprimorar a sustentabilidade ambiental através do teste de matérias-primas inovadoras, visando diminuir o consumo de energia e a emissão de CO<sub>2</sub> (beneficiamento e secagem mais eficiente da matéria-prima), além do uso combinado de recursos minerais não utilizados em projetos em andamento ou a serem implementados (por exemplo, rejeitos de mineração, finos do processamento de rochas ornamentais, entre outros);
- Inovação tecnológica através do estudo de matérias-primas ainda não empregadas na indústria cerâmica e vidreira;
- Promover o setor de revestimentos cerâmicos por meio da propagação de saberes técnico-científicos adquiridos por meio de pesquisas em revistas especializadas e fóruns técnicos do setor.

## ALGUMAS TENDÊNCIAS DO PORCELANATO NA EUROPA (E BRASIL)



### ENERGIA



### ↓ ENERGIA ENERGIA

Temp. Queima



↓ Temperatura de Queima

Tempo Moagem



↓ Tempo de Moagem

Energia + Limpa



↓ GN, BIOMASSA

Emissões, Água



↓ Emissões, Uso da Água

## BUSCAR FORMULAÇÕES COM:



MATERIAIS FUNDENTES MAIS EFETIVOS

ARGILAS PLÁSTICAS COM MAIOR RESISTENCIA MECÂNICA À SECO OU USO DE PLASTIFICANTES SINTÉTICOS

MATÉRIAS-PRIMAS MAIS MOLES PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS DA MOAGEM

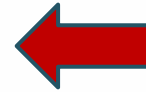
# AS PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS SELECIONADAS PARA A PESQUISA

## MATÉRIAS-PRIMAS PLÁSTICAS

- Argilas Plásticas
- Argilas Superplásticas (Alteritos)

## MATÉRIAS-PRIMAS FUNDENTES

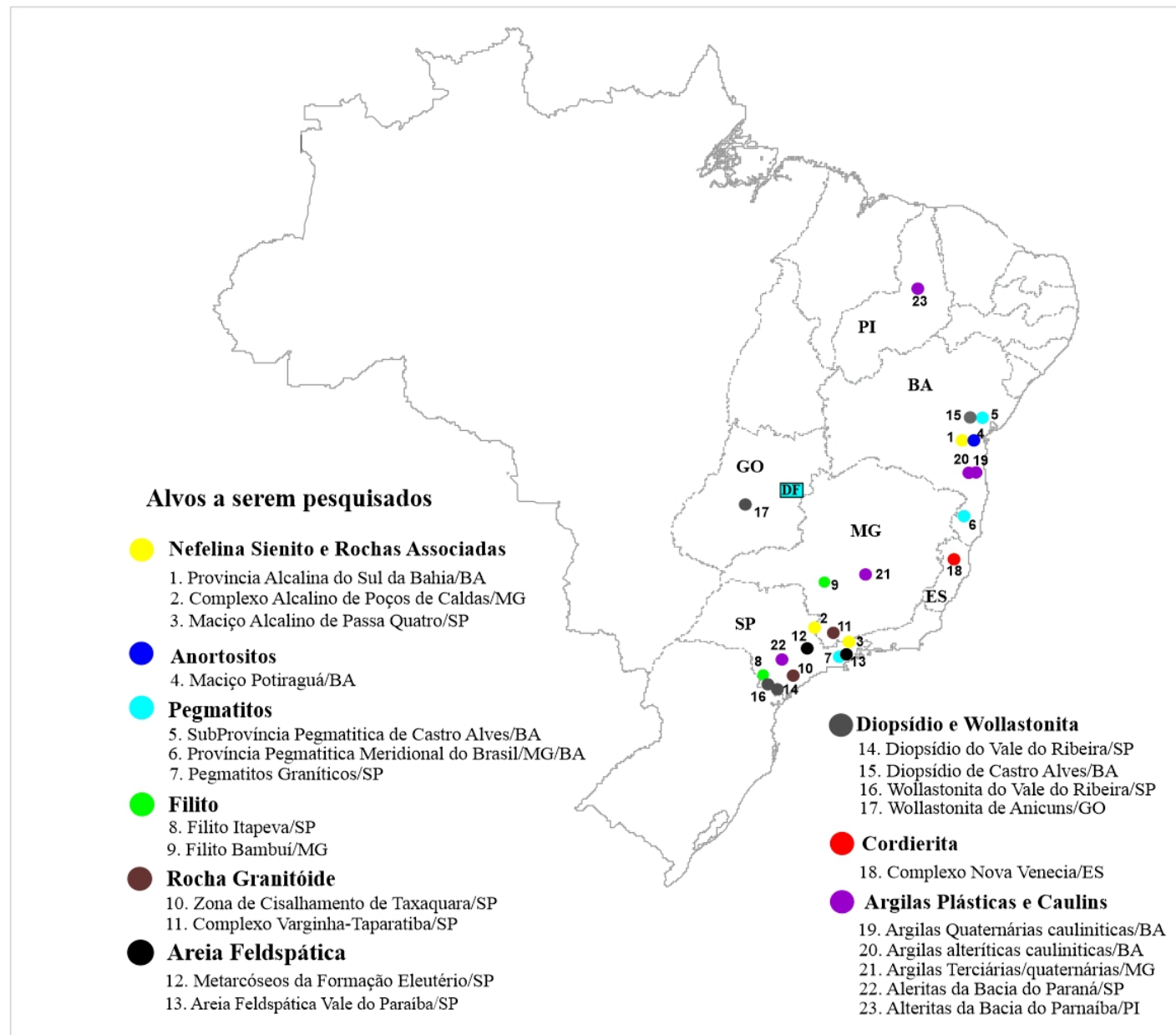
- Rochas granitóides (Filonito)
- Rochas Pegmatitas (Feldspato)
- Filito
- Areias Feldspáticas



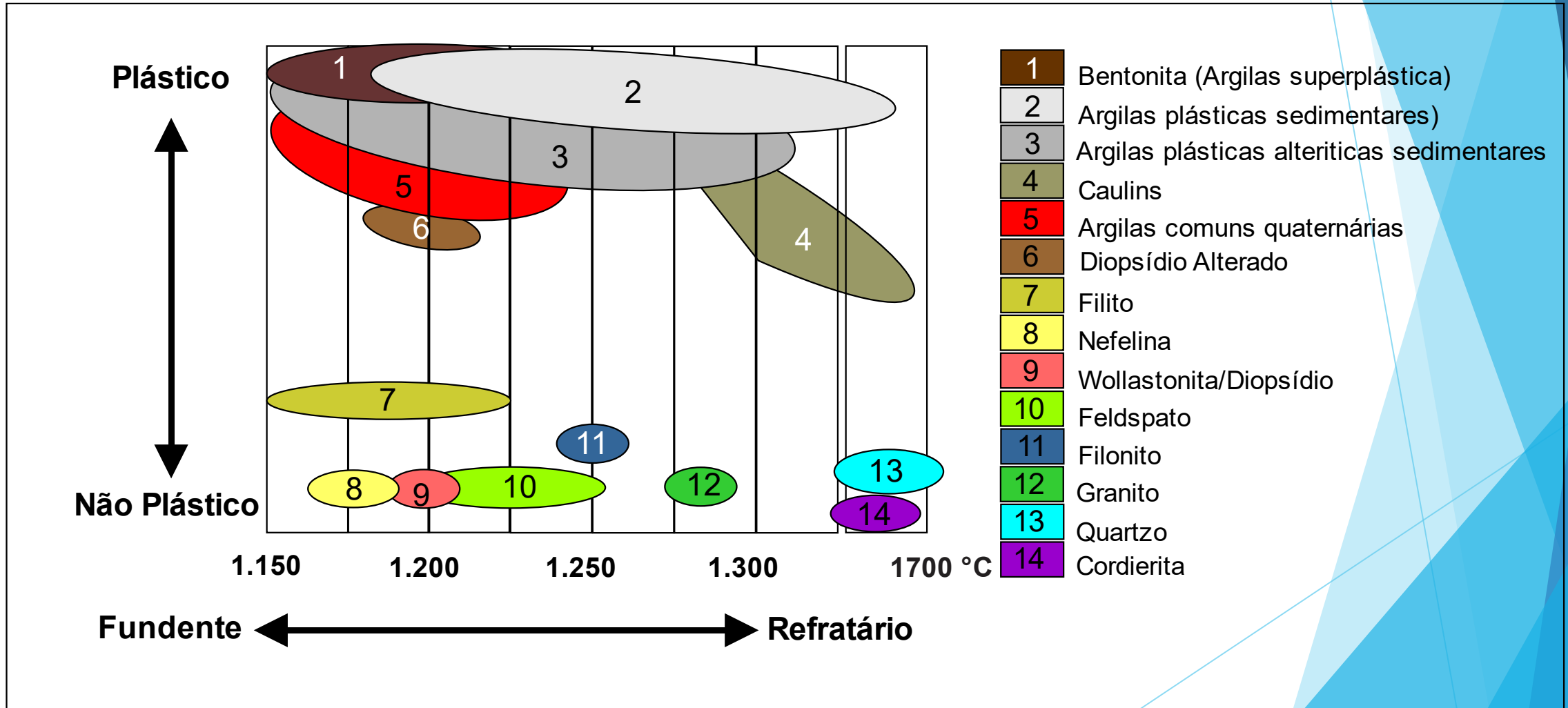
## MATÉRIAS-PRIMAS FUNDENTES ESPECIAIS

- Lítio ?
- Nefelina Sienito, Anortositos, Fonolitos
- Diopsídio (Cerâmica e Vidro)
- Cordierita (Cerâmica e Vidro)
- Wollastonita (Cerâmica e Vidro)

# PRINCIPAIS ALVOS SELECIONADOS PARA A PESQUISA



# PLASTICIDADE vs FUSIBILIDADE



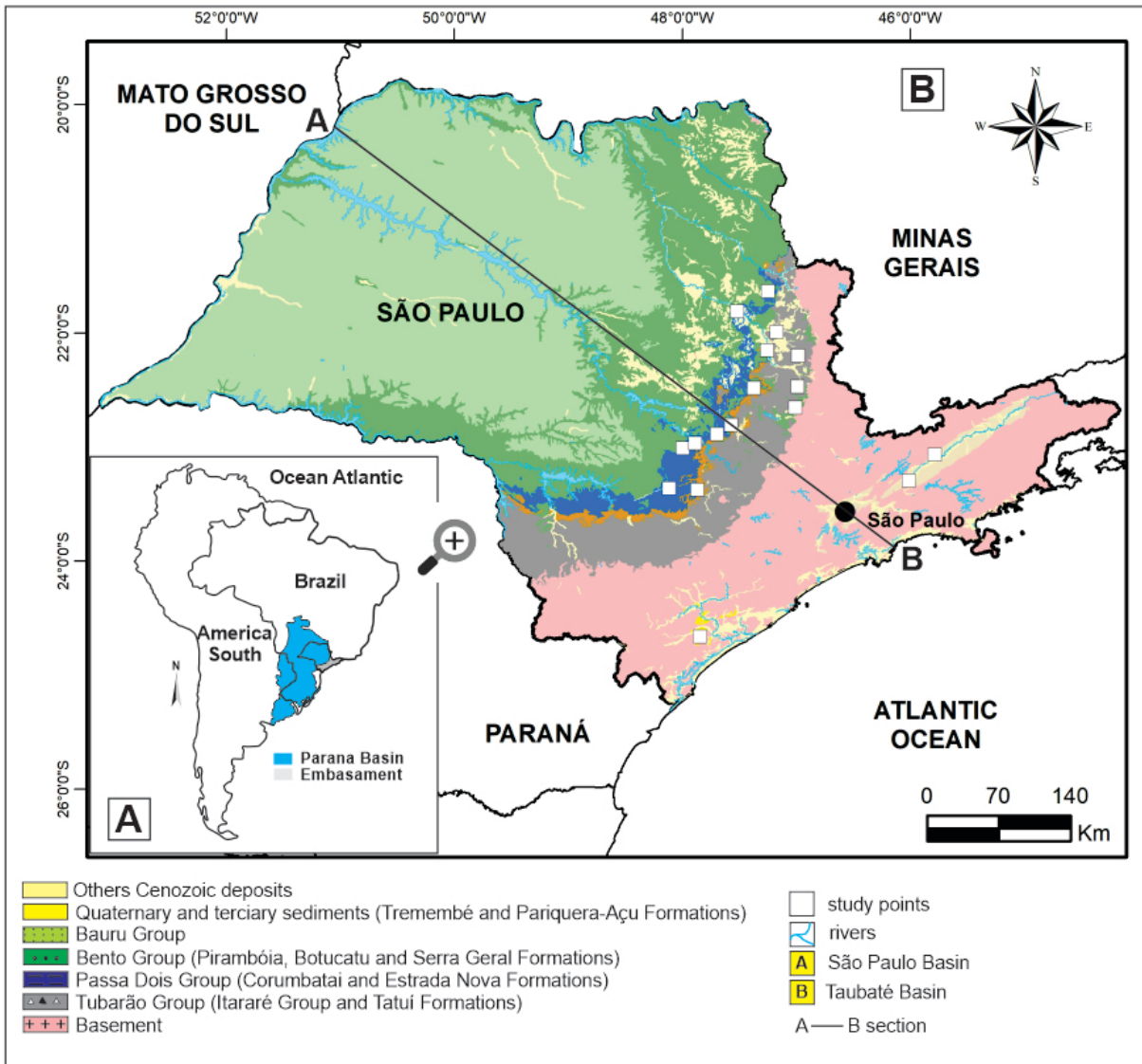


# Argilas

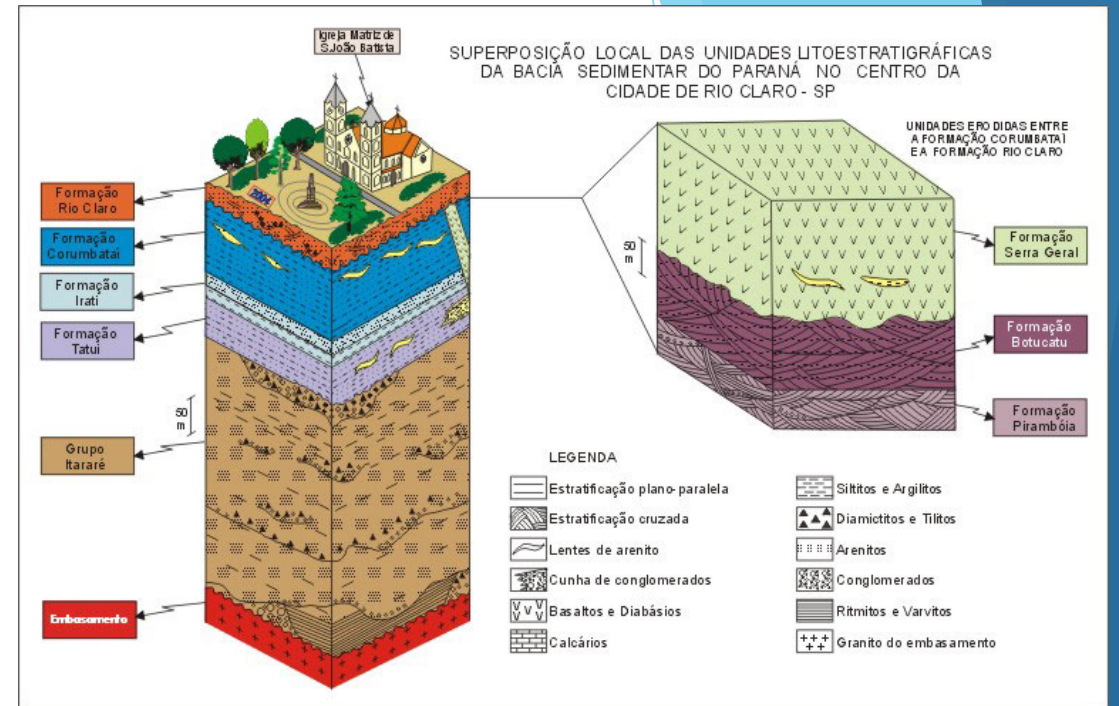
## Plásticas/Superplásticas

As argilas plásticas e superplásticas são constituídas principalmente pelos argilominerais: montmorillonita, caulinita e illita, além dos minerais quartzo, feldspatos, carbonatos, óxidos de ferro e compostos orgânicos. São essenciais nas fases de: moldagem, conformação e resistência mecânica verde das peças de cerâmica.

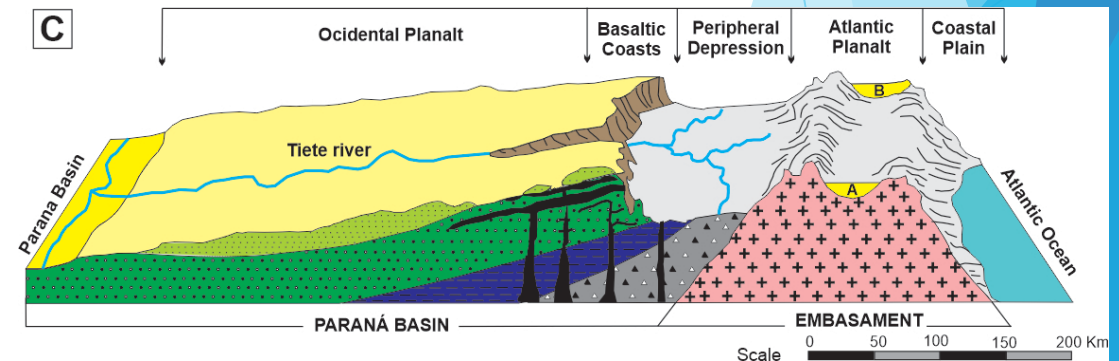
- Argilas Alteríticas Permianas-SP
- Argila Quaternárias e Terciárias



Mapa geológico simplificado do Estado de São Paulo.



## Estratigrafia Bacia do Paraná-Rio Claro, Perinotto & Zaine (1996)



Seção Geológica e Geomorfológica do Estado de São Paulo. Modificado CPRM (2006).

## Argilas quaternárias e terciárias

**Litologia:** Argilito ou caulim apresentando estruturas maciça e granulometria fina à média.

**Tipo dos Depósitos:** Sedimentar, localizados em planícies aluviais recentes e terraços. Depósitos de pequeno a médio porte de 1 a 4 metros.

**Geoquímica:** Presença mais elevada em de óxidos  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e baixa de óxidos alcalinos ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ), sua mineralogia é composta em especial pelo argilomineral caulinita (Qa) e montmorilonita (Tr) e subordinadamente illita (Tr) e pelos minerais feldspatos (albita e microclíneo). Ocasionalmente apresenta baixo conteúdo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**Característica cerâmica:** plasticidade umidade elevada, granulometria fina, cor de queima clara, resistência à verde elevada resistência mecânica de queima baixa e absorção de água elevada.

**Aplicações:** composição de massa em para a produção de grés e porcelanato. Outros usos: engobe (ocasional), louça e sanitário, refratários, abrasivos, etc.

# Minerações de argilas de depósitos quaternários



**Argilas quaternária, município  
Aguai- SP**

**Argilas quaternária, município  
de Mogi Mirim- SP**

## Argilas Alteríticas Permianas da Bacia do Paraná

**Litologia:** Siltitos argilosos à arenosos ou argilitos apresentando granulometria fina à média e estrutura maciça ou laminada.

**Tipo dos Depósitos:** Sedimentar, localizados no fundo dos vales atuais e nos setores de planaltos elevados, gerados por enriquecimento supérgeno (intemperismo) ocasionado pela lixiviação parcial e neoformação de montmorilonita. Depósitos de porte médio.

**Geoquímica:** Presença mais elevada em de óxidos alcalinos e alcalinos terrosos ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) representada em especial pelo argilomineral montmorillonita, caulinita e illita e dos minerais feldspatos (albita e microclínio) e calcita e presença baixa à média de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**Característica cerâmica:** boa sinterização, plasticidade elevada, granulometria fina e boa distribuição granulométrica dos grãos; estas características melhoram o empacotamento e aderência dos grãos durante a prensagem, resultando em uma baixa absorção de água e uma alta resistência mecânica à flexão (seco e queimada), e cores de queimas claras.

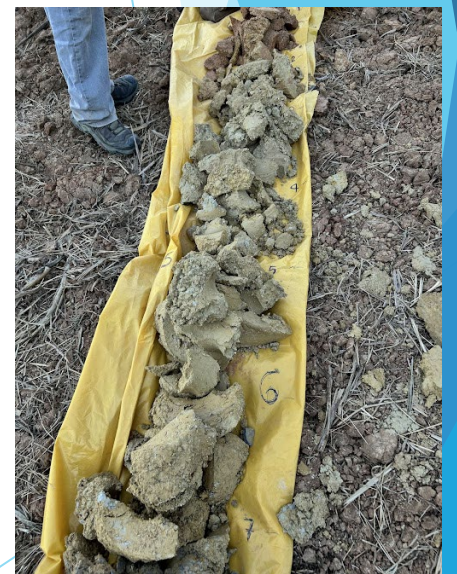
**Aplicação:** composição de massa na fabricação de grés e porcelanato.



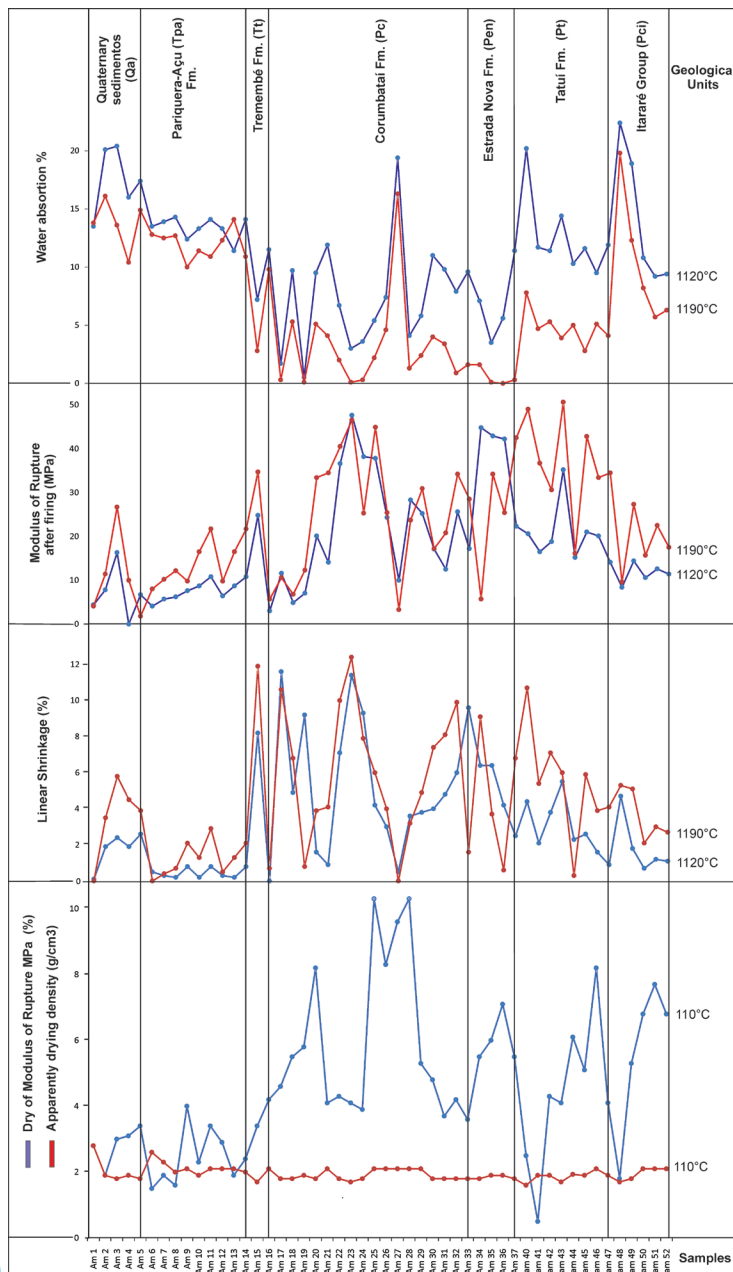
**Alteritos da Formação Corumbataí-  
Mina Fazendinha, município de  
Porto Ferreira, São Paulo**



**Alteritos da Formação Tatuí,  
município de Tatuí- São Paulo**

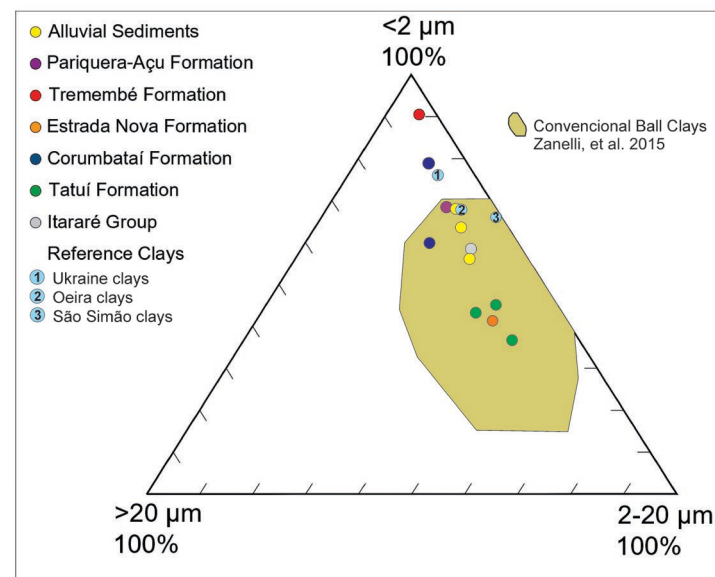


**Alteritos da Formação Tatuí,  
município de Rio das Pedras- São  
Paulo**



## Propriedades Cerâmicas de argilas plásticas e superplásticas

	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	PF
<b>Argilas Internacionais Referências (Galos, K. (2011))</b>									
Argila Polônia	62,7	22,7	0,90	0,61	0,13	0,29	0,27	1,39	9,6
Argila Ucrânia	54,2	27,0	0,9	1,35	0,32	0,60	0,56	2,54	12,1
<b>Argilas ball clay quaternárias brasileiras</b>									
Argila Oeiras-PI	43,8	29,2	2,78	1,02	0,36	3,98	0,14	4,11	15,7
Argila São Simão-SP	45,3	33,5	1,50	1,34	0,26	0,43	0,04	0,66	16,6
<b>Argilas alteríticas formacionais sedimentares</b>									
FM Corumbataí	67,5	16,6	2,85	0,62	0,24	1,7	<0,1	2,15	6,41
Fm Tatuí	69,1	15,5	2,4	0,71	0,2	1,2	0,69	2,97	5,22
Fm. Estrada Nova	69,3	15,0	2,6	0,4	0,03	1,3	0,1	1,3	8,6
<b>Argilas quaternárias plásticas de queima clara comuns - São Paulo</b>									
MSL	55,3	29,3	1,82	1,35	<0,10	0,17	<0,10	1,67	10,4
PITEIRA	64,2	22,5	1,62	1,59	0,1	0,14	0,1	0,24	9,12



Projeção das argilas estudadas e referências no diagram de Winkler (1954).



# Matérias-Primas Fundentes

- Rochas Granitóides (Filonitos)
- Pegmatitos Graníticos de São Luís de Paraitinga (Feldspatos)
- Província Pegmatítica de Castro Alves-BA (Feldspatos)

# FILONITO

**Filonitos:** Representam rochas granitóides fortemente cisalhadas encontradas ao longo da falha Taxaquara do Proterozóico. Englobam litotipos mais ou menos deformados, compostos por grãos de feldspatos e quartzo, estirados, recristalizados, fragmentados e/ou neocristalizados, em meio a uma matriz feldspático-quartzo-sericítica. Os dois litotipos principais são os milonitos e os filonitos.

**Função/ação da matéria-prima no processo cerâmico:** Matéria-prima com minerais fundentes: FELDSPATOS (portadores de  $K_2O$  e  $Na_2O$ ) e SERICITA fina (portadora de  $K_2O$ ). A trama/textura cisalhada facilita a moagem (W.I. do filonito= 8,9 kWh/t; granito=13,5 kWh/t)

**Aplicações:** Fundente atualmente em uso no mercado (nome comercial de FELDSPATO SALTO), que une as características de um granito (feldspato + quartzo) e do filito (sericita), com bom desempenho para massa de porcelanato.

**Projeto:** Prospecção e caracterização de matérias-primas brasileiras para a produção do porcelanato

**Município/Estado:** Salto de Pirapora/SP | **Empresa/Contato:** Extraminer

**Coordenadas:** | **Altitude:**

**Número da Amostra:** L28

**Nome/Unidade Geológica/Matéria-prima:** Filonito/Granito/Feldspato/Filito

**Análises Realizadas**

**FRX (x)** | **DRX (x)** | **Lâmina** | **Carac. Tec ( )** | **Outros**

**Descrição Mesoscópica**

O minério possui uma estrutura micro-cristalina que faz com que mesmo os grãos com menos de 63µ (#230) apresentem vários minerais imiscuídos, aumentando assim a mistura e associação íntima dos seus componentes minerais os feldspatos, a sericita e o quartzo.

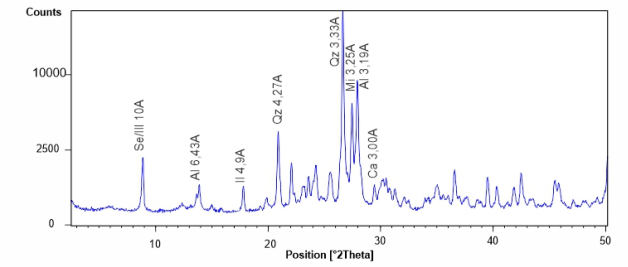


FRX (%)	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF
	70,8	17,7	1,73	0,15	0,21	20,83	3,7	5,36	0,12	0,06	0,86

**Composição Modal Estimada (%)**

Quartzo (±30%), Microclínio (±27%), Albita (± 25%), Sericita (± 16%)

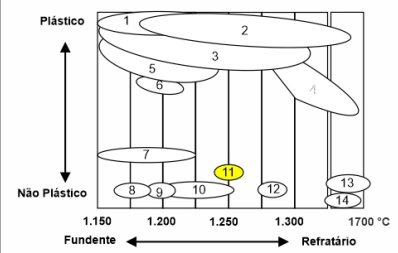
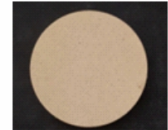
**Difratometria de raios X**



Al = Albita  
Mi = Microclínio  
Qz = Quartzo  
Ca = Calcita  
Il = Sericita/Illita

**Caracterização Cerâmica**

Cor de queima a 1180



Características	1120°C	1140°C	1160°C	1180°C
Absorção de água (%)	16,5 ± 0,5	9,7 ± 0,4	4,1 ± 0,5	0,0 ± 0,0
Retração linear de queima (%)	2,8 ± 0,2	6,5 ± 0,2	9,6 ± 0,5	11,9 ± 0,2
Perda ao fogo (%)	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,1

Dilatação térmica - 1190°C = 74,8 x 10<sup>-7</sup>

- 1 Bentonita (Argilas superplástica)
- 2 Argilas plásticas sedimentares
- 3 Argilas plásticas alteríticas sedimentares
- 4 Caulins
- 5 Argilas comuns quaternárias
- 6 Diopsídio Alterado
- 7 Filito
- 8 Nefelina
- 9 Wollastonita/Diopsídio
- 10 Feldspato
- 11 Filonito
- 12 Granito
- 13 Quartzo
- 14 Cordierita

**Aplicações Prováveis:** Composição de massa revestimento cerâmico (Porcelanato, patilhas e louça sanitária)



**Extração e beneficiamento de filonito, município de Salto de Pirapora, SP.**

# PEGMATITOS

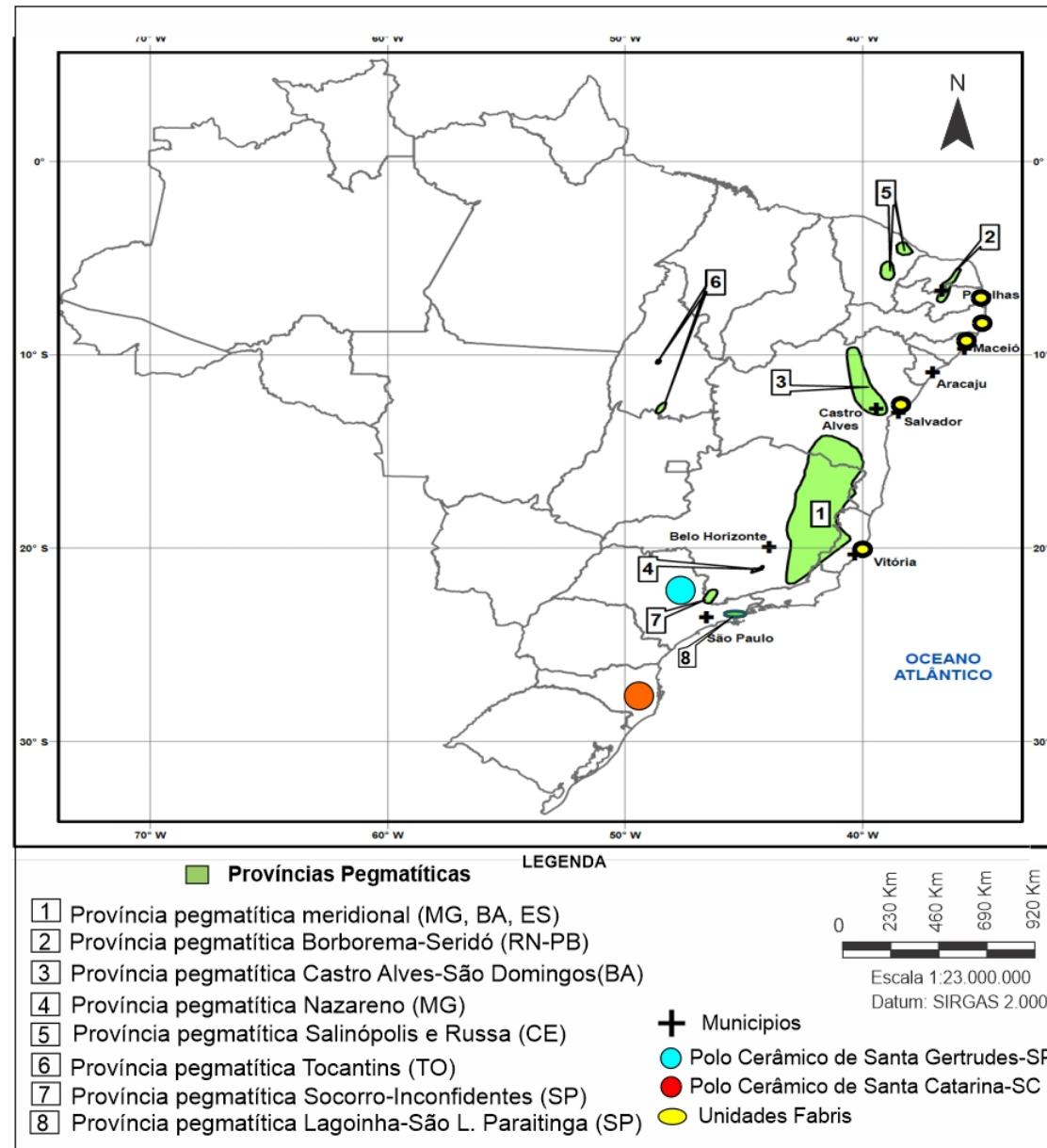
**Pegmatitos de Castro Alves:** Grandes áreas, localizadas no leste do Estado de Minas Gerais e no sul do Estado da Bahia (Província Oriental do Brasil) e no centro-norte da Bahia (Província de Castro Aves) apresentam grandes concentrações de pegmatitos, variando de pequenos corpos a grandes corpos, boa parte com cristais gigantes de feldspato e quartzo, podendo, no caso de MG, ocorrer minerais de lítio associados.

**Pegmatitos de São Luís de Paraitinga:** Corpos de pegmatitos graníticos alongados na direção NE, com dezenas de metros de largura e extensão quilométrica, apresentando granulação grossa, associados a granitogênese do Neoproterozóico.

**Matéria-prima principal:** Feldspato potássico e sódico (albita); e minerais de lítio (espodumênio e petalita).

**Aplicações:** Feldspato potássico e albita (massa para porcelanato, vidrados e esmaltes opacos). Minério de lítio (alta fusibilidade para massas de porcelanato e baterias).

# Províncias pegmatíticas brasileiras



Mapa das províncias pegmatíticas do Brasil. Elaborado por José F.M. Motta.



**Pegmatito em São Luís de Paraitinga –São Paulo**

**Pegmatito rico em feldspato - Rafael  
Jambeiro-BA**



# Matérias-Primas Fundentes Especiais

- Nefelina Sienito
  - Anortositos
  - Diopsídios
  - Cordierita

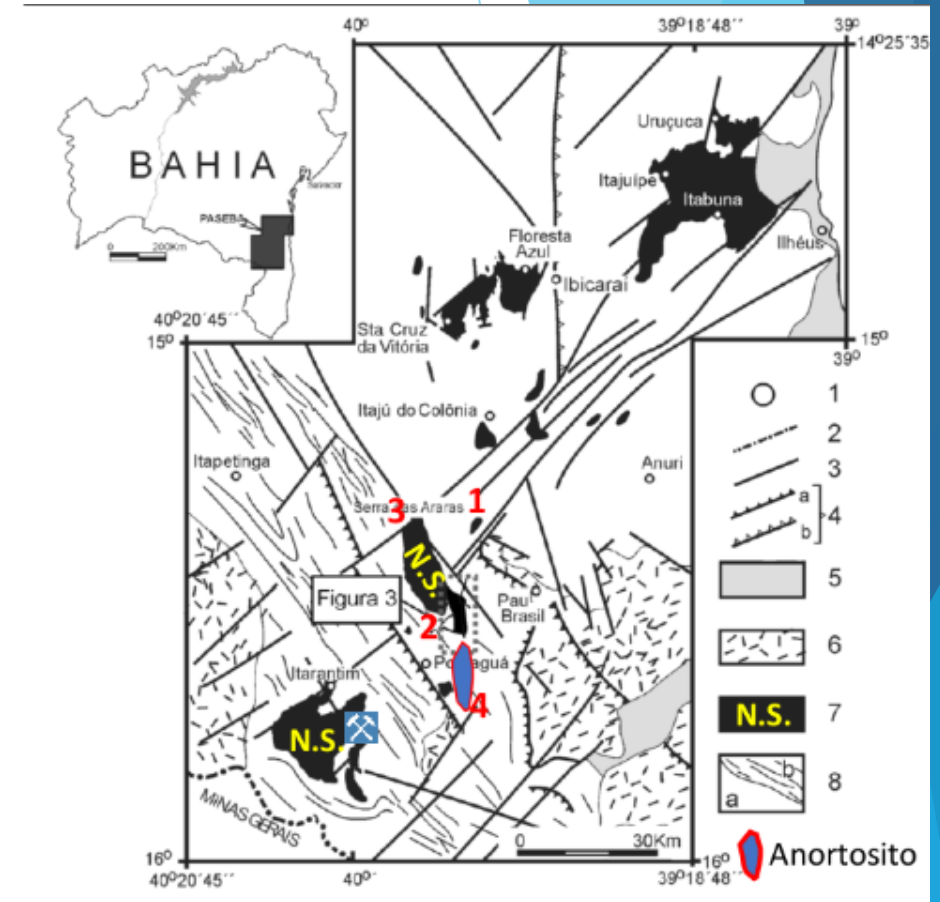
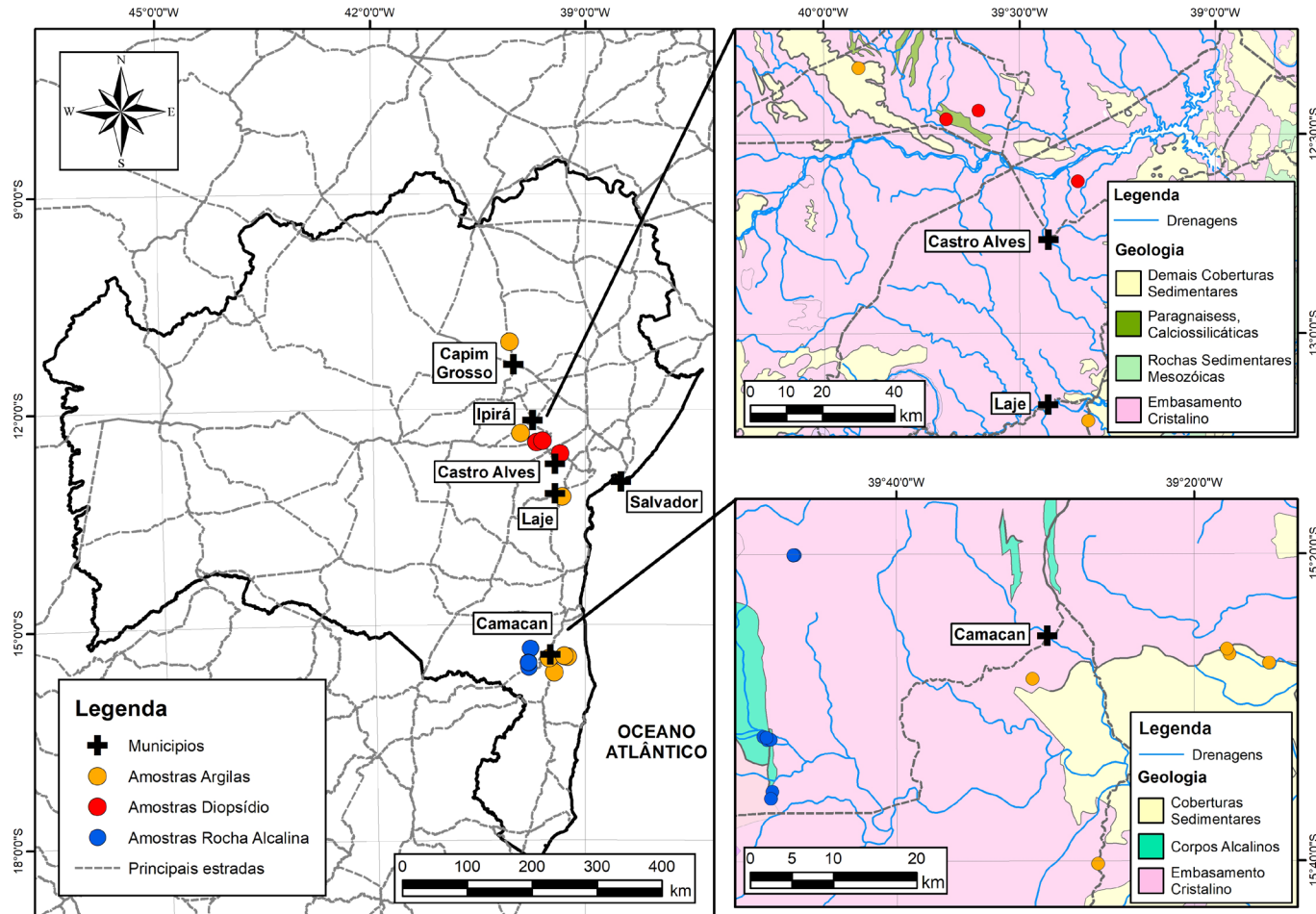
**Provincia Alcalina do Sul do Estado da Bahia (PASEBA):** A província congrega um conjunto de corpos de idade Proterozóico Superior (Ps) compostos pelos batólitos (Itabuna, Floresta Azul, Serra das Araras e Itarantim) e pelos *stocks* (Rio Pardo, Itajú do Colônia e Serra da Gruta). São constituídos, principalmente, por nefelina sienito e sienito. Granitos, dioritos e monzonitos estão também presentes, particularmente nos corpos da porção norte. Diques de traquito, fonolito e basalto são comuns.

**Complexo Alcalino de Passa Quatro – Lavrinhas-São Paulo. :** O Maciço Alcalino de Passa Quatro (MAPQ) representa um batólito de idade mesozóico-cenozóica localizado na Serra da Mantiqueira, ao redor da divisa tríplice dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No maciço podem ser delimitados nefelina sienitos, traquito, brecha magmática alcalina e diques de fonolitos e lamprófiros.

**Função/ação da matéria-prima no processo cerâmico:** Fundentes ( $K_2O$  e  $Na_2O$ ) e fornecedor de sílica e alumina para massas de porcelanato, vidros e vidrados.

**Justificativa para o projeto:** Rochas de composição adequada, já parcialmente estudadas e uma das poucas no Brasil, com potencial de produzir uma matéria-prima de qualidade.

# Província Alcalina do Sul da Bahia (Nefelina sienito e Anortosito)


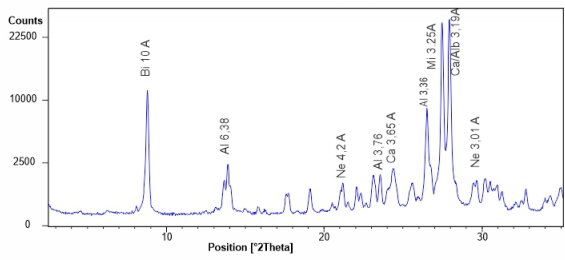
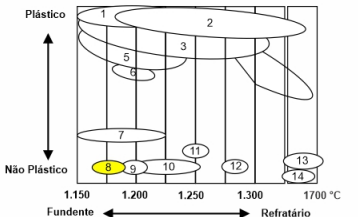


Mapa dos pontos estudados da Província Pegmatítica de Castro Alves e da Província Alcalina do Sul da Bahia.

Mapa simplificado da Província Alcalina do Sul da Bahia. Rosa et al, 2007.

## Maciço alcalino de nefelina sienito - Bahia

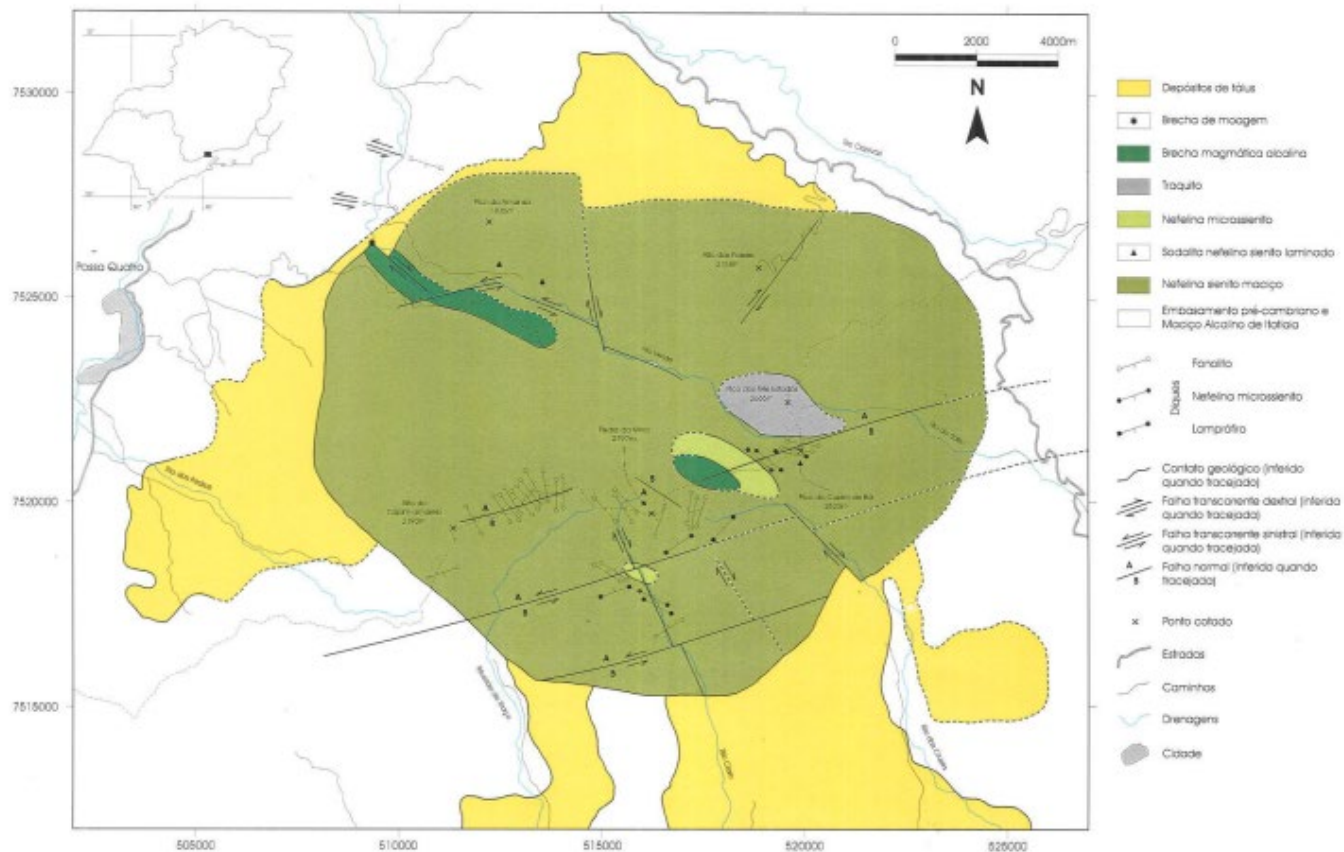


<b>Projeto:</b> Prospecção e caracterização de matérias-primas brasileiras para a produção do porcelanato																																		
<b>Município/Estado:</b> Bahia			<b>Empresa/Contato:</b>																															
<b>Coordenadas:</b>			<b>Altitude:</b>																															
<b>Número da Amostra:</b> 1054																																		
<b>Nome/Unidade Geológica:</b> Biotita-Cancrinita-Nefelina Sienito com muscovita																																		
<b>Análises Realizadas</b>																																		
<b>FRX (x)</b>	<b>DRX (x)</b>	<b>Lâmina (x)</b>	<b>Carac. Tec (x)</b>	<b>Outros</b>																														
<b>Descrição Mesoscópica</b>																																		
<p>Rocha hololeucocrática a leucocrática de cor cinza contendo leve matiz azulado e difusas manchas de tonalidades mais claras e mais escuras, bem com manchas granulares a retangulares, milimétricas a submilimétricas de cor preta e brilho micáceo (concentração de biotita). Na superfície natural, não resultante de quebra, aparece cor ocre e cavidades de dissolução. A estrutura é isotropa e a textura granular hipidiomórfica a xenomórfica (sienítica) de granulação média a grossa. Apresenta sutil magnetismo detectado com alguma dificuldade mesmo utilizando imã forte de pequeno tamanho suspenso por barbante fino. Possui leve eferescência em HCl diluído em alguns locais e descontinuidades.</p>																																		
																																		
<b>FRX (%)</b>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF																							
	53,6	22,9	3,23	0,09	0,40	1,34	8,45	7,18	0,37	<0,07	1,90																							
<b>Composição Modal Estimada (%)</b>																																		
Feldspatos alcalinos (± 60%), Nefelina (±20%), Cancrinita (±10%), Biotita (± 5%), Muscovita/sericita (± 2%), Carbonato (< 1%), Fluorita (< 1%), Apatita (< 1%), Opacos (± 1%) e Clorita (traço), Zircão (traço)																																		
<b>Difratometria de raios X</b>																																		
																																		
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Ca = Cancrinita</td> </tr> <tr> <td>Mi = Microclínio</td> </tr> <tr> <td>Al = Albita</td> </tr> <tr> <td>Ne = Nefelina</td> </tr> <tr> <td>Bi = Biotita</td> </tr> </table>						Ca = Cancrinita	Mi = Microclínio	Al = Albita	Ne = Nefelina	Bi = Biotita																								
Ca = Cancrinita																																		
Mi = Microclínio																																		
Al = Albita																																		
Ne = Nefelina																																		
Bi = Biotita																																		
<b>Caracterização Cerâmica</b>																																		
		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MRFq/s (MPa)</th> <th colspan="4">Cor de queima</th> </tr> <tr> <th>1160 °C</th> <th>1175 °C</th> <th>1182 °C</th> <th>1190 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>170</td> <td style="background-color: #c08080;"></td> <td style="background-color: #c08080;"></td> <td style="background-color: #c08080;"></td> <td style="background-color: #c08080;"></td> </tr> <tr> <td>AA %</td> <td>2,4</td> <td>1,6</td> <td>1,4</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Riq %</td> <td>11,6</td> <td>12,5</td> <td>12,5</td> <td>12,2</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Seco(110°C) 1160 °C 1175 °C 1182 °C 1190 °C</td> </tr> </tbody> </table>				MRFq/s (MPa)	Cor de queima				1160 °C	1175 °C	1182 °C	1190 °C	170					AA %	2,4	1,6	1,4	0,2	Riq %	11,6	12,5	12,5	12,2	Seco(110°C) 1160 °C 1175 °C 1182 °C 1190 °C				
MRFq/s (MPa)	Cor de queima																																	
	1160 °C	1175 °C	1182 °C	1190 °C																														
170																																		
AA %	2,4	1,6	1,4	0,2																														
Riq %	11,6	12,5	12,5	12,2																														
Seco(110°C) 1160 °C 1175 °C 1182 °C 1190 °C																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1 Bentonita (Argilas superplásticas)</td> <td>8 Nefelina</td> </tr> <tr> <td>2 Argilas plásticas sedimentares</td> <td>9 Wollastonita/Diopsidio</td> </tr> <tr> <td>3 Argilas plásticas altericas sedimentares</td> <td>10 Feldspato</td> </tr> <tr> <td>4 Caulins</td> <td>11 Filonito</td> </tr> <tr> <td>5 Argilas comuns quaternárias</td> <td>12 Granito</td> </tr> <tr> <td>6 Diopsidio Alterado</td> <td>13 Quartzo</td> </tr> <tr> <td>7 Filito</td> <td>14 Cordierita</td> </tr> </table>		1 Bentonita (Argilas superplásticas)	8 Nefelina	2 Argilas plásticas sedimentares	9 Wollastonita/Diopsidio	3 Argilas plásticas altericas sedimentares	10 Feldspato	4 Caulins	11 Filonito	5 Argilas comuns quaternárias	12 Granito	6 Diopsidio Alterado	13 Quartzo	7 Filito	14 Cordierita	<p><b>Outras propriedades</b></p> <p>Tempo de moagem (min) = 11</p> <p>Resíduo &gt;63 µm (%) = 3,9</p> <p>Densidade da suspensão (g/cm<sup>3</sup>) = 1,679</p> <p>Tempo de Escoamento (min) = &gt; 26</p> <p>Viscosidade Aparente 20 rpm (cP) = 18</p> <p>Densidade dos corpos de prova a Seco(g/cm<sup>3</sup>) = 1,58</p> <p>Perda ao Fogo (%) = 3,5</p>																		
1 Bentonita (Argilas superplásticas)	8 Nefelina																																	
2 Argilas plásticas sedimentares	9 Wollastonita/Diopsidio																																	
3 Argilas plásticas altericas sedimentares	10 Feldspato																																	
4 Caulins	11 Filonito																																	
5 Argilas comuns quaternárias	12 Granito																																	
6 Diopsidio Alterado	13 Quartzo																																	
7 Filito	14 Cordierita																																	
<b>Aplicações:</b> indústria cerâmica como fundente, vidro																																		



**Nefelina sienito do Maciço alcalino de Lavrinhas-São Paulo.**

# Maciço Alcalino de Passa Quatro - Lavrinhas/Passa Quatro (MG/SP)



Maciço alcalino de Passa Quatro-MG, modificado de Sigolo (1988)

Maciço alcalino de Passa Quatro, em Lavrinhas-São Paulo

Amostra	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF
1059	57,5	19,3	8,67	6,76	0,41	1,7	3,16	0,79	0,22	0,15	0,74

# DIOPSÍDIO

**Diopsídio de Castro Alves:** Diopsídio é um mineral do grupo dos piroxênios composto por silicato de cálcio e magnésio. O diopsídio do Complexo Tanque Novo-Ipirá (Proterozóico Médio) é composto por lentes e camadas de médio a grande porte compostas por rochas metacarbonáticas e calcissilicáticas ricas ou puras em diopsídio.

**Diopsídio do Vale do Ribeira** – Representam pequenas lentes de rochas calciossilicáticas e carbonáticas do Grupo Açungui (Proterozóico Superior). As pequenas lentes de diopsídio *granofels*, embora mais próximas do PCSG, apresentam dificuldades de lavra.

**Função/ação da matéria-prima no processo cerâmico:** Fundentes (CaO e MgO) e para massas de porcelanato, aumenta branqueamento e densidade de engobes.

**Justificativa para o projeto:** Rochas de composição silicática de CaO e MgO (não emite CO<sub>2</sub>), bastante fundentes, que proporciona um branqueamento da massa. Apresenta recursos disponíveis (Bahia) e ainda pouco utilizadas na indústria cerâmica.

<b>Projeto:</b> Prospecção e caracterização de matérias-primas brasileiras para a produção do porcelanato																																							
<b>Município/Estado:</b> Rafael Jambeiro/BA						<b>Empresa/Contato:</b>																																	
<b>Coordenadas:</b>						<b>Altitude:</b>																																	
<b>Número da Amostra:</b> 1047																																							
<b>Nome/Unidade Geológica:</b> Diopsídio Alterado																																							
<b>Análises Realizadas</b>																																							
<b>FRX (x)</b>	<b>DRX (x)</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Carac. Tec (x)</b>	<b>Outros</b>																																			
<b>Descrição Mesoscópica</b>																																							
<p>Rocha de cor branca, granulação fina e estrutura anisotrópica, marcada pela orientação preferencial dos minerais e por uma bandamento composicional paralelo. Há bandas mais ricas em quartzo, de textura granoblástica, intercaladas com faixas de diopsídio, de textura nematoblástica. Apresenta estrutura anisotrópica, marcada pela orientação preferencial de minerais prismáticos, tabulares ou alongados. Paralelamente há um difuso bandamento composicional, com faixas/lentes ricas em quartzo e feldspato de textura granoblástica intercaladas com faixas nematoblásticas ricas em diopsídio. A granulação varia de &lt;0,1 a 4,0 milímetros, com predomínio de cristais entre 0,5 e 2,0 milímetros, aproximadamente.</p>																																							
<b>FRX (%)</b>	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF																												
	12,5	12,5	3,65	0,09	11,9	9,10	0,43	3,82	0,48	0,14	5,31																												
<b>Composição Modal Estimada (%)</b>																																							
Diopsídio (±70%), Microclínio (±16%), Quartzo (± 14%), Tremolita (traço) e Titanita (traços)																																							
<b>Difratometria de raios X</b>																																							
<b>Caracterização Cerâmica</b>																																							
						<b>Cor de queima</b>																																	
<table border="1"> <tr> <td>MRFq/s (MPa)</td> <td>51</td> <td></td> <td></td> <td>680</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AA %</td> <td></td> <td>1,6</td> <td>0,6</td> <td>0,3</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Riq %</td> <td></td> <td>6,7</td> <td>7,5</td> <td>7,6</td> <td>6,1</td> </tr> <tr> <td>Crú</td> <td>1160 °C</td> <td>1167 °C</td> <td>1175 °C</td> <td>1190 °C</td> <td></td> </tr> </table>						MRFq/s (MPa)	51			680		AA %		1,6	0,6	0,3	0,0	Riq %		6,7	7,5	7,6	6,1	Crú	1160 °C	1167 °C	1175 °C	1190 °C		<p><b>Outras propriedades</b>          Tempo de moagem (min) = 18          Resíduo &gt;63 µm (%) = 40          Densidade da suspensão (g/cm³) = 1,538          Tempo de escoamento (min) = &gt; 120          Viscosidade Aparente 20 rpm (cP) = 1860          Densidade dos corpos de prova a Seco (g/cm³) = 1,92          Perda ao Fogo (%) = 6,9</p>									
MRFq/s (MPa)	51			680																																			
AA %		1,6	0,6	0,3	0,0																																		
Riq %		6,7	7,5	7,6	6,1																																		
Crú	1160 °C	1167 °C	1175 °C	1190 °C																																			
<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>Bentonita (Argilas superplásticas)</td> <td>8</td><td>Nefelina</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>Argilas plásticas sedimentares</td> <td>9</td><td>Wollastonita/Diopsídio</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>Argilas plásticas alteríticas sedimentares</td> <td>10</td><td>Feldspato</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>Cauilins</td> <td>11</td><td>Filito</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>Argilas comuns quaternárias</td> <td>12</td><td>Granito</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>Diopsídio Alterado</td> <td>13</td><td>Quartzo</td> </tr> <tr> <td>7</td><td>Filito</td> <td>14</td><td>Cordierita</td> </tr> </table>						1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina	2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsídio	3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Feldspato	4	Cauilins	11	Filito	5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito	6	Diopsídio Alterado	13	Quartzo	7	Filito	14	Cordierita						
1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina																																				
2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsídio																																				
3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Feldspato																																				
4	Cauilins	11	Filito																																				
5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito																																				
6	Diopsídio Alterado	13	Quartzo																																				
7	Filito	14	Cordierita																																				
<b>Aplicações:</b>																																							



**Diopsídio, município de Rafael Jambeiro-BA. Ocorrência típica de topo da jazida, com a rocha sã associada ao seu manto de alteração, que proporciona um "caulim" fundente e de alta plasticidade.**



**Mina de diopsídio, Rafael Jambeiro, BA**




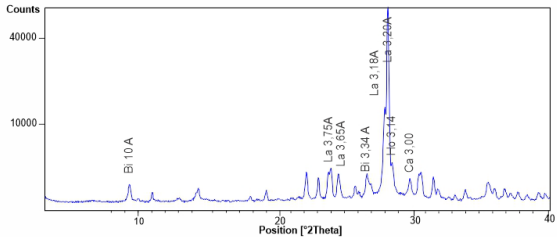
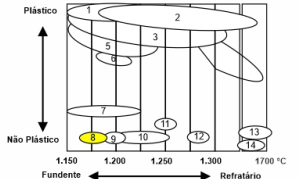

**Diopsídio, Castro Alves, BA**

# ANORTOSITO

**Anortosito:** é uma rocha ígnea composta essencialmente por plagioclásio cálcico (ou cálcico-sódico). Os corpos de anortositos estudados encontram-se intrudidos no Cinturão Itabuna-Salvador-Curaçá (paleo-proterozóico), encontrados nos maciços Potiraguá, Rio Piaú e Samaritana. Apresentam grandes corpos, com cerca de 20 km<sup>2</sup> de área aflorante, confinados em granulitos pré-cambrianos, sendo composto por uma suíte de rochas anortosíticas que formam a massa principal do corpo e outras litologias subordinadas.

**Função/ação da matéria-prima no processo cerâmico:** Fundentes (K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O) e fornecedor de sílica e alumina para massas de porcelanato, vidros e vidrados. Material alterado (“caulim”) apresenta-se com boa matéria-prima plástica e fundente.

**Justificativa para o projeto:** Rocha mostra recursos de grande porte, mas de ocorrência localizada e com potencial para P&D&I. Fonte de fundente (feldspato cálcico) e eventuais porções caulinizadas também de interesse.

<b>Projeto:</b> Prospecção e caracterização de matérias-primas brasileiras para a produção do porcelanato																																	
<b>Município/Estado:</b> Potiraguá-Bahia			<b>Empresa/Contato:</b>																														
<b>Coordenadas:</b>			<b>Altitude:</b>																														
<b>Número da Amostra:</b> 1015																																	
<b>Nome/Unidade Geológica:</b> Anortosito com Hornblenda e Clinopiroxênio/																																	
<b>Análises Realizadas</b>																																	
<b>FRX (x)</b>	<b>DRX (x)</b>	<b>Lâmina (x)</b>	<b>Carac. Tec</b>	<b>Outros</b>																													
<b>Descrição Mesoscópica</b>																																	
<p>Rocha hololeucocrática de cor cinza de tonalidade moderada a escura contendo matiz caramelo a rosado. A estrutura é sutilmente orientada em função da disposição dos cristais tabulares de plagioclásio. Em concordância com esta orientação aparecem alguns filetes descontínuos correspondentes a fraturas. A textura é granular de granulação média a grossa, com os maiores cristais atingindo pouco mais de 1 cm de comprimento. Apresenta magnetismo leve detectado com imã forte de pequeno tamanho suspenso por um fio. Mostra leve efervescência em HCl diluído ao longo de algumas descontinuidades.</p>																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FRX (%)</th> <th>SiO2</th> <th>Al2O3</th> <th>Fe2O3</th> <th>MnO</th> <th>MgO</th> <th>CaO</th> <th>Na2O</th> <th>K2O</th> <th>TiO2</th> <th>P2O5</th> <th>PF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>50,3</td> <td>25,1</td> <td>4,75</td> <td>&lt;0,10</td> <td>1,04</td> <td>10,4</td> <td>4,44</td> <td>0,49</td> <td>1,11</td> <td>0,64</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>						FRX (%)	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF		50,3	25,1	4,75	<0,10	1,04	10,4	4,44	0,49	1,11	0,64	0,7				
FRX (%)	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF																						
	50,3	25,1	4,75	<0,10	1,04	10,4	4,44	0,49	1,11	0,64	0,7																						
<b>Composição Modal Estimada (%)</b>																																	
Plagioclásio (±90%), Hornblenda (±4%), Clinopiroxênio (<1%), Pseudomorfo de ortopiroxênio (< 1%) Minerais opacos/translúcidos (±1%) Sericita/Muscovita (± 2%), Carbonato (±1%) e Apatita (traço).																																	
<b>Difratometria de raios X</b>																																	
 <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">       La = Labradorita        Ho = Hornblenda        Bi = Biotita     </div>																																	
			<b>Caracterização Cerâmica</b>																														
<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>Bentonita (Argilas superplásticas)</td> <td>8</td><td>Nefelina</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>Argilas plásticas sedimentares</td> <td>9</td><td>Wollastonita/Diopsidio</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>Argilas plásticas alteríticas sedimentares</td> <td>10</td><td>Falopato</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>Caolins</td> <td>11</td><td>Firmito</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>Argilas comuns quaternárias</td> <td>12</td><td>Granito</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>Diopsidio Alterado</td> <td>13</td><td>Quartzo</td> </tr> <tr> <td>7</td><td>Filto</td> <td>14</td><td>Cordierita</td> </tr> </table>			1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina	2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsidio	3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Falopato	4	Caolins	11	Firmito	5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito	6	Diopsidio Alterado	13	Quartzo	7	Filto	14	Cordierita			
1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina																														
2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsidio																														
3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Falopato																														
4	Caolins	11	Firmito																														
5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito																														
6	Diopsidio Alterado	13	Quartzo																														
7	Filto	14	Cordierita																														
<b>Aplicações Prováveis:</b> Fundente na composição de massa para a indústria de revestimentos cerâmicos																																	



## Afloramentos de anortosito no município de Potiraguá-Bahia

# CORDIERITA

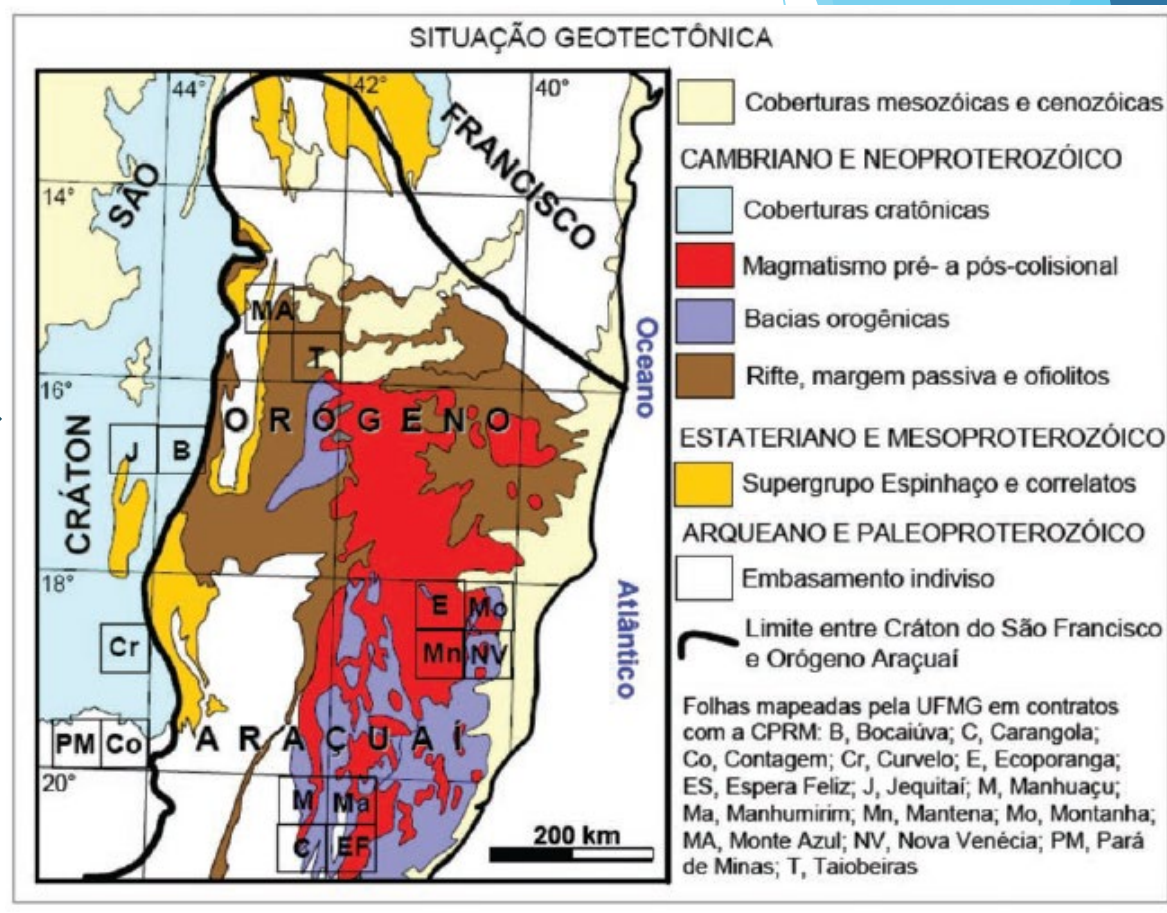
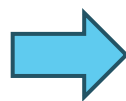
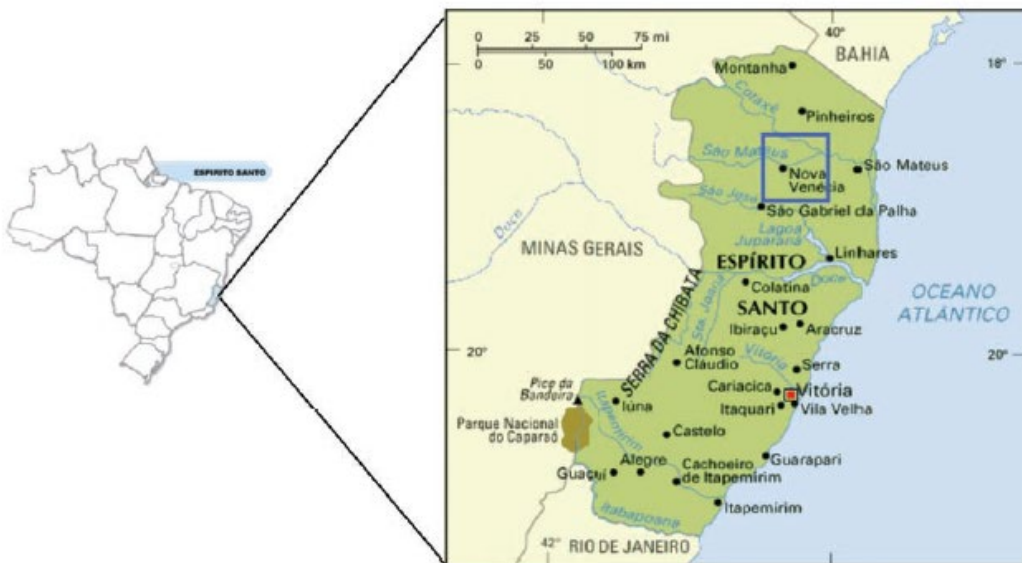
**Cordierita:** é um mineral encontrado no Orógeno Araçuaí (Proterozóico Sup) em rochas metamórficas formado por metamorfismo regional de alta temperatura e baixa pressão e de contato sobre material aluminoso (sedimentos argilosos). As principais concentrações de interesse são os graunilitos do Complexo Nova Venécia, na região da cidade homônima, no Espírito Santo, onde a cordierita pode ocupar até 40% da rocha.

**Função/ação da matéria-prima no processo cerâmico:** mineral de baixa expansão térmica que poderá atuar no controle da retração, planaridade e esquadro das peças, e redução do choque térmico e refratariedade para outros usos cerâmicos.

**Justificativa para o projeto:** encontrar fácies ricas em cordierita (>20%), objetivando estudo em resíduos da mineração e beneficiamento de rochas ornamentais, minas paralisadas ou afloramentos com potencial para P&D&I, incluindo um possível ensaio de beneficiamento para concentração e eliminação do quartzo.

**Matéria-prima:** Cordierita.

# Mapa Geológico e de Localização das ocorrência da Cordierita de Nova Venécia- ES



Fonte: Geologia e recursos minerais da folha de Nova Venécia SE 44Y-B-IV, estado do Espírito Santo, escala 1:100.000/Gláucia Nascimento Queiroga, et al; organizador Luiz Carlos da Sila. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

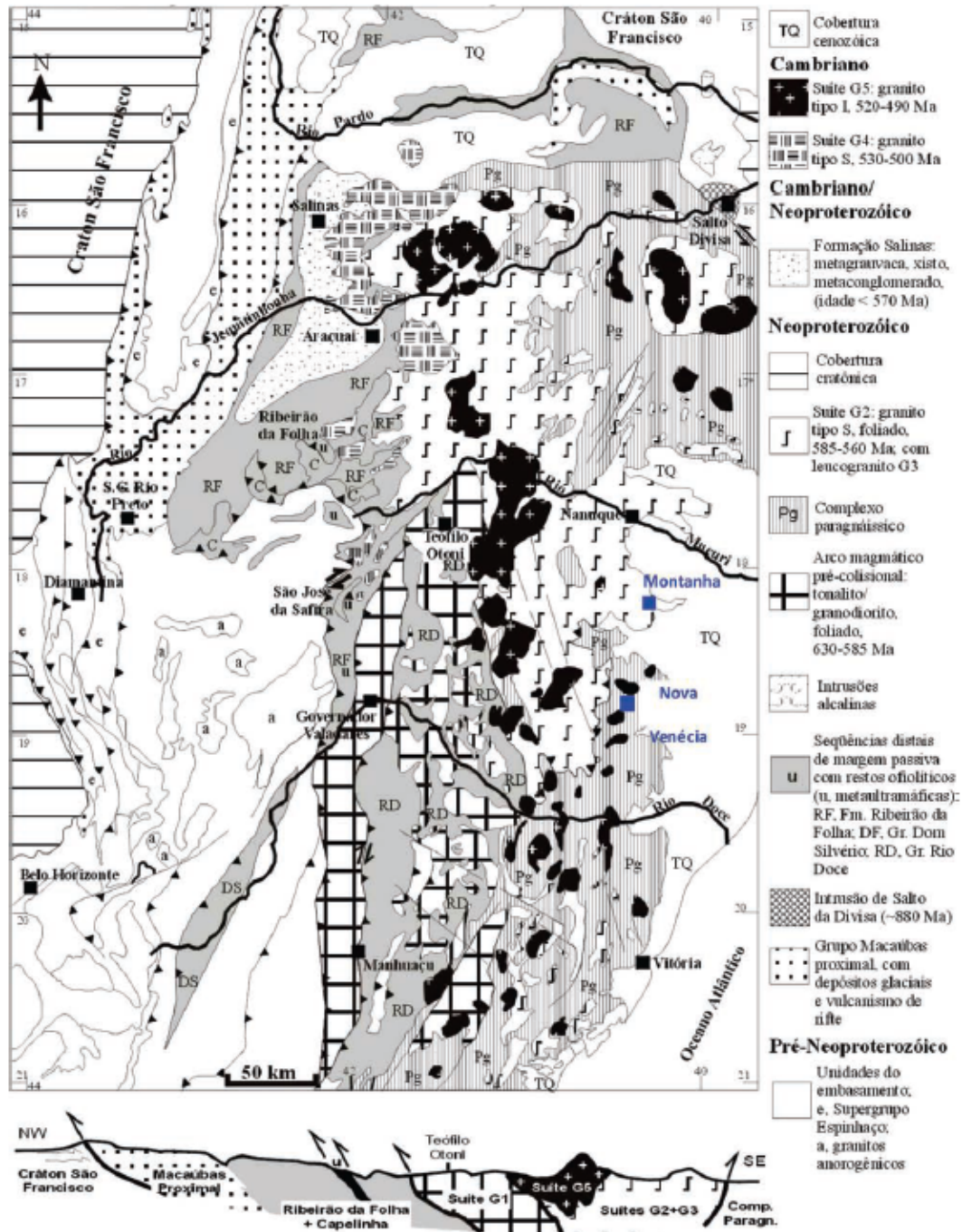


Figura 4.2- Mapa geológico do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares et al. 2005, 2007)

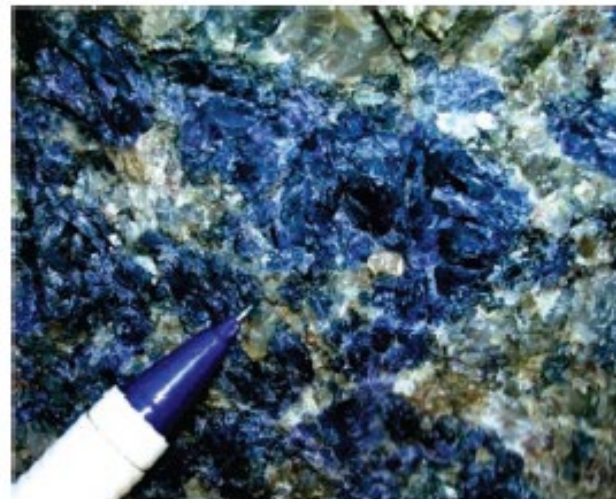


Figura 5.2 (b)



Figura 5.2 (c)

Figura 5.2 - Aspectos do cordierita granulito, às vezes com veios quartzo-felspáticos, na Folha Nova Venécia

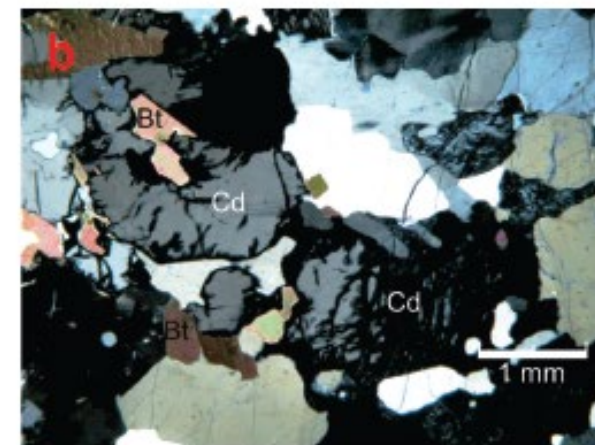
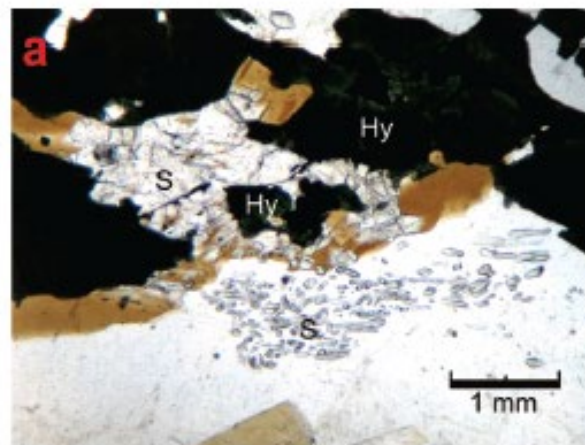

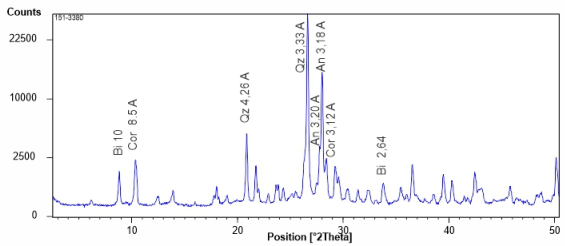
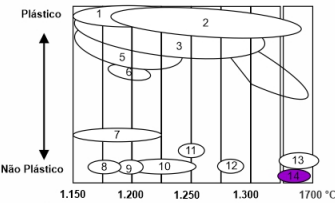


Figura 5.3- Fotomicrografias de lâminas de cordierita granulito, mostrando cristais de hercinita, sillimanita prismática e biotita orientados em relação à foliação principal (a) e pinitização da cordierita (b). Hy = hercinita; S = sillimanita; Bt = biotita; Cd = cordierita

<b>Projeto:</b> Prospecção e caracterização de matérias-primas brasileiras para a produção do porcelanato																																									
<b>Município/Estado:</b> Nova Venécia-ES				<b>Empresa/Contato:</b>																																					
<b>Coordenadas:</b>						<b>Altitude:</b>																																			
<b>Número da Amostra:</b> 1058																																									
<b>Nome/Unidade Geológica:</b> Cordierita tonalito quartzoso com magnetita e biotita ou cordierita granulito																																									
<b>Análises Realizadas</b>																																									
<b>FRX (x)</b>	<b>DRX (x)</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Carac. Tec (x)</b>	<b>Outros</b>																																					
<b>Descrição Mesoscópica</b>																																									
<p>Rocha de cor cinza com leve matriz esverdeado, contendo manchas milimétricas a centimétricas (chega a atingir 2 cm de comprimento) de cor azul arroxeado escuro (cordierita), bem como algumas pontuações de cor preta de brilho metálico (magnetita e/ou ilmenita) e micáceo (biotita). A estrutura é orientada em função da forma alongada e disposição dos cristais de cordierita, quartzo e feldspato sem gera foliação bem definida. Localmente, aparece concentração de quartzo e feldspato definindo difuso bandamento paralelo a foliação. A textura é inequigranular a porfirítica/porfiroblástica, com os maiores cristais atingindo mais de 1 centímetro de comprimento. Apresenta magnetismo nítido que chega a suspender ímã forte de pequeno tamanho. Não mostra efervescência em HCl diluído.</p>																																									
																																									
<b>FRX (%)</b>	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF																														
	68,1	16,3	6,09	0,19	3,04	1,67	1,86	0,47	0,71	<0,07	1,34																														
<b>Composição Modal Estimada (%)</b>																																									
Quartzo (±50%), Cordierita (±25%), Plagioclásio (±20%), Biotita (< 2%), Clorita (± 1%), Minerais Opacos (± 2%), Sericita (< 1%), Carbonato (< 1%), Apatita (< 1%), Zircão (< 1%), Espinélio verde (traço)																																									
<b>Difratometria de raios X</b>																																									
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: 0;">       Qz = Quartzo        An = Andesina        Co = Cordierita        Bi = Biotita     </div>																																									
<b>Caracterização Cerâmica</b>																																									
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="4">Cor de queima</th> </tr> <tr> <th>MRFq/s (MPa)</th> <th>180</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>11</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AA %</td> <td></td> <td>21,5</td> <td>20</td> <td>17,9</td> <td>16,4</td> </tr> <tr> <td>Riq %</td> <td></td> <td>1,6</td> <td>2,4</td> <td>3,4</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Seco(110°C)</td> <td>1190 °C</td> <td>1205 °C</td> <td>1220 °C</td> <td>1235 °C</td> </tr> </tbody> </table>									Cor de queima				MRFq/s (MPa)	180				11	AA %		21,5	20	17,9	16,4	Riq %		1,6	2,4	3,4	4,0			Seco(110°C)	1190 °C	1205 °C	1220 °C	1235 °C
		Cor de queima																																							
MRFq/s (MPa)	180				11																																				
AA %		21,5	20	17,9	16,4																																				
Riq %		1,6	2,4	3,4	4,0																																				
		Seco(110°C)	1190 °C	1205 °C	1220 °C	1235 °C																																			
<p><b>Outras propriedades</b></p> <p>Tempo de moagem (min) = 15</p> <p>Resíduo &gt;63 µm (%) = 2,2</p> <p>Densidade da suspensão (g/cm³) = 1,700</p> <p>Tempo de Escoamento (min) = 18</p> <p>Viscosidade Aparente 20 rpm (cP) = 27</p> <p>Densidade dos corpos de prova a Seco(g/cm³) = 1,60</p> <p>Perda ao Fogo (%) = 3,1</p>																																									
<p><b>Aplicações:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>Bentonita (Argilas superplásticas)</td> <td>8</td><td>Nefelina</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>Argilas plásticas sedimentares</td> <td>9</td><td>Wollastonita/Diopsideo</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>Argilas plásticas alteríticas sedimentares</td> <td>10</td><td>Feldspato</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>Caulins</td> <td>11</td><td>Filonito</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>Argilas comuns quaternárias</td> <td>12</td><td>Granito</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>Diopsideo Alterado</td> <td>13</td><td>Quartzo</td> </tr> <tr> <td>7</td><td>Filito</td> <td>14</td><td>Cordierita</td> </tr> </table>				1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina	2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsideo	3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Feldspato	4	Caulins	11	Filonito	5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito	6	Diopsideo Alterado	13	Quartzo	7	Filito	14	Cordierita										
1	Bentonita (Argilas superplásticas)	8	Nefelina																																						
2	Argilas plásticas sedimentares	9	Wollastonita/Diopsideo																																						
3	Argilas plásticas alteríticas sedimentares	10	Feldspato																																						
4	Caulins	11	Filonito																																						
5	Argilas comuns quaternárias	12	Granito																																						
6	Diopsideo Alterado	13	Quartzo																																						
7	Filito	14	Cordierita																																						



## Cordierita granulito de Nova Venécia-Espirito Santo

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As pesquisas em andamento citadas continuam em andamento, mas já revelam uma diversidade de matérias-primas existentes no Brasil, com algumas localizadas mais próximas e outras mais distantes do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes.
- O estudo se concentrou em buscar depósitos de matérias-primas para a indústria de porcelanato, em especial argilas plásticas e m-p fundentes, que tendem a se tornar mais escassas com o crescimento da produção de porcelanatos; até matérias-primas mais diversificadas, que apesar de estarem um pouco mais distantes do polo, oferecem oportunidades de inovação que devem ser levadas em conta pelas indústrias que procuram novos produtos.

# REFERÊNCIAS

Meneghel, EC, da Conceição, FT, Navarro, GRB., Christofolletti, SR, Motta, JFM. Chemical weathering processes generating the raw material used in porcelain stoneware industry in the São Paulo State, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.118, 103926, 2022.

Christofolletti, S. R., Batezelli, A., & Moreno, M. M. T. (2022). Facies, Geochemistry, and Ceramic Properties of Corumbataí Formation, Upper Permian of Paraná Basin, and its Application in the Ceramic Industry, Brazil. *Clays and Clay Minerals*, 70(5), 712-732.

Christofolletti, SR, Motta, J.M., Meneghel, EC. Prospection and characterization of plastic clays from the São Paulo, Brazil state as raw material for porcelain stoneware tile production. Submetido para a Revista Clay and Clay Mineralogy.



**sergioricardoc@gmail.com**  
**motta.jf@gmail.com**

**AGRADECIMENTOS: À FAPESP PELO APOIO FINANCEIRO.**  
**PROCESSO FAPESP N. 2023/01939-0**

