

**O GRUPO PASSA DOIS (FORMAÇÕES CORUMBATAÍ E ESTRADA NOVA)
NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL: FONTE DE MATÉRIA PRIMA
PARA A INDÚSTRIA CERÂMICA**

*THE PASSA DOIS GROUP (CORUMBATAÍ AND ESTRADA NOVA FORMATIONS) IN THE STATE
OF SÃO PAULO, BRAZIL: SOURCE OF RAW MATERIAL FOR THE CERAMIC INDUSTRY*

Sergio Ricardo CHRISTOFOLLETTI, José Francisco Marciano MOTTA

Instituto Florestal, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. R. do Horto, 931 - Horto Florestal, São Paulo – SP. E-mails: sergioricardoc@gmail.com; motta.jf@gmail.com

Introdução

O Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati) como matéria-prima cerâmica
Geologia do Grupo Passa Dois

Localização da área

Metodologia

Resultados

Características geológicas

Geoquímica (mineralogia e análise química)

Características tecnológicas

Discussões dos resultados

Conclusões

Agradecimentos

Referências

RESUMO - Este trabalho apresenta as características mineralógicas, químicas e tecnológicas das rochas argilosas do Grupo Passa Dois (Formações Corumbataí e Estrada Nova, exclusive a Formação Irati) em três polos produtores de cerâmica no Estado de São Paulo. O objetivo principal do trabalho foi entender o comportamento e variações das características dessas formações como fonte de matéria-prima para a indústria cerâmica. No desenvolver do trabalho, foi realizada a compilação dos resultados do mapeamento geológico das litofácies, da composição mineral por Difração de Raios X, dos elementos maiores por Fluorescência de raios x e das propriedades tecnológicas das matérias-primas para revestimento cerâmico. Os resultados mostraram que as rochas argilosas do Grupo Passa Dois, representadas pelas Formações Corumbataí e Estrada Nova apresentaram variações nas suas propriedades geológicas e tecnológicas ao longo de sua ocorrência no Estado de São Paulo. Estas variações são resultantes de uma interação complexa de processos atuantes durante e após a sua deposição na bacia sedimentar do Paraná, o que direcionou, grosso modo, o seu aproveitamento como matéria-prima cerâmica. As argilas da Formação Corumbataí encontradas no polo cerâmico de Santa Gertrudes constituem matéria-prima única para a composição de massas para a produção de placas cerâmicas e possui com peculiaridade em relação aos outros polos a elevada presença do conteúdo de Na_2O , dada especialmente pelo mineral albita o que tornou o fator diferencial deste para o sucesso na produção de placas semi-porosas (BIIb) pelo processo via seca. As argilas da Formação Corumbataí no polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira e da Formação Estrada Nova no polo de Laranjal Paulista/Cesário Lange mostraram características químicas e físico-cerâmicas um pouco diferentes das do polo de Santa Gertrudes e são utilizadas especialmente na cerâmica estrutural na produção de telhas e blocos, sendo a maioria de suas amostras classificadas como aptas para a produção de placas cerâmicas porosas (BIII); porém algumas de suas fácies apresentaram-se mais fundentes (ricas em K_2O), o que possibilita sua utilização na composição parcial das massas de placas cerâmicas. De forma geral, deve-se salientar a importância do Grupo Passa Dois como fonte de matéria-prima cerâmica, e que as diferentes características geológicas, químicas e tecnológicas encontradas nestas diferentes rochas permitem utilizá-las não somente para a produção de cerâmica estrutural e de placas cerâmicas semi-porosas e porosas, mas também na formulação de massas na produção de porcelanatos e grés e na diversificação de novos produtos.

Palavras - chave: Polo Cerâmico de Santa Gertrudes. Cerâmica. Mineralogia. Litofácies.

ABSTRACT - This work presents the mineralogical, chemical and technological characteristics of the clayey rocks of the Passa Dois Group (Corumbataí and Estrada Nova Formations, excluding Irati Formation) in three ceramic producing poles in the State of São Paulo. The main objective of the work was to understand the behavior and variations in the characteristics of these formations as a source of raw material for the ceramic industry. In the development of the work, a compilation of the results of the geological mapping of the lithofacies, of the mineral composition by X-ray Diffraction, of the major chemical oxides by X-ray Fluorescence and of the technological properties of the raw materials for ceramic tiles of previous research was carried out. The results showed that the clay rocks of the Passa Dois Group, represented by the Corumbataí and Estrada Nova formations, presented variations in their geological and technological properties throughout their occurrence in the State of São Paulo. These changes are the result of a complex interaction of processes acting during and after its deposition in the Paraná sedimentary basin, which directed, roughly speaking, its use as ceramic raw material. The clays of the Corumbataí Formation in the ceramic pole of Santa Gertrudes constitute a unique raw material for the composition of ceramic bodies for the production of ceramic tiles and have, with a peculiarity in relation to the other poles, the high presence of the content of Na_2O , given especially by the mineral albita which made it a differential factor for the success in the production of semi-porous tiles (BIIb) by the dry process. The clays from the Corumbataí Formation at the Tambaú / Porto Ferreira pole and the Estrada Nova Formation at the Laranjal Paulista / Cesário Lange pole showed slightly different chemical and physical-ceramic characteristics from the Santa Gertrudes pole and are used especially in structural ceramics, for production of roof tiles and bricks and the majority of their samples would be classified as suitable for the production of porous ceramic plates (BIII), however some of their facies acts as a flux (rich in K_2O), which are used for the partial composition of ceramic tile masses. In general, it should be noted the importance of the Passa Dois Group as a source of ceramic raw material, and that the different geological, chemical and technological characteristics found in these different rocks allow it to be used not only for the production of structural ceramics, semi-porous and porous ceramic tiles, but also in the formulation of masses in the production of glazed porcelain stone tiles and in the diversification of new products.

Keywords: Santa Gertrudes Ceramic Pole. Ceramic. Mineralogy. Lithofacies.

INTRODUÇÃO

O segmento da indústria cerâmica tradicional, em especial o setor de revestimentos cerâmicos tem crescido muito no Brasil nos últimos anos; sendo impulsionado pela disponibilidade e qualidade da matéria-prima e pela posição geográfica privilegiada. No Estado de São Paulo, as principais fontes de matéria-prima para a produção cerâmica de revestimento são encontradas nas rochas argilosas da Formação Corumbataí pertencente ao Grupo Passa Dois (Permiano da Bacia do Paraná). O principal polo produtor de revestimento cerâmico que utiliza estas rochas como matéria-prima é o polo cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG). No ano de 2020, com capacidade instalada de 812,29 milhões de m², foi responsável pela produção de 538,32 milhões/m², sendo 87% pelo processo via seca e 13% pela via úmida, respondendo por 92% de toda a produção de revestimento do estado de São Paulo (Aspacer, 2020). Dentre os principais produtos cerâmicos obtidos com as matérias-primas do Grupo Passa Dois, destacam-se: revestimentos cerâmicos (PCSG) e cerâmica estrutural (Tambaú/Porto Ferreira e Laranjal Paulista/Cesário Lange).

O presente artigo tem como objetivo apresentar as características geológicas, químicas, mineralógicas e tecnológicas das rochas argilosas do Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí e Estrada Nova), aflorante no estado de São Paulo, como fonte de matéria-prima para uso na indústria cerâmica.

O Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati) como matéria-prima cerâmica

Dentre as unidades do Grupo Passa Dois, as rochas das formações Corumbataí e Estrada Nova (Membro Serra Alta e Teresina), representam as principais fornecedoras de matérias-primas para a produção de revestimentos cerâmicos e apresentam uma ampla exposição no Estado de São Paulo e característica essencialmente argilosa.

A utilização destas rochas como matéria-prima cerâmica, teve início no século XX com a fabricação de produtos estruturais, em especial telhas francesas e tijolos. No início desta atividade, utilizavam-se as camadas superiores destas rochas por apresentarem mais alteradas e plásticas, o que facilitava o processo de extrusão. Posteriormente, com os avanços tecnológicos dos equipamentos e dos processos de produção, todo o conjunto dos estratos da Formação Corumbataí e

alguns da Formação Estrada Nova começaram a serem utilizados como matéria-prima cerâmica, o que possibilitou a melhora da qualidade e a diversificação dos produtos fabricados. A utilização destas unidades como fornecedora de matéria-prima no Estado de São Paulo, está concentrada principalmente em três polos cerâmicos: Porto Ferreira/Tambaú, Santa Gertrudes e o de Laranjal Paulista/Cesário Lange.

A figura 1 ilustra os produtos cerâmicos fabricados ao longo de décadas e sua tendência de crescimento ou regressão, tendo como referência o polo cerâmico de Santa Gertrudes.

O polo cerâmico de Porto Ferreira/Tambaú começou suas atividades industriais no ano de 1917, com a instalação da primeira indústria cerâmica na produção de telha do tipo francesa. O polo cerâmico de Santa Gertrudes iniciou suas atividades no ano de 1918 com a fabricação de telhas francesas; posteriormente em 1960 na fabricação de placas extrudadas conhecidas como lajotas e atualmente sua produção está voltada especialmente na produção de revestimentos cerâmicos. O polo cerâmico de Laranjal Paulista/Cesário Lange iniciou suas atividades na década de 60, com a produção de telhas francesas. De acordo com a classificação cerâmica com base na sua aplicação, os produtos obtidos com as matérias-primas do Grupo Passa Dois, enquadram-se na cerâmica tradicional, sendo classificados de cerâmica de revestimentos e cerâmica estrutural (Figura 2).

No polo cerâmico de Santa Gertrudes, as rochas da Formação Corumbataí são utilizadas na sua maioria como matéria-prima única na produção de revestimentos semi-poroso e em menor escala porcelanato pelo processo via seca. Também compõem massas para a produção de grés e porcelanatos pelo processo via úmida e na cerâmica estrutural na produção de telhas e tijolos. Na região do polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira, estas argilas são utilizadas principalmente na produção de cerâmica estrutural na confecção de telhas e blocos. Também são utilizadas na produção de revestimentos porosos e na composição de massas na produção de revestimentos semi-poroso pelo processo via úmida, entre estes o grés e o porcelanato.

Já as rochas da Formação Estrada Nova, representada pelos membros Serra Alta e Teresina

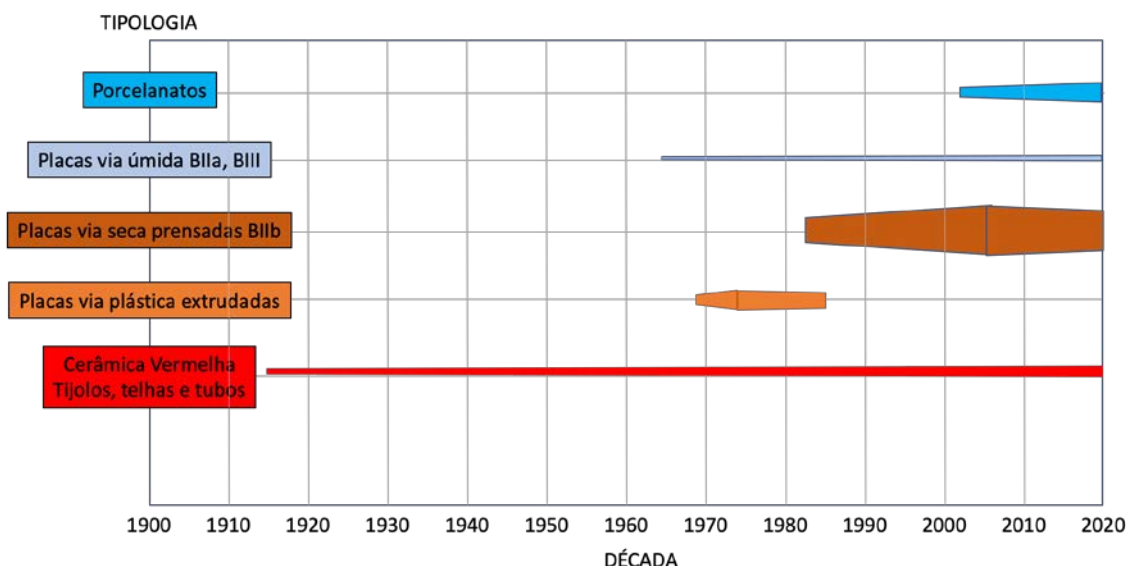


Figura 1 - Histórico da produção cerâmica, com base no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes.

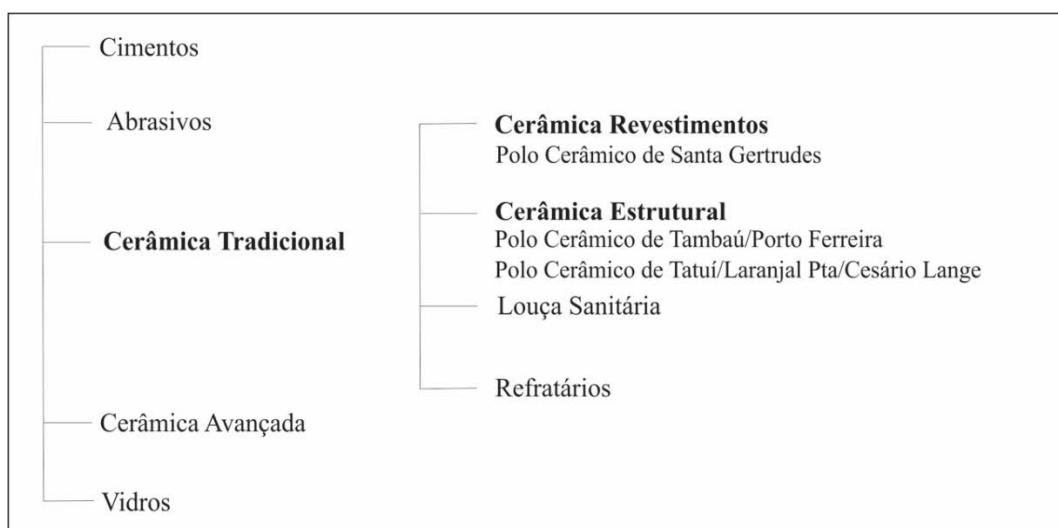


Figura 2 - Classificação da indústria cerâmica com base na sua aplicação, situando-se os polos estudados.

localizadas no polo cerâmico Laranjal Paulista/Cesário Lange ainda são pouco utilizadas como matéria-prima para a indústria de revestimentos. Atualmente compõe massa com as rochas da Formação Tatuí na produção de cerâmica estrutural (blocos, telhas e tijolos).

Diversas pesquisas do grupo “Qualidade em Cerâmica” do Instituto de Geociências, Unesp-Rio Claro foram realizadas com as rochas da Formação Corumbataí como fonte de matéria-prima cerâmica, destacando-se os trabalhos realizados por (Christofolletti, 2003; Zanardo, 2003; Costa, 2006; Roveri, 2010; Moreno, 2012).

No polo de Tambaú/Porto Ferreira, destacam-se os trabalhos de (Souza et al., 2010 e Christofolletti et al., 2015).

Já no polo cerâmico de Laranjal Paulista/Cesário Lange, o artigo de (Christofolletti & Rocha, 2018) traz resultados inéditos da caracterização tecnológica da Formação Estrada

Nova como matéria-prima cerâmica. Tanno et al. (1994) estudaram do ponto de vista geológico e tecnológico os principais polos produtores de cerâmica vermelha no estado de São Paulo.

Geologia do Grupo Passa Dois

O Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí e Estrada Nova) ocorrem em uma faixa de direção nordeste/sudoeste no estado de São Paulo prolongando-se para os Estados da região Sul do Brasil.

O grupo é de idade permiana e está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, a qual representa uma das maiores bacias sedimentares do mundo com uma extensão de 1,6 milhão de km², sendo sua maior parte localizada em território brasileiro (aproximadamente 1,0 milhão de km²), distribuída nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás (Milani, 1997) (Figura 3).

Na área do presente estudo, de forma mais regional na Bacia, ocorrem as seguintes unidades litoestratigráficas: Supergrupo Tubarão (rochas do Subgrupo Itararé e da Formação Tatuí), do Grupo Passa Dois (Formação Irati, Corumbataí e

Estrada Nova), do Grupo São Bento (Formação Pirambóia e Formação Botucatu), rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral, e culminando com coberturas cenozoicas e sedimentos quaternários (Figura 3).

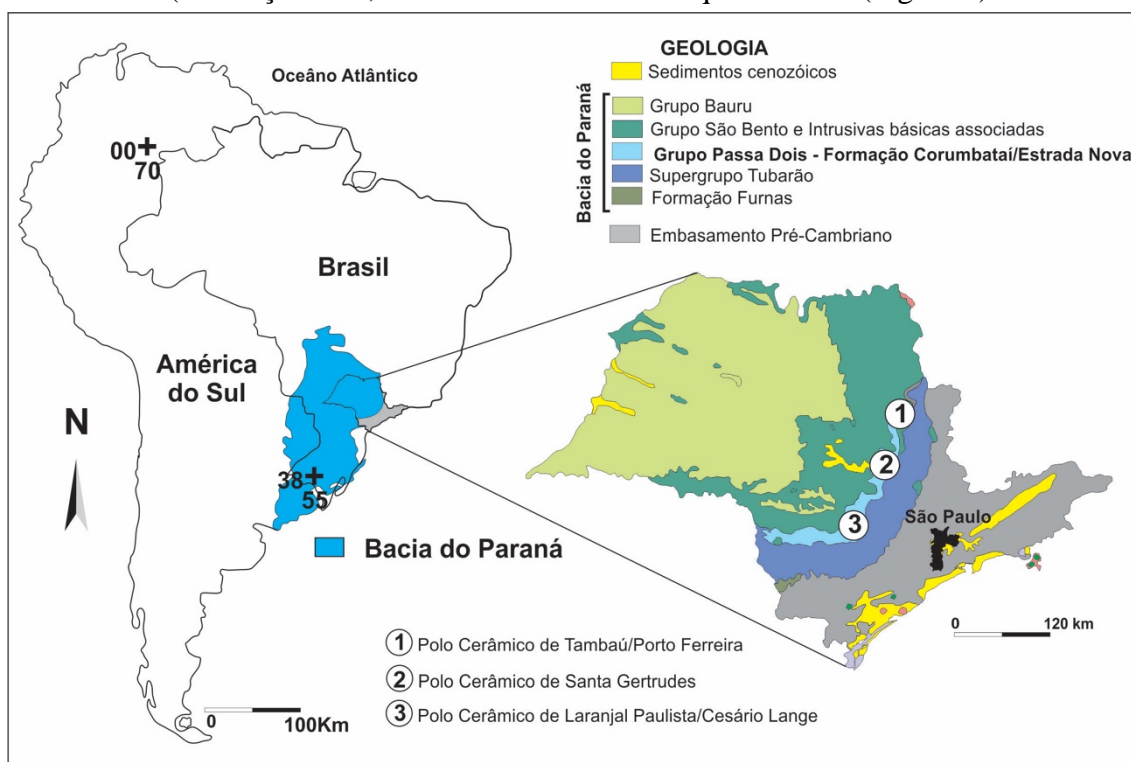


Figura 3 - Bacia do Paraná e mapa geológico simplificado do estado de São Paulo com a localização dos polos cerâmicos estudados. Modificado de IPT (1981).

Diversos estudos foram realizados no Grupo Passa Dois ao longo dos anos, porém ainda não existe uma delimitação estratigráfica clara para a sua porção superior no estado de São Paulo.

A denominação Formação Estrada Nova, inicialmente foi aplicada por White (1908), aos sedimentos aflorantes na “nova estrada” entre os municípios de Lauro Muller e São Joaquim em Santa Catarina.

Posteriormente, diversos autores estudaram esta formação, destacando-se Mendes (1952), Barbosa & Gomes (1958); Soares & Landim (1973). Mendes (1961, 1963, 1967) e Landim (1970) trataram quase de forma pioneira o Grupo Passa Dois.

Posteriormente, outros trabalhos importantes, como Gama Jr. (1979), Schneider et al. (1974), Petri & Coimbra (1982), Sousa (1985), Simões & Fittipaldi (1992), Meglhioratti (2006) e Warren et al. (2015) estudaram essa unidade no Estado de São Paulo com especial destaque para os aspectos geológicos, estratigráficos e paleontológicos.

A Formação Corumbataí foi descrita inicialmente no ano de 1916 pelo Relatório da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo como xistos argilosos e betuminosos com fósseis.

Landim (1970) denominou como Formação Corumbataí as rochas sedimentares essencialmente argilosas de coloração arroxeada ou avermelhada com intercalações de lentes de arenito muito fino aflorantes no Vale do Rio Corumbataí.

Diversas controvérsias foram geradas com relação à nomenclatura e as relações estratigráficas desta unidade.

Schneider et al. (1974) subdividiram o Grupo Passa Dois nas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (membros Serrinha e Morro Pelado) na porção central e sul da bacia do Paraná e nas formações Irati e Corumbataí nos estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso.

A designação “Formação Estrada Nova” de acordo com os mapeamentos realizados por IPT (1981) e CPRM (2006) ocorre até as proximidades do município de Rio das Pedras (SP), na porção nordeste da bacia; a partir daí a formação torna-se indivisa, sendo então aplicado a sequência litológica o termo Formação Corumbataí.

O membro Serra Alta faz parte da seção do Permiano Superior da Bacia do Paraná (Sanford & Lange 1960; Brito 1982; Schneider et al. 1974), ocorrendo imediatamente sobreposta à

Formação Irati é composta por uma sequência de folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal. Quando intemperizados mostram cores cinza-claros a cinza-esverdeados e amarelados. Normalmente são maciços ou possuem laminação plano paralela incipiente.

O Membro Teresina representa a porção superior da Formação Estrada Nova sendo correlata aos argilitos da Formação Corumbataí. Sua ocorrência é restrita a partir do sudoeste do Estado de São Paulo aparecendo próximo ao município de Rio das Pedras.

É constituído por argilitos, folhelhos e siltitos

cinza-escuros e esverdeados, ritmicamente intercalados com arenitos muitos finos, cinza-claros.

De acordo com Meghioratti (2006) pela ausência de estudos estratigráficos, genéticos e paleontológicos mais aprofundados, as designações Estrada Nova, Serra Alta, Teresina e Corumbataí estão sujeitas a muitas controvérsias em relação à nomenclatura, faltando critérios estratigráficos claros e ausência de estudos de fácies sedimentares consistente para a delimitação dessa unidade no Estado de São Paulo.

Cronologicamente o Grupo Passa Dois passou por inúmeras divisões estratigráficas desde o início do Século XX (Figura 4).

Permiano		Triássico	
Idade	Divisão	Idade	Divisão
Moraes Rego (1930)	Série Passa Dois	Série Passa Dois	Grupo Estrada Nova
São Paulo			Grupo Teresina
Almeida & Barbosa (1953)	Permiano inferior	Permiano médio	
Piracicaba/Rio Claro	Formação Irati	Formação Estrada Nova	
Barbosa & Gomes (1958)	Permiano inferior	Formações ou Fácies	Estrada Nova
Bacia do rio Corumbataí	Série Passa Dois		
	Irati		
	Assistência	Membros ou Litofácies	Serra Alta
Mendes (1967) SP	Taquaral		Teresina
Landin (1970) SP			
Fúlforo (1970)	Formação Irati		Formação Estrada Nova
Angatuba/SP			
Vieira (1973)	Permiano		
Centro Sul/SP	Grupo Passa Dois		Formação Serra Alta
	Formação Irati		Formação Teresina
Schneider <i>et al.</i> (1974)	Permiano Superior		
São Paulo	Grupo Passa Dois		
	Membro Taquaral		Formação Teresina
Mezzalira (1980)	Permiano		
Piracicaba/Laranjal Paulista/SP	Formação Irati		Formação Estrada Nova = Corumbataí
	Membro Taquaral Membro Assistência		
Sousa (1985)	Permiano		
Centro Sul/SP	Formação Corumbataí		Formação Estrada Nova
	Formação Irati		Membro Serra Alta
	Membro Taquaral Membro Assistência		Membro Teresina
Warren <i>et al.</i> (2015)	Permiano		
Centro Leste/SP	Formação Irati		Formação Corumbataí/Teresina
	Membro Taquaral		
	Formação Serra Alta		

Figura 4- Divisão estratigráfica do Grupo Passa Dois no estado de São Paulo. Modificado de Sousa (1985)

Inicialmente, os pelitos localizados na porção superior da Formação Irati foram descritos por White (1908) de “Schistos Estrada Nova”. Moraes Rego (1930) conferiu a denominação Estrada Nova ao *status* de grupo e utilizou o termo Teresina referindo a lentes de calcário do

Grupo Passa Dois.

Almeida & Barbosa (1953) definiram “Série Passa Dois” composta pelas formações Irati e Estrada Nova nas quadrículas dos municípios de Piracicaba e Rio Claro.

Barbosa & Gomes (1958) não empregaram o

termo Corumbataí, alegando não haver diferença faciológica na Formação Estrada Nova que justificaria a utilização desta nomenclatura no estado de São Paulo, definindo formações ou fácies Irati, sendo os Membros Irati e Serra Alta (inferior) e Estrada Nova (superior). Mendes (1967), Landim (1970) e Fúlfaro, (1970), subdividiram o Grupo Passa Dois no estado de São Paulo em Formação Irati (base) e Formação Estrada Nova/Corumbataí (topo). Vieira (1973) subdividiu o Grupo Passa Dois nas formações Irati, Serra Alta e Teresina.

Um dos trabalhos clássicos foi elaborado por Schneider et al. (1974) que definem o Grupo Passa Dois de rochas compostas pela Formação Irati (Membros Taquaral e Assistência) e Formação Corumbataí. Sousa (1985) descreve que a Formação Estrada Nova é constituída dos membros Serra Alta (inferior) e Teresina (superior) nas porções sudoeste e centro-sul do estado de São Paulo considerando a Formação Corumbataí indivisa no flanco nordeste do Estado de São Paulo.

Diversos estudos em outros locais descrevem o termo Serra Alta como fácies basais da Formação Corumbataí. Alguns trabalhos, em especial Warren et al. (2015), definem claramente a existência desta formação na porção centro-leste do estado de São Paulo nos municípios de Rio Claro, Limeira e Ipeúna propondo que os pelitos de coloração cinza, encontrados na porção inferior da Formação Corumbataí, sejam referidos como Formação Serra Alta e que os pelitos superiores encontrados na Formação Corumbataí sejam considerados correlatos lateralmente com os da Formação Teresina encontrados a norte do Domo de Gibóia.

Montibeller (2019) estudou a geoquímica e proveniência das rochas da Formação Corumbataí e descreveu que estas são litologicamente

semelhantes, porém quimicamente distintas ao longo de sua ocorrência, sugerindo um aumento da maturidade textural de sul para norte.

Na região do município de Cesário Lange, a proveniência da Formação Serra Alta estaria mais próxima de sua área fonte e teria sido derivada de rochas supracrustais; e pelas suas características mineralógicas, químicas e petrográficas distintas da Formação Corumbataí não deve ser correlacionável com a base desta.

A autora interpreta que a Formação Corumbataí representaria o início da flexura que levou à separação dos continentes Sul-Americano e Africano, e que corresponderia a uma sucessão de ambientes com distintas áreas fontes ao redor da bacia, sugerindo, portanto, que a “Bacia Corumbataí” seja considerada distinta da sucessão entre as formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro, consideradas atualmente diretamente correlacionáveis.

Neste contexto das definições lito-estratigráficas, Gama Jr. (1979), analisando o registro sedimentar do período Permiano pós-Irati em toda amplitude da Bacia do Paraná, com base em estudos de afloramentos e suas relações faciológica, geometria dessas fácies e curvas de isólitais de areia da unidade, propõe para Grupo Passa Dois (exclusivo a Formação Irati) um amplo sistema deltaico denominado Serra do Espigão, sendo que no âmbito do interesse do presente estudo, ou seja, na borda aflorante no Estado de São Paulo, reúne uma ampla planície de maré (sedimentos arroxeados da Formação Corumbataí), sedimentos prodeltáicos (lamitos cinza da Formação Teresina) e plataforma epinerítica (sedimentos cinza escuros Serra Alta). Essas unidades litoestratigráficas encontram-se relacionadas pelos diversos autores na figura 4.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está inserida na faixa de ocorrência das rochas do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo abrangendo diversos municípios pertencentes a três polos produtores de

cerâmica (polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira, polo cerâmico de Santa Gertrudes e polo cerâmico de Laranjal Paulista/Cesário Lange, Figura 5).

METODOLOGIA

Revisão bibliográfica: Este trabalho representa a compilação de resultados obtidos de três pesquisas desenvolvidas. A primeira representa dados da tese de doutorado (Christofoletti, 2003) e a outras duas referem-se a projetos de auxílio à pesquisa financiado pela FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do

Estado de São Paulo (Processos 2012/24219-9 e 2016/03055-9).

Trabalho de Campo: Levantamento de diversas seções geológicas verticais preferencialmente em minerações e afloramentos ao longo de toda a sua ocorrência. Nestes levantamentos, foram realizadas descrições litofaciológica com o intuito de

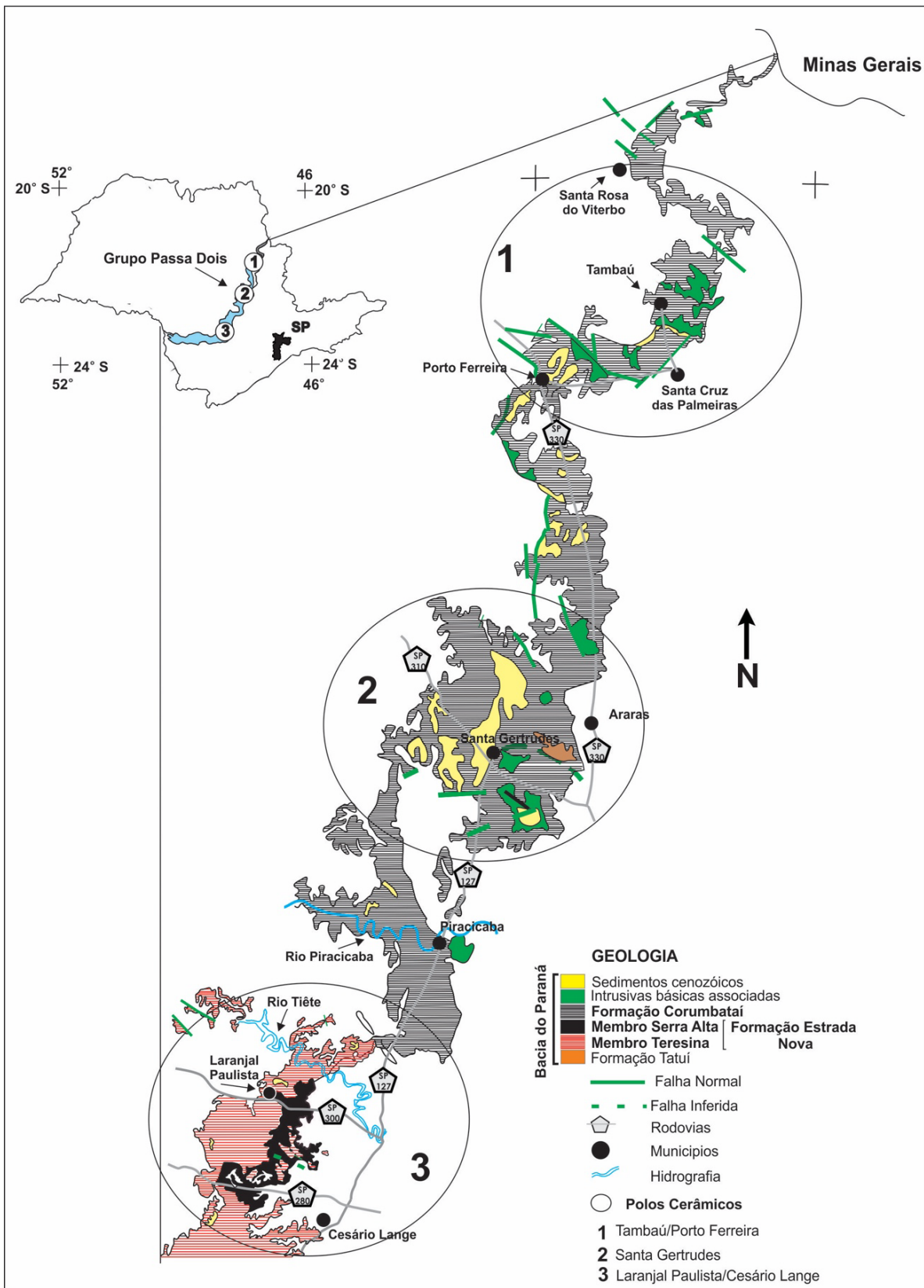


Figura 5 - Faixa de ocorrência do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo incluindo os polos cerâmicos estudados e unidades geológicas. Modificado de Sousa (1985).

identificar as principais litofácies cerâmicas.

A identificação das litofácies baseou-se no método elaborado por Miall (1985) e modificada por Campanha (1994) onde os principais parâmetros avaliados em campo são: cor, litologia,

estruturas sedimentares, granulação e conteúdo paleontológico. Após descrição, amostras foram coletadas e encaminhadas para a caracterização química, mineralógica e cerâmica.

Para a caracterização química, utilizou-se a

análise por ICP/OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) ou FRX (Fluorescência de raios X), onde foram quantificados os óxidos presentes.

Para a identificação da mineralogia, o método utilizado foi a Difractometria de raios X. As amostras foram analisadas na sua constituição total e na fração argila (<2µm). A mineralogia foi realizada no Laboratório de Difração de raios X do Departamento de Petrologia da Unesp, Campus Rio Claro e as análises químicas na empresa SGS GEOSOL Laboratórios Ltda.

A caracterização cerâmica foi realizada no Laboratório de Cerâmica do Departamento de Petrologia da Unesp, Campus Rio Claro e em algumas empresas cerâmicas pertencentes ao

polo Cerâmico de Santa Gertrudes.

Teve como objetivo avaliar as propriedades tecnológicas das matérias-primas. As amostras foram inicialmente moídas em moinho de martelo (marca Servitech), munidos de peneira de 1,0 mm e peneiradas na malha ASTM n° 35 com abertura 0,5mm. Posteriormente as amostras foram umidificadas a 9% e conformadas com a utilização de prensa hidráulica da marca Servitech (CT320), sob pressão de 400 Kg/cm², onde foram confeccionados corpos de prova de dimensão 3x10cm, sendo posteriormente queimados com variação de queima entre 950°C a 1120°C em fornos de laboratório com ciclo total de 30 minutos. Realizou-se os testes de absorção de água, resistência mecânica a flexão, densidade aparente, retração de queima e secagem, análise granulométrica a laser, etc. (ABNT, 1997).

RESULTADOS

A figura 6 sintetiza os resultados da caracterização geológica, química, mineralógica

e tecnológica do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo.

		Geologia - Litofácies	Minerais/Argilominerais	Óxidos Maiores %	Caracterização Tecnológica
Formação Corumbataí	Membro Teresina				
	Polo Cerâmico de Santa Gertrudes	Maciça - M Laminada - SL Heterolítica - H Lenticular - L Intercalada arenosa -IA Intercalada siltosa -IS Arenosa - Ar Alterada - A	Quartzo XXXX Feldspato (albita) XXX Feldspato (microcline) XXX Calcita XXX Dolomita XXX Hematita XXX Illita XXXX Caulinita XXXX Montmorillonita XX Clorita XX	SiO ₂ = 67,50 Al ₂ O ₃ = 14,00 K ₂ O = 3,73 Fe ₂ O ₃ = 4,23 MgO = 2,17 CaO = 1,20 Na ₂ O = 0,27 LOI = 5,45	Predomínio do Grupo BIII (AA entre 10-20% e MRF entre 150 a 200Kg/cm ²)
Formação Estrada Nova	Membro Serra Alta				
	Polo Cerâmico de Laranjal Paulista/ Cesário Lange	Maciça - M Laminada - SL Heterolítica - H Lenticular -L Intercalada Arenosa -IA Intercalada Siltosa -IS Arenosa - Ar Alterada - A	Quartzo XXXX Feldspato (albita) XXX Feldspato (microcline) XXX Calcita XX Dolomita XX Hematita XX Illita XXXX Caulinita XXXX Montmorillonita XX Clorita XX	SiO ₂ = 67,50 Al ₂ O ₃ = 13,73 K ₂ O = 2,84 Fe ₂ O ₃ = 4,73 MgO = 2,60 CaO = 1,72 Na ₂ O = 3,24 LOI = 3,73	Predomínio do Grupo BIII (AA entre 6-10% e MRF entre 180 a 300Kg/cm ²)
Formação Estrada Nova	Membro Teresina				
	Polo Cerâmico de Laranjal Paulista/ Cesário Lange	Intercalada Arenosa -IA Intercalada Siltosa -IS Arenosa - Ar Alterada - A	Quartzo XXXX Feldspato (albita) XXX Feldspato (microcline) XXX Calcita XXX Dolomita XXX Hematita XX Illita XXXX Caulinita XXXX Vermiculita XXXX Montmorillonita XX Clorita XX	SiO ₂ = 59,80 Al ₂ O ₃ = 11,45 K ₂ O = 2,64 Fe ₂ O ₃ = 3,42 MgO = 2,03 CaO = 9,22 Na ₂ O = 0,91 LOI = 9,85	Predomínio do Grupo BIII (AA entre 10-20% e MRF entre 150 a 200Kg/cm ²)
Formação Estrada Nova	Membro Serra Alta				
	Polo Cerâmico de Laranjal Paulista/ Cesário Lange	Folhelho Siltico Laminado- FSL Maciça - M Laminada - SL	Quartzo XXXX Feldspato (albita) XXX Feldspato (microcline) XXX Calcita XXX Dolomita XXX Hematita XX Illita XXXX Caulinita XXXX Vermiculita XXXX Montmorillonita XX Clorita XX	SiO ₂ = 68,43 Al ₂ O ₃ = 13,29 K ₂ O = 2,85 Fe ₂ O ₃ = 4,85 MgO = 2,23 CaO = 1,00 Na ₂ O = 1,06 LOI = 5,50	Predomínio do Grupo BIII (AA entre 10-20% e MRF entre 150 a 200Kg/cm ²)

Figura 6 - Quadro simplificado da caracterização geológica, química, mineralógica e tecnológica do Grupo Passa Dois. Obs. XX=baixa presença, XXX=moderada presença e XXXX=alta presença. Os valores dos óxidos maiores e dos resultados cerâmicos representam valores médios.

Características Geológicas

De acordo com os levantamentos geológicos em afloramentos e minerações existentes nos estratos do Grupo Passa Dois ao longo de toda sua extensão, observou-se que as unidades

geológicas apresentaram similaridade lateral e vertical de suas litofácies ao longo de sua distribuição no Estado de São Paulo. Christofolletti (2003) e Christofolletti et al. (2015 e 2020), descrevem que as litofácies do Grupo Passa Dois

compreendem um conjunto de duas associações de fácies: Associação Shoreface inferior composta pela litofácies (folhelho siltico laminado, siltito laminado e maciça) e a Associação Shoreface Superior, pelas litofácies (heterolítica, lenticular, intercalada arenosa, intercalada argilosa e arenosa). Na região do polo cerâmico de Santa

Gertrudes observou-se uma espessura maior das litofácies em relação às dos polos cerâmicos de Tambaú/Porto Ferreira e Laranjal Paulista/Cesário Lange.

A tabela 1 apresenta a descrição simplificada das litofácies das unidades do Grupo Passa Dois e a figura 7 ilustra algumas destas litofácies.

Tabela 1 - Descrição simplificada das litofácies do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo.

Litofácies/Unidade Geológica	Litologia	Granulometria	Cor	Estrutura
Maciça (M) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Siltito	Argilosa	Vermelho claro/escuro, cinza, verde e amarelo	Maciça
Siltito laminado (SL) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Argilito com lamina de areia muito fina	Argilosa	Roxa, cinza, vermelho, verde roxa	Laminação plano paralela
Intercalada Siltosa (IS) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Siltito	Argilosa	Vermelho, verde e cinza	Ritmito, cruzada lenticular <i>bedding</i> , <i>wave bedding</i> e <i>Mhcs</i>
Intercalada Arenosa (IA) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Arenito e siltito	Arenosa e argilosa	Vermelho, cinza, roxa e branca	Ritmito, cruzada lenticular <i>bedding</i> , <i>wave bedding</i> e <i>Mhcs</i>
Lenticular (L) Formação Corumbataí	Siltito	Argilosa	Marrom e vermelha	Estratificação cruzada lenticular
Heterolítica (H) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Arenito/Siltito	Arenosa/Argilosa		Plano-paralela e marcas de ondas
Folhelho Siltico Laminado (FSL) Formação Estrada Nova	Folhelho	Argilosa	Cinza escuro	Laminada
Arenosa (Ar) Formação Corumbataí e Estrada Nova	Arenito	Arenosa	Branca/bege	Cruzada/ <i>Mhcs</i>
Alterada (A) Formação Corumbataí e Estrada Nova	siltito	Argilosa	Vermelha, branca, amarelo e roxa	Sem estruturas

Obs. *Mhcs*= Estrutura sedimentar de *micro-hummocky*.

Geoquímica (mineralogia e análise química)

Em relação à composição mineral presente nas rochas da Formação Corumbataí e Estrada Nova, observou-se uma pequena variação ao longo de sua ocorrência e, geralmente, a fração de argilominerais é maior do que a de minerais não argilosos.

A Formação Corumbataí apresenta como minerais não argilosos, em ordem decrescente de ocorrência: quartzo, albita/microclínio, calcita, hematita, dolomita e como argilominerais: illita, caulinita, montmorillonita, clorita e interestratificados (Tabela 2). Na Formação Estrada Nova, o Membro Serra Alta apresenta a mesma mineralogia da Formação Corumbataí, porém no Membro Teresina o argilomineral predominante é a vermiculita. Os minerais carbonáticos calcita e dolomita ocorrem em maiores frequências nas litofácies do Membro Teresina (Figura 8).

Entre os valores médios dos óxidos maiores, o SiO₂ é o predominante, seguido do Al₂O₃, Fe₂O₃,

Na₂O, K₂O, CaO e MgO (Tabela 3). Observou-se uma variação na porcentagem de alguns óxidos ao longo de sua ocorrência no Grupo Passa Dois. Por ex. o Na₂O apresentou maiores concentrações nas rochas da Formação Corumbataí região do polo cerâmico de Santa Gertrudes e baixas concentrações nos demais polos.

Já o K₂O apresentou suas maiores concentrações no polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira. Em relação ao CaCO₃ este ocorreu com maior frequência nas rochas do Membro Teresina (Formação Estrada Nova). Vale ressaltar que em algumas litofácies, determinados elementos podem ocorrer com presença elevada.

Características tecnológicas

De acordo com os resultados tecnológicos, a maioria das amostras do Grupo Passa Dois, foram classificadas conforme Grupo de absorção de água de “BIIB e BIII” denominados semiporoso e poroso (Tabelas 4 e 5).

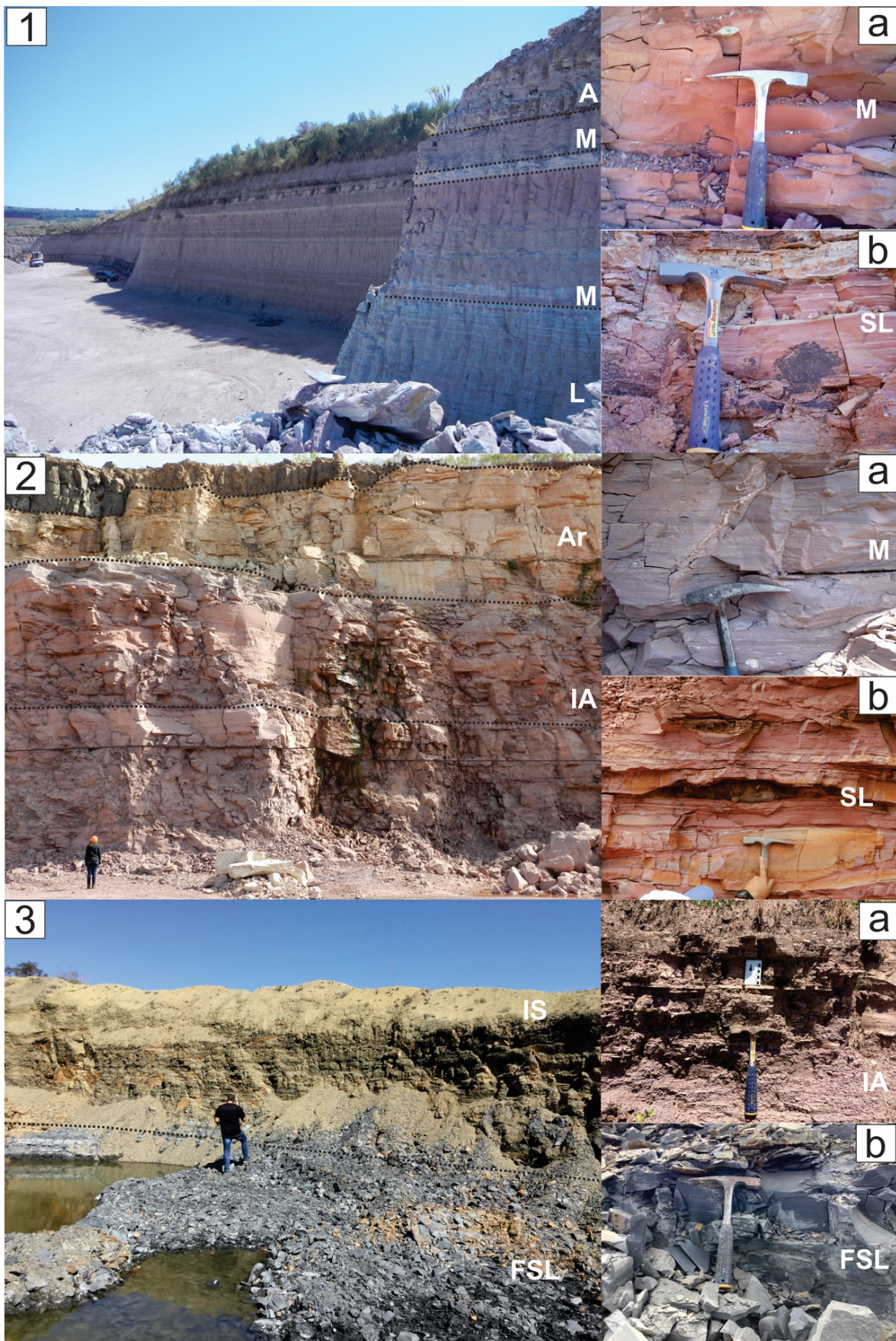


Figura 7 - Litofácies cerâmicas no Grupo Passa Dois. [1] Vista geral de uma mineração do polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira, a) litofácies Siltito Maciço (M), b) litofácies Siltito Laminado (SL), [2] Vista geral de uma mineração do polo cerâmico de Santa Gertrudes, a) litofácies Siltito Maciço (M), litofácies Siltito Laminado (SL), [3] Vista geral de uma mineração do polo cerâmico de Laranjal Paulista/Cesário Lange, a) litofácies Intercalada Arenosa (IA) e b) litofácies Folhelho Siltítico Laminado (FSL).

Tabela 2 - Mineralogia presente nas rochas da Formação Corumbataí e Estrada Nova.

Classificação			
Grupo	Minerais	Pico principal (Å)	Pico secundário (Å)
Óxidos	hematita	2.70	1.69
Carbonatos	calcita	3.03	2.28
	dolomita	2.88	2.19
Fosfatos	apatita	2.82	3.41
Silicatos (tectossilicatos)	quartzo	3.34	4.25
	plagioclásio-albita	3.19	3.78
	feldspato(k)-microclínio	3.19	3.24
	analcima	3.43	5.59
Argilominerais			
Filossilicatos simples (amostras orientadas)		d 001Å	d 002Å/d 003Å
	caulinita	7,5	3.58 e 4.36
	illita	10	4.98 e 3.32
	montmorillonita	14 ou 15,8	5.1 e 3.5
	clorita	14	7.0 e 4.7
	muscovita	10.0	3.33 e 2.57
	vermiculita	14.4	7.18 e 4.79
Filossilicatos (estratificados regulares)	illita-esmectita	10	14
	clorita-esmectita	14	14
	Illita-clorita	10	14

Tabela 3 - Valores médios dos óxidos maiores em % nas rochas do Grupo Passa Dois. SG=Santa Gertrudes, T/PF=Tambaú/Porto Ferreira e LP/CL=Laranjal Paulista/Cesário Lange.

Amostras	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
Formação Corumbataí											
Polo T/PF	14,00	1,20	0,60	64,60	4,23	3,73	2,17	0,55	0,27	0,09	5,45
Polo SG	13,73	1,72	0,60	67,50	4,73	2,84	2,60	0,09	3,24	0,14	3,73
Formação Estrada Nova											
Polo LP/CL Serra Alta	13,29	1,00	0,56	68,40	4,85	2,85	2,23	0,05	1,06	0,17	5,50
Polo LP/CL Teresina	11,45	9,22	0,48	59,78	3,42	2,64	2,03	0,11	0,91	0,16	9,85

Tabela 4 - Codificação dos grupos de absorção de água (Gabs) em função dos métodos de fabricação (ABNT, 1997). B= representa processo de Prensagem.

Grupo-B (Prensado)	Absorção	Tipos	Aplicações
B Ia	<0,5%	Porcelanato	Paredes, pisos externos e internos e fachada
B Ib	0,5 a 3%	Grés	Paredes, pisos externos e internos e fachada
B IIa	3 a 6%	Semi grés	Pisos externos e internos e fachada
B IIb	6 a 10%	Semi poroso	Paredes e pisos internos
B III	10 a 20%	Poroso	Paredes internas

As amostras das litofácies da Formação Corumbataí, pertencentes ao polo cerâmico de Santa Gertrudes, de acordo com a caracterização cerâmica realizada, em amostras isoladas e nas condições de queima realizadas, possibilitou enquadrá-las, em sua maioria, dentro do Grupo de absorção de água BIIb denominado “semi-

poroso”, material de principal aplicação em revestimentos paredes e chão internos e externos.

No polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira, sob as mesmas condições de ensaios, a maioria das amostras enquadraram-se dentro do Grupo BIII denominado “poroso”, cujas placas são aplicadas, mais usualmente, em paredes internas.

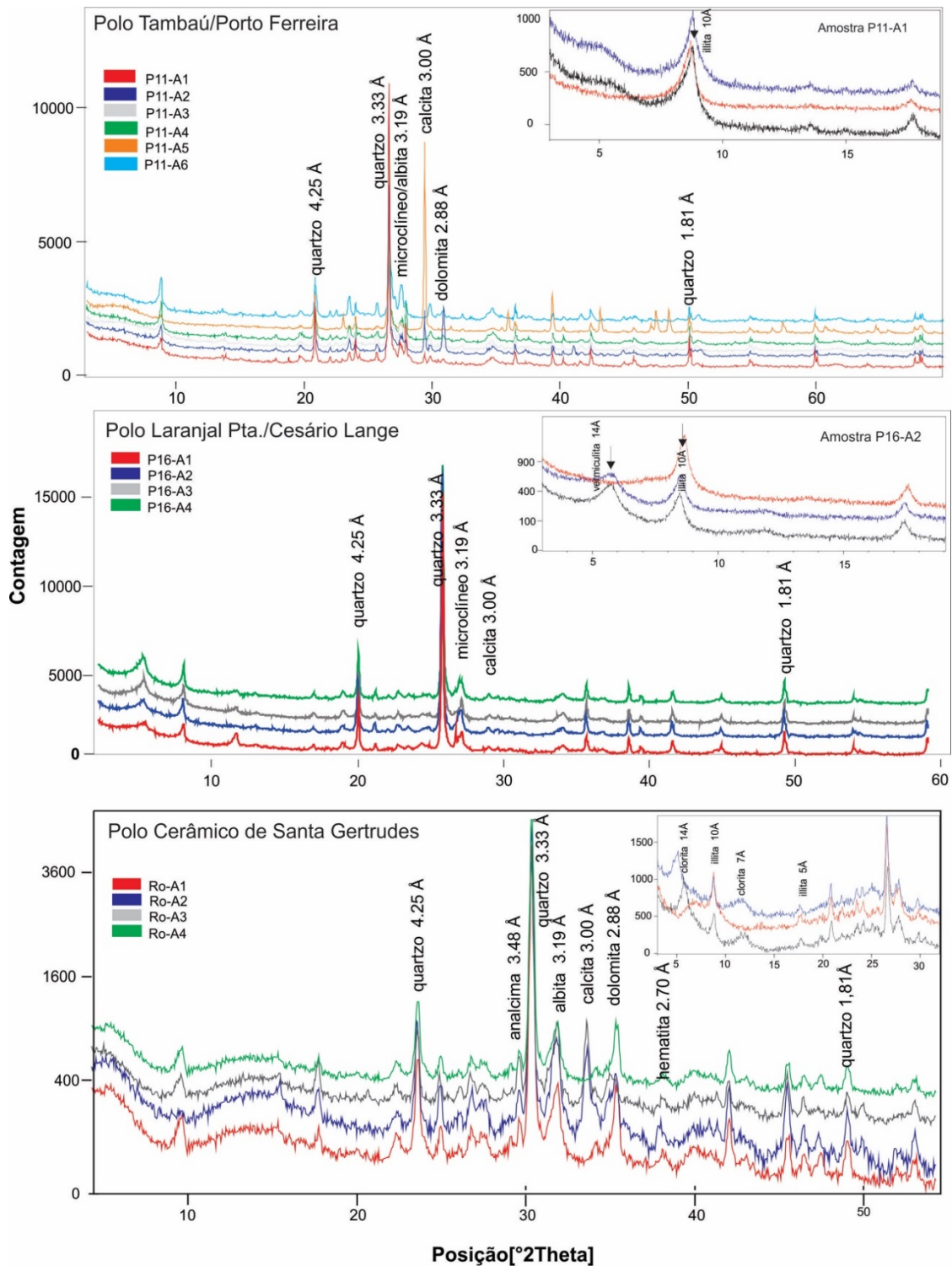


Figura 8 - Mineralogia do Grupo Passa Dois nos polos cerâmicos estudados.

Com exceção algumas amostras de determinadas litofácies encontrada em áreas do município de Santa Rosa do Viterbo, apresentaram corpos-de-prova com o arranjo granulométrico mais fechados, evidenciando um grau de sinterização superior às argilas do polo cerâmico de Santa Gertrudes, possibilitando classificar dentro do Grupo BIb denominado de “grés”, cujas placas têm seu uso voltado para revestimentos internos, externos e paredes

Na Formação Estrada Nova (Membros Teresina

e Serra Alta) de acordo com os resultados cerâmicos obtidos, as amostras enquadraram-se dentro do Grupo BIII e BIb de absorção de água denominado “poroso”, em boa parte devido ao conteúdo alto de carbonato de cálcio. Esses revestimentos porosos têm aplicação como revestimento cerâmico em paredes internas. Em relação às amostras que classificaram no grupo de absorção BIb na temperatura de queima de 1120°C apesar dos bons resultados, a maioria delas apresentaram diversos defeitos oriundo de

suas características químicas e mineralógicas e pela queima elevada.

Essa classificação em grupos de absorção de água, no entanto, não restringe, necessariamente, as argilas estudadas a esse uso aqui classificado,

pois em composição de massa com outras argilas ou outras matérias-primas, ou em outras condições de queima, podem atingir produtos que se encaixem em outros grupos de absorção de água.

Tabela 5 - Valores médios das propriedades cerâmicas das rochas do Grupo Passa Dois. T/PF=Tambaú/Porto Ferreira, SG=Santa Gertrudes e LP/CL=Laranjal Paulista/Cesário Lange.

Polo	Temp °C	TRF Nmm ²	AA%	PA%	RLQ%	Ds (g/cm ³)	Gabs
Formação Corumbataí							
T/PF	1050° C	225,32	11,74	19,42	4,85	1,83	BIII
SG	1120°C	245,52	9,2	17,22	7,18	2,0	BIIb
Formação Estrada Nova (Membro Serra Alta)							
LP/CL	950°C	160,35	16,32	28,13	1,55	1,88	BIII
LP/CL	1120°C	311,65	1,7	3,40	6,67	1,86	B1b
LP/CL	1040°C	200,66	8,4	16,31	4,15	1,88	BIIb
Formação Estrada Nova (Membro Teresina)							
LP/CL	950°C	111,50	17,5	31,02	0,8	1,91	BIII
LP/CL	1120°C	311,97	0,84	1,75	5,77	1,91	B1b
LP/CL	1040°C	222,47	9,89	17,93	2,78	1,96	BIIb

DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Os resultados mostraram que as rochas do Grupo Passa Dois apresentaram variações nas suas características geológicas, químicas e tecnológicas ao longo de sua faixa aflorante no estado de São Paulo.

Segundo Roveri (2010), o desempenho cerâmico destas argilas representa o produto de uma complexa interação de múltiplos processos que atuaram durante a sedimentação (no ambiente original da deposição sedimentar), a diagênese (fase de soterramento e compactação da pilha sedimentar, com aumento de temperatura e pressão, percolação de fluidos, provocando transformações mineralógicas e texturais das rochas) e, mais recentemente, pela exposição superficial da unidade (alterações intempéricas, causando mudanças mineralógicas e texturais).

Se por um lado, essas variações tornam-se um fator condicionante para o aproveitamento dessas argilas como matéria-prima cerâmica padronizada, por outro apresentam maior diversidade de características cerâmicas e abrem possibilidade para composição em novas massas, objeto de pesquisa e desenvolvimento nos diversos polos cerâmicos, como p. ex. porcelanatos via úmida e via seca, monoporosas, blocos estruturais, telhas especiais etc.

As litofácies maciça e siltito laminado encontradas com maior frequência nas porções basais das rochas do Grupo Passa Dois apresentaram os melhores resultados para aplicação como matéria-prima cerâmica, por ter apresentando uma maior sinterização em temperaturas

de queima médias, maior resistência mecânica e uniformidade das peças. As amostras destas litofácies quando foram submetidas à moagem, apresentaram uma distribuição granulométrica mais uniforme das partículas o que favoreceu um melhor empacotamento dos grãos durante o processo de prensagem e conseqüentemente um melhor desempenho no processo de sinterização dos corpos de prova.

As litofácies intercalada siltosa, intercalada arenosa, heterolíticas e arenosa localizadas nas porções intermediárias a topo das Formações Corumbataí e Estrada Nova apresentaram uma distribuição granulométrica bimodal, com tamanhos de partículas preferencialmente nos intervalos de $10 \leq \phi \leq 100 \mu\text{m}$ e $100 \leq \phi \leq 1000 \mu\text{m}$, conforme estudos anteriores. (Christofoletti & Moreno, 2015; Christofoletti et. al. 2015; Christofoletti & Rocha, 2018).

Esta não uniformidade da distribuição de tamanho das partículas é resultado das características destas litofácies que apresentam uma granulometria mais grossa dada pela presença de camadas de siltitos/arenitos carbonáticos de difícil desagregação, o que dificulta o processo de moagem e conseqüentemente o empacotamento dos grãos durante o processo. Adicionalmente a essa falta de compacidade, as massas mais quartzosas são conseqüentemente mais refratárias e menos plásticas.

O melhor comportamento das argilas estudadas depende da distribuição granulométrica das partículas e da composição química e minera-

lógica. A presença de determinados elementos, como óxidos e carbonatos podem auxiliar ou prejudicar o processo de sinterização da peça quando submetida a queima.

Observou-se que as amostras quando foram submetidas à temperatura de queima acima de 1100°C as propriedades tecnológicas melhoram, porém, a quantidade de defeitos dimensionais como furos, trincas e inchaços aumentaram.

Observa-se que a distribuição das litofácies do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati), ao longo do Estado de São Paulo, apresenta determinadas peculiaridades nas características cerâmicas e, de certo modo, até o momento, condicionou a instalação dos diversos polos cerâmicos.

A começar pelo polo cerâmico de Santa Gertrudes, em que as litofácies identificadas de maior interesse cerâmico apresentam espessuras muito significativas e que suportam a implantação de grandes frentes de lavra, têm um conteúdo mineralógico-químico excepcional, pois além da riqueza em illita e no seu intrínseco conteúdo de K₂O da ordem de 3 %, as litofácies são portadoras de elevados valores de Na₂O, dada pela presença do mineral albita, que distingue essa argila daquelas dos demais polos.

A presença do Na₂O representa o diferencial dessa matéria-prima que, combinado com os demais fatores, formam a base para a produção de revestimentos semi-poroso via seca tornando-o o maior polo produtor de placas cerâmica das Américas. Por outro lado, conteúdo de óxido de ferro, que é da ordem de 5%, gera cores avermelhadas na queima, restringindo a produção de placas cerâmicas claras.

De acordo com Girardi et al. (1978), o grande volume de magma básico gerado durante a erupção vulcânica basáltica da Formação Serra Geral ocasionou um metamorfismo de contato com as rochas impermeáveis, em especial das formações Irati e Corumbataí, o que elevou a temperatura de maneira generalizada influenciando na evolução diagenética dessas unidades na região do polo cerâmico de Santa Gertrudes (Zanardo, 2003; Costa, 2006; Zanardo et al., 2016). Esta condição pós diagenética poderia ter contribuído para o enriquecimento do mineral albita na região do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes.

Essas características peculiares, aliadas a secagem rápida ao sol das argilas através de trabalhos de pré-beneficiamento em pátios de secagem, fizeram com que fábricas de produtos

similares localizadas em outras regiões do Estado se mudassem para o polo ou simplesmente paralisassem a produção por não serem tão competitivos. Foram os casos de cerâmicas de placas semi-porosas anteriormente instaladas nos municípios de Mogi-Guaçu, Barra Bonita, Igarçu do Tiete, Macatuba, Casa Branca, Tatuí, Jundiá, Avaré e José Bonifácio.

Atualmente, o polo de revestimentos cerâmicos de Santa Gertrudes, além de já estar consagrado na produção de placas semi-porosas, vem se diversificando com a produção de porcelanato via úmida, monoporosas e porcelanato via seca, tornando-se também importador de matérias-primas de outras partes do Estado e do País.

No polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira, localizado na região nordeste do estado, os resultados obtidos condicionam a maioria das litofácies para seu uso na produção de cerâmica estrutural e revestimento poroso, porém algumas litofácies condicionaram seu uso na formulação de massas para a produção de grés e porcelanato.

No município de Tambaú, algumas litofácies apresentam-se muito fundentes, com alto conteúdo de K₂O (até 6%), pobres em Fe₂O₃ (<4%) e cores de queimas claras constituindo-se em uma ótima alternativa para placas mais claras, p.ex. para composição em massas de porcelanato esmaltado.

No município de Porto Ferreira, as litofácies maciça e laminada apresentaram cor de queima clara, conteúdo de Fe₂O₃ relativamente baixo (<3%); boas características fundentes (2,5% K₂O); e apresentando como seu principal diferencial, a alta plasticidade, devido à presença abundante do argilomineral esmectita.

No município de Santa Rosa do Viterbo, os resultados do ponto de vista tecnológico indicaram seu uso na indústria de revestimento cerâmico na produção de grés. Algumas litofácies carbonáticas, com alto conteúdo de carbonato (até 20%) e baixo de Fe₂O₃ (< 3%), propicia sua aplicação em placas porosas, bem como em porcelanatos esmaltados.

No polo cerâmico de Laranjal Paulista/Cesário Lange, as litofácies da Formação Estrada Nova (Membro Serra Alta e Teresina), de acordo com os resultados obtidos na maioria das amostras estudadas, condicionam seu uso para a produção de cerâmica vermelha na produção de blocos, telhas e outros produtos.

Para utilização na formulação de massas, os resultados indicaram seu uso para a produção de revestimento poroso; porém algumas litofácies

mostraram características especiais, com presença de carbonato na forma disseminada, baixos valores de Fe₂O₃ e valores razoáveis de elementos fundentes o que condicionam seu uso na formulação de massa para a produção de porcelanatos.

O membro Teresina apresentou concentrações elevadas de CaCO₃ o que limita seu uso como matéria-prima única na produção de porosos pelo aumento na quantidade de defeitos e na queda na resistência mecânica.

CONCLUSÕES

Os resultados do estudo das rochas do Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí e Estrada Nova), contribuíram para a análise regional do ponto de vista geológico e tecnológico, denotando ser o mais importante depósito mineral para uso na indústria cerâmica, com destaque especial para a produção de revestimento cerâmico no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes. A sua variabilidade geológica, química e mineralógica composta por diversas litofácies permite ampliar a diversificação de produtos, seja ela na produção de cerâmica de revestimentos ou estrutural.

Vale ressaltar que nas regiões do polo cerâmico de Tambaú/Porto Ferreira e Laranjal Paulista/Cesário Lange, as matérias primas apresentaram composições químicas e mineralógicas diferentes da região do polo cerâmico de Santa Gertrudes, porém suas litofácies assemelham-se, sugerindo a ocorrência de uma variação genética ao longo de sua deposição na bacia, o que permite

Tomando-se por referência o polo de Santa Gertrudes, que além do potencial de consumo em termos quantitativo, a diversificação vem exigindo uma maior variedade de matérias-primas, sobretudo argilosas, para a composição de massas para os novos tipos de porcelanato (p.ex. porcelanato via seca), placas porosas etc. No caso da cerâmica vermelha, também há o desenvolvimento de novos produtos e processos, como as telhas prensadas a seco.

utilizá-las na formulação de massas para a produção de porcelanatos, grés, monoporosas e diversos produtos cerâmicos estruturais (telhas, tijolos, lajes). Para melhorar a qualidade dos produtos cerâmicos atuais e ampliar a diversificação destes com as argilas do Grupo Passa Dois é necessário aprofundar os conhecimentos científicos das características geológicas, geoquímicas e tecnológicas das matérias-primas aliando-se a pesquisas avançadas sobre processamento cerâmico, entre estes envolvendo o comportamento das matérias-primas desde a preparação das massas até o produto acabado.

Os dados obtidos do presente estudo, em especial a mineralogia e química dos elementos maiores, aliados às descrições litofaciológicas, poderão ser tratados posteriormente através de análises geoquímicas detalhadas o que poderá contribuir nas interpretações da formação do ambiente deposicional destes depósitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo). Processos Números: 2012/24219-9 e 2016/03055-9.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. & BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, v. 143, p. 1-96, 1953.
- ASPACER-**Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento. Dados Estatísticos** (<https://www.aspacer.com.br/estatisticas/>). Acesso realizado em 26/06/2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Placas Cerâmicas para Revestimentos, NBR 13818- Especificações e Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 78 p. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Placas cerâmicas para revestimento NBR 13817- Classificação**. Rio de Janeiro, 3 p., 1997.
- BARBOSA O. & GOMES F.A. Pesquisa de petróleo na bacia do rio Corumbataí, Estado de São Paulo. **Boletim da Divisão de Geologia e Minas, DNPM**, Rio de Janeiro, n.171, p. 1-40, 1958.
- BRITO I.M. Estratigrafia da Bacia do Paraná III: o Grupo Passa Dois. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 2, n. 4, p. 460-461, 1982.
- CAMPANHA, V.A. **A arquitetura deposicional da bacia sedimentar de Taubaté, SP, como subsídio à delimitação das zonas de produção mineral**. Rio Claro, São Paulo, 1994. 193 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CHRISTOFOLETTI, S.R. **Um modelo de classificação geológico-tecnológica das argilas da Formação Corumbataí utilizadas nas indústrias do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes**. Rio Claro, São Paulo, 2003. 307 p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CHRISTOFOLETTI, S.R. & MORENO, M.M.T. Granulometria por Difração a Laser e sua relação com a faciologia das rochas argilosas da Formação Corumbataí no Estado de São Paulo. **Cerâmica**, v. 63, p. 303-310, 2015.
- CHRISTOFOLETTI, S. R., BATEZELLI, A., MORENO, M. M. T. Caracterização geológica, mineralógica, química e cerâmica da Formação Corumbataí nos municípios de Tambaú, Porto Ferreira e Santa Rosa do Viterbo-SP, visando aplicação e diversificação de produtos no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes. **Geociências**, v. 34, n. 4, p. 24-33, 2015.
- CHRISTOFOLETTI, S.R. & ROCHA, R.R. Características das rochas da Formação Estrada Nova como matéria-prima

- cerâmica no Estado de São Paulo-Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n 1, p. 15-29, 2018.
- CHRISTOFOLETTI, S.R.; DEL ROVERI, C.; ZANARDO, A. Litofácies e mineralogia da Formação Estrada Nova no estado de São Paulo - Brasil visando aplicação na indústria cerâmica de revestimento. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ, v. 43/4, p. 156-175, 2020.
- COSTA, M.N.S. **Diagênese e alteração hidrotermal em rochas sedimentares da formação Corumbataí, Permiano Superior, Mina Granusso, Cordeirópolis/SP**. Rio Claro, SP, 2006. 140p. Tese (Doutorado em Geologia Regional), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. SIG Brasil, CD/ROM, escala 1:750.000. Brasília, CPRM. 2006.
- FÚLFARO, V.J. Contribuição à geologia da região de Angatuba, Estado de São Paulo. **Divisão de Geologia e Mineralogia/ Departamento Nacional da Produção Mineral**. n. 253, 120 p., 1970.
- GAMA JUNIOR, E. A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati): um modelo geomórfico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.
- GIRARDI, A.V.; MELFI, A.J.; AMARAL, S.E. 1978. Efeitos termais associados aos diabásios mesozóicos da Bacia do Paraná. **Boletim IG, Instituto de Geociências**, v. 9, p. 47-55, 1978.
- IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:250.000. Relatório IPT, n. 28, 545 p., 1981.
- LANDIM, P.M.B. O Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP). **Boletim. Divisão Geologia e Mineralogia**, DNPM, São Paulo, 252, 103 p, 1970.
- MEGLHIORATTI, T. **Estratigrafia de seqüências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano da Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo**. Rio Claro, SP, 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- MENDES J.C. A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí: Estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios. **Boletim da Faculdade de Ciência e Letras**, São Paulo, n.145, p.1-19. 1952.
- MENDES, J. C. Lamelibrânquios permianos do Estado do Mato Grosso (Formação Estrada Nova). **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 12, p. 57-64, 1963.
- MENDES, J.C. Langella, novo genero di Lingulideo da Série Tubarão: Paraná, **Univ. Bol. Geol.**, v. 5, 8 p., 1961.
- MENDES, J.C. The Passa Dois Group. In: Simpósio Internacional de Estratigrafia e Paleontologia do Gondwana, 1.º, Curitiba, Problems in Brazilian Gondwana. Curitiba, **Inst. de Geol.**, Univ. Fed. do Paraná. p. 119-166, 1967.
- MIALL, A.D. **Principles of sedimentary basin analysis**. Springer-Verlag, New York, 490p, 1994.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do gondwana sul-ocidental**. Porto Alegre. Rio Grande do Sul, 1997. 255p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MONTIBELLER, C.C. **Caracterização geoquímica e de proveniência da Formação Corumbataí (Permiano, Bacia Do Paraná, Brasil)** Rio Claro, SP, 2019. 146p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- MORAES REGO L.F. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. **Boletim do Serviço Geológico e Mineral Brasileiro**, Rio de Janeiro, p. 110, 1930.
- MORENO, M.M.T. **Composição Mineralógica, Distribuição, Granulométrica e Consistência de Pastas**. Rio Claro, São Paulo, 2012. 125 p. Tese (Livre Docência) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- PETRI, S. & COIMBRA, A. M. Estruturas Sedimentares das Formações Irati e Estrada Nova (Permiano) e sua contribuição para elucidação dos seus paleoambientais geradores. In: 5º CONGRESSO. LATINO AMERICANO. DE GEOLOGIA. Tomo II. Buenos Aires, Argentina, 1982, p. 353-371.
- ROVERI, C.D. **Petrologia Aplicada da Formação Corumbataí (Região de Rio Claro, SP) e Produtos Cerâmicos**. Rio Claro, São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- SANFORD R.M. & LANGE F.W. Basin-study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. **AAPG Bulletin**, v. 44, p. 1316-1370, 1960.
- SCHNEIDER, R.L., MUHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F., NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXVIII. Porto Alegre, 1974. **Anais...**Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, p. 41-65.
- SIMÕES, M.G. & FITTIPALDI, F.C. **Fósseis da Região de Rio Claro**. Rio Claro: Arquivo do Município, p.77, 1992.
- SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. Aspectos Regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no flanco nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, v.1, p. 243-256.
- SOUSA, S.H.M. **Fácies sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no Estado de São Paulo**. São Paulo, São Paulo, 1985. 142p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, P.E.C; CHRISTOFOLETTI, S.R.; MORENO, M.M.T.; V.F. CORRÊA. A Formação Corumbataí nos Municípios de Tambaú e Limeira - SP: Fonte de Matéria-prima para o Segmento de Porcelanato e Semi-grés, **Cerâmica Industrial**, 15 (4) Julho/Agosto, 2010
- TANNO. L.C., MOTTA, J.F.M., CABRAL JR., M. Polos de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo: aspectos geológicos e econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38, 1994. Blumenau. **Anais...**Blumenau: Sociedade Brasileira de Cerâmica, 1994, v. 38, p. 378-383,
- VIEIRA, A.J. Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Aracaju, 1973. **Anais...**Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, v. 3, n. 27, p. 259-277.
- WARREN, L. V.; ASSINE, M.L.; SIMÕES, M.G.; RICCOMINI, C.; ANELLI, L.E. A Formação Serra Alta, Permiano, no centro-leste do Estado de São Paulo, Bacia do Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 1, p. 109-126, 2015.
- WHITE I.C. **Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil**. Rio de Janeiro, Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, p. 300, 1908.
- ZANARDO, A. **Pesquisa Geológica e de Matérias Primas Cerâmicas do Centro Nordeste do Estado de São Paulo e Vizinhanças - Sistematização Crítica da Produção Técnica** – Científica. Rio Claro, São Paulo, 2003, 300 p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- ZANARDO, A.; MONTIBELLER, C. C.; NAVARRO, G. R. B.; MORENO, M. M. T.; ROCHA, R. R.; DEL ROVERI, C.; AZZI, A. A Formação Corumbataí na região de Rio Claro/SP: petrografia e implicações genéticas. **Geociências**, v. 35, p. 322-345, 2016.

Submetido em 22 de outubro de 2020

Aceito para publicação em 20 de maio de 2021