

Mapeamento e Caracterização Geológica/Tecnológica da Formação Corumbataí com vistas ao seu Emprego na Indústria de Revestimentos Cerâmicos

Parte I - Geologia e correlação entre as minas e jazidas estudadas

M.R. Masson¹, S.R. Christofolletti¹, H.R. Thomazella¹, A. Fugie²,
A. Zanardo¹ e V. Alegre³

¹ UNESP/Rio Claro - DPM

² UNICER - União Cerâmicas Ltda – Cordeirópolis

³ CPRM - Rua 08, 2028, Bairro Santa Cruz, 13500-210 Rio Claro - SP

e-mail: mrmasson@rc.unesp.br

Resumo: O presente trabalho refere-se à etapa de mapeamento regional e local do projeto de pesquisa desenvolvido pelo grupo Qualidade em Cerâmica Vermelha da UNESP/Rio Claro que consistiu até o momento no estudo geológico/litofaciológico de várias frentes de lavra existentes, tendo sido feita a locação das minas por meio de GPS e altimetria. Os resultados obtidos até o momento já permitem uma compartimentação inicial da formação em litofácies com características específicas, seus possíveis posicionamentos relativos no pacote e é feita uma tentativa inicial de correlação estratigráfica entre as diferentes minas e áreas de afloramento pesquisadas até o momento. Os resultados de ensaios para caracterização tecnológica são apresentados na parte II deste trabalho¹.

Palavras-chaves: Mapeamento geológico, litoestratigrafia, litofácies, matérias-primas cerâmicas

Introdução

O pólo Santa Gertrudes-Cordeirópolis é considerado o maior produtor do país no segmento de revestimentos cerâmicos, tendo evoluído muito em qualidade nos últimos anos.

Ao longo desta evolução muito se fez quanto à melhoria das técnicas e equipamentos utilizados pelas indústrias, mas poucos investimentos foram feitos no setor de prospecção e pesquisa das jazidas minerais utilizadas, o que tem acarretado uma série de problemas quanto à garantia de qualidade dos produtos, que por vezes sofrem variações inesperadas causadas por flutuações nas propriedades físicas e químicas das matérias-primas empregadas.

Outro problema normalmente enfrentado pela indústria do pólo é a total incerteza quando da locação de novas jazidas, principalmente pela inexistência de mapas geológicos detalhados da formação, bem como de caracterização geológica das jazidas já implantadas, o que impede uma

prospecção direcionada por falta de referência básica do que se pretende encontrar.

A partir de 1996 iniciaram-se os trabalhos de pesquisa do grupo Qualidade em Cerâmica Vermelha da UNESP/Rio Claro, que foi idealizado com o intuito de suprir estas carências no segmento mineral em foco.

Ao longo do primeiro semestre de 1999 este projeto atingiu o estágio inicial dos trabalhos de mapeamento regional e detalhamento de algumas jazidas, após ter sido concentrado inicialmente, nos anos anteriores, na caracterização genérica física, química e mineralógica^{2,3}, da formação buscando o entendimento inicial das relações existente entre as características da matéria-prima e métodos de extração e armazenamento, com os resultados tecnológicos com ela obtidos^{4,5}, bem como dos possíveis defeitos provocados por contaminantes⁶⁻⁸, possibilidade de aditivações⁹, entre outros.

A presente etapa de mapeamento regional e local consistiu até o momento no estudo geológico/faciológico de

várias frentes de lavra existentes, tendo sido feita a locação das minas por meio de GPS, altimetria e leitura das cartas topográficas.

A parte II deste trabalho¹, traz as características físico-cerâmicas de cada litofácies individualizada e uma correlação inicial entre as características geológicas com as propriedades tecnológicas determinadas. Um outro trabalho, voltado a modelagem numérica¹⁰, apresenta o tratamento estatístico multivariado efetuado na base de dados existente.

Materiais e Métodos

Para as etapas de campo deste trabalho de mapeamento, foram utilizados veículos e equipamentos de campo convencionais como: bússola, clinômetro, altímetro, GPS, ferramentas e acessórios de amostragem, reagentes químicos, etc.

As cartas topográficas utilizadas e contempladas neste mapeamento são: Rio Claro SF-23-M-I-4, Araras SF-23-M-II-3, Limeira –SF-23-M-IV-1.

A metodologia de mapeamento segue basicamente as linhas gerais de levantamentos geológicos para terrenos sedimentares, fazendo-se levantamentos de colunas e perfis delimitando-se: litotipos presentes; geologia estrutural; processos pós-diagenéticos supérgenos; entre outros. O enfoque de campo deste mapeamento é litoestratigráfico visando-se à delimitação litofaciológica e reconhecimento das assembléias de fácies presentes. A interpretação geológica dos resultados baseia-se na Estratigrafia de Sequências.

Os trabalhos estão sendo iniciados pelas minas existentes, fazendo-se o levantamento de colunas estratigráficas, além de realização de perfis geológicos ao longo das faixas de melhor afloramento, para posteriormente ser estendido às áreas de mais difícil acesso.

O método de amostragem é em calha para cada conjunto litofaciológico individualizado em campo, e para o caso de

litofácies compostas pela associação de mais de um litotipo, são coletadas também amostras de cada um destes individualmente, visando um completo conhecimento das variações existentes.

Paralelamente aos trabalhos de campo está sendo feita a interpretação de aerofotos e imagens de satélites da região, cujos resultados servirão de orientação para a continuidade do mapeamento e composição dos mapas finais. A figura 1 sintetiza a metodologia utilizada:

Apresentação dos Resultados

Como o trabalho de mapeamento ainda está em fase de desenvolvimento, o mapa final integrado não é apresentado ainda, uma vez que é o produto esperado ao final da pesquisa, dentro de cerca de dois a três anos.

Contudo, os resultados preliminares obtidos já permitem a apresentação dos primeiros levantamentos locais, realizados em três jazidas distintas, duas das quais estão em operação (minas) e uma em fase de legalização, denominadas aqui respectivamente de mina “Cruzeiro”, mina “Bela Vista” e mina “Tutte” (figura 2).

Estes resultados preliminares são o produto do levantamento de colunas estratigráficas nas quais estão compiladas as informações de espessura; litotipos; feições deposicionais; diagenéticas e pós-diagenéticas; compartimentação litofaciológica e interpretação paleoambiental preliminares. Ainda que os dados estruturais tenham sido levantados, não são apresentados no momento.

Ao final são feitas algumas sugestões relativas a correlação estratigráfica, porém apenas em caráter experimental, pois o volume de dados obtidos apenas sugere possíveis correlações que, contudo, necessitam confirmações de campo.

Colunas Levantadas até o Momento

As colunas apresentadas a seguir (figuras 3a, 3b, 4 e 5) sintetizam as informações geológicas acumuladas até o momento, de acordo com as considerações feitas anterior-

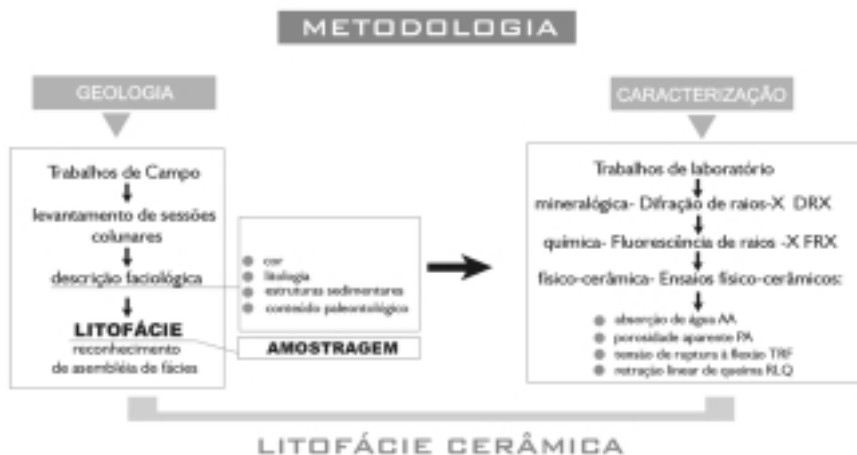


Figura 1. Diagrama geral da metodologia de trabalho adotada.

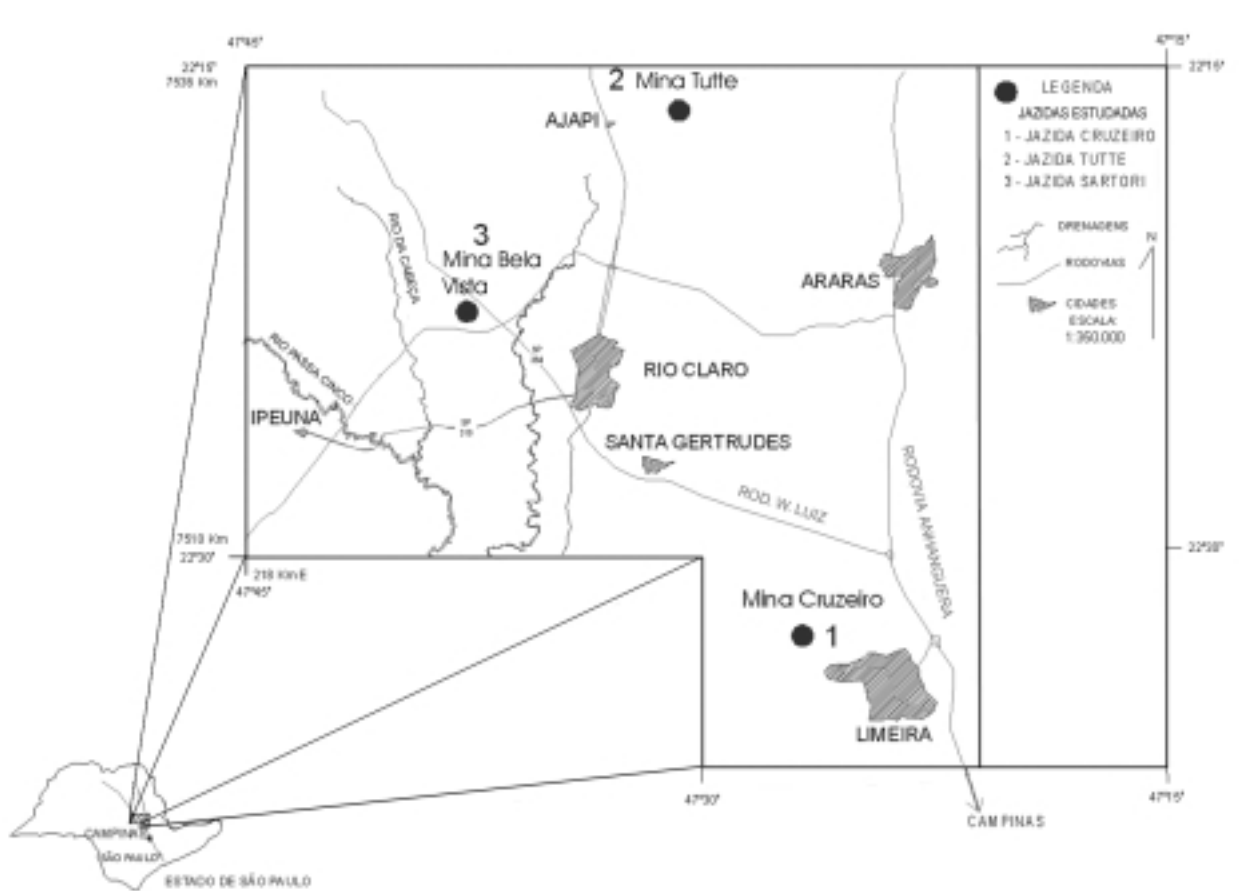


Figura 2. Mapa de localização das minas estudadas.

mente, e estão sujeitas a pequenas alterações e melhorias que podem advir das próximas etapas de trabalho. As descrições sumarizadas de cada litofácies individualizada são apresentadas em separado na tabela 1, mais à frente.

A coluna acima (figura 3a) é a parte inferior da coluna apresentada na próxima página, abaixo da qual são apresentadas as considerações referentes a ambas.

A análise das figuras 3a; 3b; 4 e 5, permitiu o agrupamento das litofácies delimitadas em Assembléias de fácies, indicadas na última coluna de cada figura, a saber: Assembléias **A** – argilosas; **B** – areno-pelíticas; **C** moderadamente arenosas; e **D** – muito arenosas. O índice **C** é usado para indicar o caráter carbonático da assembléia num determinado local.

Como pode ser constatado na tabela I, a coluna da mina Cruzeiro (partes inferior e superior - figuras 3a e 3b), com cerca de 42 metros de espessura no total, ou cerca de um terço do pacote local da Formação Corumbataí, representa uma passagem gradual de ambiente de plataforma marinha rasa dominada por ondas e processos de decantação, para um ambiente mais proximal, sujeito a eventos de tempestades, próximos à linha de costa.

Esta situação indica um aumento da “arenosidade” do material em direção ao topo do pacote e tem implicações

diretas às questões de formulação cerâmica. Outro ponto importante é que as porções mais arenosas são também mais carbonáticas, o que influi diretamente nas questões ligadas à aplicação cerâmica. O carbonato nesta mina aparece também em muitos veios discordantes, gerando grandes complicações relacionadas ao plano de lavra, e esclarecer a sua distribuição depende de um mapeamento estrutural detalhado.

A descrição das litofácies presentes na coluna da jazida Bela Vista (Figura 4), mostra novamente a tendência de pacotes de natureza pelítica serem recobertos por porções com aumento gradativo na quantidade de areia, podendo existir correlação estratigráfica desta passagem com uma passagem semelhante na coluna Cruzeiro (Fig.3b), o que ainda não está confirmado. O carbonato não é tão abundante ao longo das camadas como na mina da coluna Cruzeiro, mas também aparece com muita frequência em veios discordantes.

Ao contrário das demais, a coluna da mina Tutte (figura 5) apresenta níveis muito arenosos na base do pacote, aparentemente correlacionáveis com as porções média e de topo da mina Cruzeiro (Fig. 3b). Os resultados da análise mineralógica, somados às descrições de campo sugerem uma distribuição heterogênea de núcleos esmectínicos no

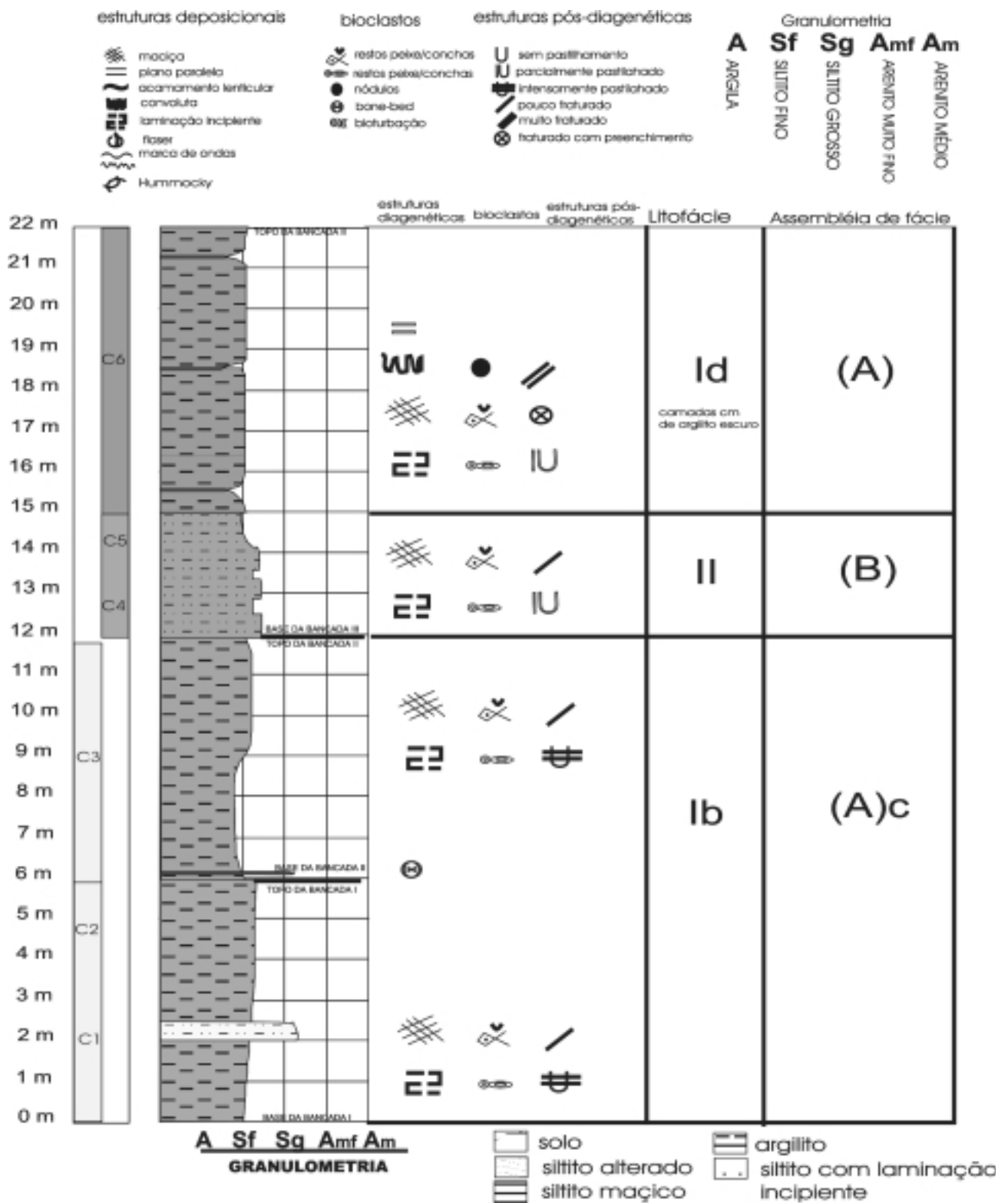


Figura 3a. Coluna Litoestratigráfica da Mina Cruzeiro – porção inferior.

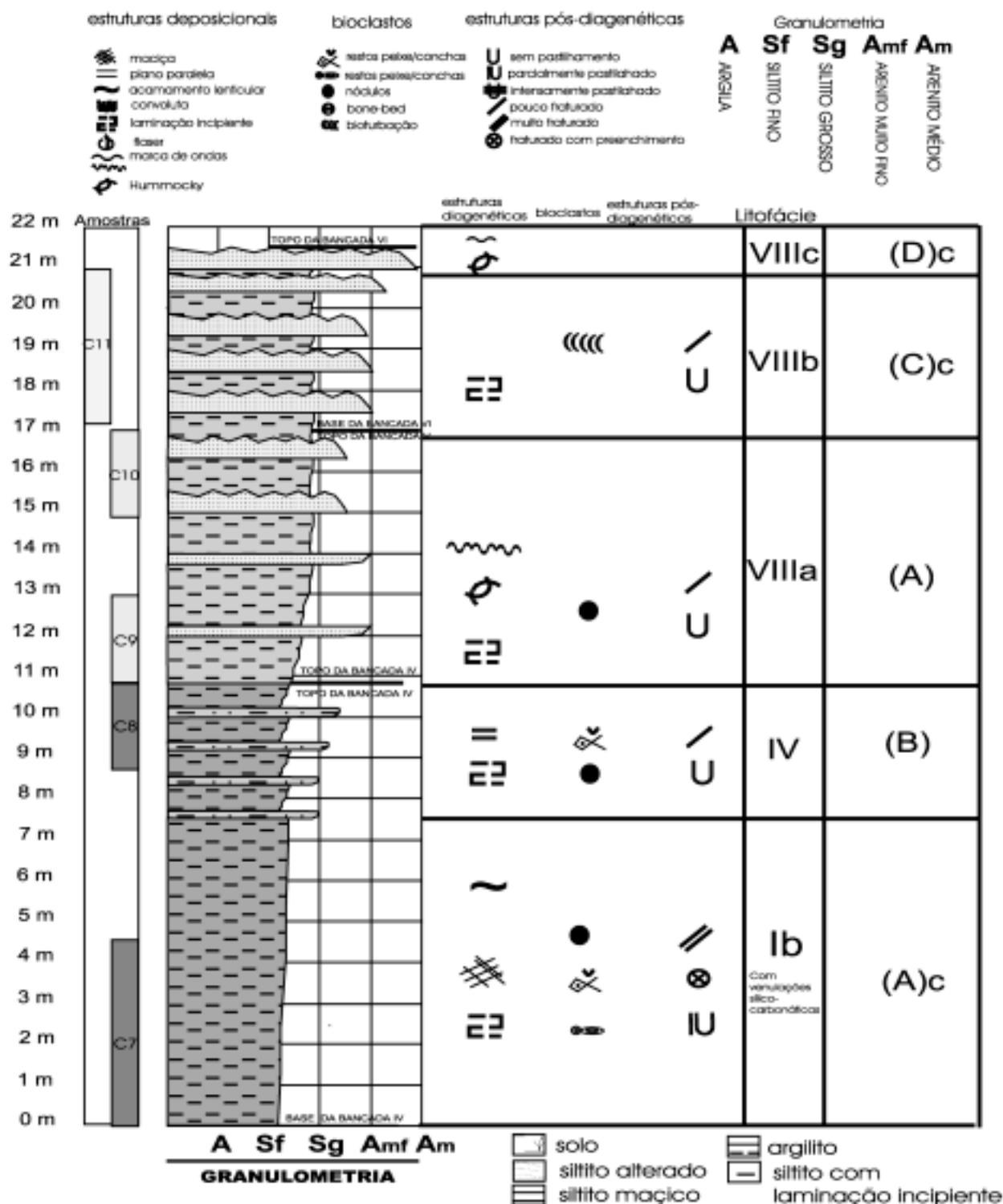


Figura 3b. Coluna Litoestratigráfica da Mina Cruzeiro – porção superior.

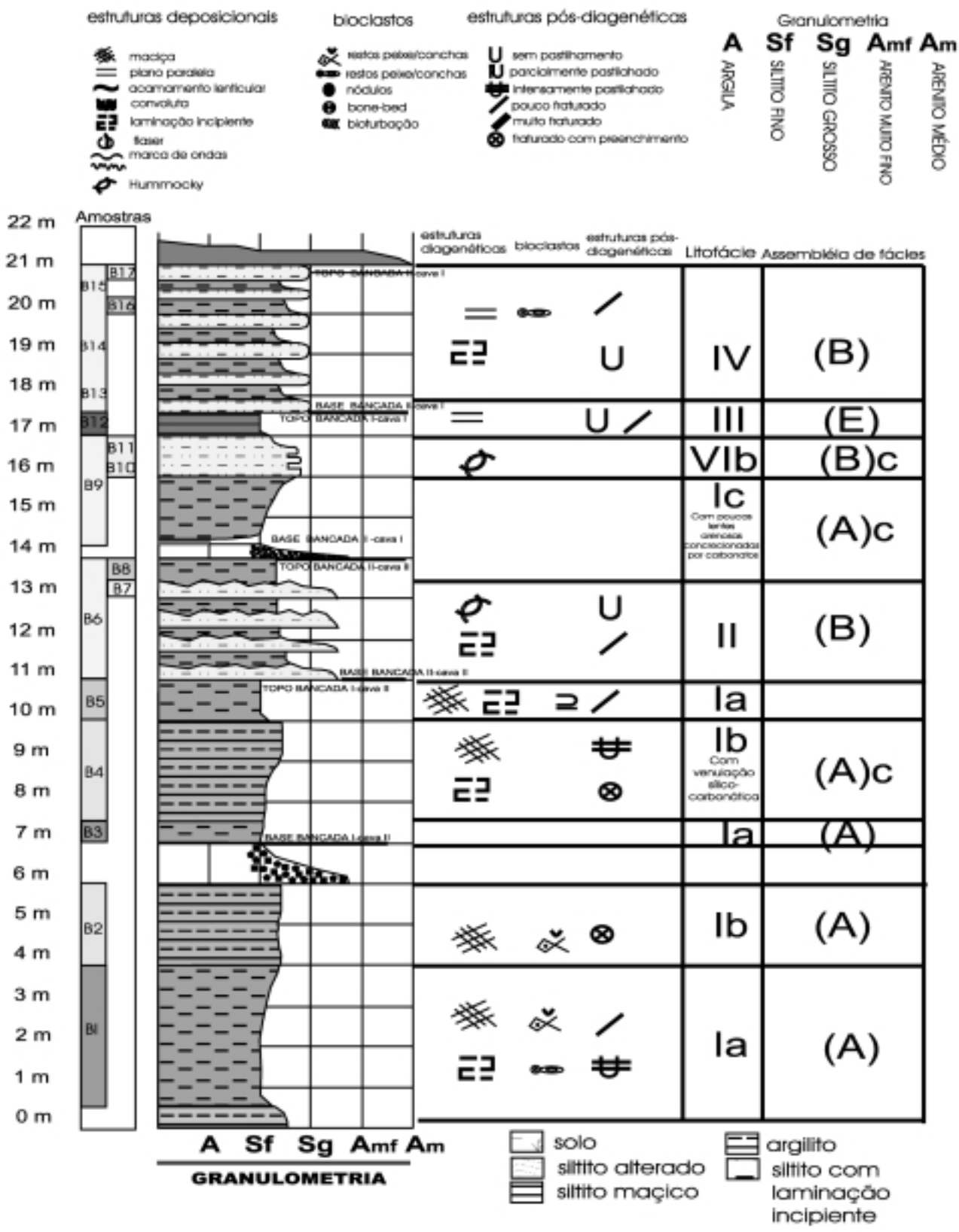


Figura 4. Coluna Litoestratigráfica da Mina Bela Vista.

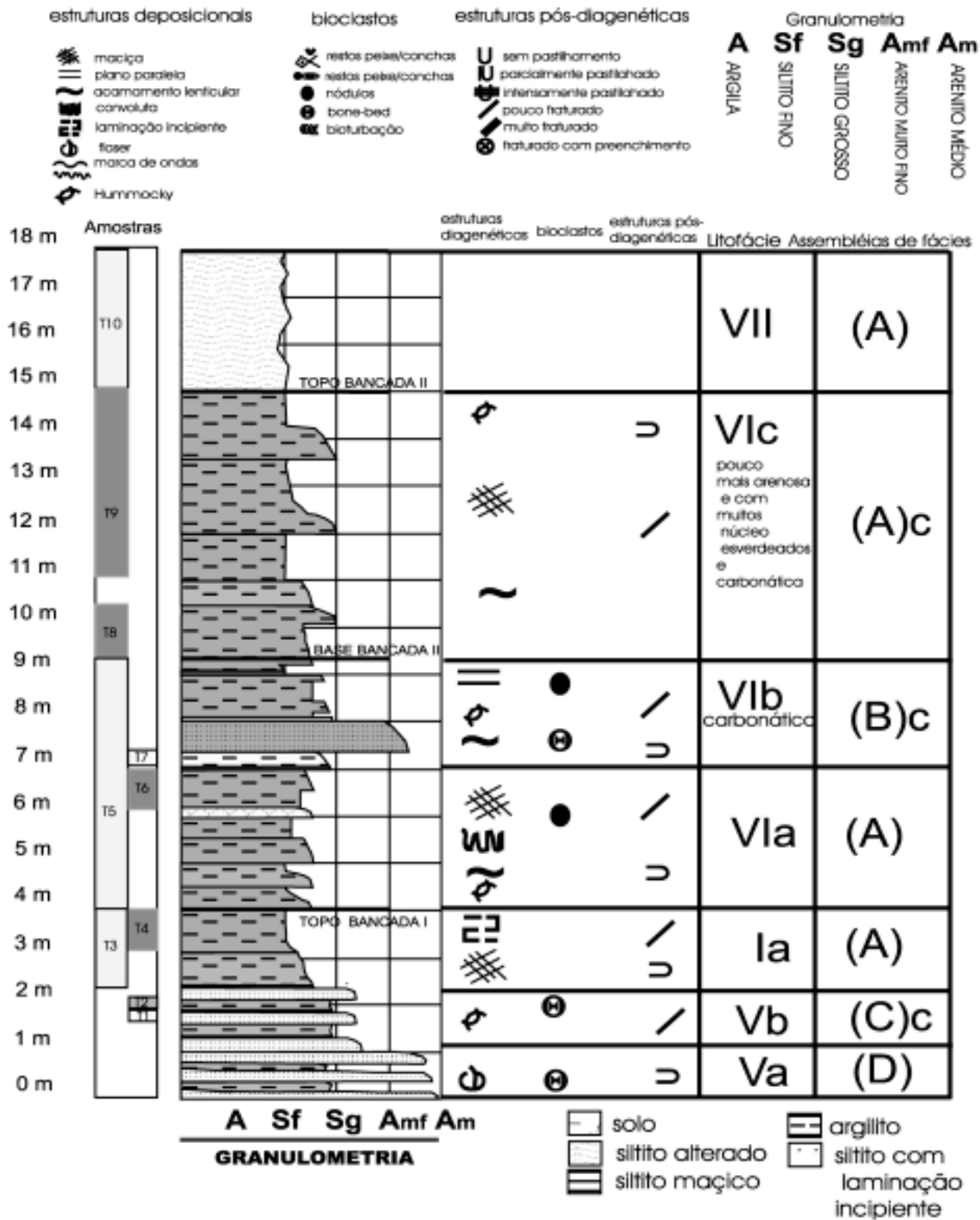


Figura 5. Coluna Litoestratigráfica da Mina Tutte.

Tabela 1. Descrição das principais litofácies encontradas.

LitofÁCie	Litologia	Granulometria	Cor	Estruturas	Processos
Ia		fino	arroxeadado	laminação incipiente	decantação/maré
Ib Com venulação Sílico-carbonática	Siltito	fino	arroxeadado	laminação incipiente/ maciça	decantação/maré
Ic Com poucas lentes arenosas concrecionadas por carbonatos	Siltito	médio	arroxeadado	laminação incipiente	decantação/maré com alguma influência de tempestitos
Id Com camadas de argilito escuro	Siltito	fino	arroxeadado	laminação incipiente aumentando para o topo com linsen	corrente de maré
II	Intercalação Centimétrica entre	Siltito médio a grosso	acinzentado e lentes esbranquiçadas	lenticular bedding e (<i>mHCS</i>) com estrato de topo ondulado	Estrutura de Tempestito médio a distal
		Siltito médio	arroxeadado	laminação incipiente	
III	Folhelho	fino a muito fino	Marrom acastanhado	laminação Plano paralela	Decantação
IV	Intercalação Centimétrica entre	Siltito arenoso	avermelhado	laminação plano-paralela com estrato de topo plano	decantação/maré
		Siltito médio	arroxeadado	laminação incipiente	
Va	Intercalação centimétrica enter	Siltito médio a grosso	arroxeadado	laminas e lentes ondulada	Tempestito médio a proximal lenticulares – Flaser- <i>mHCS</i>
		Arenito médio	esbranquiçado	Camadas onduladas	
Vb	Intercalação centimétrica entre	Siltito médio a grosso	arroxeadado	laminas e lentes ondulada	Tempestito médio
		Arenito fino carbonático	Esbranquiçada	Camadas com topo ondulado recobertas por <i>bone bed</i> – <i>wave bedding-mHCS</i>	
VIa	Intercalação Centimétrica Entre	Siltito fino	vermelho	Maciça	Tempestito distal
		Siltito grosso arenoso	vermelho rosado	<i>MHCS</i> com Estratos de Topo plano	
VIb carbonático	Intercalação Centimétrica Entre	Siltito fino com alguns núcleos esverdeados	vermelho	Maciça ou plano-paralela	Tempestito médio a distal
		Siltito grosso arenoso	vermelho rosado	<i>MHCS</i> com estratos de Topo plano pouco maiores que na fácies VIa	
VIc pouco mais arenosa que VIa, carbonática e com muitos núcleos esverdeados	Intercalação Centimétrica entre	Siltito fino	vermelho	Maciça	Tempestito médio a distal
		Siltito grosso arenoso	vermelho rosado	<i>MHCS</i> com Estratos de Topo plano	
VII	Siltito com muita alteração	Material Argilo- arenoso fino	Vermelho, alaranjado, rosado, esbranquiçado	Obliteradas pela alteração	-----
VIIIa	Intercalação Centimétrica entre	Siltito grosso	avermelhado		ondas de tempestade média a proximal
		Arenito muito fino pouco carbonático	vermelho rosado, esbranquiçado	Acamamento ondulado “ <i>wave bedding</i> ” e <i>m HCS</i>	
VIIIb	Intercalação Centimétrica entre	Arenito muito fino carbonático	avermelhado/ esbranquiçado	Acamamento ondulado “ <i>wave bedding</i> ” e <i>HCS</i>	tempestade média à proximal
		Siltito médio	arroxeadado	Laminação incipiente	
VIIIc	Arenito Carbonático	Médio	esbranquiçado	<i>HCS</i> , herringbone e marcas de ondas	Temp. prox/canal de maré

m HCS – Estrutura sedimentar do tipo micro hammoky.

perfil, o que pode provocar variações de plasticidade na massa cerâmica se os trabalhos de homogeneização não forem bastante eficientes. Salvo os bancos.

inferiores, esta mina é menos arenosa que as demais, porém conta com níveis que possuem grande concentração de carbonatos.

Os difratogramas obtidos das colunas em estudo mostram uma predominância geral de illita entre os argilominerais, porém é comum a associação com caulinitas e esmectitas.

Ainda que as variações nos tipos de argilominerais possa estar ligada com os paleoambientes de sedimentação, nota-se que existe um forte controle dos processos de alteração supergêna nas associações encontradas. Portanto é necessário um estudo específico do tema para definir a influência de cada fator genético, nas associações de argilominerais encontradas.

Este estudo pode ser de grande utilidade nos aspectos ligados à prospecção e a lavra destes materiais visando o seu emprego na indústria cerâmica.

Conclusões

As colunas apresentadas são auto-explicativas e, portanto não foi feita neste trabalho uma explanação extensa sobre os dados apresentados, mas apenas destacados os pontos mais importantes que são sistematizados a seguir:

1. As três jazidas tomadas como ponto de partida neste trabalho de mapeamento regional, estão distribuídas ao longo da principal faixa de afloramentos utilizadas pelas cerâmicas de revestimentos da região, o que faz com que os resultados apresentados sejam representativos dentro do contexto de aproveitamento econômico deste material;
2. Constatou-se que, ao contrário do que é normalmente afirmado, fácies muito arenosas podem aparecer tanto a norte, quanto a sul da cidade de Rio Claro, uma vez que a mina Cruzeiro, está cerca de 30-40 Km a sul;
3. Existe uma tendência marcante de engrossamento granulométrico em direção ao topo dos pacotes mapeados, que marca a antiga divisão da Formação Corumbataí em Formação Serra Alta (mais pelítica) e Formação Corumbataí (mais arenosa);
4. Como a divisão acima realmente existe e foi constatada em campo, e ela é de grande importância com relação ao uso, reabre-se a discussão para que a mesma volte a ser utilizadas, ao menos na categoria de “membros”, uma vez que poderá auxiliar na compartimentação da formação visando seu emprego cerâmico;
5. As possíveis correlações sugeridas até o momento como a passagem citada acima e as litofácies muito arenosas e tempestíficas do topo da coluna Cruzeiro e base da Coluna Tutte são apenas uma tentativa preliminar necessitando mais dados para confirmação, e no caso da última

confirmar-se poderia indicar que o topo da coluna Cruzeiro, não é o topo da formação, mas apenas um limite de paraseqüência;

6. A presença de carbonatos, com distribuição controlada pela estratigrafia ou por venulações e preenchimentos ou ambos, é conspícua nos pontos estudados, e deve ser ponto de especial atenção na caracterização das minas, de forma a favorecer o plano de lavra e a homogeneização do material, com teores de carbonatos controlados;
7. O agrupamento obtido das litofácies delimitadas, em Assembléias de fácies, foi o seguinte: **A** – argilosas; **B** – areno-pelíticas; **C** moderadamente arenosas; e **D** – muito arenosas. O índice **C** é usado para indicar o caráter carbonático;
8. Os processos de alteração recente também são geradores de heterogeneidades, que podem ser fonte de problemas, como variação na plasticidade da massa, o que influi diretamente nas variações de densidade do corpo a verde, podendo acarretar problemas na qualidade do produto final cerâmico;
9. Os resultados cerâmicos de cada unidade são apresentados na parte 2 deste trabalho, neste mesmo congresso.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelo apoio técnico e financeiro oferecido. Ref. Proc. FAPESP (99/00 364-3), ao CNPQ Proc. 140634/1999-1, e a UNICER - União Cerâmicas Ltda.

Referências Bibliográficas

1. Christofolletti, S.R.; Masson, M.R.; Thomazella, H.R.; Fugie, A.; Moreno, M.M.T.; Valarelli, J.V.; Mapeamento e caracterização geológica/tecnológica da Formação Corumbataí com vistas ao seu emprego na indústria de revestimentos cerâmicos - *Parte II - Caracterização tecnológica e sua correlação com a geologia*. 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica. São Pedro (SP).
2. Christofolletti, S.R.; Moreno, M.M.T.; Valarelli, J.V.; Souza, P.E.C., Variação da capacidade de troca catiônica (CTC), em função da mineralogia das argilas. (no prelo).
3. Farinaccio, A.; Motta, J.F.M.; Tanno, L.C.; Valarelli, J.V.; Moreno, M.M.T. Distribuição das lavras de argila para cerâmica vermelha e de revestimentos no município de Rio Claro.- In: Simp. Geologia do Sudeste Penedo/Itatiaia RJ, pp. 425-427.
4. Masson, M.R.; Thomazella, H.R.; Zanardo, A.; Moreno, M.M.T.; Valarelli, J.V. Os principais defeitos cerâmicos, suas causas e possíveis medidas corretivas ligadas à lavra e ao beneficiamento das matérias-primas utilizadas pelo Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes – Cordeirópolis (SP). Atas do V Sim-

- pósio Geologia. Do Sudeste, Penedo – Itatiaia (RJ). (1997) pp. 440-442.
5. Thomazella, H.R. A Influência do Sazonamento nas Características Mineralógicas, Fisico-Químicas e Tecnológicas das Argilas para Cerâmica Vermelha na Região de Rio Claro (SP). Dissertação de Mestrado – IGCE/UNESP. Rio Claro – SP. (1999). 95p.
 6. Masson, M.R.; Thomazella; H.R.; Zanardo, A.; Moreno, M.M.T.; Valarelli, J.V. 1997. Os Principais Defeitos Cerâmicos, suas Causas e Possíveis Medidas Corretivas Ligadas à Lavra e ao Beneficiamento das Matérias-Primas Utilizadas pelo Pólo Cerâmico Santa Gertrudes - Cordeirópolis. *In*: Simpósio de Geologia do Sudeste Penedo/Itatiaia RJ, pp.440-442.
 7. Masson, M.R.; Zanardo, A.; Valarelli, J.V.; Moreno, M.M.T. 1998. Contribuição ao Estudo das Bolhas Negras que Surgem como Defeitos em Revestimentos de Cerâmica Vermelha. *In*: 42º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Poços de Caldas, pp.266-299.
 8. Christofolletti, S.R., Masson, W., Mijolaro, W., Moreno, M.M.T., Valarelli, J.V. - Os principais contaminantes minerais das rochas sedimentares da Formação Corumbataí, e sua influência na matéria-prima cerâmica. Neste Congresso. 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica. São Pedro (SP).
 9. Oliveira Souza, M.H. (1999). Utilização das rochas da Formação Irati como aditivos na massa cerâmica de revestimento do pólo de Santa Gertrudes. Rio Claro. Dissertação de Mestrado, IGCE-UNESP, 149p.
 10. Masson, M.R.; Thomazella, H.R.; Christofolletti, S.R.; Zanardo, A.; 2000b. Análise Estatística Multivariada Aplicada ao Mapeamento Regional e Caracterização/Compartimentação de Jazidas de Matérias-Primas para Revestimentos Cerâmicos Via Seca. Cong. Br.Cer. São Pedro – SP. (no prelo).