Universidade Estadual Paulista
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
"Campus de Rio Claro"

ESTUDO DE UM DEPÓSITO DE ARGILA *BALL CLAY* DE TAMBÁU (SP), PARA APLICAÇÃO NA INDUSTRIA CERÂMICA DE REVESTIMENTOS.

Helber Roberto Thomazella

Orientador: Prof. Dr. Antenor Zanardo

Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional, para obtenção do Título de Doutor em Geociências.

Rio Claro (SP)

2003

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Carlos Bressiani

Prof. Dr. Paulo Miranda de Figueiredo Filho

Profa. Dra. Maria Margarita Torres Moreno

Dr. Marcos Roberto Masson

Prof. Dr. Antenor Zanardo (orientador)

Autor

Helber Roberto Thomazella

Rio Claro, 28 de Novembro de 2003

Malu mãe, Jaime pai, Erica, Milena, Érica e
Especialmente, ao pequeno Luca.

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho representa a satisfação de findar um período de dificuldade, esforço, suor, paciência e muita fé. Meu e dos muitos que me acompanharam de perto.

Ao Prof. Antenor, orientador, amigo, incentivador maior. Muito obrigado.

À Universidade Estadual Paulista - UNESP, através Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE. Aos Amigos do Grupo Qualidade em Cerâmica Vermelha. E em especial memória ao Prof. Valarelli, idealizador e fundador deste grupo.

Ao professores Jairo e Margarita. Aos Amigos Adilson, Claudinho, Paco, Alan, Wladimir, Mirtis, do corpo técnico. Aos colegas Anderson, Carol, Aninha, Paulão, Wendel, e Chico Motta. E aos demais professores e funcionários

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

A Villagres, empresa de ponta também em consciência da importância da pesquisa científica. Aos Srs. Vanderli e Douglas. E também a Michel e kiko, Rui, Ricardo, Tati, Simone, Simoni, Pia, Paulinho, Cristian, João, Juninho, Sérgio, Leo, Marcelo, Silvio, Laerte, etc.

Aos meus queridos amigos da D3, Gustavo, Rose, Sérgio, Geovana, Kelson, Mario, Diego, Ike, Brike, Xuxa e a galera toda que destrói.

Aos “parceiro” do Jeep Clube, Casão, Luis, Nelson, Carlinho, Palotta, Camão, Fabinho, Ricardo, Edinho e em especial ao Mingo, nosso maluco beleza e que hoje nos falta. E todos não citados e nem por isso menos importantes.

A minha família, meu firme alicerce. Mãe, Pai, Milena, Érica, Erica e o Luca. Também a Hugo, Gleidy, Nicolás, Karen, Beto, Jocy, Ize, Priscila. E a Tita, Chucky, Bony, Tango, Luna, Buda, Pingo, Loro e Pirita.

Agradecimentos imensuráveis a Masson, Sandrão, Marcel, Pirajú, Líneo, Juninho, Torrinha,

A todos enfim, que de alguma forma me emprestaram sua luz, quando minha vela havia terminado.

ACREDITE! TENHA FÉ!

SEMPRE...

SUMÁRIO

Índice *i*

Índice de Figuras *iv*

Índice de tabelas *vi*

Resumo *vii*

Abstract *viii*

1. INTRODUÇÃO *1*

2. OBJETIVOS *5*

3. METODOLOGIA *6*

4. REVISÃO DOS CONHECIMENTOS *9*

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS *52*

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS *90*

7. CONCLUSÕES *93*

8. BIBLIOGRAFIA *94*

ANEXO I - Mapa

ANEXO II - Metodologia

ANEXO III - Fluxograma do Processo Cerâmico

ANEXO IV - Difratogramas

ANEXO V - Propriedades Cerâmicas

ANEXO VI - Perfis de Sondagem

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO 01

1.1 - ASPÉCTOS GERAIS 01
1.2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA 03

2 - OBJETIVOS 05

3 - METODOLOGIA 06

3.1 - ASPECTOS PRELIMINARES 06
3.2 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA 06
3.3 - ATIVIDADES DE CAMPO 06
3.4 - CARACTERIZAÇÕES MINERALÓGICAS E QUÍMICAS E CERÂMICAS 08

4 - REVISÃO DOS CONHECIMENTOS 09

4.1 - ASPECTOS ECONÔMICOS DO SETOR DE REVESTIMENTOS 09
4.2 - PROCESSO CERÂMICO 11
4.2.1 - Fabricação de Pisos e Revestimentos – Aspectos Tecnológicos 12

A) Preparação da Massa 15
A1)Composição da Massa 15
A2) Moagem 15
A3) Atomização 16
B) Prensagem 16
C) Secagem 17
D) Preparação de Esmaltes 17
E) Preparação de Pastas 18
F) Esmaltação 19
G) Queima 19
H) Escolha do Produto Cerâmico Final 21
H1) Seleção Visual 22
H2) Classificação Geométrica 22
I) Inspeção da Qualidade 22

4.2.2 - Matérias-primas Cerâmicas 22

A) Argilas 22
B) Outras Matérias-Primas 24
B1) Feldspatos 24
B2) Carbonatos 25

B3) Talco 27

4.3 - ASPECTOS FISIOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS 27

4.4 - SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS GEOLÓGICOS 31
4.4.1 - Generalidades 31
4.4.2 - Aspectos Geológicos Regionais 33

A) PRÉ-CAMBRIANO 33
A1) Complexo Guaxupé e Grupo Caconde 36
A2) Complexo Barbacena 37
A3) Greenstone-Belt Morro do Ferro 38
A4) Grupos Araxá, Andrelândia e São João Del Rei 39
A5)Grupo Amparo 40
A6) Grupo Itapira 41

B) PALEOZÖICO 41
B1) Subgrupo Itararé 41
B2) Formação Tatuí 43
B3)Formação Corumbataí 44
B4) Formação Pirambóia 46

C) MESOZÖICO 47
C1) Rochas Básicas 47
C2) Complexo Alcalino de Poços de Caldas 47

D) CENOZÖICO 48
D1) Coberturas Cenozóicas ou Formação Rio Claro 48
D2) Depósitos Aluvionares 48

4.4.3 - Tectônica e Sedimentação 49

5 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 52

5.1 - GENERALIDADES 52
5.2 - ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCAIS 52
5.3 - TIPOLOGIA DOS MATERIAIS 55
5.4 - MINERALOGIA 58
5.5 - GÊNESE DA JAZIDA 61
5.6 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 65
5.7 - PLASTICIDADE 67
5.8 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CERÂMICAS 69
5.8.1 - Desempenho de Moagem 69
5.8.2 - Determinação das Propriedades Cerâmicas 72
5.9 - UTILIZAÇÃO COMERCIAL DAS ARGILAS ESTUDADAS 76
5.9.1 - Utilização Para Engobes 77
5.9.2 - Utilização Para Massas 79
5.10 - ANÁLISE DE COMPOSIÇÕES DE MASSA 83
5.11 - AVALIAÇÃO QUANTITATIVA 88

6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS **90**

7 - CONCLUSÕES **93**

8 - BIBLIOGRÁFIA **94**

ANEXO I - Mapa

ANEXO II - Metodologia

ANEXO III - Fluxograma do Processo Cerâmico

ANEXO IV - Difratogramas

ANEXO V - Propriedades Cerâmicas

ANEXO VI - Perfis de Sondagem

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa simplificado de acesso à área. A linha em vermelho representa o trajeto a partir da capital **04**

Figura 2 - Metodologia utilizada. Os ensaios de caracterização dos materiais argilosos e as composições de massa massas foram baseados na proposta de Souza Santos (1989). **07**

Figura 3 - Mapa de localização dos 3 maiores pólos cerâmicos do Estado de São Paulo. **12**

Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação de pisos e revestimentos, por processo de atomização (moagem a úmido e secagem por *spray drier*). **14**

Figura 5 - Principais depósitos de argilas *Ball Clay* inglesas e suas composições mineralógicas. **25**

Figura 6 - Compartimentação do relevo no estado de São Paulo. **32**

Figura 7 - Mapa geológico Regional. Modificado da Carta Geológica do Projeto Sapucaí, escala 1:25.000 – Folha de Ribeirão Preto (Cavalcanti, 1979). **35**

Figura 8 - Foto Mostrando o contato da bacia com o embasamento cristalino. O sedimento é um siltito laminado e avermelhado, com pequenas marcas onduladas nas lentes arenosas. O embasamento é representado um granitóide semi-alterado. Localização: Rodovia Casa Branca – Mococa, Km 172. **53**

Figura 9 - Foto Mostrando arenito com vários níveis conglomeráticos. A coluna deste ponto encontra-se mais detalhada em anexo (anexo VI). **54**

Figura 10 - Vista do leito do Rio Pardo a jusante. Neste trecho o rio tem aproximadamente 60 metros de largura. Ponto 45. **54**

Figura 11 - Mapa Geológico da Região de São Simão e Tambaú (SP). Modificado de Tanno *et. al*., 1997 e Folha de Ribeirão Preto (SF.23-V-C) escala 1:250.000. Projeto Sapucaí (Cavalcanti *et al.,* 1979). **55**

Figura 12 - Modelagem em 3D mostrando o largo vale do Rio Pardo na área de estudo. **56**

Figura 13 - Fotos da área da várzea, mostrando seu relevo plano e extenso, A) Vista para SE a partir do ponto 31. B) Vista para N a partir do ponto 16. C) Vista para NE a partir do ponto 31. D) Vista para W a partir do ponto 30. E) Vista para E a partir do ponto 10. F) Vista para E nas proximidades do ponto 44. **57**

Figura 14 - Perfil AB mostrando as sucessões sedimentares na área de estudo. **63**

Figura 15 - Resultados da análise de amostra total por fluorescência de raios x. **66**

Figura 16 - Caulins espanhóis e ingleses para fabricação de massas cerâmicas brancas (% em peso) Barba *et al.* (1997). **68**

Figura 17 - Constituintes químicos em porcentagem, de argilas plásticas de queima branca comercializadas no Estado de São Paulo. **68**

Figura 18 - Foto dos corpos de prova queimados. Observar as cores de queima para os diferentes tipos de argilas testadas. **75**

Figura 19 - Média dos principais índices físicos das argilas estudadas. Absorção de água, (AA), Reatração de queima (RQ), MRF (Módulo de Ruptura a Flexão) e PF (Perda ao Fogo). **77**

Figura 20 - Placas com aplicação de engobe formulado com argilas de testes. **80**

Figura 21 - Localização dos grupos de seleção das amostras constituintes dos *blends* das amostras-base 1,2 e 3. **81**

Figura 22 - Composição química entre as amostras utilizadas como referência para o desenvolvimento do minério, e as três argilas do mercado paulista. **82**

Figura 23 - Corpos de prova das amostras AB-1, AB-2 e AB-3 comparadas as principais argilas do mercado paulista. **83**

Figura 24 - Critérios para seleção de matérias-primas para fabricação de suportes cerâmicos. Barba *et al*. (1997). **83**

Figura 25 - Corpos de provas mostrando as cores das matérias-primas utilizadas para complementar as formulações de massa. FL – Filito, AT – Argila Taguá, AP – Argila Plástica e AL – “Argila” Leucítica. **85**

Figura 26 - Corpos de prova das formulações cerâmicas. **88**

Figura 27 - Mapa da área mostrando as seções para cálculo do depósito. **89**

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking dos países produtores. **10**

Tabela 2 - A evolução da produção brasileira, dos mercados interno e externo e o faturamento. **11**

Tabela 3 - Produção nacional por seguimento regional. **11**

Tabela 4 - Mecanismos de aumento da resistência durante ao processo de secagem. **18**

Tabela 5 - Classificação das argilas. Apresentada por Barba *et. al.* (1997). **26**

Tabela 6 - Distribuição mineralógica das argilas estudadas. **59**

Tabela 7 - Resultado da análise microscópica da fração silte e areia muito fina em porcentagem de grãos contados. **60**

Tabela 8 - Resultados de determinação da plasticidade para algumas amostras da argila estudada. **67**

Tabela 9 - Plasticidade para diferentes minerais argilosos em estado puro, segundo Barba *et al.* (1997). **69**

Tabela 10 - Resultados da etapa de moagem para preparação dos corpos de prova, para algumas amostras testadas. **71**

Tabela 11 - Resultado de caracterização do material pesquisado. **72**

Tabela 12 - Composições químicas em porcentagem, das principais argilas comerciais para composições de engobe. JP2 – Magnesita SA. – Mogi das Cruzes. São Simão –Estiva Refratários Ltda **77**

Tabela 13 - Formula padrão de engobe, para verificação da utilização das argilas. **78**

Tabela 14 - Argilas selecionadas para testes de engobe e seus resultados de moagem. **79**

Tabela 15 - Resultados cerâmicos das amostras-base. **81**

Tabela 16 - Requisitos para materiais argilosos para uso em massa de queima branca, segundo Barba et al. (1197). **84**

Tabela 17 - Matérias-primas utilizadas para composições de massa de teste. **85**

Tabela 18 - Formulação orientativa para massa de pavimentos gresificados. Barba *et al.* (1997) **86**

Tabela 19 - Composição química em porcentagem, dos materiais utilizados para as formulações. **86**

Tabela 20 - Composição química em porcentagem, das formulações de massa desenvolvidas. **87**

Tabela 21 - Resultados cerâmicos das formulações de massa. **88**

Resumo

Este estudo trata de aspectos ligados a duas grandes áreas do conhecimento científico, a geologia e a ciência dos materiais, em especial a área cerâmica. A arte de se fazer cerâmica representa a tangência entre estas duas ciências. O ponto do trabalho principal é a descrição e a avaliação de um depósito de argila plástica branca, também conhecida como *ball clay*, na região de Tambaú (SP), às margens do Rio Pardo. Este tipo de argila tem especial utilidade da industria cerâmica de revestimentos, atuando como componente suspencionante, plastificante e clareador de massas fabricadas por processo via úmida. Também pode ser um nobre componente para fabricação de engobes. O depósito estudado é uma extensa várzea, cujo rico depósito contém argilas plásticas comparáveis as argilas hoje disponíveis e abastecendo o parque industrial de revestimentos do sudeste brasileiro. Os estudos mineralógicos revelaram aspectos interessantes sobre áreas fontes para estes sedimentos e aspectos ligados à deposição destas argilas. Os ensaios individuais e de formulação mostraram o desempenho das argilas estudadas, e quando comparadas às argilas disponíveis no mercado, mostraram a sua viabilidade técnica com qualidade destacada.

Abstract

This study deals with aspects linked to two great areas of knowledge: Geology and The Science of Materials, particularly the ceramic. The art of making ceramic represents the tangency between these two sciences. The main point of this work is the description and the evaluation of the white plastic clay deposit; also know as ball clay, in the region of Tambaú (SP), on the riversides of the Pardo River. This kind of clay has a special utility in the ceramic industry of revestment, acting as a suspending, molding and bleaching component of powders made throughout a spray drayer process. It can also be a noble component of making engobe. The deposit studied is a locate on de vast, low and flat land alongside the river whose rich deposit contains plastic clay compared with the clay which is available and supplies the revestment industries in southeast Brazil. The mineralogical studies reveal interesting aspects about areas which are sources for these sediments and aspects concerning this clay deposition. The individual and formulation tests have shown the studied clay performance, and when is already in the market, the studies have shown its technical feasibility with distinguished quality.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ASPECTOS GERAIS

No mercado mundial de pisos e revestimentos cerâmicos, o Brasil ocupa lugar de destaque entre os maiores produtores, (Itália, Espanha e China), apresentando contínuo crescimento no panorama produtivo internacional.

Graças aos avanços tecnológicos das duas últimas décadas, a capacidade produtiva do setor aumentou muito, sendo a China o país que apresenta o maior crescimento nos últimos 5 anos.

A preocupação com a produção em massa prejudicou, em parte, a imagem dos produtos brasileiros no exterior pois, enquanto outros países buscavam um produto final de boa qualidade, aliando este mesmo avanço tecnológico com pesquisas de ponta e parcerias entre instituições de pesquisa e empresas, as empresas brasileiras se fixavam, basicamente, em produzir quantidades cada vez mais elevadas, e a custos mais baixos, em detrimento da qualidade como um todo.

O caso espanhol pode ser tomado como exemplo, pois uma parceria entre o *ITC - Instituto de Tecnologia Ceramica* e a *Associación de Investigación da las Industrias Ceramicas*, trouxe enormes benefícios ao Pólo Cerâmico de *Castellón*, fortalecendo o setor e melhorando a qualidade dos produtos.

A prática brasileira da produção em massa viabilizou-se, em parte, devido à instabilidade política do país e ao consumo relativamente elevado dos produtos que não enfrentavam concorrência externa à altura. No entanto, nos últimos anos, esse quadro vem se transformando com a globalização, que leva as empresas brasileiras a se defrontarem com um mercado externo altamente competitivo.

Uma nova visão vem alterando esse horizonte e as empresas brasileiras estão se empenhando na busca de tecnologia de processamento, caracterização e desenvolvimento de matérias-primas e aperfeiçoamento de seus recursos humanos, para melhorar a qualidade dos seus produtos. Essas medidas constituem os primeiros passos estratégicos para se alcançar os principais concorrentes tornando-se, assim, competitivas tanto no mercado interno quanto no externo.

Devido à importância da região de Santa Gertrudes-Cordeirópolis no setor de revestimentos cerâmicos, em termos nacionais, tornam-se necessários cada vez

mais, estudos e parcerias que alavanquem o desenvolvimento, como novas técnicas de processamento, melhor caracterização de suas matérias-primas e aprimoramento de recursos humanos**.**

Atualmente, algumas indústrias nacionais possuem qualidade comparável à dos mais tradicionais do setor, e neste sentido, a indústria da região vem tentando adaptar-se a este mercado competitivo, buscando, ainda que timidamente, a melhoria da qualidade e, principalmente, a redução de custos de produção.

Além de todas as ações e técnicas, no que diz respeito ao processo de fabricação, desenvolvidas e aplicadas pelas empresas para redução de custos e melhorias para garantir esta qualidade no processo produtivo, sabe-se que a proximidade das fontes de matéria-prima é um dos fatores básicos para garantir um custo operacional baixo.

A existência desse pólo e, especialmente, o seu vertiginoso crescimento se deve à abundância e qualidade de matérias-primas, provenientes da Formação Corumbataí, que possibilitam a produção de revestimentos cerâmicos pelo processo de via seca, portanto com custos mais baixos de produção. Em contra-partida, devido a estes aspectos, as indústrias que produzem por via úmida têm uma grande necessidade de competitividade e diversificação, e necessitam destas e de outras matérias-primas, em especial as plásticas e de queima branca. Assim, a pesquisa e caracterização destes e outros materiais semelhantes próximos é de extrema importância para o desenvolvimento deste mesmo pólo, e até dos demais.

Também fica evidente a importância de projetos que possam contribuir para otimizar e racionalizar ao máximo a utilização das matérias-primas, para que sejam atendidas as exigências de qualidade que o mercado atual necessita, e com o mais baixo custo de produção.

A produção de cerâmica de massa “branca”, na região de Santa Gertrudes, parece ter estabilizado seu crescimento. Porém, uma tendência à diversificação de produtos, como as massas monoporosa e porcelânica, pode alavancar uma retomada no crescimento para as empresas que produzem com massa atomizada.

Uma das maiores carências, no momento, em relação às matérias-primas cerâmicas é a de argilas plásticas com queima branca (“argila branca” ou “argila de várzea”), e este trabalho discute sobre as particularidades destes materiais, tanto

geológicas quanto tecnicamente, com o objetivo de contribuir para o seu aproveitamento racional, na extração e na indústria.

Esses tipos de argilas têm comportamento muito plástico e apresentam cores claras (do branco ao creme) quando queimadas, constituindo um importante componente dentro de formulações cerâmicas de processo atomizado, e como matéria-prima para outros produtos dentro do processo cerâmico (engobes, esmaltes, etc.).

No entanto, em outros produtos cerâmicos também se utilizam esses tipos de argilas, como em sanitários, porcelanas, porcelanas elétricas.

A identificação de depósitos desses tipos de argila, sua caracterização e o entendimento de seu comportamento cerâmico é muito importante, e espera-se com este estudo contribuir para isso.

1.2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo constitui uma planície de inundação na margem esquerda do Rio Pardo, no Município de Tambaú (SP) (figura 1). Esta várzea tem condições potenciais (técnicas e econômicas) ao abrigar um depósito de argila, de comportamento plástico e queima branca, para uso na fabricação de placas cerâmicas de revestimento por moagem a úmido e atomização.

Tambaú situa-se ao norte da capital do estado a uma distância aproximada de 262 km. Sua economia estrutura-se principalmente em atividades agrícolas e pecuárias, seguidas pela indústria, principalmente cerâmica, além de comércio e mineração.

Detentora de longa tradição no setor cerâmico a cidade de Tambaú possui um parque industrial voltado à cerâmica vermelha estrutural (tijolos, lajotas, telhas, manilhas etc.), Além disso, a região constitui também uma importante área extratora de matérias-primas que abastece o setor industrial cerâmico paulista e local com argilas de várzea, taguás, além de brita, areia e saibro para construção civil.

De Tambaú, pela **SP – 340**, que liga esta cidade a Mococa, percorre-se cerca de **28 km** até a Fazenda Mosquito, local onde foi realizado o estudo.

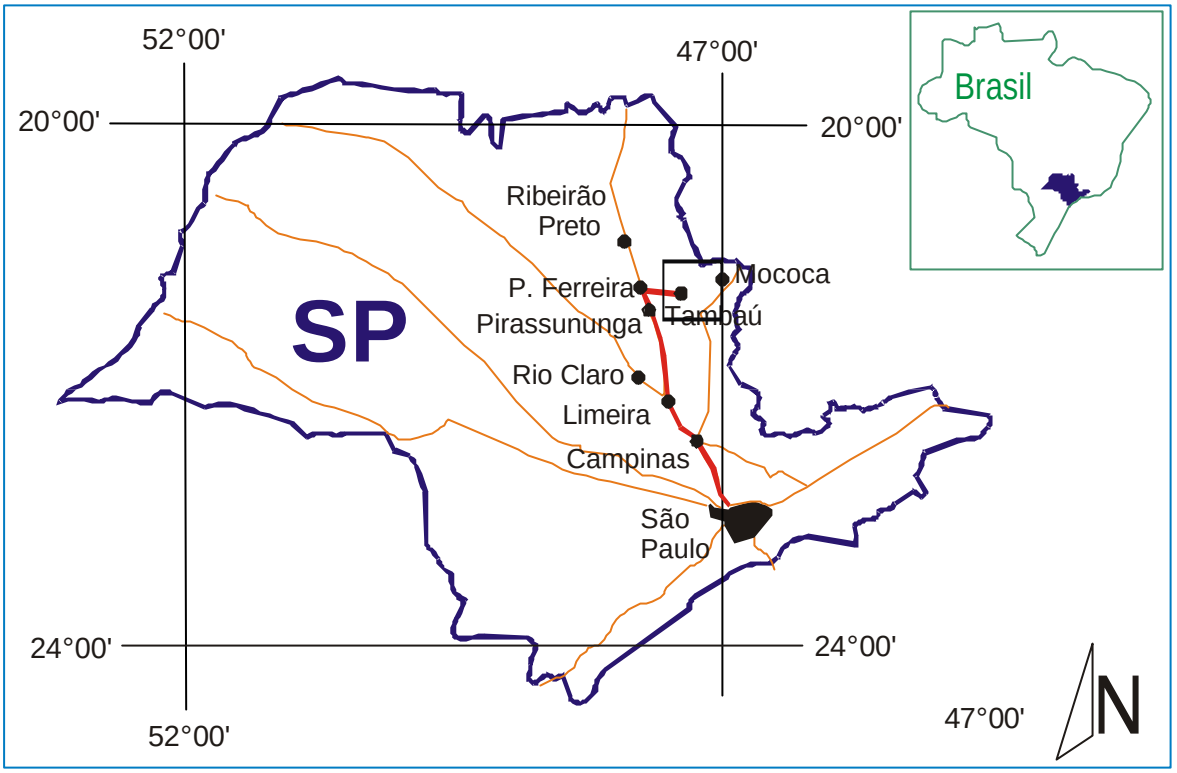


Figura 1 – Mapa simplificado de acesso à área. A linha em vermelho representa o trajeto a partir da capital.

2 – OBJETIVOS

Esta tese tem como objetivo principal a caracterização mineralógica, química, genética e tecnológica de um determinado depósito de argila plástica de queima clara, visando a sua utilização pelas indústrias cerâmicas de toda região sudeste, bem como o fornecimento de dados que fomentem ou direcionem a descoberta ou caracterização de novos depósitos similares na Depressão Periférica Paulista.

Por meio de análises químicas e testes para caracterização de propriedades cerâmicas, foi possível estabelecer a relação entre as características *in situ* das argilas estudada e seu comportamento industrial. Os resultados mostram um material de extrema flexibilidade de trabalho, com inúmeras possibilidades de *blends* e misturas, em que os benefícios para a indústria são evidentes do ponto de vista de estabilidade de propriedades, com ganhos de qualidade em curto prazo.

E ainda, por meio da elaboração de um modelo genético específico, torne-se claro diferenciar várzeas com argilas vermelhas das que contém argilas de queima brancas, para a região estudada, principalmente argilas de queima branca com certos teores de fundêntes.

O objeto de estudo trata-se de uma extensa várzea presente na margem esquerda do Rio Pardo, localizada no extremo norte do município de Tambaú (SP) a jusante da cidade de São José do Rio Pardo. Nessa várzea foi detectada a presença de argila plástica de queima branca, matéria-prima denominada no meio como “argila branca” ou “argila de várzea”, aproveitadas pelas indústrias paulistas de revestimentos que utilizam o processo de fabricação conhecido como via úmida ou atomização e, também, pelas que utilizam o processo via seca, neste caso para o acabamento (engobes e esmaltes).

3 – METODOLOGÍA

3.1 - ASPECTOS PRELIMINARES

Os dados obtidos e apresentados neste estudo resultaram da soma de métodos, ensaios e análises que englobam ensaios exclusivos para caracterização de materiais argilosos para uso em cerâmica, além de outras análises de apoio (químicas, mineralógicas, etc.) e também de pesquisa mineral (sondagem amostragem, etc.). As etapas basicamente foram: coleta de material, confecção de corpos de prova e caracterização química, mineralógica e para uso cerâmico.

Na figura 2 pode ser observado o conjunto das atividades realizadas para a execução do estudo.

3.2 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente foi preciso fazer um levantamento de dados da literatura sobre os vários aspectos abordados neste trabalho como, a geologia da região, aspectos geológicos locais, mineralogia das rochas e matérias-primas utilizadas, tecnologias e metodologias de caracterização e processamento de matérias-primas cerâmicas.

3.3 - ATIVIDADES DE CAMPO

O local da amostragem é uma área de várzea situada no município de Tambaú (SP), próximo ao limite com o município de Mococa (SP). A escolha do local foi resultado da análise de fatores como a importância de argilas de queima clara, para a produção de barbotinas e massas por processo atomizado e porque a área representa um depósito potencial, que pode ser mais um a abastecer o mercado paulista.

A amostragem constituiu-se de sondagem a trado manual até 4 metros de profundidade, locados topograficamente em uma malha de 400X400 metros, aproximadamente, como pode ser observado no mapa em anexo (ANEXO I). Eventualmente, algumas distorções nesta malha foram necessárias para poder

acomodar os furos em regiões onde a várzea é mais estreita, ou onde, por motivos diversos, a execução da sondagem a trado é impedida.

Durante a sondagem os poços foram acompanhados e descritos visando confeccionar perfis e determinar a geometria dos corpos encontrados. As informações levantadas, juntamente com dados da literatura sobre este tipo de depósito, serviram para construir um quadro genético do depósito.

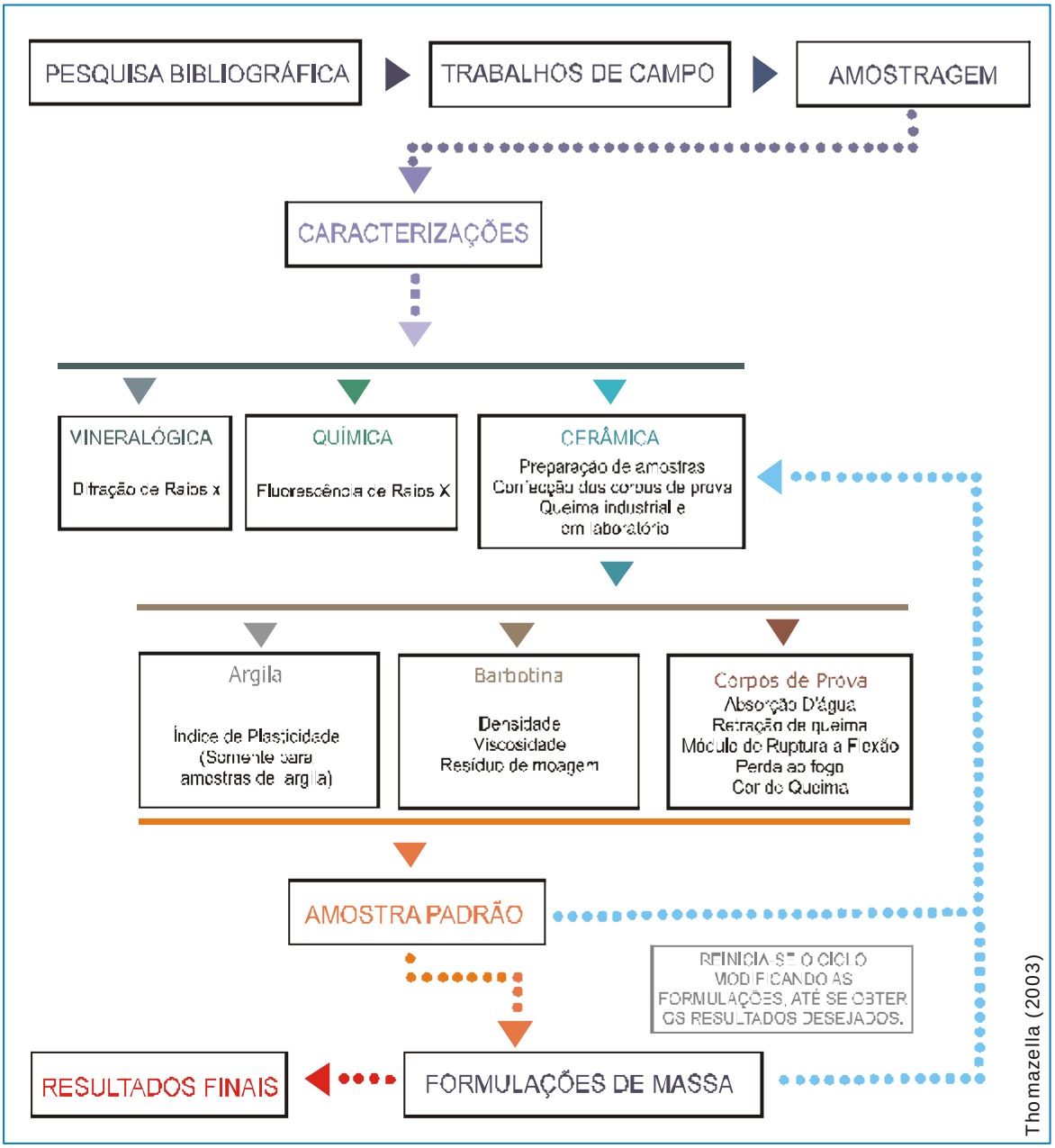


Figura 2 - Metodologia utilizada. Os ensaios de caracterização dos materiais argilosos e as composições de massas foram baseados na proposta de Souza Santos (1989).

Para cada furo realizado, a coleta de amostras foi definida de modo a se amostrar os níveis argilosos plásticos, independente de sua espessura. A amostra coletada representa toda a extensão da espessura de uma determinada fácies, definida no local, através das características e aspectos in natura, como cor, textura, plasticidade (qualitativa), etc.

3.4 - CARACTERIZAÇÕES MINERALÓGICAS, QUÍMICAS E CERÂMICAS

O conjunto de atividades realizado para a caracterização mineralógica, química e determinação das propriedades cerâmica, compreende análises e ensaios bastante conhecidos, assim podendo ser resumidos conforme apresentado a seguir:

CARACTERIZAÇÕES MINERALÓGICAS E QUÍMICAS.

- *Determinação mineralógica e quantificação por microscopia óptica*
- *Determinação mineralógica Por Difração de Raios X*
- *Análise Química Por Fluorescência de Raios X*

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES CERÂMICAS

- *Determinação do Índice de Plasticidade*
- *Desempenho de Moagem*
- *Ensaios de Amostras Individuais*
- *Amostra Padrão*
- *Desempenho em Formulação*
- *Determinação das Propriedades Cerâmicas:*

A) *Umidificação e Prensagem dos Corpos de Prova*
B) *Queima*
C) *Perda ao Fogo*
D) *Retração de Queima*
E) *Módulo de Ruptura a Flexão*
F) *Absorção de Água*
H) *Normatização*

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Em anexo, estes tópicos são discutidos em detalhes, onde são apresentadas fórmulas, aspectos conceituais e suas importâncias (ANEXO II).

4 - REVISÃO DOS CONHECIMENTOS

4.1 - ASPECTOS ECONÔMICOS DO SETOR DE REVESTIMENTOS

O segmento de cerâmica de revestimentos no Brasil é um dos mais importantes do setor e apresenta crescente desempenho tecnológico, sendo representado por 127 unidades industriais, o qual produziu revestimentos, pisos e pastilhas no montante de 428 milhões de m^2 em 1999, o que corresponde a 87% dos 492 milhões de m^2 de capacidade instalada nacional.

O Brasil, desde 1993, vem mantendo-se como 4º produtor mundial após a China, Itália e Espanha (tabela 1).

O valor da produção nacional atingiu, em 1999, a casa dos US$ 1,3 bilhões, com uma exportação de US$ 170 milhões, para 42,6 milhões de m^2 exportados.

O setor cerâmico nacional emprega diretamente 23.000/ano e seu parque industrial está dividido por processo produtivo em 40% para via seca e 60 % para via úmida.

No Brasil, o consumo *per capita* de pisos e revestimentos é algo em torno de 2,2 m^2/hab., enquanto na Itália é de 3,1; em Portugal, 4,9; em Taiwan e Espanha, 5,5. Nota-se um grande potencial de crescimento no país.

O Brasil vem melhorando sua participação no mercado externo e com perspectivas otimistas, pois enquanto Itália e Espanha exportam aproximadamente 78% do mercado mundial, a participação brasileira é de cerca de 5%. A América do Norte, a Europa e a América Latina, com exceção dos países do Mercosul compram aproximadamente 69% das exportações brasileiras. Os países do Mercosul ficam com 24% das exportações. (ABC, 2003).

Como se pode observar, a maioria dos países experimentou aumento na sua produção, no período de 1993 a 1998. Itália e Espanha aumentaram, juntos, 130 milhões de metros quadrados no ano de 1994 para 1995. A exceção ficou para o Brasil que, em 1995, teve queda de 10 % na sua produção neste mesmo período.

Em 1998 China, Espanha, Brasil e Turquia (esta última em menor escala) tiveram sua porcentagem de participação aumentada, no total da produção mundial. A Itália, por outro lado, diminuiu. O acréscimo na produção destes países foi em sua maior parte impulsionada pelo aumento nas exportações.

Tabela 1 - Ranking dos países produtores.

Ranking	País	Produção 1993 [1] milhões de m^2	Produção 1994[1] milhões de m^2	Produção 1995[1] milhões de m^2	Produção 1998[2] milhões de m^2	% da produção Mundial em 1995[1]	% da produção Mundial em 1998[2]
1	China	400	400	900	1400	26,9	33,0
2	Itália	453	510	562	589	16,8	13,9
3	Espanha	281	320	400	564	12,0	13,3
4	**Brasil**	**234**	**290**	**266**	**401**	**8,0**	**9,5**
5	Turquia	84	93	107	154	3,2	3,6
Subtotal						66,9	73,3
Produção Mundial (milhões de m^2)						3341	4240

Fontes: 1 - Revista Mundo Cerâmico, Ano IV, n. 33, 1997.
2 - ANFACER – Dados Estatísticos. 1999.

Na tabela 2 pode-se observar a evolução da produção dos mercados interno e externo e o faturamento nacional.

No período de 1996 a 1999, a porcentagem da capacidade produtiva instalada e utilizada permaneceu constante, porém a produção aumentou 27%, e com uma queda progressiva na taxa de crescimento.

O mercado interno experimentou um aumento 24% contra 52,7% do mercado externo. Estes valores mostram a importância que as exportações vem adquirindo neste setor industrial nacional, acompanhado por um aumento progressivo em seu crescimento.

A produção por segmento regional no Brasil pode ser observada na tabela 3, destacando que os valores regionais mostram a importância da região sudeste, seguida pela região sul, na produção nacional, pois juntas respondem por 75% da produção do país.

O Estado de São Paulo contribui de maneira importante nesta busca pela competitividade, uma vez que abriga três dos quatro maiores pólos cerâmicos de revestimentos do Brasil. São eles: o pólo cerâmico de Santa Gertrudes-Cordeirópolis, o pólo de Mogi-Guaçu, e o pólo da grande São Paulo (figura 3). O quarto maior pólo cerâmico encontra-se em Criciúma (SC).

Em 1997 o pólo de Santa Gertrudes-Cordeirópolis contribuía com 50 % da produção nacional de pisos e revestimentos apresentando uma produção de 10 milhões de m^2/mês e fechando este mesmo ano com uma capacidade instalada de 15 milhões de m^2/mês.

Tabela 2 – A evolução da produção brasileira, dos mercados interno e externo e o faturamento.

Ano	1996	1997	1998	1999	Obs.:
Capacidade Instalada	385,0	432,0	455,0	492,0	(milhões de m^2)
Utilização da capacidade	87,38	88,73	88,07	87,09	(%)
Produção nacional	336,4	383,3	400,7	428,5	(milhões de m^2)
Crescimento %		13,94	4,54	6,94	Média 8,4% aa
Mercado Interno – Vendas	309,1	339,8	358,7	383,3	(milhões de m^2)
Crescimento %		9,93	5,56	6,86	Média 7,4% aa
Mercado Externo	27,9	29,6	34,6	42,6	(milhões de m^2)
Crescimento %		6,09	16,89	23,12	Média 15,1% aa
Faturamento total	1650	1900	2100	2365	(milhões de R$)
Mercado Interno	1508	1740	1950	2065	(milhões de R$)
Crescimento %		15,38	12,07	5,90	Média 11,0% aa
Mercado Externo	142	150	155	170	(milhões de US$)
Crescimento %		5,63	3,33	9,68	Média 6,2% aa

Fonte: ANFACER – Dados Estatísticos. 1999

Tabela 3 – Produção nacional por segmento regional.

Segmentação Geográfica	Ano: 1999
Sudeste	58,00%
Sul	33,00%
Nordeste	6,00%
Centro-Oeste	2,00%
Norte	1,00%

Fonte: ANFACER – Dados Estatísticos. 1999 in: home-page ABC 2003.

4.2 - PROCESSO CERÂMICO

Este estudo trata de aspectos ligados a duas grandes áreas do conhecimento científico, a geologia e a ciência dos materiais (em especial a área cerâmica). A arte de se fazer cerâmica representa o ponto de tangência entre estas duas ciências, mas a existência de matéria-prima não é suficiente para se fazer cerâmica, por isso deve-se entender o comportamento destas matérias-primas, diante do processamento, a fim de que se atinjam as propriedades pretendidas.

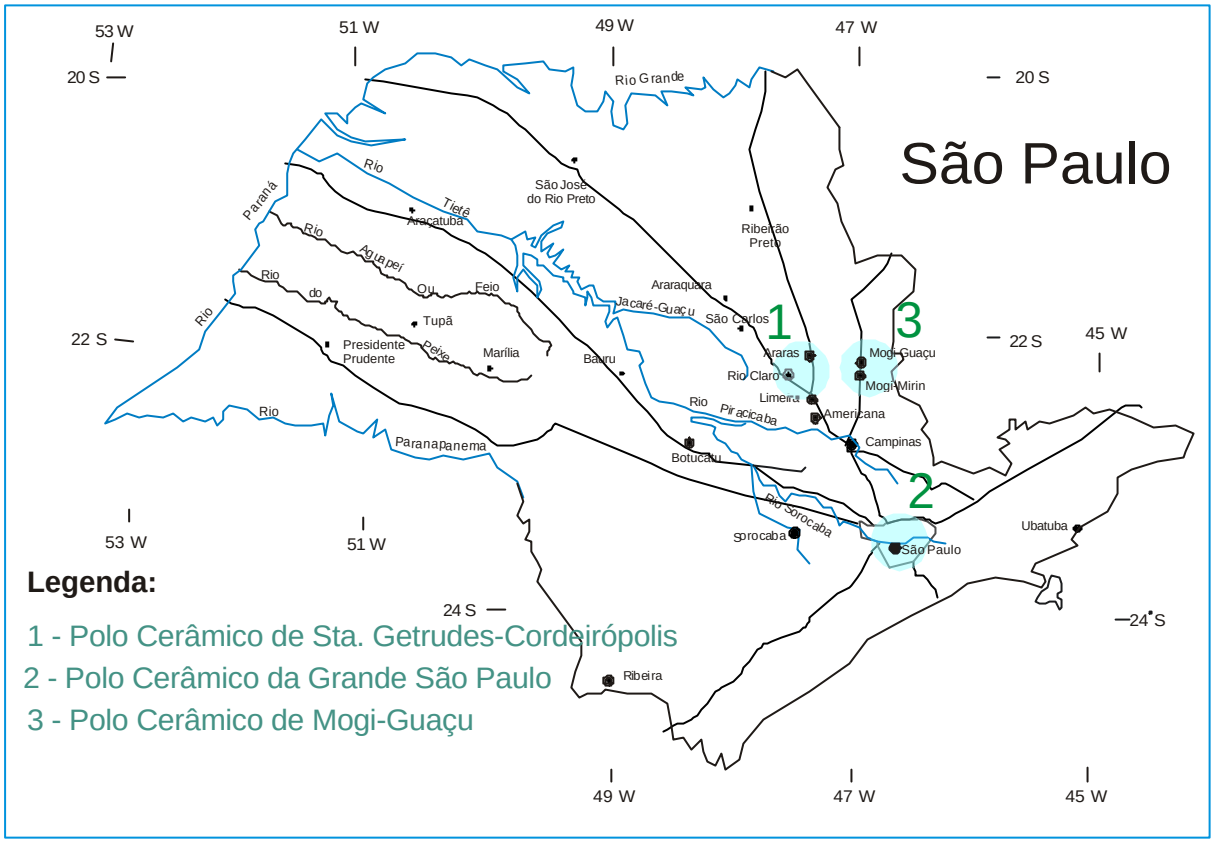


Figura 3 - Mapa de localização dos 3 maiores pólos cerâmicos do Estado de São Paulo.

Assim, enquanto a geologia se encarrega de descobrir depósitos e caracterizá-los a ciência dos materiais, estuda o processamento e comportamento das matérias-primas. Este intercâmbio sempre foi acompanhado de perto pela tecnologia, que recebe as informações e as devolve na forma de novas técnicas de caracterização de matérias-primas e de processamento.

Como este trabalho objetiva estudar matérias-primas com vistas ao emprego cerâmico, será importante comentar um pouco sobre o processo cerâmico em questão.

4.2.1 - Fabricação de Pisos e Revestimentos – Aspectos Tecnológicos

A palavra "cerâmica" é derivada do grego *kerameikos,* que significa "feito de terra" ou "terroso".

Esta palavra é facilmente associada a produtos, como: tijolos, telhas, ladrilho de pisos, manilhas, elementos vazados, cerâmica utilitária, entre outros, e aos processos de fabricação a estes associados que, no Brasil, chama-se de "cerâmica vermelha".

No entanto, esta palavra pode ser definida de várias formas. De modo geral, materiais cerâmicos são produtos fabricados a partir de matérias-primas, em geral não metálicas, naturais, beneficiadas (exemplos comuns são areia, argilas diversas e algumas rochas) e sintéticas (como alumina, óxidos metálicos, etc.).

Por meio de processamento adequado, as características dessas matérias-primas são alteradas em composição química e em suas fases cristalinas. Essa alteração se processa quando os materiais são submetidos a temperaturas elevadas para que propriedades úteis desejadas sejam obtidas.

As principais matérias-primas utilizadas pelas cerâmicas de pisos e revestimentos são os materiais argilosos ou argilas, encontradas com relativa abundância na natureza. O termo argila é usado para designar materiais não consolidados, por exemplo, argila de várzea, cujos constituintes mineralógicos apresentam-se em granulometria menor que 4μm, ou para se referir a alguma espécie mineral do grupo dos filossilicatos (argilominerais).

As principais etapas no processamento de materiais cerâmicos, visando a produção de pisos e revestimentos por processo atomizado, podem ser agrupadas simplificadamente, da seguinte forma:

I - Preparação da matéria-prima: é a etapa em que as matérias-primas são misturadas para comporem a massa ou pó. Esta etapa inclui a moagem e a atomização.

II - Conformação (moldagem) e esmaltação: é a etapa em que se confere ao pó preparado na etapa anterior o formato desejado por meio de prensagem, e em seguida são aplicadas as decorações (esmaltação, serigrafias, etc.).

III – Queima ou sinterização: nesta etapa as peças cerâmicas são aquecidas (queima) a altas temperaturas (de 1000 a até 1200 °C, dependendo do produto) com a finalidade de adquirirem as propriedades definitivas e desejadas de um produto cerâmico.

IV - Acabamento final e Classificação: dependendo do processo e produto utilizado, as peças queimadas podem ainda passar novamente por outra etapa de queima (produtos biqueima). Mas geralmente, após o processamento térmico, as peças são classificadas (bitolas e tonalidades) e são descartadas aquelas com defeitos (classificação).

Conhecer o comportamento das matérias-primas durante o processamento é

de vital importância para o desenvolvimento de novos insumos processos e produtos cerâmicos.

O Fluxograma do processo de fabricação de pisos e revestimentos é apresentado na figura 4 e, em seguida, são apresentadas as etapas segundo esta figura. Em anexo (ANEXO III) encontra-se o fluxograma mais completo do processo que poderá ser observado para maiores detalhes, incluindo controles de processos das propriedades importantes.

A seguir são apresentadas, detalhadamente, as etapas do processo de fabricação de cerâmica por via úmida.

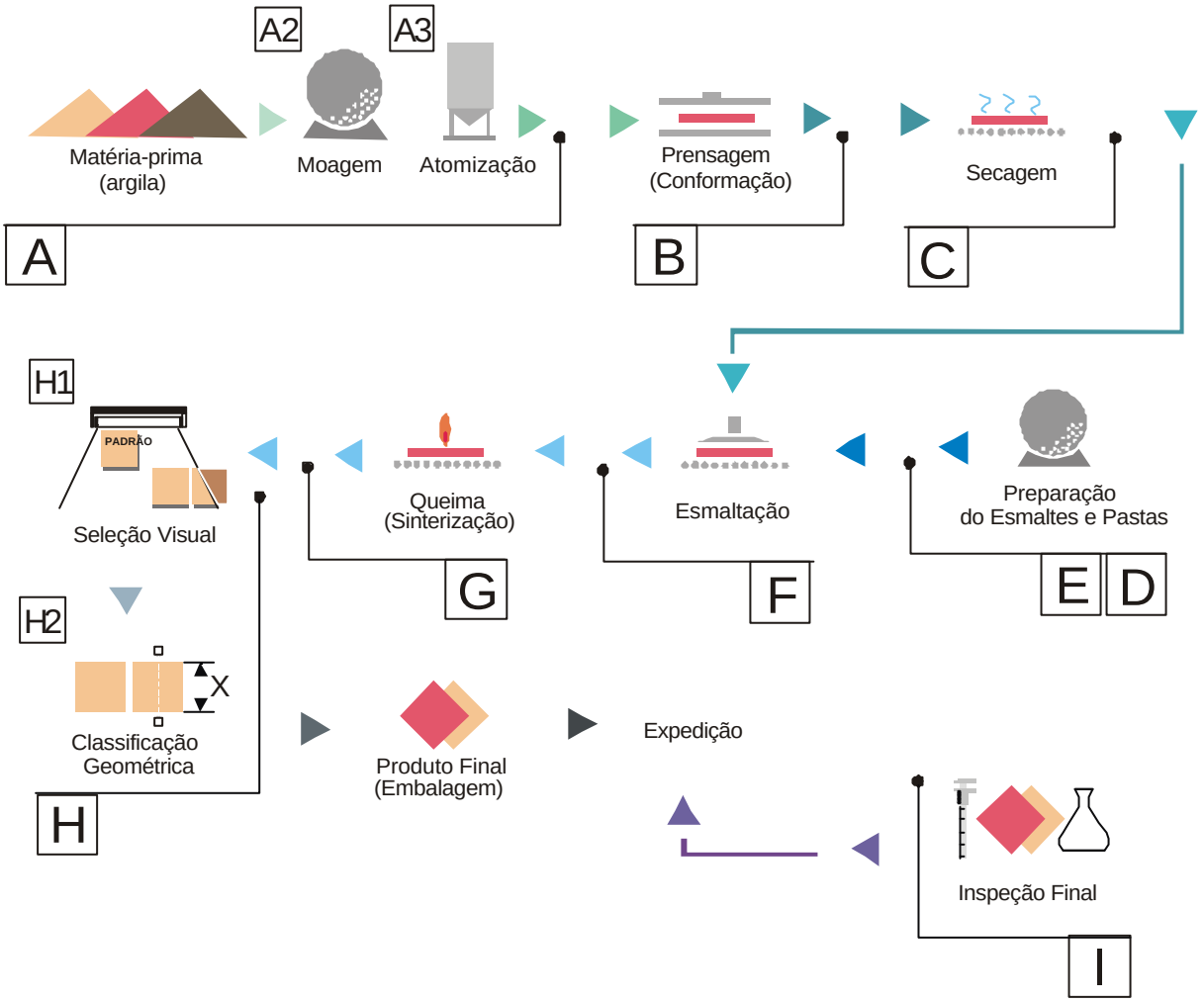


Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação de pisos e revestimentos, por processo de atomização (moagem a úmido e secagem por *spray drier*).

A) Preparação da Massa

O processo via úmida consiste na preparação de massa na presença de água, ou seja, as matérias primas são misturadas e moídas a úmido para, posteriormente, passarem pelo processo de atomização quando ocorre a retirada da água e formação de grânulos que compõem a massa atomizada. É um eficiente processo de preparação do pó, em comparação com a via seca, em que as argilas são moídas a seco. Além da composição de várias matérias-primas, o produto resultante do processo via úmida possui alta uniformidade.

A1) Composição da Massa*:* todo o processo de produção da base cerâmica se inicia com a formulação da massa, que é composta por várias matérias-primas, escolhidas de forma a obter o produto desejado, em proporções pré definidas a seco. Cada matéria-prima integrante do composto deve possuir características pré-determinadas como: absorção de água, retração de queima, módulo de ruptura e resistência à flexão, expansão por umidade, dilatação, cor de queima (que influencia diretamente na cor do produto final), etc., pois assim proporcionará um produto com as características pré-definidas e desejadas, mediante dosagem adequada.

Estabelecida a composição da massa, realiza-se a pesagem a seco e em seguida a carga é transportada até os moinhos de barbotina.

A2) Moagem: o moinho é um cilindro disposto horizontalmente e, em seu interior, existem esferas de porcelana ou sílex (elemento de moagem) que, ao girar, chocam-se com o material, promovendo a moagem. Para iniciar a moagem são adicionados defloculante e água a fim de completar a carga. A água é o meio para a moagem a úmido, e o defloculante é utilizado para proporcionar maior dispersão entre as partículas facilitando a ação dos meios de moagem.

O produto resultante da moagem é denominado barbotina, que é composta de partículas sólidas, em suspensão num meio aquoso.

Após o término da moagem, a barbotina é descarregada em grandes tanques com agitadores, estando pronta para o processo de atomização.

Os controles, a serem efetuados no processo de moagem são a densidade e viscosidade da barbotina, e o resíduo de moagem. Essas características possuem

padrões pré-estabelecidos para que o produto seja o mais homogêneo possível, proporcionando melhor eficiência na etapa seguinte. Logicamente, esses padrões dependem dos produtos a serem fabricados, dos equipamentos e das matérias-primas. Esta etapa e as seguintes variam de uma empresa para outra.

A3) Atomização: o processo de atomização é realizado por um equipamento denominado atomizador ou *spray-dryer,* semelhante a um grande funil, e consiste basicamente na pulverização da barbotina, por meio de lanças e bicos de *spray,* em uma zona de ar quente circulante, a alta temperatura e alta pressão, na parte superior do funil. A água existente na barbotina é retirada sob a forma de vapor e as partículas sólidas sofrem um processo de nucleação (em contato com o ar quente) e crescimento, resultando no pó atomizado que por gravidade cai para bico do funil, onde é coletado e silado.

Essa massa possui uma determinada distribuição granulométrica (tamanho dos grânulos) e umidade residual, ambas controladas e definidas de acordo com o desejado. O perfeito controle da curva granulométrica do pó atomizado e sua umidade garantem uma prensagem plenamente satisfatória. O produto resultante desta etapa é então transportado até os silos de armazenagem, onde permanece em descanso por determinado período, estando pronto para o processo de prensagem.

Os controles a serem efetuados no processo de atomização são a umidade e a granulometria do pó.

B) Prensagem

É a etapa do processo em que ocorre a conformação do pó em formatos pré-definidos. É realizado por grandes prensas hidráulicas/pneumáticas que definem a forma e resistência mecânica do corpo cerâmico para as etapas subseqüentes. Quanto maior a pressão de prensagem mais resistente se torna a placa cerâmica a verde (nome dado às peças recém-prensadas).

Os controles a serem efetuados no processo de prensagem são a umidade e granulometria do pó (controles sobre a massa), espessura, peso, resistência a verde e densidade aparente (controles sobre a peça prensada)

Em uma formulação de massa por processo de atomização, a argila de várzea tem sua primeira grande importância durante a conformação. Estas argilas têm como característica típica sua grande plasticidade *in natura* quando contém certa quantidade de água, devido à presença de matéria orgânica coloidal.

Assim, para uma conformação eficiente, a presença de materiais com estas características se faz importante para evitar a produção de peças frágeis, que não suportem as demais etapas de produção.

C) Secagem

O processo de secagem é importante, pois retira a água residual ainda contida na peça após a prensagem. Realizado por meio de secadores, que podem ser horizontais ou verticais, este processo é responsável pela redução dos valores de umidade da peça para menos de 1%. Nesta etapa também ocorre a elevação da temperatura da placa, condição de extrema importância para a boa esmaltação.

Os controles a serem efetuados no processo de secagem são o peso, resistência a seco, umidade de saída e retração de secagem.

Os componentes da massa, como a argila plástica, que ajudam na conformação das placas conferem a estas um ganho considerável de resistência, quando passam pelo secador.

A resistência mecânica seca é aumentada devido a uma série de mecanismos e algumas variáveis ligadas a estes. A tabela 4 resume estes mecanismos. Observando-os percebe-se que, entre os tipos de matérias-primas cerâmicas, as que mais se destacam na contribuição ao aumento da resistência a seco são, logicamente, os materiais argilosos por seu reduzido tamanho de partículas, e suas características de superfície (variada densidade de cargas elétricas, capacidade de troca catiônica e superfície específica).

D) Preparação de Esmaltes

Os esmaltes são compostos químicos que se aplicam sobre o produto, conferindo decoração e resistência à abrasão. Todos os esmaltes utilizados em produção são preparados de acordo com a sua formulação, por meio da moagem.

Antes desse processo faz-se a pesagem das matérias-primas, etapa das mais importantes, pois qualquer erro neste sentido pode influenciar diretamente as propriedades do produto final.

Uma vez realizada a pesagem, transporta-se a carga até um moinho, semelhante ao de matérias-primas, porém menor, onde se adicionam água e alguns aditivos químicos. O composto é moído por tempo pré-determinado ou até que as características exigidas se enquadrem dentro dos padrões estabelecidos.

Os controles a serem efetuados no processo de moagem de esmaltes são densidade e viscosidade do esmalte, resíduo de moagem e teste de queima (textura). Em seguida o esmalte é transportando até a linha de esmaltação onde deverá ser aplicado sobre as placas cerâmicas.

Tabela 4 – Mecanismos de aumento da resistência durante o processo de secagem.

Mecanismo	Variáveis que determinam a eficiência
Força de Van der Walls	Tamanho e distância entre as partículas
Forças eletrostáticas	Tamanho e distância entre as partículas Densidade de carga
Forças Capilares	Tamanho e distância entre as partículas Conteúdo de líquido Tensão superficial do líquido
Ligações sólidas	Tamanho e distância entre as partículas Conteúdo de ligantes Natureza do ligante

Fonte: Sanchez (1997).

E) Preparação de Pastas

Pastas são tintas para a decoração do produto cerâmico.

Sua preparação constitui um processo mais simples que, geralmente, envolve apenas uma homogeneização de corantes e aditivos. Em certos processos são utilizados equipamentos que proporcionam uma micronização, isto é eliminação de grânulos grandes deixando a pasta mais homogênea.

Os controles a serem efetuados no processo de preparação da pasta são densidade, viscosidade, resíduo e teste de queima (análise da cor x padrão

estabelecido). Após a preparação e aprovação do lote, a pasta segue para a linha de esmaltação onde posteriormente será aplicada nas placas cerâmicas.

F) Esmaltação

O termo esmaltação ou linha de esmaltação é empregado geralmente para descrever todo o processo que envolve a aplicação de esmaltes e tintas sobre as placas cerâmicas e situa-se imediatamente após a secagem.

Dependendo do produto ou modelo em processo, podem ser utilizadas diferentes aplicações de esmaltes e tintas serigráficas, além de equipamentos de aplicação ou decoração diferenciados.

Normalmente, a esmaltação se processa em 3 aplicações consecutivas:

1° - Aplicação de Engobe: composto aplicado que sela a superfície da peça, preparando-a para a aplicação da base (esmalte).

2° - Aplicação de Base: composto que funciona como fundo para a decoração e, após se fundir na queima, proporciona resistência à abrasão na superfície da peça.

3 ° - Aplicação de Tinta (decoração).

Eventualmente algumas linhas de produtos utilizam camadas extras de esmalte de cobertura e granílhas que objetivam tornar os mesmos ainda mais resistentes quanto à abrasão. Outros produtos podem não apresentar aplicação de tintas (exemplo: produtos monocromáticos).

A decoração dos produtos é realizada por telas serigráficas planas ou rotativas, que são os equipamentos mais utilizados, embora existam outros.

Os controles na linha de esmaltação são a densidade e viscosidade dos esmaltes e tintas, resíduo dos esmaltes e tintas e peso da aplicação de esmaltes e tintas (quantidade aplicada).

G) Queima

Após passar pela linha de esmaltação, as placas seguem para o forno onde sofrerão o processo de sinterização. Nesta etapa ocorrem reações que vão desde a fusão de alguns componentes da massa e esmalte até a eliminação de gases

carboxílicos (CO, CO_2, etc.) água livre e estrutural. O produto geralmente sofre uma retração em seu tamanho e perde parte de seu peso, além de ter a sua resistência mecânica significativamente aumentada. A superfície das placas cerâmicas passa a apresentar, além de colorações definidas, um aspecto brilhante proporcionado pela vitrificação dos esmaltes.

É nesta fase que as placas cerâmicas adquirem as propriedades definitivas desejadas.

O processo de queima é composto basicamente de três etapas, que compõem a curva de queima:

1º - zona de aquecimento lento;

2º - zona de queima;

3º - zona de resfriamento.

As temperaturas são controladas em todas as etapas, pois sendo assim, uma curva de queima é traçada para cada produto. Esta curva depende das características da massa, esmalte, do ciclo de queima e do produto desejado e, é nesta etapa do processo que se pode controlá-la.

A cor de queima final que a massa apresenta é um balanço das cores de queima individual de seus componentes. A seleção de uma argila plástica para fim cerâmico deve levar em conta sua cor de queima, além de suas propriedades, é claro, na faixa de temperatura em que se pretende usar.

As cores de interesse normalmente variam do branco ao creme claro. Em quantidades significantes da formulação, estas argilas de queima clara ajudam a esmaecer o matiz amarronzado das massas, passando a marrons claros, beges, etc. Dependendo da cor dos demais materiais, como os filitos e talcos este efeito “clareador” pode ser mais ou menos efetivo.

Os tons mais próximos ao branco tendem a tornar o material mais nobre pois indica uma maior pureza referente aos óxidos corantes como o Fe_2O3, TiO_2, MnO, principalmente, entre outros elementos. Nestes casos o material pode ser utilizado para a confecção de engobes, que exige uma brancura extrema.

H) Escolha do Produto Cerâmico Final

A etapa de escolha é geralmente composta de duas operações básicas: a primeira envolve a seleção visual das placas; e a segunda, a classificação automática quanto às dimensões geométricas e deformações.

H1) Seleção Visual: na linha de escolha as placas cerâmicas são classificadas, através de seleção visual, em produtos qualidade A, B e C. Os critérios para classificação, definidos pela Norma ISO 13006, são:

Produto Qualidade A: o produto pertence à qualidade A quando o observador à distância de 1m da face da peça não verificar defeito algum. Permite-se no máximo 5 % de peças defeituosas no tamanho do lote. Os produtos qualidade A são os únicos garantidos pela Norma Brasileira de Regulamentações NBR 13.818.

Produto Qualidade B: o produto pertence à qualidade B quando o observador, à distância de 1 m da face da peça, observar defeitos que a 3 metros não foram observados. Não apresenta separação de tonalidade e tamanho, mas pode apresentar deformações maiores (empeno, curvatura, etc.).

Produto Qualidade C: é o produto que apresenta grandes defeitos geralmente visíveis a uma distância de 3 metros. Não possui separação de tamanho e tonalidade e pode apresentar grandes deformações (empeno, curvatura, etc.).

H2) Classificação Geométrica: a classificação geométrica das placas é realizada, na maioria das empresas, por equipamentos de controle automatizado. Os controles realizados na classificação geométrica são:

Tamanho: durante o processo de queima, as placas cerâmicas sofrem retrações em suas dimensões, e algumas podem sofrer uma retração maior que as outras. Devido a este fato, as placas cerâmicas são separadas em diferentes tamanhos atualmente conhecidos por bitolas. Estes tamanhos estão especificados em suas embalagens, assim como suas tolerâncias são estabelecidas pela norma.

Ortogonalidade: a ortogonalidade demonstra se a peça está dentro ou fora de esquadro, ou seja, se os seus lados são perpendiculares e possuem o mesmo tamanho.

Retitude: a retitude define a curvatura dos lados da peça, se estão voltados para dentro ou para fora.

Curvatura Central: é o desvio vertical do centro da peça em relação a uma diagonal da placa.

Curvatura Lateral: é o mesmo tipo de deformação da anterior, só que em relação aos lados da peça.

Empeno: é caracterizado pelo desvio de pelo menos um dos vértices da peça em relação ao plano estabelecido pelos outros três.

Os padrões de tolerância para a classificação são especificados pela norma NBR 13.818 e determinados em relação ao tamanho de fabricação da placa cerâmica em análise.

I) Inspeção da Qualidade

Após embalagem e paletização os produtos são inspecionados e testados em laboratório para, em seguida, os lotes serem liberados.

Os controles de inspeção do produto acabado são: a análise visual, absorção de água (grupo BIIb), carga de ruptura, módulo de resistência à flexão, expansão por umidade, resistência à abrasão (PEI), resistência ao manchamento, resistência ao ataque químico, resistência ao gretamento, resistência ao choque térmico, características geométricas e coeficiente de atrito.

Muitas destas características são analisadas em relação à especificação e declaração do fabricante. A NBR13.818 especifica valores dentro dos quais os produtos devem estar inseridos, e os métodos apropriados para a realização destes ensaios.

4.2.2 - Matérias-primas Cerâmicas

A) Argilas

Normalmente, quando se pensa em matérias-primas para a fabricação de cerâmica, costuma-se generalizá-las como argila, embora na fabricação de revestimentos por via úmida sejam também usados outros materiais como filitos,

talcos, etc. Esta generalização é comumente feita por pessoas não ligadas à atividade cerâmica.

A denominação “argilas” é usada para se fazer referência a um material de granulação fina que manifesta comportamento plástico quando misturada com água em quantidade limitada, podendo aparecer na natureza de muitas formas, como rochas consolidadas (litificadas) ou materiais inconsolidados (com pouca ou nenhuma litificação ou transformações pós-deposição), de origem muito variada e associada a um número de minerais diferentes, como quartzo, feldspatos, carbonatos e minerais pesados.

O termo “argila” traz consigo uma certa confusão quanto à sua aplicação, da mesma forma que entre “minerais de argila” e “argilominerais”.

Segundo Wentworth (1922), folhelhos e argilitos são rochas siliciclásticas compostas por material na fração granulometria menor que 0,004 mm ou 4 μm (fração argila), com estruturação visível ou não. Para outros autores, o limite da fração argila estaria em tamanhos menores que 0,002 mm (ou < 2 μm). Já os siltitos são composições entre grãos de tamanho argila com areia muito fina, ou seja entre 4 μm e 625 μm.

Sedimentos finos ainda inconsolidados, depositados em várzeas, lagos e mares, podem ser chamados de argila, porém as rochas lutáceas – siltitos, folhelhos e argilitos – já mencionadas, não o podem. Isso porque, apesar de serem depositadas nesses ambientes, elas passaram por processos diagenéticos – sujeitas a todas as mudanças, como, perda de água, consolidação, diminuição do volume, cimentações diversas, etc. – passando a ser argilitos, folhelhos, lamitos ou ritmitos.

Com relação aos “minerais de argila” e “argilominerais”, podem-se encontrar duas situações:

- minerais presentes na natureza que constituem a fração argila;

- minerais do grupo dos filossilicatos presentes em rochas argilosas que, às vezes, podem constituir cristais maiores que 2 μm, ficando fora da fração argila.

Segundo Souza Santos (1989), o limite granulométrico ideal é a dimensão adotada pela escola alemã, que é < 2 μm, porque nesta fração a quantidade de não-argilominerais é praticamente nenhuma.

Até o advento dos raios X, muita confusão havia na determinação da mineralogia de rochas de granulação fina, ou seja, os argilitos, folhelhos, siltitos, etc.. Com a difração de raios X, pode-se constatar que grande parte da fração argila (10 a 20 %) não se constituía de minerais do grupo dos filossilicatos, mas por quartzo, carbonatos, óxidos metálicos, etc. (Velde, 1995).

Masson (1998) sugere, como simplificação terminológica, que o termo "minerais de argila" poderia ser usado para se referir a todo mineral que se encontrasse em granulometria argila, e que "argilominerais" ficasse reservado aos minerais da família dos filossilicatos.

Neste trabalho será considerado 2 μm como limite.

Os argilominerais são muito numerosos, mas podem-se destacar os mais comuns como a caulinita, a illita, a montmorilinita, a clorita e os interestratificados.

Barba *et al*. (1997) apresenta um resumo da classificação geológica de matérias-primas argilosas, de acordo com a localização e natureza (tabela 5).

A argila estudada neste trabalho se enquadra, segundo a classificação de Barba (1997), no tipo sedimentar acumulada por inundações de cursos de água, de cor de queima branca tipo *Ball Clay*.

Em termos mundiais, os maiores produtores são os EUA (1milhão de t/ano) e a Inglaterra (650 mil t/ano). (Motta, 1991). Neste contexto a Inglaterra tem pioneirismo no aproveitamento econômico dessas argilas.

Aspectos gerais sobre três importantes depósitos ingleses podem ser observados na figura 5.

B) Outras Matérias-Primas

B1) Feldspatos:

Feldspatos são aluminossilicatos de Na, Ca, K e Ba, constituindo diferentes soluções sólidas e diversos graus de ordenamento. Os termos extremos são albita ($NaAlSi_3O_8$), anortita ($CaAl_2Si_2O_8$), ortoclásio/microclínio ($KalSi_3O_8$) e celsiana ($BaAl_2Si_2O_8$).

É o grupo mineralógico mais abundante da crosta terrestre e constitui, com freqüência, mais de 50% de muitas rochas, aparecendo misturado com quartzo e micas. Devido a essa freqüência de ocorrência, é usado para classificar os tipos

ígneos, metamórficos e filonianos. São raros em ultrabásicas e majoritários em granitos, gnaisses, pegmatitos, etc.

Com respeito à terminologia comercial, são incluídos nos feldspatos, desde materiais com grande pureza mineralógica até materiais com elevadas porcentagens de quartzo e outros, como os filitos, por exemplo, que no Brasil é largamente empregado na fabricação de massas por processo atomizado.

A função dos feldspatos e rochas que o contém é servir como fundente, pois garante quantidade suficiente de fase líquida e com viscosidade adequada para a sinterização do produto sem deformações durante o processo. Porém, essa função será mais ou menos bem desempenhada dependendo da temperatura e ciclo de queima utilizados. Ainda os feldspatos *in natura*, em uma massa, agem como desplastificantes, compensando a alta plasticidade das argilas, evitando problemas na etapa de conformação (prensagem).

Área	Característica do Jazimento	Petrografia	MIneralogia			
			Ca	Qz	Mc	M.O.
Norte Devon	Depósitos pequenos	Arg. Plásticas	33-68	15-48	0-22	0-3
		Arg. Quartozosas				
		Calcáreos				
		Areias				
		Não linhitos				
Sul Devon	Depósitos Grandes	Argilas	20-90	0-60	0-40	0-16
		Areias				
		Linhitos				
Dorset	**Depósitos mais extensos mas de menor potência**	**Argilas**	**22-83**	**5-60**	**0-30**	**0-8**
		Areias				
		Margas				
		Linhitos				

Nota: Ca=Caulinita, Qz=Quartzo, Mc=Mica, M.O.=Matéria Orgânica. Fonte: Modificado de Sanchez (1997).

Figura 5 – Principais depósitos de argilas *Ball Clay* inglesas e suas composições mineralógicas.

B2) Carbonatos:

O carbonato de cálcio (calcita) e o cálcio-magnesiano (dolomita) são os principais componentes das rochas carbonatadas sedimentares. A existência dos carbonatos em misturas de matérias-primas argilosas muda o rumo das reações, em temperaturas mais altas, para favorecer a formação de fases cristalinas que normalmente não ocorrem sem eles. Sua utilização para a fabricação de pisos e

revestimentos se justifica pela dupla função das fases cálcicas, pois regulam a porosidade, proporcionando um intervalo de queima mais largo e reduzem a expansão por umidade.

Tabela 5 - Classificação das argilas. Apresentada por Barba *et. al.* (1997).

<table>
<tr><td colspan="3">GEOLÓGICA</td></tr>
<tr><td colspan="3">A | Argilas Residuais – Formadas por alteração in situ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">A.1 – Caulins ou arg. Cauliníticas (queima branca).</td><td colspan="2">A.1.1 - Filões em pegmatitos.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A.1.2 - Depósitos em capas, em rochas ígneas ou metamóficas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A.1.3 - Bolsões em calcários.</td></tr>
<tr><td colspan="3">A.2 – Resíduos que dão queima vermelha, derivados de vários tipos de rochas.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">B | Argilas Coluvionares – acumulada pela lavagem das residuais</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">C | Argilas Transportadas ou Sedimentares.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">C.1 – Argilas depositadas em água.</td><td rowspan="3">C.1.1 - Argilas marinhas. Depósitos de grande extensão.</td><td>C.1.1.1 – Argilas de queima branca.</td></tr>
<tr><td>C.1.1.2 – Argilas refratárias.</td></tr>
<tr><td>C.1.1.3 – Argilas impuras, calcáreas ou não.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">C.1.2 – Argilas lacustres. Lagos ou pântanos.</td><td>C.1.2.1 – Argilas refratárias.</td></tr>
<tr><td>C.1.2.2 – Argilas impuras de queima vermelha.</td></tr>
<tr><td>C.1.2.3 – Argilas calcáreas</td></tr>
<tr><td colspan="2">C.1.3 - Argilas de inundações de canais. São impuras ou natureza arenosa.</td></tr>
<tr><td colspan="2">C.1.4 - Argilas depositadas em estuários. Quase sempre impuras e laminadas.</td></tr>
<tr><td colspan="3">C.2 – Argilas glaciais.</td></tr>
<tr><td colspan="3">C.3 – Depósitos formados pelo vento (Loess).</td></tr>
<tr><td colspan="3">C.4 – Depósitos de origem química</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">INDUSTRIAL</td></tr>
<tr><td colspan="3">A | Caulins ou China Clays – Queima branca, obtida a partir do caulim bruto.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">B | Argilas de Queima Branca.</td></tr>
<tr><td colspan="3">B.1 – Ball Clays. Argilas Caulinitico-illíticas de alta plasticidade, rica em mat.org., fácil dispersão em água.</td></tr>
<tr><td colspan="3">B.2 – Fire Clays. Argilas refratárias, em massas compactas, que por moagem podem chegar a ser plásticas</td></tr>
<tr><td colspan="3">B.3 – Flint Clays. Argilas duras, massivas, densas e não plásticas constituídas por caulinita bem ordenada e cristalizada, de tamanhos extremamente pequenos.</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">C | Argilas de Queima Vermelha .</td></tr>
<tr><td colspan="3">C.1 – Argilas refratárias. Propriedades muito variáveis, apenas com a refratariedade em comum.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">C.2 – Argilas Fundentes. Também com características muito diferentes, com a fundência em comum.</td><td colspan="2">C.2.1 – Argilas com Baixo conteúdo de carbonatos (<5 % em peso).</td></tr>
<tr><td colspan="2">C.2.2 – Argilas com Médio conteúdo de carbonatos (5-15 % em peso).</td></tr>
<tr><td colspan="2">C.2.3 – Argilas com Alto conteúdo de carbonatos (>15 % em peso).</td></tr>
</table>

Para massas gresificadas a presença de carbonato é prejudicial, pois diminui o intervalo de vitrificação e formam fases líquidas de baixa viscosidade que deformam as peças. Isto acontece porque a temperatura para produzir porcelanatos é muito maior, fazendo com que mais fase líquida seja formada e permaneça líquida por tempo suficiente para deformar as placas.

Os carbonatos são muito utilizados para a fabricação de produtos porosos.

B3) Talco

O Talco é um filossilicato de composição $Mg_3Si_4O_{10}$ $(OH)_2$. No entanto esta fórmula teórica é muito rara já que o Al substitui com freqüência o Si, e o Mg é trocado pelo Fe^{+2} (até 2%).

Emprega-se o talco, até 8%, quando se deseja aumentar a fundência das massas para pavimentos gresificados de cor branca. Em presença de feldspatos alcalinos, são produzidos eutéticos de baixa temperatura de fusão. Em revestimentos porosos, a presença de talco aumenta o coeficiente de dilatação e diminui a expansão por umidade do produto queimado.

4.3- ASPECTOS FISIOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A região de estudo, numa visão mais ampla, está compartimentada em duas porções distintas, com características fisiográficas marcantes e próprias, com forte condicionamento litoestrutural. A primeira é a porção constituída pelos domínios cristalinos Pré-Cambrianos; e a segunda, pelas rochas sedimentares e magmáticas básicas pertencentes à Bacia do Paraná.

A área de pesquisa para fonte de matéria-prima está na Bacia do Rio Pardo, com direção WNW à NW. Esta bacia de drenagem está posicionada entre as bacias dos rios Mogi-Guaçu, a sul e Grande, a norte.

O depósito está situado na unidade geomorfológica denominada Depressão Periférica Paulista, na porção norte da Zona do Mogi-Guaçu, tendo a leste o Planalto Atlântico representado pelas zonas Serrania de Lindóia (a leste e sudeste) e Planalto Alto Rio Grande (mais a leste e nordeste), com a Subzona Planalto de Caldas; e a oeste, as Cuestas Basálticas (Ponçano *et al.*, 1981). O curso do Rio Pardo possui orientação W-NW, drena a porção oeste do Planalto Atlântico, com seu

alto curso posicionado na Subzona do Planalto de Caldas, unidade da Zona do Planalto do Rio Grande. Esta subzona situa-se nos limites entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, constituindo o divisor d'águas entre as bacias dos rios Pardo, Grande e Mogi-Guaçu. Recobrindo as maiores elevações, normalmente encontram-se perfis lateríticos com gibbsita (bauxita), como no Planalto de Poços de Caldas e/ou goethita/limonita. Nas porções menos drenadas, ou meias encostas, na base do perfil de alteração ou mesmo em seu todo, pode dominar a caulinita. Apenas nos fundos dos vales mal drenados aparecem minerais do grupo da Montmorillonita e/ou interestratificados.

Nesse contexto geomorfológico, o Rio Pardo corre de sudeste para noroeste exibindo forte gradiente. A sua bacia, no alto curso, logo a leste da ocorrência, aparece desmantelando os remanescentes da Superfície Sul-Americana ou Japi e Velhas, e escavando as rochas cristalinas e seus produtos de intemperismo de maneira bem energética.

Na Depressão Periférica, o relevo é bem menos acidentado, com topografia colinosa suave, sendo que nesta porção a bacia hidrográfica do Rio Pardo não apresenta declive acentuado e, localmente, deposita a sua carga gerando depósitos aluvionares e erodindo rochas do Grupo Itararé, formações Corumbataí e Pirambóia, além de intrusivas básicas (diabásios da Formação Serra Geral, Sill Borda da Mata) e coberturas cenozóicas.

A oeste/sudoeste do depósito, os afluentes da margem esquerda do rio Pardo estão drenando a unidade geomorfológica denominada de Cuestas Basálticas, uma das mais marcantes feições do relevo paulista, caracterizada por apresentar um relevo escarpado nos limites com a Depressão Periférica, seguido de grandes plataformas estruturais de relevo suavizado, levemente inclinados para o interior em direção à calha do Rio Paraná. (Ponçano *et al.* 1981). Nesse domínio as drenagens fortemente encaixadas estão desmantelando rochas e solos referentes às formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, ou seja, arenitos com pouco cimento montmorillonítico a caulinítico e, às vezes, limoníticos, e basaltos e seus produtos de alteração (nontronita, sepiolita, montmorillonita, gibbsita, caulinita, goethita, hematita).

Terrenos Cristalinos

Segundo mapa geológico do projeto Sapucaí (Cavalcanti, *et al.,*1979), geomorfologicamemente estes terrenos são extremamente complexos e constituem uma parcela do Planalto Atlântico. Dentro deste Planalto são agrupados os seguintes domínios: A) Planalto Sul de Minas de relevo suavemente ondulado (folha Varginha) a mais movimentado formando lineamentos de serra não muito vigorosos. Na porção mais sudeste aparece o planalto de Poços de Caldas, marcado por seqüências cristalinas de disposição anelar com nivelamento acima de 1000 metros. B) Zona Cristalina do Norte, com relevo em rochas do Complexo Varginha especialmente os termos migmatito-graníticos. Na faixa ocidental suas feições chegam a se confundir com a depressão periférica, condicionada entre 550 e 720 metros.

Estas regiões cristalinas apresentam climas tipos Cwa e Cwb, segundo a classificação de *Köppen* (Köppen, 1948), baseada nos valores médios da temperatura do ar e pluviometria.

O tipo Cwa – mesotérmico de inverno seco, com verões quentes e estação chuvosa no verão. A temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C e passa de 22 °C no mais quente. Este padrão climático é constatado dentro do estado de São Paulo e também é chamado de tropical de altitude, cobre a região de ocorrência das rochas da Bacia do Paraná, continuamente até a linha divisória entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, na região de São João da Boa Vista, no vale do Paraíba do Sul. Só não aparece ao longo do Rio Pardo onde domina o tipo Aw, na região de Ribeirão Preto. A pluviometria varia de 1.000 a 1.700 mm. A estação seca ocorre entre abril e setembro e o mais chuvosa entre janeiro e fevereiro.

Na região que compreende as cidades de Lavras, Muzambinho, Poços de Caldas, Campos do Jordão e São Lourenço o clima é do tipo Cwa e grada para o Cwb.

O tipo Cwb Clima mesotérmico de inverno seco, com verões brandos e estação chuvosa no verão, apresentam menos de 22 °C no mês mais quente, ficando a precipitação entre 1.300 e 1.700 mm. O mês mais seco é julho, sendo também o mais frio (em torno de 16,5 °C). A estação seca vai de maio a setembro e a estação chuvosa é, em geral, o mês de janeiro

A vegetação na região de estudo, segundo o relatório do Projeto Sapucaí (Cavalcanti *et al*., 1979), era composta pelos seguintes tipos:

Floresta Mesófila – Ocorria na maior parte da área englobando as manchas dos demais tipos. Corresponde a uma formação florestal latifoliada, subcaducifolia, tropical fluvial, onde seus principais representantes eram a peroba, cedro, figueira e o pau d'álho

Cerrado – Formação não florestal herbáceo-lenhosa, herbáceo-arbustiva, com árvores perenifólias, correspondia ao segundo tipo vegetal mais abundante. Ocorria de São Carlos, em uma faixa alongada no sentido ENE (de Mococa a Alfenas.) e em outra EW a norte de Varginha. Tipicamente o cerrado é constituído pelo barbatimão, o pau-santo, o cajueiro-do-campo, o ipê-amarelo, o pequi, peroba-do-campo e outras.

Campo Limpo – Aparecia na forma de mancha, ao sul de Poços de Caldas (a mais próxima) dentro da floresta mesófila e correspondia a uma formação não florestal herbácea nunca inundada.

Cabe ressaltar que as coberturas vegetais referidas nos trabalhos mais antigos foram quase todas destruídas. Inicialmente, pelo avanço da pecuária; depois, pelo café; e, hoje, nas regiões mais planas, observa-se o avanço da cana-de-açúcar. Desta forma, das coberturas vegetais nativas restam apenas pequenas manchas isoladas, nas margens de algumas drenagens e encostas bem acidentadas.

Terrenos Sedimentares

Segundo os trabalhos sobre o relevo paulista, agrupados no mapa geomorfológico do estado (IPT, 1981), 5 províncias podem ser encontradas. A área pesquisada está no limite entre as províncias III – Depressão Periférica e IV - Cuestas Basálticas, segundo a figura 6.

A Depressão Periférica é composta por colinas amplas, médias e morrotes alongados paralelos. Nas Cuestas Basálticas (ou Cuestas Arenito-Basálticas) podem-se encontrar encostas íngremes, com *cânions* locais e morros testemunhos, formados pela intercalação de derrames basálticos juntamente com arenitos litificados, Segundo a classificação de *Köppen*, o clima na região pode ser enquadrado no tipo Aw – tropical úmido com verões quentes e chuvosos e, invernos secos. A temperatura média anual é de 23 °C.

Este clima tipo Aw está associado ao curso do Rio Pardo dentro da Bacia. A pluviosidade média anual varia de 1.100 a 1.300 mm, sendo que a estação seca ocorre entre os meses de maio e setembro, sendo julho o mês mais seco.

A cobertura vegetal original da região é composta por dois tipos de vegetação: uma floresta latifoliada tropical, composta por espécimes florestais com porte de até 30 metros de altura onde predominam membros da família *leguminosae;* e o cerrado, composto por vegetação lenhosa, arbustos e árvores de aspecto tortuoso, caules recobertos por espessas cascas e folhas cociáceas. Da mesma forma que nos terrenos cristalinos, devido à ação antrópica, essa vegetação primitiva é encontrada apenas em pequenas manchas ao longo das drenagens em áreas de difícil acesso e em regiões não propensas ao cultivo.

4.4 - SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS GEOLÓGICOS

4.4.1 - Generalidades

A região alvo da pesquisa situa-se numa das mais importantes bacias sedimentares brasileiras: a Bacia do Paraná. Trata-se de uma bacia grande, muito rica em recursos minerais e de grande potencialidade.

A Bacia do Paraná, sendo uma extensa bacia intracratônica, cobre a porção sul da América do Sul. Ela possui cerca de 6.000 metros de espessura máxima e é constituída de sedimentos e rochas vulcânicas, abrangendo a porção SW do Brasil, nordeste da Argentina, norte do Uruguai e oeste do Paraguai, cobrindo uma área total de 1.700.000 km^2.

No Brasil ela ocorre na porção sul, abrangendo vários estados, como São Paulo, sul de Minas Gerais, sul e leste do Mato Grosso do Sul, sul de Goiás, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Estado de São Paulo ela cobre um área de 160.000 km^2.

As unidades geológicas presentes nesta bacia têm idades que vão desde o Ordoviciano até o Recente, e seu preenchimento se deu em vários ciclos de sedimentação (Fúlfaro, 1972).

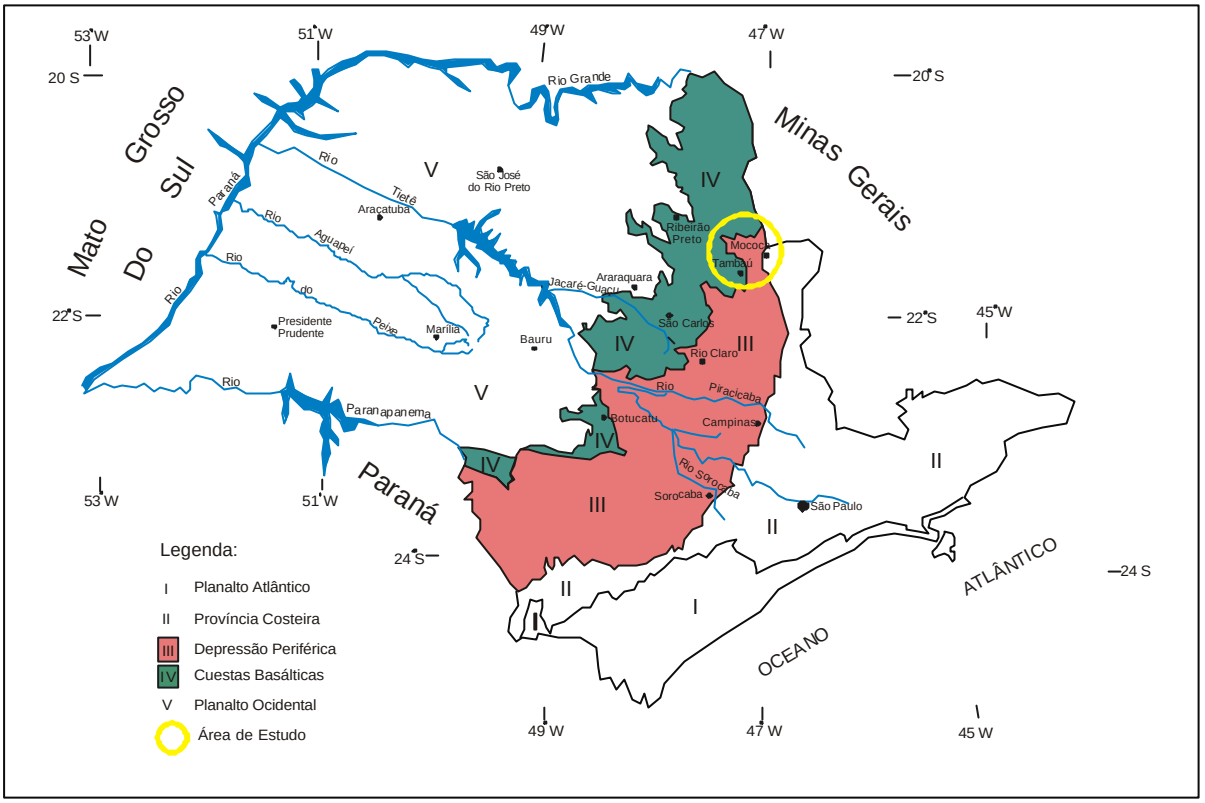


Figura 6 – Compartimentação do relevo no estado de São Paulo. (IPT, 1981)

Na década de 70, os trabalhos se intensificaram, muitos deles clássicos, sendo até hoje referidos. Entre eles, podem ser citados os de Landim (1970), Soares (1972), Fúlfaro (1972), Vieira (1973), Soares & Landim (1973), Schneider *et al.* (1974), Soares (1974), Gama Jr. (1979), Almeida (1981), entre outros.

Os trabalhos mais recentes que se destacam são os de Zalan *et al.* (1987), Sepe (1990), Gama Jr. *et al.* (1991), Hachiro (1991), Hachiro & Coimbra (1991), Riccomini *et al.* (1991), Chamani *et al.* (1992), Perinotto (1992), Assine (1993), Cunha & França (1993), Hachiro *et al.* (1993), Rohn & Lavina (1993), Brighetti (1994) e Matos (1995).

Nos últimos anos, muitos trabalhos enfocaram os recursos minerais e sua utilização, especialmente a aplicação das unidades argilosas para a fabricação de revestimentos cerâmicos: Masson (1998), Thomazella (1999), Christofoletti (1999), Souza (1999), Gaspar Jr. (1999), entre outros.

A região de estudo se encontra nos limites oeste da bacia onde afloram rochas cristalinas Pré-Cambrianas que formam seu embasamento. (Figura 7). O Pré-Cambriano é de interesse para este trabalho por se constituir em área fonte provável

para a matéria-prima em estudo. A bacia do Rio Pardo, a montante da área de estudo, está praticamente toda sobre rochas do Complexo Guaxupé, que se trata da crosta inferior de um bloco continental que cavalga por sobre a borda sul do Cráton São Francisco (Zanardo, 1992). Esta unidade é limitada ao norte pela zona de cisalhamento Varginha do Complexo Campos Gerais, (Cavalcanti, 1979) ou litologias meta-vulvano-sedimentares atribuídas ao grupo Araxá - São João del Rei e Andrelândia (Zanardo, 1992, Trouw *et al.* 1984), e ao sul pela faixa Itapira – Amparo.

A bacia do Rio Pardo posiciona-se quase totalmente sobre o Complexo Guaxupé, drenando apenas uma pequena porção do Complexo Campos Gerais ou Barbacena. A jusante da área, o Pardo, encontra-se com o Rio Canoas, onde aumenta sua vazão e carga sedimentar, proveniente da porção imediatamente ao norte de Mococa.

4.4.2 - Aspectos Geológicos Regionais

A região estudada apresenta um substrato geológico bastante simplificado no domínio da Bacia do Paraná. Na área afloram rochas do Subgrupo Itararé, da Formação Corumbataí, da Formação Pirambóia, da Formação Botucatu, da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), segundo a classificação de Cavalcante *et al.* (1979).

Muito próximo, já na cidade de Mococa, encontra-se o contato da bacia com o cristalino, onde afloram as rochas pré-cambrianas da região sul do cráton São Francisco. Nesta zona ocorrem as rochas do Complexo Campos Gerais (a norte) e Varginha – Guaxupé (a leste). Também se devem destacar os eventos magmáticos alcalinos de Poços de Caldas (Maciço Alcalino de Poços de Caldas), do Cretáceo/terciário. Dito isto, a estratigrafia regional fica constituída:

A) PRÉ-CAMBRIANO

O Pré-Cambriano que aflora a leste do depósito em foco, segundo diversos pesquisadores (Almeida *et al.*, 1980; Haralyi & Hasui, 1982; Artur & Wernick, 1986; Soares, 1988; Campos Neto *et al.*, 1990; Campos Neto, 1991; Campos Neto & Figueiredo, 1992; Hasui *et al.*, 1990; Ebert *et al.*, 1991; Zanardo, 1992; Morales,

1993; Dardene, 2000; Pimentel *et al*., 2000; Trouw *et al*., 2000; Paciullo *et al*., 2000, entre outros) resultou de colisão continental ocorrida no neoproterozóico, relacionada à amalgamação que gerou o supercontinente Gondwana. Nesse contexto, segundo Zanardo *et al.* 2000 a região é composta por litotipos arqueanos afetados por ciclos tectônicos posteriores (grupos Barbacena, Amparo e *Greenstone Belt* Morro do Ferro); seqüências metassedimentares alóctones (grupos Araxá, São João Del Rei, Andrelândia e Itapira) e terreno alóctone de alto grau metamórfico (Complexo Guaxupé e Grupo Caconde).

O topo da tectono-seqüência é constituído pelo terreno alóctone de alto grau metamórfico, que ocorre imediatamente a leste da área estudada, exibindo forma triangular com vértices voltados para noroeste, sudoeste e leste. Essa unidade limita-se a nordeste com supracrustais alóctones atribuídas ao Grupo Araxá (Zanardo, 1992), Grupos Andrelândia e São João Del Rei (Trouw *et al*., 1984), que aparecem dispostos sobre o terreno granito-gnáissico-*greenstone* de idade arqueana (Grupo Barbacena e *Greenstone Belt* Morro do Ferro); a sudeste, com a supracrustal alóctone denominada Grupo Itapira e infracrustal denominada Grupo Amparo e, no extremo leste, com supracrustais também alóctones atribuídas aos Grupos Andrelândia e São João Del Rei.

Imediatamente a nordeste do terreno de alto grau, afetando as rochas infra e supracrustais, ocorre o Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, de natureza levógira transpressiva (Hasui *et al.* 1990), enquanto a sudeste ocorre o Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino, ramificação ocidental do Cinturão de Cisalhamento Atlântico ou Ribeira, de natureza destral, também com características transpressiva (Ebert *et al.*, 1991).

A área triangular limitada pelos cinturões de cisalhamento foi denominada de Complexo Varginha ou Varginha-Guaxupé (Cavalcante *et al.*, 1979 e Fonseca *et al.*, 1979), com porções metassedimentares em fácies granulito denominada de Complexo Caconde (Campos Neto *e* Figueiredo, 1985) ou Grupo Caconde (Hasui *et al.*, 1988) e granitóides denominados de Grupo Pinhal (Wernick e Penalva, 1973) ou Complexo Pinhal (Campos Neto e Figueiredo, 1985).

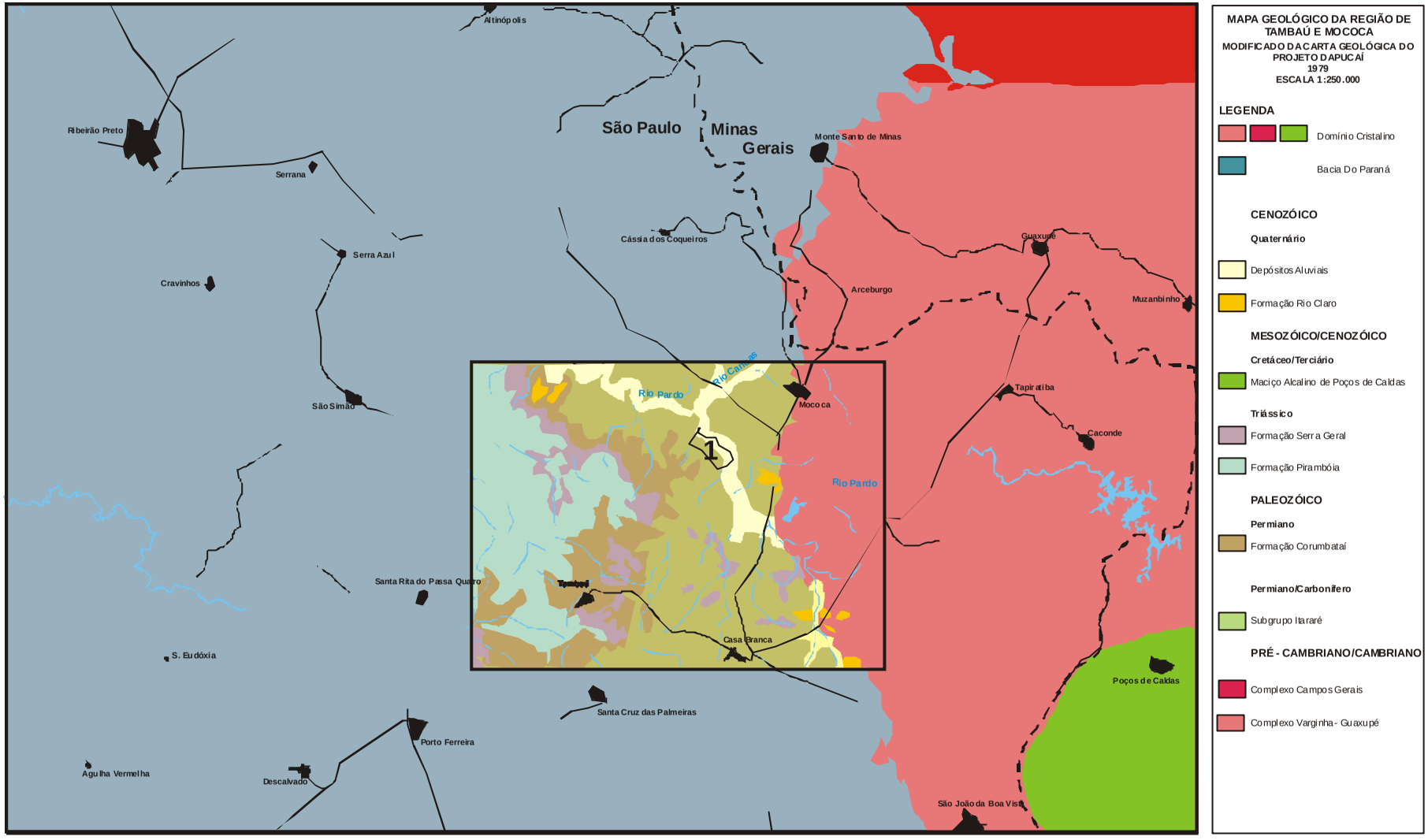


Figura 7 - Mapa Geológico Regional (sem escala). Modificado da Carta Geológica do Projeto Sapucaí, escala original 1:250.000 - Folha de Ribeirão Preto (Cavalcanti, 1979). 1 - Área onde foi realizada as atividades de coleta de amostras - Fazenda Mosquito.

Esta área triangular foi denominada de Maciço Mediano (Almeida *et al.*, 1976), Cráton do Paraná (Fyfe e Leonardos, 1974), Cunha de Guaxupé (Wernick *et al.*, 1981) e Bloco Continental Paraná ou Placa do Paraná (Soares, 1988). Esta porção crustal corresponde à crosta inferior de um bloco continental que cavalga os terrenos arqueanos e coberturas proterozóicas da Borda sul do Cráton do São Francisco.

A1) Complexo Guaxupé e Grupo Caconde

Unidades geológicas de natureza alóctone de forma triangular (Wernick *et al.*, 1981; Campos Neto, 1985 e 2000; Zanardo 1992 entre outros), de idade neoproterozóica, delimitada a nordeste pelo Cinturão de cisalhamento Campo do Meio, onde faz contato com rochas alóctones, atribuídas ao Grupo Araxá (Zanardo, 1992; Zanardo *et al.*, 1996) ou ao Grupo Andrelândia São João Del Rei (Trouw *et al.*., 1884), empurradas sobre o terreno gnáissico-greenstone que constitui a borda sul do Craton São Francisco. A sudeste estas unidades são limitadas pelo cinturão de Cisalhamento Ouro Fino ou Atlântico e fazem contato com a Faixa Itapira Amparo, enquanto o limite oeste é dado pelas rochas da Bacia do Paraná.

O Complexo Guaxupé é constituído basicamente por biotita granitóides equigranulares e porfiroblásticos, com ou sem hornblenda, e clinopiroxênios intercalados com ortognaisses granulíticos e charnockíticos, com ou sem granada. Como intercalações menores ocorrem granulitos básicos e mais raramente rochas ultramáficas com ou sem granada e nas ultramáficas olivina. Como minerais acessórios e secundários, ocorrem magnetita, ilmenita, titanita, zircão, apatita, muscovita/sericita, epidoto, clorita, carbonatos, rutilo, etc. (Zanardo 1992).

O Grupo Caconde é composto por paragnaisses migmatizados, granitóides, gnaisses quartzosos, granada gnaisses, anfibolitos, kinzigitos com granada, sillimanita e/ou cordierita, gnaisses calciossilicatos e mármores. Como minerais essenciais podem aparecer, na dependência do tipo de rocha: quartzo, plagioclásios, ortoclásio, microclínio, granadas, biotita, hornblenda, clinopiroxênios, ortopiroxênios, flogopita, sillimanita, cordierita, escapolita, wollastonita, calcita, dolomita, olivina e magnetita. Como minerais acessórios e secundários podem ocorrer: rutilo, talco, muscovita/sericita, zircão, titanita, allanita, ilmenita, espinélio, epidoto, cloritas,apatita, serpentina, goethita, pirolusita, barita, carbonatos, monazita, etc. (Zanardo, 1992).

A2) Complexo Barbacena

Na região o Complexo Barbacena é constituído por granitóides, gnaisses e migmatitos diversos, originados no Arqueano (Cavalcante *et al.* 1979, Fonseca *et al.* 1979, Wernick *et al.* 1981, Teixeira *et al.* 1989 e Fernandes 2001), contendo restos de seqüências metavulcanossedimentares. Sobre este complexo ocorrem unidades metassedimentares alóctones, atribuídas aos grupos Araxá e Canastra, de idade meso- a neoproterozóica, e autóctone a para-autóctone, de idade neoproterozóica, pertencente ao Grupo Bambuí. Completando o quadro litológico, aparecem rochas intrusivas básicas e rochas de origem pneumatolítica, a hidrotermal de diferentes idades.

Os diferentes tipos de rochas infracrustais transicionam-se entre si e são representadas, dominantemente, por gnaisses bandados e/ou migmatitos heterogêneos cinza, de composição tonalítica a monzogranítica, e outra dominada por migmatitos homogêneos e granitóides gnaissificados e/ou cisalhados cinza a róseos, dominantemente graníticos a granodioríticos (Zanardo 1992).

De um modo geral, este substrato siálico é constituído por gnaisses bandados a homogêneos, freqüentemente ocelares, migmatitos parcial a totalmente gnaissificados e granitóides, com ou sem foliação tectônica, bem desenvolvida. Os diferentes litotipos ocorrem intercalados formando faixas e lentes de dimensões variadas, alongadas na direção WNW-ESE. Essas rochas exibem grande variedade textural e estrutural, resultante de anatexia em grau variado, remobilizações e injeções graníticas a tonalíticas, acompanhadas, ou seguidas, de deformações dúcteis. Posteriormente, superpõem-se deformações dúcteis/rúpteis e rúpteis com hidrotermalismo e/ou epidotização.

Como intercalações nessas rochas, aparecem anfibolitos e gnaisses anfibolíticos, constituindo camadas descontínuas, lentes ou *boudins*. Estas rochas básicas a intermediárias são melanocráticas (anfibolitos e anfibólio xistos), mesocráticas (gnaisses anfibolíticos e anfibolitos) e mais raramente ultramelanocráticas (anfibólio xisto, clinopiroxênio fels e metapiroxenito). Exibem cor verde escuro a preto. A granulação é dominantemente média, embora existam termos finos e grossos. As estruturas variam de levemente anisotrópicas a gnáissicas ou xistosas, enquanto as texturas variam de nematoblásticas a

granoblásticas, com termos porfiroclásticos. É comum a presença de vênulas e filetes de cor cinza claro com ou sem anfibólio, compostos por quartzo e feldspato, concordantes e discordantes, gerando estrutura agmatítica. Ocorre também um corpo relativamente grande, com espessura hectométrica e mais de um quilometro de comprimento de granulito básico.

Cortando as rochas infracrustais ocorrem intrusivas básicas, de diferentes composições (com ou sem olivina e/ou ortopiroxênio) e texturas primárias (porfiríticas, granofíricas, intergranulares e subofíticos). Estas rochas apresentam bordas de resfriamento e não cortam as supracrustais autóctones e alóctones exibindo grau variado, de incipiente a total, de neomineralização, na fácies xisto verde, em condições estáticas ou dinâmicas, quando cortadas por zona de cisalhamento. Estas litologias ainda não foram datadas, todavia possuem idades mínimas de 700 ma e máximas de 2Ga (Zanardo *et al.*, 2000).

A3) Greenstone-Belt Morro do Ferro

A primazia da caracterização da seqüência vulcanossedimentar na área coube a Teixeira (1978). Este pesquisador, com base na estratigrafia clássica de terrenos greenstone-belts típicos, subdividiu essa seqüência em três unidades distintas. São elas: a Unidade Morro do Níquel (basal) é constituída por derrames komatiíticos, localmente com textura *spinifex*, com intercalações de camadas de rochas tufogênicas aluminosas, cherts, formações ferríferas bandadas e grauvacas. A Unidade Córrego do Salvador (intermediária) é composta de derrames básicos, rochas vulcânicas retrabalhadas e formações ferríferas bandadas. A Unidade Morro do Ferro (topo) é formada predominantemente por filitos sericíticos, mármores, cloritóide xistos e espessas formações ferríferas.

As rochas ultramáficas e metabásicas podem apresentar como minerais essências serpentinas, talco, cloritas, tremolita, antofilita, hornblenda, commingtonita, olivina, ortopiroxênio, diopsídio, plagioclásio, carbonatos e sulfetos e, como acessório, podem aparecer apatita, titanita, rutilo, magnetita, cromita, ilmenita e espinélio. Nas formações ferríferas, podem aparecer cummingtonita/grunerita, hornblenda, actinolita, quartzo, magnetita, apatita, gedrita, granada e titanita. Já nos metassedimentos aparecem quartzo, granada,

plagioclásio, sillimanita, cordierita, estaurolita, cloritóide, estilpnomelano, rutilo, apatita, magnetita, biotita, muscovita, clorita e espinélio. (Zanardo 1992).

A4) Grupos Araxá, Andrelândia e São João Del Rei

Ao sul da exposição do terreno gnáissico granito-*greenstone*, encaixado entre este e o terreno típico de crosta inferior do Complexo Guaxupé, ocorrem rochas atribuíveis ao Grupo Araxá por critérios petrográficos, metamórficos, estruturais e estratigráficos, formando uma faixa estruturada na direção WNW-ESSE (Zanardo, 1992). Essa unidade, no limite com o Complexo Guaxupé, exibe raras intercalações de rochas ultramáficas e/ou ultrabásicas compostas predominantemente por cloritas, talco e anfibólios. Para o norte sucedem-se granitóides de natureza pré- a sin-tectônica, com raras intercalações de rochas metaultramáficas, dispostas na forma de faixas orientadas na direção E-W, intercaladas com metassedimentos e metabasitos atribuíveis às porções intermediárias a superiores da tectono-estratigrafia Araxá. Este tipo de intercalações ocorre até à altura de Jacuí, Bom Jesus da Penha e Petúnia, onde ocorrem rochas de natureza ultramáfica, na forma de corpos lenticulares de dimensões extremamente variáveis, em intercalações com gnaisses, migmatitos, granitóides e metassedimentos. Essas lentes metaultramáficas, às vezes, possuem cromititos e aparecem dispostas aproximadamente, na direção E-W, formando um cinturão, que separa dois conjuntos de litologias e estruturas diferentes, configurando nítida descontinuidade.

A tectono-estratigrafia desta faixa apresenta similaridade com a tectono-estratigrafia observada no sinforme de Passos. No extremo sul, fazendo contato com o Complexo Guaxupé, como era de se esperar de acordo com a estruturação regional, ocorrem rochas correlacionáveis às do topo da tectono-seqüência Araxá, constituída por cianita-granada quartzitos, cianita-granada gnaisses, granada-clinopiroxênio, gnaisses, gnaisses quartzo feldspáticos e gnaisses ocelares com intercalações subordinadas de granada-anfibolito, talco-clorita xistos, clorita-anfibólio xistos, possíveis retroeclogitos e rochas calciossilicáticas.

As litologias que ocorrem no extremo sul da faixa, a sul da Zona de Cisalhamento Campos Gerais, apresentam continuidade para leste, até o norte de Varginha, e por isso foram interpretadas por Trouw *et al.* (1984) como extensão para oeste dos grupos São João del Rei e Andrelândia.

Os grupos Andrelândia e São João Del Rei, que ocorrem no extremo leste da área, são constituídos por xistos aluminonos, quartzitos e gnaisses similares aos que ocorrem no Grupo Araxá, ou seja, constituídos por: quartzo, feldspatos (ortoclásio, microclínio, albita, oligoclásio e andesina), muscovita, biotita, clorita, granada, cianita, estaurolita, rutilo, zircão, apatita, hornblenda, titanita e monazita.

A5) Grupo Amparo

Segundo Zanardo (1987) e Zanardo *et al.* (1990), os litotipos que constituem esta unidade são representados, basicamente, por migmatitos mais ou menos gnaissificados e/ou ortognaisses e granitóides de composições tonalíticas/ trondhjemíticas a granodioríticas. Essas rochas possuem coloração cinza, muito raramente aparecem mobilizados levemente rosados e, apresentam estrutura bandada ou fitada, dobrada, *schlieren*, nebulítica, flebítica, oftalmítica e mais raramente ptigmáticas. A composição dessas rochas espalha-se pelos campos dos monzogranitos, granodioritos e tonalitos, e caem subordinadamente no campo dos quartzo-dioritos e quartzo monzodioritos. As composições mais básicas normalmente correspondem aos melanossomas, embora apareçam com certa freqüência leucossomas de composição tonalítica e pequenos corpos lenticulares ou boudins de anfibolito, às vezes, com granada e/ou clinopiroxênio.

Nas rochas que compõem esta unidade, observa-se um padrão deformacional complexo, com dobras desarmônicas, dobras redobradas, lineação de estiramento com atitudes heterogeneamente distribuídas. Também pode ser reconhecida a presença de foliações mais antigas, preservadas em micrólitos de dimensões decimétricas a decamétricas, ou mesmo maiores. Microscopicamente essas rochas mostram textura granoblástica inequigranular lobulada, com grau variável de anisotropia e os feldspatos, freqüentemente, contêm quartzo em gotas. Como minerais essenciais aparecem: plagioclásio (oligoclásio, andesina e albita), quartzo, feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), biotita e, às vezes, hornblenda. Como acessórios ou secundários podem aparecer: muscovita, clorita, epidoto, titanita, magnetita, ilmenita, zircão, allanita, granada, carbonatos, actinolita, hidróxidos de ferro e minerais de argila (Zanardo 1987).

A6) Grupo Itapira

Denominação criada por Ebert (1968) para agrupar um conjunto de rochas de idade assíntica, dispostas em sinformes especiais, entre antiformes, constituídos por litotipos mais antigos (Grupo Amparo), sem aparente continuidade física com as unidades correlatas que afloram a nordeste (grupos Andrelândia e São João del Rei). Esse conjunto litológico foi englobado na Faixa Alto Rio Grande por Vasconcellos (1988), Campos Neto *et al.* (1990), Peloggia (1990), faixa esta, definida por Hasui e Oliveira (1984), como uma unidade geológica marginal ao Cráton do São Francisco, integrada pelos grupos Andrelândia e São João del Rei.

Constituindo esta unidade aparecem quartzitos, quartzo xistos feldspáticos (ou não), xistos aluminosos com silimanita e granada e xistos quartzosos, paragnaisses com granada, orto e para-ortoanfibolitos, com ou sem granada e clinopiroxênio, rochas calciossilicáticas, mármores, gonditos, biotititos, magnetita-cummingtonita-quartzo xisto e grafita xistos, sendo que os sedimentos mais arcosianos certamente foram fundidos parcial a totalmente. Essas rochas indicam origem a partir de seqüências pelíticas, psamo-pelíticas, psamíticas, grauvaqueanas, arcosianas, margosas e calciossilicáticas com intercalações de derrames e/ou intrusivas básicas, e a rocha referida como gondito possui, por um lado, tendência pelítica (granada quartzitos e paragnaisses) e por outro, calciossilicática (metamarga silicosa). Cabe ressaltar que, em gnaisses aluminosos, localmente aparecem cristais de cianita (Zanardo, 1987).

B) PALEOZÓICO

B1) Subgrupo Itararé

É a unidade litoestratigráfica basal da Bacia do Paraná, na área de estudo, e é litologicamente muito diversificada em função de seu ambiente de deposição e de sua posição marginal na bacia.

Landim & Fúlfaro (1972) e Soares (1972) subdividiram o Grupo Tubarão em dois ciclos: o glacial e o pós-glacial. O primeiro ciclo corresponde às formações Itararé e Aquidauana, e o segundo ciclo inclui as formações Tatui, Irati e Estrada Nova.

Inicialmente referida como formação, essa unidade foi elevada mais tarde ao *status* de grupo, pois Schneider *et al.* (1974) propuseram sua subdivisão em três formações, sendo estas de baixo para cima: Formação Campo do Tenente, Formação Mafra e Formação Rio do Sul. Essa subdivisão é perfeitamente aplicável no Estado de Santa Catarina, mas não em São Paulo, sendo neste referida como Subgrupo.

O Subgrupo ltararé pode chegar a 1300 metros de espessura na porção SW do Estado de São Paulo. Ocorre na área entre oeste de São João da Boa Vista e leste de Pirassununga, e em porções mas setentrionais (Monte Santo de Minas a norte), e está assentada diretamente sobre o embasamento Pré-Cambriano através de uma superfície de não-conformidade. O limite superior com a formação Tatuí também é discordante.

Considerada de idade Permo-carbonífera, esta unidade é constituída predominantemente (segundo Soares & Landim, 1973 e Petri & Fúlfaro, 1983) por corpos arenosos de formas e dimensões variadas, ritmitos constituídos por lâminas de siltitos ou arenitos finos cinzentos ou castanhos com seixos caídos e diamictitos polimíticos de dimensões variadas.

As estruturas são as mais variadas, desde marcas onduladas e estratificações cruzadas nos arenitos, também ocorrem feições de deformações plásticas pene-contemporâneas à deposição e geometrias diversas, inclusive *eskers*. Porém há um predomínio de estruturas maciças.

Na região nordeste do Estado de São Paulo, esses sedimentos apresentam-se muito semelhantes aos da Formação Aquidauana, por sua cor avermelhada e pelas relações entre as litologias.

Soares & Landim, (1973) analisando vários aspectos, tanto do Subgrupo ltararé quanto da Formação Aquidauana, apontam para essa unidade, como modelo de deposição ideal, o glacial continental predominantemente terrestre, mas com ingressões marinhas ao sul.

lnúmeros trabalhos posteriores contribuíram para o melhor conhecimento desta unidade. Os autores não discordam em relação ao ambiente sedimentar, e muitos apontam os processos de ressedimentação (movimentos gravitacionais subaquosos, como deslizamento em taludes) como os responsáveis por grande parte desses sedimentos. Esta unidade foi muito utilizada na região de Mogi-Guaçu

(principalmente os diamictitos, para a fabricação de manilhas cerâmicas) e seus produtos de alteração desta unidade e também da Formação Aquidauana (o consagrado termo “taguá”) ainda são explorados para revestimentos cerâmicos.

B2) Formação Tatuí

A Formação Tatuí, também constituinte do Supergrupo Tubarão, aparece gradativamente com o acunhamento das formações Rio do Rasto e Palermo em direção ao Estado de São Paulo, onde estas últimas não ocorrem (Petri & Fúlfaro, 1983).

Na região de Rio Claro ela também aflora no Domo de Pitanga e nos vales dos rios Passa Cinco, Corumbataí e Cabeça, com espessura entre 70 e 80 metros, podendo chegar a 130 metros (IPT, 1981).

Esta unidade é considerada Permiano inferior a médio e, litologicamente, é composta por siltitos e arenitos finos, concrecionados e silexíticos (na porção superior da unidade), lamitos verdes, creme e chocolate, geralmente maciços ou bioturbados, constituindo uma sedimentação argilosa, tendo folhelhos, calcários e até conglomerados, subordinados. As estruturas mais comuns são estratificações cruzadas acanaladas e laminações plano-paralelas (folhelhos) (Fúlfaro *et al.,* 1984). A base da unidade apresenta colorações marron-avermelhadas, mas em direção ao topo as rochas tomam cores amareladas e esverdeadas.

Essa formação é adotada como representante de uma sedimentação plataformal, em um sistema costeiro, com fácies de leques deltáicos localmente (Fúlfaro *et al.,* 1984; Perinotto, 1987).

Os lamitos, siltitos e siltitos lamíticos, parcialmente alterados, desta unidade constituem a principal matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Laranjal Paulista e Tatuí, na fabricação de telhas, lajotas, tijolos furados e pisos rústicos.

Em Araras, a Formação Tatuí e seus produtos intempéricos são utilizados para produção de telhas e tijolos, porém, sua utilização para cerâmica de revestimentos depende apenas de estudos de caracterização.

B3) Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí é uma importante fonte de matéria-prima para a fabricação de cerâmica vermelha da região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes-Cordeirópolis, que é um importante pólo de fabricação por via seca.

Essa formação é a unidade superior do Grupo Passa Dois que também é composta pelas formações Iratí e Rio do Rastro, tendo sua idade aceita como Permiano Superior. Nos estados do Paraná, Santa Catarina e sudeste de São Paulo, ela pode ser dividida em três formações: Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro.

No Estado de São Paulo, essa formação aflora no divisor de águas dos rios Tietê e Piracicaba de modo contínuo para o norte, quando não é interrompida por *sills* de diabásio ou falhas, diminuindo em espessura e recoberta discordantemente pelas formações Pirambóia e Rio Claro, até perto da divisa com o Estado de Minas Gerais, onde não aflora.

Sua região tipo de ocorrência é a bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, onde tem sido mais estudada, onde sua espessura média é de no máximo 130 metros (Landim, 1970).

É constituída litologicamente por siltitos e argilitos roxos, verdes, castanhos e chocolates, com algumas intercalações de arenitos finos e calcarenitos. Leitos de sílex associados a coquinas são amplamente distribuídos, onde é comum encontrar brechas intraformacionais. Ocorrem também ritmitos sob a forma de lâminas alternadas de siltito e argilito, as quais não alcançam 1 mm, mas excepcionalmente 1,5 mm (Petri & Fúlfaro, 1983). As estruturas mais comuns são laminações plano-paralelas, camadas maciças, marcas onduladas, *hummockys*, *flasers*, diques clásticos e gretas de contração.

Com relação ao seu conteúdo fossilífero pode-se destacar a presença de conchostráceos, pelecipodes, ostracodes, restos de vegetais e peixes, coprólitos e tubos de vermes.

Landim (1970) ressalta que muitas das estruturas sedimentares apontam para uma sedimentação em condições litorâneas com influência de correntes de maré, enquanto outras apontam para um ambiente parálico.

Segundo Gama Jr. (1979), as características faciológicas apontam ambientes de deposição associados a planícies de maré ligada a um sistema deltáico, com condições mais continentais para o topo. Porém, a ausência de fósseis

exclusivamente marinhos é um ponto contrário à suposição de um ambiente marinho franco.

Parece existir uma equivalência temporal desta unidade com a Formação Irati, pois nos sedimentos de Corumbataí, na região de Santa Rosa do Viterbo (porção norte do estado), foram descobertas vértebras de mesossaurídeos, parcialmente articuladas, além de outros ossos associados a estruturas semelhantes a estromatólitos (Suguio & Mello, 1985 e Souza, 1985), podendo esta unidade representar, num determinado intervalo de tempo, um segmento de paleocosta do sistema deposicional da Formação Irati.

Petri & Fúlfaro (1983) expõem que os dados mineralógicos das argilas, a diminuição de paleossalinidade e o caráter mais arenoso da Formação Estrada Nova para sudeste sugerem áreas fonte principais à sudeste. Já o incremento do teor de boro seria conseqüência de condições regressivas de sudeste para nordeste, num ambiente de grande evaporação (Rodrigues & Quadros, 1976).

Na região de Santa Gertrudes (SP), esta unidade se presta à fabricação de placas cerâmicas de revestimentos por via seca (base de cor vermelha), onde ela é usada *in natura*, sem nenhuma aditivação pelo processo via seca. Neste pólo existem algumas cerâmicas que utilizam o processo de massa atomizada (como as cerâmicas do grupo Buschinelli -Villagrês e Lineart, e a cerâmica Batistela), porém não incluem em suas massas argilas desta unidade.

Estas argilas apresentam características químicas e físicas muito boas uma vez que associam fundência à plasticidade. Sua utilização fica restrita devido à baixa capacidade de deflocular e à sua coloração de queima, normalmente do marrom ao avermelhado. A viabilização do uso fica efetivamente amarrada à questão técnica da defloculação, pois a cor é uma questão estética, que foi muito forte no passado e, hoje, as empresas muitas vezes abrem mão de uma massa de cores claras em função da redução de custos de produção.

São necessários estudos sobre os mecanismos de defloculação dos materiais desta unidade para viabilizar sua utilização também a este processo via úmida, porque são materiais de fácil extração e de custo baixo.

B4) Formação Pirambóia

Esta formação é a unidade basal do Grupo São Bento e sua idade é considerada como Triássico Superior - Jurássico Inferior.

Litologicamente predominam arenitos com granulação de média a fina, silto-argilosos, de seleção moderada a boa, com grãos subarredondados, sucedidos por pacotes de arenitos de granulação mais fina e silto-argilosos, com camadas de folhelhos e lamitos. A coloração varia entre o amarelado e o esbranquiçado. Internamente as camadas são laminadas na forma cruzada do tipo tangencial na base.

Segundo Schneider *et al.* (1974), esses arenitos diferem dos sedimentos da Formação Botucatu, que contém grãos um pouco mais arredondados e recobertos por uma película de óxido de ferro, pelo aspecto hialino e angular dos grãos.

A espessura dessa unidade varia muito podendo alcançar um máximo de 270 metros (região de Anhembi - São Pedro).

As estruturas características são as estratificações cruzadas tangenciais de médio a grande porte e estratificações plano-paralelas. Na região de Charqueada (SP), são observadas estratificações contorcidas, gerando dobras irregulares, de centimétricas a decimétricas, sem padrão definido. Associadas a estas também são observadas falhas em dominó, falhas transcorrentes, estruturas-em-flor negativas e injeções de areia por liquefação, decorrente de abalos sísmicos (Chamani *et al.,* 1992)

Fósseis nesta unidade não são abundantes, porém ocorrem conchostráceos, ostracodes, escamas de peixes e raros restos vegetais.

Muitos trabalhos iniciais apontavam para ambientes fluviais, como o cenário mais provável para a deposição desta unidade. Washburne (1929) já reconhecia depósitos eólicos intercalados a depósitos fluviais. Soares (1973) apresentou um trabalho em que reconhece os depósitos como fluvial meandrante, identificando fácies de canal e de transbordamento. Os trabalhos de Lavina (1991), Caetano-Chang *et al.* (1991) e Matos (1995) também consideram processos eólicos como importantes na sedimentação da Formação Pirambóia, cada qual identificando fácies e fazendo considerações destas dentro de um ambiente de clima árido.

Economicamente os depósitos arenosos desta unidade são uma importante fonte de areia industrial (vidro e fundição), nas regiões de Analândia (SP) e Descalvado (SP).

Já em São Simão (SP), ocorrem depósitos de caulim formados por retrabalhamento dos sedimentos desta unidade, mais especificamente sua matriz argilosa.

C) MESOZÓICO

C1) Rochas Básicas

Juntamente com os sedimentos, a Bacia do Paraná abriga também uma enorme quantidade de rochas vulcânicas básicas(basaltos e diabásios).

Os sills desta região são de idade Juro-Cretácea e têm correlação com a Formação Serra Geral. Suas espessuras podem variar de centímetros até cerca de 150 - 180 metros e, comumente são paralelos às unidades paleozóicas, mas também podem ser levemente oblíquos.

Os diques são geralmente simples e preenchem fendas de tração e/ou falhas. Podem associar-se a *sills* e cortarem derrames, tendo posicionamento aproximadamente vertical (IPT, 1981).

C2) Complexo Alcalino de Poços de Caldas

Representa um edifício vulcânico, alcalino, constituído pelos seguintes espécimes: fonólitos, rochas potássicas, foiaítos, tinguaítos, tufos e rochas piroclásticas, lujauritos e chibinitos. Os foiaítos, como rochas plutônicas, têm normalmente textura granular grossa, tendendo a traquitóide, sendo geralmente intrusivos nos tinguaítos, e também aparecem na zona de transição entre ambos. Lujauritos e chibinitos mostram ocorrência restrita na porção norte do complexo onde têm estrutura gnáissica e composição mineralógica dos foiaítos, diferenciando-se destes pelo maior grau de eudialita. As rochas potássicas retratam os fonolitos que sofreram intensas alterações hidrotermais, com profunda modificação mineralógica e química.

D) CENOZÓICO

D1) Coberturas Cenozóicas ou Formação Rio Claro

Aparecem recobrindo, de forma descontínua e indiscriminada, as outras unidades citadas e é composta por sedimentos não muito litificados. Na base do pacote, normalmente, ocorrem estratos arenosos e conglomeráticos com leitos argilosos intercalados, além de arenitos finos e argilosos. Esta unidade foi objeto de pesquisa de Melo (1995) e ocorre nas vizinhanças do depósito em foco, merecendo destaque as ocorrências que aparecem a sudeste da área, ao sul de Mococa, e a oeste na região de Santa Rosa do Viterbo, dentre outras áreas, apresentando-se como pequenas manchas de arenitos pouco consolidados.

D2) Depósitos Aluvionares

Os aluviões presentes na área de estudo constituem-se de areias inconsolidadas, argilas e cascalhos fluviais sob a forma de depósitos de terraços e várzeas.

Segundo Soares & Landim (1973), após a deposição aluvial na Bacia do Paraná, seguiu-se uma fase de intenso coluvionamento que recobriu as encostas e movimentou materiais sobre depressões e planaltos nos diferentes níveis topográficos, constituindo um material sem estrutura alguma.

As mais expressivas coberturas aluvionares encontram-se associadas aos cursos do Taquari-Mirim, Mogi-Guaçu, Pardo e Canoas. Os depósitos de caulim de São Simão estão nas várzeas recentes dos principais cursos d'água locais, como o Rio Pardo e o Ribeirão Tamanduá. O material estudado neste trabalho é enquadrado como um destes tipos de depósitos.

Segundo Motta (1991), cerca de 10.000 km^2 de sedimentos cenozóicos estão mapeadas no Estado de São Paulo, distribuídos entre as bacias terciárias, o Planalto Atlântico, as planícies costeiras e os aluviões atuais.

Depósitos conhecidos de argilas plásticas, em vales atuais, estão associados a terraços baixos e planícies de inundação.

Atualmente os depósitos mais importantes em atividade, no Estado de São Paulo, são os de São Simão, no vale do Ribeirão Tamanduá; de Suzano, no Alto Tietê; de Sapuí, nos rios Itapetininga e Jacupiranga; (Freitas *et al.*, 1990); e, em

Mogi-Mirim e Mogi-Guaçu, com vários depósitos de grande expressão nos vales dos rios Mogi-Mirim e Mogi-Guaçu.

Atualmente uma grande atenção está sendo voltada para os terraços baixos e planícies do Rio Pardo, uma vez que este rio, assim como o Mogi-Guaçu recebe boa quantidade de sua carga sedimentar do cristalino, e apresenta várzeas extensas e promissoras.

4.4.3 - Tectônica e Sedimentação

Os maciços pré-cambrianos/cambrianos encontram-se compartimentados em grandes blocos tectônicos, limitados por extensas zonas de falhamentos, transcorrentes e inversos, geralmente oblíquos, como a falha de Campos Gerais, São Pedro da União e Bom Jesus da Penha, que aparentam constituir-se em regiões de fraqueza intermitentes e perenes.

Movimentos verticais fanerozóicos reativaram zonas de fraqueza de direção NNE, NE, NW, WNW e E-W. Estas zonas de fraqueza crustais correspondem a antigas falhas ou zonas de cisalhamento direcionais e em menor número tangênciais (inversas) que afetaram, no Neoproterozóico, rochas granulíticas, gnáissicas e migmatíticas de direção NW e WNW e mergulhos SW. Muitas dessas descontinuidades foram reativadas, apesar de apresentarem os seus produtos fortemente recristalizados. Nos terrenos cristalinos, o bandamento gnáissico, contínuo e descontínuo, dobrado ou não, e a foliação gnáissica são as estruturas mais comuns, se tornando bastante cerrada em algumas zonas de falha. Em rochas xistosas, a foliação chega a mostrar-se microdobrada e crenulada de maneira mais intensa ao longo das descontinuidades tectônicas. (Cavalcante *et al.*, 1979, Morales, 1993; Hasui *et al.*, 1990; Morales *et al*., 2002).

Segundo Fúlfaro & Suguio (1974), uma boa correlação entre os grandes eventos tectônicos Mesozóicos e os correspondentes depósitos Cenozóicos existe, devido às reativações ocorridas, permitindo o estabelecimento de uma datação relativa bastante precisa em sucessões sedimentares que anteriormente eram colocadas só no Terciário, ou só no Quaternário.

Segundo Zalan *et al.* (1987), a evolução tectono-sedimentar da Bacia do Paraná, principalmente a Paleozóica, foi intimamente relacionada às reativações sofridas por dois grupos de lineamentos, um N45°- 65°W e outro N50°- 70°E. O

mapa de isópacas do Grupo ltararé e Formação Aquidauana mostra que o depocentro mais importante destas unidades tem uma localização e elongação nitidamente controladas pela zona de falha de Guapiara (com direção NW). Tal fato pode ser deduzido a partir de várias linhas de evidências, tais como, forte controle das curvas de isópacas de algumas unidades litoestratigráficas por certos lineamentos bem conhecidos, com conseqüente reflexo na distribuição faciológica destas unidades, seções verticais, paleoestruturas, controle das jazidas de carvão, etc.

Essas reativações representam alívios de esforços intraplaca oriundos da margem convergente ocidental do Gondwana. Picos de atividade tectônica, na margem pacífica Paleozóica (orogenias) correlacionam-se em tempo, na Bacia do Paraná, com discordâncias regionais ou com volumosos e extensos pacotes de arenitos, ou ainda com possíveis níveis de cinzas vulcânicas.

A evolução tectono-sedimentar Mesozóica é fortemente influenciada pela ruptura do Gondwana e pela abertura do Atlântico Sul. A fase Juro - Cretácica de erupções e intrusões básicas representa a mais violenta fase tectônica da Bacia do Paraná, época das mais importantes estruturações e criação de um terceiro *trend* estrutural de direção E-W (Zalan *et al., op. cit.).*

Após a ruptura do Gondwana, ocorre uma fase de estabilidade relativamente longa, que aparenta ter perdurado até o Mioceno, ou mesmo, até o Plioceno (Bermerguy, 2000), possibilitando a geração da Superfície Sul-Americana (King, 1956). Essa fase de estabilidade é quebrada pelo aparecimento, na Placa Sul Americana, de esforços compressivos com direção E-W a NW/SE (Assumpção, 1992; Hasui, 1990; Suguio, 1999, Bermerguy *et al*., 2000, entre outros). Portanto, no Terciário Superior, a partir do Mioceno, e em todo o Quaternário, com a compressão, ocorre lento soerguimento (movimento epirogenético positivo) associado a novas fases de reativações de estruturas antigas, com movimentos direcionais e verticais, conduzindo, de forma episódica, a soerguimentos e subsidências diferenciais de blocos, intensificação da erosão, desmantelamento da Superfície Sul Americana, e geração de bacias sedimentares, coberturas pedimentares e novas superfícies de aplainamento localizadas.

Com o soerguimento lento, a partir do Mioceno, ocorre a superposição dos vales dos rios mais antigos e o início de um novo ciclo erosivo no Plioceno-

Pleistoceno, denominado Ciclo Velhas, por King (1956). Este ciclo não atingiu o estágio de aplainamento pleno, permitindo a preservação localizada da Superfície Sul-Americana, com o perfil maturo e crosta laterítica característica, de idade oligocênica, que constitui o topo plano das elevações mais altas.

O quadro neotectônico resulta de esforços compressivos, decorrentes do deslocamento da Placa Sul-Americana para oeste coincidindo, assim, com o ápice de instalação da Cordilheira Andina. A estruturação do relevo, nesta época, aparenta ser controlada dominantemente por um binário dextral E-W, com direções de distensão e compressão para NE e NW, respectivamente. As falhas normais tendem a ter orientação N-S, gerando escalonamento de blocos.

5 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 – GENERALIDADES

A área pesquisada tem uma superfície de 1549,25 ha e constitui a planície de inundação do Rio Pardo, nas áreas mais próximas ao leito na extremidade W e SW, e terraços médios em quase todo o restante dela.

O material pesquisado trata-se de uma argila de várzea, plástica, com conteúdo variável de areia quartzosa de granulometria muito fina a média. Sua coloração varia de cinza claro a cinza escuro, devido à presença constante de matéria orgânica tanto na forma coloidal, quanto na de fragmentos escuros, isto é, nas porções mais superficiais. Pode também se apresentar com mosqueamentos vermelho/alaranjado, que são manchas de diversos tamanhos.

As argilas estudadas encontram-se dispostas abaixo de uma camada de solo marrom, marrom alaranjado de comportamento bastante plástico e perturbado pela atividade agrícola, sob a forma de camadas/lentes com espessuras que variam de 0,5 a quase 4 metros (maior espessura encontrada 3,70 metros, no ponto 11).

Abaixo das lestes argilosas ou inseridas nestas (menos comuns), aparecem areias de granulometria fina a grossa, muitas vezes seixosas, ou simplesmente lentes de cascalho com seixos de até 15 cm.

5.2 – ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCAIS

Em um relevo com suaves diferenças altimétricas, a área em estudo apresenta exposições das litologias acima descritas, originando solos de coloração do róseo ao vermelho, principalmente por influência da decomposição das rochas vulcânicas e também pela litologias do Subgrupo Itararé/Formação Aquidauana.

A região encontra-se nos limites entre a Bacia do Paraná e as litologias do Complexo Guaxupé e Grupo Caconde. Isto a torna um pouco complexa do ponto de vista estrutural, conforme discutido anteriormente.

O substrato da área de estudo é composto pelas litologias do Subgrupo Itararé, representado principalmente por diamictitos, arenitos, e siltitos da formação Aquidauana (Figura 8).

Distribuídos pelas planícies de várzea dos Rios Canoas e Pardo (figura 7), encontram-se os sedimentos Quaternários. A figura 10 mostra, na área de estudo, a largura do Rio Pardo, que apresenta grande capacidade de transporte de carga sedimentar.

Das várzeas do Ribeirão Tamanduá é extraída a argila conhecida como argila "São Simão", devido à localidade próxima homônima, (figura 11, Tanno *et al.*; 1997). É muito conhecida pelo segmento industrial de pisos e revestimentos, e também usada na fabricação de esmaltes e engobes, pela sua alta plasticidade e cor de queima clara.

As planícies, ora mencionadas, são aparentemente contínuas, e exibem segmentos isolados, controlados por diques ou soleiras de diabásio. Em perfil transversal, aparecem dois níveis morfológicos: um relacionado ao nível atual dos rios, e que recebe as inundações; outro mais elevado, de 5 a 7 metros, representando terraços mais antigos. (Figura 9).

Figura 8 – Foto Mostrando o contato da bacia com o embasamento cristalino. O sedimento é um siltito laminado e avermelhado, com pequenas marcas onduladas nas lentes arenosas (Fm Aquidauana). O embasamento é representado por um granitóide semi-alterado. Localização: Rodovia Casa Branca – Mococa, 272

Figura 9 – Foto Mostrando arenito com níveis conglomeráticos pertencentes a um terraço alto, no ponto 44. A coluna completa deste afloramento pode ser encontrada em anexo (ANEXO VI).

Figura 10 – Vista do leito do Rio Pardo a jusante. Neste trecho o rio tem aproximadamente 60 metros de largura. Ponto 45.

Essas várzeas, como a pesquisada, chegam a ter, em seus pontos mais largos, quase 2 km de largura e vários quilômetros de comprimento, em um relevo extremamente plano (conforme mostram as figuras 12 e 13). Na área pesquisada, a várzea apresenta uma cobertura de solo pouco espessa e, logo abaixo, o material argiloso plástico, assentado abrupta ou gradativamente sobre areias e níveis conglomeráticos. Níveis turfáceos podem ser encontrados em diferentes profundidades, alguns chegando a mais de 2 metros de espessura.

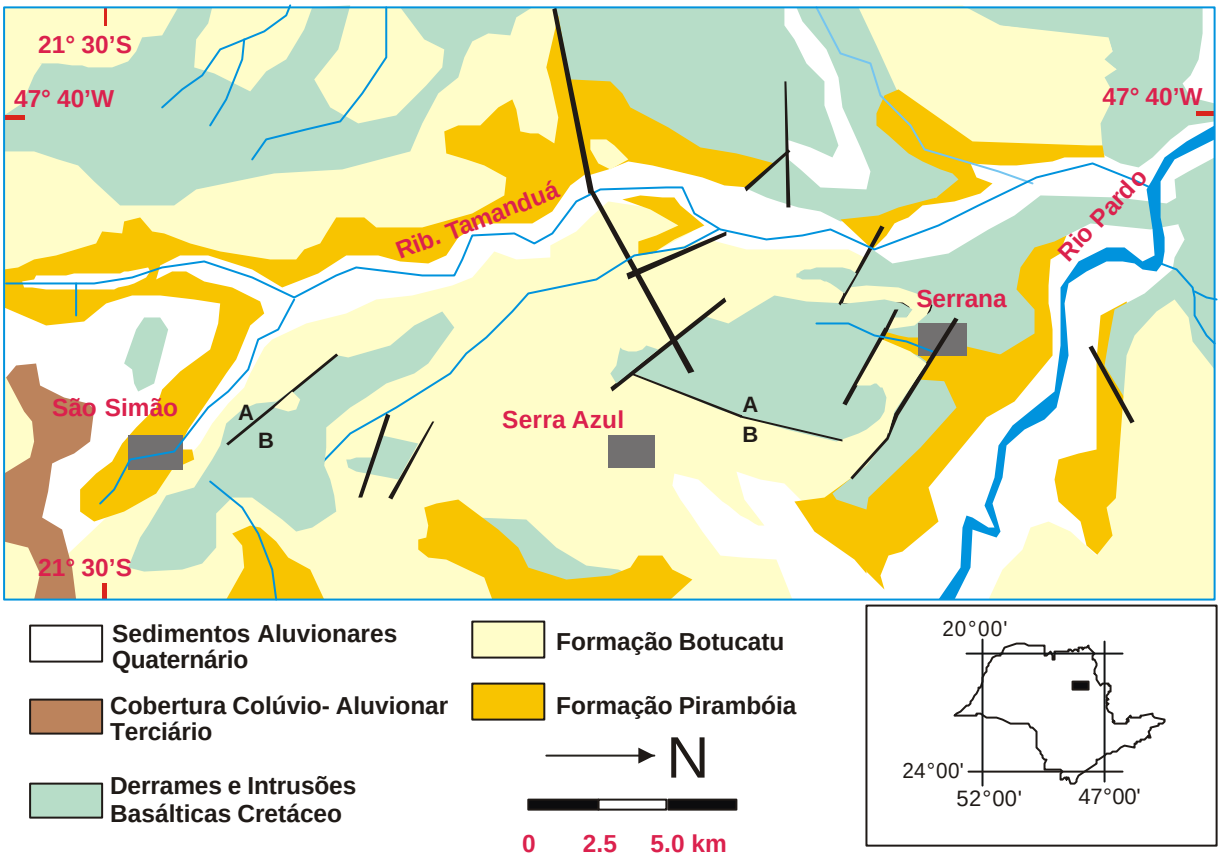


Figura 11 - Mapa Geológico da Região de São Simão e Tambaú (SP). Modificado de Tanno *et. al.*, 1997 e Folha de Ribeirão Preto (SF.23-V-C) escala original 1:250.000. Projeto Sapucaí (Cavalcanti *et al.* 1979).

As relações de geometria, espessura e profundade dos diferentes tipos de sedimentos presentes na várzea sugerem uma grande complexidade, fruto dos freqüentes cortes erosionais causados pelo meandramento do canal.

O curso do Rio Pardo e a direção de seus aluviões aparentam ser controlados por atividades tectônicas de idade quaternária, que reativam estruturas antigas com direções NW, NE e, secundariamente, N-S e E-W, inclusive níveis lateríticos recentes relacionados ao lençol freático, presentes em lentes de conglomerados com seixos imbricados, apresentando fraturamento e deslocamentos centimétricos a decimétricos, atestando atividades tectônicas no holoceno ou Quaternário Superior.

5.3 – TIPOLOGIA DOS MATERIAIS

Tipológicamente foi possível distinguir vários tipos de materiais, de acordo com as observações de campo e descrição das colunas.

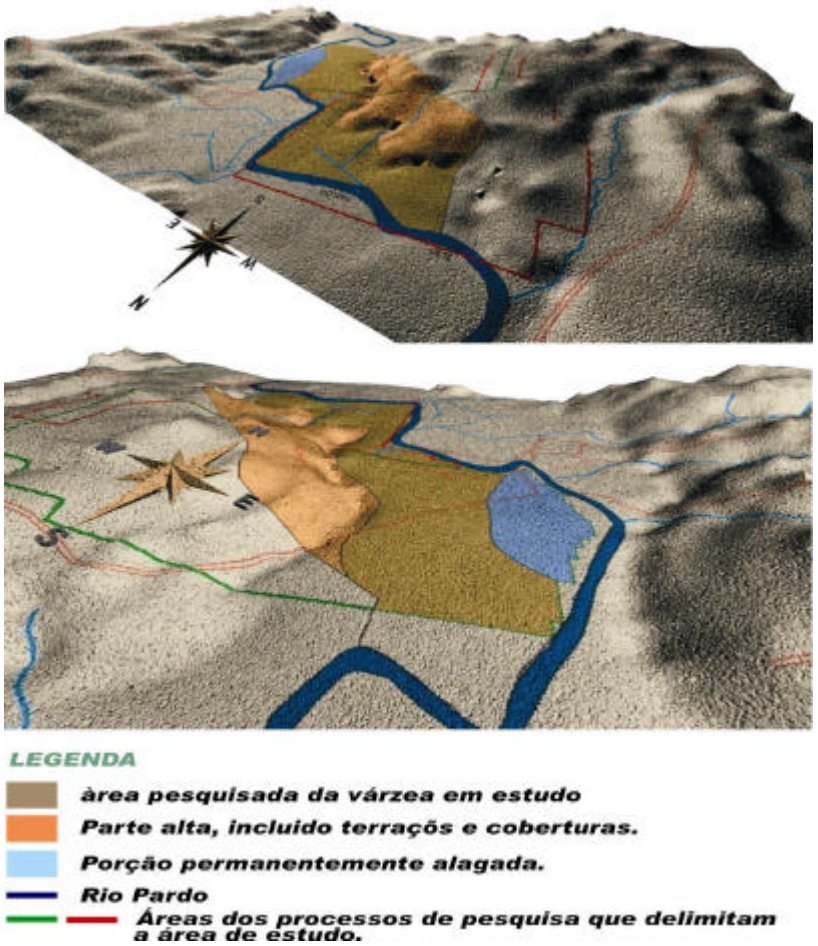


Figura 12 – Modelagem em 3D mostrando o vale do Rio Pardo na área de estudo.

Argila Plástica Cinza:

Esta tipologia engloba os materiais argilosos, de cinza claro a cinza escuro, muito plásticos, com teores variáveis de areia fina a muito fina, podendo ou não apresentar mosqueamento laranja/avermelhado. É o material argiloso mais abundante. Pode apresentar lentes arenosas mais puras, porém de pequena espessura, não maior que 5 cm, representando no máximo 10 % em volume.

Argila-Arenosa Cinza:

Este tipo é encontrado em leitos areno-argilosos, pouco freqüentes, de cores cinza claro a cinza médio, diferindo da argila cinza plástica por apresentar plasticidade

moderada e não conter mosqueamento laranja/avermelhado. Apresenta quantidade de areia fina a média superior à do tipo 1, em geral de 20 a 60 %.

Figura 13 – Fotos da área da várzea, mostrando seu relevo plano e extenso, A) Vista para SE a partir do ponto 31. B) Vista para N a partir do ponto 16. C) Vista para NE a partir do ponto 31. D) Vista para W a partir do ponto 30. E) Vista para E a partir do ponto 10. F) Vista para E nas proximidades do ponto 44.

Argilas Plásticas Alaranjadas e Castanhas

Estas argilas são muito parecidas com as do tipo cinza plástica, porém sua cor apresenta matizes castanhos e alaranjados que vão refletir em cores de queima características, como vermelhas e vermelhas alaranjadas. Contêm pouca quantidade de areia o que faz com que também sejam muito plásticas.

Areias e Cascalhos

Estão presentes na área, sendo lentes arenosas de diversas espessuras, com diferentes granulometrias. Podem estar em qualquer posição no perfil, o que comprova a complexidade da relação entre os materiais constituintes do depósito.

Suas cores podem variar: do branco - para as areias mais finas e puras - ao cinza chumbo - para as mais grossas e seixosas e com matriz argilosa.

Níveis constituídos somente por seixos também podem se encontrados, porém, devido à sua impenetrabilidade para o trado utilizado, não se determinou se constituem a base das colunas, marcando a base erosional de canais.

Saibros

Apesar de não pertencerem à várzea propriamente dita, solos areno-argilosos alaranjados, de comportamento semi-plástico, foram identificados além dos limites da área de cobertura da várzea. Estes materiais representam solos de alteração de fácies arenosas pertencentes ao SubGrupo Itararé/Formação Aquidauana.

Todos esses materiais têm importante aplicação na construção civil, porém, entre os aqui identificados, as argilas plásticas, arenosas e vermelhas/alaranjadas são considerados os de interesse deste trabalho.

5.4 – MINERALOGIA

De acordo com a análise por Difratometria de Raios X, mineralogicamente, os materiais argilosos são compostos principalmente por (não necessariamente em ordem de abundância): caulinita, quartzo, feldspato e mica (biotita/muscovita/illita).

Associados a esses minerais principais, é comum observar a presença de gibbsita, sericita/biotita e óxidos (pesados) diversos, como magnetita, rutilo e ilmenita, entre outros.

A tabela 6 mostra a distribuição da composição mineralógica, em faixa de porcentagem, obtida por meio de lavagem e contagem de grãos.

Tabela 6 - Distribuição mineralógica das argilas estudadas.

Mineral	Quartzo	Caulinita	Feldspato	Mica	M.O.	Outros
Faixa de %	5-40	30-90	1-30	0,1-10	0,1-4	1-40

Os materiais argilosos e argilo-arenosos cinzas, (ou seja, argilas tipo 1 e 2), não apresentam diferenças em suas mineralogias. Sua distinção tipológica está condicionada ao comportamento plástico e cor, em função da variação da quantidade dos constituintes menores.

Com relação às variedades com cores castanhas, amarronzadas ou alaranjadas, deduz-se a presença de hidróxidos de ferro (limonita e/ou goethita), porque estes minerais não podem ser detectados por Difratometria de Raios X, em razão do baixo teor e/ou falta de cristalinidade, quando amorfos. Os difratogramas analisados encontram-se em anexo (ANEXO IV).

Visando a uma melhor caracterização mineralógica foi realizada análise microscópica na fração silte grosso e areia muito fina, de amostras de argila e areia, cujos resultados estão contidos na tabela 7.

Essa atividade objetivou a caracterização mineralógica da fração argila e fração silte grosso/areia muito fina, visando à obtenção de parâmetros para determinar a proveniência dos sedimentos que constituem o depósito em foco, e também a obtenção de dados sedimentológicos, necessários para o entendimento da geração e sua evolução.

Notou-se que as proporções mineralógicas variam bastante de amostra para amostra em decorrência da energia do sistema da época da sedimentação e, possivelmente, também de atividades tectônicas e de mudanças climáticas.

Os minerais observados normalmente exibem baixa esfericidade e arredondamento, e nas frações de maior granulometria, aparecem grãos policristalinos ou poliminerálicos.

Tabela 7 - Resultado da análise microscópica da fração silte e areia muito fina em porcentagem de grãos contados.

Amostra	11A2	30A1	22A2	12A2	13A3	02A2	T2A2	29A3	30A3	14A3
Feldspato	10,0	23,9	60,3	38,4	42,3	42,9	61,6	43,0	61,3	33,6
Quartzo	63,0	52,9	20,5	32,4	30,4	37,9	13,1	41,8	17,5	29,0
Biot./Musc.	0,9	10,6	1,7	9,8	11,2	3,8	6,4	0,6	4,1	8,5
Agr. Filoss.	-	3,3	1,6	2,6	6,4	2,1	11,2	6,1	24,3	20,9
Opacos	0,5	8,2	14,9	11,9	8,0	10,0	4,6	7,1	2,4	5,4
Zircão	0,1	0,7	0,6	2,5	1,4	2,6	2,9	0,9	0,3	1,0
Rutilo	-	-	-	0,1	-	0,2	-	-	-	-
Turmalina	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-
Granada	-	0,1	0,1	-	-	-	0,1	-	-	0,4
Opala	26,5	0,2	0,3	2,0	0,2	0,4	0,1	0,7	-	1,2
Clorita	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
Silimanita	-	0,1	-	0,2	-	-	-	0,1	-	-
Apatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hornblenda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diopsídio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epidoto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TGC	**1130**	**1173**	**1244**	**1218**	**1169**	**1397**	**1258**	**1057**	**1112**	**1294**

Nota: Agr. Filoss. = agregados de filossilicatos microcristalinos; TGC = Total de grãos contados por amostra.

Os feldspatos são representados, dominantemente, por microclínio e, secundariamente, por ortoclásio e plagioclásio (oligiclásio e albita). Os feldspatos potássicos ocorrem sob a forma de clastos límpidos, praticamente sem alteração e, na maioria dos casos, pertíticos a mesopertíticos, textura comum nos feldspatos potássicos que constituem as rochas do Complexo Guaxupé. O plagioclásio é representado por albita, oligoclásio e mais raramente andesina, sendo que os termos mais ricos em cálcio, normalmente, apresentam-se com grau de alteração variável, chegando a gerar agregados microcristalinos constituídos dominantemente por filossilicatos microcristalinos (sericita, caulinita e/ou illita).

Entre os filossilicatos, a biotita é o mineral amplamente dominante, aparecendo esporadicamente clastos de muscovita e mais raramente clorita. A biotita aparece totalmente sã ou levemente alterada, neste caso exibindo cores amareladas a amarronzadas.

Os agregados de filossilicatos microcristalinos apresentam cores claras, quase incolores: amareladas, alaranjadas a marrom-escuro sugerindo, na maioria dos casos, corresponder à alteração de diversos minerais, em que os mais claros provêm de feldspatos e os mais coloridos de anfibólios e piroxênios.

Os minerais opacos estão representados por magnetita, ilmenita e hidróxidos de ferro (goethita/limonita), sendo que este último pode aparecer cimentando agregados poliminerálicos.

A opala é de origem orgânica, corresponde a espículas e frústulas, e ocorre em maior quantidade nos níveis superiores da coluna, especialmente, no preenchimento final de canais abandonados ou lagos.

5.5 - GÊNESE DA JAZIDA

O depósito estudado mostra similaridades, em termos morfológicos e tipológicos - materiais encontrados, sua distribuição e espessura das camadas/lentes - com os depósitos de São Simão (Ribeirão Tamanduá). Segundo Turcq *et al.* (1987), datações de turfas dos terraços mais altos, do Ribeirão Tamanduá, revelam idades entre 17.000 e 13.000 anos. Assentados erosivamente, sobre o pacote anterior, encontram-se sedimentos com idade 5.550 anos.

Os depósitos aluvionares do Ribeirão Tamanduá, mais precisamente os corpos argilosos, são constituídos quase totalmente por caulinita e, por isso, são considerados como resultado do retrabalhamento dos produtos de alteração dos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, sob condições climáticas quentes e úmidas, segundo os autores, em cujos textos fizemos incursões.

Esses sedimentos são relacionados ao evento mais antigo (17.000 a 13.000 anos) e ao qual estão associadas as lentes de argila *ball clay,* exploradas na localidade de São Simão. Em seguida ocorreria a sedimentação mais jovem (5.550 anos), sob um clima mais seco e, devido às suas relações de contato com a sedimentação anterior e à forma dos corpos, pode-se concluir que sua deposição ocorreu em canais abandonados.

A origem dos depósitos de argila caulinítica da região é, evidentemente, detrítica. A formação desses depósitos foi também grandemente favorecida pelo controle litológico, montado principalmente por diques de diabásios, bem como tectônicos, que em diversos locais estrangularam as planícies de inundação, tornando-se controladores do nível de base local.

Segundo Tanno *et al.* (1997), a caulinita dos depósitos do Ribeirão Tamanduá apresenta-se finamente dividida e em carácter bimodal, o que sugere que várias fontes possam ter concorrido para o fornecimento de caulinita.

Comparando os dados obtidos nas sondagens com o exposto por Tanno *et. al.,* 1997, pode se dizer que existe uma similaridade, entre os depósitos descritos, podendo ter gêneses e idades aproximadas. No entanto os depósitos de São Simão, no Ribeirão Tamanduá, estão colocados inteiramente em domínio sedimentar (Bacia), enquanto que o Rio Pardo corta o Cristalino em seu transcurso. Isto representa uma diferença de fontes para a caulinita, embora os processos de transporte e deposição sejam os mesmos.

O Rio Pardo adentra a Bacia do Paraná, após cortar boa parte do cristalino do Sul de Minas na região próxima ao maciço de Poços de Caldas, e do estado de São Paulo. Esses terrenos apresentam condições de fornecer caulinita para as bacias hidrográficas que abastecem o Pardo em seu caminho em direção à região de estudo. Logicamente, as condições topográficas das regiões cristalinas propiciam à drenagem um caráter mais juvenil e fornecem energia o bastante para o transporte de suspensão até ingressar na depressão periférica, onde uma série de fatores, como a suavização da topografia e as condições estruturais de controle da drenagem nesta zona de borda de bacia, como exposto acima, diminuem a energia e favorecem a sedimentação dos materiais. Na figura 14, pode-se observar um perfil sobrelevado mostrando o empilhamento dos sedimentos na várzea.

Caso semelhante ocorre com os depósitos de argilas plásticas de queima branca da várzea do Rio Mogi-Guaçu, na cidade de Mogi-Mirim. O Rio Mogi-Guaçu também corta uma faixa de cristalino, correndo quase paralelamente ao Rio Pardo, passando, porém, ao sul do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Os depósitos da várzea do Mogi-Guaçu apresentam um grande potencial para argilas deste tipo, onde várias empresas já exploram estes materiais. Mais adiante serão apresentados dados sobre estas argilas, comparando-as com aquelas já estudadas.

Os estudos microscópicos realizados nas frações silte/areia muito fina e, em alguns casos também na fração areia média, mostram significativa presença de opala orgânica (espículas e frústulas) e, principalmente, microclínio e/ou ortoclásio parcialmente triclinizado, praticamente, sem sinais de alteração e com baixa esfericidade e arredondamento. Em algumas amostras o teor de feldspato atingiu

proporção superior a 7 para 2 em relação ao quartzo, contrapondo-se com a mineralogia altamente evoluída da fração argila, em que aparece caulinita ao lado de gibbsita. De forma coerente com a presença de feldspato, em algumas amostras, detectou-se também marcante presença de biotita sã à parcialmente alterada, que sempre aparece em quantidade nitidamente superior à da muscovita.

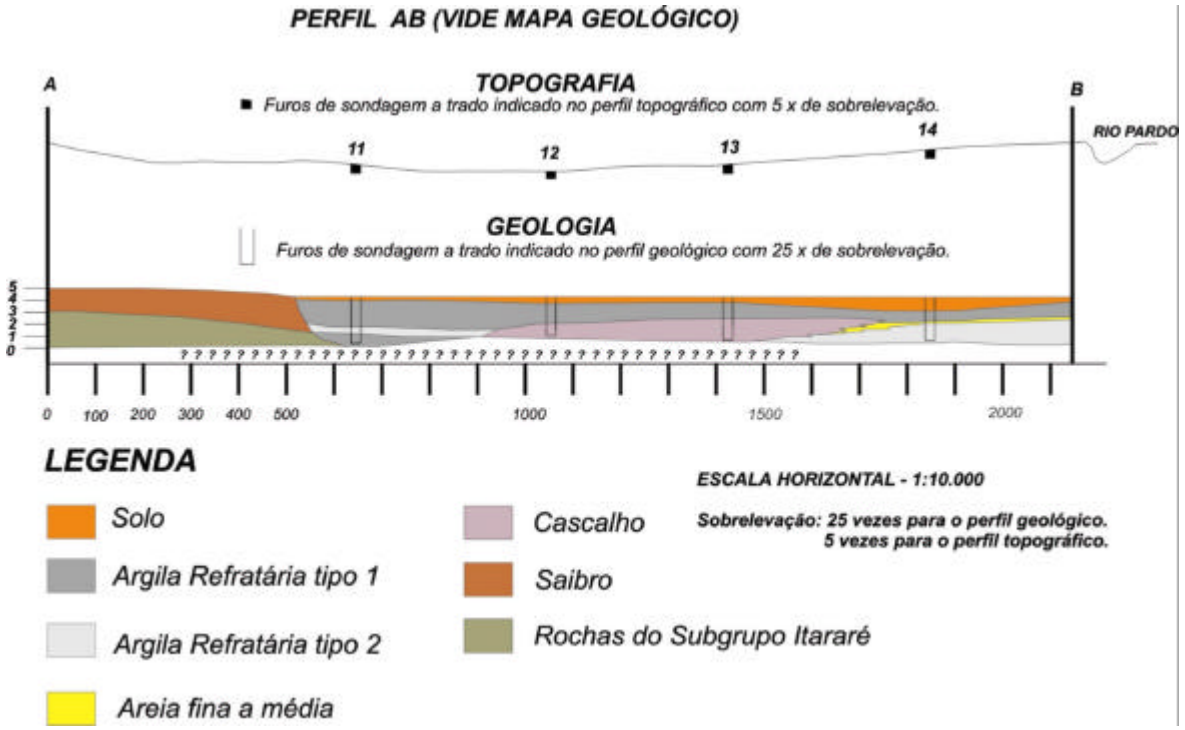


Figura 14 – Perfil AB mostrando as sucessões sedimentares na área de estudo.

Completando a mineralogia, foi observado plagioclásio sódico (albita e oligoclásio) sem alteração a levemente alterados; cristais de plagioclásio mais cálcicos (andesina sericitizados e/ou parcialmente caulinitizados); minerais opacos (magnetita e ilmenita), zircão, sillimanita, granada, turmalina, clinopiroxênio, hornblenda, epidoto, clorita e rutilo.

Não foi observada a presença de cianita e estaurolita, minerais que ocorrem nas unidades da Bacia do Paraná e nas unidades cristalinas que envolvem o Complexo Guaxupé: Faixa Itapira/Amparo a sudeste, Grupo Araxá e terreno granito-*greenstone* a nordeste e grupos Andrelândia e São João Del Rei, a leste. Este aspecto em associação com o teor de feldspato, em relação ao quartzo e de biotita, em relação à muscovita, atesta que a fonte para os sedimentos foi, basicamente, os

terrenos cristalinos, podendo haver pequena participação de litotipos que compõem o Subrgrupo Itaraé/Formação Aquidauana.

A mineralogia em associação com a morfoscopia mostra que o transporte sofrido pelos grãos detríticos foi pequeno e, que os mesmos não sofreram processos de intemperismo significativo durante e pós-deposição, sugerindo que foram colocados abaixo do nível hidrostático, logo após a deposição, não havendo condições para lixiviação. Por outro lado, a variação dos teores dos feldspatos em relação ao quartzo, em uma mesma faixa granulométrica, evidencia variação na intensidade do intemperismo químico na área fonte ou durante o transporte, aspecto associável a mudanças drásticas nas condições de erosão e transporte, decorrentes de atividades tectônicas (alçamento de blocos) e/ou variação climáticas, tais como, clima frio e/ou seco.

Desta forma, com o soerguimento dos terrenos cristalinos localizados a leste por ação da neotectônica ou simplesmente por epirogênese, a bacia do Rio Pardo vai lentamente removendo os solos evoluídos (latossolos e pseudo-latossolos) que ocorrem nesta porção do território brasileiro. Os latossolos estão relacionados à Superfície Sul-Americana e/ou Superfície Velhas, enquanto que os pseudo-latossolos correspondem a solos recentes, desenvolvidos sobre sedimentos oxídicos, que tiveram como fonte os latossolos de idade cretácea/terciária, que aparecem residualmente, capeando as maiores elevações ou alguns blocos abatidos pela ação da neotectônica. Desses solos é que provém a maior parte da caulinita e a totalidade da gibbsita que constituem o minério.

Já o alto teor de feldspato e de biotita, bem como, dos minerais mais instáveis (hornblenda e diopsídio) origina-se da energética ação do Rio Pardo sobre as rochas que constituem o Complexo Guaxupé, sobre as quais são arrastados seixos, calhaus e, até mesmo matacões, pela forte corrente. Neste contexto, os grânulos, seixos e calhaus chocam-se entre si e com o leito rochoso do rio, especialmente, ao longo das freqüentes corredeiras ou cachoeiras, promovendo a fragmentação mecânica das rochas e o rápido transporte até o sítio deposicional.

O sítio deposicional aparenta ter sido gerado pela ação de movimentos tectônicos que ocorreram no quaternário superior e que teriam reativado zonas de fraqueza com direções NW/SE e NE/SW, promovendo a subsidência de blocos e, conseqüentemente, o encaixe do Rio Pardo e a formação de bacias sedimentares

recentes, com grande potencialidade para a existência de um depósito de matéria-prima para uso cerâmico.

O detalhamento da estratigrafia do depósito, aliado a estudos mineralógicos e cronológicos (^{14}C e palinologia), ao longo da coluna estratigráfica, poderá fornecer um melhor entendimento da gênese do mesmo, possibilitando avaliar a contribuição da neotectônica e da climatologia, no tempo e espaço, para a formação do depósito.

5.6 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A partir das análises químicas das argilas estudadas, foi possível comparar suas características com materiais similares. A quantidade relativa entre os óxidos medidos também é importante para se prever, embora não com exata precisão, o comportamento durante a queima, principalmente, a cor, a retração e a absorção de água.

Os resultados químicos da figura 15 mostram o caráter refratário das argilas. A refratariedade em argilas de várzea, do ponto de vista cerâmico, é reflexo dos elevados teores de Si e Al e baixos teores de Fe_2O_3. Fe_2O_3, e também funciona como fundente.

Na figura 16, são apresentadas as composições químicas das principais argilas plásticas cauliníticas espanholas e inglesas.

A figura 17 contém dados químicos de argilas comerciais provenientes da região de Mogi-Mirim e Mogi-Guaçu (depósitos de várzea do Rio Mogi-Guaçu), das jazidas da Chiarelli Mineração (argila Piteiras) e da Lanzi Mineração (argila Meia Lua), respectivamente. Já a argila J15 vem da região de Tambaú, da Demactam Mineração.

Observando e confrontando os dados das figuras 15, 16 e 17, podem-se perceber semelhanças entre os materiais de estudo com os materiais de comparação. Os óxidos principais SiO_2 e Al_2O_3 variam em quantidade relativa, dependendo da quantidade de caulinita e feldspatos, mas principalmente do quartzo que é o responsável pelos elevados teores de SiO_2 de algumas amostras. No geral percebe-se uma proximidade entre os materiais, com algumas exceções.

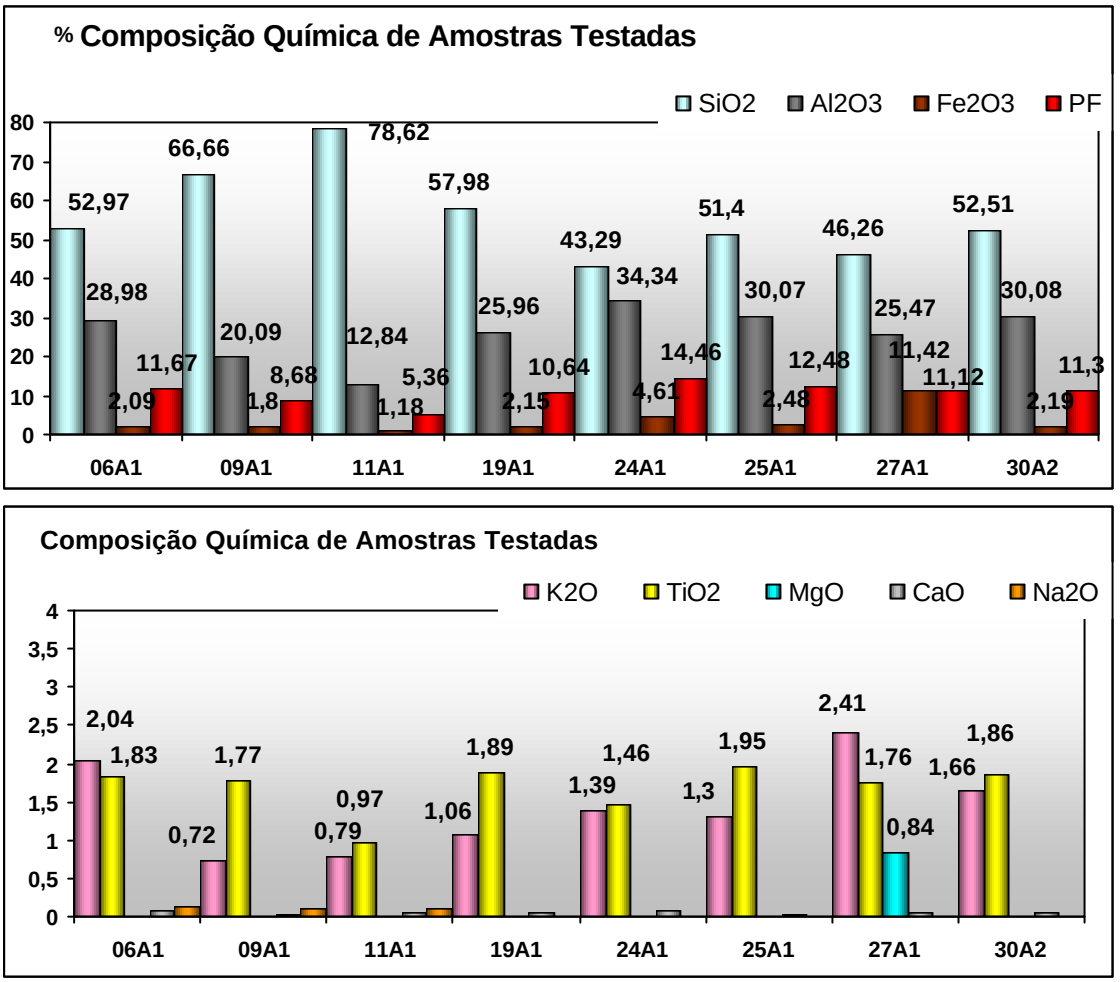


Figura15 – Resultados da análise de amostra total por Fluorescência de Raios X (%).

Quanto às argilas dos depósitos do Rio Mogi-Guaçu, bastante conhecidas e consumidas pelas indústrias do estado, com bons resultados, uma pequena diferença é percebida com relação às argilas espanholas. A razão Si/Al para as argilas de Mogi-Guaçu é muito maior (6,32) que as razões das argilas espanholas (2,71; 1,57 e 1,29 respectivamente). Argilas de alta razão Si/Al tendem a ser arenosas, e seu comportamento cerâmico satisfatório vai depender da quantidade de álcalis que possa conter, pois geralmente não têm muito poder de sinterização.

Os valores de titânio e ferro também são maiores no material de Mogi-Guaçu, sendo que estes dois últimos conferem um tom mais creme/amarelados, para o material queimado. Provavelmente, os materiais espanhóis devem ser mais brancos.

A caulinita pura apresenta 39,5% de Al_2O_3, 46,5% de SiO_2 e 14,0% de H_2O (por ser um silicato de alumínio hidratado), e sua razão Si/Al é 1,17. Paras as argilas

estudadas, tem-se uma grande variação na razão, dada a quantidade variável de areia presente nelas, e a média das razões é baixa para as mesmas.

5.7 – PLASTICIDADE

O comportamento plástico das argilas é relevante quando se necessita de uma boa resistência mecânica a verde (recém-prensada) e seca.

Pelo método de Atterberg - Método ABNT MB-3 - foram determinados os IP´s (Índice de Plasticidade) de algumas amostras conforme a tabela 8.

Os valores de plasticidade obtidos mostram-se próximos aos valores da caulinita pura (tabela 9). Fatores, como a presença de quartzo e outros desplastificantes, presença de matéria orgânica e outros argilominerais, produzem variações nos valores de porcentagem de água. Os valores também são mais baixos. Isto se deve à presença de certa quantidade de areia (fina), que é um reconhecido desplastificante. Quanto menor o IP, mais areia (ou outro desplastificante) apresenta a amostra, como no caso da amostra 25A1 que no campo foi determinada como a mais arenosa e menos plástica.

Tabela 8 - Resultados de determinação da plasticidade para algumas amostras da argila estudada.

Amostra	Limite Líquido (%)	Limite Plástico (%)	IP (%)
06A1	27	18	9
06A2	29	18	11
09A1	25	15	10
11A1	23	11	12
19A1	39	28	11
19A2	34	22	12
21A1	25	18	7
22A1	28	21	7
25A1	30	25	5
30A2	34	24	8

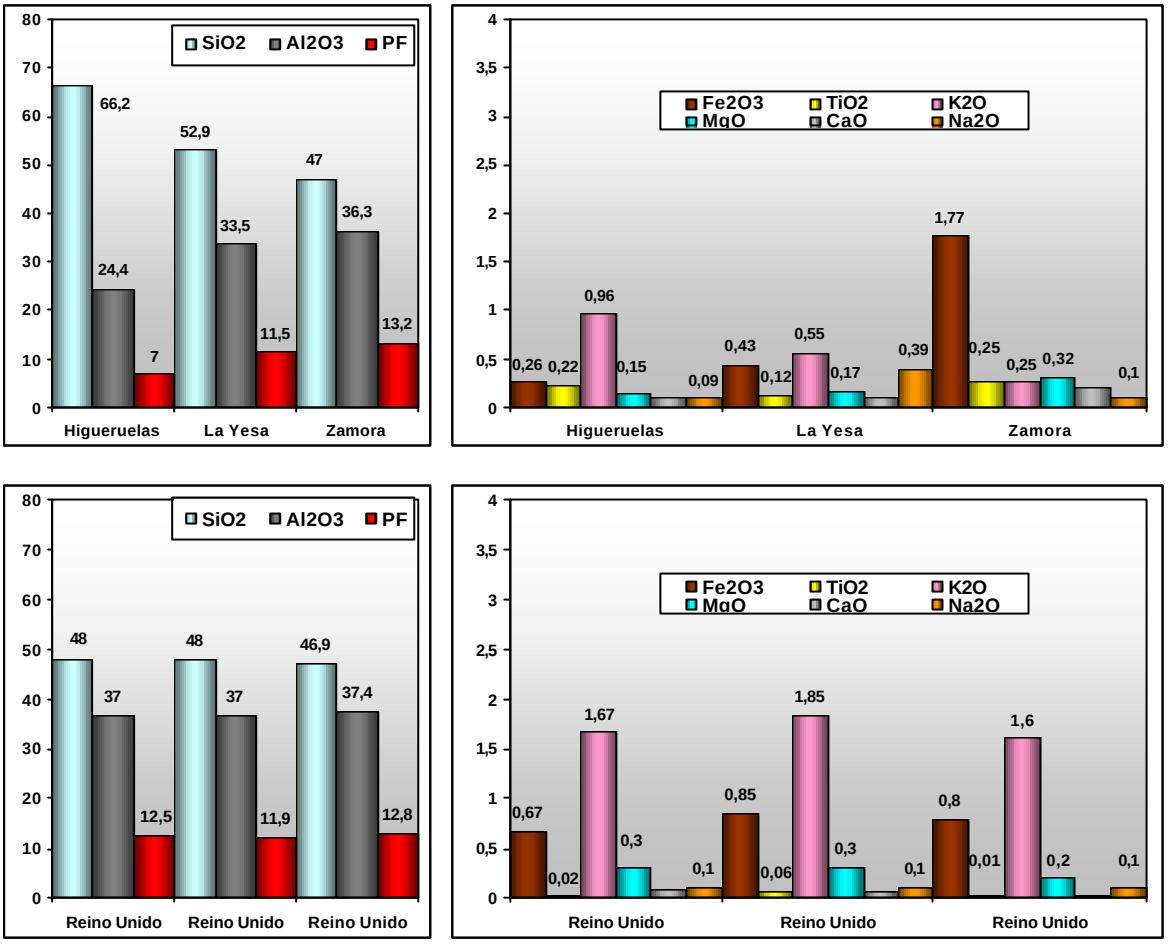


Figura 16 – Caulins espanhóis e ingleses para fabricação de massas cerâmicas brancas (% em peso) Barba *et. al.* (1997).

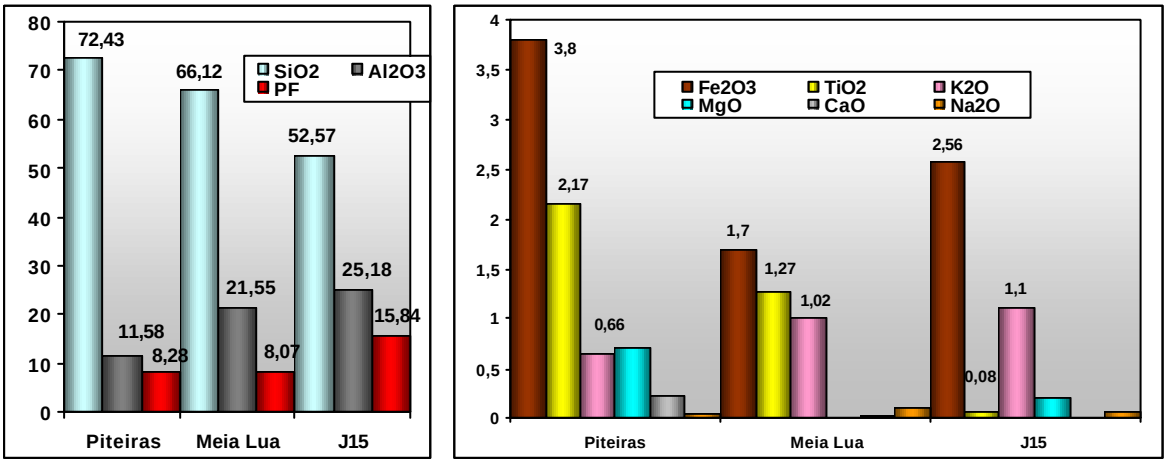


Figura 17 – Constituíntes químicos em porcentagem, de argilas plásticas de queima branca comercializadas no Estado São Paulo.

Tabela 9 – Plasticidade para diferentes minerais argilosos em estado puro, segundo Barba *et al.* (1997).

Amostra	Limite Líquido (%)	Limite Plástico (%)	IP (%)
Caulinita	**58**	**36**	**22**
	35	**30**	**5**
Illita	83	40	43
	95	44	51
	85	46	39
Mintimorilonita	700	97	603
	117	81	36

Muitos fatores podem contribuir ou influenciar a plasticidade de materiais argilosos. Resumidamente, entre os mais importantes, concorrem:

- condições físicas da água (viscosidade, tensão superficial, etc.);

- condição física dos sólidos (tipo de argilo-mineral, granulometria, proporção de desplastificantes);

- condições de defloculação, que depende dos íons trocáveis disponíveis no meio;

- temperatura da massa;

- matéria orgânica (quantidade, tipo coloidal ou não, etc.);

- método utilizado.

Com referência aos materiais desplastificantes, como o quartzo, feldspatos, entre outros, pode-se dizer que a plasticidade diminui proporcionalmente à quantidade de desplastificantes adicionados, sendo assim considerada a plasticidade destes como nula.

5.8 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CERÂMICAS

5.8.1 – Desempenho de Moagem

Como foi dito anteriormente, a moagem constitui a primeira etapa do processamento de massas cerâmicas. Assim, os dados obtidos nesta atividade foram coletados e analisados.

Essa avaliação objetiva determinar algumas propriedades relativas ao processamento industrial da argila pesquisada, visando ao uso final a que será

destinada. Nesse caso, será avaliado seu comportamento quando submetida à moagem por processo via úmida.

O comportamento das partículas das matérias-primas, sobretudo das argilas, no sistema água-sólido é uma característica muito importante das barbotinas, pois vai indicar a viabilidade técnica/econômica do processo de fabricação de massa por atomização.

As finas partículas produzidas pela moagem a úmido, vão tender a aglomerar-se após a moagem, fazendo com que o comportamento do sistema água-sólido seja excessivamente viscoso. Por isso, durante a moagem é adicionado um aditivo defloculante.

Em se tratando de argilas cauliníticas, normalmente, não se encontram problemas para defloculá-las durante a moagem, no entanto vários fatores podem contribuir para modificar seu comportamento reológico, como por exemplo: ph da água, íons disponíveis, argilominerais associados, minerais desplastificantes e matéria orgânica.

Com relação aos defloculantes, existem diversos tipos que agem por mecanismos diferentes (químicos e físicos), mas o mais comumente utilizado para deflocular barbotinas é o silicato de sódio. O defloculante, a base de silicato de sódio, tem a melhor relação custo/benefício, por isso ele foi utilizado nos ensaios de moagem laboratoriais.

Não existem limites definidos para classificar argilas de várzeas, ou outras matérias-primas caracterizadas individualmente como adequadas ou não com relação à moagem. Em termos de processo o que vai ser decisivo é o comportamento do conjunto de todas as matérias-primas em suspensão.

As variáveis consideradas para a moagem a úmido são a viscosidade, a densidade e o resíduo. A relação entre estas três propriedades é simples, porém afeta todo o processo de fabricação a partir da moagem. Argilas ou compostos de massa, com dificuldade para deflocular (dispersar), têm viscosidades elevadas, dificultando sua retirada dos moinhos e seu bombeamento. Mas a adição de água para reduzir sua viscosidade prejudica a densidade, que abaixa, tornando maior o custo energético da atomização, pois haverá mais água a ser retirada da barbotina. Portanto, o conjunto de matérias-primas a serem utilizadas, a relação mais interessante é aquela em que a barbotina tem a menor viscosidade possível para a

menor quantidade de água e defloculante adicionados, tornando-se alta sua densidade.

O resíduo é que mede a eficiência dos moinhos uma vez que, quanto maior a porcentagem de resíduo, menos eficiente é a moagem.

Tecnicamente, o balanço ideal entre estas três propriedades deve ser considerado para cada estrutura fabril, pois diz respeito à disponibilidade de matérias-primas e seus custos industriais. Em geral, os valores de trabalho mais comuns são de 1,60 a 1,75 g/cm^3 para a densidade e de 30 à 90 segundos de viscosidade (Copo Ford de 8 mm), e no máximo 10 % de resíduo.

Abaixo são apresentados os resultados de características de moagem de algumas das amostras. Em anexo estão apresentados os resultados para todas as amostras. (ANEXO V).

Analisando os resultados para as argilas testadas, verifica-se que os resíduos de moagem são normalmente baixos (de 0,0 a 11,0 %), com valor médio da ordem de 1,6 %, sendo composto basicamente por quartzo, biotita e restos orgânicos. O valor máximo de 11 % de resíduo representa apenas um caso isolado, e não marca uma característica geral. A tabela 10 trás alguns resultados para as argilas estudadas.

Tabela 10 - Resultados da etapa de moagem para preparação dos corpos de prova, para algumas amostras testadas.

Amostra	Umidade *in natura* (%)	Tempo de moagem (h)	Resíduo de moagem (%)	Densidade (g/ml)	Viscosidade (min:seg)
06 A1	22,60	1:00	0,9 (qz, bt)	1,57	1’ 00”
09 A1	19,55	1:00	10,00 (qz)	1,69	1’ 06”
11 A1	17,83	1:00	0,39 (qz)	1,62	0’ 13”
19 A1	26,98	1:15	3,67 (qz, mo)	1,42	4’ 53”
24 A1	33,63	1:05	0,03 (qz, bt)	1,47	0’ 47”
25 A1	33,16	1:00	0,02 (qz, bt, mo)	1,47	0’ 15”
27 A1	21,90	1:05	0,1 (bt)	1,53	0’ 20”
30 A1	17,40	1:00	0,5 (qz)	1,47	0’ 12”
30 A2	21,10	1:05	0,8 (bt)	1,50	0’ 20”
31 A1	31,10	1:00	0,7 (bt)	1,52	0’ 17”

Nota: qz = quartzo, bt = biotita, mo = matéria orgânica.

A densidade apresenta valores muito satisfatórios com média de 1,6 g/ml, uma vez que a composição mineralógica é formada por minerais de baixa densidade. A viscosidade mostra também valores satisfatórios, se apresentando-se na ordem de 35 segundos. Algumas amostras apresentaram valores altos, acima de 3 minutos, porém são condições muito particulares, não afetando o conjunto.

5.8.2 – Determinação das Propriedades Cerâmicas

Esta caracterização objetiva determinar as propriedades das argilas objetivando seu uso para fabricação de placas cerâmicas. Os indicadores mais importantes para isso são: absorção de água (AA), retração de queima (RQ), módulo de ruptura a flexão (MRF), perda ao fogo (PF) e cor de queima (CQ).

Uma síntese dos resultados pode ser observada na tabela 11.

Os índices de absorção de água variam de 8,70 a 22,72 % (média de 15,3 %), apresentando baixos índices de retração que variam de 0,14 a 6,45 % (média de 3,6 %).

O MRF para os corpos de prova queimados oscila entre 1,42 e 24,24 N/mm^2 (média de 10,6 N/mm^2).

A PF mostra valores da ordem de 7,1 %, que são resultantes da quantidade de matéria orgânica presente na argila bruta e da água estrutural.

Tabela 11 - Resultado de caracterização do material pesquisado.

Furo	Amostra	AA (%)	RQ (%)	MRF (N/mm^2)	Perda ao Fogo (%)	DRX	Análise Química	Tipologia
2	**02 A1**	10,02	7,75	17,4	10,71			Tipo 1
3	**03 A1**	11,79	4,93	19,4	6,37			Tipo 1
	03 A2	15,52	1,97	5,27	5,77			Tipo 1
	03 A3	16,60	1,69	7,04	5,97			Tipo 2
6	**06 A1**	12.01	6.06	16.36	8.24	X	X	Tipo 1
	06 A2	14.87	3.38	9.57	8.09			Tipo 1
	06 A3	20.02	0.14	1.42	5.08			Substrato
8	**08 A1**	20.08	0.76	3.97	5.4			Tipo 1
9	**09 A1**	22.72	0.76	2.55	6.38	X	X	Tipo 1
10	**10 A1**	12.73	5.68	16.28	8.14			Arg. verm.
	10 A2	12.21	5.72	24.24	10.13			Tipo 1
11	**11 A1**	18.44	0.23	3.77	3.96	X	X	Tipo 1
	11 A2	16.91	3.84	7.15	3.81	X		Tipo 1
12	**12 A1**	16.62	3.74	9.83	8.75			Tipo 1
13	**13 A1**	14.19	5.59	15.09	8.78			Tipo 1
	13 A2	14.34	3.54	10.95	4.91			Tipo 1

	13 A3	15.27	3.36	9.36	8.10	X		Tipo 1
14	**14 A1**	15.22	4.74	10.13	8.29			Arg. verm.
	14 A2	18.6	2.98	6.95	6.25			Arg. verm.
	14 A3	20.69	0.56	3.04	3.88	X		Arg. verm.
	14 A5	15.18	3.23	11.52	5.49			Arg. verm.
15	**15 A1**	21,55	1,41	5,01	6,32			Saibro
17	**17 A1**	14,31	4,37	13,75	7,46			Arg. verm.
19	**19 A1**	11.75	6.45	11.21	10.02	X	X	Tipo 1
	19 A2	11.01	6.37	13.83	8.84	X		Tipo 1
20	**20 A1**	20.77	-0.08	3.76	4.07			Tipo 2
21	**21 A1**	13.85	3.91	13.33	8.69			Arg. verm.
22	**22 A1**	9.00	3.38	24.21	3.38	X		Tipo 1
23	**23 A1**	14.72	9.62	12.18	10.4			Arg. verm.
24	**24 A1**	8.95	10.27	7.94	15.75	X		Tipo 1
	24 A2	7,98	8,54	29,24	11,88			Tipo 1
25	**25 A1**	13.95	5.85	14.19	10.32	X	X	Tipo 1
26	**26 A1**	16.65	5.26	9.92	10.23			Tipo 1
27	**27 A1**	7.69	9.86	38.46	9.52	X	X	Arg. verm.
	27 A2	17,36	0,56	4,87	4,70			Tipo 2
28	**28 A1**	18,85	0,00	2,54	5,29			Tipo 1
	28 A2	13,03	2,40	10,24	5,94			Tipo 2
	28 A3	13,92	2,40	11,7	5,70			Tipo 1
29	**29 A1**	11,15	6,91	11,27	11,60			Tipo 1
	29 A2	16,23	0,99	6,19	5,77			Tipo 1
	29 A3	28,31	-1,08	0,29	1,13	X		Tipo 2
30	**30 A1**	11,48	9,58	23,12	11,06	X		Tipo 1
	30 A2	11.30	6.51	22.02	9.91		X	Tipo 2
31	**31 A1**	15.62	5.14	14.34	8.08	X		Arg. verm.
34	**34 A1**	16,42	6,21	6,81	10,44			Saibro
	34 A2	12,47	2,15	5,52	8,03			Saibro
35	**35 A1**	10.56	7.45	21.18	10.91			Arg. verm.
38	**38 A1**	14.95	2,28	5,10	8,06			Tipo 1
	38 A2	18,76	-0,55	0,97	4,27			Tipo 2
39	**39 A1**	12,12	1,72	5,23	7,44			Tipo 1
	39 A2	16,12	1,01	3,05	8,62			Tipo 2
42	**42 A1**	10.31	7.51	20.03	10.91			Arg. verm.
43	**43 A1**	11.97	3,10	1,88	10,07			Tipo 1
T1	**T1 A1**	14.39	3.66	12.76	8.58			Tipo 1
T2	**T2 A2**	17,16	1,83	6,99	4,54	X		Micáceo
T3	**T3 A1**	8.70	6.40	20.28	7.93			Tipo 1
T4	**T4 A1**	12.80	4.15	14.12	8.02			Tipo 1
	T4 A2	14.32	1.41	6.40	5.17			Tipo 2
T5	**T5 A1**	14,46	4,10	9,24	7,14			Tipo 1
T6	**T6 A1**	15,09	4,23	14,09	8,07			Tipo 1
T7	**T7 A1**	14,16	3,53	14,31	7,30			Tipo 1
	T7 A2	13,27	0,56	7,27	3,85			Substrato
T8	**T8 A1**	9,83	7,21	23,13	10,24			Tipo 1

Nota: Os resultados cerâmicos referem-se a testes em temperatura de 1120 °C. AA = Absorção de água, RQ = Retração de queima, MRF = Módulo de ruptura a flexão, DRX = difratometria de raios-x.
X = Amostra com análise química e DRX
Substrato = material arenoso, avermelhado, que compõe localmente o substrato da várzea.
Arg. verm. = argila semelhante aos tipos 1 e 2, porém com cores de queima laranja a vermelha.
Micáceo = material predominantemente biotítico.

As CQs variam de brancas a vermelhas passando por tons rosados e laranjas; no entanto, os materiais de interesse devem ter cores de queima claras (cremes claros, cinza e brancos) para que possam ser usados para o fim proposto (figura 18).

Os materiais que apresentam CQs vermelha/alaranjadas contêm valores de ferro e titânio, principalmente, em quantidades mais elevadas, que oxidam durante a queima colorindo a massa. Materiais com esta particularidade na composição química tendem a ser mais fundentes, devido à presença de compostos com ferro (óxidos e hidróxidos). Este comportamento mais fundente, pode ser notado pelos valores de retração de queima que são mais elevados para as argilas de CQs mais vermelhas, e absorção de água um pouco mais baixa.

Com relação às argilas de CQ branca e creme claro, classifica-se seu comportamento como refratário, uma vez que as absorções de água são elevadas, e baixos são os valores de retração e MRF. A presença de caulinita, na maioria das amostras, com baixos teores de cromóforos, proporciona os tipos mais refratários e brancos, quando queimados, que são considerados materiais de interesse.

No entanto, caulinitas de alta pureza normalmente não produzem corpos de prova resistentes, o suficiente, para serem caracterizados, quando queimados nas temperaturas normalmente utilizadas em produção de revestimentos cerâmicos semi-gressificados, por via úmida (temperaturas entre 1150 e 1190 ºC).

A argila de várzea estudada contém também a plasticidade e, como discutido anteriormente, sua fração fina é rica em feldspato que contribui para uma razoável sinterização.

Na figura 19, pode ser encontrada a média dos resultados das propriedades cerâmicas, obtida para as argilas amostradas. Entre os materiais analisados, os de interesse são as argilas plásticas tipos 1 e 2. As vermelhas não são de interesse direto, pois são materiais mais indicados para cerâmica estrutural (tijolos, telhas, lajotas etc.).

Observando os valores apresentados, pode-se ver claramente o comportamento dos materiais. Como será notado, o valor de caracterização física das argilas será comparado com as características das argilas economicamente aproveitadas dentro do Estado de São Paulo.

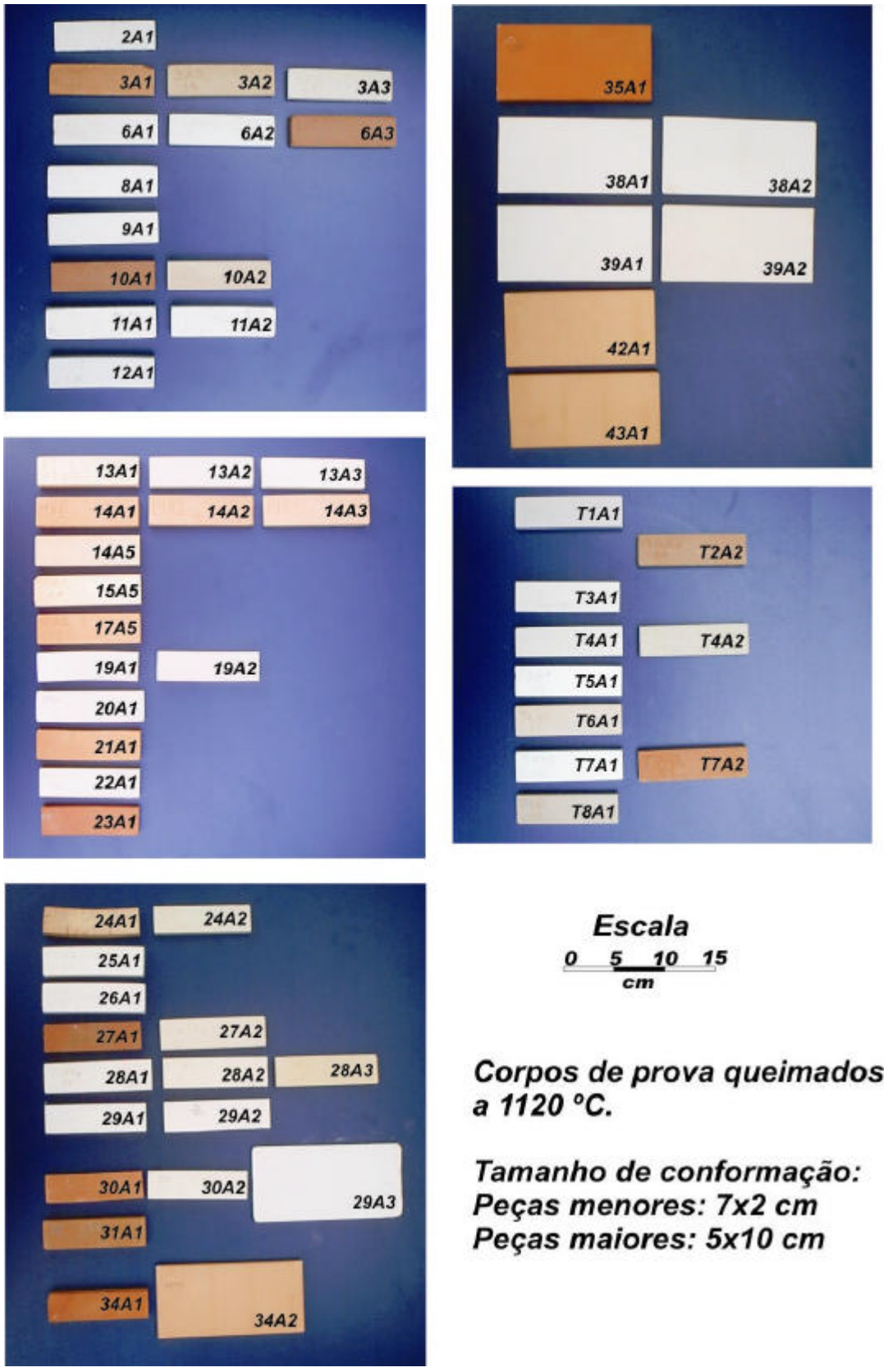


Figura 18 – Foto dos corpos queimados. Observar as cores de queima para os diferentes tipos de argilas testadas.

As argilas tipo 1 apresentam AA de água dentro de valores comuns para argilas cauliníticas de várzea, assim como também as demais. No entanto o caráter mais arenoso da argila tipo 2 é refletido numa média maior de absorção de água. Isto também vai refletir nos demais índices, como menor RQ e baixo MRF e PF. As argilas vermelhas, a despeito da sua coloração, têm características muito parecidas com as tipo 1. A presença de óxidos corantes agem também como fundentes , o que aumenta a MRF e a RQ e diminui o AA.

As características físicas cerâmicas determinadas mostram que os materiais tipo 1 e 2 têm boas qualidades para o uso, em composição de massa para pisos e revestimentos cerâmicos por processo via úmida.

5.9 – UTILIZAÇÃO COMERCIAL DAS ARGILAS ESTUDADAS

Argilas cauliníticas de várzea têm duas aplicações fundamentais na indústria cerâmica: como componente de formulações de massa e como componente de formulações de engobe. O que define, se o material será utilizado, é normalmente a cor de queima e seu conteúdo de quartzo e álcalis totais.

Se a argila tem queima excepcionalmente branca (que indiretamente refere-se à pureza relativa a óxido de Fe e Ti), e apresenta relativa fundência e baixa quantidade de quartzo livre, ela tem grande possibilidade de ser destinada à composições de engobes. Todavia, se a cor de queima varia de bege a marrom claro e apresenta quartzo em quantidade e granulometria variáveis, elas só poderão ser utilizadas para composições de massa. É lógico que, se a argila preenche os requisitos para a fabricação de engobes, ela é um material mais nobre.

Abaixo se podem observar as composições químicas de duas argilas muito utilizadas para engobes. (Figura 19).

A argila de São Simão apresenta alguns aspectos interessantes quando comparada com a argila de Suzano. O material de São Simão é muito menos arenoso e apresenta valores superiores de álcalis totais. Isto indica uma predominância de caulinita nas argilas de São Simão, e uma clara contribuição de feldspatos na origem da caulinita (tabela 12).

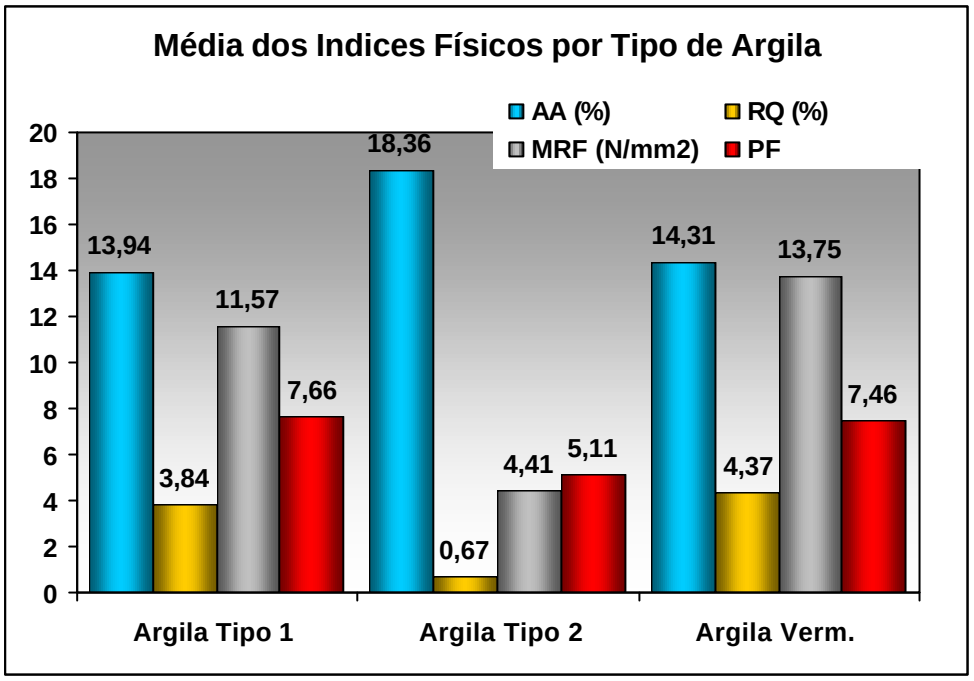


Figura 19 – Médias dos principais índices físicos das argilas estudadas. Absorção de água (AA), Retração de Queima (RQ), MRF (Módulo de Ruptura a Flexão) e PF (Perda ao Fogo).

Tabela 12 - Composições químicas em porcentagem, das principais argilas comerciais para composições de engobe. JP2 – Magnesita SA. – Mogi das Cruzes. São Simão –Estiva Refratários Ltda.

Material	SiO_2	Al_20_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	PF
JP2	59,01	36,00	1,36	0,04	0,25	0,14	1,45	1,56	0,01	0,04	12,06
São Simão*	49,1	35,0	1,60	0,20	0,10	0,20	0,10	0,9	-	-	12,6

Nota: * - Segundo Motta (1991)

Para a determinação do real potencial das argilas estudadas, foram elaborados ensaios visando a duas aplicações: utilização em fórmulas de engobes e em fórmulas de massa.

5.9.1 - Utilização Para Engobes

Foram selecionadas algumas amostras para testes de engobe, em que estas argilas foram lavadas para se retirar a fração quartzosa (areia) acima de malha 200 ABNT. As amostras selecionadas foram: 11A1, 12A1, 29A1 e 38A1. A seleção destas amostras foi baseada nas cores de queima, comparativamente às argilas de São Simão e JP2.

Utilizando uma fórmula padrão para engobes (tabela 13), foram moídas 6 fórmulas de engobes substituindo a argila da fórmula pelas selecionadas. Existem inúmeras fórmulas de engobes, para inúmeras aplicações. Esta formulação, tomada como referência, é uma fórmula comum para pisos e revestimentos cerâmicos.

Tabela 13 – Fórmula padrão de engobe para verificação da utilização das argilas.

Matéria-Prima	%
Argila	23,45
Quartzo	22,55
Feldspato	19,84
Frita	19,84
Ultrox	9,02
Caulim (#325)	2,70
Alumina	0,90
Dióxido de titânio	0,90
Bentonita	0,45
TPF	0,27
CMC	0,045

O objetivo dos testes é realizar uma avaliação comparativa entre uma fórmula que utiliza uma argila comercial, contra outra mesma formulação em que substitui a argila, verificando-se a cor de queima, e não suas características técnicas. As características de um engobe dependem de muitos fatores, como: modo de aplicação, produto piso ou revestimento, ambiente de assentamento do produto, entre outros.

As formulações foram moídas em gira-jarros de 1 kg, por 40 minutos, e em seguida verificou-se sua densidade, viscosidade e resíduo. Os dados podem ser observados na tabela 14.

Em termos de processo de moagem, pode-se constatar que os engobes não apresentam dificuldades reológicas.

No entanto, a queima das fórmulas mostrou diferenças significativas em relação à cor de queima. As argilas testadas apresentaram tons de creme, claros a acinzentados (figura 20), o que torna não viável sua utilização para o fim proposto. Ao que parece, o Fe e o Ti estão contribuindo para este efeito de coloração nos engobes.

Tabela 14 - Argilas selecionadas para testes de engobe e seus resultados de moagem.

Código da Amostra	Densidade (g/cm^3)	Viscosidade (‘ “)	Resíduo (%)
Padrão 1	**1,74**	**0’ 20”**	**0,56**
Padrão 2	**1,76**	**0’ 38”**	**1,76**
11 A1	**1,70**	**0’ 16”**	**1,45**
12 A1	**1,78**	**0’ 25”**	**2,09**
29 A1	**1,76**	**0’ 24”**	**1,98**
38 A1	**1,77**	**0’ 23”**	**0,99**

Nota: Padrão 1 – Argila JP2 – Magnesita SA. Padrão 2 – Argila São Simão, Estiva Refratários Ltda.

5.9.2 - Utilização Para Massas

Analisando os resultados das propriedades cerâmicas, foi possível desenvolver qual seria o produto a ser extraído e comercialmente aproveitado pelo parque cerâmico alvo.

Três composições, denominadas amostras-base (AB-1, AB-2 e AB-3), foram elaboradas, objetivando maximizar a produção de argila do depósito, porém nunca perdendo de vista a qualidade do *blend* de argilas, a fim de que seu desempenho em produção industrial seja satisfatório na obtenção de um produto cerâmico.

A elaboração partiu inicialmente de uma dosagem que teve, como referência, as quantidades relativas dos minérios do tipo 1 e 2 e suas localizações.

AB-1 é composta pelas amostras 2A1, 8A1, 11A1, 11A2, 12A1, 22A1, 25A1 e 26A1. AB-2 é composta pelas amostras 24A2, 28A1, 28A2, 29A1, 29A2, 30A2, 38A1, T7A1 e T7A2. E por fim, AB-3 é composta pelas amostras 9A1, 13A1, 13A2, 13A3, 19A1, 19A2, T1A1, T4A1, T6A1 e T8A1, em partes iguais. A localização das amostras, em grupos de seleção, pode ser observada no mapa da figura 21.

A figura 22, tráz os resultados das análises químicas em comparação com as argilas comercialmente encontradas no mercado.

As amostras-base, após sua composição, foram moídas a úmido em gira-jarros de 1,5 kg, por 20 minutos, para que os resíduos ficassem abaixo de 6%. A relação de sólido-líquido foi estabelecida para uma densidade de 1,65 g/cm^3 a 1.72 g/cm^3 e uma viscosidade de 30 a 90 segundos, em copo Ford de 8 mm.

Os corpos de prova das argilas comerciais e das de testes foram confeccionados em formato 50 mm x 100 mm e queimados em condições industriais na cerâmica Villagres, em Santa Gertrudes (SP). Foram colocados sobre placa refratária e queimados à temperatura de 1169 a 1179 ºC, e ciclo de 38 minutos.

Os resultados cerâmicos, obtidos para as amostras-base, estão apresentados na tabela 15. Como se pode observar, os resultados, quando comparados com as argilas existentes no mercado, mostram igualdade de propriedades, podendo até serem elas consideradas satisfatórias para o devido uso.

As cores de queima mostraram tonalidades bastante adequadas para este tipo de material, que ficou entre um creme claro e marrom claro, conforme mostra a figura 23.

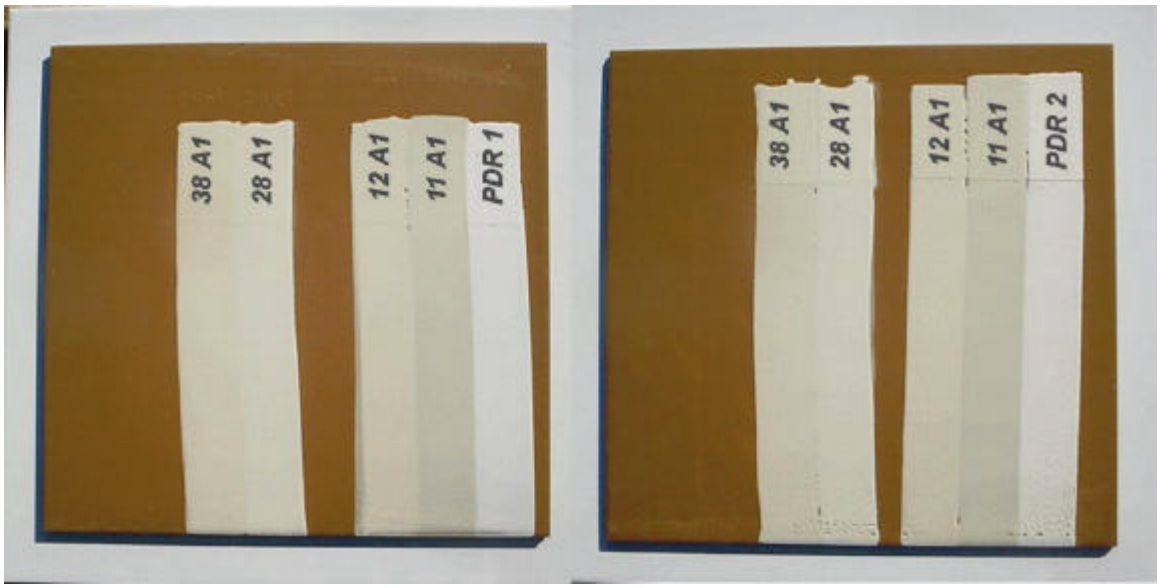


Figura 20 – Placas com aplicação de engobe formulado com as argilas de testes.

Barba *et al*. (1997) agrupa e apresenta os critérios básicos para a seleção de matérias-primas para a fabricação de suportes cerâmicos, o que pode ser visualizado na figura 24.

Para matérias-primas argilosas especificamente, estes autores apresentam os requisitos a serem observados para cada propriedade importante. Os resumos destes requisitos podem ser observados na tabela 16.

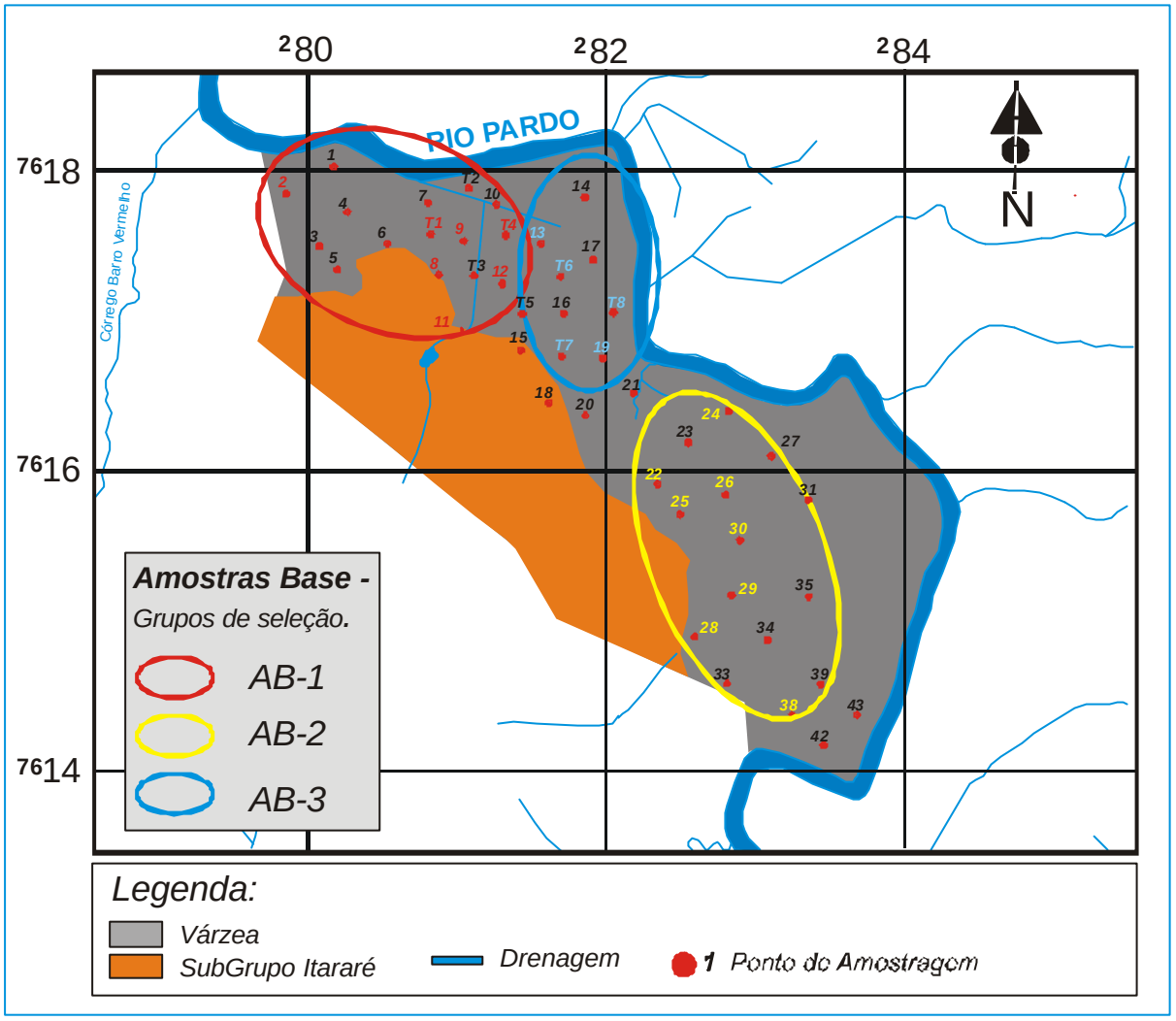
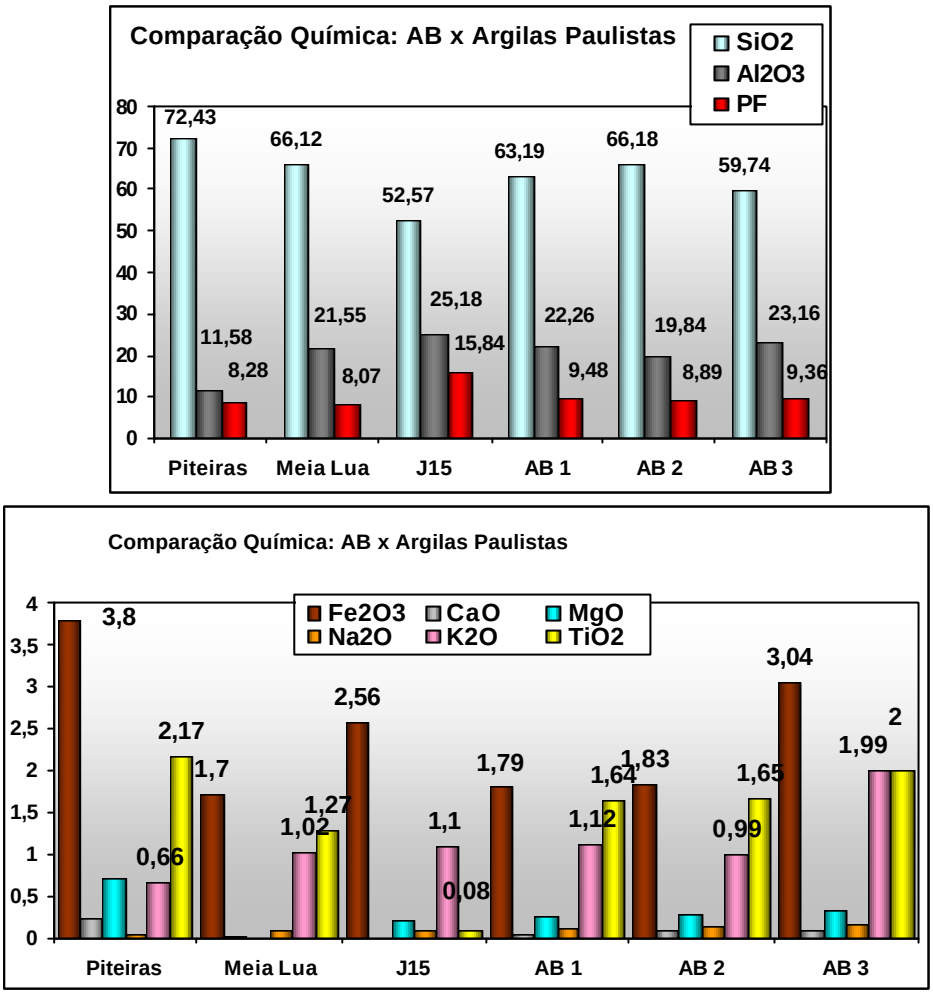


Figura 21 – Localização dos grupos de seleção das amostras constituintes dos *blends* das amostras-base 1, 2 e 3.

Tabela 15 – Resultados das propriedades cerâmicas das amostras-base.

Material	Moagem			Ensaio Cerâmico					
	Densidade (g/cm^3)	Viscosidade (‘ “)	Resíduo (%)	Densidade Ap.(g/cm^3)	AA (%)	RQ (%)	MRF s (N/mm^2)	MRF q (N/mm^2)	PF (%)
Piteiras	1,65	1’ 35”	1,26	1,80	18,55	1,36	1,40	3,36	6,37
Meia Lua	1,63	0’ 19”	0,80	1,81	15,60	4,09	1,43	8,56	9,49
J15	1,63	1’ 51”	1,20	1,81	14,30	4,68	1,74	7,32	6,38
AB-1	1,63	1’ 56”	0,60	1,81	17,05	2,21	1,56	9,32	8,66
AB-2	1,63	0’ 36”	0,90	1,82	17,87	1,72	1,39	5,21	7,83
AB-3	1,63	0’ 21”	1,69	1,80	15,53	2,43	1,33	11,18	7,67

Nota: Densidade Ap = Densidade de prensagem. MRFs = Módulo de ruptura seco, MRFq = Módulo de Ruptura queimado



Nota: AB-1 e AB-3 foram compostas por materiais representativos do tipo 1, e AB-2 por materiais do tipo 2.

Figura 22 – Composição química entre as amostras utilizadas como referência para o desenvolvimento do minério, e as três argilas do mercado paulista.

Estes autores ainda advertem que, para a etapa de conformação, o empacotamento da mistura é que deve ser considerado, e não o dos materiais argilosos, separado. Por este motivo, o IP das argilas estudadas, apesar de baixo, não deve dificultar sua utilização em virtude de as formulações de massa branca por via úmida conterem outros materiais que compensem esta deficiência relativa.

A temperatura de queima indicada (1240 ºC), para atingir 2% de AA, deve-se ao fato de que, em sua grande maioria, estas argilas são cauliníticas, portanto refratárias.

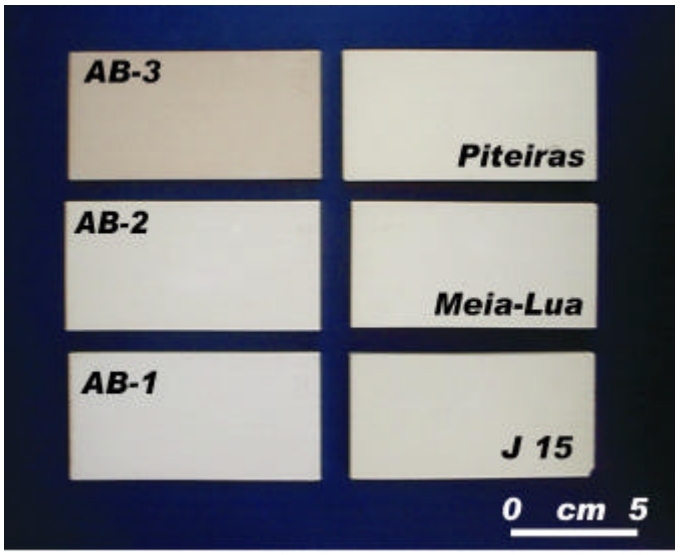


Figura 23 – Corpos de prova das amostras AB-1, AB-2 e AB-3 comparadas as principais argilas do mercado paulista.

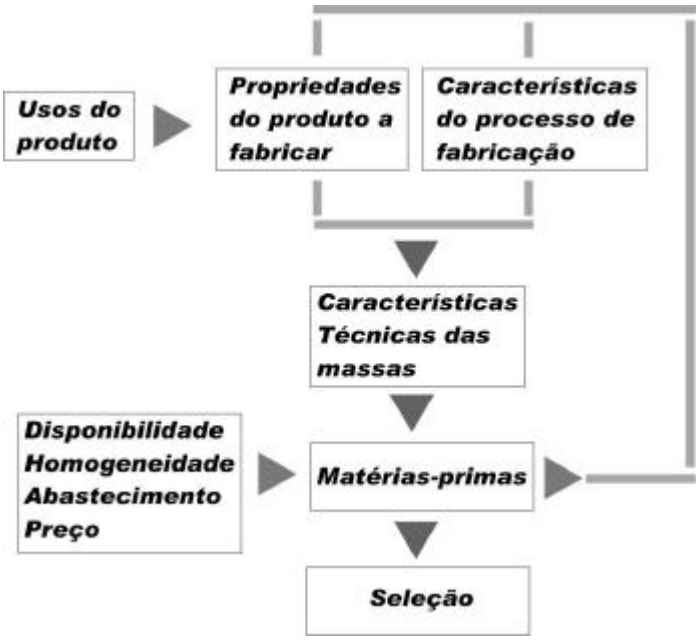


Figura 24 – Critérios para seleção de matérias-primas para fabricação de suportes cerâmicos. Barba *et al*. (1997).

5.10 - ANÁLISE DE COMPOSIÇÕES DE MASSA

A partir dos ensaios de avaliação do potencial de aproveitamento cerâmico do material estudado, buscou-se testar o seu desempenho em formulação, em que atuaria como plastificante (quando crua) e branqueadora (após a queima).

As composições desenvolvidas foram baseadas em fórmulas industriais e, para tal, foram utilizadas matérias-primas adicionais comumente encontradas no mercado.

Os materiais utilizados para a formulação das composições de massa serão referenciados apenas pelo tipo de material. Os nomes das empresas que os comercializam não serão citados, pois estas formulações de massa têm o objetivo de mostrar a viabilidade técnica do material e não de recomendar seu uso associado a determinadas matérias-primas.

As matérias-primas utilizadas estão apresentadas na tabela 17, e seus aspectos individuais de queima são mostrados na figura 25.

Tabela 16 – Requisitos para materiais argilosos para uso em massa de queima branca, segundo Barba *et al*. (1997).

Propriedade/Função /Processo	Condição	Observação
Material Plástico	Suspencionante	Sim
	Facilitador de conformação	Sim
	Proporciona resistência mecânica	Sim
Cor	Grau de Brancura	Alto
Conteúdo de Carbonato	Baixo	< 3% (< 125 μm)
Índice de Plasticidade	Médio	20 - 40
Conteúdo de impurezas	Matéria orgânica*	< 0.3 % (ciclos mais rápidos) <1.5% (ciclos mais lentos)
	Sulfatos solúveis**	< 2.0
Defloculação	Conteúdo de sólidos	´> 60 %
	Defloculante	< 1,5 %
Prensagem	Densidade aparente	> 1.85 g/cm^3
Queima	Temperatura para atingir 2% de AA.	1240 ºC

Nota: * Carbono total, **porcentagem em peso de SO_4.

Uma formulação de massa é uma composição de materiais em que cada "ingrediente" vai assumir uma função específica que será, sensivelmente, sentida após a queima.

A escolha dos materiais utilizados para as formulações de massa, os quais foram apresentados acima, teve como referência uma formulação orientativa, que especifica os materiais, conforme a tabela 18. Na tabela 19 estão contidos os resultados de análise química das matérias-primas utilizadas.

Tabela 17 – Matérias-primas utilizadas para composições de massa de teste.

Material	Código	Descrição
Filito	**FL**	Filito sericítico e feldspático
Argila Plastica	**AP**	Argila de caulinítica de várzea, cinza, de alta plasticidade.
Argila Taguá	**AT**	Siltito/argilito illítico/smectitítico, verde amarronzado
Talco	**TC**	Talco
Arg. Leucítica	**AL**	Rocha alcalina alterada
Calcita		Carbonato de cálcio (# 325)

Nota: 1) os códigos apresentados nesta tabela serão os usados para identificar os materiais nas formulações de massa. 2) A AP apresentada nesta tabela, usada na formulação de massa de referência, é umas das argilas de várzea comercializadas no estado e apresentada anteriormente.

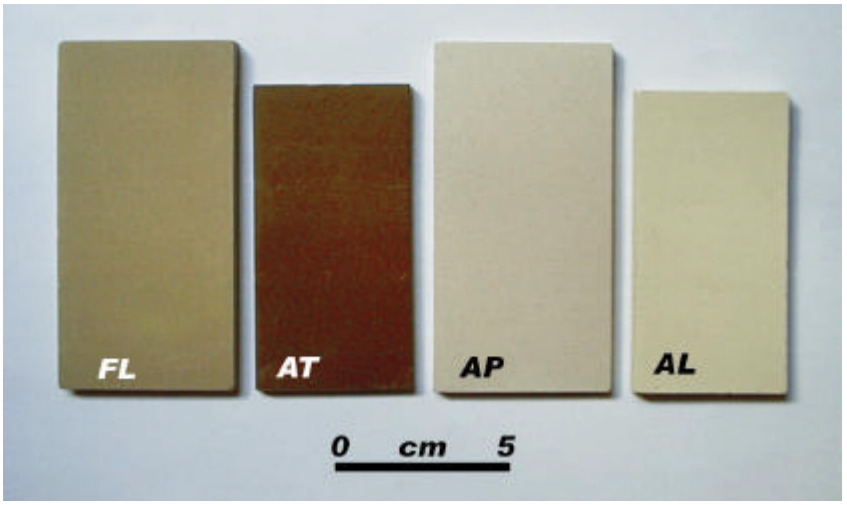


Figura 25 – Corpos de provas mostrando as cores das matérias-primas utilizadas para complementar as formulações de massa. FL – Filito, AT – Argila Taguá, AP – Argila Plástica e AL – "Argila" Leucítica.

Tabela 18 – Formulação orientativa para massa de pavimentos gresificados. Barba *et al.* 1997.

Materiais	Quantidade em peso (%)
Argilas plásticas	15 - 30
Argilas silícicas	0 - 60
Quartzo	0 - 30
Feldspato	30 - 50
Talco	0 - 5

A argila plástica apresentada na fórmula, foi substituída pelas amostras AB1, AB2 e AB3 quando da composição das massas. Já para as argilas silícicas, foi selecionado o taguá. Quartzo (como matéria-prima pura), não será utilizado, pois os outros materiais (menos o talco) já aportam naturalmente quantidades para satisfazer a necessidade deste desplastificante. Para substituir o feldspato (inclusive até por questões econômicas), as indústrias cerâmicas paulistas utilizam filitos diversos. A utilização de leucita também contribui como fonte de álcalis, ajudando na substituição do feldspato. E, por fim, utilizou-se talco para completar a massa.

Tabela 19 – Composição química em porcentagem dos materiais utilizados para as formulações de massa.

Material	SiO_2	Al_20_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	PF
FL	77,97	4,80	4,30	0,09	2,25	0,08	5,34	1,20	0,03	0,04	3,85
AT	66,66	8,71	3,59	0,30	4,17	0,20	7,02	0,68	0,06	0,08	6,51
TC	68,87	3,76	1,37	0,17	21,44	0,00	0,19	0,15	0,02	0,01	3,97
AL	67,90	3,41	5,98	0,06	1,02	0,10	8,86	1,45	0,03	0,07	11,08
Calcita	0,39	0,048	0,025	55,12	0,26	-	-	-	-	-	44

Nota: A calcita tem composição > 98 % de $CaCO_3$.

Foram elaboradas 3 formulações, cujas composições encontram-se na tabela 20.

As formulações foram elaboradas quimicamente, buscando dosar os componentes para se aproximarem da composição da fórmula padrão (F PDR). Para isso, substituiu-se a argila plástica da F PDR pelos materiais compostos (AB-1, AB-2 e AB-3).

Após a composição das fórmulas, elas foram moídas a úmido em gira-jarros de 1,5 kg, por 20 minutos, para que os resíduos ficassem abaixo de 6%. A relação de

sólido-líquido foi estabelecida para uma densidade de 1,65 g/cm^3 à 1.72 g/cm^3 e uma viscosidade de 30 a 90 segundos em copo Ford de 8 mm.

Os corpos de prova foram confeccionados em formato 50 mm x 100 mm e queimados em condições industriais, na cerâmica Villagres, em Santa Gertrudes (SP). Foram colocados sobre placa refratária e queimados a 1170 a 1180 ºC e ciclo de 37 minutos.

Para a avaliação das propriedades cerâmicas utilizou-se como referência a NBR 13.817:97 – Placas Cerâmicas para Revestimentos – Classificação, e a NBR 13.818:97 - Placas Cerâmicas para Revestimentos – Especificações e Métodos de Ensaios.

Tabela 20 – Composição química, em porcentagem, das formulações de massa desenvolvidas.

FM	AB	SiO_2	Al_20_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	PF
FM01	**AB-1**	68,41	9,77	4,05	1,25	3,45	0,12	4,81	1,02	0,05	0,06	6,99
FM05	**AB-2**	68,92	9,36	4,06	1,25	3,46	0,12	4,79	1,02	0,05	0,06	6,89
FM09	**AB-3**	67,82	9,93	4,27	1,25	3,47	0,13	4,96	1,08	0,06	0,06	6,97
F PDR		70.68	7.60	6.95	0.17	2.95	0.16	3.59	0.70	0.05	0.12	6.98

As porcentagens de SiO_2 das fórmulas de teste são levemente menores em relação ao valor da massa PDR, assim como as de alumina são pouco maiores. Isto se deve à característica menos arenosa e mais caulinítica das argilas testadas. Os demais elementos apresentam-se em quantidades muito próximas, à exceção do CaO e K_2O, que são mais altos. Estes resultados são da contribuição da fração feldspática fina, conforme discutido anteriormente.

Pode-se perceber claramente que não existe diferença entre as formulações de teste e as formulações padrão (tabela 21). No entanto, a coloração dos corpos de testes apresentou matiz mais claro que o padrão (figura 26). Isto é um aspecto interessante que ressalta a função clareadora das argilas brancas em massas cerâmicas, devido ao seu menor conteúdo de Fe.

Cabe ressaltar que as propriedades cerâmicas obtidas são função de uma queima em condições de alta temperatura. Sendo os corpos de pequeno tamanho, eles absorvem calor em excesso, o que causa uma maior densificação. A formulação referência se enquadraria no grupo BIIb (AA de 6 a 10 %). No entanto, o

efeito de maior queima foi sentido, em igual intensidade pelos corpos de teste, verificado pelos idênticos resultados obtidos.

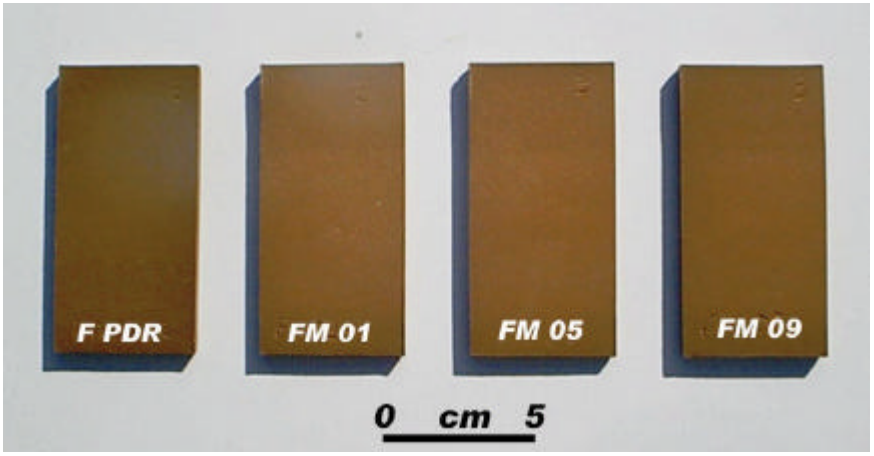


Figura 26 - Corpos de prova das formulações cerâmicas

Tabela 21 – Resultados das propriedades cerâmicas das formulações de massa.

Material	Moagem			Propriedades Cerâmicas					
	Densidade (g/cm^3)	Viscosid. (' ")	Resíduo (%)	Densidade Aparente G/cm3	AA (%)	RQ (%)	MRF s (N/mm^2)	MRF q (N/mm^2)	PF (%)
F PDR	1,70	0' 38"	3,20	1,87	2,35	8,42	1,81	57,87	5,88
FM 01	1,70	0' 40"	3,5	1,88	2,34	8,69	1,69	57,49	5,95
FM 05	1,69	0' 36"	4,6	1,88	2,31	8,41	1,85	52,59	5,96
FM 09	1,69	0' 41	4,1	1,89	2,40	8,87	1,87	59,59	5,90

Nota: Densidade = da barbotina. Densidade Aparente = de prensagem. MRFs = Módulo de Ruptura a Flexão seco. MRFq = Módulo de Ruptura a Flexão queimado.

5.11 – AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Satisfeitos os requisitos técnicos para a utilização das argilas na confecção de produtos cerâmicos, foi realizada uma avaliação quantitativa no depósito.

O método utilizado para a avaliação quantitativa foi o das seções geológicas (Maranhão, 1982). A figura 27 mostra a área avaliada e as seções utilizadas para o cálculo. O método é comentado com mais detalhes em anexo (ANEXO II).No entanto, conforme a figura 11, pode se notar que a outra margem da várzea é

igualmente extensa e potencial, assim como os terrenos a justante e montante, fornecendo a noção do enorme potencial regional. A várzea, na outra margem, à frente da área estudada, não pôde ser pesquisada, pois se encontra toda loteada e ocupada por um condomínio fechado.

Considerando-se que a quantidade de argila deste tipo, em uma massa cerâmica para revestimentos, seja de 4,5 kg por m^2 em média (em uma formulação, argilas plásticas vão de 15 a 30 % em peso) e abastecendo 3 clientes de porte médio com uma produção de 500.000 m^2, estima-se uma vida útil de 154,49 anos para a atividade de extração, tendo em vista a reserva medida das argilas tipo 1 e 2 somadas.

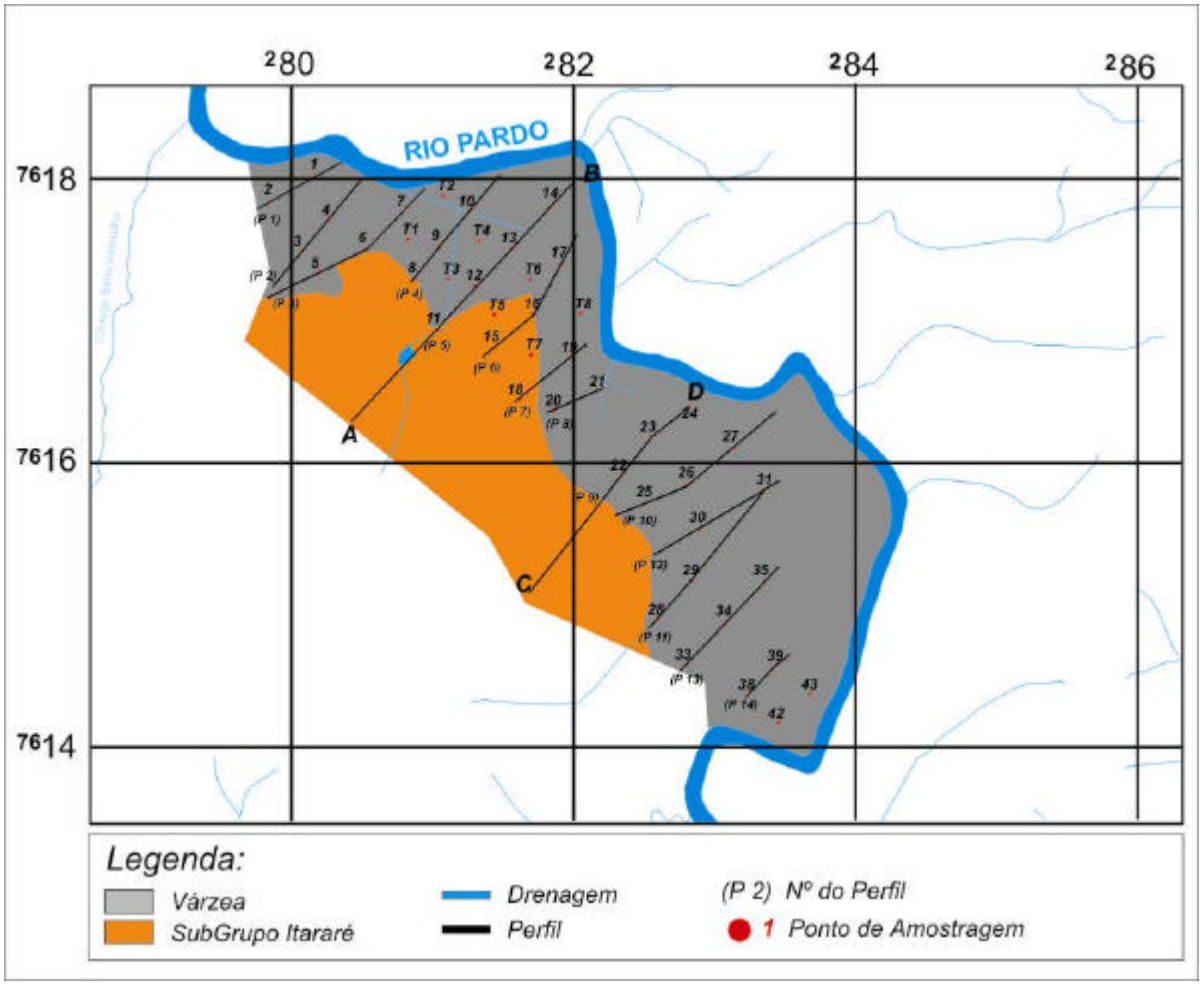


Figura 27 – Mapa da área mostrando as seções para cálculo do depósito.

6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O trabalho em questão, enfocando um depósito mineral, suas propriedades como matéria-prima e suas características cerâmicas, exige a utilização de uma metodologia composta de técnicas de pesquisa geológica e ensaios, além de testes de caracterização cerâmica. Esta associação metodológica mostrou-se satisfatória para o desenvolvimento da pesquisa.

O conjunto de ensaios e testes realizados mostrou um grande potencial para a área, com respeito a um tipo particular de argila: as do tipo *ball clay.* As informações obtidas neste estudo podem ser revertidas para a prospecção de materiais assemelhados nestes mesmos ambientes, lembrando que a região de Tambaú e Mococa, próximas às margens do Rio Pardo, tem um potencial a ser considerado.

Geneticamente, pode-se constatar uma grande contribuição dos terrenos cristalinos para o fornecimento de material sedimentar, ao contrário do que parece ter acontecido com o depósito do Ribeirão Tamanduá (argila São Simão), estudado por Turcq *et al.* (1987), por meio da constante presença de minerais acessórios, representantes típicos das paragêneses cristalinas (tanto ígneas quanto meta-sedimentares) da região a nordeste da área em questão.

Os estudos microscópicos mostraram microclínio e/ou ortoclásio, praticamente sem sinais de alteração, com baixa esfericidade e arredondamento. Em algumas amostras, o teor de feldspato atingiu proporção superior a 7 para 2 em relação ao quartzo, contrapondo-se com a mineralogia altamente evoluída da fração argila, em que aparece caulinita ao lado de gibbsita. A identificação desta fração feldspática é que explica em parte sua adequação ao uso cerâmico, com resultados satisfatórios, mesmo tendo, no geral, o quartzo como componente abundante.

Não foi observada a presença de cianita e estaurolita, minerais que ocorrem nas unidades da Bacia do Paraná e nas unidades cristalinas que envolvem o Complexo Guaxupé (Faixa Itapira/Amparo a sudeste, Grupo Araxá e terreno granito-

greenstone a nordeste e grupos Andrelândia e São João Del Rei, a leste). Este aspecto, em associação com o teor de feldspato, em relação ao quartzo e de biotita, em relação à muscovita, atestam que a fonte para os sedimentos foi basicamente os terrenos cristalinos. Se houve participação das rochas do Subrgrupo Itararé/Formação Aquidauana, nota-se que foi muito pequena.

As observações de campo sobre as características do depósito mostram que a posição dos níveis de interesse está próxima à superfície, facilitando bastante a extração da argila.

As propriedades químicas e mineralógicas confirmam o que a literatura expõe sobre estas argilas refratárias de várzea, sendo comparáveis às argilas espanholas. Suas propriedades cerâmicas se encaixam dentro do espectro esperado para materiais assemelhados como, por exemplo, a argila das várzeas do Rio Mogi-Guaçu, uma das principais fontes para o estado.

Quando comparadas quimicamente, nota-se que as argilas de Mogi-Guaçu têm um maior incremento quartzoso em relação às argilas estudadas. Isto pode estar fortemente ligado à posição e distância das várzeas em relação à área fonte, uma vez que os depósitos de Mogi-Guaçu estão mais distantes do cristalino e, provavelmente, sofre muito mais contribuições de rochas da bacia e seus produtos de alteração.

A plasticidade das amostras testadas mostram valores compatíveis com a presença de caulinita, conforme a literatura. As argilas vermelhas também têm propriedades cerâmicas de interesse, embora sua cor dificulte o uso em massas brancas; todavia, suas características podem contribuir na melhoria de massas vermelhas, de revestimento ou estruturais (tijolos, telhas, etc.), por sua plasticidade e mediante estudo apropriado.

A tentativa de aplicação das argilas estudadas para fabricação de engobes não foi satisfatória, devido à coloração resultante nas formulações testadas. No entanto, uma melhor técnica de seleção e estudos de beneficiamento mais elaborados podem mudar este resultado.

As argilas tiveram bom desempenho de moagem, o que é importante para a composição de barbotinas com melhor desempenho de atomização. A boa defloculação, tanto das argilas puras quanto das barbotinas de formulações, ajudam a obter viscosidades baixas, promovendo movimentação e bombeamento facilitado. A escassez de seus resíduos indicam que muito pouco deixa de ser moído, resultando em uma moagem mais eficiente.

O comportamento do material pesquisado, perante os testes de formulação de massa, mostrou resultados muito interessantes, tendo condições de entrar e abastecer o mercado paulista. A equivalência dos valores entre os índices físicos dos corpos das amostras-base mostram que, apesar de se tratar de uma várzea extensa, as argilas apresentam boa continuidade de propriedades lateralmente. E ainda, as amostras-base, quando submetidas aos testes de formulação, mostraram desempenho comparável a uma argila padrão (comercialmente utilizada).

Jazidas, com constância de características, são muito valiosas quando se considera os benefícios que esta constância reflete nos processos produtivos. Existe, e isto deve ser frisado, uma grande necessidade de que cuidados na extração e manipulação sejam tomados para se garantir este desempenho, ou ainda, maximizá-lo.

7 – CONCLUSÕES

Características do depósito:

Depósito gerado por sedimentação em planície de inundação de rio meandrante. Presença próxima de terrenos geológicos fornecedores de minerais de interesse.

Argila muito plástica, cinza, com presença de areia de granulometria muito fina a fina.

Mineralogia básica: caulinita, quartzo, feldspato (ortoclásio e oligoclásio) e acessórios. Teores de K_2O se destacam.

Lentes e camadas mais extensas de 0,5 a 4 metros de espessura, bem delimitados por pacotes de areias de granulometrias e cores diversas, argilas arenosas e cascalhos.

Comportamento Cerâmico:

Argila de boa dispersão para uma moagem mais eficiente.

Alta plasticidade para facilitar conformação.

Comportamento relativamente fundente (mineralogia propícia) durante a queima.

Constância de propriedades ao longo do depósito

Testes de formulação mostraram adequação ao uso.

Aspectos Econômicos:

Depósito raso.

Fácil acesso e escoamento. Proximidade dos centros consumidores.

Grande extensão em área. Atividade em várias frentes.

8 – BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J.J.M. de. 1981. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. *In:* Simpósio Regional de Geologia, 3, São Paulo, 1981. *Atas.* São Paulo, SBG, v. 1, pp. 1-20.

ALMEIDA, F.F. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de. 1976 – The Upper Precambrian of South America. Bol. IG-USP, v.7: 45-80.

ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; DAVINO, A.; HARALYI, N. L. E. 1980. Informações geofísicas sobre o oeste mineiro e seu significado geotectônico. *Anais da Acad. Bras. de Ciências*, 52 (1): 49-60, 1980.

ARTUR, A. C.; WERNICK, E. 1986. Interpretação geotectônica de alguns aspectos do embasamento cristalino do Estado de São Paulo e áreas adjacentes do Estado de Minas Gerais. In: GONGR. BRAS. GEOL., 34, Goiânia, 1986. *Anais.* Goiânia, SBG, 1986, v. 3, p. 1285-1295.

ASSINE, M. L. 1993. O eólico e o fluvial na Formação Pirambóia. *In:* Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 5, Curitiba, Boletim *de Resumos.* Curitiba, SBG, Núcleo PR/SC/RS, pp. 53-54.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – ABC. 2003. Home page da internet. www.abceram.org.br.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA (ANFACER) – Dados estatísticos. Ano base 1998. (mimeografado).

BARBA, A.; BELTRÁN, V.; FELIU, C.; GARCIA, J.; GINÉS, F.; SÁNCHEZ, E. & SANZ, V. 1997. **Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas.** Instituto de Tecnología Cerámica - ITC/AICE, Castelón, Espanha. 1° Ed. Editora Gráfica Castañ, S.L. Espanha.

BERMERGUY, R.L.; ESPIRITO SANTO, V.V.; COSTA, J.B.S; ROZAL, E.O. 2000. Aspectos morfoestruturais e neotectônicos da região da Serra do Carajás (sudeste do Estado do Pará). *Geociências*, v.19, n. 1, p.35-49, 2000.

BRIGHETTI, J. M. P. 1994. Faciologia dos sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro - SP. Dissertação de Mestrado IGCE-UNESP, Rio Claro.

CAETANO-CHANG, M.R.; WU, F.T.; BRIGHETTI, J. M. P. 1991. Caracterização eólica de arenitos da Formação Pirambóia nas proximidades de São Pedro (SP). *In* - SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo. ATAS. São Paulo. SBG. P. 53-58.

CAMPOS NETO, M. da C. 1985. Evolução do Pré-Cambriano paulista e regiões adjacentes. In: SIMP. REG. GEOL., 4, 1985, São Paulo. *Atas.* São Paulo: SBG-SP, 1985. p. 79-80.

CAMPOS NETO, M.C. 2000. Orogenic Systems from Southwestern Gondwana: An Approach to Brasiliano-Pan African Cycle and Orogenic Collage in Southeastern Brazil. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomas Filho, A.; Campos, D.A. eds. TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA. 31ST International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 335-365.

CAMPOS NETO, M. da C. 1991. *A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande:* ensaio de evolução tectônica. São Paulo, 1991. 210p. Tese (Doutorado) – IG-USP.

CAMPOS NETO, M.C.; FIGUEIREDO, M.C.H. 1985. Geologia das folhas de São José do Rio Pardo e Guaranésia (porção paulista) - 1:50.000. Convênio SICCT-PRÓ-MINÉRIO / IG-USP, São Paulo, 123pp, 1985.

CAMPOS NETO, M.C.; PERROTTA, M.M.; PELLOGIA, A.U.G.; FIGUEIREDO, M.C.H. 1990. A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande (SP-MG) *In:* Anais do 36º Congr. Bras. Geol., Natal-RN. SBG. 6:2615-2630.

CAVALCANTE, J. C., CUNHA, H. C. das, CHIEREGATI, L. A., KAEFFER, L. Q., ROCHA, J. M. da, DAITX, E. C., COUTINHO, M. G. da N., YAMAMOTO, K., DRUMOND, J. B. V., ROSA, D. B., RAMALHO, R. *Projeto Sapucaí. Estados de São Paulo e Minas Gerais.* DNPM/CPRM, Brasília, 1979. 299p.

CHAMANI, M.A.C., MARTIN, M.A.B.; RICCOMINI, C. 1992. Estruturas deformacionais por liquefação induzidas por abalos sísmicos no Permo Triássico da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. In.- Congresso Brasil de Geologia, 37, São Paulo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos.* São Paulo, SBG, v. 2, pp. 508-509.

CHRISTOFOLETTI, S.R., 1998. Matéria-prima cerâmica da Jazida Cruzeiro, Limeira, SP. Rio Claro. Dissertação de Mestrado, IGCE-UNESP.

CUNHA, P.R.C. & FRANÇA, A.B. 1993. Estudo das taxas de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto - Bacia do Paraná. *In*: Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná. *Resumos.* Rio Claro, UNESP/SBG, pp. 77-80.

DARDENE, M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomas Filho, A.; Campos, D.A. eds. TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA. 31ST International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 231-263. 2000.

EBERT, H. D.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S. 1991. O caráter transpressivo do cinturão transcorrente Rio Paraíba do Sul. In: SIMP. NAC. DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro-SP. *Boletim.* Rio Claro-SP: SBG/UNESP, 1991. p. 139-141.

FONSECA, M. J. G.; SILVA, Z. C. G.; CAMPOS, D. de A.; TOSATTO, P. 1979. *Carta geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape.* Texto explicativo. Brasília: MME/DNPM, 1979. 240p.

FÚLFARO, V. J. 1972. The Paraná Basin Upper Permian and Lower Mesozoic I. Stratigraphic succession. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 20,pp. 45-60.

FÚLFARO, V. J. STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E. de; BARCELOS, J.H. 1984. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. *In:* 36 º Congr. Bras. Geol. Rio de Janeiro. Anais.Rio de Janeiro, 1984. pp. 711-722.

GAMA JR.; E. 1979. A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação lrati)-. um modelo geomórfico. *Rev. Bras.* Geoc., São Paulo, 9 (1), pp. 1-16.

GAMA JR., E; PERINOTTO, J.A.J. RIBEIRO, H.J.P.S. 1991. Contribuição ao estudo da parassequência no Subgrupo ltararé (P-C) no Estado de São Paulo. *In*: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, SBG, São Paulo. Boletim *de Resumos.* p. 37.

GASPAR JR, L. A. 1999 - Estudo mineralógico e textural das rochas Sedimentares da Formação Corumbataí "JAZIDA PERUCHI" e suas implicações no produto cerâmico". Rio Claro. Dissertação de Mestrado, IGCE - UNESP.

HACHIRO, J. 1991. Litotipos, associações faciológicas e sistemas deposicionais da Formação lrati no Estado de São Paulo. São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG-USP, 175p.

HACHIRO, J. e COIMBRA, A.M. 1991. Sistemas deposicionais da Formação Irati no Estado de São Paulo. *In:* Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, SBG, São Paulo. *Atas e Boletim de Resumos*, p. 39.

HACHIRO, J.; COIMBRA, A.M.; MATOS, S.L. 1993. O caráter cronoestratigráfico da unidade Irati. *In:* Boletim IG-USP, Publicação Especial, v.12, pp. 51-52, apresentado nas Jornadas Científicas, 2, São Paulo.

HASUI, Y.; EBERT, H. D.; COSTA, J. B. S. 1990. Estruturação da extremidade oriental da chamada Cunha de Guaxupé. Dados preliminares. In: CONGR. BRAS. DE GEOL., 36, 1990, Natal-RN. *Anais.* Natal-RN: SBG, 1990, v.5, p. 2296-2308.

HARALYI, N. L. & HASUI, Y. 1982. Anomalias gravimétricas e estruturas maiores do sul do Estado de Goiás. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 1, 1981, Goiânia-GO. *Ata.* Goiânia-GO: SBG-CO, 1981. p. 73-92.

HASUI, Y.; RODRIGUES, E.P.; OLIVEIRA, M.C.B.; ENS, H.J.; MORALES, N.; ZANARDO, A.; QUADE, H.; NYK, R.; KÜLLER, M.L.; FRASCÁ, M.H.B.O. 1988. Deformação por cisalhamento dúctil: modelo de transformação de rochas pré-cambrianas antigas do leste de São Paulo. Fase I. Relatório IPT nº 25908, IPT-SP, São Paulo, 3 volumes, 1988.

HASUI, Y. & OLIVEIRA, M. A. F. de. 1984. Província Mantiqueira – Setor Central. In: F. F. M de Almeida e Y. Hasui (Coords.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. Ed. Edgard Blucher, SP, 1984. p. 309-344.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo. Pró-Minário/SICCT, v. 1,1981. 12.

KING, L.C. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Geografia. V. 18, n.2, p.147-265, 1956.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia.** México: Ed. Fondo de Cultura Econômica.

LANDIM, P.M.B. 1970. 0 Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP). Rio de Janeiro. *Boletim*. Divisão de Geologia e Mineralogia. Departamento Nacional de Produção Mineral, v. 252, pp. 1-1 03.

LANDIM, P.M.B. & FÚLFARO, V.J. 1972. Trend surface analysis of Carboniferous and Permian thickness data from Paraná Basin. Anais Acad. Bras., Ciênc., Rio de Janeiro - RJ., 44: 187-196 (suplemento).

LAVINA, E.L. 1991. Geologia sedimentar paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano - Scythiano) da Bacia do Paraná. Tese de Doutoramento - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS. 450 p.

MARANHÃO, R. J. L. 1982. Introdução à pesquisa mineral. Fortaleza. BNB/ETENE. 680p.

MASSON, M. R. 1998. Rochas da Formação Corumbataí como matéria-prima para industria cerâmica de revestimentos: Sua influência na Qualidade dos produtos. Rio Claro. Dissertação de Mestrado. IGCE - UNESP, 143p.

MATOS, S.L.F. 1995. O contato entre o Grupo Passa Dois e a Formação Pirambóia na borda leste da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG/USP, 110 p.

MELO, M.S. 1995. *A formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica Paulista*. São Paulo. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP, 144p.

MORALES, N. 1993. Evolução tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental. Rio Claro-SP, 1993. 2 volumes. Tese (Doutoramento) – IGCE-UNESP.

MOTTA, J.F.M. 1991. Avaliação do potencial geológico para argilas plásticas para cerâmica branca no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado

apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Rio Claro. 176 p.

PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R; TROUW, R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, an Neoproterozoic Intraplate Continental Margin, Southern Brasília Belt, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1):200-202. 2000.

PERINOTTO, J.A.J. 1992. Análise estratigráfica da Formação Palermo (P) da Bacia do Paraná, Brasil. Rio Claro. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP, 126p.

PETRI, S. & FÚLFARO, V. J. 1983. Geologia do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo - SP.

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A. e GIOIA, S. M. C. L 2000. The neoproterozoic Goiás magmatic arc, central Brazil: A review and new Sm-Nd isotopic data. *Revista. Brasileira de Geociências,* v. 30, n. 2, p.35-39, 2000.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALAMEIDA, F.F.M. de; PRANDINI, F.L. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000*. São Paulo, IPT. 2v. (Publicação IPT 1183) (Monografias 5).

REVISTA MUNDO CERÂMICO. Ano IV. Número 33. 1997.

RICCOMINI, C.; MANCINI, F.; HASEBE, F. K.; RIDENTE, JR, J. L.; SANTANA, L. G.; FABRINI, G. L. 1991. Evidências de tectonismo no vale do Rio Passa Cinco, Domo de Pitanga. Bacia do Paraná, SP. *In:* SIMP. GEOL. SUDESTE, 2. São Paulo, 1991. Atas. São Paulo, SBG, p27-28.

RODRIGUES, R. & QUADROS, L.P. 1976. Mineralogia das argilas e teor de Boro das formações Paleozóicas da Bacia do Paraná. CONGR. BRAS. GEOL., 29, Ouro Preto - MG. Anais. Ouro Preto, SBG. v.2, p. 351-380.

ROHN, R. & LAVINA, E.L. 1993. Cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois. *In:* Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 1, Rio Claro, UNESP, p. 83.

SANCHEZ, E. 1997. Formulação de Massas para Revestimentos Cerâmicos. AICE – Associación de Investigación de las Industrias Ceramicas. ITC – Instituto de Tecnologia Cerâmica. Apostila de curso. UFScar – LaRC. Dpto. Eng. Materiais.

SCHNEIDER, R.L.. MUHLMAN,H.; TOMMAZI, E.; MEDEIROS, R.A.. DALMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In.- Congresso Brasileiro de Geologia, 28, v. 1. SBG, Porto Alegre. *Anais.* Porto Alegre, 1974, pp. 41-66.

SEPE, P. M. 1990. Comportamento do aqüífero Itararé no Município de Piracicaba, e áreas vizinhas. Rio Claro. Dissertação de Mestrado. IGCE-UNESP, 129p.

SOARES, P. C. 1972. O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais* da Academia Brasileira de Ciências, 44 (suplemento).

SOARES, P. C. 1974. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, v. 4, Porto Alegre. SBG. *Anais.* Porto Alegre, 1974, pp. 1 07-121.

SOARES, P. C. 1988. Tectônica colisional em torno do Bloco Paraná, Brasil. In: CONGR. LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, 1988, Belém-PA. *Anais.* Belém: SBG, 1988. v. 1: 63-79.

SOARES, P. C. & LANDIM, P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 27, v. 1, Aracaju. SBG. *Anais.* Aracaju, 1973, pp. 243-256.

SOUZA SANTOS, P. 1989. **Ciência e tecnologia de argilas.** SP. 2ed. Edgar Blücher Ltda. 3v. 1089p.

SUGUIO, K. 1999. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro ?). São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 366p.1999.

TANNO, L.C.; MOTTA, J.F.M.; CABRAL JR, M.; KASEKER, E.P.; PRESSINOTTI, M.M.N. 1997. Depósitos de Argila para Uso Cerâmico no Estado de São Paulo. *In:* Principais depósitos minerais do Brasil: Rochas e Minerais industriais (parte B). DNPM/CPRM – DIEDIG – Divisão de Editoração Geral. Brasília. Vol. IV p 99-110.

TEIXEIRA, N.A. 1978. Geologia, petrografia e prospecção geoquímica da seqüência vulcano-sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG). Tese de Mestrado. Universidade de Brasília. IE – Departamento de Geociências. 213 p.

TEIXEIRA, W.; AKIMOTO, H.; SIGA JUNIOR, O.; SATO, K. 1989. A evolução dos terrenos graníticos-gnáissicos-migmatíticos ao sul da faixa Canastra, sudoeste de Minas Gerais. 1º Simpósio Geol. Núcleo Brasília. SBG. 1:243-247.

THOMAZELLA, H. R. 1999. A Influência do Sazonamento nas Características Mineralógicas, Fisico-químicas e Tecnológicas das Argilas para Cerâmica Vermelha Na Região de Rio Claro. Rio Claro. Dissertação de Mestrado. IGCE - UNESP, 143p.

TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomas Filho, A.; Campos, D.A. eds. TECTONIC EVOLUTION OF SOUTH AMERICA. 31ST International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 287-310. 2000.

TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; HEOLBRON, M. 1984. Os grupos São João del Rey, Carrancas, Andrelândia, interpretados como a continuação dos grupos Araxá e Canastra. Anais do 33º Congr. Bras. de Geol. Rio de Janeiro – RJ. 3227 – 3240.

TURCQ, B. *et al.* 1987. Alguns terraços fluviais do sudoste e do centro-oeste brasileiros datados por radiocarbono. Possíveis significados paleoclimáticos. In: Congr. Bras. de Abequa. 1987. Porto Alegre. Anais… Porto Alegre.

VELDE, 1995. **Origin and mineralogy of clays.** 1ª ed. Berlin. Springer-Verlag. 334p.

VIEIRA, A. J. 1973. Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro - sul de São Paulo. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 27, v.3, Aracaju, SBG. *Anais.* Aracaju, 1973, pp. 259-278.

WASHBURNE, C. 1929. State of São Paulo, Brasil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 13 nº 9, p. 1215 - 1217.

WENTWORTH, G. K. 1922. A scale grade and class terms of clastic sediments . J. Geol. 30, 377.

WERNICK, E.; PENALVA, F. 1973. As relações entre os grupos Amparo e Itapira (SP). 27º Congr. Brás. Geol. Bol. Esp. nº 1 (Res. e Comun.). SBG. 116-117.

WERNICK, E.; FIORI,A.P.; BETTENCOURT,J.S.; CHOUDHURI,A. 1981. A Tectônica Rígida do Fim do Ciclo Brasiliano e sua Implicação na Estruturação da Borda Sul e Sudoeste do Cráton do São Francisco: Tentativa de um Modelo Preliminar. SIMP. SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, 1981. *Anais.* Salvado: SBG, p.164-168.

ZALAN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ARTOLFI, M. A.M.- VIEIRA, F.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. 1987. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. *In*: Simpósio Sul - Brasileiro de Geologia, 3, SBG, Curitiba, v. 1. Atas. Curitiba, pp.441-477.

ZANARDO, A. 1987. Análise petrológica e microestrutural das rochas da Folha Águas de Lindóia (SP). São Paulo, 1987. 270p. Dissertação (Mestrado) – IG-USP.

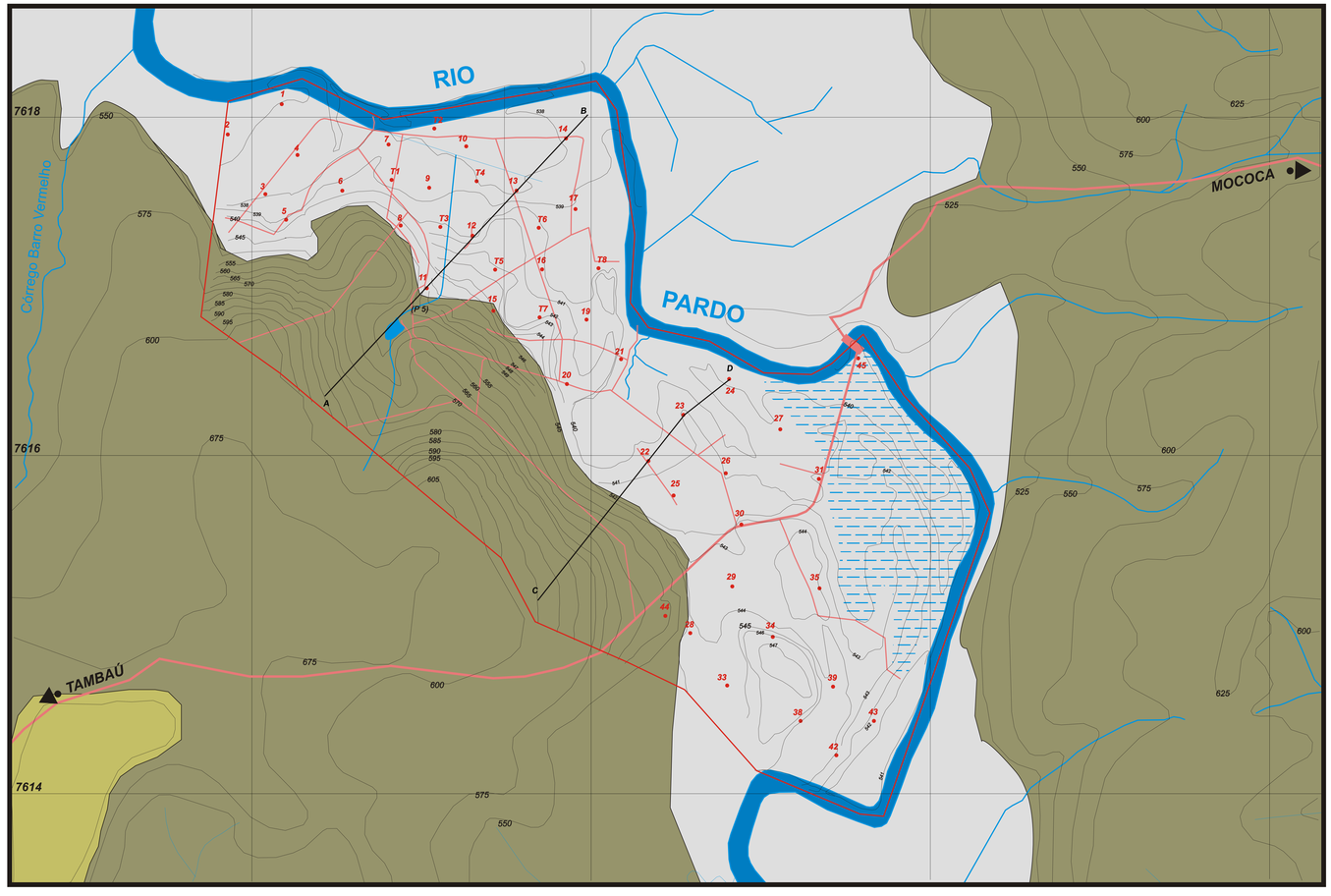
ZANARDO, A. 1992. Análise Petrográfica, Estratigráfica e Microestrutural da Região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG). Tese de Doutoramento. IGCE/UNESP – Rio Claro. 288 p.

ZANARDO, A.; MORALES, N.; CARVALHO, S. G. de; SIMÕES, L. S. A.; OLIVEIRA, M. A. F. de. 1990. Evolução metamórfica da porção sul do Cráton do Paramirim. In: CONGR. BRAS. DE GEOL., 36, 1990, Natal. *Anais.* Natal, 1990. v. 4, p. 1945-1955.

ZANARDO,A.; OLIVEIRA,M.A.F.; DEL LAMA;E.A.; CARVALHO,S.G. 1996. Rochas máficas e ultramáficas da Faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha-Conceição da Aparecida. *Geociências*, v. 15, n. 1, p.279-297, 1996.

ANEXOS

ANEXO I	***Mapa de Pontos***	1/1



LEGENDA DO MAPA GEOLÓGICO

CENOZÓICO

Quaternário

Depósitos Aluviais

PALEOZÓICO

Permiano

Formação Corumbataí

Permiano/Carbonifero

Subgrupo Itararé

Contatos Geológicos

A B Perfil Geológico

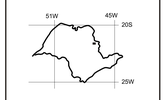
Drenagem

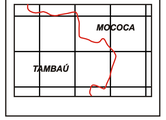
Estrada

500 Curvas de nível

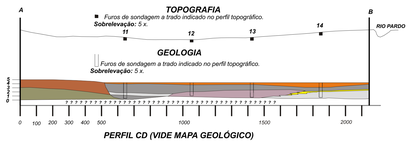
15 Ponto de Sondagem

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DE SÃO PAULO

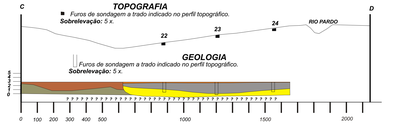




PERFIL AB (VIDE MAPA GEOLÓGICO)



PERFIL CD (VIDE MAPA GEOLÓGICO)



LEGENDA

- Solo
- Argila Refratária tipo 1
- Argila Refratária tipo 2
- Areia fina a média
- Cascalho
- Saibro
- Rochas do Subgrupo Itararé

ESCALA HORIZONTAL - 1:10.000

Sobrelevação: 25 vezes para o perfil geológico.
5 vezes para o perfil topográfico.

A declinção magnética cresce 8' anualmente.
Usar esclusivamente os dados numéricos.

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ESCALA 1:10.000

500 m 0 500 1000 1.500 m

Equidistância das curvas de nível: 25, 5 e 1 metro

MAPA GEOLÓGICO DA VÁRZEA DO RIO PARDO EM TAMBAÚ (SP) - FAZENDA MOSQUITO

Aluno: HELBER ROBERTO THOMAZELLA

Orientador: Prof. Dr. ANTENOR ZANARDO

Escala: 1:10.000

Tese de Doutoramento em Geociências. Geologia Regional

MAIO/2003

1. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E QUÍMICA

1.a - Determinação Mineralógica por Difração de Raios X (DRX).

Esta análise se destina à caracterização mineralógica das amostras de interesse, coletadas na etapa de sondagem.

Os difratogramas foram obtidos com o equipamento Diffraktometer D5000 - Siemens do **LaboGeo**.

1.b - Análises Químicas por Fluorescência de Raios X (FRX).

O objetivo da FRX é determinar quantitativamente os elementos químicos maiores, das amostras. As análises de Fluorescência de raios-X foram executadas pelo CTC (Centro de Tecnologia Cerâmica) de Santa Catarina.

A informação da composição química é importante, durante a análise dos resultados da queima, pois permite analisar as reações ocorridas e transformações minerais e outras fases.

1.c – Determinação Mineralógica e Quantificação Microscopia Óptica.

As amostras selecionadas para o estudo granulométrico da fração areia muito fina-silte foram desagregadas em meio aquoso, usando ou não defloculante, de acordo com a necessidade. Após a desagregação foram submetidas a peneiramento a úmido visando a separação da fração acima citada e foram submetidas a análise microscópicas. Esta análise consistiu do reconhecimento das fases minerais presentes e da caracterização textural dos constituintes.

O procedimento para o estudo microscópico das frações silte/areia muito finas, obtidas por peneiramento a úmido, será o seguinte:

- preparação de líquido de imersão com índice de refração ao redor de 1,539, ou seja, entre o do quartzo e dos feldspatos;
- homogeneização da amostra e montagem da lâmina tomando cuidado pra que não ocorresse segregação por granulação ou densidade;
- colocação de lamínula e imersão dos grãos, com o líquido previamente preparado, através da capilaridade;
- determinação das fases minerais presentes com base nas propriedades ópticas (relevo, cor, divisibilidade, alteração, hábito, birrefringência, pleocroísmo e conoscopia), e contagem dos grãos até um total superior a 1.000 grãos;
- determinação da esfericidade, arredondamento, grau de alteração, polimento, natureza do grão (nomo ou policristalino, revestimentos, etc.) tipos de inclusões, microestruturas (extinção ondulante, geminações, recristalização, estrias, etc.) e;
- tratamento e organização de tabelas com os resultados.

Os dados mineralógicos, sedimentológicos e químicos foram interpretados de maneira conjunta com os dados tecnológicos. Certamente estes dados mineralógicos em associação com os morfoscópicos, geológicos e geomorfológicos possibilitaram determinar a proveniência dos terrígenos.

2. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES CERÂMICAS.

Para avaliar os diversos parâmetros cerâmicos dos materiais estudados, quanto a sua aplicação na produção de cerâmica, realizou-se ensaios físicos específicos, para caracterização de argilas destinadas a esse fim.

Os ensaios de caracterização das amostras individuais foram realizados no Laboratório de Cerâmica do **LaboGeo** do **DPM - IGCE/UNESP** e a queima dos corpos de prova no **Laboratório de Ensaios Físicos Ceramicos de Santa Gertrudes, do Centro Cerâmico do Brasil – LabCer/CCB**.

Já as avaliações de desempenho em formulação serão realizadas na Cerâmica Villagres, que apresenta uma estrutura laboratorial razoavelmente bem equipada, para ensaios cerâmicos.

Os índices cerâmicos a serem determinados para a caracterização do material estudado foram à plasticidade.

2.a - Determinação do Índice de Plasticidade

A plasticidade é um parâmetro que atua junto a trabalhabilidade do material, pois se apresentar em índices adequados, promoverá uma melhor prensagem.

A determinação da plasticidade é muito controversa, pois todas as técnicas estão sujeitas a erros, seja humanos ou instrumentais. Barba e Sánchez (1997) discutem vários métodos como: Compressão (Moore), extrusão e flexão, que são métodos diretos que determinam a relação esforço/deformação e os métodos de Atterberg, Barna e Pferfferkorn, que são indiretos e medem o conteúdo de água. Cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Para a determinação da plasticidade foi utilizado o Método de Atterberg, pois é uma técnica simples e barata.

O índice de plasticidade é obtido através da fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Onde:
IP = Índice de Plasticidade
LL = Limite de Liquidez
LP = Limite de Plasticidade.

O LL é determinado utilizando-se a concha de Casagrande, e indica a umidade necessária para se feche o sulco feito na argila, com 25 golpes, da concha. Esta umidade marca o ponto acima do qual, a argila não tem suficiente consistência para ser moldada.

O LP é determinado moldando-se pequenos cilindros de 3 mm de diâmetro. No momento em que não se consegue moldar os cilindros com diâmetro menor que 3 mm, se considera que o conteúdo de umidade da massa argilosa corresponde ao limite plástico.

2.b - Desempenho de Moagem.

Após a coleta, as amostras quarteadas foram posteriormente moídas em jarros de porcelana com 1,5 kg de capacidade contendo esferas de alta-alumina.

Determinada a umidade da amostra com uma balança Infravermelha, da marca GEHAKA, modelo BG200, a quantidade de amostra e de água a ser adicionada para compor a carga, foi calculada para que se obtenha uma barbotina com 1,70 g/cm^3, teórica. Isto representa aproximadamente 33,5% de água e 66,5% de sólido, da composição. A carga é completada com 0,7% de silicato de sódio, que foi o defloculante usado e o tempo de moagem foi padronizado em 1 hora.

Depois de moída, a barbotina resultante é coletada para se medir a viscosidade, a densidade e o resíduo de moagem.

A densidade foi medida tarando-se uma proveta de 100 ml em uma balança, enchendo-se a proveta com barbotina e pesando-a novamente, considerando o valor em g/cm^3.

A viscosidade foi medida, realizando escoamento da barbotina em um copo ford de 4 mm e cronometrando-se o tempo, considerando o valor em segundos.

O resíduo de moagem foi medido, coletando-se 100g de barbotina, lavando esta quantidade em malha 200, secando e pesando, posteriormente, o retido, que é considerado em porcentagem.

Os valores de densidade, viscosidade e resíduo de moagem, fornecem um panorama do comportamento do material estudado frente às primeiras etapas do processamento, a moagem, onde se verifica a eficiência da defloculação da argila.

Apesar de existirem outros tipos de defloculantes, disponíveis comercialmente, as considerações sobre o desempenho de moagem são tecidas sobre o efeito do silicato de sódio, que é um defloculante comumente usado na maioria das industrias para moagem de massa, por ser relativamente barato.

2.c - Ensaios de Amostras Individuais.

A análise das amostras de argila individualmente, objetiva avaliar espacialmente a distribuição das propriedades físicas, selecionando as áreas mais importantes, onde ocorrem os materiais de melhores características. Estas amostras foram submetidas a ensaios de caracterização física descritos mais a frente.

2.d - Material Padrão

Após a avaliação do desempenho de moagem juntamente com as características cerâmicas das argilas estudadas, foram selecionadas áreas com características adequadas ao uso cerâmico, dentro da várzea estudada. Os materiais desta área serão misturados na forma de formulações, para que se extraídos garantam um máximo de constância de propriedades durante extrações.

A melhor fórmula será usada na fase seguinte e será selecionada por seus resultados físicos cerâmicos.

2.e - Desempenho em Formulação.

Com a amostra padrão selecionada, foram realizadas diversas séries de formulações com o objetivo de se determinar o comportamento das argilas juntamente com os demais materiais que compõem uma massa cerâmica para via úmida, ou seja, filitos, talcos, calcita, leucitas, etc.

Estes ensaios foram realizados no laboratório da Cerâmica Villagres.

2.f - Determinação dos Índices Físicos.

Umidificação do Pó e Prensagem dos Corpos de Prova

Após a moagem, a barbotina é levada a secar em estufa a 100 °C aproximadamente. Depois de seca ela é destorroada e moída, em granulometria passante em malha 30 ABNT.

Este pó é em seguida umidificado a 6,5 %, pesando-se a quantidade de pó a ser umidificada, calculando-se o peso em água correspondente a 6,5% de umidade para o pó seco. Colocando-se o pó em uma bandeja sobre a balança, tara-se a balança e adicionou-se a água com auxílio de um borrifador, até o peso calculado.

A seguir mistura-se a amostra até desmanchar os grumos maiores, passando-a totalmente em uma peneira malha 30 ABNT.

Umidificado, o pó foi acondicionado em um saco plástico, agitado, e vedado com fita para que descanse por 12 horas, a fim de homogeneizar a água adicionada.

A prensagem foi realizada em uma prensa de laboratório, cuja pressão foi determinada com base na densidade aparente, que foi normalizada em 1,90 g/cm^3, para todas as amostras.

Os corpos de prova prensados para a análise das amostras individuais foram 15 corpos no formato 2 x 5,5 cm, prensados no Laboratório de Cerâmica do LaboGeo. Para os testes de formulações os corpos terão formato 5 x 10 cm, sendo 4 por formulação.

Queima

Antes que fossem queimados, os corpos de prova prensados necessitaram ser secos em estufa a aproximadamente 110 °C, para eliminar a umidade de prensagem.

A queima dos corpos de prova de amostras individuais foi realizada no LabCer/CCB, a temperaturas de 1060 e 1120 °C.

Já os dos testes de formulação de massa foram queimados na Cerâmica Villagres, a temperaturas industriais de 1180 °C, em condições industriais.

Perda ao Fogo

Este índice representa a diferença de peso entre os corpos de prova antes e depois da queima. Esta diferença se deve a perda de material durante a queima como a saída de água das fases cristalinas, liberação de gases por reações, etc.

O cálculo para a determinação da PF é o seguinte:

$$PF\ (\%) = \frac{Pf-Pi}{Pi} \times 100$$

onde:
Pi = ao peso inicial (g) do corpo de prova seco.
Pf = ao peso final (g) do corpo de prova após queima.

A perda ao fogo foi determinada, tanto nos ensaios de amostras individuais, quanto nos testes de desempenho em formulação.

Retração de Queima.

A determinação da retração de queima, das matérias primas é muito importante, pois quando muito elevada, pode ocasionar problemas na queima como a deformação excessiva, ou mesmo grandes variações nos tamanhos das peças finais.

Alguns problemas relacionados à esta etapa de queima podem ser resolvidos adequando-se a curva de queima, de maneira a torna-la mais eficiente, melhorando o rendimento e garantindo as características necessárias para o corpo queimado.

A determinação da retração pode ser realizada de duas maneiras: a primeira é fazer um risco de 10 cm no corpo de prova cru, que é medido após secagem e queima. A segunda é medir o comprimento da peça seca e queimada.

Neste trabalho usou-se a segunda maneira, devido ao tamanho dos corpos de prova utilizados.

Para determinar a retração de queima (RQ) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$RQ\ (\%) = \frac{Lf-Li}{Li} \times 100$$

onde:
Li = ao comprimento inicial (cm) do corpo de prova seco.
Lf = ao comprimento em (cm) do corpo de prova após queima.

A determinação da retração de queima foi realizada, tanto nos ensaios de amostras individuais, quanto nos testes de desempenho em formulação.

Módulo de Ruptura à Flexão.

Esse índice físico objetiva avaliar a trabalhabilidade do material prensado, seco a 110 °C e a resistência quando queimado, determinar se o produto satisfaz as especificações da ABNT (para produtos acabados) e se a etapa de queima está atingindo, de maneira satisfatória, a qualidade desejada.

Quando se fala em trabalhabilidade deve-se lembrar que no processo industrial de fabricação as peças recém prensadas no percurso até o forno, caminha, em determinados pontos, por roletes de metal, passando pelo secador. Assim as peças necessitam de uma resistência mínima para suportar este transporte e chegar ao forno sem danos.

Após a queima, as peças adquirem uma coesão por sinterização tal que suportem choques e impactos até certos limites.

A avaliação do MRF foi feita tanto nos ensaios de amostras individuais quanto nos testes de formulação.

Foi realizado no Laboratório de Cerâmica do LaboGeo/Unesp, utilizando-se um flexômetro da BP Engenharia.

Este ensaio é destrutivo, por isso, dos 15 corpos de prova prensados para ensaios de amostras individuais os corpos número 1, 6 e 11 são reservados para arquivo, não sendo submetidos aos testes.

Os de 2 a 5 após secos foram submetidos ao ensaio de MRF seco, e são descartados. Os de 7 a 10, queimados a 1060 °C e os de 1120 °C também são submetidos ao ensaio, as metades resultantes são reservadas para o ensaio de absorção de água.

Para os corpos de prova dos testes de formulação de massa, reserva-se apenas 1 peça, para documentação, e ensaia-se as outras 3.

Absorção de Água.

Para a realização deste ensaio, foram tomados os corpos de prova queimados que foram quebrados no ensaio de MRF.

Todos os pedaços foram primeiramente pesados secos, mantendo-se juntos sempre os dois pedaços do mesmo corpo e fervidos em uma panela com água, durante um período de duas horas. Após a fervura, eles foram novamente pesados, tomando-se o cuidado de retirar o excesso de água das peças com um pano úmido.

A Absorção de água após queima em relação ao peso seco avalia o comportamento do produto final na presença de água.

Para determinação da Absorção de água (AA) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AA\ (\%) = \frac{Pu-Ps}{Ps} \times 100,$$

Onde:
Pu = ao peso do corpo de prova úmido (enxuto) em g, após a fervura.
Ps = ao peso do corpo de prova seco em g.

A Absorção de água é um índice importante pois reflete diretamente a sinterização da peça queimada. Trata-se de um fenômeno complexo e bem conhecido que causa o fechamento dos poros do corpo verde (peça cru) durante a queima através da migração de átomos do material para zonas de contato dos grãos fazendo com que o poro se feche. Contribui também para a sinterização, a fusão das fases minerais ricas em Ca, K, etc. (álcalis) entre outros que são denominados fundentes e preenchem os poros com a fase líquida.

Portanto quanto menor a absorção de água, maior a massa específica (densificação da peça com a queima), menor a porosidade e portanto maior o grau de sinterização (melhor MRF).

2.g - Normatização.

Para a realização de alguns ensaios descritos neste tópico, que objetivaram a obtenção de dados, foi necessário consultar e seguir normas estabelecidas.

Para os ensaios de caracterização cerâmica, foi necessário comparar os valores obtidos com parâmetros e valores de acordo com as exigências e normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

As normas tomadas como referência foram:

NBR-13817(1997). PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTOS - Classificação.

Esta norma classifica as placas cerâmicas de acordo com os seguintes critérios:

a) esmaltadas e não esmaltadas,
b) método de fabricação (extrudado, prensado, etc.),
c) grupos de absorção (porcentagem de água absorvida)
d) classe de resistência a abrasão superficial,
e) classe de resistência ao manchamento,
f) classe de resistência ao ataque de agentes químicos, segundo diferentes níveis de concentração,

g) aspecto superficial ou análise visual.

Os objetivos deste estudo não incluem análises de vidrados, suas resistência a desgastes e manchamentos, etc., assim considerou-(se importantes apenas os itens a), b) e c), encontrando-se abaixo especificadas.

a) GL - Esmaltadas (glazed)
UGL - Não Esmaltadas (unglazed)

b) A - Placas cerâmicas extrudadas,
B - Placas cerâmicas prensadas,
C - Placas cerâmicas fabricadas por outros processos.

c) Grupos de absorção. Divide-se em dois tipos: (1) Grupos de absorção de água conforme o método de fabricação, especificamente neste trabalho o prensado e (2) Grupos de absorção de água. Como observado na tabela 4.

Já a tabela 5, associa os grupos de absorção de água e MRF (Módulo de Ruptura a Flexão).

Tabela II.1- Classificação dos grupos de absorção de água. NBR-13817(1997).

(1)

Absorção de água (%)	Método de Fabricação		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
Abs < 0,5	AI	BIa	CI
0,5 <Abs≤ 3		BIb	
3 < Abs≤ 6	AIIa	BIIa	CIIa
6 <Abs≤ 10	AIIb	BIIb	CIIb
Abs > 10	AIII	BIII	CIII

(2)

Grupo	Absorção de água (%)
La	0 < Abs ≤ 0,5
Lb	0,5 < Abs ≤ 3
LIa	3 < Abs < 6
LIb	6 < Abs ≤ 10
LII	Abs acima de 10

Tabela II.2 - Classificação dos grupos cerâmicos quanto absorção d'água e MRF. NBR-13817(1997).

Absorção d'água	Grupo ABS	MRF (Kg/cm^2)	Denominação
0 - 0,5 %	I a	350 – 500	Porcelana
0 - 0,3 %	I b	300 – 450	Grés
3 - 6 %	II a	320 – 350	Baixo ABS
6 – 10 %	II b	180 – 300	semi-poroso
10 – 20 %	III	150 – 200	poroso

NBR-13818(1997). PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTOS – Especificações e Métodos de Ensaios.

Existem inúmeros ensaios considerados por esta norma, mas apenas alguns foram realizados e eles são imprescindíveis para a classificação acima citada. Eles são apresentados na tabela II.3.

Tabela II.3– Relação dos métodos de ensaio e sua identificação na NBR 13.818, segundo a mesma.

DESCRIÇÃO	CÓDIGO
ABSORÇÃO D'ÁGUA	**NBR 13818/97 (ANEXO B, da norma)**
MÓDULO DE RUPTURA À FLEXÃO	**NBR 13818/97 (ANEXO C, da norma)**
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR	**NBR 13818/97 (ANEXO K, da norma)**

4. Avaliação Quantitativa

A partir das informações das descrições dos furos, vários perfis foram confeccionados. As áreas das seções foram calculadas sem efetuar sobrelevações, que facilitam a visualização.

Para o cálculo preliminar das reservas, adotou-se o método das seções geológicas segundo Maranhão (1982), como segue.

Para seções paralelas

$$T = \frac{S_3+S_4}{2} \cdot H \cdot d$$

Para seções com ângulo menor que 10° entre si.

$$T = \frac{(S_3+S_4) \cdot (H_3 \cdot H_4)}{4} \cdot d$$

Para seções com ângulo maior que 10° entre si.

$$X = \frac{(S_3+S_4) \cdot (H_3 \cdot H_4)}{4} \cdot d$$

$$T = \frac{(a)}{\text{sen } a} \cdot X$$

onde:

T = tonelagem.

S_3 e S_4 = Seções paralelas entre si.

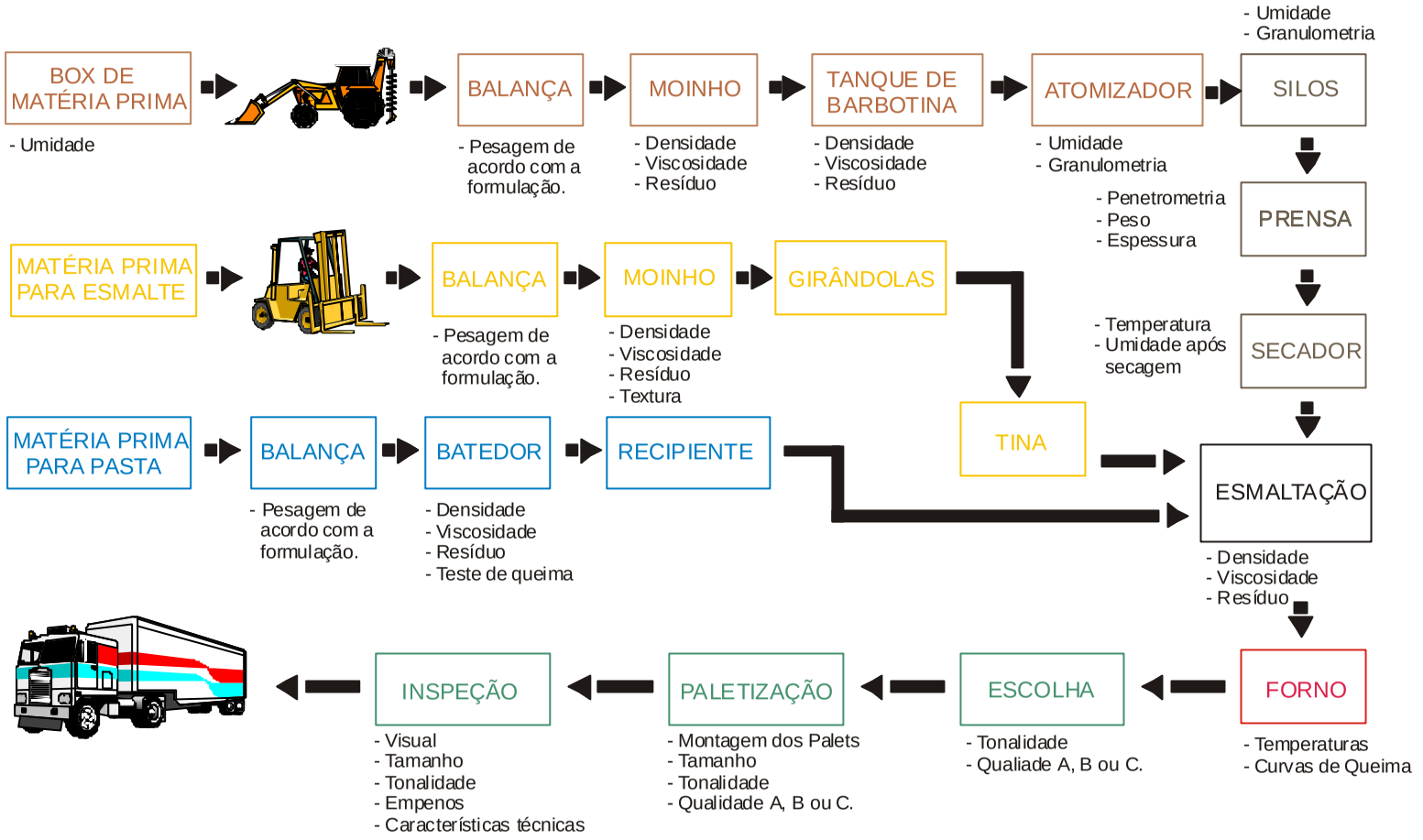
H = distância entra as seções.

H_3 e H_4 = distâncias menor e maior entre as seções.

d = densidade do minério.

Como valores de referência, considerou-se para a argila uma densidade de 1,8 g/cm^3 e para a areia e outros materiais arenosos como saibro, d = 1,6 g/cm^3.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO E VARIÁVEIS DE CONTROLE DE PROCESSO

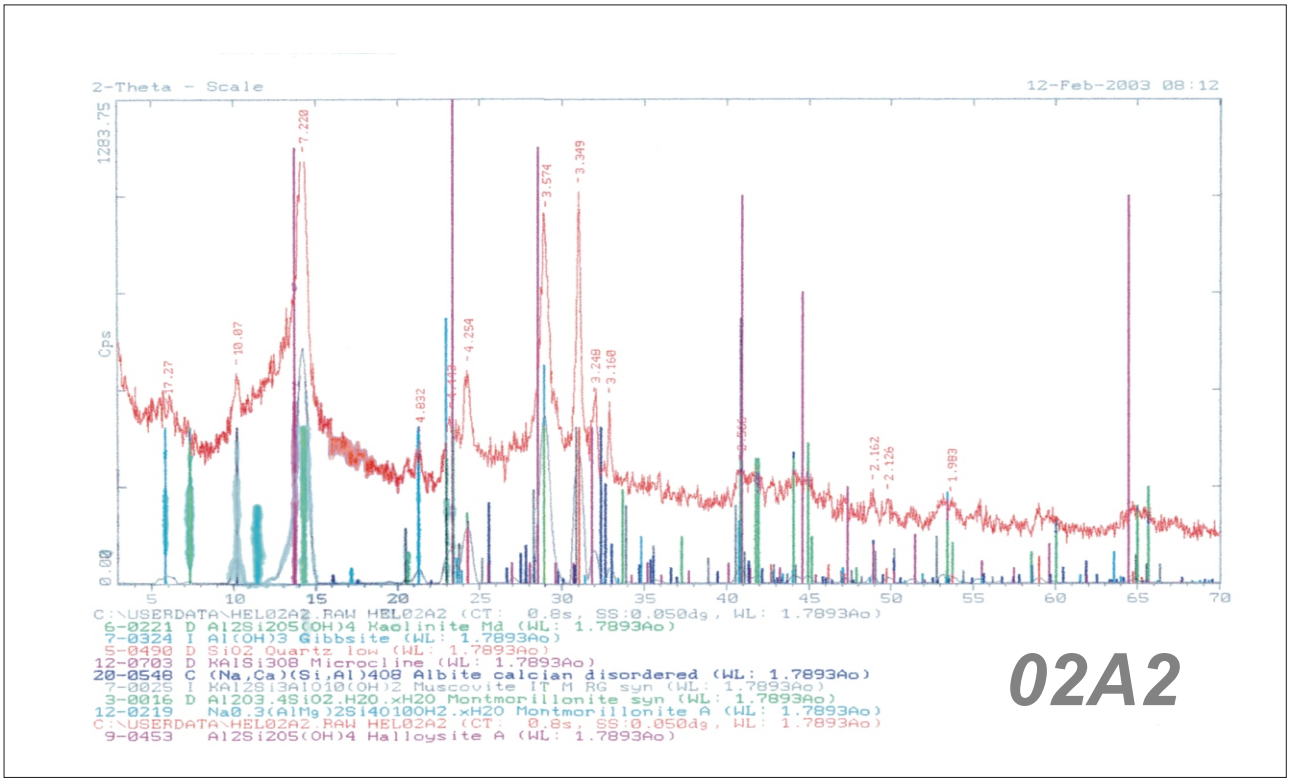


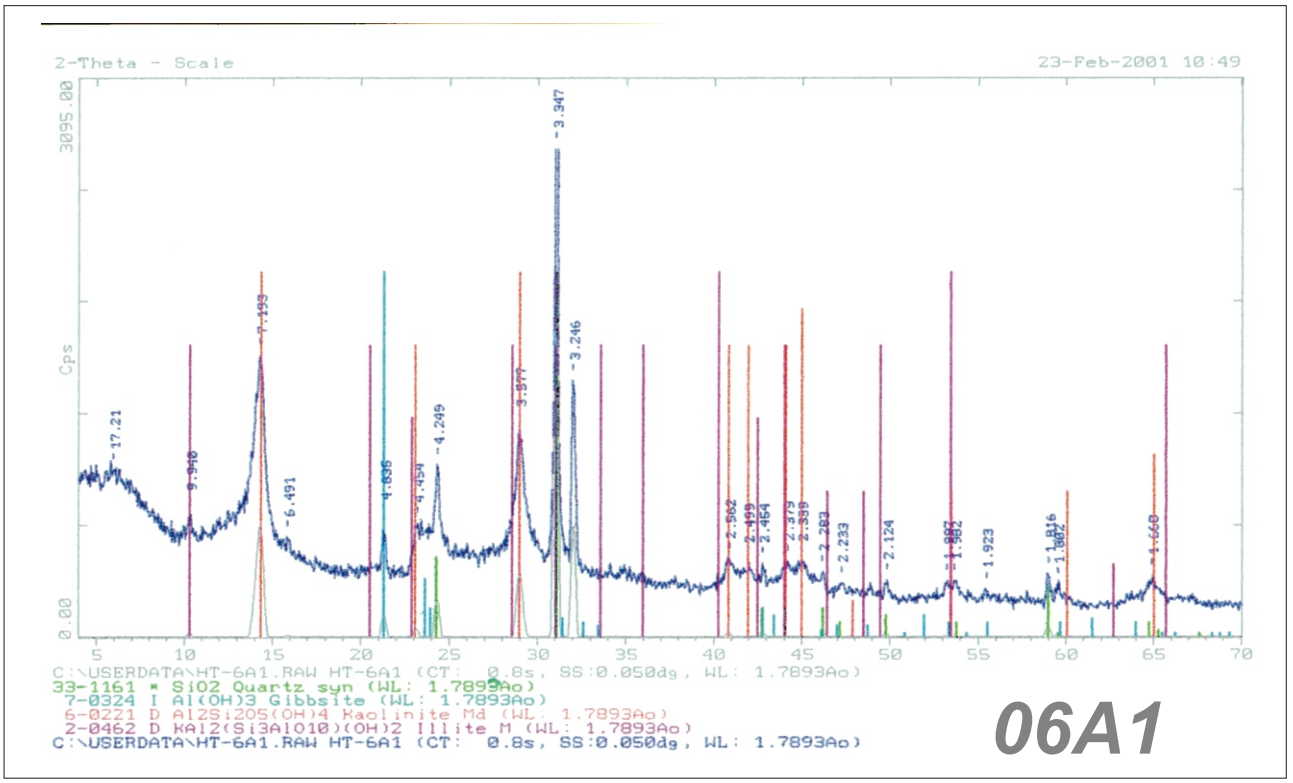
ANEXO III

Fluxograma do Processo Cerâmico

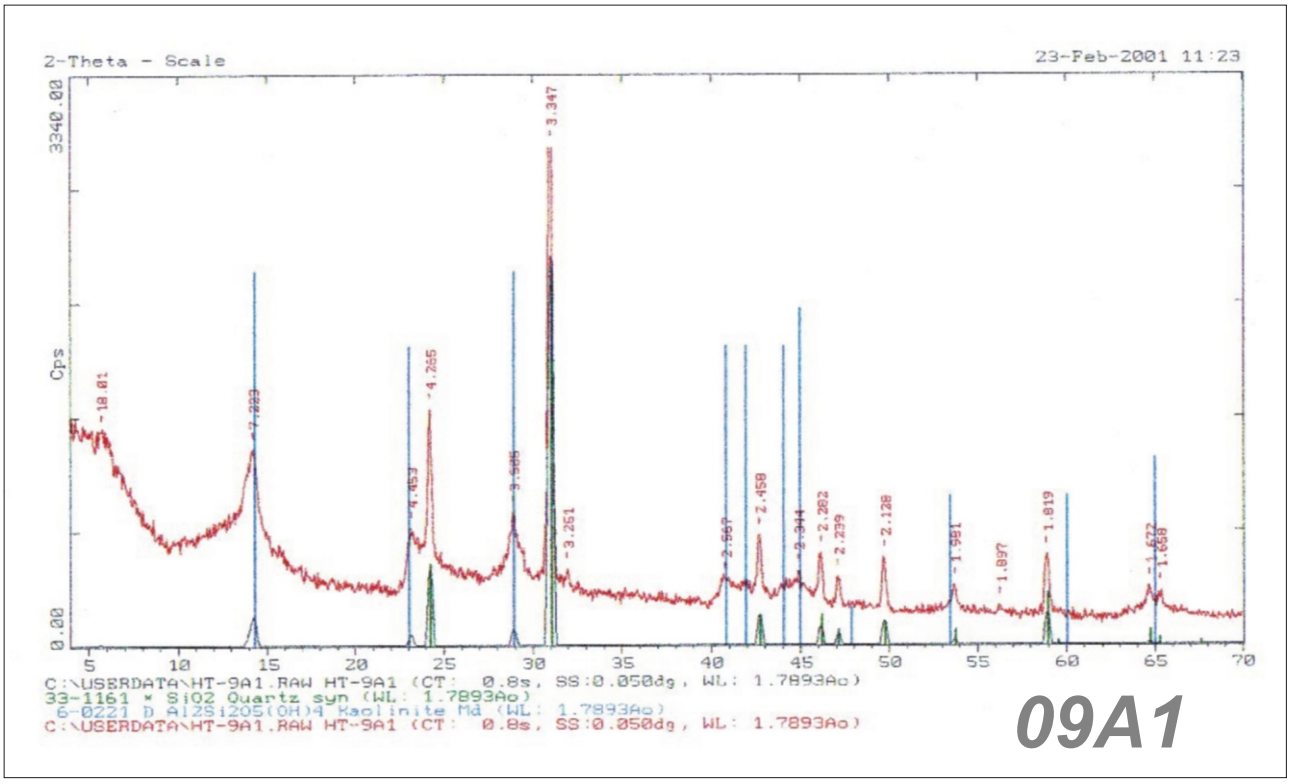
1/1

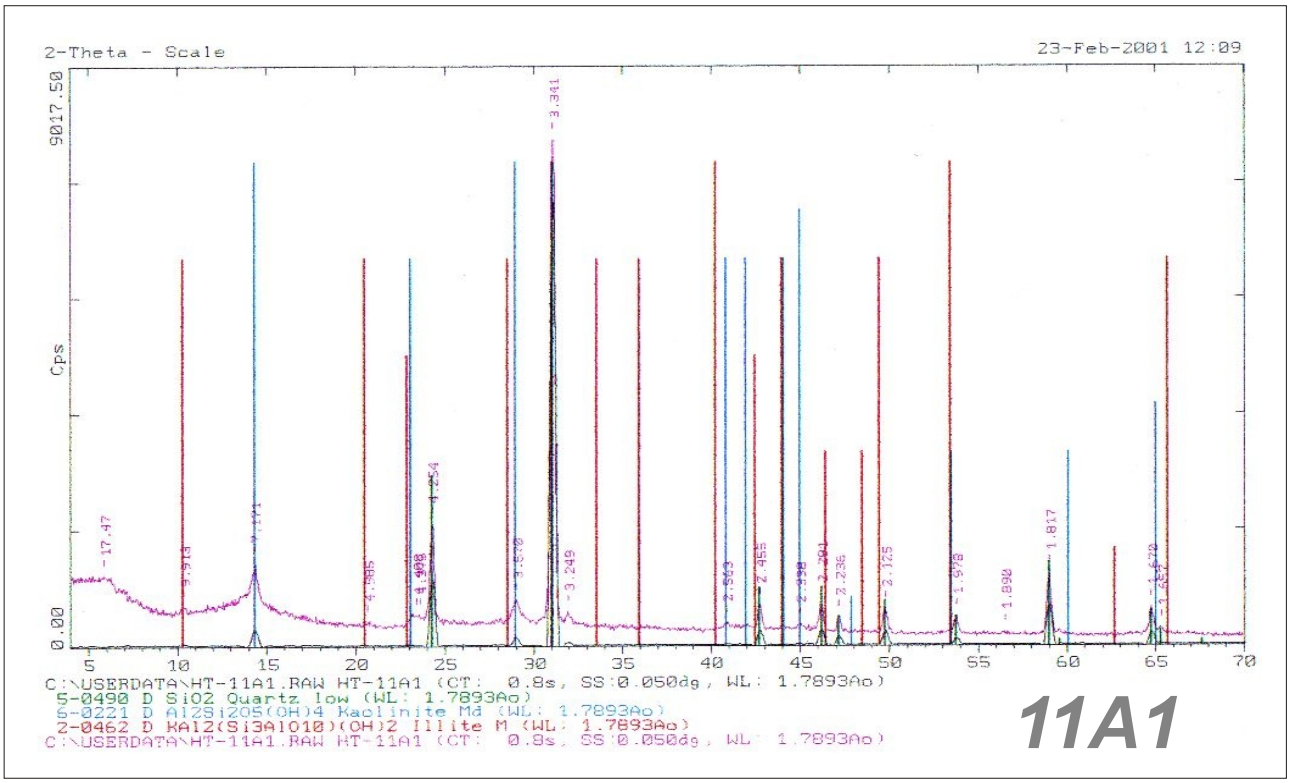
ANEXO IV	Difratogramas	1/10



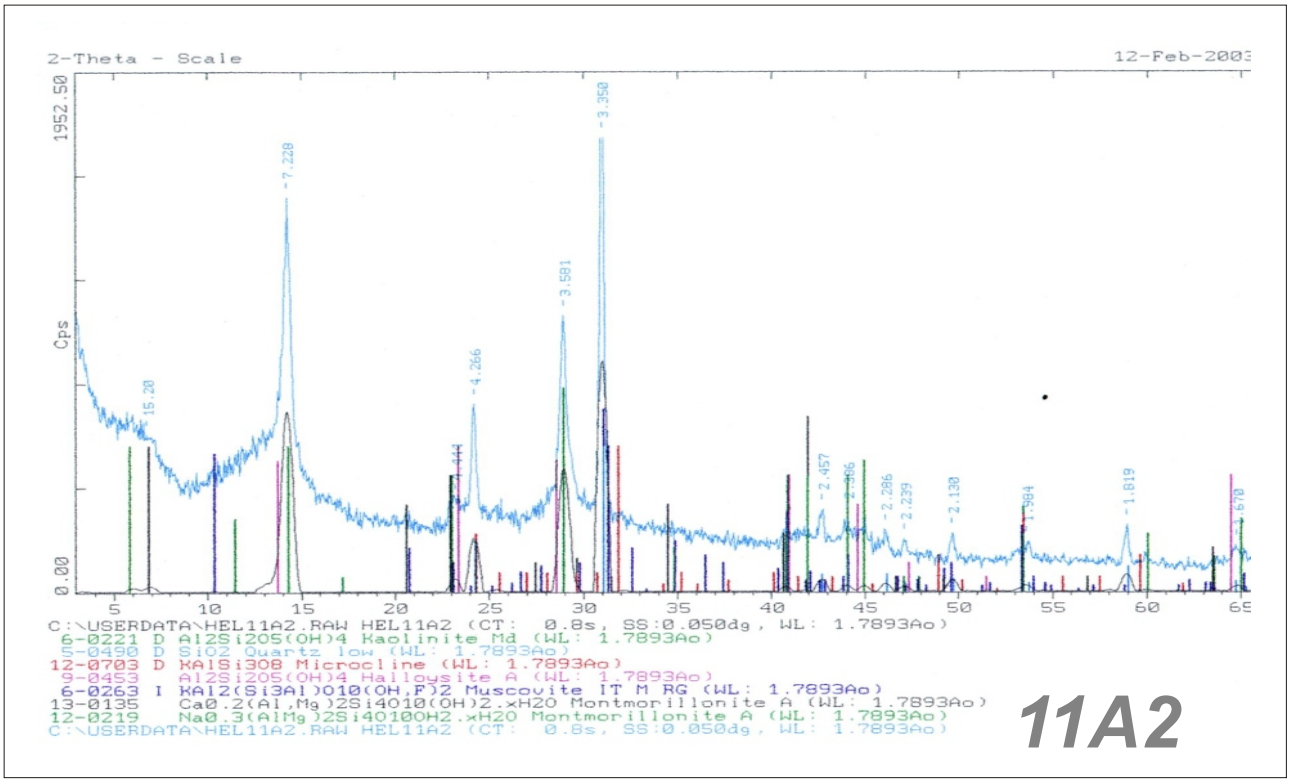


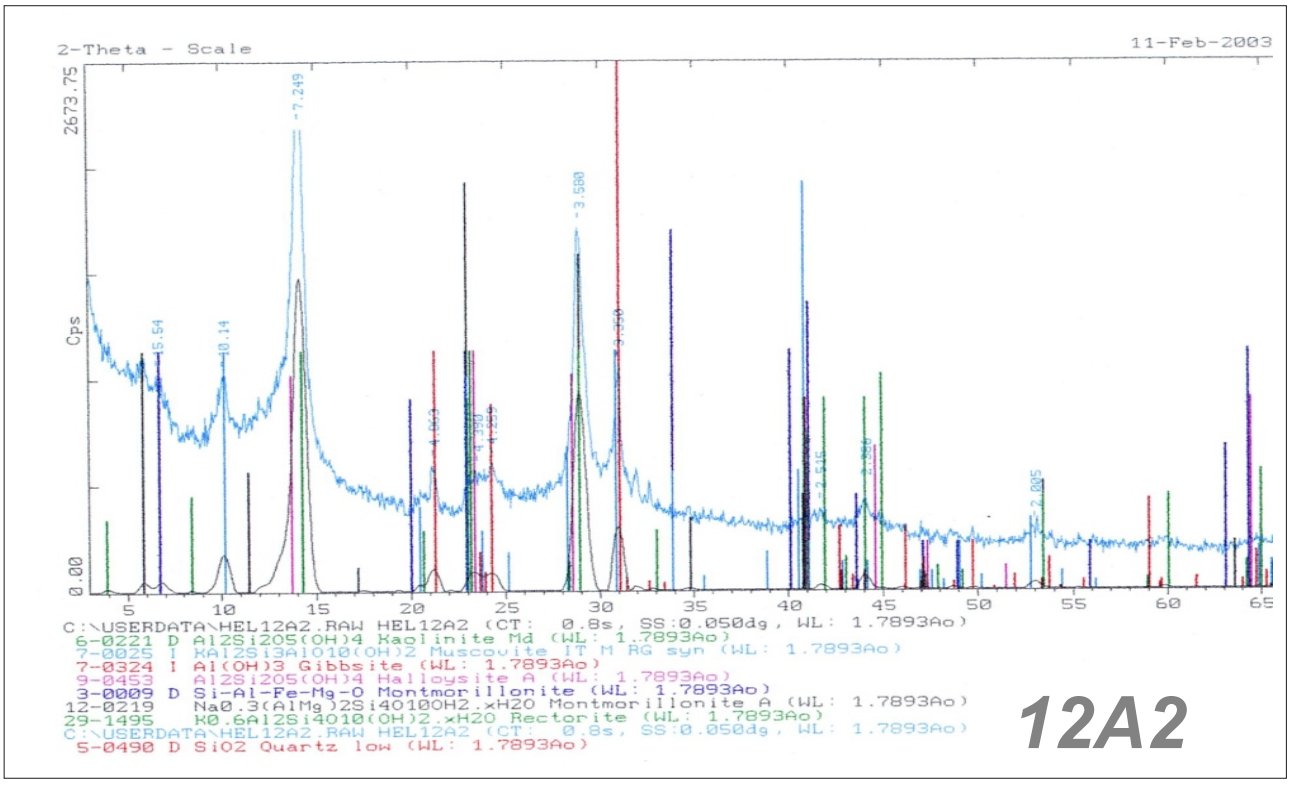
ANEXO IV	Difratogramas	2/10



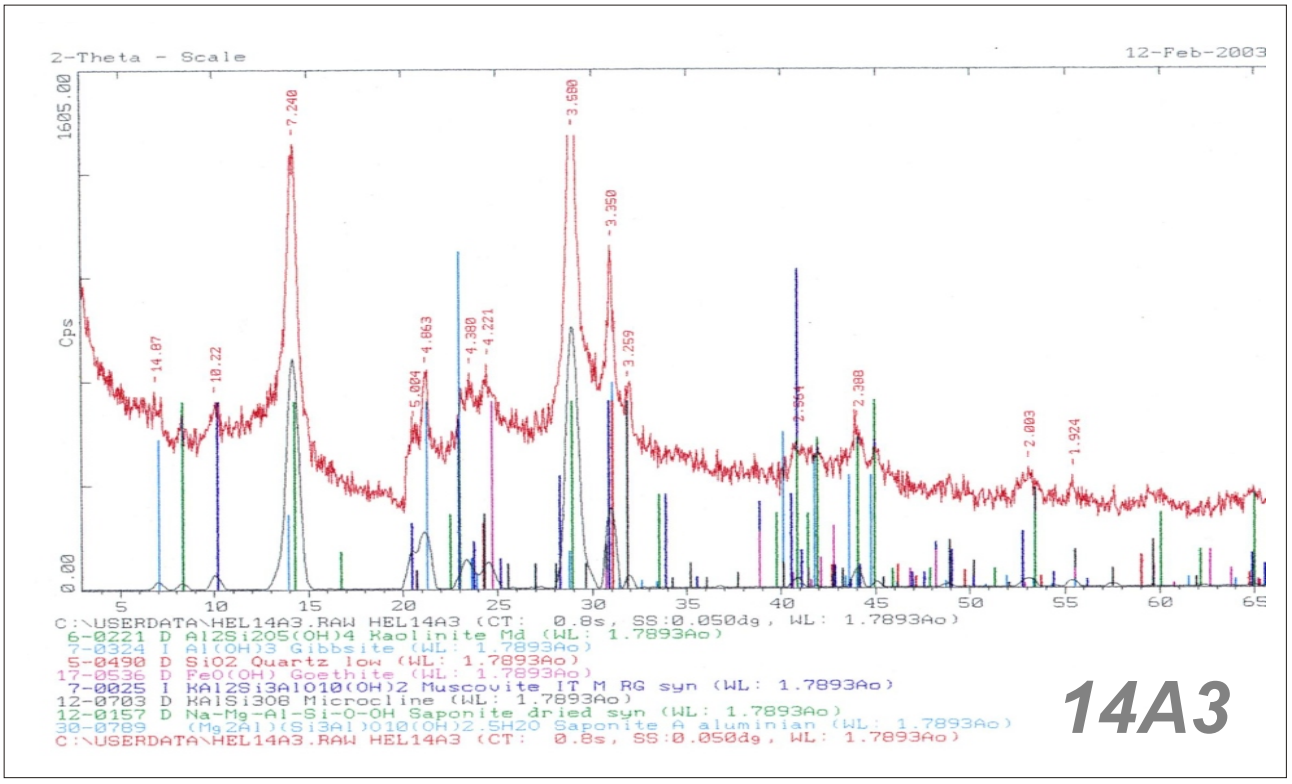


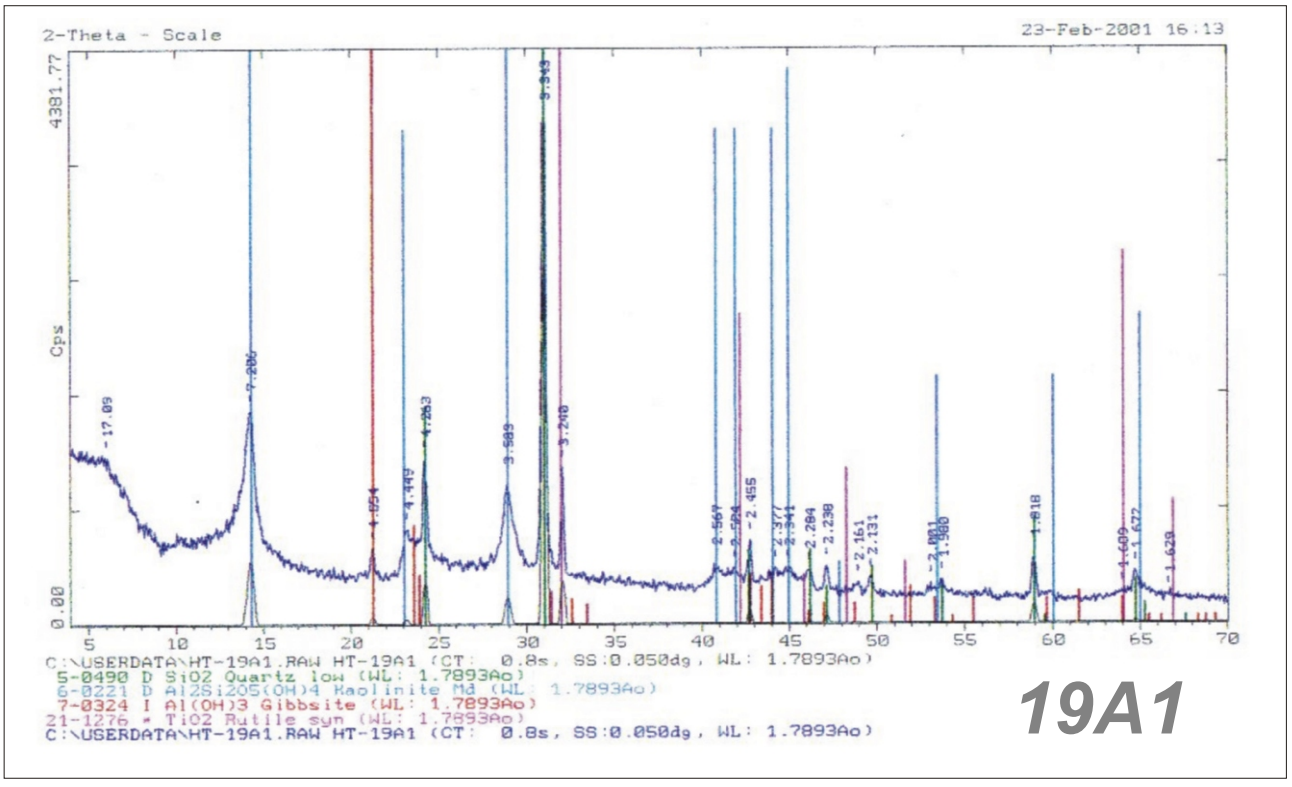
ANEXO IV	Difratogramas	3/10



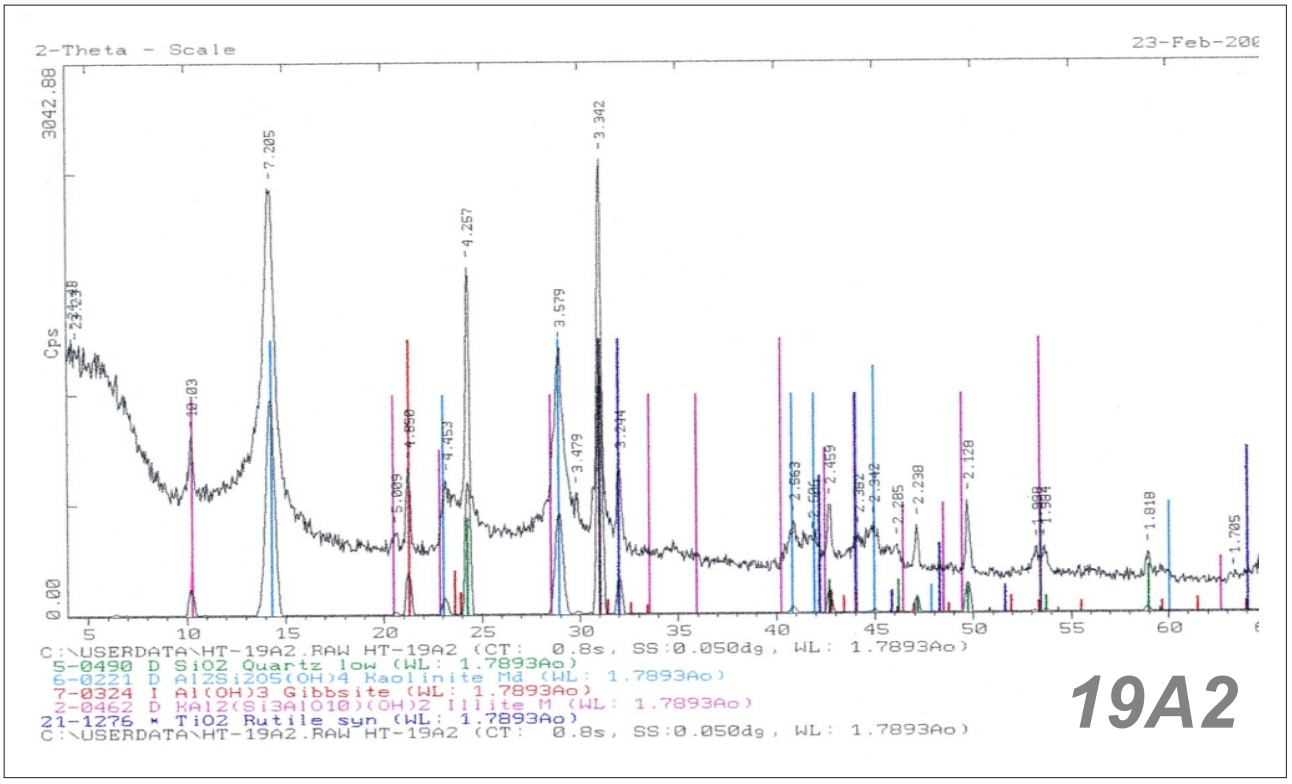


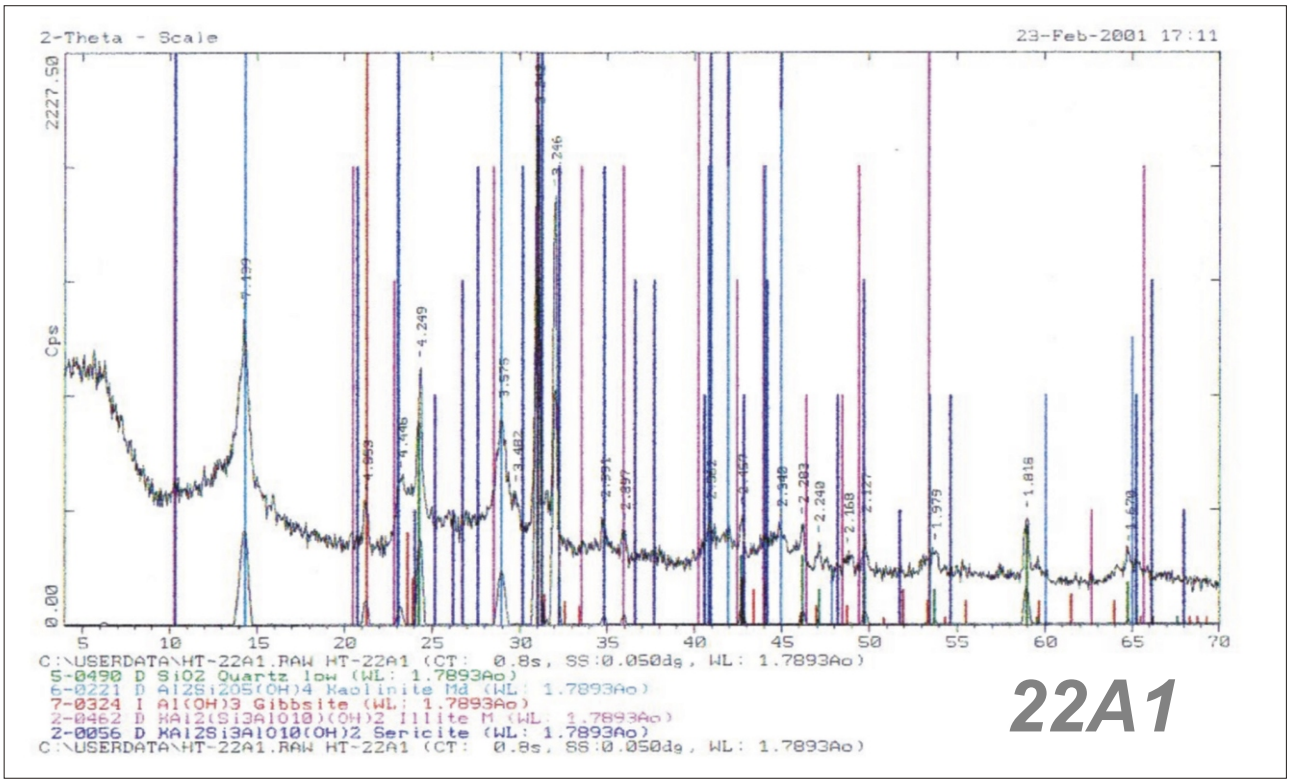
ANEXO IV	Difratogramas	4/10



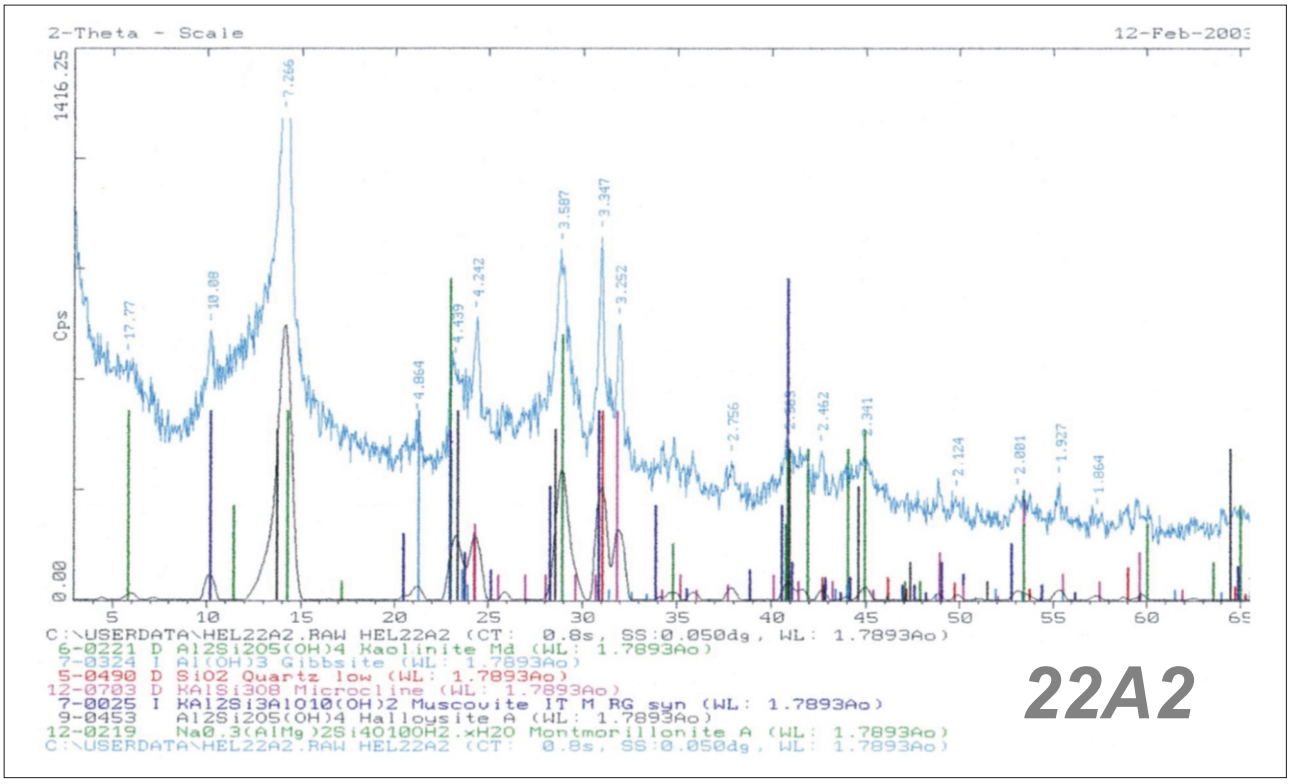


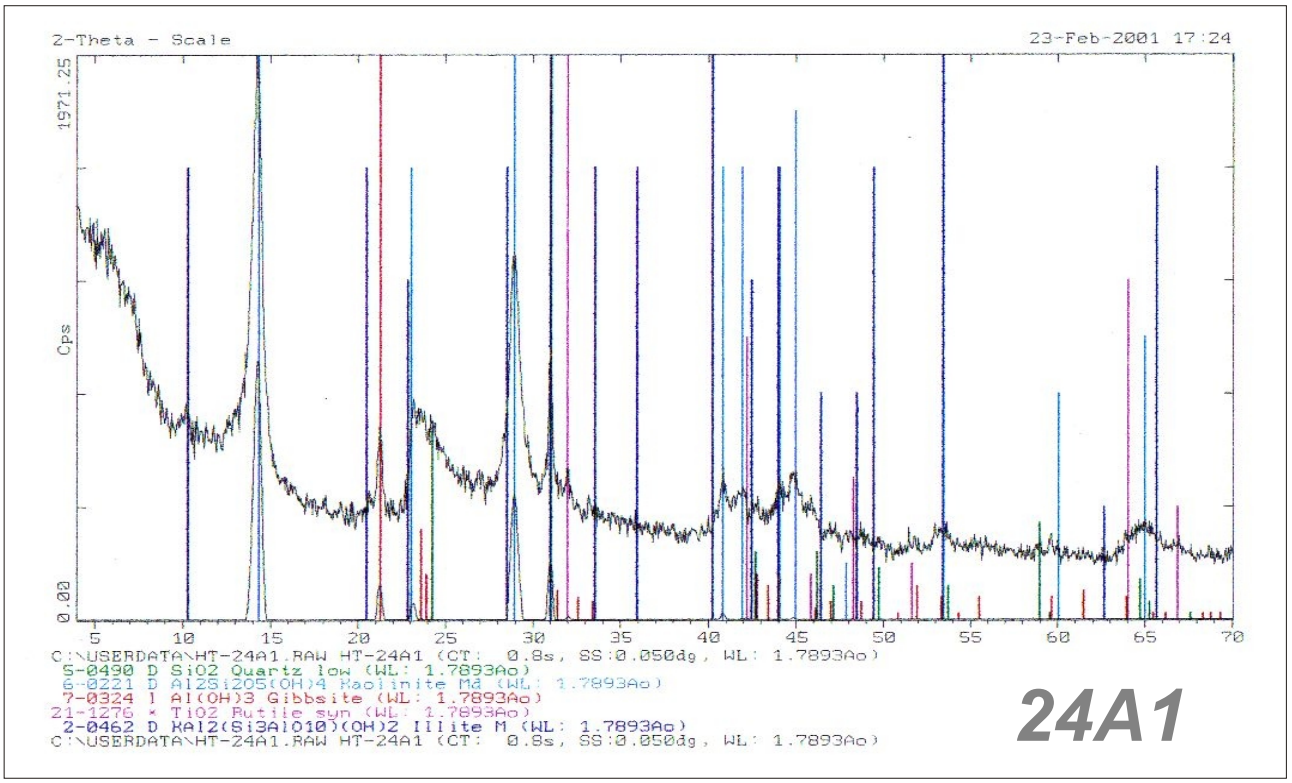
ANEXO IV	Difratogramas	5/10



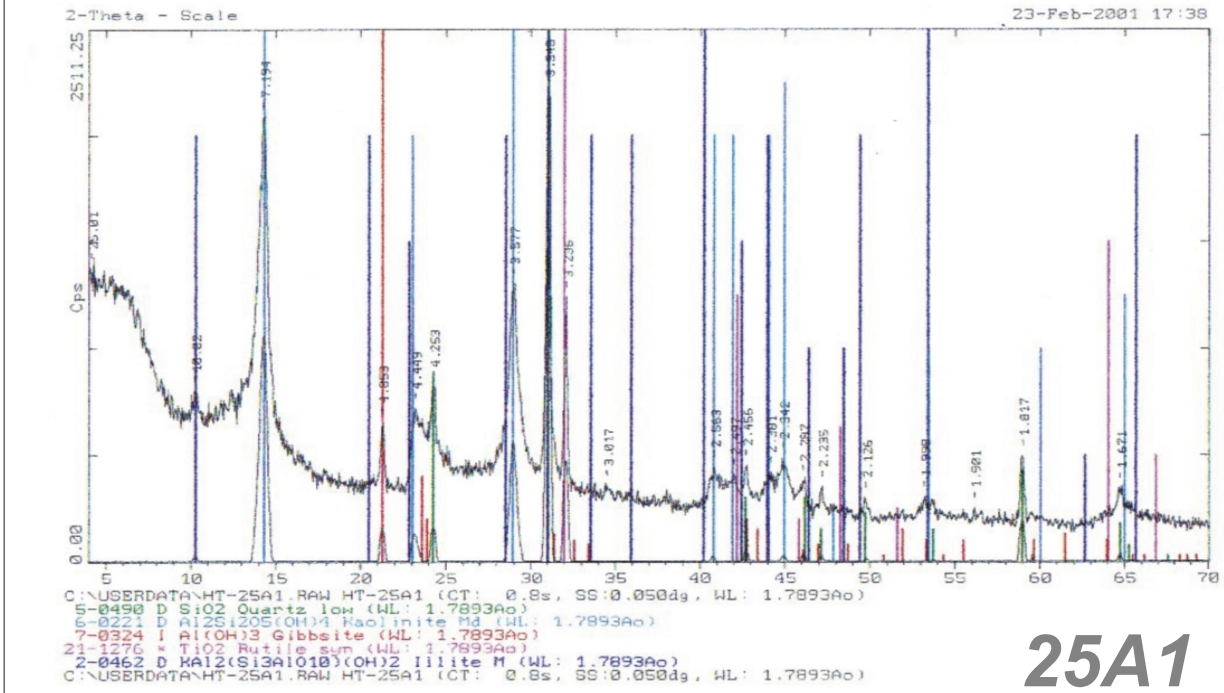


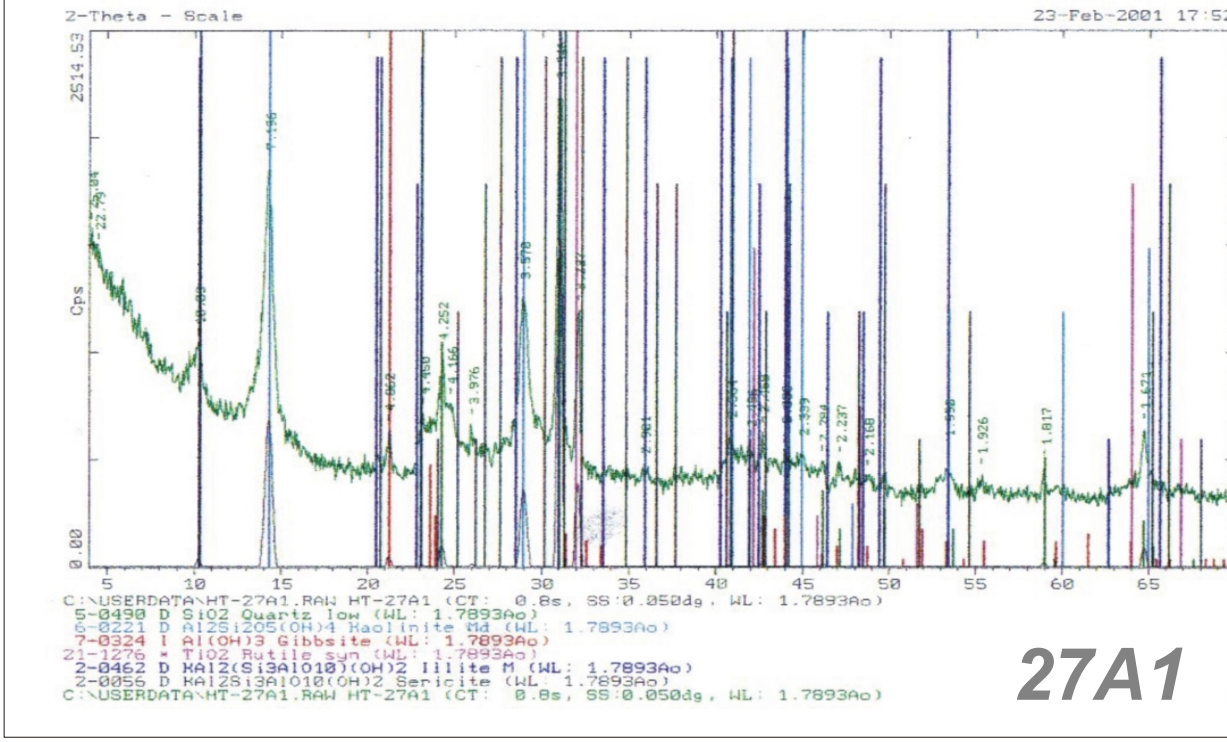
ANEXO IV	Difratogramas	6/10



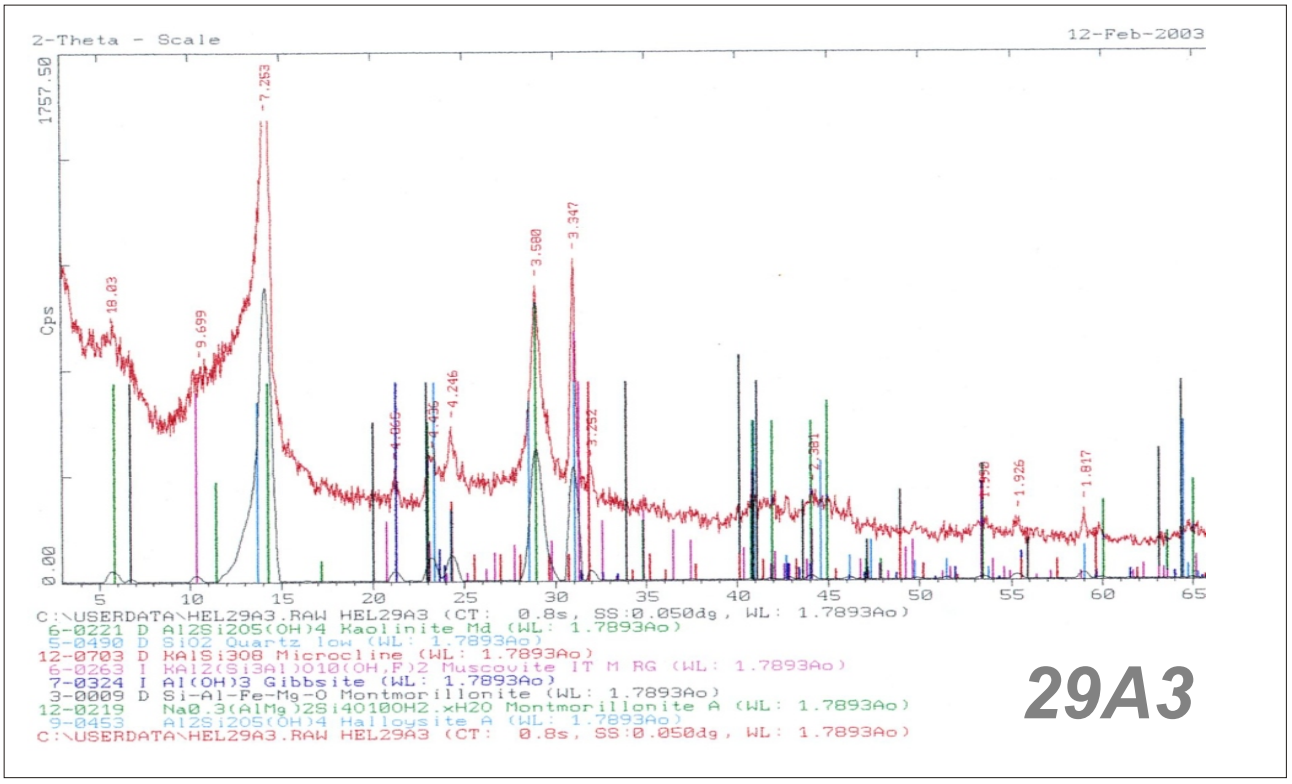


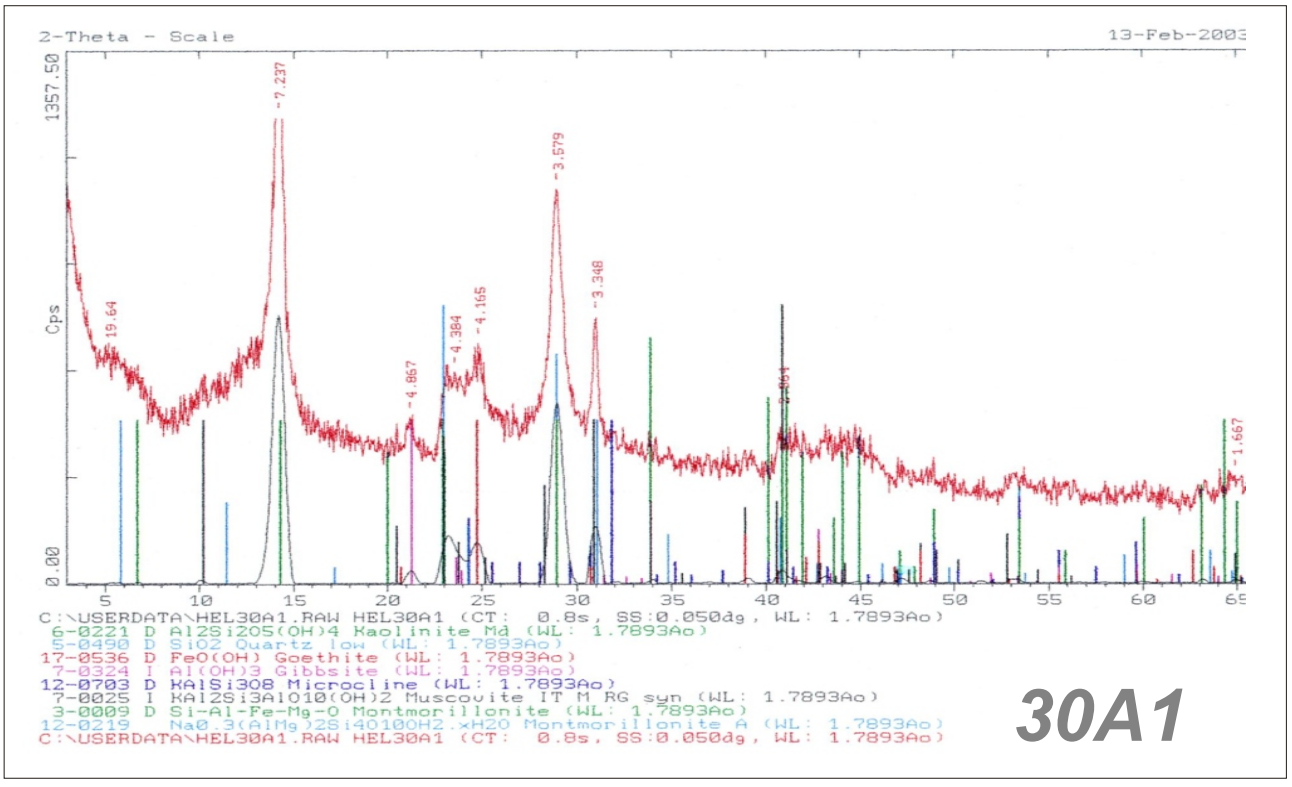
ANEXO IV	Difratogramas	7/10



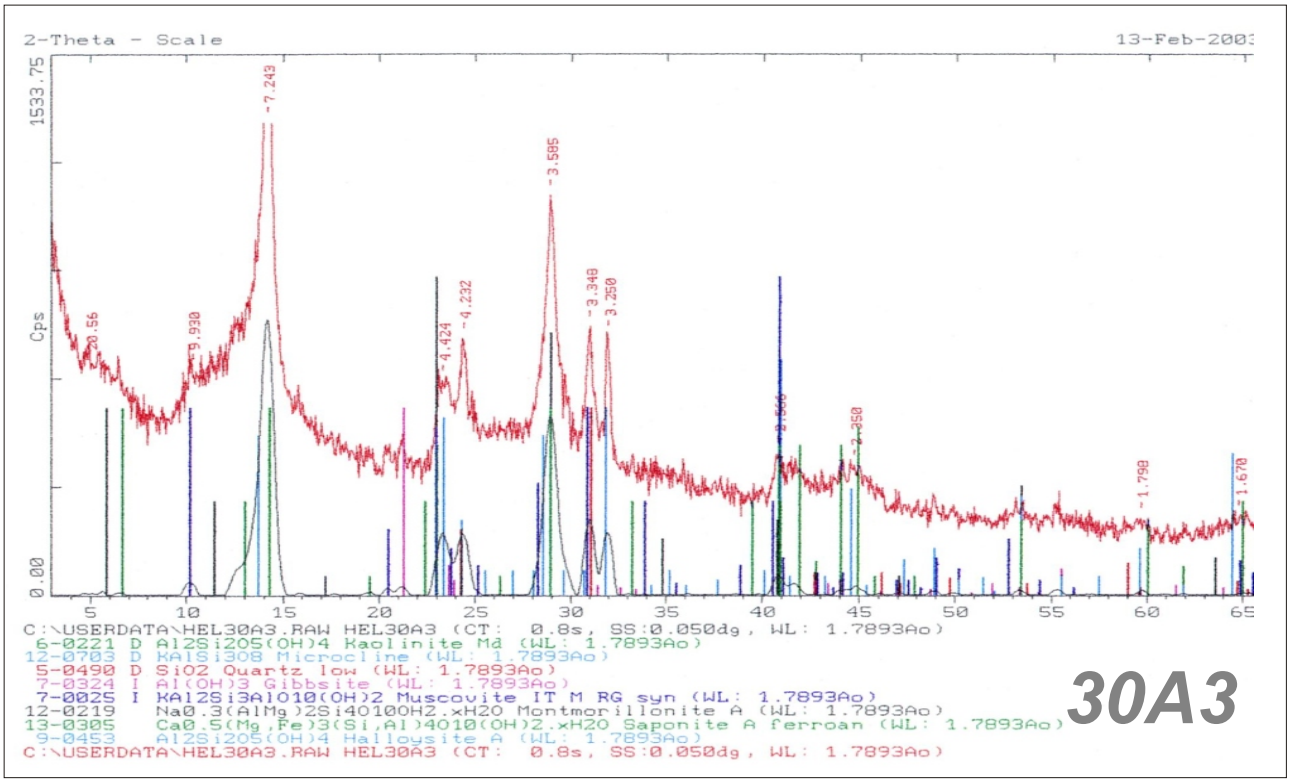


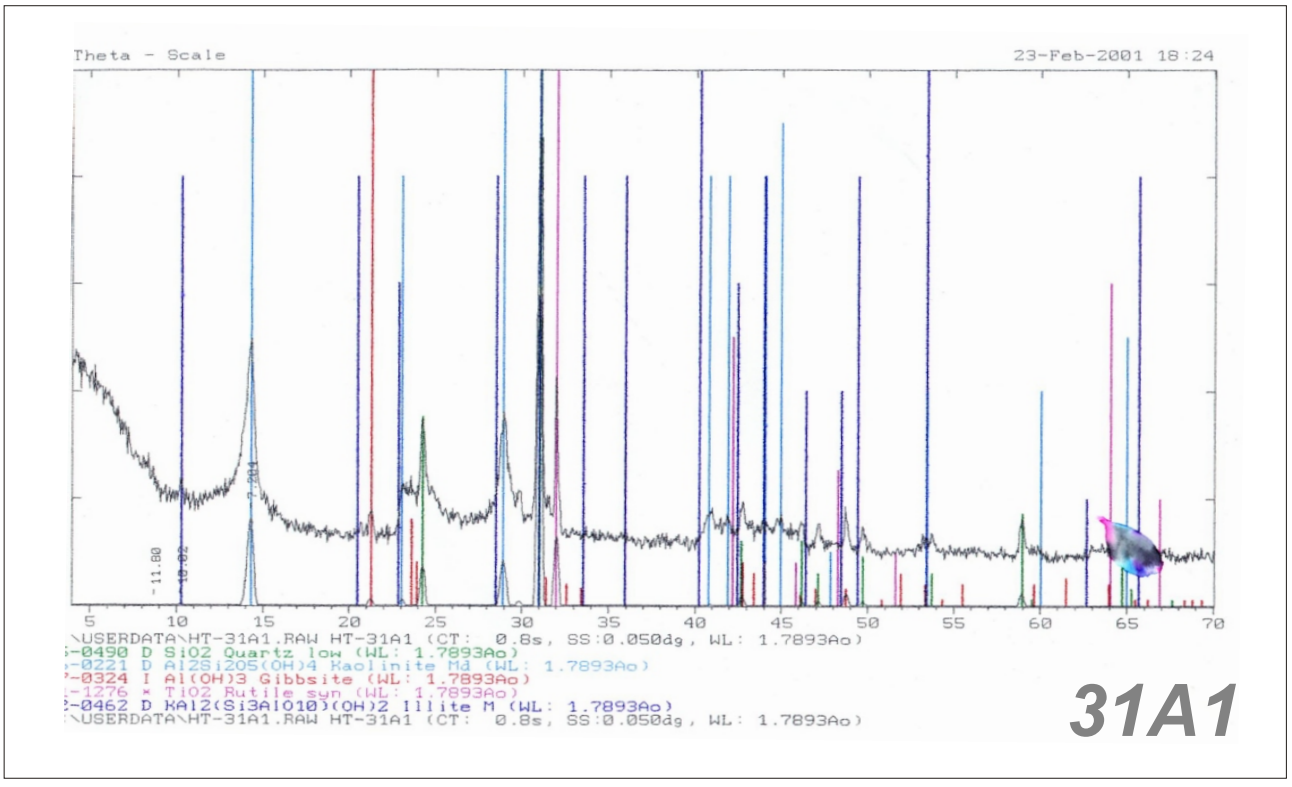
ANEXO IV	Difratogramas	8/10



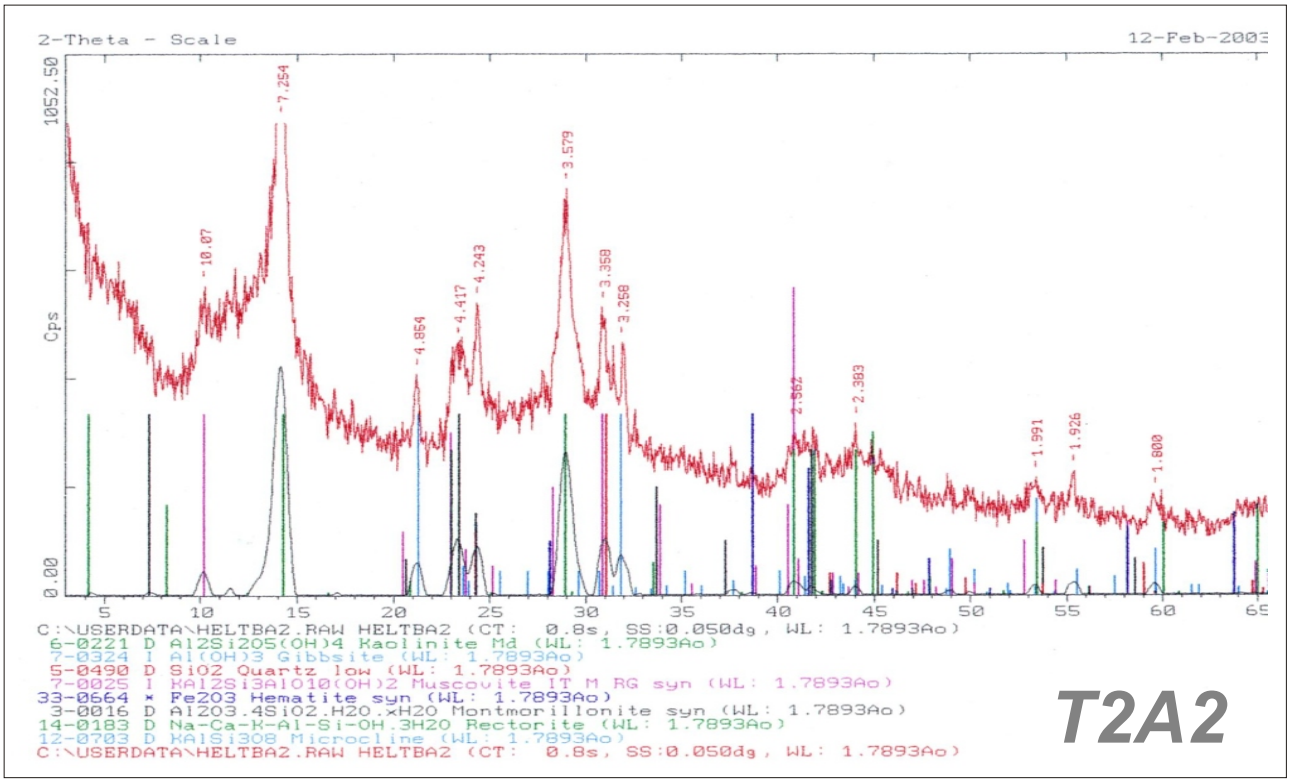


ANEXO IV	Difratogramas	9/10





ANEXO IV	Difratogramas	10/10



ANEXO V	Propriedades Cerâmicas	1/21

MOAGEM

Tabela V.1 - Características de desempenho de moagem.

Amostra	Umidade *in natura* (%)	Tempo de moagem (h)	Resíduo de moagem (%)	Densidade (g/ml)	Viscosidade (min:seg)
02 A1	22,20	1:00	0,1 (mv)	1,47	0’ 21”
03 A1	20,70	1:00	0,2 (mv)	1,62	0’ 23”
03 A2	21,70	1:00	1,28 (qz, mv)	1,54	0’ 14”
03 A3	21,10	1:00	0,3 (mv)	1,62	0’ 25”
06 A1	22,60	1:00	0,9 (qz, mv)	1,57	1’ 00”
06 A2	20,00	1:00	0,2 (mv, qz)	1,61	0’ 27”
06 A3	22,20	1:00	11,01 (qz, mv)	1,53	0’ 15”
08 A1	13,88	1:00	0,27 (qz)	1,60	0’ 15”
09 A1	19,55	1:00	10,00 (qz)	1,69	1’ 06”
10 A1	21,27	1:00	1,4 (mv)	1,58	0’ 20”
10 A2	21,10	1:00	0,11 (mv)	1,55	0’ 31”
11 A1	17,83	1:00	0,39 (qz)	1,62	0’ 13”
11 A2	24,18	1:10	0,56 (qz)	1,51	0’ 21”
12 A1	20,69	1:00	0,3 (qz)	1,56	0’ 17”
13 A1	25,74	1:15	0,44 (qz, mv)	1,55	0’ 21”
13 A2	27,12	1:00	0,16 (mv)	1,59	0’ 22”
13 A3	23,95	1:00	0,23 (mv, qz)	1,59	0’ 22”
14 A1	15,60	1:00	0,18 (mv)	1,57	0’ 14”
14 A2	17,20	1:00	0,78 (mv, qz)	1,47	0’ 13
14 A3	15,20	1:00	1,56 (mv)	1,63	0’ 16”
14 A5	18,50	1:00	0,2 (mv)	1,55	0’ 17”
15 A1	20,90	1:05	0,0	1,48	0’ 14”
17 A1	13,90	1:00	0,0	1,61	0’ 32”
19 A1	26,98	1:15	3,67 (qz, mv)	1,42	4’ 53”
19 A2	20,00	1:10	0,94 (qz, mo)	1,52	0’ 15”
21 A1	29,64	1:00	1,45 (qz, mv)	1,67	5’ 03”
20 A1	18,60	1:00	0,3 (qz)	1,53	0’ 12“
22 A1	18,60	1:00	0,34 (mv, qz)	1,60	1’ 06”
23 A1	27,62	1:00	1,07 (qz, mv)	1,52	3’ 30”

Tabela V.1 - Características de desempenho de moagem. Cont.

24 A1	33,63	1:05	0,03 (qz, mv)	1,47	0’ 47”
24 A2	30,80	1:00	0,0	1,50	0’ 27”
25 A1	33,16	1:00	0,02 (qz, mv, mo)	1,47	0’ 15”
26 A1	27,55	1:10	1,01 (mv)	1,53	0’ 37”
27 A1	21,90	1:05	0,1 (mv)	1,53	0’ 20”
27 A2	15,80	1:05	0,3 (mv)	1,63	0’ 20”
28 A1	16,30	1:00	3,2 (qz)	1,58	0’ 12”
28 A2	14,90	1:00	3,0 (qz)	1,55	0’ 25”
28 A3	13,90	1:00	0,3 (qz)	1,63	0’ 24”
29 A1	19,70	1:00	0,0	1,41	0’ 30”
29 A2	18,20	1:00	0,0	1,58	0’ 14”
29 A3	14,40	1:00	1,09 (qz)	1,70	0’ 16”
30 A1	17,40	1:00	0,5 (qz)	1,47	0’ 12”
30 A2	21,10	1:05	0,8 (mv)	1,50	0’ 20”
31 A1	31,10	1:00	0,7 (mv)	1,52	0’ 17”
33 A1	20,10	1:05	0,8 (mv)	1,53	0’ 20”
34 A1	27,10	1:00	0,0	1,48	0’ 16”
34 A2	21,70	1:10	0,02	1,65	0’ 38”
35 A1	19,70	1:00	3,22 (qz)	1,59	0’ 16”
38 A1	23,90	1:10	0,38	1,52	0’ 15”
38 A2	15,40	1:10	0,94	1,67	0’ 14”
39 A1	24,50	1:15	0,62	1,51	0’ 15”
39 A2	18,90	1:05	0,26	1,88	0’ 24”
42 A1	26,00	1:15	0,44	1,47	0’ 14”
43 A1	22,4	1:00	0,64 (qz)	1,55	0’ 40”
T1 A1	17,20	1:00	0,5 (qz)	1,55	0’ 25”
T2 A2	18,40	1:00	< 0,1 (mv)	1,64	0’ 38”
T3 A1	19,50	1:10	3,12 (qz, mv)	1,50	0’ 17”
T4 A1	25,80	1:00	2,0 (mv, qz, mo)	1,55	0’ 19”
T4 A2	20,10	1:00	8,9 (mv, qz)	1,59	0’ 27”
T5 A1	18,30	1:00	3,1 (qz)	1,49	0’ 14”
T6 A1	13,80	1:00	0,3 (qz)	1,57	0’ 16”
T7 A1	17,90	1:00	1,7 (qz, mo)	1,47	0’ 16”
T7 A2	13,80	1:00	1,0 (mv)	1,57	1’ 20”
T8 A1	16,00	1:05	0,0	1,50	0’ 17”

Nota: qz = quartzo, mv = muscovita, mo = matéria-orgânica, defl. = defloculante.

AMOSTRAS INDIVIDUAIS

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**02A1**	**03A1**	**03A2**	**03A3**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,24	6,45	5,79	6,87
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,90	1,90	1,90	1,90
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	0,14	0,00	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	5,45	3,33	1,85	2,33
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,23	6,13	5,50	5,70
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,44	2,96	0,42	0,71
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,58	3,10	0,42	0,71
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	10,73	11,00	3,50	4,12
Absorção de Água (AA)	(%)	16,68	15,90	27,11	17,86
Porosidade Aparente (PA)	(%)	30,98	30,06	39,73	32,48
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,86	1,89	1,62	1,82
Cor	-	Cinza Claro	Marrom	Marrom Claro	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,71	6,37	5,77	5,97
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	7,62	4,80	1,97	1,69
Retração Linear Total (RT)	(%)	7,75	4,93	1,97	1,69
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	17,41	19,45	5,27	7,04
Absorção de Água (AA)	(%)	10,02	11,79	15,52	16,60
Porosidade Aparente (PA)	(%)	21,17	24,03	29,21	30,54
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	2,12	2,04	1,88	1,84
Cor	-	Cinza Claro	Marrom	Marrom Claro	Cinza Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**6A1**	**6A2**	**6A3**	**8A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,20	5,88	5,91	7,02
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,77	1,77	1,77	1,90
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,28	0,28	0,00	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,94	3,13	1,26	1,66
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,60	7,89	4,95	4,89
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,71	1,05	-0,28	0,42
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,99	1,32	-0,28	0,42
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	10,25	5,40	0,61	3,86
Absorção de Água (AA)	(%)	17,44	18,96	20,02	23,00
Porosidade Aparente (PA)	(%)	31,58	33,69	34,95	38,01
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,81	1,78	1,75	1,67
Cor	-	Cinza Claro	Marrom Claro	Marrom	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,24	8,09	5,08	5,40
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	5,79	3,11	0,14	0,76
Retração Linear Total (RT)	(%)	6,06	3,38	0,14	0,76
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	16,36	9,57	1,42	3,96
Absorção de Água (AA)	(%)	12,01	14,87	20,02	20,08
Porosidade Aparente (PA)	(%)	23,99	28,17	34,94	34,61
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	2,00	1,89	1,75	1,72
Cor	-	Cinza Claro	Marrom Claro	Marrom	Cinza Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**9A1**	**10A1**	**10A2**	**11A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,41	5,32	4,85	6,60
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,92	1,77	1,77	1,92
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,00	0,00	0,14	0,06
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,55	3,58	3,18	2,06
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	6,90	8,11	8,81	4,29
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	0,42	3,15	3,67	0,00
Retração Linear Total (RT)	(%)	0,42	3,15	3,80	0,06
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,62	7,68	17,77	3,60
Absorção de Água (AA)	(%)	21,6	19,39	15,54	20,43
Porosidade Aparente (PA)	(%)	36,55	34,80	29,28	32,19
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,69	1,79	1,89	1,84
Cor	-	Creme Claro	Marrom	Marrom Claro	Creme Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	6,38	8,17	10,13	3,96
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	0,76	5,68	5,59	0,17
Retração Linear Total (RT)	(%)	0,76	5,68	5,72	0,23
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,45	16,27	24,24	3,77
Absorção de Água (AA)	(%)	22,72	12,73	12,21	18,44
Porosidade Aparente (PA)	(%)	38,16	25,72	24,38	32,62
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,69	2,02	2,00	1,77
Cor	-	Creme Claro	Marrom	Marrom Claro	Creme Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**11A2**	**12A1**	**13A1**	**13A2**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,67	8,17	6,81	5,48
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,81	1,93	1,86	1,84
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	0,04	0,00	0,01
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,72	2,08	2,44	1,99
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,00	8,51	7,52	6,46
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,09	2,20	2,34	1,38
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,23	2,24	2,34	1,40
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	5,71	8,15	7,69	5,52
Absorção de Água (AA)	(%)	20,36	18,55	20,67	19,20
Porosidade Aparente (PA)	(%)	35,03	33,34	35,77	33,78
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,72	1,80	1,73	1,76
Cor	-	Cinza Claro	Cinza Claro	Creme Claro	Creme Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,31	8,75	8,78	4,91
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,71	3,70	5,59	3,53
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,84	3,74	5,59	3,54
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	7,15	9,83	15,09	10,95
Absorção de Água (AA)	(%)	16,91	16,62	14,19	14,34
Porosidade Aparente (PA)	(%)	30,75	31,00	27,46	27,60
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,82	1,87	1,94	1,92
Cor	-	Cinza Claro	Cinza Claro	Creme Claro	Creme Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**13A3**	**14A1**	**14A2**	**14A3**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,98	5,73	6,64	5,82
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,94	1,77	1,77	1,77
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	-0,14	0,14	0,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,65	1,78	1,89	1,15
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,01	7,19	5,99	3,77
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	1,73	2,37	1,27	-0,28
Retração Linear Total (RT)	(%)	1,86	2,23	1,41	-0,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	6,51	4,05	3,26	1,25
Absorção de Água (AA)	(%)	17,78	20,62	19,90	21,82
Porosidade Aparente (PA)	(%)	32,02	36,11	34,90	36,95
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,80	1,75	1,75	1,69
Cor	-	Creme Claro	Marrom	Marrom	Marrom
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,10	8,29	6,25	3,88
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,22	4,87	2,85	0,42
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,36	4,74	2,98	0,56
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	9,36	10,13	6,95	3,04
Absorção de Água (AA)	(%)	15,27	15,22	18,60	20,69
Porosidade Aparente (PA)	(%)	28,63	29,29	32,22	35,58
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,87	1,92	1,83	1,72
Cor	-	Creme Claro	Marrom	Marrom	Marrom

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**14A5**	**15A1**	**17A1**	**19A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	4,78	7,04	6,26	7,76
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,77	1,90	1,90	1,88
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,00	0,28	0,14	0,08
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,79	3,00	3,60	2,73
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	5,20	5,63	7,18	9,77
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	1,01	0,42	1,41	3,58
Retração Linear Total (RT)	(%)	1,01	0,70	1,55	3,66
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	4,46	4,16	7,26	9,20
Absorção de Água (AA)	(%)	20,23	20,36	19,01	17,36
Porosidade Aparente (PA)	(%)	35,19	35,52	34,50	32,00
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,74	1,74	1,81	1,84
Cor	-	Creme Claro	Creme Claro	Marrom	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	5,49	6,32	7,46	10,02
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,23	1,13	4,23	6,38
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,23	1,41	4,37	6,45
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	11,52	5,01	13,75	11,21
Absorção de Água (AA)	(%)	15,18	21,55	14,31	11,75
Porosidade Aparente (PA)	(%)	28,74	37,48	28,29	24,08
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,89	1,75	1,98	2,05
Cor	-	Creme Claro	Creme Claro	Marrom	Cinza Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**19A2**	**20A1**	**21A1**	**22A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,63	7,03	5,96	6,69
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,77	1,81	1,92	1,77
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	-0,17	0,16	0,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,11	0,66	2,77	4,23
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,38	5,31	9,39	7,75
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,82	-0,20	2,80	1,18
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,96	-0,37	2,95	1,32
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	8,86	4,34	11,81	13,18
Absorção de Água (AA)	(%)	17,23	22,87	16,70	15,65
Porosidade Aparente (PA)	(%)	31,66	37,85	30,60	29,59
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,84	1,66	1,83	1,89
Cor	-	Creme Claro	Cinza Claro	Marrom	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,84	4,07	8,69	9,82
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	6,23	0,08	3,76	3,24
Retração Linear Total (RT)	(%)	6,37	-0,08	3,91	3,38
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	13,83	3,76	13,33	24,21
Absorção de Água (AA)	(%)	11,01	20,77	13,85	9,00
Porosidade Aparente (PA)	(%)	22,65	39,43	26,58	19,78
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	2,06	1,90	1,92	2,19
Cor	-	Creme Claro	Cinza Claro	Marrom	Cinza Claro

ANEXO V	Propriedades Cerâmicas	10/21

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**23A1**	**24A1**	**24A2**	**25A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	8,36	9,29	7,10	7,38
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,74	1,76	1,90	1,88
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,42	0,40	0,00	0,18
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,17	2,92	6,09	3,19
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,21	14,05	11,91	10,07
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	6,22	6,52	5,63	3,53
Retração Linear Total (RT)	(%)	6,72	6,88	5,63	3,71
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	7,60	8,03	17,22	12,61
Absorção de Água (AA)	(%)	20,55	11,19	15,97	18,21
Porosidade Aparente (PA)	(%)	37,22	22,13	30,17	32,90
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,81	2,02	1,89	1,81
Cor	-	Marrom	Creme	Creme Claro	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,40	15,75	11,88	10,32
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	9,14	9,92	8,54	5,68
Retração Linear Total (RT)	(%)	9,62	10,27	8,54	5,85
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	12,18	7,94	29,24	14,19
Absorção de Água (AA)	(%)	14,72	8,95	7,98	13,95
Porosidade Aparente (PA)	(%)	29,86	19,52	17,43	27,31
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	2,03	2,18	2,19	1,96
Cor	-	Marrom	Creme	Creme Claro	Cinza Claro

ANEXO V	Propriedades Cerâmicas	11/21

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**26A1**	**27A1**	**27A2**	**28A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	8,07	5,61	6,03	7,49
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,80	1,77	1,90	1,90
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,07	1,27	0,42	0,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,84	4,75	1,72	2,02
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,00	9,13	4,13	4,97
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,94	4,39	-0,42	-0,28
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,01	5,61	0,00	-0,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	7,66	18,88	2,73	2,08
Absorção de Água (AA)	(%)	20,60	15,16	19,29	19,10
Porosidade Aparente (PA)	(%)	35,85	29,73	33,91	33,67
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,74	1,96	1,76	1,76
Cor	-	Cinza Claro	Vermelho	Creme Claro	Creme Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,23	9,52	4,70	5,29
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	5,20	8,70	0,14	-0,14
Retração Linear Total (RT)	(%)	5,26	9,86	0,56	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	9,92	38,46	4,87	2,54
Absorção de Água (AA)	(%)	16,65	7,69	17,36	18,85
Porosidade Aparente (PA)	(%)	31,00	17,47	31,46	33,41
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,86	2,27	1,81	1,77
Cor	-	Cinza Claro	Vermelho	Creme Claro	Creme Claro

ANEXO V	Propriedades Cerâmicas	12/21

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**28A2**	**28A3**	**29A1**	**29A2**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,44	6,39	7,92	6,83
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,90	1,90	1,90	1,90
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	0,00	0,42	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,32	3,24	4,40	2,84
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	70,41	5,65	11,49	5,66
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	1,05	1,41	3,88	0,28
Retração Linear Total (RT)	(%)	1,18	1,41	4,29	0,28
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	6,56	7,64	9,44	5,92
Absorção de Água (AA)	(%)	15,37	15,53	18,14	17,66
Porosidade Aparente (PA)	(%)	29,16	29,30	33,09	32,09
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,90	1,89	1,82	1,82
Cor	-	Creme Claro	Creme	Cinza Claro	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	71,28	5,70	11,60	5,77
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,26	2,40	6,52	0,99
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,40	2,40	6,91	0,99
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	10,24	11,70	11,27	6,19
Absorção de Água (AA)	(%)	13,03	13,92	11,15	16,23
Porosidade Aparente (PA)	(%)	25,68	26,94	22,89	30,18
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,97	1,94	2,09	1,86
Cor	-	Creme Claro	Creme	Cinza Claro	Cinza Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**29A3**	**30A1**	**30A2**	**31A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,30	7,35	6,13	8,09
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,90	1,90	1,77	1,83
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,00	0,00	0,00	0,07
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,20	3,41	4,04	2,89
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	1,64	10,95	9,52	7,90
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	- 1,09	5,63	3,10	2,93
Retração Linear Total (RT)	(%)	-1,09	5,63	3,10	3,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	7,08	13,59	10,52	7,95
Absorção de Água (AA)	(%)	30,24	18,70	18,16	20,01
Porosidade Aparente (PA)	(%)	39,12	35,20	32,98	35,52
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,85	1,88	1,82	1,78
Cor	-	Branco	Vermelho	Cinza Claro	Vermelho
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	1,71	11,06	9,91	8,08
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	0,05	9,58	6,51	5,08
Retração Linear Total (RT)	(%)	0,05	9,58	6,51	5,14
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	8,23	23,12	22,02	14,34
Absorção de Água (AA)	(%)	29,71	11,48	11,30	15,62
Porosidade Aparente (PA)	(%)	34,56	24,60	23,13	30,10
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,88	2,14	2,05	1,93
Cor	-	Branco	Vermelho	Cinza Claro	Vermelho

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**34A1**	**34A2**	**35A1**	**38A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	7,36	6,52	6,74	6,80
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,90	1,90	1,86	1,83
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	0,00	0,00	0,10
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,42	2,36	1,01	2,58
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,31	7,89	7,12	7,98
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,42	1,99	1,20	1,97
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,53	1,99	1,20	2,07
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	4,32	5,62	1,54	3,02
Absorção de Água (AA)	(%)	21,99	25,84	25,82	20,5
Porosidade Aparente (PA)	(%)	38,73	33,58	34,29	35,47
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,76	1,88	1,87	1,70
Cor	-	Vermelho	Marrom	Vermelho	Branco
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	10,44	8,14	7,77	8,06
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	6,21	2,13	1,36	2,18
Retração Linear Total (RT)	(%)	6,21	2,13	1,36	2,28
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	6,08	6,45	2,57	3,96
Absorção de Água (AA)	(%)	16,42	22,55	24,63	19,95
Porosidade Aparente (PA)	(%)	31,77	32,63	32,83	34,61
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,94	1,94	1,92	1,72
Cor	-	Vermelho	Marrom	Vermelho	Branco

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**38A2**	**39A1**	**39A2**	**42A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,54	6,32	6,47	6,45
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,85	1,91	1,90	1,87
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,00	0,00	0,00	0,30
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,13	0,25	1,25	1,10
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	4,01	6,23	5,55	8,74
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	-0,32	1,29	1,45	2,50
Retração Linear Total (RT)	(%)	-0,32	1,29	1,45	2,80
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,57	2,47	2,27	2,34
Absorção de Água (AA)	(%)	24,98	20,01	17,29	26,01
Porosidade Aparente (PA)	(%)	33,58	32,96	34,20	37,24
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,66	1,74	1,88	1,74
Cor	-	Branco	Branco	Creme	Marrom
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	4,13	7,19	6,75	8,96
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	- 0,59	1,79	2,98	3,09
Retração Linear Total (RT)	(%)	-0,59	1,79	2,98	3,39
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,14	3,24	3,29	2,99
Absorção de Água (AA)	(%)	23,61	19,94	16,94	23,29
Porosidade Aparente (PA)	(%)	34,25	30,74	31,74	32,25
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,78	1,81	1,89	1,85
Cor	-	Branco	Branco	Creme	Marrom

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**43A1**	**T1A1**	**T2A2**	**T3A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,50	5,55	6,39	5,66
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,84	1,77	1,90	1,77
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,45	0,14	0,00	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,12	3,96	17,11	3,59
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,53	7,19	4,21	7,42
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,50	1,97	0,28	3,41
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,95	2,11	0,28	3,41
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,34	10,14	3,01	15,57
Absorção de Água (AA)	(%)	26,01	16,80	20,67	14,05
Porosidade Aparente (PA)	(%)	37,24	31,27	35,71	27,19
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,74	1,86	1,73	1,94
Cor	-	Marrom	Branco	Marrom	Cinza Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	9,95	8,58	4,54	7,93
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,56	3,53	1,83	6,40
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,01	3,66	1,83	6,40
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	2,87	12,76	6,99	20,28
Absorção de Água (AA)	(%)	24,88	14,39	17,16	8,70
Porosidade Aparente (PA)	(%)	33,58	27,91	31,38	18,61
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,85	1,94	1,83	2,14
Cor	-	Marrom	Branco	Marrom	Cinza Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**T4A1**	**T4A2**	**T5A1**	**T6A1**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,03	6,89	6,54	6,79
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,77	1,77	1,90	1,90
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,14	0,00	0,14	0,00
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,73	2,26	21,95	2,93
Cor	-				
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	7,65	4,96	7,24	7,56
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	1,84	0,42	1,90	1,41
Retração Linear Total (RT)	(%)	1,97	0,42	2,03	1,41
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	9,44	3,80	7,11	8,38
Absorção de Água (AA)	(%)	16,92	17,53	17,63	19,54
Porosidade Aparente (PA)	(%)	31,10	31,66	32,10	34,77
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,84	1,81	1,82	1,78
Cor	-	Creme Claro	Creme Claro	Branco	Creme Claro
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados1,41 a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,02	5,17	7,14	8,07
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	4,01	1,41	3,96	4,23
Retração Linear Total (RT)	(%)	4,15	1,41	4,10	4,23
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	14,12	6,39	9,24	14,09
Absorção de Água (AA)	(%)	12,80	14,32	14,46	15,09
Porosidade Aparente (PA)	(%)	25,20	25,75	27,79	29,08
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,97	1,95	1,92	1,93
Cor	-	Creme Claro	Creme Claro	Branco	Creme Claro

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**T7A1**	**T7A2**	**T8A1**	
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,42	4,80	6,16	
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,90	1,90	1,90	
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,00	0,14	0,14	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,56	4,96	4,45	
Cor	-				
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1060 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	6,96	3,60	9,69	
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,12	-0,34	4,23	
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,12	-0,20	4,37	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	11,29	4,03	17,35	
Absorção de Água (AA)	(%)	15,98	15,21	15,12	
Porosidade Aparente (PA)	(%)	29,99	28,53	29,32	
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,88	1,88	1,94	
Cor	-	Branco	Marrom	Creme	
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados1,41 a 1120 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	7,30	3,85	10,24	
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	3,53	0,42	7,08	
Retração Linear Total (RT)	(%)	3,53	0,56	7,21	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	14,31	7,27	23,13	
Absorção de Água (AA)	(%)	14,16	13,27	9,83	
Porosidade Aparente (PA)	(%)	27,51	27,77	2,14	
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,94	2,09	2,14	
Cor	-	Branco	Marrom	Creme	

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**AB1**	**AB2**	**AB3**	
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,45	6,44	6,48	
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,81	1,82	1,80	
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,12	0,13	0,12	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,56	1,39	1,33	
Cor	-	Cinza Cl.	Cinza Cl.	Cinza Cl.	
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1179 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	8,66	7,83	7,67	
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	2,09	1,59	2,31	
Retração Linear Total (RT)	(%)	2,21	1,72	2,43	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,32	5,21	11,18	
Absorção de Água (AA)	(%)	17,05	17,87	15,53	
Porosidade Aparente (PA)	(%)	34,96	35,12	30,06	
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,80	1,88	1,92	
Cor	-	Creme Cl.	Creme Cl.	Creme Es.	

Nota: Cinza Cl. = Cinza Claro. Creme Cl. = Creme Claro. Creme Es = Creme Escuro.

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**PDR**	**FM01**	**FM05**	**FM09**
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,55	6,52	6,51	6,54
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,87	1,88	1,88	1,89
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,24	0,34	0,25	0,29
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,81	1,69	1,85	1,87
Cor	-	Marrom Cl.	Marrom Cl.	Marrom Cl.	Marrom Cl.
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1180 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	5,88	5,95	5,96	5,90
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)	8,18	8,35	8,16	8,58
Retração Linear Total (RT)	(%)	8,42	8,69	8,41	8,87
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	57,84	57,49	52,29	59,59
Absorção de Água (AA)	(%)	2,35	2,34	2,31	2,40
Porosidade Aparente (PA)	(%)	4,06	4,09	3,98	4,12
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,95	1,98	1,96	1,99
Cor	-	Marrom	Marrom	Marrom	Marrom

Nota: Marrom Cl. = Marrom Claro

ANEXO V	Propriedades Cerâmicas	21/21

RESULTADO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA					
Amostra:		**P5**	**J15**	**ML**	
Ensaios dos Corpos de Prova Seco a 110 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Umidade de prensagem	(%)	6,54	6,50	6,52	
Densidade de Prensagem	(g/cm^3)	1,80	1,81	1,81	
Retração Linear de Secagem (RS)	(%)	0,09	0,15	0,18	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	1,40	1,74	1,43	
Cor	-	Cinza Cl.	Cinza Cl.	Cinza Cl.	
Ensaios dos Corpos de Prova Queimados a 1179 ºC					
Indice	***Unidade***	***Resultados***			
Perda ao Fogo (PF)	(%)	6,37	6,38	9,49	
Retração Linear de Queima (RQ)	(%)				
Retração Linear Total (RT)	(%)	1,36	4,68	4,09	
Módulo de Ruptura a Flexão (MRF)	(N/mm^2)	3,36	7,32	8,56	
Absorção de Água (AA)	(%)	18,55	14,30	15,60	
Porosidade Aparente (PA)	(%)	30,12	29,56	27,34	
Densidade Aparente (DA)	(g/cm^3)	1,88	1,85	1,	
Cor	-	Creme Cl.	Creme Cl.	Creme Es.	

Nota: Cinza Cl. = Cinza Claro. Creme Cl. = Creme Claro. Creme Es = Creme Escuro.

Colunas Esquemáticas

1. Informações Gerais

Estas fichas foram elaboradas a partir das descrições de campo durante a sondagem.

A localização destas colunas podem ser encontradas no mapa de pontos.

2. Legenda

- Solo marrom escuro a preto, argilo-arenoso, muito plástico, com restos orgânicos vegetais, e muito perturbado pela atividade agrícola.

- Argila cinza, claro a escuro, plástica,com mosqueamento vermelho alaranjado. Podem aparecer pequenas lentes de areia muito fina e limpa.

- Argila cinza chumbo, muito plástica. Tipo representativo de uma argila *ball clay.* Pode apresentar pequenas quantidades de areia muito fina. .

- Argila arenosa preta acinzentada,com biotita.

- Argila alaranjada muito plástica.

- Turfa

- Lentes cinza esverdeadas, predominantemente biotíticas, em matriz argilosa.

- Saibro. Areia argilosa ocre/castanha, com manchas esbranquiçadas (areia fina limpa).

- Zona arroxeada endurecida, apresentando concreções ferruginosas de tamanho centimérico.

- Areia média a grossa, cinza claro a escuro. Grão mediamente arrredondados. Por vezes seixosa. Pode apresentar matriz argilosa cinza clara.

- Leitos de cascalho, quartzosos, com seixos de 5 a 15 cm. Pode ou não ter matriz argilosa e cinza.

- Areia cinza argilosa, de granulometria variando de fina a média, mal selecionada, com grãos angulosos, cristalinos e leitosos. Podem aparecer seixos maiores isolados.

- Substrato. Material arenoso, vermelho alaranjado, friável. Pode apresentar quantidades variáveis de muscovita.

- Areia fina a média, amarela esbranquiçada.

- Linha de seixos composta por material fragmentos de argilito amarelado .

- Nível laterítico (Goetita).

A - Perfil levantado em afloramento.

F - Fim do furo.

F - Fim do furo devido a liquefação do material.

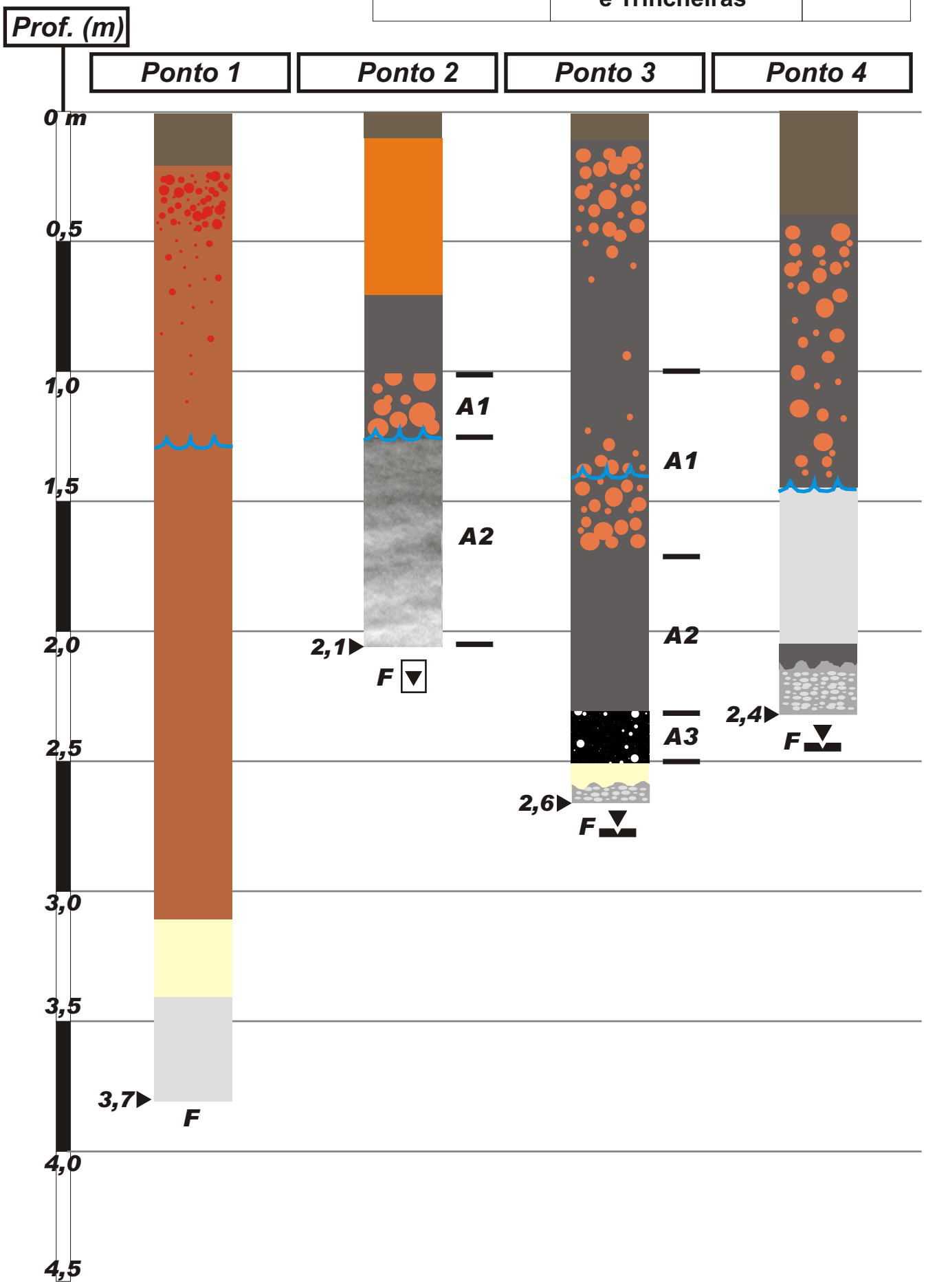
F - Fim do furo por inpenetrabilidade

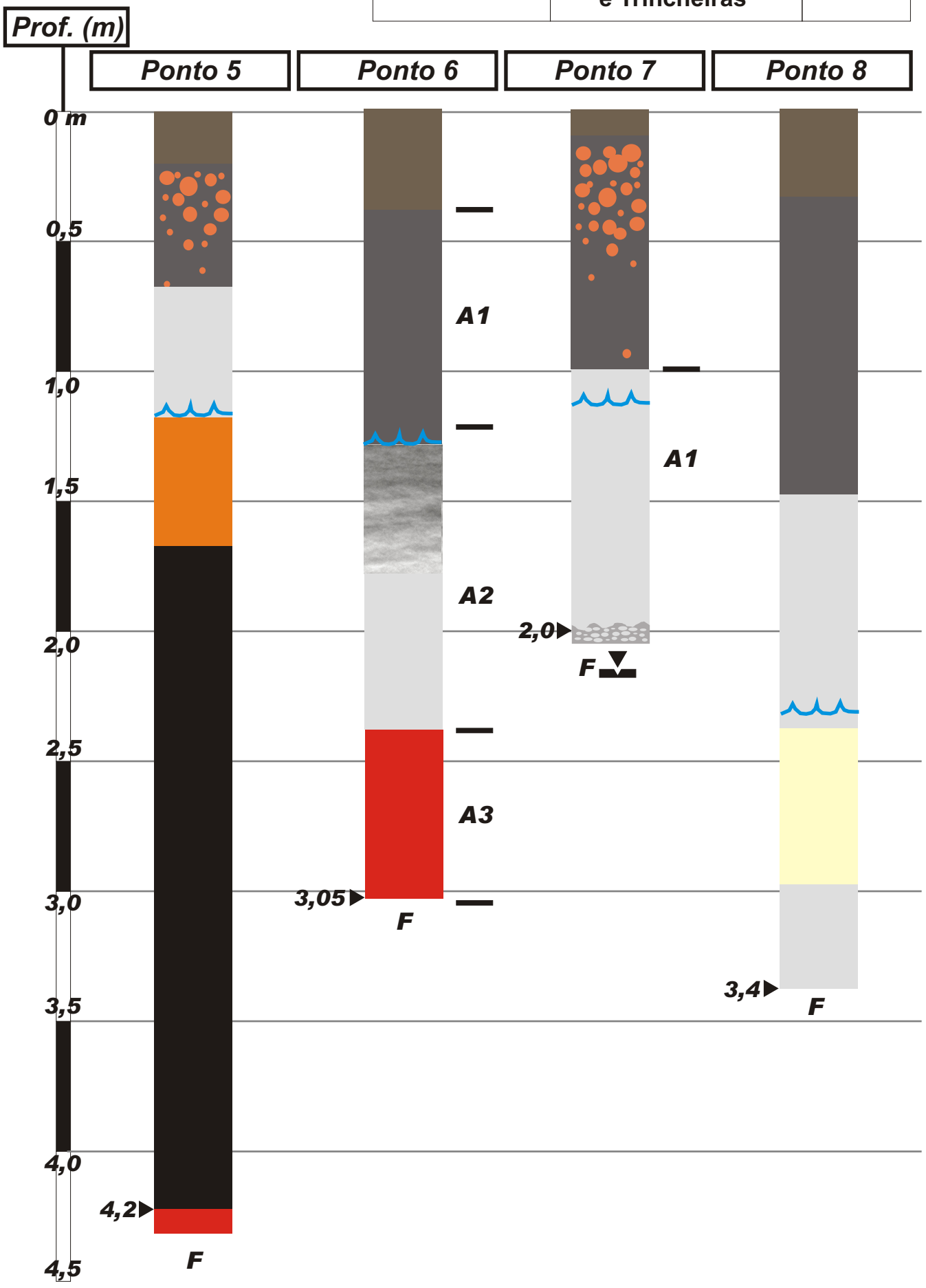
A1 - intervalo de amostragem, número da amostra.

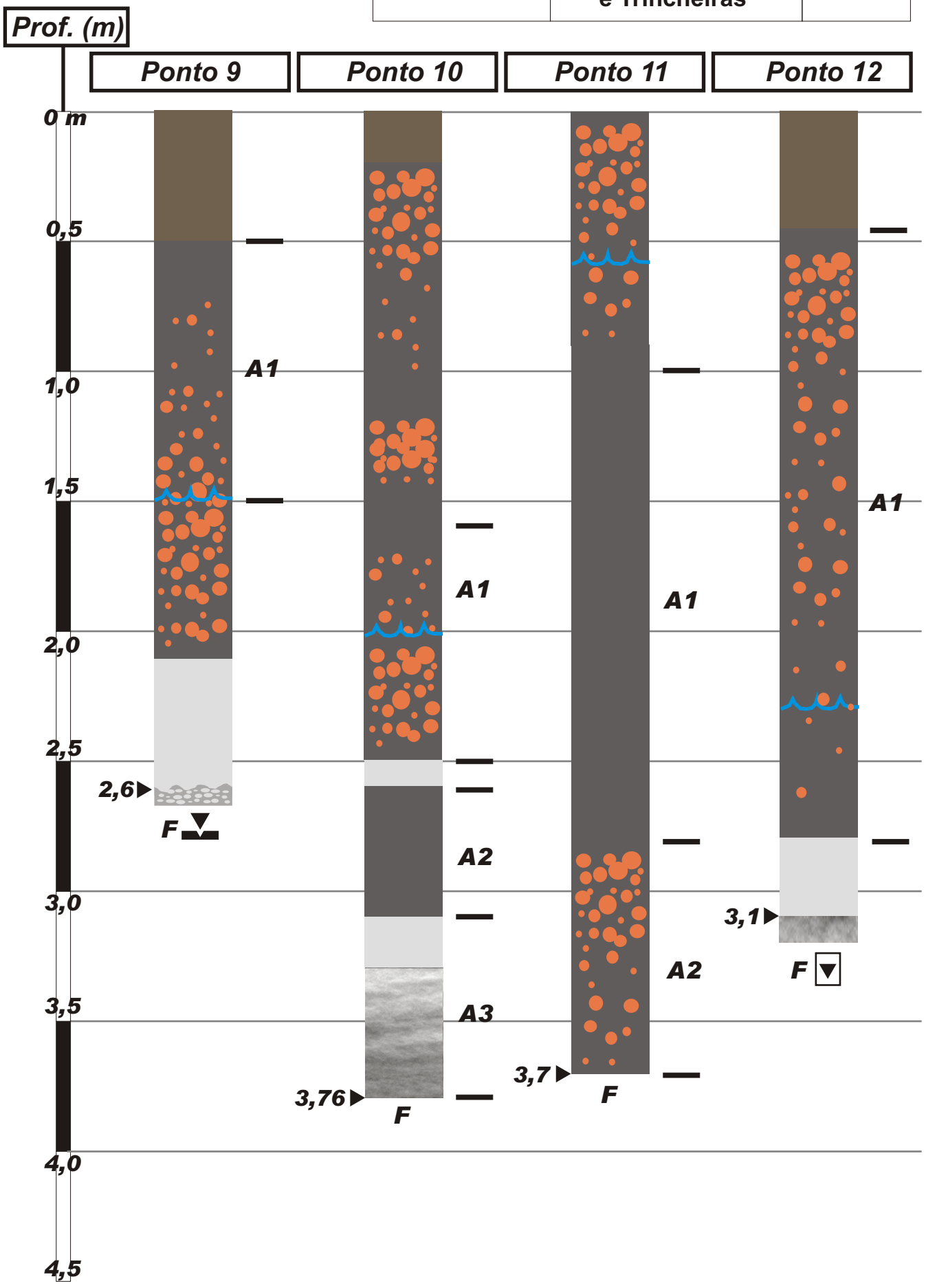
- Nível de água

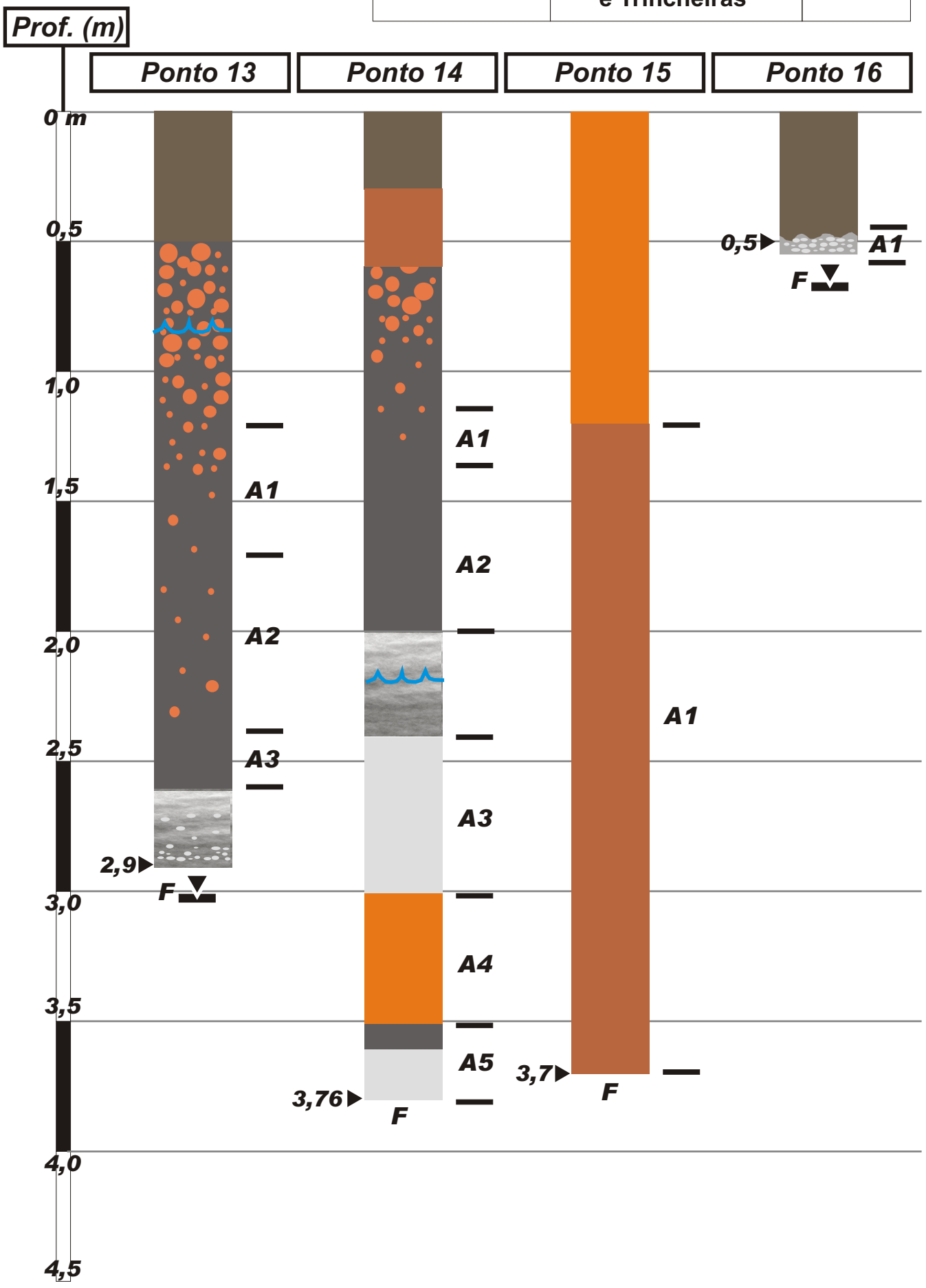
- Material provável

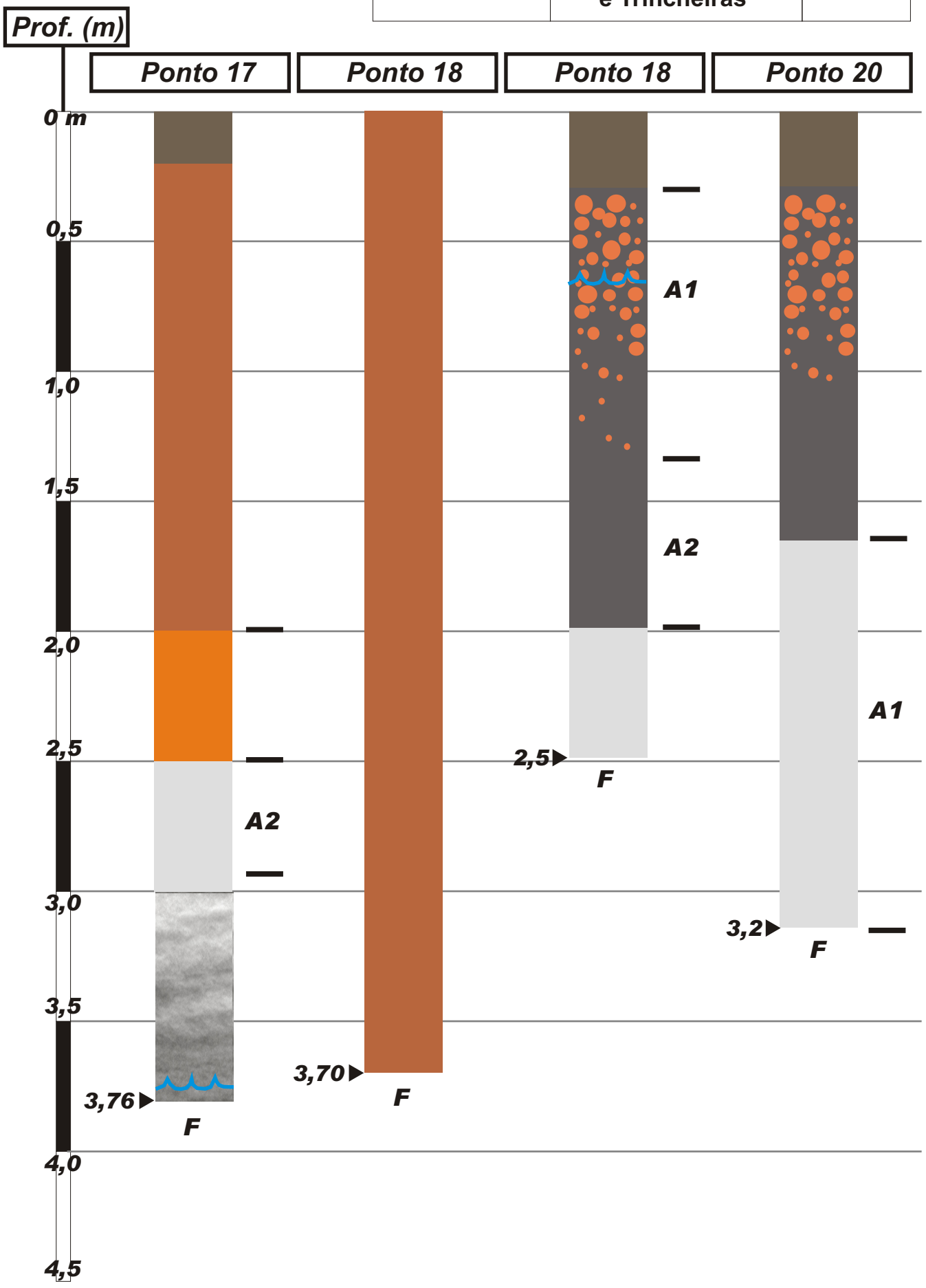
b b b - Presença abundante de biotita

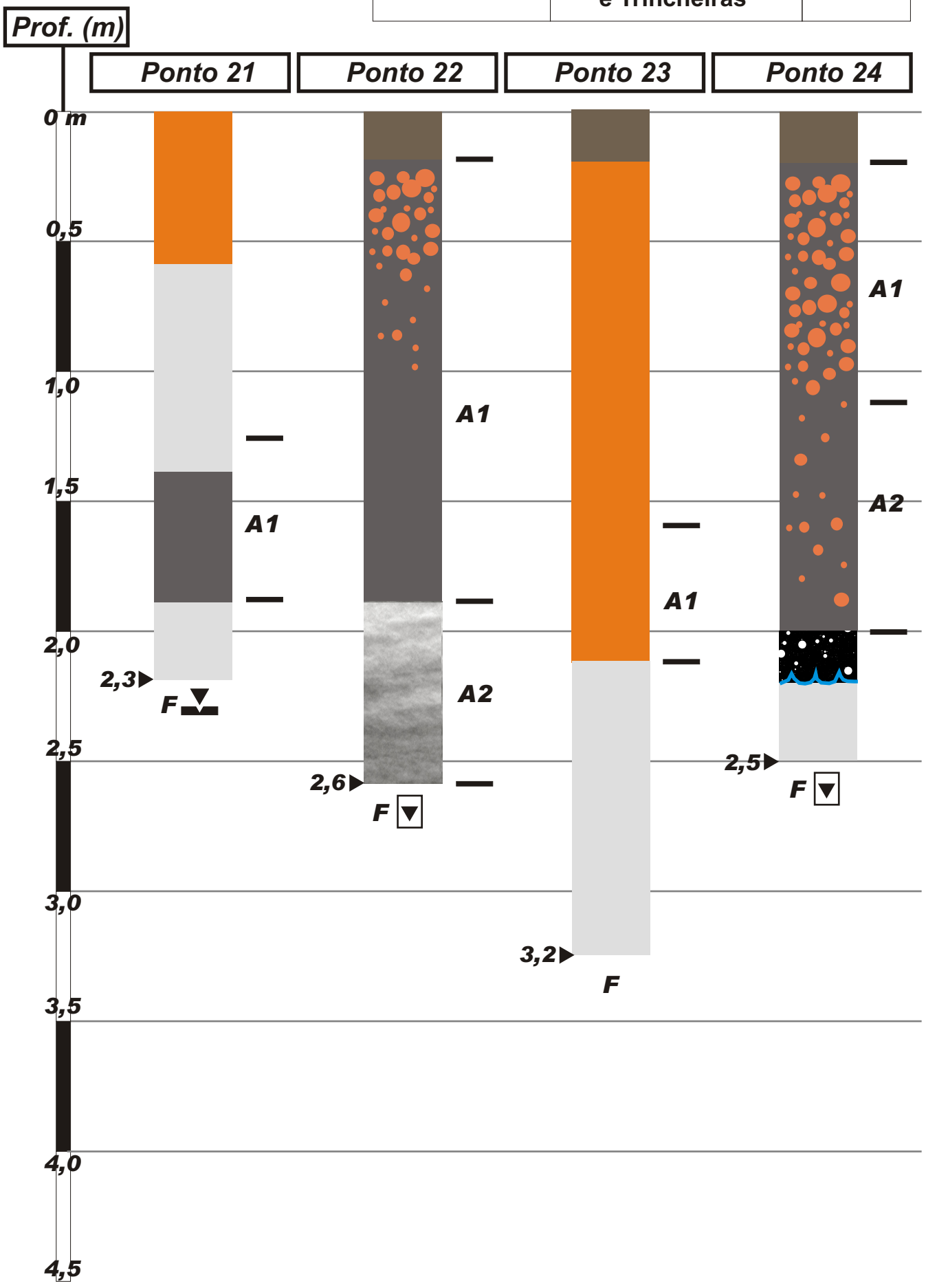

Prof. (m)
Ponto 1
Ponto 2
Ponto 3
Ponto 4
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
A3
2,1
F
2,6
F
2,4
F
3,7
F

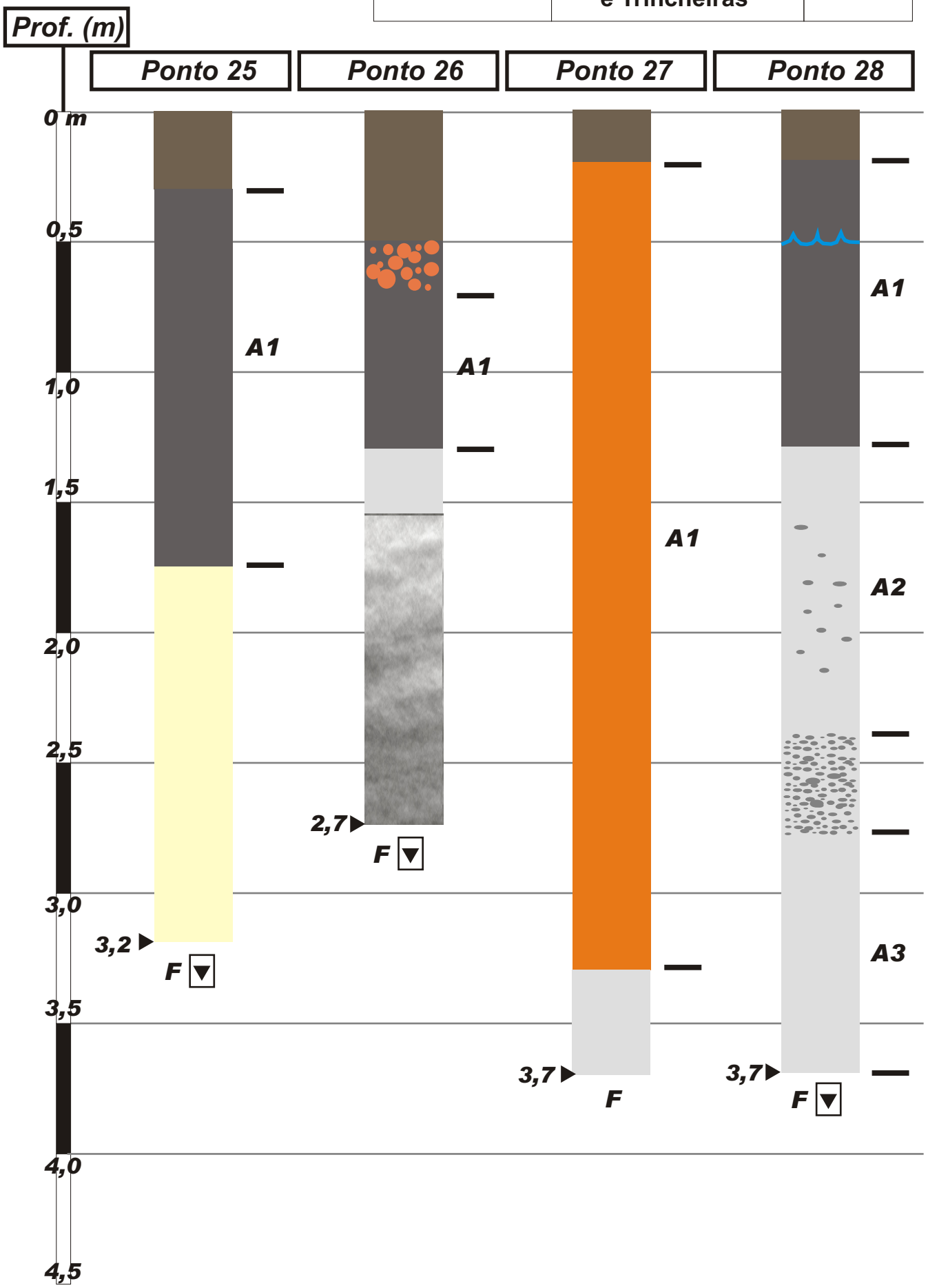

Prof. (m)
Ponto 5
Ponto 6
Ponto 7
Ponto 8
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
A3
A1
2,0
F
3,05
F
4,2
F
3,4
F

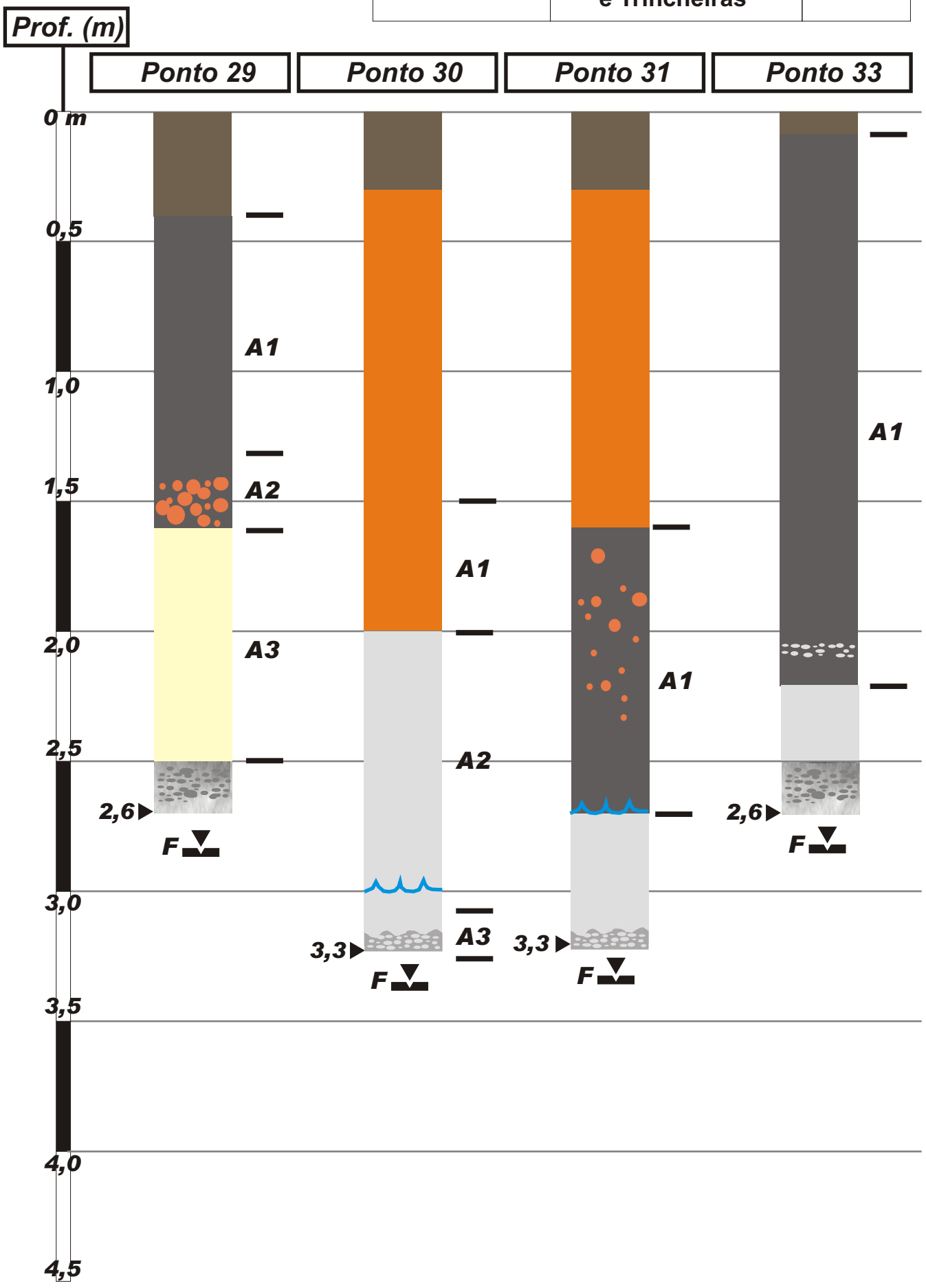

Prof. (m)
Ponto 9
Ponto 10
Ponto 11
Ponto 12
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A1
A1
A1
A2
A2
A3
2,6
F
3,76
F
3,7
F
3,1
F

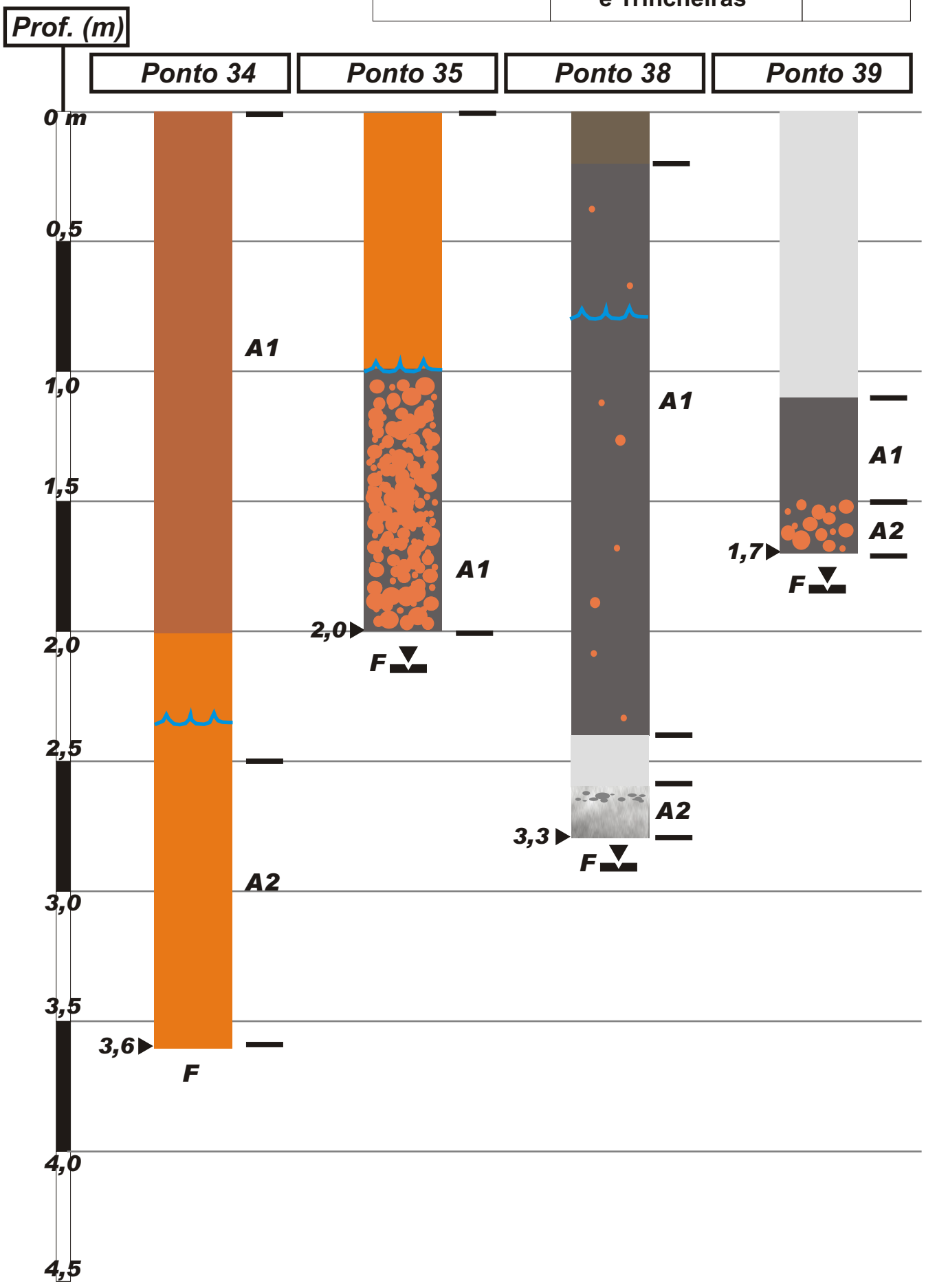

Prof. (m)
Ponto 13
Ponto 14
Ponto 15
Ponto 16
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
A3
A4
A5
2,9
F
3,76
F
3,7
F
0,5
F

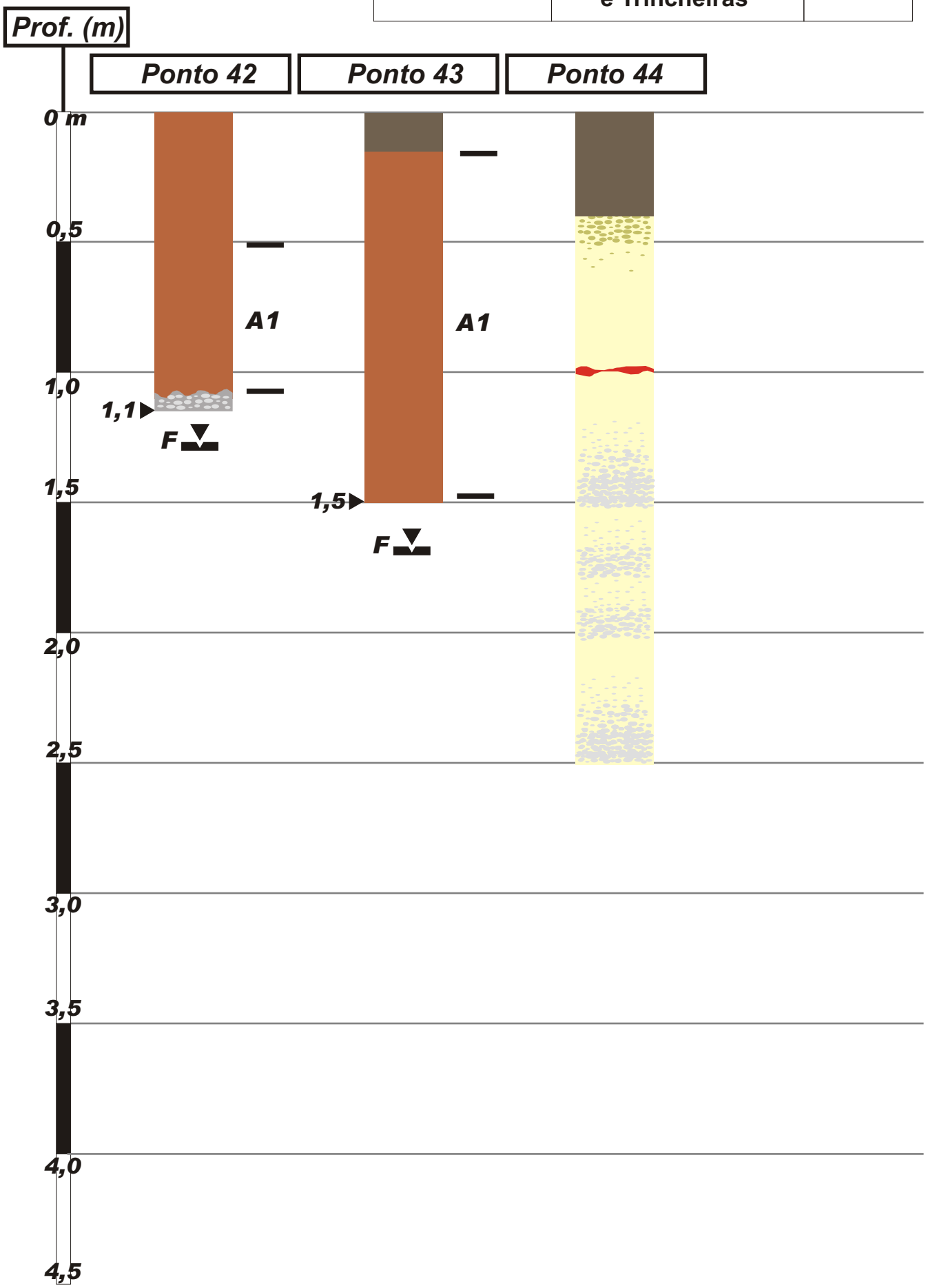

Prof. (m)
Ponto 17
Ponto 18
Ponto 18
Ponto 20
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A2
3,76
F
3,70
F
A1
A2
2,5
F
A1
3,2
F

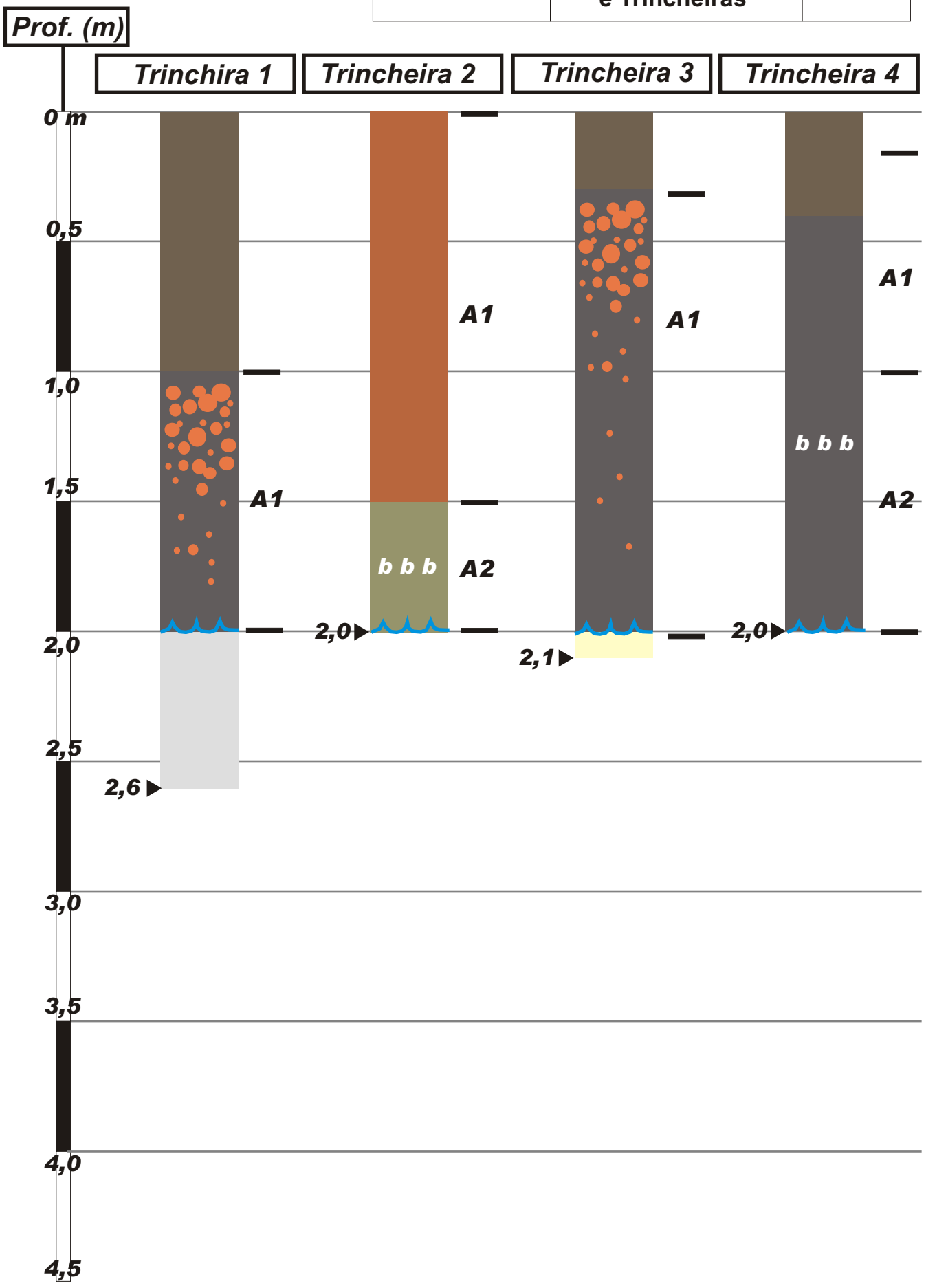

Prof. (m)
Ponto 21
Ponto 22
Ponto 23
Ponto 24
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
2,3
F
2,6
3,2
2,5

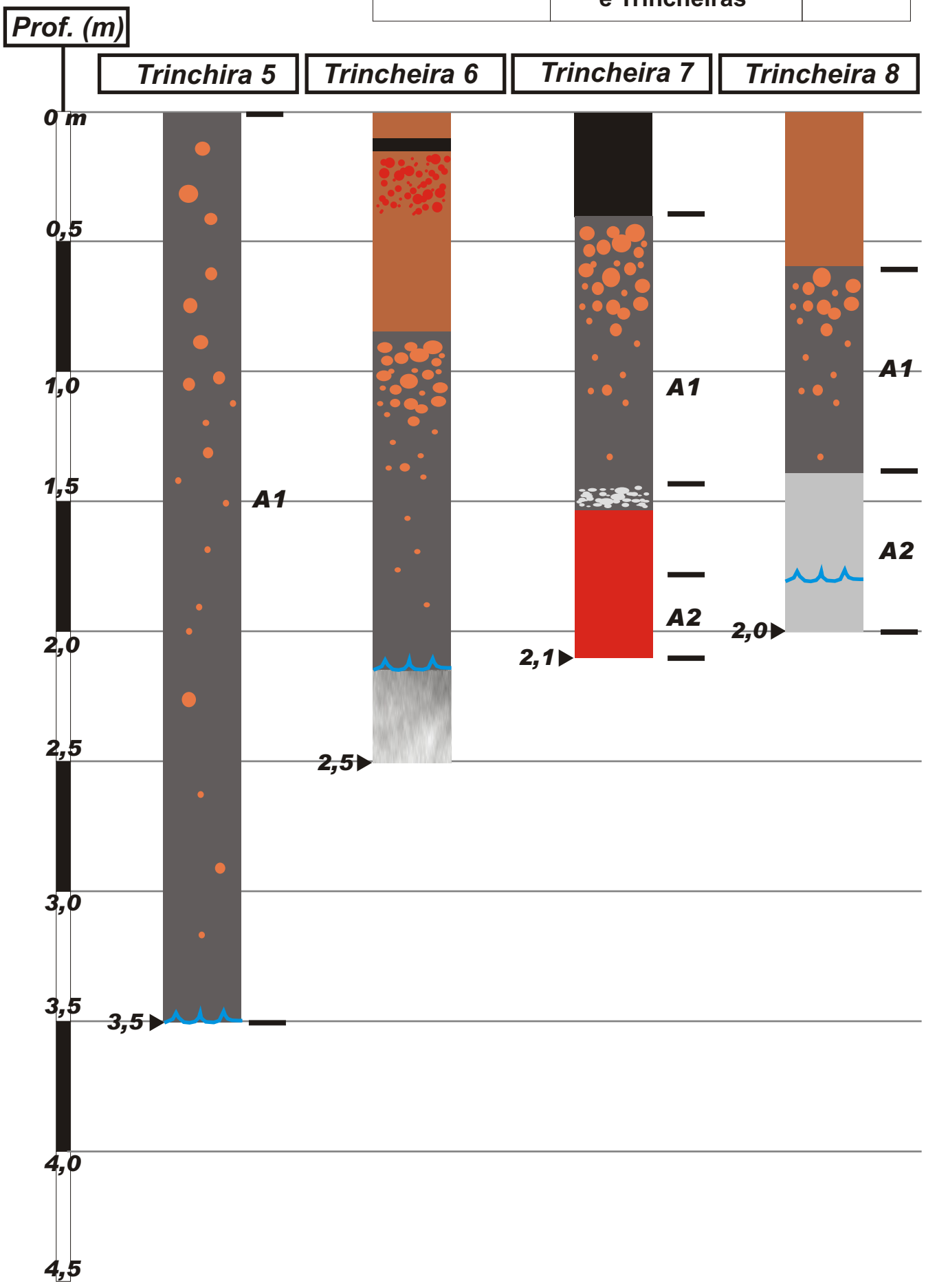

Prof. (m)
Ponto 25
Ponto 26
Ponto 27
Ponto 28
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A1
A1
A1
A2
A3
3,2
F
2,7
F
3,7
F
3,7
F


Prof. (m)
Ponto 29
Ponto 30
Ponto 31
Ponto 33
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
A3
A1
A1
A1
2,6
F
3,3
F
3,3
F
2,6
F


Prof. (m)
Ponto 34
Ponto 35
Ponto 38
Ponto 39
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
3,6
F
2,0
F
3,3
F
1,7
F


Prof. (m)
Ponto 42
Ponto 43
Ponto 44
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A1
1,1
1,5
F
F


Prof. (m)
Trinchira 1
Trincheira 2
Trincheira 3
Trincheira 4
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
b b b
2,6
2,0
2,1
2,0


Prof. (m)
Trinchira 5
Trincheira 6
Trincheira 7
Trincheira 8
0 m
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
A1
A2
3,5
2,5
2,1
2,0