UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ASPECTOS GEOLÓGICOS E PRINCIPAIS
RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO DE
FRANCA-PEDREGULHO, NORDESTE
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Zeno Hellmeister Junior

Orientador: Prof. Dr. Setembrino Petri

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ASPECTOS GEOLÓGICOS E PRINCIPAIS
RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO DE FRANCA-
PEDREGULHO, NORDESTE DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

ZENO HELLMEISTER JUNIOR

Orientador: Prof. Dr. Setembrino Petri

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Setembrino Petri

Examinadores: Prof. Dr. Armando Márcio Coimbra

Prof. Dr. Max Brandt Neto

SÃO PAULO
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ASPECTOS GEOLÓGICOS E PRINCIPAIS
RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO DE
FRANCA-PEDREGULHO, NORDESTE
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Zeno Hellmeister Junior

Orientador: Prof. Dr. Setembrino Petri

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005045

SÃO PAULO
1997

RESUMO

Esta Dissertação de Mestrado teve como objetivo o estudo da geologia e dos recursos minerais na região de Franca e Pedregulho (SP), e pretende contribuir para um maior conhecimento geológico e tecnológico sobre os litotipos e mineralizações ali presentes e reavaliar a concepção da evolução geológica da área durante o Mesozóico e o Cenozóico.

Os trabalhos de campo na região foram voltados à observações dos aspectos geológico-estratigráficos e das principais ocorrências minerais presentes (argilas esmectíticas e diamantes). Deste modo, caracterizou-se a faciologia, granulometria, mineralogia, conteúdo de minerais pesados, petrografia da unidades sedimentares e magmáticas e os tipos e controles dessas mineralizações.

Foram elaborados mapas geológicos e de ocorrências minerais, e mapas de pontos na escala 1:50.000, das folhas Franca (SF-23-V-A-V-1) e Pedregulho (SF-23-V-A-II-3), aqui apresentados na forma digital, em escala 1:100.000. Os estudos laboratoriais envolveram análises granulométricas, mineralógicas, químicas, petrográficas, de minerais pesados e microscopia eletrônica de varredura da fração argila.

Os trabalhos concentraram-se nas rochas sedimentares suprabasálticas, que diversos autores ora consideram como parte integrante da Bacia Bauru, ora as destacam como seqüência à parte, de idade cenozóica, ou ainda de idade cretácea inferior, contemporânea ao Grupo São Bento.

Os estudos realizados possibilitaram a obtenção de uma série de dados e informações que permitem a redefinição dessa unidade sedimentar, que nesta dissertação é referida como Formação Franca, e inserinda no Grupo São Bento.

A partir dos estudos efetuados também foram identificados, na área, dois tipos de depósitos de argilas: um residual e outro sedimentar, e vários garimpos de diamantes, alguns ativos e a maioria inativos.

O depósito de argila residual ocorre associado à alteração dos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Jksg), localizados, principalmente, na Serra da Faquinha (Morro do Sapecado). Já os jazimentos de argilas sedimentares estão associados aos lamitos e argilitos da Formação Franca (Kf), correspondendo aos depósitos de Franca e Pedregulho.

Com relação aos diamantes, tratam-se de depósitos de pequeno porte, lavrados em forma de garimpos, em períodos de maior ou menor intensidade. As mineralizações estão associadas a aluviões atuais e terraços sub-atuais, constituindo concentrações secundárias. Os principais aluviões diamantíferos estão distribuídos ao longo dos rios Canoas, Sapucaizinho e Santa Bárbara.

ABSTRACT

This dissertation analyses the geology and also both the existing and potential mineral resources in the Franca and Pedregulho region, northeastern São Paulo state, Brazil.

The study undertaken is aimed at broadening the scientific knowledge on the geologic evolution of the area based on a detailed field investigation of the lithotypes from both the stratigraphic and economic standpoints. In the latter, the major concern is related to the possible technological uses of specific mineral resources (e.g. clayey deposits).

The field work focused on the observation, mapping, and detailed interpretation of (i) the major geologic features of the area, (ii) the stratigraphic structures, (iii) occurrences of significant clayey deposits, and (iv) past and current exploitation sites of diamond bearing placers. These field investigations also included facies analyses and mineralization control studies. In order to supplement the field work, lab studies including granulometric, microscopic (heavy minerals) and petrographic analysis were also carried out.

Three computer-based maps were produced as a result of this study: (i) geologic map, (ii) map of mineral occurrences and sites, and (iii) map of visited outcrops. All these maps were originally based on the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas' topographic sheets (scale 1:50.000) named Franca (SF-23-V-A-V-1) and Pedregulho (SF-23-V-A-II-3) and, finally, converted to scale 1:100.000.

The field work focused on the sedimentary rocks stratigraphically placed under the basaltic lavas of the Serra Geral Formation (Jurassic-Cretaceous). The geologic origin of these rocks is controversial; while some authors consider them as a part of the Bauru Basin (Cretaceous), others interpret them as a part of a specific sequence that, in terms of geologic age, is contemporary to São Bento Group (Cenozoic or Lower Cretaceous).

Information and data obtained as a result of this study enabled the author to define a new geologic unit in the studied area that was named Franca Formation. Stratigraphically, this unit is placed in the context of the São Bento Group.

With regard to some identified clay deposits in the area, the author was able to classify them into two categories: (i) residual, and (ii) sedimentary. The occurrence of the residual deposits is more frequent at Serra da Faquinha (Morro do Sapecado); in terms of geologic origin, these deposits are closely related to the basaltic lavas of the Serra Geral Formation (weathering and hydrothermal alteration). The sedimentary deposits are associated to clayey sediments of the Franca Formation (Cretaceous) and named in this study, as Franca and Pedregulho deposits.

Several diamond deposits were also identified in the area; they occur as small placer deposits that have occasionally been exploited in a very rudimentary way over the years. The major occurrences of diamond bearing terraces are located alongside de Canoas, Sapucaizinho e Santa Bárbara rivers.

AGRADECIMENTOS

Quando uma tese ou uma dissertação chega ao fim, tantas são as pessoas que se envolveram e contribuíram, que torna-se difícil enumera-las. Desta forma desejo expressar os meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e entidades:

De maneira especial, a mais profunda gratidão ao Professor Doutor Setembrino Petri, pela orientação, estímulo e assistência prestada no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT pelo suporte técnico-operacional e pela oportunidade concedida na realização deste Curso de Pós-Graduação em nível de mestrado. Sem este apoio, nada do que foi realizado teria sido possível e a Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - SCTDE, Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - PRÓ-MINÉRIO, por solicitar os projetos que consubstanciaram esta dissertação.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, que deu suporte financeiro ao trabalho, quer na compra de material para laboratório, quer para as viagens ao campo.

Aos colegas do Departamento de Engenharia de Minas - Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em particular Sara Lais e Gabriela.

Aos colegas geólogos, geofísicos, paleontólogos e técnicos do IPT e da USP, Marsis Cabral, Chico Motta, Luis C. Tanno, Ivan Sergio, Prof. Armando Coimbra e Max Brandt, Maria Irene Raposo, Cláudio Goraieb, Fausto L. Stefani, Délzio Machado, Edson Del Monte, Mario Lincoln, Rubens Borges, Agamenon, Luis A. Fernandes ("lurdinha"), Luis Antonio ("lápiz"), Oswaldo Augusto ("chapisco"), Arturo ("espanhol"), Álvaro Kopezynski, Maria Cristina Moraes, Jairo Taddeo, Sandra Maria Gabas, Elaine Sinfrônio, Nilson, Carlos Ney, Sergio Bruno, Wilson Valentim, Eliel, Katia Canil, José Ridente, Samuel Agena, Márcio Gonzaga, José Aparecido, Sebastião, Reginaldo, pelo apoio oferecido nas diversas etapas do trabalho.

Aos colegas Mauro Ruiz, pelo auxílio à elaboração do "Abstract" e Ivan Sergio de Cavalcanti Mello, pela revisão de texto.

Luís Celso, Maria Cristina de J. Novaes, Fabiana A. Cagnon, Luizinho, Toca, Isabel, Nodil, pelo apoio na apresentação gráfica digital de parte dos resultados.

À minha família.

MUITO OBRIGADO!

*...que nossos esforços
desafiem as impossibilidades...*

ÍNDICE

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RELAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES	
FOTOS	vi
FIGURAS	x
QUADROS	xi
1 OBJETIVOS.....	1
2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO.....	1
3 SÍNTESE DO CONHECIMENTO ANTERIOR.....	1
4 MÉTODO DE ESTUDO.....	8
4.1 Compilação de Dados Pré-existentes.....	9
4.2 Trabalhos de Campo.....	9
4.3 Estudos Laboratoriais	13
4.3.1 <i>Análises Granulométricas</i>	13
4.3.1.1 Tratamento Estatístico dos Dados de Granulometria.....	14
4.3.1.2 Análise de frequência dos parâmetros estatísticos de distribuição total.....	14
4.3.1.3 Análise de frequência dos parâmetros estatísticos de distribuição da fração arenosa.....	15
4.3.2 <i>Análises Mineralógicas da Fração Argila</i>	15
4.3.2.1 Difractometria de Raios X.....	15
4.3.3 <i>Análise Mineralógica da Fração Pesados</i>	15
4.3.4 <i>Microscopia Óptica</i>	17
4.3.5 <i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	17
4.3.6 <i>Análises Químicas</i>	18
5 ASPECTOS FISIOGRAFICOS	18
6 GEOLOGIA REGIONAL.....	24
7 GEOLOGIA DA ÁREA.....	28
7.1 Unidades Pré-Cambrianas.....	29
7.2 Unidades Fanerozóicas	29
7.2.1 <i>Unidade Paleozóica</i>	29

7.2.2 <i>Unidades Mesozóicas</i>	31
7.2.2.1 Grupo São Bento.....	31
7.2.3 <i>Coberturas Sedimentares Cenozóicas</i>	60
8 PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS.....	67
8.1 Argilas Esmeclíticas: Aspectos históricos e generalidades.....	68
8.1.1 <i>Ambientes Geradores</i>	75
8.1.2 <i>Principais Depósitos</i>	79
8.1.3 <i>Tipos de Depósitos</i>	81
8.2 Diamantes: Aspectos históricos e generalidades.....	91
8.2.1 <i>Contexto Geológico - Fontes do diamante</i>	96
9 CONCLUSÕES.....	102
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

ANEXOS

1 - Mapa de Pontos de Amostragem e Descrição Geológica (1:100.000)	113
2 - Mapa Geológico e de Ocorrências Minerais (1:100.000)	115
3 -Análise granulométrica da fração total de amostras de sedimentos da Formação Franca	117
4 - Análise granulométrica da fração arenosa de amostras de sedimentos da Formação Franca	142
5 - Difractogramas de raios-X da fração argila das amostras analisadas	162

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1 - Geologia da área de estudo no mapa Geológico do Estado de São Paulo 1:500 000 (IPT 1981a).....	4
FOTO 2 - Carta Geológica do Estado de São Paulo - 1:2.000.000 (FLORENCE & PACHECO 1929) - Jc Unidade Caiuá.....	5
FOTO 3 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo - 1:1.000.000 (IGG 1947) - Cc Formações Botucatu/Pirambóia.....	5
FOTO 4 - Área de estudo no Mapa Geológico do estado de São Paulo 1:1.000.000 (IGG 1963).....	6
FOTO 5 - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - 1:500.000 (IPT, 1981b), abrangendo a região estudada, onde são discriminados os seguintes sistemas de relevo: (212) Colinas Amplas, (213) Colinas Médias, (221) Morros Amplos, (241) Morros Arredondados, (311) Mesas Basálticas, (512) Encostas com <i>Canions</i> Locais, (521) Escarpas Festonadas.....	20
FOTO 6 - Vista Panorâmica do <i>Canyon</i> do Rio Grande, mostrando as escarpas do Planalto de Franca (ao fundo, um morro testemunho- <i>Inselberg</i>).	21
FOTO 7 - Morro da Bocaina, típico <i>Inselberg</i> , localizado aproximadamente a 4 km, no rumo nordeste da cidade de Claraval-MG. (Folha Pedregulho, IPT 1990b).	21
FOTO 8 - Morro testemunho na forma de mesas basálticas (Morro do Sapecado-Folha Pedregulho - Z-48).	22
FOTO 9 - Vista do vale do rio das Canoas. Em primeiro plano a borda do Planalto de Franca e ao fundo morros testemunhos das formações Serra Geral e Botucatu.	22
FOTO 10 - Vista do vale Sapucaizinho no rumo nordeste. Em primeiro plano, a superfície de pedimentação dissecada suavemente e ao fundo a escarpa do Planalto de Franca (ao centro da foto vê-se a cidade de Patrocínio Paulista, IPT 1990b).	23
FOTO 11 - Vista panorâmica da Serra da Faquinha, recoberta pelos sedimentos da Formação Franca. Observa-se também suave caimento dos estratos para SW. (Foto tomada no rumo SSE).....	23
FOTO 12 - Feição geomorfológica da <i>cuesta</i> basáltica na borda do Planalto de Franca, destacando-se a Superfície Sul-Americana.....	25
FOTO 13 - Vista da borda do Planalto de Franca, destacando-se a superfície pedimentar (P). Foto tomada no rumo NNW, próximo a Patrocínio Paulista	25
FOTO 14 - Níveis encouraçados característicos das porções mais elevadas do Planalto de Franca, produtos do desmantelamento parcial da Superfície Sul-Americana. (Z-50).....	26

FOTO 15 - Detalhe da foto anterior, mostrando os clastos, principalmente de quartzitos e quartzo.	26
FOTO 16 - Quartzitos do Grupo Canastra, ao norte de Pedregulho. (Folha Rifaina)	30
FOTO 17 - Diamictitos amarelados/amarronzados, com clastos de gnaiss e granito. Formação Aquidauana, a oeste de Franca. (Folha Capetinga).	30
FOTO 18 - Formação Pirambóia - arenito fino a médio quartzoso, esbranquiçado, friável. Notar lado esquerdo inferior da foto, material estocado para uso na construção civil (a oeste de Franca - Folha Capetinga)	33
FOTO 19 - Arenitos conglomeráticos e conglomerados - fácies torrenciais da Formação Botucatu, potenciais a ocorrência de diamantes (a oeste de Franca - Folha Capetinga)	33
FOTO 20 - Intercalações de arenitos eólicos e lamitos lacustres nos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Serra de Rifaina, ao norte da cidade de Pedregulho).....	35
FOTO 21 - Sequência basal areno-lamítica da Formação Franca situada próxima a Pedregulho. Observa-se o contato concordante com arenitos eólicos sotopostos (Formação Serra Geral). Z-55.....	35
FOTO 22 - Sequência superior areno-rudácea, da Formação Franca, gerada nas porções apicais de leques aluviais, onde predominam fluxos de massas - Fácies A (Z-55).....	43
FOTO 23 - Detalhe do pacote rudáceo da foto anterior, onde predominam clastos de quartzitos, basalto, quartzo, rochas graníticas etc.	43
FOTO 24 - Sedimentos areno-rudáceos (Fácies A), truncando lençóis de areia (Fácies B). Interpõem-se raramente níveis conglomeráticos relativamente mais puros (seixos de quartzito e quartzo) com seixos facetados (ventifactos). Trevo de Pedregulho (Z-58).	44
FOTO 25 - Detalhe dos níveis conglomeráticos com seixos facetados.....	44
FOTO 25a - Detalhe dos seixos facetados (ventifactos - Z-51).....	45
FOTO 26 - Lamitos arenosos e arenitos lamíticos, maciços evidenciando incipiente acamamento plano paralelo (Fácies C). Os níveis que se destacam são constituídos de material mais arenoso e contêm óxidos de ferro e manganês (Trevo de Pedregulho - Z-44).	49
FOTO 27 - Argilito lacustre (Fácies D) constituído por argilas esmectíticas (Restinga - Z-51).....	49
FOTO 28 - Brechas basálticas (paleossolo) no contato da Formação Serra Geral com os sedimentos areno-lamíticos da Formação Franca (Z-53).	55
FOTO 29 - Feição do relevo (colinas amplas e médias) do depósito de argila esmectítica de Restinga. No fundo do vale afloram basaltos da Formação Serra Geral (Z-51).	55

FOTO 30 - Vista geral da voçoroca, onde ocorre interdigitação entre arenitos eólicos (1) e basaltos (2) da Formação Serra geral e arenitos da Formação Franca (3) - Morro do Sapecado (Z-49).	56
FOTO 31 - Detalhe da foto anterior, destaca-se o contato entre o arenito intertrape e o basalto alterado.	56
FOTO 32 - Cobertura eluvionar conglomerática inconsolidada sobre sedimentos da Formação Franca, encontrada freqüentemente nos patamares mais elevados do Planalto, relacionado com a Superfície Sul-Americana (ZW-3).	61
FOTO 33 - Detalhe da foto anterior, destacando-se os seixos e calhaus arredondados de quartzitos, quartzo e canga limonítica.	61
FOTO 34 - Depósito de terraço (cota 710m), capeando diabásio e recoberto pôr solo coluvionar. Os seixos bem arredondados são de quartzitos. (Z-60)	64
FOTO 35 - Lamito acinzentado/amarelado, preenchendo canal, ao lado do conglomerado suportado por clastos pertencentes ao terraço (cota aproximada de 710 m). O material estratificado que recobre o terraço é origem antrópica (IPT 1990b). (Z-60).	65
FOTO 36 - Detalhe da Foto anterior, destacando o conglomerado clasto suportado. (Z-60).	65
FOTO 37 - Detalhe da foto anterior, mostrando o imbricamento de seixos e calhaus de quartzito, e evidenciando o sentido da corrente da esquerda para a direita (IPT 1990b).	66
FOTO 38 - Bloco de quartzito com marcas de percussão (formas de meia lua). Estes blocos são chamados de “emburrados” pelos garaimpeiros e evidenciam conglomerados diamantiíferos(IPT 1990b) - (Z-63).	66
FOTO 39 - Drusas de quartzo hialino formados no contexto da cascalheira. Os cristais de quartzo têm a forma de dentes de cão e constituem um dos minerais satélites (“formas”) para os garimpeiros da região (Z-63).	67
FOTO 40 - Vista geral do perfil de alteração desenvolvido sobre rochas basálticas no Morro do Sapecado (Z-48).	74
FOTO 41 - Detalhe do afloramento anterior, destacando-se o basalto alterado com veios esbranquiçados de caulinita subparalelos (hidrotermalismo).	74
FOTO 42 - Garimpo em aluviões atuais, empregando desmonte hidráulico e draga de sucção (Ribeirão São Tomé, município de Itirapuã (MG) - Folha Capetinga (IPT 1990b).	95
FOTO 43 - Garimpo abandonado em terraço do rio Santa Bárbara. Notar a degradação do terreno (Z-63).	95
FOTO 44 - Cava do garimpo ativo da Fazenda do Barro Preto. O material de cor marrom avermelhada refere-se ao capeamento arenoso coluvionar, dificultando a exploração dos níveis conglomeráticos (Z-65).	97

FOTOMICROGRAFIA 1 - Arenitos lamíticos da Formação Franca, destacando-se um intraclasto de lamito arenoso (amarelado). A matriz argilosa, predomina esmectita (ZW 31). Polarizador descruzado. Aumento 38X (Fácies B)....	48
FOTOMICROGRAFIA 2- Lamito arenoso (Fácies C). Cristais de quartzo (branco) e feldspatos (escuros), dispersos na matriz argilosa (esmectita e caulinita). Observa-se a imaturidade textural e mineralógica. (Amostra Z-36A). Polarizador cruzado. Aumento 38X.....	48
FOTOMICROGRAFIA 3 - Arenitos lamíticos da Formação Franca - (Fácies C). Grãos de quartzo e feldspatos, rodeados por matriz argilosa (esmectitas). Observa-se também imaturidade textural e mineralógica e a maioria dos grãos quase não se tocam. (ZW-26). Aumento 38X. Polarizador Cruzado.	50
FOTOMICROGRAFIA 4 - Arenito (intertrape) Botucatu silicificado. Detalhe para a mica pouco deformada entre os grãos de quartzo, grão de feldspato sericitizado (canto esquerdo inferior) e o cimento microcristalino silicoso em forma de mosaico, perpendicular a superfície dos grãos, os quais quase não se tocam. Aumento 150X. Polarizador X (Z-51). ..	50
FOTOMICROGRAFIA 5 - Minerais pesados transparentes e não-micáceos, predominando formas angulosas e subangulosas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (Z-36C).....	53
FOTOMICROGRAFIA 6 - Minerais pesados transparentes e não-micáceos, predominando formas angulosas e subangulosas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (Z-20).	53
FOTOMICROGRAFIA 7 - Minerais pesados transparentes e não micáceos, predominando formas arredondadas e subarredondadas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado.(ZW-11).54	
FOTOMICROGRAFIA 8 - Minerais pesados transparentes e não micáceos, predominando formas arredondadas e subarredondadas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (ZW-31).54	
FOTOMICROGRAFIA 9 - Aspecto da rocha basáltica com cristais (ripiformes) de plagioclásio inalterado (pl), cristais subhédricos de clinopiroxênio e/ou olivina argilizados (Z-50). Nicóis paralelos. Aumento 80X.....	83
FOTOMICROGRAFIA 10 - Detalhe da foto anterior, destacando a matriz e a porção vítrea intersticial (recristalização de argilominerais do grupo das esmectitas - es), em contato com plagioclásio (pl), clinopiroxênio (px) e opacos. Nicóis paralelos. Aumento 200X.	84
FOTOMICROGRAFIA 11 - Fratura subparalela preenchida por caulinita (ka), e esmectita (es) Localmente manchas ferruginosas associadas aos minerais opacos e/ou ferromagnesianos (Z-49). Nicóis cruzados. Aumento 30X.....	85
FOTOMICROGRAFIA 12 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Caulinita autigênica vermiforme, (“acordeon”), associada aos lamitos da Formação Franca (Z-19)	87
FOTOMICROGRAFIA 13 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Caulinita autigênica vermiforme, (vista lateral), associada aos lamitos da Formação Franca (Z-54)	88
FOTOMICROGRAFIA 14 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esmectita autigênica, de aspecto esponjoso, semelhantes a “favos de mel”. Depósito de Restinga, Z-51).....	89
FOTOMICROGRAFIA 15 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esmectita detrítica, constituída por finas placas de bordos arqueados, presentes nos lamitos da Formação Franca (ZW-9A.).....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização e acesso a área de estudo.	3
FIGURA 2 - Frequência dos minerais pesados nas frações analisadas.....	17
FIGURA 3 - Esboço geológico-tectônico regional.....	27
FIGURA 4 - Seção-tipo da Formação Franca próximo a cidade de Pedregulho-SP.....	38
FIGURA 5 - Bloco diagrama esquemático com a distribuição dos sistemas deposicionais para a Formação Franca.	41
FIGURA 6 - Modelo deposicional e mineralizações associadas para a Formação Franca.	42
FIGURA 7 - Diagramas de barra mostrando a porcentagem dos minerais pesados presentes na fração areia muito fina, das amostras analisadas da Formação Franca.	52
FIGURA 8 - Perfil geológico do Morro do Sapecado, município de Pedregulho (SP).	57
FIGURA 9 - Perfil geológico de Restinga, município de Franca (SP).....	58
FIGURA 10 - Coluna estratigráfica adotada para a área de estudo.	59
FIGURA 11 - Perfil topográfico EW esquemático da região de Franca e seções colunares representativas (mod. IPT 1990b).	63
FIGURA 12 - Diagrama esquemático da estrutura da esmectita (<i>apud</i> Grim 1968).....	70
FIGURA 13 - Abundância relativa dos principais grupos de argilominerais em lamitos fanerozóicos (Blatt 1982).	76
FIGURA 14 - Esquema mostrando as possíveis origens das esmectitas em ambientes sedimentares (Chamley 1989).....	78
FIGURA 15 - Principais depósitos e minas de argilas esmectíticas brasileiras (mod. de Tanno 1995).	82

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - Relação dos pontos e amostras coletadas, procedência e classificação de campo.....	10
QUADRO 2 - Resultados das análises mineralógicas e granulométricas de amostras da Formação Franca	39
QUADRO 3 - Resultados de análises químicas de amostras da Formação Franca.	40
QUADRO 4 - Análises Mineralógicas dos minerais pesados transparentes e não micáceos da Formação Franca.....	51
QUADRO 5 - Fórmulas para alguns membros do grupo da esmectita. (mod. de Ross and Hendricks 1945).	72
QUADRO 6 - Principais usos e aplicações das argilas esmectíticas (baseado em O'Driscoll 1989).....	73
QUADRO 7 - Produção Mundial de Bentonita em 1991 (DNPM 1992).....	79
QUADRO 8 - Reservas Brasileira de Bentonita em 1995. (DNPM-DEM 1996).....	80
QUADRO 9 - Quantidade produzida de Bentonita em 1995 (Fonte: DNPM-DEM 1996).....	81
QUADRO 10 - Valor da produção de bentonita em 1995 (DNPM-DEM 1996)	81
QUADRO 11 - Produção estimada de diamante no Brasil-(DNPM 1986).	92
QUADRO 12 - Estrutura da produção diamantífera em Franca. (IPT 1990b).....	92
QUADRO 13 - Reservas Brasileira de diamante (DNPM - DEM 1996).	93
QUADRO 14 - Quantidade produzida de diamantes em 1995 (Fonte: DNPM-DEM 1996).....	94
QUADRO 15 - Valor da produção de diamantes em 1995 (DNPM-DEM 1996).....	94
QUADRO 16 - Principais satélites do diamante nos garimpos da região de Franca.....	98

ASPECTOS GEOLÓGICOS E PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO DE FRANCA-PEDREGULHO, NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

1 OBJETIVOS

Esta Dissertação de Mestrado teve como objetivo o estudo da geologia e dos recursos minerais na região de Franca e Pedregulho (SP), e pretende contribuir para um maior conhecimento geológico e tecnológico sobre os litotipos e mineralizações ali presentes e reavaliar a concepção da evolução geológica da área durante o Mesozóico e o Cenozóico.

2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO

A área estudada situa-se entre as cidades paulistas de Franca e Pedregulho, no extremo nordeste do Estado de São Paulo. As coordenadas limites são os paralelos 20°15' e 20°45' de latitude sul e os meridianos 47°15' e 47°30' oeste de Greenwich, compreendendo cerca de 1500 Km². A principal rodovia de acesso, a partir de São Paulo, é a Rodovia Anhanguera (SP-300), até a cidade de Ribeirão Preto. Daí segue-se pela Rodovia Cândido Portinari (SP-334), até cerca de 400km até a cidade de Franca (Figura 1-pg.3).

3 SÍNTESE DO CONHECIMENTO ANTERIOR

A área de estudo situa-se na borda nordeste da Bacia do Paraná, onde ocorrem sedimentos e magmatitos mesozóicos da Bacia do Paraná, além de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, e coberturas sedimentares cenozóicas (Foto 1-pg.4).

A geologia da Bacia do Paraná na região francana ainda é sujeita a controvérsias, principalmente no que se refere a idade, distribuição geográfica e o posicionamento de suas unidades no quadro estratigráfico paulista.

Na área de estudo, o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT 1981), apresenta a parte superior do conjunto sedimentar admitida como do mesozóico, considerada como Formação Itaqueri (Foto 1-pg.4).

A cobertura sedimentar das serras de Itaqueri e São Pedro já aparece no mapa de Florence & Pacheco (1929), que a consideraram, então, como pertencente à unidade Caiuá. Esta idéia também foi aceita por Washburne (1930), (Foto2-pg.5).

O Mapa Geológico do Estado de São Paulo, de 1947, editado pelo Instituto Geográfico e Geológico (IGG), situa esses mesmos sedimentos nas formações Botucatu e Pirambóia (Foto3-pg.5).

Foram Almeida & Barbosa (1953), que propuseram a denominação de Formação Itaqueri, aos sedimentos suprabasálticos situados nas serras de Itaqueri e São Pedro, posicionando-os na base do Grupo Bauru (Cretáceo). Esta unidade seria constituída por pacotes alternados de arenitos com matriz argilosa, folhelhos e conglomerados sem cimento carbonático.

Almeida (1964), estudando os aspectos geológicos do planalto de Franca e Batatais, colocou estes sedimentos na Formação Bauru; este autor não citou a ocorrência de depósitos cenozóicos na área, como mostra o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, editado em 1963 pelo Instituto Geográfico e Geológico (IGG)-Foto4-pg.6.

Em uma série de trabalhos enfocando a sua geologia, a Formação Bauru foi considerada ora como parte integrante da Bacia Bauru, de idade cretácea superior (i.e. Yamamoto *et al.* 1977, Barcelos 1984, entre outros), ora como seqüência à parte, de idade cenozóica (i.e. Mezzalira 1974; Almeida & Melo 1981; Ponçano *et al.* 1982; Brandt Neto 1984, entre outros), ou ainda contemporânea ao Grupo São Bento, de idade cretácea inferior (IPT 1990a, Cabral Jr. *et al.* 1992 e Tanno 1995).

Freitas (1964) e Mezzalira (1974) chegaram a propor o abandono do termo Itaqueri, com base na pequena expressão geográfica e descontinuidade desses depósitos, interpretando-os como sendo de idade cenozóica. Esta idéia também foi aceita por Arid (1967), sugerindo que tal designação só poderia ser aplicada com o significado de *fácies*.

Soares *et al.* (1973), mapearam o nordeste do Estado de São Paulo, na escala 1:50.000, interpretando os sedimentos sobrepostos a rochas basálticas da Formação Serra Geral, como depósitos da Formação Bauru.

Soares *et al.* (1980) revalidaram a designação Itaqueri, considerando-a como variedade faciológica situada na base da Formação Marília (topo do Grupo Bauru), caracterizando-a como subunidade e atribuindo-lhe categoria de *litofácies*. Estender-se-ia essa *litofácies* à região dos planaltos de Franca e São Carlos, além da própria Serra de Itaqueri, definindo-a como constituída de arenitos de granulação fina a grossa e conglomerática, mal selecionados, com grãos angulosos, maciços, com cimento silicoso, possivelmente substituindo cimento carbonático.

Brandt Neto *et al.* (1980), em trabalhos desenvolvidos nas serras de Itaqueri e São Pedro, relataram a ocorrência de depósitos da Formação Bauru, silicificados, entre as cotas 900 e 950 metros, e depósitos cenozóicos representados por delgadas cascalheiras, acima da cota 950, recobrimdo esta unidade.

FIGURA 1 - Localização e vias de acesso da área de estudo

Qi - Aluviões indiferenciados
 KTii - Correlatos a Formação Itaqueri
 Jkg "Sill Borda da Mata"
 JKSg - Formação Serra Geral

Jkb - Formação Botucatu
 RJp - Formação Pirambóia
 Cpa - Formação Aquidauana
 PMcQ - Grupo Canastra/Araxá

FOTO 1 - Geologia da área de estudo no mapa Geológico do Estado de São Paulo 1:500 000 (IPT 1981a)

FOTO 2 - Carta Geológica do Estado de São Paulo - 1:2.000.000 (FLORENCE & PACHECO 1929) - Jc Unidade Caiuá

FOTO 3 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo - 1:1.000.000 (IGG 1947) - Cc Formações Botucatu/Pirambóia

Já Cottas e Barcelos (1981), propuseram que seja excluída a *litofácies* Itaqueri do Grupo Bauru, admitindo que esses sedimentos sejam mais novos, inferindo-lhes idade terciária média a superior. Consideraram, ainda, que esses sedimentos cenozóicos são de dois tipos, um mais antigo e parcialmente litificado, e outro superior sem estruturas aparentes e semelhantes a solos.

Kb Formação Bauru

FOTO 4 - Mapa Geológico do estado de São Paulo -
1:1.000.000 (IGG, 1963)

Ponçano (1981), descreveu os depósitos das serras de São Pedro, Itaqueri, do Cuscuzeiro, e da região de Franca e Batatais, como Formação Itaqueri, considerando-os cretáceos, sincrônicos da Formação Marília, ressaltando que poderiam tratar-se de depósitos mais jovens que o Grupo Bauru.

Observou, ainda, depósitos semelhantes sobre a Serra do Limoeiro, próximo a Pardinho, e em Rubião Júnior, próximo a Botucatu.

Barcelos *et al.* (1983), salientaram que a presença de depósitos areno-conglomeráticos nas várias unidades do Grupo Bauru é relativamente frequente, estando associados a arqueamentos marginais da bacia e a paleoaltos internos pertencentes ao arcabouço Bauru. Ressaltam, ainda, que a denominação Itaqueri refere-se apenas aos depósitos do reverso das *cuestas* e que este ciclo desenvolveu-se condicionado aos mesmos elementos estruturais do Grupo Bauru.

Segundo a modelagem paleogeográfica delineada por Barcelos *et al.* (1983), o início da sedimentação Itaqueri remontaria à própria instalação da Bacia Bauru. Durante o início do Cretáceo, a elevação da margem continental atlântica teria provocado a instalação de uma rede de drenagem conseqüente para o interior continental. Fortes movimentações verticais reativariam antigas linhas de fraqueza no interior continental, gerando altos dentro do próprio sítio deposicional. Esses elementos tectônicos positivos comandariam a sedimentação Bauru, onde os depósitos Itaqueri corresponderiam às fácies conglomeráticas mais próximas que se interdigitariam às seqüências mais distais e arenosas da Bacia Bauru. Com o posterior alçamento do sítio deposicional durante o Cenozóico, os conglomerados adjacentes à borda oriental foram parcialmente erodidos, restando apenas as ocorrências atuais, posicionadas em diferentes níveis no conjunto sedimentar cretácico. Assim, os depósitos rudáceos, situados na margem da bacia, relacionar-se-iam aos arcos marginais, enquanto que os internos corresponderiam às franjas dos altos estruturais que pulsariam intermitentemente durante a sedimentação.

Conforme já mencionado anteriormente, Barcelos *et al.* (1983) reservaram apenas aos sedimentos marginais a individualização como Formação Itaqueri, sendo que às demais ocorrências internas consangüíneas preferiram referi-las como tectofácies Itaqueri, não as destacando das formações às quais estão associadas.

Barcelos (1984) selecionou uma seção-tipo dessa unidade, na proximidade da cidade de Pedregulho-SP, sendo a porção inferior composta por arenitos finos a médios, argilosos, intercalados por camadas de lamitos arenosos. A parte superior é representada por sedimentos grossos, com freqüentes bancos conglomeráticos. Vale mencionar que Ponçano (1981) considerou como Formação Itaqueri apenas o conjunto conglomerático superior, incluindo o segmento basal dentro da Formação Adamantina (Grupo Bauru).

Os pacotes mais expressivos da unidade Itaqueri foram observados nas Serras de São Pedro e Itaqueri, onde chegam a atingir cerca de 125 m de espessura (Almeida & Barbosa 1953).

Para a maioria dos autores (Soares *et al.* 1980, Ponçano 1981, Ponçano *et al.* 1982, e outros), a faciologia Itaqueri é caracterizada por uma deposição em ambiente muito energético. Possivelmente, esses depósitos rudáceos seriam constituídos por seqüências com granocrescência ascendente, formados por movimentos de massa em sistemas de leques aluviais, resultando em depósitos fanglomeráticos.

Quanto ao conteúdo fossilífero, o principal jazigo situa-se na Serra de São Carlos, onde Mezzalira (1966) descreveu uma associação faunística variada, composta por gastrópodes, bivalves, ostrácodes e conchostráceos, além de fragmentos vegetais não identificados. Devido à ausência de restos de dinossauros, Mezzalira (1974, 1980) atribuiu a esses depósitos idade cenozóica.

Recentemente IPT (1990a), Cabral *et al.* (1992) e Tanno (1995), consideraram informalmente a seqüência litoestratigráfica da área de Franca, até então admitida ora como Formação Bauru, ora como Formação Itaqueri, como “Unidade Franca”, inserindo-a no Grupo São Bento, de idade Cretácea inferior, e que nesta dissertação receberá o *status* de Formação Franca, ressaltando-se, assim, que a Formação Franca deva ser separada da Litofácies Itaqueri.

No nordeste do Estado, o trato deposicional e as condições climáticas vigentes durante a sedimentação da unidade promoveram o estabelecimento de lagos ricos em álcalis, que, contando provavelmente com aporte do material de filiação vulcânica, permitiram a acumulação de argilas esmectíticas (*i.e.*, o depósito de Restinga, que está inserido na Formação Franca).

O Mapa Geológico e de Ocorrências Minerais, das folhas Franca e Pedregulho, na escala 1:100.000, apresentado nesta dissertação decorre basicamente de mapeamentos geológico e prospectivo efetuados na região (Anexo 2 pg.115).

4 MÉTODO DE ESTUDO

Os métodos utilizados para a realização dos objetivos deste trabalho são os seguintes:

- a) compilação e análise da documentação geológica pre-existente;
- b) trabalhos de campo para amostragem, documentação fotográfica e caracterização das unidades litoestratigráficas da região de Franca;
- c) análises e ensaios laboratoriais,
- d) tratamento dos dados; e
- e) confecção de mapas, perfis e elaboração da Dissertação

4.1 Compilação de Dados Pré-existent

Esta etapa consistiu no levantamento e estudo de trabalhos desenvolvidos na região, especialmente aqueles abordando os aspectos geomorfológicos e geológicos regionais, as unidades cenozóicas e os recursos minerais da área. Incluiu-se também textos sobre processos, estruturas sedimentares e sistemas deposicionais.

Em relação ao apoio cartográfico, foram levantados, através do Inventário Cartográfico do Estado do São Paulo (1981), todos os mapeamentos topográficos e aerofotogramétrico realizados na região. Os primeiros são traduzidos pelas cartas topográficas, escala 1:50.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE 1972, Folhas SF-23-V-A-V-1 (Franca) e SF-23-V-A-II-3 (Pedregulho). No segundo caso, foi realizado levantamento aerofotogramétrico pela Terrafoto, para o Ministério da Indústria e Comércio-Instituto Brasileiro do Café, IBC em 1972.

Levantou-se também junto ao DAEE de Araraquara, a relação dos poços perfurados para captação de água subterrânea existentes na área, objetivando possíveis correlações estratigráficas.

4.2 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo compreenderam levantamentos nos cortes das estradas, drenagens e algumas voçorocas das folhas de Franca e Pedregulho, no Estado de São Paulo, para obtenção de dados geológico e coletas de amostras em superfície.(Anexo 1 pg.113).

A amostragem teve como finalidade obter material para estudos granulométricos, mineralógicos, petrográficos, químicos e tecnológicos. Tanto quanto possível, foram coletadas amostras representativas das unidades enfocadas ao longo de toda a área de estudo.

Dentre os locais escolhidos para observações de campo, procurou-se incluir os afloramentos importantes mencionados em trabalhos anteriores ou em relatórios de mapeamentos geológicos realizados na área

Em decorrência, foram coletadas 120 amostras superficiais. O Quadro 1-pg.10, mostra a relação dos pontos e amostras superficiais dos litotipos presentes, com especificações de procedência, e classificação de campo.

PONTOS ESTUDADOS	AMOSTRAS COLETADAS	PROCEDÊNCIA	FOLHA TOPOGRÁFICA	CLASSIFICAÇÃO (CAMPO)	OBSERVAÇÕES
ZW-1	ZW-1,2,3,4e5	Serra de Franca-Faz. Santa Fé.(Cabeceira de drenagem)	Franca	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	ZW-1-1 e ZW-1-0 - Concentrado de batéia.
ZW-2	ZW-6,7 e 8	Corte da Rodovia SP-334, -Km 402.	Franca	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	ZW-2-1 - Conc. de batéia.
ZW-3	ZW-9,9A,10,10A, 11 e 12	Serra de Franca-Faz. Santa Fé.(Cabeceira de drenagem)	Franca	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	ZW-3-0, ZW-3-1 e ZW-3-1A - Conc. de Bateia.
ZW-4, SF-12 e 13	ZW-4-2	Serra de Franca-Bairro Casa Seca - Corte da Rodovia João Traficante	Franca	Cascalheira (Cenozóica).	ZW-4-2 - Conc. de batéia.
ZW-5, SF-1, 2, 4 e 6	ZW-13,13A,14, 15 e 16.	Serra de Franca, ~1,0Km à frente da Igrejinha (Rod. João Traficante)	Franca	Arenitos, Conglomerados e Basalto (alterado)	ZW-5-1 - Conc. de batéia.
ZW-6,	ZW-17,19, 20,21,22 e 23.	Restinga (ocorrência de argila esmeditica).	Franca	Arenitos, Lamitos, Conglomerados e Basalto alterado	ZW-6-1 - Conc. de batéia.
ZW-7	ZW-24,25 e 26	Serra de Franca - Cabeceira do Córrego da Cachocirinha.	Franca	Arenitos e conglomerados	ZW-7-1 - Conc. de batéia.
ZW-8	ZW-27,28,29 ,30 e ZB-1	SP-334, ~1Km antes de Pedregulho - "Morro da Biquinha".	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados.	ZW-8-1 e ZW-8-0- Conc. de batéia.
ZW-9	ZW-31,32,33,34 35,36 e 37.	Av. Orestes Quercia - (Pedregulho-"Morrote da Cruz Branca")	Pedregulho	Arenitos, Lamitos, Conglomerados e Basalto (alterado).	Área urbana Conc. de batéia
ZW-9A	ZW-18, 38 e 39	Trevão de Pedregulho - "Serra Pelada".	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	ZW-9-1 ("Trevão") ZW-9-1A ("Serra Pelada").
ZW-10	ZW-40,41,42,43, 44,45,46 e 47.	Morro do Sapecado - (Serra da Faquinha)	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados.	ZW-10-0, ZW-10-1 ZW-10-2 - Conc. de batéia.
ZW-11	ZW-48	Fazenda da Barra	Capetinga	Diabásio	ZW-11-0 - Conc. de batéia.
ZW-12	ZW-49	Divisa SP/MG.	Capetinga	Arenito (Formação Pirambóia).	ZW-12-0 - Conc. de batéia.
ZW-13	ZW-13	Ribeirão São Francisco - Próximo de Patrocínio Paulista.	Franca	Sedimento de corrente (areia)	ZW-13-0 - Conc. de batéia.
ZW-14	ZW-14	Rio Sapucaizinho, próximo de Patrocínio Paulista	Franca	Sedimento de corrente (areia)	ZW-14-0 - Conc. de batéia.
ZW-15	ZW-15	Corte da rodovia SP-345 - Sítio São João - Patrocínio Paulista.	Franca	Cascalheira (Cenozóica)	ZW-15-2 - Conc. de batéia.
ZW-16	ZW-50	SP-345 - Faz. São Sebastião.	Franca	Basalto alterado, c/ vesículas de quartzo	
ZW-17	ZW-51 e 52	Trevo de Franca p/ S.J. da Barra (entrada p/ Franca).	Franca	Arenitos e Conglomerados	Área urbana
ZW-18	Não amostrado	Estrada Pedregulho-Taguai (Saída pela Av. Orestes Quercia.	Pedregulho	Arenitos e Conglomerados	Área urbana
ZW-19	Não amostrado	Km 6 da rodovia Pedregulho-Taguai.(~1,5Km do ZW-18)	Pedregulho	Conglomerado e Arenito	
ZW-20	Não amostrado	~1,0 Km do ZW-19, indo para Taguai.	Rifaina	Arenitos	Estratificação cruzada (tangencial/acanalada)
ZW-21	Não amostrado	~1,0 Km antes da ponte do Rib. Bom Jesus, indo para Taguai.	Rifaina	Cascalheira (Cenoz.) Arenitos, Conglomerados e Basalto alterado.	Contato entre as unidades. (Cenozoico e Cretáceo)
ZW-22	Não amostrado	Depois da ponte do Rib. Bom Jesus, indo para Taguai - Km10.	Rifaina	Basalto (alterado) e Arenito Botucatu.	
ZW-23	ZW-53,54,55, 56 e 57.	~1,6Km da ponte do Rib. Bom Jesus, indo para Pedregulho, aflora/o lado esquerdo da estrada.	Rifaina	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	Estratificação cruzada (tangencial e acanalada) de pequeno porte.
ZW-24	Não amostrado	Estrada Cristais Paulista - Jeriguara	Pedregulho	Coluvio arenoso	Nos cortes da rodovia não tem bons afloramentos (muito alterado)
ZW-25	ZW-25-0	Afluente do Cór. da Cascata - "Sumidouro".	Pedregulho	Sedimento de corrente (areia).	ZW-25-0 - Conc. de batéia.

QUADRO 1 - Relação dos pontos e amostras coletadas, procedência e classificação de campo.

(continua)

PONTOS ESTUDADOS	AMOSTRAS COLETADAS	PROCEDÊNCIA	FOLHA TOPOGRÁFICA	CLASSIFICAÇÃO (CAMPO)	OBSERVAÇÕES
Z-1	Não amostrado	Av. Pres. Vargas c/ a Av. D. Pedro I, próximo ao Cemitério Cidade Nova (Franca).	Franca	Arenito (muito alterado)	Área urbana - (terreno vazio)
Z-2	Não amostrado	Abaixo do Z-1, terreno p/ construção do "Shopping do Calçado"- Franca.	Franca	Arenito (muito alterado).	Área urbana
Z-3	Z-2A, Z-3B	Av. Jaime Tellini, próximo a Rod. João Traficante.	Franca	Arenitos, Lamitos e Conglomerados.	Grande voçoroca Conc. de batéia
Z-4	Z-7, 8 e 4A	SP-345 (Franca-S.J. da Barra), Faz. Santa Cecília.	Franca	Arenitos e Basalto	Z-4A, coletada no topo, ~Km 10 da SP-345.
Z-5	Z-9	~Km 42 da SP-345	Franca	Cascalheira (Cenoz.) Arenito (alterado)	Terra roxa mais abaixo.
Z-6	Z-10	Rib.Bom Jardim, Bairro Bom Jardim	Franca	Sedimento de corrente (areia).	Z-10-0 - Conc. de batéia.
Z-7	Z-11	Faz. Cotias, cabeceira de drenagem (parede da voçoroca).	Franca	Arenito (muito alterado)	
Z-8	Não amostrado	Faz. Santa Terezinha	Franca	Arenitos e Basalto alterado (terra roxa)	
Z-9	Não amostrado	Cór. Engenho Quebrado	Franca	Colúvio e Basalto alterado	Córrego muito poluído.
Z-10	Z-12,13 e 14	SP-336 (Franca-Batatais), Faz/ São Luiz.	Franca	Arenitos e Basalto alterado	
Z-11	Não amostrado	Faz. Monte Alegre	Franca	Arenitos	O proprietário não deixou entrar.
Z-12	Z-15	SP-336 (Franca-Batatais), ~Km	Franca	Arenitos	Contato encoberto c/ o basalto.
Z-13	Z-16	SP-336 (Franca-Batatais), Faz. Geraldina.	Franca	Arenitos e Arenitos conglomeráticos	Z-16-2- Conc de batéia.
Z-14	Não amostrado	SP-336 (Franca-Batatais), ~Km 389, cabeceira de drenagem - voçoroca	Franca	Arenitos (muito alterado)	Terra roxa mais abaixo.
Z-15	Não amostrado	SP336 (Franca-Batatais), ~1,5Km do Z-10, sentido Franca, corte da rodovia.	Franca	Colúvio e Arenito (muito alterado).	
Z-16	Z-17	Faz. Olhos d'água, cabeceira de drenagem.	Franca	Arenitos e Conglomerados	Z-17-1- Conc. de batéia.
Z-17	Z-18 e 18A	SP-334, Cór. do Macaco (corte da rodovia)	Pedregulho	Arenitos e Conglomerados	Z-18-1-Conc. de batéia, Z-18A (amostra dos clastos)
Z-18	Não amostrado	SP-334, ~Km405 , corte da Rodovia.	Pedregulho	Colúvio arenoso	
Z-19	Z-19	SP-334, ~Km 409 , cabeceira de drenagem, (voçoroca).	Pedregulho	Lamito	Tem um poço no fundo da voçoroca.
Z-20	Z-20 e Z-21	~Km 4,7 da estrada que liga a SP-334 a Águas Quentes, início da Serra da Goiabas	Pedregulho	Arenitos conglomeráticos e Conglomerados	Z-20-1- Conc. de batéia. ~ no Km 5 aflora basalto.
Z-21	Z-22	~500m antes do Cór. da Taquara, Serra das Goiabas	Pedregulho	Arenito Pirambóia (muito alterado)	Afloramento no corte da rodovia.
Z-22	Z-23*	Ribeirão da Mococa.	Pedregulho	Diabásio alterado	Afloramento no leito do Ribeirão.
Z-23	Z-23A,B,C,D,E, e F	Estrada p/ chave da Taquara, ~1,0 Km antes de chegar na SP-334	Pedregulho	Arenitos e Conglomerados	Z-23B-1 - Conc. de batéia.
Z-24	Z-24A,B e C	Corte da Rodovia SP-334, viaduto p/ Jd. Leporace - Franca.	Franca	Arenitos e Lamitos	Área urbana
Z-25	Não amostrado	Rodovia Franca-Restinga, ~Km 7 (cabeceira de drenagem).	Franca	Arenitos (alterados).	
Z-26	Não amostrado	~Km 6 da mesma rodovia, (área de empréstimo)	Franca	Cascalheira (Cenoz.)	
Z-27	Não amostrado	Trevo da SP334 para Restinga, cabeceira de drenagem. (voçoroca).	Franca	Arenito	O proprietário não deixou descer a drenagem.
Z-28	Z-28A e B	Corte da Rodovia SP-334, viaduto para Restinga.	Franca	Arenitos e Lamitos	
Z-28*	Z-28*A, B, C e D.	~100m antes de entrar na estrada para Claraval (MG), cabeceira de drenagem.	Pedregulho	Arenitos e Conglomerados	Z-28*C-1- Conc. de batéia. Bom afloramento.

QUADRO 1 - Relação dos pontos e amostras coletadas, procedência e classificação de campo.

(continua)

PONTOS ESTUDADOS	AMOSTRAS COLETADAS	PROCEDÊNCIA	FOLHA TOPOGRÁFICA	CLASSIFICAÇÃO (CAMPO)	OBSERVAÇÕES
Z-29	Não amostrado	Estrada p/ Claraval, ~ Km do Z28*, afloramento no leito da estrada.	Pedregulho	Arenitos e Basalto alterado.	
Z-30	Z-30A	Estrada p/ Claraval, ~1.5Km à frente do Z-29.	Pedregulho	Arenitos e basalto alterado.	Amostra coletada da escavação do poço.
Z-31	Z-31A,B,C	Estrada p/ Ribeirão Corrente(Fazenda Samello), cabeceira de drenagem (vogoroca)	Pedregulho	Arenitos e conglomerados	
Z-32	Não amostrado	~2,5Km à frente do Z-31	Pedregulho	Arenitos	Ruim de afloramentos, colúvio arenoso
Z-33	Z-33A	Estrada Franca-Restinga, ~Km7	Franca	Basalto	Pedreira Spel
Z-34	Z-34A	Estrada p/ Ribeirão Corrente, Faz. Santa Lina, cabeceira de drenagem	Pedregulho	Colúvio arenoso e argila de fundo de vale	Ruim de afloramentos, colúvio arenoso.
Z-35	Não amostrado	~2,0Km do Z-34, Faz. 01	Pedregulho	Arenitos (muito alterado)	Afloramento no pasto, área escavada.
Z-36	Z-36A,B,C,D.	Cabeceira do Córrego Pouso Alto, área de empréstimo p/ aterro do "lixão".	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	Z-36C-1 e D-2.p/ Conc. de batéia. Bom afloramento.
Z-37	Não amostrado	Atrás do Parque Fernando Costa, cabeceira de drenagem, (vogoroca)	Franca	Arenitos e argila de fundo de vale	Área urbana, terraplanagem p/ construção
Z-38	Z-38A,B,C	Corte da Rodovia SP-334, ~Km404	Franca	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	Z-38C-1-Conc.de batéia.
Z-39	Não amostrado	Fazenda Santa Cruz	Franca	Arenitos e Lamitos	
Z-40	Não amostrado	Fazenda Santa Cruz	Franca	Arenitos e Lamitos	
Z-41	Não amostrado	Fazenda Santa Cruz	Franca	Arenitos e Lamitos	
Z-42	Z-42	Fazenda Santa Cruz	Pedregulho	Lamitos	Ocorrência esmectita
Z-43	Z-43	Fazenda Santa Cruz	Pedregulho	Lamitos	Ocorrência esmectita
Z-44	Z-44	Estrada p/ Igarapava ("Serra Pelada")	Pedregulho	Lamitos e Lamitos arenosos.	Ocorrência esmectita
Z-45	Z-45	Idem ao Z-44	Pedregulho	Lamitos	Ocorrência esmectita
Z-46	Z-46	"Trevão de Pedregulho"	Pedregulho	Lamitos	Ocorrência esmectita
Z-47	Z-47	Idem ao Z-46	Pedregulho	Lamitos	Ocorrência esmectita
Z-48	Z-48	Serra da Faquinha (Morro do Sapecado)	Pedregulho	Basalto alterado	Ocorrência esmectita
Z-49	Z-49	Idem ao Z-48	Pedregulho	Basalto alterado	Ocorrência esmectita
Z-50	Z-50	Idem ao Z-48	Pedregulho	Basalto alterado	Ocorrência esmectita
Z-51	Z-51, ZB-1	~1,0Km antes da cidade de Restinga (estrada Franca-Restinga)	Franca	Arenitos, Argilitos, Lamitos, Conglomerados Basaltos e Arenitos intertrapianos	Ocorrência esmectita
Z-52	Z-52	Idem ao Z-51 (ocorrência de argila esmectítica)	Franca	Idem	Ocorrência esmectita
Z-53	Z-53	Idem ao Z-52	Franca	Idem	Ocorrência esmectita
Z-54	Am-1	"Trevão" de Pedregulho. ~Km 442 da SP-334.	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	Ocorrência esmectita
Z-55	Am-2	Idem	Pedregulho	Idem	Conc. de batéia
Z-56	Am-3	Idem	Pedregulho	Idem	Conc. de batéia
Z-57	Am-4	Idem	Pedregulho	Idem	
Z-58	Am-5	Estrada Pedregulho -Igarapava ("Serra Pelada")	Pedregulho	Arenitos, Lamitos e Conglomerados	Ocorrência esmectita
Z-59		Rio Sapucaizinho	Franca	Cascalhos	Garimpo ativo, terraço na cota ~710m.
Z-60		Rio Sapucaizinho	Franca	Cascalhos	Idem
Z-61		Rio Santa Bárbara	Franca	Cascalhos	Idem, em fase de teste
Z-61A		Rio Santa Bárbara	Franca	Cascalhos	Garimpo inativo
Z-62		Rio Santa Bárbara	Franca	Areias e Cascalhos	Lavra em aluvião recente
Z-63		Rio Santa Bárbara	Franca	Areias e Cascalhos	Garimpo inativo, terraço na cota ~710m.
Z-64	Z-64	Rio Sapucaizinho	Franca	Areias e Cascalhos	Garimpo ativo, aluvião recente
Z-65	Z-65	Rio Sapucaizinho	Franca	Areias e Cascalhos	Idem
Z-66		Ribeirão dos Bagres	Franca	Areias e cascalhos	Garimpo inativo, terraço
Z-67	Z-67	Rio das Canoas (margem direita)	Pedregulho	Cascalhos	Garimpo ativo

QUADRO 1 - Relação dos pontos e amostras coletadas, procedência e classificação de campo.

(continua)

(final)

PONTOS ESTUDADOS	AMOSTRAS COLETADAS	PROCEDÊNCIA	FOLHA TOPOGRÁFICA	CLASSIFICAÇÃO (CAMPO)	OBSERVAÇÕES
Z-68	Não amostrado	Rio das Canoas (margem esquerda)	Pedregulho	Cascalhos	Garimpo inativo, terraço cota ~710m.
Z-69	Z-69	Rio das Canoas (próximo a cidade de Claraval-MG.)	Pedregulho	Cascalho	Idem Conc. de bateia
Z-70		Idem	Pedregulho	Cascalhos	Idem
Z-71		Idem	Pedregulho	Cascalhos	Idem
Z-72		rio das Canoas (Norte de Claraval)	Pedregulho	Cascalhos	Idem
Z-73		Idem	Pedregulho	Cascalhos	Idem

QUADRO 1 - Relação dos pontos e amostras coletadas, procedência e classificação de campo.

4.3 Estudos Laboratoriais

As amostras coletadas nos levantamentos de campo foram processadas para determinação de parâmetros granulométricos, químicos, identificação e gênese dos argilominerais, identificação dos minerais pesados, caracterização textural e petrográfica através de seções delgadas e observações em lupa. Os principais métodos utilizados são os descritos a seguir.

4.3.1 Análises Granulométricas

Obedeceram-se os métodos utilizados no Laboratório de Mineralogia e Sedimentologia, da Divisão de Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.

Inicialmente as amostras foram secas ao ar, destorroadas com rolo de madeira, e quarteadas até obtenção de duas porções representativas.

Uma porção foi seca em estufa, a 60°C por 48 horas, e pesada para obtenção do teor de umidade. Outra porção foi desagregada em meio aquoso, com o auxílio de agitador mecânico, e transferida para proveta, na qual o volume foi completado para 1.000 ml, após a adição de 01(um) grama de pirofosfato de sódio, como dispersante.

As suspensões obtidas foram submetidas à pipetagem de acordo com a Lei de Stokes. Após a pipetagem as amostras foram peneiradas. A escala granulométrica adotada para ambos os métodos foi a de Wentworth (1922 *in* Suguio 1973).

No peneiramento, para partículas entre 4,0 e 0,062mm, foram intercaladas peneiras com as seguintes aberturas em milímetros: 2,83; 2,00; 1,41; 1,00; 0,707; 0,50; 0,354; 0,250; 0,177; 0,125 e 0,088.

Na pipetagem, a fração silto-argilosa existente nas amostras, foi separada nos seguintes intervalos granulométricos:

- 0,062 a 0,031mm - silte grosso.
- 0,031 a 0,016mm - silte médio.
- 0,016 a 0,008mm - silte fino.
- 0,008 a 0,004mm - silte muito fino.
- menor que 0,004mm - argila.

4.3.1.1 Tratamento Estatístico dos Dados de Granulometria

Os pesos de cada classe granulométrica e os pesos inicial e final de cada amostra, foram submetidos ao programa de computação denominado LABSE, em linguagem FORTRAN IV, desenvolvido pelo Dr. Jorge Kazuo Yamamoto, no Instituto de Geociências da USP, fornecendo as porcentagens de cada fração granulométrica, as porcentagens acumuladas e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) para a distribuição total e distribuição de areia .

4.3.1.2 Análise de frequência dos parâmetros estatísticos de distribuição total

Utilizando as frequências acumuladas das classes granulométricas e seus respectivos diâmetros na escala $\phi(f)$, constroem-se as curvas acumulativas, das quais são extraídos os valores de diâmetro na mesma escala, correspondentes a 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% e 95% da distribuição, que são os percentis $\phi 5$, $\phi 16$, $\phi 25$, $\phi 50$, $\phi 75$, $\phi 84$ e $\phi 95$. Com estes dados são calculados os quatro parâmetros granulométricos propostos por Folk e Ward (1957), os quais definem as características das amostras de sedimentos, analisadas do ponto de vista de distribuição granulométrica.

Foram considerados para os cálculos dos parâmetros estatísticos da distribuição total, os intervalos areia, silte e argila (Anexo3 - pg.117).

Coimbra (1976), aponta alguns “problemas” para análises de distribuição total:

- a) muitas partículas de diâmetro entre silte e argila podem provir de alterações de feldspatos (intemperismo), não diretamente ligadas à sedimentação da rocha,
- b) o método da pipetagem implica problemas de análise indireta. E o intervalo argila é de discriminação quase impossível, tendo sido apenas calculados os teores de partículas menores que 0,004mm,
- c) problemas na pipetagem, uma vez que a Lei de Stokes, é válida apenas para partículas teoricamente esféricas e de mesma densidade, num meio de viscosidade homogêneo (no caso o meio considerado foi a água).

Na realidade as partículas sedimentares não são esféricas; apresentam densidades diferentes e a viscosidade do meio varia de acordo com a concentração de partículas em suspensão e em solução. Embora estes “problemas” possam ocorrer na análise dos parâmetros estatísticos da distribuição total, foi possível definir as características das amostras de sedimentos, analisadas do ponto de vista granulométrico, onde foram calculados os quatro parâmetros granulométricos propostos por Folk e Ward (*op. cit.*), uma vez que este método ainda é aceito para estes estudos.

4.3.1.3 Análise de frequência dos parâmetros estatísticos de distribuição da fração arenosa

Foram calculados os parâmetros estatísticos considerando apenas a distribuição no intervalo areia (areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina), eliminando os intervalos seixos, grânulos, silte e argila, visando a caracterização e utilização da fração areia nos sedimentos (Anexo 4 - pg.142).

As frações arenosas foram separadas em intervalos de 0,5 em 0,5 ϕ . O tratamento estatístico destes dados (porcentagem simples de cada fração granulométrica, porcentagens acumuladas e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), foram os mesmos utilizados para a distribuição total.

4.3.2 Análises Mineralógicas da Fração Argila

As análises mineralógicas da fração argila, foram processadas obedecendo os métodos utilizados pelo Laboratório de Mineralogia e Sedimentologia, da Divisão de Geologia do IPT e pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica (USP).

4.3.2.1 Difratomia de Raios X

As amostras foram secas ao ar, destorradas com rolo de madeira, e quarteadas até obtenção de porção representativa.

Essa porção foi dispersada em água deionizada, com adição de 1 g de pirofosfato de sódio; a argila em suspensão foi pipetada e centrifugada. O material obtido, disposto de maneira orientada sobre lâmina de vidro, foi submetido à análise, por difratometria de raios X, nos estados natural, glicolado e aquecido a 495°C/2 h, respectivamente.

O equipamento utilizado foi Rigaku Denki, modelo Geigerflex, operado com radiação K $_{\alpha}$ do cobre.

Os espectros de difração de raios X obtidos para a fração argila foram interpretados segundo Largue & Weber 1978 após leitura do ângulo 2 θ segundo National Bureau of Standards 1950, revelando a composição mineralógica das amostras analisadas (Anexo 5 - pg.162).

4.3.3 Análise Mineralógica da Fração Pesados

As análises mineralógicas dos minerais pesados foram realizadas no Laboratório de Mineralogia e Sedimentologia da Divisão de Geologia do IPT, utilizando microscópio petrográfico de luz transmitida, marca ZEISS. Para a identificação dos minerais consultou-se Parfenoff *et al* (1970).

Para a realização deste estudo foi adotado o seguinte método de trabalho:

1ª Etapa: Separação da fração pesada por bromofórmio

Após análise granulométrica das amostras, separou-se as frações -0,250 e +0,125mm (areia fina) e -0,125 e +0,062mm (areia muito fina), para análise dos minerais pesados. Nestas frações, o quartzo é o mineral leve mais abundante.

Feito isto, utilizou-se bromofórmio, cuja densidade é de $2,89 \text{ g/cm}^3$ a 20°C para separação dos minerais leves ($d < 2,89 \text{ g/cm}^3$) dos minerais pesados ($d > 2,89 \text{ g/cm}^3$).

2ª Etapa: Separação dos opacos magnéticos da fração pesada.

Os opacos magnéticos (magnetita e ilmenita) foram principalmente eliminados com ímã de mão e eletro-ímã a 0,4A. O equipamento utilizado foi Separador Isodinâmico Frantz. A magnetita é o “pesado” mais abundante presente nas amostras analisadas.

3ª Etapa: Reconhecimento e contagem dos grãos

Nesta etapa, utilizou-se um microscópio petrográfico, onde foi possível identificar várias espécies de minerais pesados transparentes e não micáceos. Os minerais opacos, agregados argilosos, micáceos e translúcidos, não foram identificados.

No reconhecimento, foram observadas as principais características dos minerais pesados transparentes e não micáceos, priorizando principalmente a cor, forma e arredondamento desses minerais, uma vez que estas variáveis são atributos importantes para o reconhecimento e significado geológico (áreas-fontes) das espécies mineralógicas.

No início dos trabalhos foram montadas e analisadas lâminas com as frações pesadas das granulções -0,250 e +0,125mm (areia fina) e -0,125 e +0,062mm (areia muito fina), e observou-se que a maioria dos minerais pesados encontrados ocorrem com maior frequência na fração -0,125 e +0,062 (areia muito fina), optando assim a análise apenas para a fração -0,125 e +0,062mm (areia muito fina). A Figura 2-pg.17, ilustra a maior frequência desses minerais na fração areia muito fina. O meio de montagem foi feito com líquidos de índices de refração conhecidos.

A frequência relativa de cada mineral foi obtida após contagem de cerca de 300 grãos de minerais pesados transparentes e não micáceos, por fração granulométrica analisada. Os minerais com frequência menor que 1% foram considerados como traços.

FIGURA 2- Frequência dos minerais pesados nas frações analisadas.

4.3.4 Microscopia Óptica

O estudo petrográfico sobre lâminas delgadas foi efetuado a partir de amostras de basalto, diabásio, arenito silicificado e arenitos. Para a preparação das lâminas foi utilizada técnica desenvolvida no Laboratório de Petrologia da Divisão de Geologia do IPT e visualizadas em microscópio petrográfico de luz transmitida, marca Zeiss, possibilitando a caracterização da composição mineralógica do arcabouço, da matriz e do cimento, bem como suas estruturas e texturas.

4.3.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As análises por Microscopia Eletrônica de Varredura foram efetuadas no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica (USP).

Para a identificação dos argilominerais (caulinita, esmectita, illita, etc.), através de formas características (vermiformes, favos de mel, etc), bem como de sua origem (detritica ou autigênica), utilizou-se de microscopia eletrônica com aumento em média de 30.000 vezes. O equipamento utilizado é

da marca Camridge, modelo Stereoscan 440, com detector de Germânio e com microanálise química (EXL II) e análise de imagens (Q600) acoplados.

Para esta análise preparou-se uma amostra de aproximadamente 1 cm^3 , colocado em suporte apropriado e recoberto com película de carbono por vaporização em alto vácuo. Levada ao microscópio, foram geradas imagens por detectores de eletrons secundários (SE) que ressaltam as feições morfológicas/topográficas da amostra e de eletrons retroespalhados (QBSD) que esclarecem as diferenças composicionais dos materiais através dos diferentes elementos, com base nos seus números atômicos.

Este método de análise possibilita obter informações de caráter morfológico e composicional dos argilominerais presentes nas amostras.

4.3.6 Análises Químicas

Para a realização das análises químicas, foram utilizados métodos gravimétricos e instrumental do Laboratório de Geoquímica da Divisão de Geologia do IPT. Foram determinados por gravimetria a partir da fusão com Na_2CO_3 e por calcinação em mufla a 1000°C os óxidos SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO e P.F. e, por análise instrumental (absorção atômica), no mesmo ataque para gravimetria os óxidos Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O e K_2O .

5 ASPECTOS FISIOGRAFICOS

A área de estudo esta posicionada dentro da província geomorfológica das “*Cuestas Basálticas*” (Almeida 1964; IPT1981b), abrangendo um conjunto de setores planálticos, em sua maioria acima de 800 metros de altitude, ultrapassando às vezes 1000 metros.

Nos termos de IPT (1981b), o relevo da região francana é caracterizado por sucessivas plataformas estruturais sustentadas por rochas basálticas inclinadas em direção à calha do rio Paraná. Destaca-se também, na região, áreas de coberturas detriticas (frequentemente lateríticas), recobrindo as rochas basálticas, ambas submetidas a intenso entalhamento, que expos os basaltos e permitiu o aparecimento, na porção frontal das *cuestas*, de relevos testemunhos isolados, na forma de baús, peões e pequenas chapadas. Na porção de reverso, a atuação da drenagem conseqüente, possibilitou a formação de *Canyons* e relevos residuais com amplitudes quase sempre superiores a 100 metros.

As principais formas de relevo da área, abrangem colinas amplas e médias, morros amplos e arredondados e escarpas, e estão representadas na Foto 5-pg.20, as quais serão descritas a seguir.

Na região da Serra de Franca, as *cuestas* são delimitadas por Escarpas Festonadas (521), Foto 5-pg.20. Estas feições sinuosas acompanham aproximadamente o traçado do Rio Grande (Fotos 6 e 7-pg.21).

Defronte às *cuestas*, ocorrem alguns morros testemunhos, na forma de Mesas Basálticas (311), (como por exemplo o Morro de Sapecado, situado a leste da cidade de Pedregulho.), isolados em meio a Colinas Amplas (212) e Colinas Médias (213), que margeiam os rios Grande e Canoas (Fotos 8 e 9-pg-25).

O Planalto de Franca está situado a uma altitude média de 1000 metros próximo à crista da *cuesta*, perdendo altura rumo a oeste, por influência do caimento das camadas, embora as colinas em que essa transição ocorre estejam entalhadas por *Canyons* Locais (512). Parte desse planalto apresenta relevo de Colinas Médias (213), sendo que nestas regiões, o reverso das *cuestas*, a partir do seu rebordo para o interior, é caracterizado por relevos de Morros Arredondados (241), resultantes do forte entalhamento da drenagem. Seguem-se regiões onduladas, embora menos entalhadas de Colinas Amplas (212) e Morros Amplos (221), estes últimos comuns nos baixos cursos dos rios Sapucaí-Mirim e Pardo (Foto 10-pg.23).

Alguns autores (Martonne 1940; King 1956; Almeida 1964; Bigarella & Andrade 1965), consideraram que os relevos planálticos podem ser organizados em duas ou três fases erosivas principais, podendo gerar extensas superfícies de aplainamento desenvolvidas entre o final do Cretáceo e o Terciário Superior/início do Quaternário, seguidas de fases erosivas mais curtas e frequentes durante o Quaternário (Bigarella & Andrade 1965). Estas superfícies têm origens diversas, podendo estar associadas a processos poligênicos envolvendo flutuações climáticas e deformações tectônicas cenozóicas (IPT 1981b). As oscilações climáticas cenozóicas influenciaram desde a definição de processos morfogenéticos diversos dos atuais até a variação de níveis de bases regionais.

FOTO 5 - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - 1:500.000 (IPT, 1981b), abrangendo a região estudada, onde são discriminados os seguintes sistemas de relevo: (212) Colinas Amplas, (213) Colinas Médias, (221) Morros Amplos, (241) Morros Arredondados, (311) Mesas Basálticas, (512) Encostas com *Canions* Locais, (521) Escarpas Festonadas.

FOTO 6 - Vista Panorâmica do *Canyon* do Rio Grande, mostrando as escarpas do Planalto de Franca (ao fundo, um morro testemunho-*Inselberg*).

FOTO 7 - Morro da Bocaina, típico *Inselberg*, localizado aproximadamente a 4 km, no rumo nordeste da cidade de Claraval-MG. (Folha Pedregulho, IPT 1990b).

FOTO 8 - Morro testemunho na forma de mesas basálticas (Morro do Sapecado-Folha Pedregulho - Z-48).

FOTO 9 - Vista do vale do rio das Canoas. Em primeiro plano a borda do Planalto de Franca e ao fundo morros testemunhos das formações Serra Geral e Botucatu.

FOTO 10 - Vista do vale Sapucaizinho no rumo nordeste. Em primeiro plano, a superfície de pedimentação dissecada suavemente e ao fundo a escarpa do Planalto de Franca (ao centro da foto vê-se a cidade de Patrocínio Paulista, IPT 1990b).

FOTO 11 - Vista panorâmica da Serra da Faquinha, recoberta pelos sedimentos da Formação Franca. Observa-se também suave caimento dos estratos para SW. (Foto tomada no rumo SSE)

Os setores mais elevados desses planaltos onde foram preservados restos da Formação Franca (Foto 11-pg.23), ou então onde se encontram elúvios com concreções ferruginosas (limoníticas), seriam porções conservadas da fase erosiva que culminou com a formação da Superfície Sul Americana (King 1956) ou Japi (Almeida 1964) ou Pd3 (Bigarella & Andrade 1965) - Foto 12, pg.25.

Ocorrem também, com frequência, nesses topos planálticos, muitas vezes recobrimo sedimentos da Formação Franca, níveis tabulares de couraças ferruginosas, em que principalmente óxidos de ferro aparecem cimentando material clástico (areias, grânulos, seixos e até calhaus, principalmente de quartzitos e quartzito). Estes níveis ocorrem geralmente no topo dos morrotes residuais, representando possivelmente testemunhos da Superfície Sul-Americana de King (*op. cit.*) - Fotos 14 e 15, pg.26.

Os setores de planaltos rebaixados, separados dos anteriores por escarpas, *canyons* e rupturas de encostas acentuadas, são atribuídos a uma fase de pedimentação desenvolvida entre o final do Terciário e o início do Quaternário (Bigarella & Andrade 1965), constituindo a Superfície Neogênica (Martonne 1940) ou Pd1 (Bigarella & Andrade 1965) - Foto 13, pg.25

Ranzani *et al.* (1972), consideraram os níveis de encouraçamento que ocorrem no reverso das *cuestas*, como correlativos da mais antiga superfície de pediplanação pós-Bauru. Às suas características físico-químicas mostram que teve origem em ambiente de savanas, com duas estações climáticas alternadas, seca e úmida. As longas estações secas de déficit de água no solo controlam a deposição irreversível dos óxidos de ferro.

6 GEOLOGIA REGIONAL

O arcabouço geológico regional da área abrange as bacias sedimentares do Paraná e São Francisco, as quais encontram-se separadas pelo chamado soerguimento do Alto Paranaíba (Hasui *et al.* 1975), cujo eixo maior é balizado pelas intrusões alcalinas cretácicas (Haralyi 1980). Um quadro geológico mais amplo da área pode ser visto na Figura 3-pg.27.

Unidades da Bacia do Paraná ocupam a maior parte da área de estudo, incluindo as formações Aquidauana (permo-carbonífera), Pirambóia (triássica), Botucatu (jurássica), Serra Geral (juro-cretácea) e o Grupo Bauru (Cretáceo), segundo as classificações de Soares *et al.* (1973), Soares & Landim (1973), Yamamoto *et al.* (1977), IPT (1981a), Melo & Ponçano (1983), Barcelos (1984). Esta última unidade equivale a Formação Itaqueri de Ponçano *et al.* (1982), ou ainda "Unidade Franca" nos trabalhos de IPT(1990a), Cabral Jr *et al.* 1992 e Tanno 1995.

FOTO 12 - Feição geomorfológica da *cuesta* basáltica na borda do Planalto de Franca, destacando-se a Superfície Sul-Americana.

FOTO 13 - Vista da borda do Planalto de Franca, destacando-se a superfície pedimentar (P). Foto tomada no rumo NNW, próximo a Patrocínio Paulista .

FOTO 14 - Níveis encouraçados característicos das porções mais elevadas do Planalto de Franca, produtos do desmantelamento parcial da Superfície Sul-Americana. (Z-50)

FOTO 15 - Detalhe da foto anterior, mostrando os clastos, principalmente de quartzitos e quartzo.

Arco do Alto Paranaíba (modificado de Almeida *et al.* 1980). 1. Coberturas fanerozóicas das bacias do Paraná e Alto-Sanfranciscana; 2. Faixa Brasília; 3. Faixa Uruaçu; 4. Complexos pré-uruauanos; 5. Rochas alcalinas senonianas; 6. Kimberlitos neocretáceos; 7. Alinhamentos estruturais; 8. Limite do craton do São Francisco; 9. Alinhamentos magnéticos; 10. Limite do Craton do Paramirim; 11. Falhas maiores; 12. Falha de empurrão.

FIGURA 3 -Esboço geológico-tectônico regional

Ainda no domínio pré-cambriano estão inclusos, mais ao norte, ardósias, calcários, metassiltitos e metaconglomerados do Grupo Bambuí, que serve de embasamento para os sedimentos da Bacia Sanfranciscana grupo este considerado de idade mais jovem que as unidades descritas anteriormente (Marini *et al.* 1984).

Cortando estas unidades metamórficas, existem diversas chaminés alcalinas (Figura 3-pg.27), as quais foram datadas, através do método K-Ar, entre 100 e 80 Ma. (Hasui & Cordani 1968). Manifestações ígneas básico-ultrabásicas também ocorrem na forma de diatremas kimberlíticos (e.g. Patrocínio Paulista, SP.), além de derrames e tufos da Formação Patos (Hasui 1967), com idades mínimas de 70 Ma. (Hasui & Cordani, op. cit.). Estudos em rochas basálticas da região, revelaram, pelo método Ar/Ar, idades de 132 m.a (Raposo, M.I.B. 1997, inf. oral).

Ainda ocorrem, na região, coberturas sedimentares cenozóicas, abrangendo os depósitos aluviais, restritos às calhas dos principais rios, os depósitos coluviais de espigão, depósitos eluviais e de tálus.

6 GEOLOGIA DA ÁREA

A área em estudo situa-se na borda nordeste da Bacia do Paraná, situação esta, que confere à sua estratigrafia certas peculiaridades, observadas através do seu registro litológico. Trata-se de uma área marginal da bacia, em que a subsidência foi pequena em relação às regiões mais a sul e os processos erosivos, nos episódios de soerguimento, foram mais intensos, resultando em registro sedimentar do tempo geológico mais incompleto. Soares *et al.* (1973), sugeriram que em algumas fases o avanço da sedimentação, que progrediu do centro da bacia para as bordas, não tenha atingido a região; ou a sedimentação tenha se processado aí, porém a erosão tenha removido parte de seus depósitos. Por outro lado, os ciclos seguramente continentais estão representados por clásticos arenosos, presentes na Formação Franca.

A divisão do Grupo Bauru neste trabalho baseou-se nas proposições de Soares *et al.* (1980) e Suguio (1980), mas com considerações no sentido de uma redefinição de suas unidades estratigráficas, de acordo com IPT (1990a) e Cabral *et al.* (1992). Para isto contribuíram também obserbações feitas em campo, quando foram levantadas informações (relação de contato e características faciológicas) que permitiram considerar todo o conjunto de rochas mesozóicas como uma seqüência única, aos moldes da concepção de Yamamoto *et al.* (1977) e Barcelos (1984), e inseri-la, ao contrário da maioria dos autores, dentro do Grupo São Bento (Cretáceo inferior), bem como conferir-lhe o *status* de Formação Franca.

6.1 Unidades Pré-Cambrianas

Os termos pré-cambrianos mais antigos afloram no extremo nordeste da área. Regionalmente, incluem gnaisses, anfibolitos, quartzitos e pegmatitos, os quais Barbosa *et al.* (1970) denominaram de Complexo granito-gnáissico, constituindo o embasamento das coberturas metavulcano-sedimentares que se seguem. Estas coberturas são representadas pelo Grupo Araxá (micaxistos, quartzitos, anfibolitos e corpos metamáficos-ultramáficos), por xistos magnesianos da Formação Ibiá, e por filitos e quartzitos do Grupo Canastra (Almeida *et al.* 1980) - Foto 16, pg.30.

6.2 Unidades Fanerozóicas

6.2.1 Unidade Paleozóica

A única unidade paleozóica (seqüência permocarbonífera) aflorante está localizada na porção NE da área investigada, abrangendo uma pequena faixa de exposição nas imediações do baixo curso do Rio das Canoas, representada pela Formação Aquidauana. (Anexo 2 - pg.115). Esta unidade abrange sedimentos essencialmente arenosos, com diamictitos, caracterizados por cor vermelho-tijolo, similares aos descritos por Almeida (1954) e Beurlen (1956), como "Série Aquidauana" na borda oeste da Bacia do Paraná. A Formação ocorre na área com espessura inferior a 50 m (Soares *et al.* 1973), constituindo-se por arenitos de granulometria variada, diamictitos e lamitos de cores caracteristicamente avermelhadas.

Farjalatt (1970), ao estudar a região de Aquidauana, considerou os diamictitos da região, ao invés de verdadeiros tilitos, como depósitos subaquosos relacionados à glaciação, sugerindo que os principais processos para a formação desses diamictitos seriam os gelos flutuantes, correntes de turbidez e torrentes de lama. (Foto 17-pg.30).

A idade da Formação Aquidauana foi estabelecida por Daemon & Quadros (1970) como sendo Carbonífero Superior (Stephaniano), no flanco oeste da Bacia do Paraná. Almeida (1956) supôs ser esta unidade contemporânea da Formação Tatuí do flanco leste da bacia. Andrade & Soares (1971) e Soares (1972), consideraram a Formação Tatuí discordante sobre a Formação Aquidauana no centro-leste do Estado de São Paulo e esta seria contemporânea às fácies mais novas do Itararé, do Permiano Inferior.

FOTO 16 - Quartzitos do Grupo Canastra, ao norte de Pedregulho. (Folha Rifaina)

FOTO 17 - Diamictitos amarelados/amarronzados, com clastos de gnaiss e granito. Formação Aquidauana, a oeste de Franca. (Folha Capetinga).

6.2.2 Unidades Mesozóicas

Para o conjunto mesozóico enfatizado nesta pesquisa, a análise do acervo bibliográfico referente à geologia da área revela grandes divergências no estabelecimento do quadro estratigráfico. A literatura tende a reconhecer duas seqüências estratigráficas mesozóicas traduzidas pelos grupos São Bento e Bauru.

De acordo com autores prévios, estas seqüências estariam bem representadas na área pelos grupos São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Bauru. Esta situação pode ser interpretada também no trabalho de Landin *et al.* (1980), que dividiu a coluna mesozóica paulista em três partes: um pacote inferior, de arenitos fluviais e eólicos (até 400m de espessura), basaltos (espessura máxima em torno de 1.500 m) e um pacote superior de arenitos eólicos e fluviais.

A seguir, uma descrição generalizada dos principais conjuntos litoestratigráficos mesozóicos da área.

6.2.2.1 Grupo São Bento

6.2.2.1.1 Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia ocorre na porção sul da área, sendo composta predominantemente, por arenitos quartzosos, de cores variando de esbranquiçadas a avermelhadas (Foto 18-pg.33). A granulometria varia de média a muito fina, localmente grossa, com até 20% de matriz argilosa, podendo conter finas camadas de lamitos intercalados (Soares *et al.* 1973). O argilomineral dominante nas rochas frescas é a esmectita, a qual se encontra comumente alterada para caulinita nas porções mais expostas.

Os pacotes arenosos são caracterizados por estratificação plano-paralela, cruzada planar, tangencial na base e, mais raramente, acanalada.

A idade da Formação Pirambóia ainda não está bem definida. Seus fósseis tem distribuição ampla no tempo geológico, com pouco valor cronoestratigráfico. Soares (1973), baseando-se em correlação com outras unidades, posiciona-a entre o Triássico inferior e o Jurássico superior.

Esta unidade atinge cerca de 60 m de espessura na região de Franca, conforme Soares *et al.* (1973), que lhe conferiram origem fluvial. Entretanto na região de Rio Claro - (SP), Caetano-Chang *et al.* (1993), conferem a Formação Pirambóia uma sedimentação predominantemente eólica, em que os depósitos de dunas, interdunas e lençóis de areia (*sandsheets*) se intercalam com depósitos fluviais subordinados de rios efêmeros. Brighetti (1994), também descreve feições catacterísticas de depósitos de interdunas eólicas em sedimentos da Formação Pirambóia, na região de Rio Claro-SP, indicando a instalação crescente de

condições desérticas na área. Lavina *et al.* (1993), analisando seções de poços e afloramentos sugerem que as formações Sanga do Cabral (parte inferior) e Pirambóia constituem-se no mesmo episódio deposicional, como tendo sido gerados pela migração de campos de dunas eólicas. As litologias pelíticas associadas representariam acumulações de lamas por suspensão em lagoas temporárias, nas regiões baixas, entre as dunas.

A Formação Pirambóia recobre indistintamente a Formação Aquidauana e o embasamento cristalino, em contato erosivo-angular. Com a Formação Botucatu (sobreposta), esta unidade pode manter relações de contato abruptas ou transicionais, para alguns locais, conforme sugerido por Soares (1973), sugerindo penecontemporaneidade. A base desta unidade é marcada na região de Franca, por um *sill* de diabásio interposto entre ela e a Formação Aquidauana, situação bem demonstrada no vale do rio Canoas.

6.2.2.1.2 Formação Botucatu

Constitui-se por arenitos quartzosos amarelados e avermelhados, homogêneos, de granulometria fina a média, com grãos foscas e esféricos, bem arredondados, com estratificações cruzadas de grande porte. São, em parte, silicificados (Serra da Faquinha, Serra dos Figueiredos, etc.), com baixo conteúdo de matriz argilosa (menor que 3%), do tipo esmectita na rocha fresca e caulinita quando alterada. Yamamoto *et al.* (1977), estudando os minerais pesados dessa unidade, revelaram a presença, basicamente, de turmalina e zircão, e secundariamente estauroлита, granada, rutilo e cianita.

Na região estudada localmente ocorrem espessos pacotes (~10 m) de arenitos conglomeráticos e conglomerados associados, via de regra, à base da formação, onde atinge espessura máxima de 60 m (Soares *et al.* 1973) - Foto 19, pg.33. Landim & Ribeiro (1970), compararam sedimentologicamente, megaclastos quartzosos encontrados na Formação Botucatu e na Formação Bauru, concluindo que há concordância tanto em tamanho como na forma e índices de arredondamento e esfericidade entre os seixos quartzosos dessas duas formações, podendo existir ligação genética entre ambas.

O ambiente de deposição da unidade é caracteristicamente de deserto, sendo que os arenitos homogêneos com estratificação de grande porte representam fácies eólicas (*erg*) e os ciclos grossos inferiores, fácies torrenciais de *reg* (Soares 1973).

FOTO 18 - Formação Pirambóia - arenito fino a médio quartzoso, esbranquiçado, friável. Notar ladoesquerdo inferior da foto, material estocado para uso na construção civil (a oeste de Franca - Folha Capetinga)

FOTO 19 - Arenitos conglomeráticos e conglomerados - fácies torrenciais da Formação Botucatu, potenciais a ocorrência de diamantes (a oeste de Franca - Folha Capetinga)

6.2.2.1.3 Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas

A Formação Serra Geral é constituída, na área, por seqüência de derrames basálticos, com intercalações de arenitos eólicos e mais localmente lamitos lacustres (Foto 20-pg.35), atingindo na área, espessura da ordem de centenas de metros. Geralmente destacam-se na paisagem formando morros testemunhos isolados e superfícies aplainadas elevadas, com bordas escarpadas (p. ex. Morro do Sapecado-Pedregulho - Foto 8, pg.22).

Gonçalves (1987), estudando os derrames na região do Ribeirão Preto, observou que estes são representados por rochas vulcânicas muito ricas em titânio, e classificou-as como andisi-basaltos ricos em titânio. Os basaltos dessa região possuem grande quantidade de material vítreo (10-60%), principalmente nas bordas dos derrames, sendo constituídos, predominantemente, por plagioclásios cálcicos (andesina e labradorita) e clinopiroxênios (augita e pigeonita). Ocorrem também magnetita, ilmenita e titanomagnetita, além de olivina, hornblenda, apatita e quartzo. Preenchendo amígdalas são encontrados minerais secundários, principalmente do grupo das zeólitas, quartzo, calcedônia, celadonita, calcita e argilas. Na região estudada a caulinita é o argilomineral que predomina preenchendo esses vazios.

Diques e sills de diabásio, associados ao magmatismo mesozóico, se alojam em diferentes horizontes estratigráficos da bacia. Especificamente na região, Soares *et al.* (1973) indicam a ocorrência do extenso sill denominado “Sill da Borda da Mata” (nome tirado da Serra da Borda da Mata, entre Cajuru e São Sebastião do Paraíso, onde a espessura do corpo de diabásio é em torno de 100 m.), no contato entre as unidades Botucatu e Pirambóia. Entretanto, a dificuldade na diferenciação dos corpos intrusivos e extrusivos levou Almeida (1964) a considerá-lo como derrame. A rocha apresenta texturas quase equigranulares, localmente com cristais de plagioclásio de até mais de 1 cm, dando à rocha o aspecto de gabro.

Datações efetuadas nesses magmatitos (K/Ar) apontam idade entre 119 Ma e 147 Ma (Cordani & Vandomos 1967), o que também serve de balizamento geocronológico para o topo da Formação Botucatu. Estudos em rochas basálticas da região (Ribeirão Preto e Franca), revelaram pelo método Ar/Ar idades de 132 m.a (Raposo, M.I.B. 1997, inf. oral).

FOTO 20 - Intercalações de arenitos eólicos e lamitos lacustres nos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Serra de Rifaina, ao norte da cidade de Pedregulho).

FOTO 21 - Sequência basal areno-lamfílica da Formação Franca situada próxima a Pedregulho. Observa-se o contato concordante com arenitos eólicos sotopostos (Formação Serra Geral). Z-55

Com relação ao contato superior da Formação Serra Geral com os sedimentos da Formação Franca, observou-se na área, contatos concordantes, transicionais e discordantes. (Foto 21 pg.35, Foto 30 pg.56 e Foto 28 pg.55).

6.2.2.1.4 Formação Franca

6.2.2.1.4.1 Estratigrafia e Fácies

Recentes trabalhos desenvolvidos nesta região, (IPT 1990a, Cabral Jr. *et al.* 1992, Tanno 1995) possibilitaram uma reavaliação preliminar da concepção da evolução geológica mesozóica da seqüência suprabasáltica, até então considerada, ora Bauru, ora Itaqueri. Esta reavaliação foi embasada em algumas observações de campo, principalmente na relação de contato com a Formação Serra Geral e nas características faciológicas da unidade sedimentar. Estas observações de campo permitiram reconhecer neste conjunto litológico quatro litofácies: rudáceas, psamíticas, lamíticas e pelíticas. Estas litofácies estariam inseridas no Grupo São Bento, muito embora tais litotipos não tenham sido atribuídos ao Grupo em outros locais da Bacia do Paraná. Nos trabalhos citados, as referidas litofácies foram informalmente designadas como “Unidade Franca”. Neste trabalho pretende-se atribuir-lhe o *status* de Formação (Formação Franca), com base nos seguintes critérios:

- a) a unidade apresenta relativa uniformidade litológica com corpos relativamente contínuos;
- b) apresenta posicionamento estratigráfico definido;
- c) extensão geográfica que permite o seu mapeamento na escala 1:25.000.

Neste sentido, selecionou-se, como seção-tipo da unidade, o afloramento próximo a entrada da cidade de Pedregulho, SP, altura do Km 440 da rodovia Cândido Portinari (SP-334). Outros bons afloramentos podem ser observados nos afluentes do Córrego da Cascata (Pedregulho), nas cabeceiras das drenagens da Serra de Franca e na Serra da Faquinha (Morro do Sapecado - Pedregulho). A Figura 4 (pg.38), ilustra a seção tipo desta formação.

Quanto a isso, predominam rochas arenosas de granulometria e selecionamento variado, (Anexos 3 e 4, pgs 117 e 142), maciças, raramente estruturadas, imaturas texturalmente e mineralogicamente. São freqüentes a presença de conglomerados (clasto suportado) polimíticos (clastos de até 20 cm de diâmetro) e arenitos conglomeráticos. Intercalam-se, comumente bancos de lamitos arenosos e mais raramente argilitos. Os Quadros 2 e 3 (pg.39 e 40), apresentam respectivamente os resultados de análises mineralógica, granulométrica, e química realizados em representantes típicos da Formação Franca.

A partir daí, poderá ser visto que se trata-se de uma seqüência eminentemente detrítica, imatura, incluindo desde termos conglomeráticos até fácies essencialmente argilosas (*i.e.* depósito de argila esmectítica de Restinga).

A associação faciológica exibida por esta unidade é condicionada, preferencialmente, por ambiente de deposição de alta energia, típico de sistemas de leques aluviais, envolvendo principalmente depósitos de fluxos de massas (*debris flows e mud flows.*), secundariamente depósitos de canais (*braided stream*), lençóis de escoamento (*sheet flood*) e lacustres. As Figuras 5 e 6 (pg.41 e 42), apresentam, respectivamente, um bloco diagrama esquemático com a distribuição dos sistemas deposicionais citados e os modelos de mineralizações para a Formação Franca.

Foram individualizadas em campo quatro fácies principais, designadas da forma que se segue:

Fácies A - é caracterizada por conglomerados (clasto suportado) polimíticos com clastos de até 20cm de diâmetro (quartzitos, quartzo, rochas graníticas, gnaissicas, básicas, arenito silicificado, xistos, filitos, etc.), e freqüentes camadas de arenitos conglomeráticos e arenitos grossos. Esta fácies corresponderia as porções apicais dos leques, onde predominam os fluxos de massas (*debris flows e mud flows*). Topograficamente situam-se nas cotas mais elevadas (acima de 980m), recoberta por cascalheiras cenozóica (Fotos 22 e 23-pg.43).

Fácies B - predominam arenitos médios a finos, argilosos, caulínicos, maciços, avermelhados, com manchas esbranquiçadas (feldspatos alterados), imaturos mineralogica e texturalmente (Fotomicrografia 1 - pg.48). Interpõem-se, raramente, níveis conglomeráticos relativamente mais maduros (seixos e calhaus de quartzitos e quartzo) com seixos facetados (ventifactos) Esta fácies representaria ambientes afeitos a processos hidrodinamicos, referindo-se a depósitos de canais e lençóis de ambiente desértico (*sheet flood*) - Fotos 24 e 25, pg.44; e foto 25a, pg.45.

Fácies C. Caracteriza-se por bancos de lamitos arenosos e arenitos lamíticos, maciços, as vezes mostram incipiente acamamento planoparalelo, representando fluxos de lama, situados nas porções intermediárias dos leques. Por vezes incluem concreções silicosas decimétricas, dispostas em determinados níveis. Essas concreções apresentam-se sob a forma de calcedônia fibrosa e fibro-radiada, incluindo elementos com alongação positiva (*length-slow*), sugerindo a presença de evaporitos pretéritos. Tratam-se de rochas imaturas tanto texturalmente como mineralogicamente (Fotomicrografia 2-pg.48), são comuns nos níveis mais arenosos óxidos de ferro e manganês (Foto 26-pg.49).

Figura 4 – Seção-tipo da Formação Franca próximo a cidade de Pedregulho, SP (Z55)

Amostra	Análises									
	Mineralógica					Granulométrica				
	Fração Argila (%)					Argila	Silte	Areia	Grânulo	Seixos
	ESM	CAU	ILL	CM	Outros					
Z-48	80	15	5			30,40	52,07	17,53		
Z-49	61	34	5	tr	Cl-tr	46,53	51,68	1,79		
Z-50	73	22	5	tr	Go-tr	45,07	54,24	0,70		
Z-51	100					36,10	63,90			
Z-52	100					54,90	45,10			
Z-53	95		5			55,00	45,00			
Z-46	20	50	30			54,10	40,20	5,70		
Z-47		60			40	17,90	10,40	71,10		
Z-44	45	5	5							
Z-45	85	15								
Z-42	50		40	10		54,21	37,52	8,28		
Z-43	55		45			46,53	44,45	9,03		
Am-1	30-35	5-10	55-60			55,38	36,97	7,65		
Am-2	85-90	10	<5		Gib-pr	18,55	32,87	46,76	1,10	0,72
Am-3	80	15-20	<5			27,87	32,67	39,46		
Am-4	45-50	10	40-45	tr		45,42	43,51	11,07		
Am-5	55		40-45	<5		45,70	45,90	8,40		
Zw - 11						12,51	31,29	55,19	1,01	
Zw - 26						23,81	38,62	37,57		
Zw - 31						16,29	27,66	56,05		
Zw - 32						25,21	42,72	32,08		
Zw - 36						21,67	41,06	37,26		
Z - 2A						9,61	11,29	35,85	6,31	36,95
Z - 16						25,88	15,01	29,03	0,02	30,06
Z - 17		95-100		<5	Gb-pr	22,36	8,72	66,70	0,79	1,42
Z - 18						21,24	15,97	51,31	2,61	8,87
Z - 20						19,62	13,08	53,49	6,44	7,37
Z - 23B	50-55	25-30	20		Go e Gb	16,30	9,58	39,51	2,02	32,59
Z - 36C						11,75	11,64	40,02	6,40	30,19
Z - 23A	15	65	20		Go e Gb	32,50	19,58	47,74	0,18	
Z - 23F	70-75	25	<5			12,94	35,72	51,34		
Zw - 24						23,61	37,20	39,20		
Z - 24A		95-100	<5		Go e Gb	32,73	29,04	38,23		
Z - 36A		100				52,14	14,87	32,99		
Z - 36B	15-20	35	45-50			28,02	46,13	25,85		
Z - 3B		95-100	<5		Go-pr					
Zw - 6		95-100	<5							
Z - 19		95-100	<5							
Z - 24B		95-100	<5		Go e Gb					
Z - 24C		95-100	<5		Gb-pr					
Zw - 39	15-20	10	70-75							
Z-38C						21,65	13,00	62,48	0,53	2,35

Nota: Significado das abreviações do QUADRO 2.

ESM= Esmeclita; **CAU**= Caulinita; **ILL**= Illita; **CM**= Camada Mista; **Cl**= Clorita; **Go**= Goetita;

Gb= Gibsita; **tr**= Traços; **pr**= provável

QUADRO 2 - Resultados das análises mineralógicas e granulométricas de amostras da Formação Franca

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	TiO ₂	P.F	Local
Z - 51	56,40	22,30	4,00	4,40	1,48	1,30	0,06	--	8,24	Restinga
Z - 52	55,50	22,00	3,90	5,00	1,56	1,40	<0,05	0,79	9,70	
Z - 53	52,35	26,42	3,50	2,91	0,96	0,16	--	0,41	13,24	
Z - 46	49,40	20,80	12,40	2,80	3,80	1,10	0,13	--	7,42	Pedregulho
Z - 47	22,80	43,60	2,10	0,19	0,18	0,35	<0,05	--	20,60	
Z - 49	35,26	31,72	12,29	2,55	2,27	0,47	1,01	0,051	13,30	Sapecado
Z - 50	36,12	31,94	12,26	2,58	2,68	0,38	1,01	0,051	12,17	

QUADRO 3 - Resultados de análises químicas de amostras da Formação Franca.

Fácies D - predominam estratos argilosos mais homogêneos, maciços, localizados nas porções mais distais dos leques (*playas*), em pequenas bacias lacustres (Foto 27-pg.49).

As características mineralógicas e texturais dos sedimentos da Formação Franca indicam que estes se formaram em condições paleoclimáticas áridas a semi-áridas, onde constata-se a existência frequente de clastos com minerais instáveis em climas mais úmidos (por exemplo, feldspatos, basaltos) - Foto 23, pg.46, estratos de natureza arcossiana, presença de argilas esmectíticas, tanto na forma de matriz quanto constituindo camadas argilosas mais puras (por exemplo, Restinga) - Foto 27, pg.49), além de depósitos rudáceos, interpretados como fluxos de detritos.

**FÁCIES D
DISTAIS**

- LACUSTRE
- EÓLICO

**FÁCIES B e C
INTERMEDIÁRIAS**

- LENÇÓIS DE AREIA
- FLUVIAL ENTRELACADO (CANAIS)

**FÁCIES A
PROXIMAIS**

- FLUXOS DE MASSA

DETRITOS

LAMA

LEGENDA

FORMAÇÃO FRANCA: arenitos de granulometria variada, conglomerados polimíticos, lamitos arenosos e mais raramente argilitos.

FORMAÇÃO SERRA GERAL: basaltos toleíticos com arenitos e argilitos intertrapes

UNIDADES PRÉ-CAMBRIANAS: gnaisses, anfibólitos, quartzitos, micaxistos, pegmatitos e filitos

LOCALIDADES

1 - PEDREGULHO

2 - FRANCA

3 - RESTINGA

FIGURA 5 - Sistema de leques aluviais peri-desértico da Formação Franca

FIGURA 6 - Modelo deposicional esquemático da Formação Franca - Grupo São Bento - Relações estratigráficas e mineralizações associadas.

FOTO 22 - Sequência superior areno-rudácea, da Formação Franca, gerada nas porções apicais de leques aluviais, onde predominam fluxos de massas - Fácies A (Z-55).

FOTO 23 - Detalhe do pacote rudáceo da foto anterior, onde predominam clastos de quartzitos, basalto, quartzo, rochas graníticas etc.

FOTO 24 - Sedimentos areno-rudáceas (Fácies A), truncando lençóis de areia (Fácies B). Interpõem-se raramente níveis conglomeráticos relativamente mais puros (seixos de quartzito e quartzo) com seixos facetados (ventifactos). Trevo de Pedregulho (Z-58).

FOTO 25 - Detalhe dos níveis conglomeráticos com seixos facetados.

FOTO 25a - Detalhe dos seixos facetados (ventifactos - Z-51).

6.2.2.1.4.2 Petrografia e Mineralogia

A composição petrográfica das rochas e a análise dos minerais pesados que estão presentes na Formação Franca, apontaram que as possíveis áreas-fonte desses sedimentos foram as formações Botucatu, Pirambóia e Serra Geral e de aportes dos planaltos cristalinos, situados a nordeste de Franca.

Os resultados com a análise dos minerais transparentes e não micáceos presentes em amostras desta unidades encontram-se no Quadro 4 (pg.51) e na Figura 7 (pg.52). Constata-se, assim, a presença de assembléia mineralógica homogênia quanto aos seus constituintes essenciais. Na fração analisada (areia muito fina) os “pesados” zircão, turmalina, rutilo, cianita e estaurolita ocorrem em todas as amostras (Figura 7-pg.52).

Observou-se nas lâminas que os minerais pesados dos sedimentos da Formação Franca ocorrem sob dois graus distintos de arredondamento, predominando os angulosos a subangulosos, embora a mesma amostra pode apresentar os dois graus de arredondamento.

a- angulosos a subangulosos: principalmente a cianita, estaurolita e rutilo (Fotomicrografias 5 e 6-pg.53);

b- arredondados a subarredondados: turmalina, rutilo, zircão e monazita (Fotomicrografia 7 e 8-pg-54).

Baseado nestas observações e levando em conta dados de Coimbra (1976), que descreve a presença de zircão róseo na região francana, a partir de áreas-fontes do embasamento pré-cambriano, os minerais do primeiro grupo, provavelmente sejam provenientes de rochas metamórficas dos grupos Araxá e Canastra. Por outro lado, os minerais do segundo grupo seriam possivelmente provenientes do retrabalhamento de sedimentos preexistentes (*i.e.* Formação Botucatu).

6.2.2.1.4.3 Paleogeografia e Idade

Com base nos trabalhos de campo, admite-se contatos concordantes, transicionais e erosivos entre a Formação Franca e a Formação Serra Geral. O primeiro caso é nítido em diversos locais, podendo ser observado na base da seção-tipo (Foto 21-pg.35), onde lamitos arenosos se sobrepõem diretamente aos arenitos eólicos da Formação Serra Geral. Quanto às passagens transicionais, embora os locais de observações apresentem profundo intemperismo, são fortes as evidências de intercalação de rochas vulcânicas dentro do pacote sedimentar (Foto 30-pg.56). É nítida ainda a ocorrência de sedimentos flúvio-lacustres métricos intercalados nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (Foto 20-pg.35). Os contatos erosivos são marcados por brechas basálticas e níveis conglomeráticos (Foto 28-pg.55).

Neste mesmo local, Souza *et al.* (1984) descreveram magmatitos intercalados no pacote pelítico. Em afloramento (boçoroca) no Morro do Sapecado (Pedregulho), observa-se a interdigitação de arenitos eólicos e basaltos da Formação Serra Geral com a sequência suprabasáltica, composta predominantemente por arenitos, arenitos conglomeráticos, conglomerados e lamitos (Figura 8-pg.57, Foto 31-pg.56).

Outra observação constatada foi a ciclicidade dos níveis rudáceos, constantes em toda a coluna suprabasáltica. Na Figura 9 (pg.58), observa-se a repetição dos conglomerados em toda a sequência dos sedimentos.

No contexto paleogeográfico mais amplo, a Formação Franca possivelmente representou parte das cabeceiras da paleobacia São Bento no flanco nordeste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo, correspondendo, mais especificamente, à preservação de parte do *reg* desértico mesozóico.

O interdigitamento da unidade com os derrames basálticos induz à penecontemporaneidade destes dois eventos e ao seu posicionamento no Cretáceo Inferior. A Figura 10 (pg.59) ilustra a coluna estratigráfica adotada para a área.

Dessa forma, o Grupo São Bento, na região nordeste do Estado, pode ser individualizado em três ciclos com significados geológicos distintos:

- a) ciclo inferior sedimentar (Triássico Superior-Jurássico Superior) - abrange a deposição flúvio-eólica/eólica Pirambóia/Botucatu, caracterizando-se pela preponderância da influência climática na deposição;
- b) ciclo intermediário magmático (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior) - correspondente ao evento magmático Serra Geral; e
- c) ciclo superior tectono-sedimentar (Cretáceo Inferior) - caracterizado pela progradação dos sistemas periféricos alúvio-desérticos da Formação Franca à Bacia São Bento.

FOTOMICROGRAFIA 1 - Arenitos lamínicos da Formação Franca, destacando-se um intraclasto de lamito arenoso (amarelado). A matriz argilosa, predomina esmectita (ZW 31). Polarizador descruzado. Aumento 38X (Fácies B)

FOTOMICROGRAFIA 2- Lamito arenoso (Fácies C). Cristais de quartzo (branco) e feldspatos (escuros), dispersos na matriz argilosa (esmectita e caulinita). Observa-se a imaturidade textural e mineralógica. (Amostra Z-36A). Polarizador cruzado. Aumento 38X.

FOTO 26 - Lamitos arenosos e arenitos lamíticos, maciços evidenciando incipiente acamamento plano paralelo (Fácies C). Os níveis que se destacam são constituídos de material mais arenoso e contêm óxidos de ferro e manganês (Trevo de Pedregulho - Z-44).

FOTO 27 - Argilito lacustre (Fácies D) constituído por argilas esmectíticas (Restinga - Z-51).

FOTOMICROGRAFIA 3 - Arenitos lamíticos da Formação Franca - (Fácies C). Grãos de quartzo e feldspatos, rodeados por matriz argilosa (esmectitas). Observa-se também imaturidade textural e mineralógica e a maioria dos grãos quase não se tocam. (ZW-26). Aumento 38X. Polarizador Cruzado.

FOTOMICROGRAFIA 4 - Arenito (intertrape) Botucatu silicificado. Detalhe para a mica pouco deformada entre os grãos de quartzo, grão de feldspato sericitizado (canto esquerdo inferior) e o cimento microcristalino silicoso em forma de mosaico, perpendicular a superfície dos grãos, os quais quase não se tocam. Aumento 150X. Polarizador X (Z-51).

AMOST	LITO	NTG	MINER. TOTAL			MINERALOGIA DOS TRANSPARENTES										ZTR
			OP	TL	TR	Ultra Estáveis			Estáveis				Instáveis			
						ZIR	TUR	RUT	CIA	EST	MON	ANA	EPI	GRA	ESF	
Z-2A	Con	327	15	8	77	23	14	13	25	25				<1		50
Z-16	Con	312	54	3	43	25	20	7	36	11				<1		52
Z-17	ArC	303	16	6	78	14	17	11	38	19						42
Z-18	ArC	324	39	2	59	11	16	15	29	29						42
Z-20	ArC	309	36	6	58	12	26	20	22	20						58
Z-23B	Con	327	11	17	72	12	19	13	33	23		<1			<1	44
Z-36C	Con	307	45	8	47	14	21	10	46	7	2					45
Z-38C	ArC	317	28	12	68	13	12	11	47	15	2					36
Am-2	ArC	307	20	3	77	32	21	18	20	9			<1			71
Am-3	Ar	301	15	3	84	23	19	12	32	14						54
ZW-11	ArC	300	12	9	81	5	22	15	49	6			3			42
ZW-31	Ar	300	47	17	36	14	21	17	28	14	3		3			52

Nota: Significado das abreviações do QUADRO

AMOST. - Identificação da amostra

LITO. - Classificação litológica de campo: **Ar** = Arenito, **ArC** = Arenito conglomerático e

Con. = Conglomerado.

NTG - N° total de grãos contados

MINER. TOTAL - porcentagem de grupos de minerais em relação ao total de pesados: **OP** - opacos, **TL** - translúcidos, **TR** - transparentes

MINERALOGIA DOS TRANSPARENTES - porcentagem de minerais transparentes, para cada espécie mineral, em relação ao número total de minerais pesados transparentes, não micáceos: **ZIR** = zircão, **TUR** = turmalina, **RUT** = rutilo, **CIA** = cianita, **EST** = estauroлита, **MON** = monazita, **ANA** = anatásio, **EPI** = epidoto **GRA** = granada, **ESF** = esfalerita

ZTR - índice de maturidade, igual à soma das porcentagens de zircão, turmalina e rutilo, em relação ao total de minerais pesados transparentes não micáceos - HUBERT, 1962)

QUADRO 4 - Análises Mineralógicas dos minerais pesados transparentes e não micáceos da Formação Franca

Figura 7 - Diagramas de barras mostrando a porcentagem dos minerais pesados presentes na fração areia muito fina, das amostras analisadas da Formação Franca

FOTOMICROGRAFIA 5 - Minerais pesados transparentes e não-micáceos, predominando formas angulosas e subangulosas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (Z-36C).

FOTOMICROGRAFIA 6 - Minerais pesados transparentes e não-micáceos, predominando formas angulosas e subangulosas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (Z-20).

FOTOMICROGRAFIA 7 - Minerais pesados transparentes e não micáceos, predominando formas arredondadas e subarredondadas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado.(ZW-11)

FOTOMICROGRAFIA 8 - Minerais pesados transparentes e não micáceos, predominando formas arredondadas e subarredondadas, presentes nos sedimentos da Formação Franca. Aumento 150X. Polarizador descruzado. (ZW-31).

FOTO 28 - Brechas basálticas (paleossolo) no contato da Formação Serra Geral com os sedimentos arenolamíticos da Formação Franca (Z-53).

FOTO 29 - Feição do relevo (colinas amplas e médias) do depósito de argila esmectítica de Restinga. No fundo do vale afloram basaltos da Formação Serra Geral (Z-51).

FOTO 30 - Vista geral da voçoroca, onde ocorre interdigitação entre arenitos eólicos (1) e basaltos (2) da Formação Serra geral e arenitos da Formação Franca (3) - Morro do Sapecado (Z-49).

FOTO 31 - Detalhe da foto anterior, destaca-se o contato entre o arenito intertrape e o basalto alterado.

Figura 8 – Perfil geológico do Morro do Sapecado, município de Pedregulho, SP (Z48)

Figura 9 – Perfil geológico de Restinga, município de Franca, SP (Z-51)

Figura 10 – Coluna estratigráfica adotada para a área de estudo

6.2.3 Coberturas Sedimentares Cenozóicas

Os sedimentos cenozóicos da região estudada estão amplamente distribuídos em extensas coberturas arenosas de origens diversas, em idades diferentes, recobrando indistintamente rochas de diferentes unidades, compreendendo depósitos eluviais, aluviais, coluviais, de tálus e algumas coberturas de derivação incerta (IPT 1991b). Na Figura 11 (pg.63), apresenta-se esquematicamente o modo de ocorrência e principais características destes depósitos.

Os depósitos eluviais, recobrem extensos chapadões e espigões (acima de 1000 m), essencialmente conglomeráticos (limonitizados), correspondendo, possivelmente, a depósitos residuais associados à Superfície Sul-Americana (King 1956; Braun 1970), do Terciário, a mais antiga superfície de erosão preservada na região. Em quase toda a área ocorrem capeando rochas da Formação Franca, produzindo solos muito pobres. Atingem espessuras superiores a 3 m; sua estrutura é predominantemente maciça, com incipientes estratificações cruzadas e acamamentos paralelos. Os conglomerados são compostos principalmente por seixos e calhaus de quartzitos, quartzo, e fragmentos de canga limonítica, com matriz arenosa mal selecionada (Fotos 32 e 33-pg.61). Observa-se intensa laterização, onde a camada rudácea encontra-se frequentemente cimentada por material ferruginoso, formando níveis encouraçados, associados às partes mais elevadas dos planaltos, relacionadas à referida Superfície Sul-Americana (Fotos 14 e 15, pg.26). Observa-se também que, atualmente, ainda ocorrem processos de formação de agregados limoníticos, controlados pela variação do lençol freático e pela evolução dos níveis de base locais das drenagens (mecanismo de intensa laterização).

Os depósitos aluviais ocorrem em patamares associados aos principais vales da região, ou seja, nas várzeas e nos terraços fluviais (principalmente dos rios Sapucaí, Grande, Canoas, Sapucaizinho, Santa Bárbara). Esses depósitos, de idade quaternária, são portadores, na região, de mineralizações diamantíferas.

Os sedimentos das várzeas são mais variados em termos líticos, texturais e estruturais que os de terraços. São compostos de conglomerados suportados por seixos, arenitos e lamitos inconsolidados, podendo apresentar espessuras superiores a 5,0 m, e com cores cinzas e creme-esbranquiçadas. Depósitos de argila orgânica preta, com troncos e fragmentos carbonizados de madeira são freqüentes.

Nos terraços predominam depósitos conglomeráticos pouco espessos, geralmente 20 a 40 cm, podendo atingir 1,0 m. As fácies lamíticas e as estruturas sedimentares são raras, restringindo-se a incipiente acamamento e imbricações de seixos (Fotos 34, pg.64 e 35 e 36, pg.65).

FOTO 32 - Cobertura eluvionar conglomerática inconsolidada sobre sedimentos da Formação Franca, encontrada frequentemente nos patamares mais elevados do Planalto, relacionado com a Superfície Sul-Americana (ZW-3)

FOTO 33 - Detalhe da foto anterior, destacando-se os seixos e calhaus arredondados de quartzitos, quartzo e canga limonítica.

Predominam seixos e calhaus de quartzo, quartzito (bem arredondados) e laterita. As cascalheiras de terraço são geralmente capeadas por solo coluvionar, mascarando a forma plana dos terraços, e dificultando seu reconhecimento. Em alguns locais foram observados blocos bem arredondado de quartzitos com marcas de percussão (Foto 38-pg.66); indicam, possivelmente, faixas de atuação hidráulica mais intensa, em canais, favoráveis à seleção mineralógica e conseqüente acúmulo de pesados. Esses clastos são chamados de “emburrados” pelos garimpeiros e indicariam cascalhos mais ricos em diamantes.

Da mesma forma que em alguns elúvios, também nas cascalheiras de terraço, verifica-se laterização localizada e até mesmo a formação de quartzo autigênico em forma de druzas (Foto 39-pg.67).

Os coluviões são os depósitos mais espalhados de toda a área. Recobrem as mais variadas formas de relevo e tipos de rochas, principalmente nas encostas, geralmente na frente das *cuestas*, e são resultantes de um processo de entalhamento das escarpas, sob condições climáticas provavelmente áridas a semi-áridas (Ponçano *et al.* 1992). Os sedimentos são constituídos de areias intercaladas com níveis de cascalhos, principalmente retrabalhados dos depósitos sobrejacentes, parcialmente limonitizados. Estes depósitos são encontrados em níveis topográficos variando de 700 a 900 m. Têm espessuras variáveis, chegando a atingir 10 m, nos cortes da SP 334, nas proximidades de Brodowski e Ribeirão Preto.

Os depósitos de tálus são de pequenas dimensões, e freqüentes nos sopés das serras e morros mais elevados. São constituídos por clastos grossos (predominam matações de basaltos, arenitos intertrapes e couraças limoníticas).

FIGURA 11 – Perfil topográfico EW esquemático da região de Franca e seções colunares representativas (mod. IPT, 1990b)

FOTO 34 - Depósito de terraço (cota 710m), capeando diabásio e recoberto pôr solo coluvionar. Os seixos bem arredondados são de quartzitos. (Z-60)

FOTO 35 - Lamito acinzentado/amarelado, preenchendo canal, ao lado do conglomerado suportado por clastos pertencentes ao terraço (cota aproximada de 710 m). O material estratificado que recobre o terraço é origem antrópica (IPT 1990b). (Z-60).

FOTO 36 - Detalhe da Foto anterior, destacando o conglomerado suportado por clastos. (Z-60).

FOTO 37 - Detalhe da foto anterior, mostrando o imbricamento de seixos e calhaus de quartzito, e evidenciando o sentido da corrente da esquerda para a direita (IPT 1990b)

FOTO 38 - Bloco de quartzito com marcas de percussão (formas de meia lua). Estes blocos são chamados de “emburrados” pelos garaimpeiros e evidenciam conglomerados diamantiíferos (IPT 1990b-Z 63).

FOTO 39 - Drusas de quartzo hialino formados no contexto da cascalheira. Os cristais de quartzo têm a forma de dentes de cão e constituem um dos minerais satélites ("formas") para os garimpeiros da região (Z-63).

7 PRINCIPAIS RECURSOS MINERAIS

Este estudo procurou levantar, de modo sistemático, os fatores geológicos e geomorfológicos relacionados à formação dos principais bens minerais presentes na área de estudo, com ênfase àqueles hospedados na Formação Franca, destacando-se assim as argilas esmectíticas e os diamantes.

Além desses bens minerais citados, afloram na área basaltos da Formação Serra Geral, que são utilizados para brita. Argilas quaternárias das várzeas dos rios, são utilizadas para cerâmica vermelha. Cascalheiras cenozóicas são usadas para lastro de estradas. Arenitos silicificados intertrapianos da Formação Botucatu, são empregados em calçamentos e revestimentos (fachadas). Arenitos da Formação Pirambóia, para construção civil e fundição (Foto 18-pg.33). Vale ressaltar também a presença de cianita e rutilo, com certa abundância entre os "pesados" de alguns garimpos o que pode incentivar estudos adicionais visando seu eventual aproveitamento. No município vizinho ao de Franca (Capetinga), em alguns garimpos de diamantes, o rutilo era explotado como subproduto. Sua comercialização cobriria os custos de lavra (IPT 1990b). Pode-se também incluir as fontes termais existentes na região como outro

recurso mineral que necessita de uma avaliação criteriosa. Quanto a elas, Waring (1965) destacou a ocorrência de quatro fontes termais na região francana, uma situada aproximadamente a 18 km ao norte de Franca (São Jorge), uma no vale de Ribeirão Canoas e duas no município de Ibiraci (MG), sem, entretanto, fornecer sua localização exata.

A seguir são feitas considerações mais detalhadas sobre as argilas esmectíticas e os diamantes, relacionados com a Formação Franca.

7.1 Argilas Esmectíticas: Aspectos históricos e generalidades

Bentonita é uma denominação genérica aplicada aos argilominerais constituintes do grupo das montmorilonitas ou esmectitas.

O termo esmectita é derivado da palavra grega “*esmechos*”, significando sabão, e a saponita foi o principal argilomineral a ser descrito como uma esmectita por Constedt em 1788 (Ross & Hendricks 1945).

As esmectitas compõem um grupo de argilominerais. Embora de composição química diferente, do grupo das montmorilonitas, possuem o mesmo tipo de estrutura cristalina. Uma das características mais importantes desses argilominerais é a sua capacidade de adsorver moléculas de água entre as folhas, produzindo expansão acentuada da estrutura.

Em 1847, essa variedade de argila foi descoberta em Montmorillon, região de Vienne, na França, e designada de montmorilonita (Andrews 1992). As montmorilonitas são minerais semelhantes às micas, mas com ligação mais fraca entre as camadas. Esta característica, e seu elevado grau de substituição isomórfica facilitam a clivagem de suas partículas em meio líquido. Posteriormente em 1888, na região de Rock River, próximo do Forte Benton, no Estado de Wyoming (EUA), foi descoberta uma nova variedade de esmectita, a qual foi estudada em detalhe por W.C. Knight, em 1898, e denominada “bentonita”, visto que a ocorrência estava localizada nas imediações do Forte Benton, na referida região (Lira Filho 1973).

Existem várias definições na literatura para esses argilominerais. No Brasil, o termo bentonita tem sido empregado para designar qualquer material argiloso, com predominância de esmectita, independentemente da origem. Ross & Shannon (1926) com base nas ocorrências de bentonita em várias regiões do EUA associadas a alterações de material vulcânico, postulou a seguinte definição: “Bentonita é uma rocha composta essencialmente por um argilomineral montmorilonítico formado pela devitrificação e subsequente alteração química de um material vulcânico, usualmente um tufo ou cinza vulcanica”.

Grim, 1962 definiu bentonita como um mineral industrial constituído por argilomineral essencialmente do grupo das esmectitas, independentemente da origem ou do tipo de ocorrência.

Nos EUA, utiliza-se o termo “terra fuller” para bentonita cálcica composta de diversos argilominerais, com predominância da montmorilonita, nontronita, caulinita, atapulgita e illita, tendo como cátions trocáveis o cálcio e o magnésio.

Já na Inglaterra, a denominação “terra fuller” é empregada para indicar as argilas descorantes e adsorventes que, no estado natural, ou após tratamento químico ou físico, tem a capacidade de adsorver impurezas e corantes de óleos vegetais, minerais, gorduras e ceras.

Esses argilominerais pertencem ao grupo de silicatos lamelares ou filossilicatos. São constituídos por duas camadas (folhas) de silicatos tetraédricos com uma camada central octaédrica, unidas entre si por oxigênios comuns às camadas, constituindo camadas do tipo 2:1. As folhas tetraédricas são compostas por tetraédros contendo um átomo de silício circundado por quatro átomos de oxigênio, enquanto, que as folhas octaédricas são compostas de octaédros contendo um átomo de alumínio e/ou magnésio e/ou ferro, circundado por seis grupos de hidroxilas (OH). As camadas ao longo de si mesmas, ou seja, nos eixos cristalográficos *a* e *b*, são contínuas, e no sentido perpendicular elas se alternam de forma regular ou não, dependendo do tipo de argilomineral. (Figura 12-pg.70)

O silício (ou alumínio) dos tetraédros podem ser substituídos isomorficamente por alumínio (ou silício); enquanto que nos octaédros poderá haver substituição por alumínio, ferro, magnésio e outros, isoladamente ou combinados. Quando as posições octaédricas estão todas preenchidas, o argilomineral tem estrutura cristalina na forma trioctaédrica como a saponita, sauconita e hectorita. Quando as posições octaédricas são preenchida em apenas dois terços de seu todo, a estrutura toma a forma dioctaédrica, como a montmorilonita, beidelite, nontronita e volconscoíta.

A fórmula teórica dos grupo das esmectitas é $\text{Al}_4\text{SiO}_8(\text{OH}).n(\text{H}_2\text{O})$, mas os argilominerais naturais sempre diferem desta composição devido às substituições isomórficas. Por exemplo, uma esmectita policatiónica pode ter uma fórmula estrutural entre extremos dos minerais típicos, denominando um dado mineral como membro da série montmorilonita-beidelite ou nontronita-beidelite. (Quadro 5-pg.72).

FIGURA 12 - Diagrama esquemático da estrutura da esmectita (*apud* Grim 1968).

As características físico-químicas desses argilominerais lhes conferem uma série de propriedades importantes como a tixotropia, a troca catiônica e a plasticidade, que determinam a sua aplicação na lama de sondagens rotativas (tem como função a sustentação das paredes do furo, resfriamento da broca e meio de transporte para os detritos resultantes da ação da broca). Para estas finalidades a esmectita deve preencher as seguintes características: granulometria menor que 200 mesh, peso específico 1 a 2 e viscosidade de 9 a 15 cp), nas formas de fundição (tem função de aglomerante no molde. Para esta finalidade pode ser empregada a esmectita sódica ou cálcica, desde que preencha as características de resistência a verde: 3,45 a 4,83 N/cm², 3,5% de umidade e no máximo, ph entre 8 e 10 e uma granulometria de 200 mesh), ou como clarificantes de óleos (tem como função eliminar o máximo possível de impurezas e corantes contidos em óleos vegetais, animais ou minerais. Para esta finalidade, pode ser usada argila natural ou artificialmente ativada.).

Ainda pode-se citar a utilização da esmectita na indústria de vidro utilizada na produção de fibras de vidro, na indústria de produtos asfálticos é utilizada como carga para dar suspensibilidade à mistura, na indústria cerâmica como ligante, na industrialização da borracha como carga inerte em massas especiais, em produtos químicos como vedadantes, etc. O Quadro 6-pg.73, apresenta os principais usos e aplicações das argilas esmectíticas.

As principais formas de identificar esses argilominerais são: análises de difração de raios X, análise térmica diferencial, análises químicas, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e capacidade de troca de cátions (CTC).

Dentre os diversos estudos sobre esses argilominerais, merecem destaque os autores: Ross & Hendricks (1945), Grim (1962, 1968), Callière & Hénin (1963), Millot (1964, 1970), Weaver & Pollard (1973), Souza Santos (1975), Grim & Güven (1978), Nemecz (1981), Velde (1985), Gomes (1988), Chamley (1989) e Weaver (1959).

Os argilominerais analisados, presentes na área em estudo, estão relacionados aos basaltos alterados da Formação Serra Geral e aos litotipos da Formação Franca. Os derrames estão quase que totalmente alterados (Fotos 40 e 41-pg.74), dificilmente encontram-se rochas frescas. Apresentam cores variadas desde esverdeada a avermelhada, até termos arroxeados, e exibem veios e fissuras preenchidas por material de cor clara (caulinita), as vezes esverdeada (nontronita). Esse material alterado, argiloso é composto por esmectita (~50%), caulinita (40-45%) e illita (5-10%).

Esmectita Dioctaédrica (heptafillítica)	
Montmorillonita	$(\text{OH})_4\text{Si}_8(\text{Al}_{3.34}\text{Mg}_{0.66})\text{O}_{20}$ ↓
Beidellita ou	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_{6.34}\text{Al}_{1.66})\text{Al}_{4.34}\text{O}_{20}$ ↓
Beidellita	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{Al}_{4.44}\text{O}_{20}$ ↓
Nontronita ou	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_{7.34}\text{Al}_{0.66})\text{Fe}^{3+}_4\text{O}_{20}$ ↓
Nontronita (aluminosa)	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_{6.34}\text{Al}_{1.66})\text{Fe}^{3+}_{4.34}\text{O}_{20}$ ↓ $\text{Na}_{0.66}$
Esmectita Trioctaédrica (octafillítica)	
Hectorita	$(\text{OH})_4(\text{Si}_8(\text{Mg}_{5.34}\text{Li}_{0.66}))\text{O}_{20}$ ↓
Saponita ou	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_{7.34}\text{Al}_{0.66})\text{Mg}_6\text{O}_{20}$ ↓
Saponita (aluminosa)	$\text{Na}_{0.66}$ $(\text{OH})_4(\text{Si}_{6.66}\text{Al}_{1.34})(\text{Mg}_{5.34}\text{Al}_{0.66})\text{O}_{20}$ ↓ $\text{Na}_{0.66}$

QUADRO 5 - Fórmulas para alguns membros do grupo da esmectita. (mod. de Ross and Hendricks 1945).

QUADRO 6 - Principais usos e aplicações das argilas esmectíticas (baseado em O'Driscoll 1989, extraído de Tanno 1995).

FOTO 40 - Vista geral do perfil de alteração desenvolvido sobre rochas basálticas no Morro do Sapecado (Z-48).

FOTO 41 - Detalhe do afloramento anterior, destacando-se o basalto alterado com veios esbranquiçados de caulinita subparalelos (hidrotermalismo).

Na Formação Franca, as camadas de lamitos e lamitos arenosos, sobretudo na sua porção basal, são compostos principalmente por argilominerais do grupo das esmectitas, que em alguns casos sofreram transformações em superfície para caulinita. A Foto 27-pg.49, mostra uma camada de argilito/lamito da região de Restinga, onde estudos analíticos revelaram a presença de 100% de esmectita (Quadro 2-pg.39).

7.1.1 Ambientes Geradores

As argilas esmectitas formam-se em condições diversas, associadas aos processos de intemperismo e alteração hidrotermal ou a processos sedimentares e diagenéticos. Necessitam, como elementos essenciais à sua formação, o silício e o alumínio ou ferro, magnésio, cálcio e água.

Os ambientes de geração desses argilominerais tem algumas características particulares que os tornam de uma certa forma raros no contexto geológico do Estado de São Paulo, para jazimentos econômicos.

Os grandes jazimentos de bentonita estão freqüentemente relacionados a leitos marinhos, parecendo indicar que alteração de cinza vulcânica para bentonita é favorecida quando a água tem composição salina, ou o clima for árido/semi-árido.

As argilas esmectíticas do Wyoming (“bentonitas”) tem sua origem da alteração “in situ” de cinzas vulcânicas. A idéia de vários autores é que a transformação do vidro vulcânico para montmorilonita ocorre simultaneamente ou logo após a acumulação das cinzas, constituindo-se basicamente na devitrificação do vidro natural da cinza e cristalização da montmorilonita.

Assim como as argilas do Wyoming, a grande maioria desses jazimentos econômicos concentram-se do período Cretáceo a mais novos. Em rochas mais velhas a bentonita geralmente altera-se pelos processos diagenéticos, sofrendo a perda de suas principais propriedades, como alto índice de expansão e alta propriedade coloidal, vindo a denominar-se meta-bentonitas. A Figura 13-pg.76, apresenta a abundância relativa dos principais grupos de argilominerais em lamitos fanerozóicos, mostrando que a esmectita (montmorilonita) decresce em rochas mais antigas, especialmente no Paleozóico. Alguns estudos (Weaver 1959; Millot 1964, entre outros), demonstraram que a transformação de uma esmectita dioctaédrica para outros argilominerais, numa seqüência de rochas sedimentares em profundidade, independe do tempo ou idade geológica e parece ser uma função do gradiente geotermal, ao qual as rochas foram submetidas.

FIGURA 13 - Abundância relativa dos principais grupos de argilominerais em lamitos fanerozóicos (Blatt 1982).

De uma maneira geral os argilominerais podem ser gerados tanto intempericamente, hidrotermalmente como por processos sedimentares e diagenéticos. Entretanto, em relação à bentonita, a grande maioria dos depósitos econômicos estão relacionados com processos sedimentares em ambientes marinhos e lagunares. A Figura 14-pg.78, mostra as possíveis origens das esmectitas nos diversos ambientes sedimentares.

As argilas esmectíticas também ocorrem em solos onde atuam as hidrólises, e a drenagem é bastante fraca, suficiente para que as soluções permaneçam enquanto a evaporação acontece, e as concentram. São características dos solos calcimórficos hidromórficos de países quentes, onde a má drenagem e a evaporação acumulam sílica, o alumínio, o magnésio e muitas vezes o ferro, num meio alcalino rico em ions Mg^{++} e Ca^{++} (Milot 1964).

Jackson (1959) relatou que a ação do intemperismo sobre rochas de tipos variados, sob condições de intensidade média em climas temperados e drenagem moderada, pode levar à formação de argilas do grupo das esmectitas e que o caráter di ou trioctaédrico do argilomineral produzido deve-se, em grande parte, à composição da rocha matriz. As rochas básicas e ultrabásicas contém minerais magnesianos, que tendem a gerar argilas trioctaédricas e minerais ferromagnesianos que tendem a formar

argilas dioctaédricas. As rochas ácidas, por sua vez, que contém minerais ferromagnesianos, produzem normalmente minerais contendo íons trivalentes, resultando na formação de argilominerais dioctaédricos.

Grim (1968) também apresentou algumas generalizações possíveis sobre a formação de argilominerais a partir de rochas básicas e ácidas.

As rochas básicas, sob condições de drenagem pobre ou de pequena quantidade de chuva, formam esmectita; ao contrário, em condições de drenagem boa ou chuvas intensas, quando o magnésio é lixiviado, formam caulinita.

As rochas ácidas que contém potássio e magnésio, formam illita e esmectita. Se o conteúdo de potássio é baixo forma-se esmectita, e se o conteúdo de magnésio é baixo, forma-se illita. A remoção rápida do potássio e magnésio conduz a formação de caulinita.

Millot (1970) trata os processos de formação de argilas segundo três fatores básicos: herança detrítica, transformação e neoformação.

No processo de herança detrítica a argila já existente na rocha mãe é apenas remobilizada em meios onde ela permanece estável.

No processo de transformação, as argilas pré-existentes, quando submetidas à alterações físicas e químicas do meio, “procuram” uma nova forma estável através da perda de elementos (degradação) ou do ganho de elementos (agradiação). As esmectitas neste caso podem se formar a partir da degradação de illita, biotita, vermiculita ou clorita.

No processo da neoformação, os argilominerais são formados a partir da combinação dos íons resultantes da ação do intemperismo sobre alguns minerais ou a partir da combinação de íons em solução no ambiente de sedimentação.

Os ambientes de neoformação não coexistem com sedimentação detrítica, pois a velocidade de deposição de partículas herdadas e a natureza das soluções desse meio não deixam lugar para um fenômeno de sedimentação química. A presença de partículas detríticas em algumas ocorrências de esmectitas podem ser interpretadas como contribuições eólicas no processo de neoformação (caso do depósito de Restinga.).

Jazimentos de esmectitas podem também ser formados por processos hidrotermais, como é o caso dos depósitos da Califórnia (EUA), Japão, Itália e Espanha. Possuem formas irregulares e penetram nas rochas hospedeiras através de zonas hidrotermalmente alteradas. Em geral, a forma do depósito é controlada por zonas de falhas e juntas, que permitiram o acesso de soluções hidrotermais.

Nessas zonas de alteração hidrotermal, a formação de esmectitas é diretamente condicionada pela composição e temperatura das soluções percolantes e ao tipo de rocha sobre a qual os fluidos hidrotermais agem. É provável, que concentrações de alto magnésio poderiam gerar clorita, em vez de minerais esmectíticos (Velde 1985). Neste mesmo trabalho, o autor mostra que as argilas esmectíticas podem também ocorrer associadas a processos de origem deutérica. A ocorrência de tais argilas, a partir de minerais ferromagnesianos em rochas eruptivas parece estar relacionada à fase tardia de resfriamento e tem sido considerada como um produto de equilíbrio na cristalização a condições termais acima daquelas de superfície. Isto é comum em algumas rochas extrusivas básicas nas quais as esmectitas substituem olivina, numa matriz vítrea inalterada. Nos basaltos da Bacia do Paraná tem sido registrada a ocorrência de esmectitas resultantes de fenômenos de origem deutérica (Rüegg 1975, Roisenberg *et al.* 1984).

8.1.2 Principais Depósitos

Os mais importantes depósitos de argilas esmectíticas ao nível mundial estão concentrados nos Estados Unidos (800 milhões de ton.) e na C.E.I. (250 milhões de ton.), que detêm mais da metade do total das reservas mundiais, avaliadas em cerca de 1.600 milhões de ton. (Tanno 1995).

A produção mundial de argilas esmectíticas em 1990 foi da ordem de 9,8 milhões de ton., sendo que os EUA participaram com 32%, a C.E.I com 30%, a Grécia com 12%. A produção brasileira é bastante inexpressiva, tendo representado apenas 1% do total mundial (Quadro 7-pg.79).

PAISES	PRODUÇÃO	
	10 ³ TON	(%)
ESTADOS UNIDOS	3.112	31,8
C.E.I.	2.900	29,6
GRÉCIA	1.200	12,2
JAPÃO	526	5,4
ITÁLIA	220	2,2
ALEMANHA	200	2,0
MÉXICO	188	1,9
ROMÊNIA	180	1,8
ARGENTINA	150	1,5
BRASIL	114	1,1
OUTROS	1.004	10,2
TOTAL	9.794	100

QUADRO 7 - Produção Mundial de Bentonita em 1991 (DNPM 1992).

No Brasil os depósitos mais importantes de argilas esmectíticas estão localizados na região nordeste e em São Paulo (Figura 15-pg.82). Outras ocorrências, atualmente sem interesse econômico, devido ao caráter restrito dos jazimentos ou à baixa qualidade tecnológica de suas argilas, já foram exploradas na década de sessenta. É o caso da região do Triângulo Mineiro, próximo a Sacramento, onde diversas ocorrências dessas argilas foram parcialmente lavradas.

No nordeste, os depósitos mais expressivos estão localizados no município de Campina Grande (PB), distrito de Boa Vista, e na região de Vitória da Conquista (BA). No Estado de São Paulo, os jazimentos mais expressivos estão situados na região do Vale do Paraíba, próximo a Taubaté.

As reservas brasileiras estão estimadas em torno de 53 milhões de ton. e correspondem aos depósitos localizados nos Estados da Paraíba, Minas Gerais e São Paulo (DNPM, 1991). O Brasil importa ainda de outros países, como a Argentina (53%), México (25%) e EUA (15%). Em 1991, as importações de bentonita foram em torno de 21.000 ton., sendo que o produto argentino foi comprado (preço médio anual) a US\$ 145/t, o mexicano a US\$ 350/t e o americano a US\$ 445/t (DNPM, 1992). Os Quadros 8-pg.80; 9 e 10-pg.81, apresentam respectivamente, as reservas, quantidade produzida e o valor da produção de bentonita no Brasil em 1995.

UNIDADE DA FEDERAÇÃO / MUNICÍPIOS	QUANTIDADE (ton)				
	MEDIDA			INDICADA	INFERIDA
	MINÉRIO	CONTIDO (ton)	TEOR (%)		
TOTAL	28.623.216			5.028.905	744.782
BAHIA	3.704.192				
VITÓRIA DA CONQUISTA	3.704.192				
MINAS GERAIS	83.837			102.049	66.750
SACRAMENTO	83.837			102.049	66.750
PARAÍBA	19.714.908			4.746.599	513.977
CAMPINA GRANDE	11.561.908			4.746.599	513.977
CUBATI	8.153.000				
PARANÁ	156.110			46.570	164.055
PONTA GROSSA	156.110			46.570	164.055
SÃO PAULO	4.964.169			133.687	
TAUBATE	592.079			133.687	
TREMEMBE	4.372.090				

QUADRO 8 - Reservas Brasileira de Bentonita em 1995. (DNPM - DEM 1996).

UF	BRUTA (M³)					BENEFICIADA (α)				
	CONTIDO NA PRODUC.	PRODUÇÃO	DESTINOS DA PRODUÇÃO			VARIAÇÃO DO ESTOQUE	CONTIDO NA PRODUC	PRODUÇÃO	DESTINADAS AO MERCADO	VARIAÇÃO DO ESTOQUE
	(1)		TRATAM.	TRANSF.	VENDA	(2)	(1)			(2)
TOTAL		166.675	140.835		26.822	(982)		130.000	122.948	7.052
PB (C)		145.652	121.243		25.459	(1.050)		116.212	109.200	7.012
SP (C)		21.023	19.592		1.363	68		13.788	13.748	40

Notas: (C) - Concessão de Lavra; (R) - Lavra Rudimentar; (1) - Mesma unidade do contido na Reserva Medida (2) - Diferença entre estoque final e inicial. Quando negativa representada entre parenteses.

QUADRO 9 - Quantidade produzida de Bentonita em 1995 (Fonte: DNPM-DEM, 1996)

UF	VALOR DA PRODUÇÃO BRUTA		VALOR DA PRODUÇÃO BENEFICIADA		TOTAL GERAL	
	UNITÁRIO (R\$ / ton)	TOTAL (R\$)	UNITÁRIO (R\$ / ton)	TOTAL (R\$)	R\$	US\$
TOTAL	28,92	775.787	103,31	13.430.459	14.206.245	15.509.001
PB	29,42	749.004	102,38	11.897.785	12.646.788	13.806.537
SP	19,65	26.783	111,16	1.532.674	1.559.457	1.702.464

Nota: (1) Valor Unitário de Transferência Taxa Média Cambial para Compra (R\$ / US\$) = 0.916

QUADRO 10 - Valor da produção de bentonita em 1995 (DNPM-DEM 1996)

7.1.3 Tipos de Depósitos

Na região de Franca e Pedregulho, ocorrem dois tipos de depósitos de argilas esmectíticas: residual e sedimentar, ambos no âmbito da Bacia do Paraná.

a)- Os depósitos residuais estão associados à alteração dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, localizados nas porções superiores (~ 1030m) da Serra da Faquinha -Morro do Sapecado, a leste da cidade de Pedregulho (Fotos 39-pg.67 e 40-pg.74).

FIGURA 15 - Principais depósitos e minas de argilas esmetíticas brasileiras (mod. de Tanno 1995).

Os derrames parecem ter sido pouco espessos, possível decorrência do posicionamento da região em áreas marginais da Bacia, onde o vulcanismo foi menos intenso e parcialmente erodido em relação às partes mais centrais.

A parte superior dos derrames apresenta aspecto melafírico e contém normalmente grande quantidade de material vítreo. (Fotomicrografias 9 e 10, pg.83 e.84). As esmetitas encontradas nos perfis de alteração parecem ter sido formadas diretamente dos minerais sílico-aluminosos (plagioclásios e piroxênios) e da matriz vítrea

A hidrólise desses minerais origina a nontronita, que se forma nos primeiros estágios de alteração, na presença de um meio saturado e parcialmente confinado. Nos ambientes mais bem drenados, sobretudo na parte superior do perfil, a esmetita é solubilizada, liberando a sílica e precipitando compostos ferruginosos, principalmente nas fraturas e diáclases. Condições intempéricas compatíveis a esse processo genético relacionam-se com alterações em clima árido. A mineralização é bastante heterogênea,

refletindo não só as características texturais e mineralógicas da rocha basáltica, mas também a superimposição de processos intempéricos cenozóicos, relacionados com a evolução geomorfológica da área.

Situação semelhante ocorre nas rochas vulcânicas de Sacramento (MG), onde os processos intempéricos levaram à formação de depósitos irregulares de argilas nontroníticas. A presença de minerais de neoformação, como a caulinita e nontronita em veios seccionando o material alterado do Morro do Sapecado, é evidência de que soluções ricas em ions percolam as fissuras, vesículas e amígdalas da rocha basáltica. Esses locais representam condutos preferenciais de circulação, transporte e deposição de material durante a alteração hidrotermal. Os veios caulíníticos ocorrem ao longo de todo o perfil de alteração, são poucos espessos e mostram um certo paralelismo entre si (Foto 40-pg.74). Essa configuração de veios e fissuras na rocha alterada, tornou-se indicativa da existência de um processo hidrotermal (Velde, 1985).

FOTOMICROGRAFIA 9 - Aspecto da rocha basáltica com cristais (ripiformes) de plagioclásio inalterado (pl), cristais subhédricos de clinopiroxênio e/ou olivina argilizados (Z-50). Nicóis paralelos. Aumento 80X.

Segundo Millot (1964), quando os fluídos hidrotermais são ácidos e a percolação “per ascensum” intensa, chega-se por lixiviação completa dos cátions à formação de caulinita.

b) Os depósitos sedimentares estão relacionados com a Formação Franca (Grupo São Bento), correspondendo aos jazimentos de Restinga e Pedregulho. Esta unidade contém expressivas camadas de lamitos constituídas predominantemente, por argilas esmectíticas que sofreram transformação em

superfície, degradando-se para illita e caulinita. A sedimentação dessa Formação é essencialmente detrítica com contribuição autógena subordinada (neoformação). A rocha lamítica mostrou teores médios em torno de 48% de argila, 36% de silte e 16% de areia. A mineralogia da fração argila é, principalmente, esmectita (50-55%), illita (40%) e caulinita (0-10%), (Quadro 2-pg.39).

FOTOMICROGRAFIA 10 - Detalhe da foto anterior, destacando a matriz e a porção vítrea intersticial (recristalização de argilominerais do grupo das esmectitas - es), em contato com plagioclásio (pl), clinopiroxênio (px) e opacos. Nicóis paralelos. Aumento 200X.

A caulinita é também freqüente nos lamitos arenosos e arenitos lamíticos. O microscópio eletrônico de varredura (MEV), revelou dois tipos morfológicos: o primeiro tipo composto por pequenos cristais pseudo-hexagonais que gradam a massas irregulares, e estariam associados ao aporte de sedimentos (detríticos) à bacia de sedimentação, sendo portanto de origem detrítica. O segundo tipo, de origem autógena, é representado por placas hexagonais de maior tamanho, com aspecto de “acordeon” (Fotomicrografias 12 e 13-pg.87 e 88).

FOTOMICROGRAFIA 11 - Fratura subparalela preenchida por caulinita (ka), e esmectita (es) Localmente manchas ferruginosas associadas aos minerais opacos e/ou ferromagnesianos (Z-49). Nicóis cruzados. Aumento 30X.

Essas argilas esmectíticas de origem sedimentar, foram analisadas por microscópio eletrônico de varredura (MEV), e apresentaram dois tipos morfológicos: o primeiro constituído de finas placas de bordos arqueados (detritica-ocorrência de Pedregulho, Fotomicrografia 15-pg.90), e o segundo com aspecto esponjoso característico, semelhantes a favos de mel (neoformação - ocorrência de Restinga, Fotomicrografia 14-pg.89). A área fonte seria as rochas basálticas, evidenciado pelo tipo de argilomineral dominante, pertencente à série isomórfica nontronita-beidelita.

Segundo Millot (1964), no processo de neoformação, os argilominerais são formados a partir da combinação de ions resultantes da alteração de alguns minerais ou à partir da combinação de ions em solução em ambiente de sedimentação. Os ambientes lacustres, principalmente em regiões de climas áridos a semi-áridos, são favoráveis à formação de esmectitas autógenas. As águas devem ser calmas e o afluxo de ions predominante de Mg, Ca e Na. Deve-se salientar que, durante o “lago Restinga”, ainda havia atividade vulcânica na região, o que não descarta contribuição hidrotermal na formação do depósito.

As camadas lamíticas corresponderiam provavelmente às fácies mais distais de leques aluviais, estando associadas a processos de fluxos de massa (Pedregulho). Por outro lado, o depósito de argilas esmectíticas de Restinga, estaria relacionado a uma pequena bacia lacustre, onde predominavam

condições ambientais de baixa energia (decantação), permitindo a deposição de material mais homogêneo, essencialmente argiloso (Foto 27-pg.49).

Estudos de caracterização tecnológica desses sedimentos realizados por IPT (1990a) e Tanno (1995), demonstraram que depósitos de argilas esmectíticas de qualidade heterogênea e aproveitamento econômico restrito no seu estado natural. Os depósitos argilosos estudados ocorrem nas áreas de Restinga, Pedregulho e Morro do Sapecado (Serra da Faquinha).

O jazimento de Restinga é constituído basicamente por rochas lamíticas, com composição mineralógica da fração argila essencialmente esmectítica. Os ensaios realizados indicaram que o material apresentou índices de viscosidade de acordo com o padrão estabelecido pela Petrobrás, indicando que poderá ter aplicações industriais, após tratamento com carbonato de sódio (barrilha), que a tornará uma argila sódica com propriedades tecnológicas semelhantes à de Boa Vista (PB), ou mesmo às importadas, tradicionalmente empregadas como argilas expansivas em diversos setores industriais. Para o uso como argila descorante de óleos vegetais, este material deverá sofrer ativação química (com ácidos inorgânicos fortes-ácido sulfúrico), já que *in natura* a sua atividade descorante é normalmente baixa.

FOTOMICROGRAFIA 12 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Caulinita autigênica vermiforme, ("acordeon"), associada aos lamitos da Formação Franca (Z-19)

FOTOMICROGRAFIA 13 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Caulinita autigênica vermiforme, (vista lateral), associada aos lamitos da Formação Franca (Z-54)

FOTOMICROGRAFIA 14 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esmeclita autigênica, de aspecto esponjoso, semelhantes a "favos de mel". Depósito de Restinga, Z-51).

FOTOMICROGRAFIA 15 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esmectita detrítica, constituída por finas placas de bordos arqueados, presentes nos lamitos da Formação Franca (ZW-9A.)

O depósito de Pedregulho é constituído por lamitos arenosos contendo aproximadamente 48% de argila, 36% de silte e 16% de areia. A fração argila é composta por esmectita (~50%), illita (~40%) e caulinita (~10%). Os ensaios revelaram índices de viscosidade abaixo do padrão adotado (Petrobrás). Este resultado preliminar indica, que o material analisado não poderá ser utilizado, no seu estado natural, como argilas expansivas. As baixas viscosidades aparente e plástica podem ser atribuídas ao alto teor de minerais não reativos (quartzo, goethita, etc), podendo, eventualmente ter algum uso industrial, se submetido a processos de beneficiamento para eliminar esses minerais não reativos.

O depósito do Morro do Sapecado (basalto alterado), é composto aproximadamente por 42% de argila, 52% de silte e 6% de areia. Os argilominerais presentes são a esmectita (~50%), caulinita (~40%) e illita (~10%). Os resultados de ensaios também revelaram índices de viscosidade abaixo do padrão (Petrobrás). Portanto o material não poderá ser empregado, no seu estado natural como argila expansiva.

7.2 Diamantes: Aspectos históricos e generalidades

A região francana foi no início do século XVIII, transitada por bandeirantes, mineradores e comerciantes, a caminho das minas de ouro situadas em território goiano, propiciando os primeiros núcleos povoadores da região. Historicamente é um dos mais antigos pólos produtores de diamantes do país.

A tradição do comércio de diamantes deveu-se à colônia árabe que se fixou na região, comercializando sal e trazendo para Franca diamantes garimpados no Triângulo Mineiro e no Estado do Mato Grosso.

A primeira descoberta de diamante na região ocorreu em Claraval (M.G.), datada de 1835. Já em 1850, outro achado foi nas proximidades de Patrocínio Paulista (Conrado 1989). A descoberta dos diamantes em Franca motivou, já no início do século, a implantação da indústria lapidária na região, que passou a ser um dos mais importantes centros de lapidação do País, favorecida pela situação geográfica que permitia o afluxo de gemas oriundas de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. O primeiro lapidário foi instalado em Franca em 1915, e era movido a pedal. Lapidacões com motores elétricos foram instalados a partir de 1935, passando assim, a ser um dos mais importantes centros lapidários do País (IPT 1990b). Como toda indústria de lapidação brasileira, a atividade se caracterizava principalmente pelo autodidatismo de seus profissionais.

As mesmas dificuldades encontradas a nível nacional para a coleta de informações estatísticas (produção, qualidade, preços, etc), são agravadas a nível regional, estimando-se que apenas 30% das atividades de produção, lapidação e comércio estejam oficialmente cadastradas.

Segundo o Sumário Mineral 1987 do DNPM, a produção brasileira estimada em 1986 alcançou 625.000 quilates, distribuídos conforme apresentado no Quadro 11-pg.92.

Estados Produtores	Lapidável	Industrial	Total por Estado
Minas Gerais	160.000	40.000	200.000
Mato Grosso	50.000	250.000	300.000
Roraima	40.000	10.000	50.000
Bahia	30.000	10.000	40.000
Outros*	30.000	5.000	35.000
total	310.000	315.00-	625.000

Nota - Outros*: Goiás, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rondônia e São Paulo

QUADRO 11 - Produção estimada de diamante no Brasil (DNPM 1986).

A produção de diamantes, oficialmente registrada no Brasil, apresenta uma distribuição de 50% de bruto lapidável e 50% de bruto industrial. A atividade garimpeira ainda responde pela maior parte da produção, embora a lavra mecanizada tenha apresentado avanços nos últimos anos (Foto 42 - pg.95).

Levantamento realizado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, em 1975, atualizado em 1981, revela os dados estatísticos relativos a indústria de lapidação em Franca, conforme mostra o Quadro 12-pg.92.

Ano	Garimpos Registrados	Oficinas de Lapidação	Lapidários
1975	42	40	180
1981	9	35	100

QUADRO 12 - Estrutura da produção diamantífera em Franca. (IPT 1990b)

Dados mais recente sobre as reservas, quantidade produzida e o valor da produção de diamantes brasileiro, no ano de 1995, pode ser visto nos Quadros 13(pg.93) e 14 e 15(pg.94). Observa-se que o Estado de São Paulo não apresenta reservas significativas.

UNIDADE DA FEDERAÇÃO / MUNICÍPIOS	QUANTIDADE (m ³)				
	MEDIDA			INDICADA	INFERIDA
	MINÉRIO	CONTIDO (ct)	TEOR (ct/m ³)		
TOTAL	529.636.847	15.611.648	0,029	70.036.303	125.772.627
BAHIA	3.657.977	183.187	0,050		
LENÇÓIS	3.657.977	183.187	0,050		
MATO GROSSO	8.231.850	249.530	0,030	11.543.837	48.101.951
ARENÁPOLIS	3.593.000	135.090	0,038	4.472.000	17.600.000
ARIPUANA	235.081	9.638	0,041	264.815	421.867
NORTELÂNDIA	4.403.769	104.802	0,024	6.807.022	30.080.084
MINAS GERAIS	517.680.941	15.177.913	0,029	58.492.466	77.670.676
ALVORADA DE MINAS	74.300	14.860	0,200		
BOCAIUVA	91.593.335	8.930.962	0,098	10.354.914	504.000
BOTUMIRIM	557.040	111.408	0,200		
CARBONITA	620.780	145.883	0,235		
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	1.934.146	101.864	0,053	187.429	
COROMANDEL	3.584.900	100.377	0,028	701.600	207.400
CORONEL MURTA	282.880	9.901	0,035		60.320
COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS	48.206	1.350	0,028		
DIAMANTINA	386.723.520	3.749.596	0,010	41.604.779	54.709.337
GRÃO MOGOL	1.097.746	101.656	0,093	800.825	299.359
ROMARIA	1.483.224	74.161	0,050	3.073.900	20.081.725
SERRO	25.724.353	796.734	0,031	1.769.019	1.808.535
VARGEM DA LAPA	3.956.511	1.039.161	0,263		
PARANÁ	53.079	1.018	0,019		
TELEMACO BORBA	53.079	1.018	0,019		

QUADRO 13 - Reservas Brasileira de diamante (DNPM - DEM, 1996).

UF	BRUTA (M³)					BENEFICIADA (α)				
	CONTIDO NA PRODUC.	PRODUÇÃO	DESTINOS DA PRODUÇÃO			VARIAÇÃO DO ESTOQUE	CONTIDO NA PRODUC.	PRODUÇÃO	DESTINADAS AO MERCADO	VARIAÇÃO DO ESTOQUE
	(1)		TRATAM.	TRANSF.	VENDA	(2)	(1)			(2)
TOTAL	83.638	10.173.753	10.169.037			4.716	676.269	676.269	703.321	(27.052)
MT (C)	3.418	88.991	83.991			4.716	2.888	2.888	2.860	20
MG (C)	80.158	10.080.869	10.080.869				56.460	56.460	83.599	(27.139)
PR (C)	62	4.150	4.150				59	59		59
ZZ (E)							616.862	616.862	616.862	

Notas: (C) - Concessão de Lavra (R) - Lavra Rudimentar (1) - Mesma unidade do contido na Reserva Medida (2) - Diferença entre Estoque final e inicial. Quando negativa representada entre parenteses ZZ - Ufs não especificadas (E) - Dados estimados.

QUADRO 14 - Quantidade produzida de diamantes em 1995 (DNPM-DEM 1996)

UF	VALOR DA PRODUÇÃO BRUTA		VALOR DA PRODUÇÃO BENEFICIADA		TOTAL GERAL	
			UNITÁRIO (R\$ / ct)	TOTAL (R\$)	R\$	US\$
TOTAL			112,76	76.257.395	76.257.395	83.250.431
MG			110,69	6.249.557	6.249.557	6.822.661
MT			104,72	302.431	302.431	330.165
ZZ			113,00	69.705.406	69.705.406	76.097.605

Nota: (1) Valor unitário de transferência ZZ - Ufs não especificadas, taxa média cambial para compra (R\$ / US\$) = 0.916

QUADRO 15 - Valor da produção de diamantes em 1995 (DNPM-DEM 1996)

FOTO 42 - Garimpo em aluviões atuais, empregando desmonte hidráulico e draga de sucção (Ribeirão São Tomé, município de Itirapuã (MG) - Folha Capetinga (IPT 1990b).

FOTO 43 - Garimpo abandonado em terraço do rio Santa Bárbara. Notar a degradação do terreno (Z-63).

Em 1987, estimava-se a existência de cerca de 150 garimpeiros na região francana, com uma produção local de 1000 a 5000 ct/ano de diamantes lapidáveis (1ct = 1 quilate = 100 pontos = 0,2 g); comércio de 50.000 a 80.000 ct/ano na Praça Barão de Franca; 5 empresas organizadas e várias oficinas artesanais (80 rodas, 80 serras e 40 tornos), responsáveis pela lapidação de 10.000 ct/ano (Gonçalves e Algarte, 1988).

A exploração de diamantes na região francana é conhecida de longa data. Tratam-se de garimpos rudimentares, sejam na prospecção, avaliação ou lavra dos depósitos, trazendo frequentemente reflexos nocivos ao meio ambiente, inutilizando extensões consideráveis de terra e contribuindo para o assoramento dos cursos d'água e degradação no terreno (Foto 42-pg.95). Os depósitos são de pequeno porte, lavrados em períodos de maior ou menor intensidade.

A prospecção de novos depósitos é feita de modo empírico, quase sempre ao lado de cavas antigas ou em trechos de aluviões anteriormente explotados, sendo comum mais de uma fase de garimpagem, pois, ao lado de cavas antigas com pilhas de cascalho já coberto por vegetação, foram observadas cavas mais recentes. Na prospecção leva-se em conta os minerais satélites, "formas", que acompanham o diamante por similaridade densimétrica ou de resistência ao desgaste. A relação desses minerais e a designação dada pelos garimpeiros é apresentada no Quadro 16-pg.98.

As mineralizações estão associadas a aluviões atuais e terraços constituindo concentrações secundárias, segundo o modelo de depósito de diamante reciclado. Os principais aluviões e terraços diamantíferos estão distribuídos ao longo dos rios Canoas, Sapucaizinho e Santa Bárbara, onde se verificam teores de 0,02 a 0,18 ct/m³, com cerca de 70 a 80% de gemas (Etchebehere *et al.* 1991).

Referências sobre as ocorrências diamantíferas da região francana, incluem trabalhos de Bardet (1977), Leite *et al.* (1984), CPRM (1984), IPT (1990b), Ponçano *et al.* (1992), entre outros.

7.2.1 Contexto Geológico - Fontes do diamante

A área é abrangida por unidades fanerozóicas da Bacia do Paraná e em menor extensão, por rochas do embasamento pré-cambriano. Ambos os conjuntos são recobertos por depósitos sedimentares inconsolidados (eluvios, coluvios e aluviões), também potencial em termos diamantíferos. As rochas da Bacia do Paraná são constituídas além de sedimentos, por rochas básicas intrusivas e extrusivas.

FOTO 44 - Cava do garimpo ativo da Fazenda do Barro Preto. O material de cor marrom avermelhada refere-se ao capeamento arenoso coluvionar, dificultando a exploração dos níveis conglomeráticos (Z-65).

As unidades pré-cambrianas afloram no extremo nordeste da área, junto ao vale do Rio Grande. Pela posição estratigráfica são referidas por alguns autores como Grupo Canastra (Barbosa *et al.*, 1970). Predominam quartzitos, quartzomicaxistos, micaxistos feldspáticos, biotita e/ou moscovita xisto, xistos granatíferos, clorita xistos, metabasitos, metaultrabasitos, milonitos e cataclasitos (IPT, 1981a). Estas rochas são fortemente cizalhadas e podem incluir cristais de cianita, epidoto, rutilo, turmalina, zircão, estauroлита, granada, etc, os quais são também observados na análise dos minerais pesados presentes na Formação Franca.

A associação secundária, obtida pelo estudo dos minerais transparentes e não micáceos, constitui-se, predominantemente, de cianita, turmalina, zircão, estauroлита, rutilo, monazita, epidoto, granada, esfalerita e anatásio. A magnetita é o “pesado” mais abundante nas amostras analisadas. Não foi observado, em nenhuma das amostras analisadas e em nenhum depósito da região, a ocorrência de piropo entre os satélites. Os Quadros 4 (pg.51) e 16 (pg.98), mostram respectivamente a composição mineralógica dos pesados da Formação Franca e os principais satélites dos garimpos de diamantes da região francana.

Mineral ou rocha	Jargão garimpeiro	Fórmula química* ou composição química	Peso específico
anatásio	chumbada ou sericória	TiO ₂	3,9
calcedônia	olho de peixe	SiO ₂	2,57 - 2,64
cianita	palha de arroz	Al ₂ SiO ₅	3,56 - 3,66
corindom	campina	Al ₂ O ₃	4 - 4,1
crisoberilo	crisota	BeAl ₂ O ₄	3,75
epídoto	esverdeada	Ca ₂ FeAl ₂ O.H(Si ₂ O ₇)	3,35 - 3,45
goethita (+ quartzo)	canjica	HFeO ₂	3,3 - 4,5
gorceixita (+ goethita)	marumbé	BeAl ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₅ H ₂ O	3,04 - 3,19
granada	granada (<i>sic</i>)	A ₃ B ₂ (SiO ₄) ₃	3,5 - 4,32
ilmenita	agulha ou fundinho	FeTiO ₃	4,7
itabirito	lacre	quartzo+hematita	
limonita	feijão	2Fe ₂ O ₄ .3H ₂ O	3,6 - 4
magnetita	cativo de ferro ou caboclo lustroso	FeFe ₂ O ₄	5,18
monazita	ogó	(Ce, La, Y, Th)(PO ₄)	4,6 - 5,4
quartzo (cristal)	dente de cão ou cristal	SiO ₂	2,65
rutilo	ferragem	TiO ₂	4,18 - 4,25
Sílex	caboclo ou caboclinho	SiO ₂	2,65
turmalina ou turmalinito	pretinha	(Na,Ca, Y) (Al, Li, Mg) (Al,Fe,Mg) ₆ (BO ₃) ₃ (Si ₆ O ₁₈) (OH) ₄	3,22

LAPEDES (1978)

QUADRO 16 - Principais satélites do diamante nos garimpos da região de Franca

Com relação às possíveis fontes que contribuíram isolada ou conjuntamente para os atuais depósitos diamantíferos, observa-se que: *a*)- os diamantes são encontrados em aluviões de várzeas e terraços; *b*)- dentre os garimpos visitados, parecem ser mais produtivos os instalados em várzeas; *c*)- a garimpagem é mais intensa nos aluviões situados nos setores de planaltos rebaixados; e há também garimpos no reverso do Planalto de Franca (evoluído a partir da Superfície do Japi), embora em menor proporção. Estas observações são indicativas de uma proveniência de diamantes das porções planálticas mais elevadas, passando por concentrações sucessivas através de processos fluviais.

No que se refere à fonte primária, cabe considerar os kimberlitos pré-cambrianos mineralizados. Estas rochas não foram ainda reconhecidas no Brasil, supondo-se sua existência em função das próprias rochas originalmente detríticas, proterozóicas, portadoras de diamantes. Em outros países do mundo, especialmente na Plataforma Russa, ocorrem metakimberlitos, em geral diques, que apresentam teores mais elevados que os próprios kimberlitos (IPT, 1990a). As rochas detríticas pré-cambrianas (conglomerados), portadoras de diamantes, tem sido referido, como pertencente ao Complexo Furnas (CPRM 1978); à base da Formação Ibiá e às formações glaciais infra-Bambu, das quais a Formação Jequitai, por exemplo, é diamantífera (Tompkins & Gonzaga 1989).

A Formação Aquidauana abrange uma pequena faixa de exposição nas imediações do baixo curso do rio das Canoas, com espessuras de até 50 metros (Soares *et al.* 1973). Esta unidade engloba sedimentos essencialmente arenosos, diamictitos e lamitos subordinados, de cor avermelhada, depositados em ambiente possivelmente flúvio-glacial (Foto 17-pg.30).

A hipótese de ter a Formação Aquidauana contribuído para a mineralização dos garimpos da região, deve ser considerada levando-se em conta a similaridade dos pesados desta formação e dos satélites da região, ou sejam, magnetita, ilmenita, rutilo, turmalina, cianita, zircão, anátasio, vesuvianita e estauroлита.

Oppenheim (1936) apontou os sedimentos glaciais do Grupo Tubarão como fonte secundária dos diamantes da região do Tibagi (PR). Leite *et al.* (1984), relacionaram a ocorrência de diamantes em fácies conglomeráticas da Formação Aquidauana no Mato Grosso, localizado nas margens do rio Água Suja

Em termos de possibilidades diamantífera, a Formação Piramboia é descartável, restando apenas as fácies conglomeráticas da Formação Botucatu. Vale ressaltar que na região de Romaria (MG), onde afloram litotipos da Formação Botucatu, ocorre um conglomerado basal considerado diamantífero. Os trabalhos de campo na região, revelaram a ocorrência destas fácies na folha visinha (Capetinga) (Foto 19 pg. 33).

Barbosa *et al.* (1970), noticiaram a ocorrência de um possível kimberlito na Fazenda Caxambu, situada cerca de 40 km a sudeste de Sacramento (MG). Se confirmado, será este o kimberlito conhecido mais próximo da área de estudo, embora não tivesse sido mencionada a ocorrência de diamantes.

Ocorre também, na área, uma enorme intrusão de diabásio, conhecida como "Sill Borda da Mata" (Soares *et al.* 1973), que tem grande importância para o estudo do diamante da região, ou seja:

- a) serviu como soleira, ou barramento rochoso durante o entalhe de cursos d' água, condicionando o estabelecimento de níveis de base locais, e, conseqüentemente, a própria deposição de aluviões, atualmente garimpados ou potencialmente explotável;
- b) propiciou a formação de corredeiras, poços e "marmitas", ou seja, um substrato irregular, propício a mecanismos de concentração e seleção de minerais pesados, inclusive o diamante; e
- c) pode ter atuado como "escudo" para eventuais diatremas kimberlíticos, devido a sua grande espessura (~ 100m.) e ao fraturamento menos intenso, relativamente aos basaltos da Formação Serra Geral.

Quanto aos basaltos da Formação Serra Geral, sua natureza não permite que tenham potencial diamantífero, pois a ocorrência de diamantes só foi relatada em álcalibasilto (Gold 1984, *apud* IPT 1990b).

Do ponto de vista do potencial diamantífero alguns aspectos devem ser destacados com relação a Formação Franca. Primeiramente, nota-se que as assembléias de minerais pesados, de suas rochas conglomeráticas (Quadro 4-pg.51), são compatíveis com os satélites dos diamantes da região, sugerindo portanto que sejam fontes secundárias deste mineral. Em segundo lugar, destaca-se a presença de um microdiamante em lâmina delgada do depósito de Restinga, descrito pelo geólogo Evaristo P. Goulart (IPT, 1981c), corroborando que a Formação Franca possa hospedar diamantes em suas *fácies* conglomeráticas.

Observa-se também que alguns garimpos e ocorrências diamantíferas estão situados a oeste das escarpas que limitam o Planalto de Franca, no âmbito de terraços aluviais, o que permite supor que os sedimentos da Formação Franca, principalmente os níveis conglomeráticos, possam ser diamantíferos. Nascentes dos rios francamente diamantíferos (Canoas e São Tomé), situados próximos a depósitos conglomeráticos da Formação Franca, localizados na Serra de Franca, junto a rodovia Franca-Ibiraci, é fato bastante sugestivo para indicar possível contribuição destes sedimentos para os depósitos diamantíferos atuais.

Ocorrem também na área, os sedimentos cenozóicos, incluindo depósitos eluviais, aluviais, coluviais e de tálus, que podem apresentar potencial diamantífero, principalmente os aluviões e os terraços fluviais de toda área, os quais estão sendo garimpados atualmente.

Os terraços se dispõem em patamares situados em torno da cota 710 m. São constituídos por depósitos conglomeráticos, com espessuras geralmente entre 20 e 40 centímetros, raramente atingindo um

T2483

metro. As cascalheiras são compostas geralmente por clastos de quartzito, laterita, quartzo, etc. As estruturas sedimentares são raras (imbricamento de seixos - Foto 37 na pg.66). Em alguns locais são observados blocos de quartzito com marcas de percução ("emburrados"), indicando faixas de atuação ^{hidrodinâmicas} hidráulica mais intensa, em canais favoráveis à seleção mineralógica e consequentemente acumulação de minearais pesados, os quais se associam elevados teores de diamantes (Foto 38-pg.66).

As cascalheiras dos terraços são geralmente capeadas por solo coluvionar (marrom avermelhado), maciço, mascarando a forma original mais plana dos terraços, dificultando o seu reconhecimento em fotos aéreas 1:25.000.

Os coluviões também não apresentam potencial diamantífero; constituem-se em depósitos mais espalhados por toda a área, recobrando as mais variadas formas de relevo e tipos de rochas, até mesmo aluviões. Quando espessos, constituem obstáculos à exploração dos níveis conglomeráticos diamantíferos sotopostos (Foto 44-pg.97)

Os depósitos de talus ocorrem nos sopés das serras e morros mais elevados, constituídos por detritos conglomeráticos, com clastos grossos. Não apresentam interesse econômico para diamantes.

Alguns autores (*i.e.* Tompkins & Gonzaga 1989), têm considerado como fonte primária dos pláceres e paleopláceres brasileiros, os kimberlitos proterozóicos intrudidos nos crátons do Amazonas e do São Francisco, atribuindo aos eventos glaciais superimpostos a dispersão de diamantes. Todavia, tendo em conta o aporte detrítico de diamantes a partir de alguns termos rudáceos da Formação Franca, as fontes primárias para as áreas diamantíferas do nordeste de Estado de São Paulo podem estar vinculadas à elevação dos arqueamentos regionais, ou seja, a flexura de Gioânia e o Soerguimento do Alto Paranaíba, possíveis alojadores de corpos kimberlíticos e lamproíticos mineralizados, passíveis de terem seus conteúdos diamantíferos remobilizados para o domínio sedimentar da Bacia do Paraná.

Neste sentido, rebaixamento cronoestratigráfico da Formação Franca, na região, implica também, direta ou indiretamente, em uma reavaliação prospectiva para os bens minerais associados, principalmente o diamante e as argilas esmectíticas.

No caso do diamante aluvionar, tendo como fonte intermediária os sedimentos da Formação Franca, a geração primária da mineralização teria o limite temporal máximo no Cretáceo Inferior, desconectada, assim, do evento tectono-magmático posterior relacionado com o soerguimento do Arco do Alto Paranaíba. Uma possível origem primária a ser investigada na região pode estar relacionada aos kimberlitos e lamproitos associados ao final do magmatismo Serra Geral.

UMA QUE
FRANCA QUE
OS KIMBERLITOS
(Pg 29) SÃO
TODOS NEOS
TÁCTOS A
(POSTERIORES A
T.M. FRANCA)

8 CONCLUSÕES

Os dados geológicos e analíticos obtidos neste trabalho, analisados de maneira integrada permitem às seguintes conclusões que se segue:

a)- Revisão do posicionamento estratigráfico dos sedimentos suprabasálticos

Os estudos realizados na borda nordeste da Bacia do Paraná, nas folhas de Franca e Pedregulho-SP, enfocando os sedimentos suprabasálticos, até então considerados ora Bauru, ora Itaqueri. A revisão do posicionamento estratigráfico destes, permitem considera-los como seqüência única, inserida no Grupo São Bento (Cretáceo). Propõe-se aqui, para esta seqüência, o *status* de Formação, ou seja, Formação Franca, visto que são atendidos os requisitos para proposição formal desta unidade estratigráfica.

b)- Reconhecimento das litofácies da Formação Franca.

Na Formação Franca, podem ser reconhecidas quatro litofácies: rudácea (Fácies A), psamítica (Fácies B), lamítica (Fácies C) e pelítica (Fácies D).

c)- Natureza sedimentológica da Formação Franca

Trata-se de uma seqüência exclusivamente detrítica imatura, incluindo desde termos conglomeráticos até fácies essencialmente argilosas. Predominam rochas arenosas de granulometria e selecionamento variado, maciças, raramente estruturadas, imaturas (mineralogicamente e texturalmente). São freqüentes a presença de conglomerados polimíticos (clastos de até 20 cm de diâmetro) e arenitos conglomeráticos. Intercalam-se, comumente, bancos de lamitos arenosos e lamitos e mais raramente argilitos.

d)- Características mineralógicas e texturais dos sedimentos da Formação Franca

As características mineralógicas, texturais dos sedimentos da Formação Franca indicam que estes se formaram em condições paleoclimáticas áridas a semi-áridas, onde constata-se a existência freqüente de clastos instáveis em climas mais úmidos (feldspatos e basaltos), estratos de natureza arcossiana, presença de argilas esmectíticas, tanto na forma de matriz quanto constituindo camadas argilosas mais puras e a presença de ventifactos, considerados indicativos de clima quente e seco.

e)- Ambientes de Sedimentação da Formação Franca

A associação faciológica desta unidade caracteriza-se, preferencialmente, pela deposição em ambiente de alta energia, típico de sistemas de leques aluviais, envolvendo principalmente depósitos de

fluxos de massa (fácies A), secundariamente depósitos de canais (fácies B) e lençóis de escoamento (fácies C) e lacustres (fácies D).

f)- Potencial Mineral da Formação Franca

No tocante ao potencial mineral da Formação Franca, destacam-se as argilas esmectíticas e os diamantes. A revisão do posicionamento estratigráfico desta unidade implica, de certo modo, também na reavaliação prospectiva para os bens minerais associados (argilas esmectíticas e os diamantes).

g)- Tipos de argilas esmectíticas nos sedimentos da Formação Franca

Na região francana ocorrem dois tipos de depósitos de argilas esmectíticas, classificados de acordo com sua gênese: sedimentar e residual. Dessa forma, a prospecção de depósitos de argilas esmectíticas de natureza sedimentar na região deve ser analisada sob esse novo enfoque. A Formação Franca contém importantes camadas de rochas lamíticas correspondendo aos depósitos associados a fluxos de lama (argilas de natureza detrítica, ocorrência de Pedregulho) e a bacia lacustre (neoformação, ocorrência de Restinga). Tais depósitos embora estejam inseridos na mesma seqüência diferem texturalmente e mineralogicamente. No caso do depósito de Restinga provavelmente ocupou embaciamento mais perene, propiciando a ação mais efetiva de processos de decantação, não se descartando o eventual aporte de soluções de natureza hidrotermal.

h)- Ocorrência de esmectita formadas pela alteração dos basaltos

Trata-se de depósito residual esta associado à alteração (hidrotermalismo e intemperismo) dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, localizado no Morro do Sapecado (Serra da Faquinha), a leste da cidade de Pedregulho. O material alterado é composto por 42% de argila, 52% de silte e 6% de areia. Os argilominerais presentes são a esmectita (70-80%), caulinita (20-30%) e illita (0-10%).

i)- Consequências na interpretação dos recursos minerais devido a interpretação da Formação Franca como geneticamente relacionada ao Grupo São Bento

A colocação da Formação Franca no Cretáceo Inferior, não altera as suas interpretações paleoambientais, sendo que as formas dos jazimentos esperados continuam relacionados a paleolagos (*playa lake*) associados a leques aluviais. Por outro lado, a proximidade no tempo, dos processos sedimentares da Formação Franca, com o evento magmático Serra Geral, bem como as características texturais e mineralógicas do depósito de Restinga, inserido nesta seqüência, sugere a influência da contemporaneidade vulcânica na gênese desses depósitos (*i.e.* eventual contribuição hidrotermal).

j)- Ocorrências diamantíferas relacionadas a geomorfologia

Tratam-se de depósitos de pequeno porte, lavrados em forma de garimpos rudimentares e baseados na experiência dos garimpeiros. Entre os danos que causam ao meio ambiente incluem-se a degradação das terras, tornando-as impróprias para atividades agropecuárias e o assoreamento dos cursos d' água. As principais ocorrências estão associadas aos setores de planalto rebaixados topograficamente, ao longo dos rios Santa Bárbara, Sapucaizinho e das Canoas. Incluem garimpos nas várzeas e nos baixos terraços. Nas várzeas, os conglomerados aluviais diamantíferos são compostos principalmente por seixos e blocos de diabásio, basalto, quartzitos, quartzo e arenitos, bem arredondados. Nos terraços, os conglomerados têm espessuras inferiores a 1,0 m, apresentam seixos bem arredondados de quartzitos, quartzo e canga limonítica e são capeados, geralmente, por colúvios arenosos marrom-avermelhados, friáveis, com estrutura maciça e espessuras de até 8,0 m. Ocorrem diamantes pequenos, de boa qualidade, em geral bem arredondados e com superfícies foscas. Em menor número são encontrados diamantes maiores, amarelados ou com imperfeições.

k)- Possíveis Fontes do diamante

Entre as possíveis fontes do diamante francano incluem-se a Formação Franca (a mais provável), a base da Formação Botucatu e a Formação Aquidauana. Fontes primárias não podem ser descartadas. As áreas-fonte destas formações sedimentares, por sua vez, situam-se em terrenos pré-Cambrianos adjacentes, expostos à erosão durante o Paleozóico (Flexura de Goiânia) e no Mesozóico-Cenozóico (Soerguimento do Alto Paranaíba). As fontes primárias podem estar vinculadas à evolução desses arqueamentos, que são possíveis alojadores de corpos kimberlíticos e lamproíticos mineralizados, passíveis de terem seus conteúdos diamantíferos remobilizados para o domínio sedimentar da Bacia do Paraná.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de, 1954. Geologia do Centro-Oeste Mato-Grossense, DNPM, Div. Geol. Min. Bol.150. Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M. de, 1956. In "Relatório Anual do Diretor": DNPM, Div. Geol. Min. Bol., Ano 1956 p. 91.
- ALMEIDA, F.F.M. de, 1964. Grupo São Bento. Instituto Geográfico e Geológico-IGG. Bol.41, p. 85 - 101.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geol.*, v.16, n.4, p.325-349.
- ALMEIDA, F.F.M. de & BARBOSA, O. 1953. *Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. 96p. (Boletim 143).
- ALMEIDA, F.F.M. de & MELO, M.S. de. 1981. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000; nota explicativa*. São Paulo. p.46-81. (IPT. Monografia, 6).
- ALMEIDA, M. A. de; STEIN, D. P.; MELO, M. S. de; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M. de 1980. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato Grosso de Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camburiú, 1980. *Anais...* Camburiú, SBG. V.5. p.2799-2812.
- ANDRADE, S.M.de. & SOARES, P.C. 1971. Geologia de semi-detalle dp centro-leste do Estado de São Paulo. Ponta Grossa, PETROBRÁS/DESUL.(Rel. Interno 407)
- ANDREWS, P.R.A. 1992. Bentonite, fuller's earth and kaolinitic clays. Ottawa: Cannet, Energy, Mines and Resouses Canada. (Sumarary Report no 17)
- ARID, F.M. 1967. *A Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo*. São José do Rio Preto. 100p. (Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - S.J.do Rio Preto-SP).
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. da 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Bol. Div. Fom. Min., Rio de Janeiro, DNPM. Bol.136. p.7-140.
- BARCELOS, J.H. 1984. *Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo*. Rio Claro. 191p. (Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).

- BARCELOS, J.H. 1989. Influência do Soerguimento do Alto do Paranaíba na sedimentação pós-basáltica na área do Triângulo Mineiro (MG), borda NNE da Bacia do Paraná. *Geociências*, São Paulo, 8:37-54, 1989.
- BARCELOS, J.H. e SUGUIO, K. 1987. Correlação e extensão das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru, definidas em território paulista, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 6, 1987, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro: SBG. v.1, p.313-321.
- BARCELOS, J.H.; SOUZA FILHO, E. E.; FÚLFARO, V. J.; LANDIM, P. M. B.; COTTAS, L. R.; WU, F. T.; GODOY, A. M. 1983. A Formação Itaqueri: um exemplo de tectofácies. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 4, 1983. São Paulo. *Atas...* São Paulo: SBG. p.245-252.
- BARDET, M.G. 1977. *Géologie du diamant*; troisieme parte; gisements de diamante d'Asie, d'Amerique, d'Europe et d'Australasie. Paris: BRGM. 169 p. (Mémor, 83).
- BEURLIN, K. 1956. A geologia pós-Algonquiana do Sul do Estado do Mato Grosso: Brasil. *Div. Miner., Bol.* 163.
- BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. de. 1965. *Contribution to the study of the Brazilian quaternary*. *In: WRIGHT Jr, H.E. & FREY, D.G. ed. International studies on the quaternary*. New York, Geological Society of America. p. 443-451 (GSA. Special Paper, 84).
- BLATT, H. 1982. *Sedimentary Petrology*. San Francisco. USA: W.H. Freeman and Company, 564p.
- BRANDT NETO, M. 1984. *O Grupo Bauru na região centro-norte do Estado de São Paulo*. São Paulo. Instituto de Geociências, USP. (Tese de doutoramento), 2v.
- BRANDT NETO, M.; COIMBRA, A. M.; BARELLI, N.; SPILLER, L. R. 1980. Sedimentos da Serra de Itaqueri. *In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES*, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates...* São Paulo: SBG. p.63-80. (Publicação Especial, 7).
- BRAUN, O.P.G. 1970. Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. *In: Rev. Bras. de Geogr., IBGE, Guanabara*, 32(3), p.3-39.
- BRIGHETTI, J. M. P. 1994. "Faciologia dos Sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro (SP)". Instituto de Geociências da UNESP-Campus de Rio Claro, SP. (Dissertação de mestrado), 1v.
- CABRAL Jr., M. 1989. Estratigrafia e paleogeografia da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. UNESP-Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro-SP (Exame de Qualificação-Nível Mestrado).
- CABRAL Jr., M.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; HELLMEISTER Jr., Z.; COIMBRA, A. M. 1992. Revisão Estratigráfica do Mesozóico no nordeste do Estado de São Paulo. *In: 2º SIMPÓSIO DE BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS*, Rio Claro-SP. Resumos Expandidos.
- CAETANO-CHANG, M. R. e WU FU TAI 1993. A composição faciológica das formações Pirambóia e Botucatu no centro-leste paulista e a delimitação do contato entre as unidades. *In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ*. Rio Claro, Resumos: 93.

- CAILLÉRE, S. & HÉNIN, S. 1963. *Minéralogie des argiles*. Paris: Masson et Cie. Éditeurs, 355 p.
- CHAMLEY, H. 1989. *Clay sedimentology*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 623p.
- COIMBRA, A.M. 1976. *Arenitos da Formação Bauru: estudo de áreas-fonte*. São Paulo. 2v. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. Convênio FFCLRP. 1973. Mapa Geológico do Nordeste do Estado de São Paulo; escala 1:50.000.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 1978. *Projeto Mantiqueira-Furnas*; relatório final. Belo Horizonte. 7v.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 1984. *Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais*; Folha SF. 23-V-A, Franca. São Paulo. 2v.
- CONRADO, A.C. 1989. Se houver empenho, Franca pode ser um grande pólo diamantífero. *Jornal Diário da Franca*, ed. de 17.10.89, p. 3.
- CORDANI, U.G. & VANDOROS, P. 1967. Basaltic rocks in the Paraná basin. In: *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, Curitiba-PR, 207-231.
- COTTAS, L.R. & BARCELOS, J.H. 1981. Novas considerações sobre a região de Itaqueri da Serra, São Paulo. In: *SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 3, 1981, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG. v.2, p.70-76.
- DAEMON, R.F. & QUADROS, L.P. 1970. Bioestratigrafia do neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 24, 1970, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG. p.359-412.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. 1991. *Anuário mineral brasileiro*. Brasília: MME/DNPM.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. 1991. *Sumário mineral*. Brasília: DNPM. v. 12.
- ETCHEBEHERE, M.L.C., PONÇANO, W.L., SILVA, R.B. da. 1991. Garimpos de diamantes na região de Franca. *Revista do Instituto Geológico*, 12 (1/2): 67-77.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bar - A study in the significance of grain size parameters. In: *Journal of Sedimentary Petrology*, 28: 3-26.
- FLORENCE, G. & PACHECO, J. 1929. *Carta geológica do Estado de São Paulo, Brasil*, escala 1:2 000 000. São Paulo: Comissão Geográfica e Geológica.
- FREITAS, R.O. de. 1964. Grupo Bauru. São Paulo: IGG. p.126-147. (Boletim, 41).
- GOLD, D.P. 1984. A diamond exploration philosophy for the 1980s. *Earth and Mineral Sciences*, v.53, n.4, p. 37-42.
- GOMES, C.S.F. 1988. *Argilas - o que são e para que servem*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 457 p.

- GONÇALVES, N.M.M. 1987. *Transformações mineralógicas e estruturais relacionadas a alteração hidrotermal e intempérica de rochas vulcânicas básicas da Bacia do Paraná Setentrional (Região de Ribeirão Preto - SP, Brasil)*. São Paulo, 212 p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências/USP).
- GONÇALVES, E., ALGARTE, J.T. Programa de Desenvolvimento da Indústria Diamantífera na Região Nordeste do Estado de São Paulo - Reservas, Produção, Comércio, Indústria de Lapidação e Capacitação Tecnológica. São Paulo, 1988, SCT (Secretaria da Ciência e Tecnologia), 11p. (relatório interno).
- GRIM, R.E. 1962. *Applied clay mineralogy*. New York: McGraw-Hill, 442 p.
- GRIM, R.E. 1968. *Clay mineralogy*. New York, McGrawHill, 1968. 596p.
- GRIM, R.E. & GÜVEN, N. 1978. *Bentonite. Geology, mineralogy, properties and uses*. Amsterdam: Elsevier, 256 p. (Development in Sedimentology, 24).
- HARALYI, N.L.E. 1980. Carta gravimétrica do Oeste de Minas Gerais, Sudeste de Goiás e Norte de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camburiú, 1980. Anais... Camburiú, SGB, v.5, p.2639-2647.
- HASUI, Y. 1967. *Geologia das Formações Cretáceas do Oeste de Minas Gerais*. São Paulo. 88p. (Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).
- HASUI, Y. & CORDANI, U.G. 1968. Idades potássio-argônio de rochas eruptivas mesozóicas do oeste mineiro e sul de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: SBG, 1968. p.139-143.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R.; SUGUIO, K.; FUCK, G. F. 1975. *The phanerozoic tectonic evolution of the western Minas Gerais State*. An. Acad. Bras. Ci. Rio de Janeiro, v.47, n.3/4, p.431-438, 1975.
- HUBERT, J.F. 1962. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and interdependence of the composition of heavy minerals assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sed. Petrol.*, v.32, n.3, p. 440-450.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO-IGG. 1947. Carta geológica do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000, São Paulo.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO-IGG. 1963. Mapa geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000, São Paulo.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981. Inventário Cartográfico do Estado de São Paulo. Publicação IPT N° 1180.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981a. Mapa geológico do Estado de São Paulo - escala 1:500 000. São Paulo. 2 v. (IPT. Série Monografias, 6).

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981b. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo - escala 1:500 000. São Paulo. 2 v. (IPT. Série Monografias, 5.)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1981c. Mapa de jazidas e ocorrências minerais do Estado de São Paulo - escala 1:500 000. São Paulo. 3v. (IPT. Série Monografias, 4.).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1986. Pesquisa de argilas montmoriloníticas nas regiões de Franca e Pedregulho. São Paulo. (IPT. Rel.23836).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1990a. Pesquisa de argilas esmectíticas na região de Franca-Pedregulho, S.P. (IPT. Rel.28 697).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1990b. Programa de desenvolvimento da indústria diamantária da região nordeste do Estado de São Paulo. (IPT. Rel.28 611).
- JACKSON, M.L. 1959. Frequency distribution of clay mineral in major soil groups as related to factors of soil formation. *Clays and Clay Minerals*, n.6, p.133-143.
- KING, L.C. 1956. A geomorfologia do Brasil oriental. *Rev. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, v.18 (2), p.147-256.
- KNIGHT, W. C. 1898. Bentonite. *Eng. Mining J.*, 66: 491
- LANDIM, P.M.B. & RIBEIRO, M. C. 1970. Comparação entre seixos das formações Botucatu (Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). *Notícias Geomorfológicas.*, Campinas 10(19): 17:33.
- LANDIM, P.M.B., SOARES, P.C., GAMA, E.G.Jr. 1980. Estratigrafia do nordeste da Bacia sedimentar do Paraná. Curso de Especialização (Convênio IPT-UNESP).
- LAPEDES, D.N. 1978. *Mcgraw-hill Encyclopedia of the Geological Sciences*. s.e. Mcgraw-Hill. 915p.
- LARQUE, P. & WEBER, F. 1978. Technique de Preparation des Mineraux Argileux en vie de L' analyse par Diffraction des rayons X. Centre de Sedimentologie et Géochimie de la Surface - CNRS. Université Louis Pasteur. Strasbourg. 34p.
- LAVINA, E. L. e FACCINI, U. F. 1993. Formações Pirambóia e Sanga do Cabral: um episódio de desertificação da Bacia do Paraná ao final do Permiano?. In: Iº SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ. Resumos: 94-95.
- LEITE, C.R., BRANDT NETO, M., CORREIA, C.T., COIMBRA, A.M., SOUZA, A. 1984. Diamantes da região de Franca: novas considerações sobre áreas-fontes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. p. 3888-3895.
- LIMA, M.R.; MEZZALIRA, S.; DINO, R.; SAAD, A.R.. 1986. Descoberta de microflora em sedimentos do Grupo Bauru, Cretáceo do Estado de São Paulo. *Rev. IG.*, v.7, n.1/2, p.5-9.
- LIRA FILHO, D.P. de. 1973. Perfil analítico da Bentonita. DNPM, (Boletim, 4)

- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M.; DARDENE, M.A.; LOGUERCIO, S.O.C.; RAMALHO, R. 1984. As faixas de drobramento Brasília, Uruaçu e Paraguaí-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. *In: Geologia de Brasil. Edição Comemorativa de Cinquentenário. DNPM. Brasília. p.252.*
- MARTONNE, E. de 1940. Problèmes morphologiques du Brèsil tropical atlantique. *Ann. Gèograph.*, Paris, 49(277):1-27; (278-279):106-129.
- MELO, M.S. & PONÇANO, W.L. 1983. Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo. IPT. 74p. (IPT, Monografia 9)
- MEZZALIRA, S. 1966. Os fósseis do Estado de São Paulo. São Paulo: IGG. 128p. (Boletim, 45).
- MEZZALIRA, S. 1974. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do Arenito Bauru. São Paulo: *Inst. Geogr. Geol.* p.1-164. (Boletim, 51).
- MEZZALIRA, S. 1980. Aspectos paleoecológicos da Formação Bauru. *In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES*, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates...* São Paulo: SBG. p.1-14. (Publicação Especial, 7).
- MILLOT, G. 1964. Géologie des argiles. Paris: Masson et Cie. Éditeurs, 499 p.
- MILLOT, G. 1970. *Geology of clays*. Paris, Masson, 1970.
- NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. 1950. Tabela de convenção para 2θ. Applied Mathematics. Série 10. s.1.: s.c.p.
- NEMECZ, E. 1981. *Clay minerals*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 531 p.
- O' DRISCOLL, M. 1989. Bentonite: overcapacity in need of markets. *Industrial Mineral*. London. June 1989, p. 55-71. (A special review).
- OPPENHEIM, V. 1936. *Sedimentos diamantíferos do Paraná*. Rio de Janeiro. 21p. (DNPM. Avulso, 9)
- PARFENOFF, A., POMEROL, C., TOURENQ, J. 1970. Les Minéraux en Grains - méthodes d'étude et détermination. Masson et C^{ie}, Éditeurs. Paris. 578p.
- PONÇANO, W.L. 1981. As coberturas cenozóicas. *In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000; nota explicativa*. São Paulo. p.82-96. (IPT. Monografias, 6).
- PONÇANO, W.L.; STEIN, D.P.; ALMEIDA, F.F.M.; ALMEIDA, M. A.; MELO, M.S. 1982. A Formação Itaqueri e depósitos correlatos no Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32, 1982, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG. v.4, p. 1339-1350.
- PONÇANO, W.L.; BORGES, R.S.; ETCHEBEHERE, M.L.C. 1992. Avaliação preliminar do potencial diamantífero da região francana (SP). *Cadernos IG/UNICAMP*, V.2, N° 1, 54-89.
- RANZANI, G.; PENTEADO, M.M.; SILVEIRA, J.D. da. 1972. Concreções ferruginosas, paleossolos e a superfície de cimeira no Planalto Ocidental Paulista. *Geomorfologia*, São Paulo, Instituto de Geografia/USP, (31): 1-28.

- ROISENBERG, A.; GAMERMAN, N.; VIEIRA JR, N. 1984. Argilominerais em rochas basálticas inalteradas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. v. 4, p. 4241-4252.
- ROSS, C.S. & SHANNON, E.V. 1926. Minerals of bentonite and related clays and their physical properties. *J. Am. Ceram. Soc.*, 9: 77-96.
- ROSS, C.S. & HENDRICKS, S.B. 1945. *Minerals of the montmorillonite Group*. Washington, p. 23-79. (U.S. Geol. Surv. Prof. Papers, 205-B).
- RÜEGG, N.R. 1975. *Modelos de variação química na Província Basáltica do Brasil Meridional*. São Paulo, 215 p. (Tese de Livre Docência apresentada ao Instituto de Geociências/USP).
- SOARES, P.C. 1972. O limite glacial/pós-glacial do Tubarão no Estado de São Paulo. Intern. Symp. on the Carboniferous and Permian Systems in South America, São Paulo.
- SOARES, P.C. 1973. *O Mesozóico gonduânico no Estado de São Paulo*. Rio Claro-SP, 152p. (Tese de doutoramento apresentada ao Departamento de Geologia e Mineralogia da FFCL de Rio Claro).
- SOARES, P.C. 1975. Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* 5: 229-251.
- 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, Aracaju, 1973, *Anais...* Aracaju: SBG. v.1, p. 243-256.
- SOARES, P.C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A.; CASTRO, P.R.M. 1973. Geologia do nordeste do Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 27, Aracaju, 1973, *Anais...* Aracaju, SBG, v.1: 209-288.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. 1974. Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28, 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBG. v.4, p. 61-83.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. 1979. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 2, Rio Claro. Boletim de Resumos. Rio Claro, SBG. p. 30-31.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F.. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Rev. Bras. Geoc.*, v.10, n.3, p.177-185.
- SOUZA A. de., LEITE, C.R., BRANDT NETO M., CORREIA, C.T., COIMBRA, A.M. 1984. Ocorrência de rochas intrusivas no Grupo Bauru. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, Rio de Janeiro, 1984, *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, v.2, pg. 816-820
- SOUZA SANTOS, P.S. 1975. *Tecnologia de argilas - aplicada às argilas brasileiras*. São Paulo: Edgard Blücher, 2v.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Editora da Universidade de São Paulo. 317p.

- SUGUIO, K. 1980. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates...* São Paulo: SBG, p. 15-30.(Publicação Especial,7).
- SUGUIO, K. 1980a. Rochas Sedimentares. Editora da Universidade de São Paulo.
- TANNO, L. C. 1995. *Geologia e características tecnológicas das argilas esmectíticas da região de Franca-SP*. São Paulo, 105p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências/USP).
- TOMPKINS, L.A. e GONZAGA, G.M. 1989.Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel Region, Minas Gerais. *Economic Geology*, 84: 591-607.
- VELDE, B. 1985. Developments in sedimentology. *Clay Minerals*. A physico-chemical explanation of their occurrence.
- WARING, G.A. 1965. *Thermal springs of the united states and other countries of the world, a summary*. Washington: USGS. 383p. (USGS Professional Paper 492).
- WASHBURN, C.W. 1930. *Petroleum geology of the state of São Paulo - Brazil*. São Paulo: Comis. Geogr. Geol. p. 282. (Boletim, 22).
- WEAVER, C.E. 1959. *The clay petrology of sediments*. Clays Clay Min., 6th Natl. Conf. Pergamon, Oxford: 154-187
- WEAVER, C.E. & POLLARD, L. D. 1973. *The chemistry of clay minerals*. Amsterdam: Elsevier, 213 p. (Development in Sedimentology, 15).
- YAMAMOTO, J.K.; SUGUIO, K.; COIMBRA, A.M.. 1977. Caracterização sedimentológica do perfil geológico entre Franca e Rifaina. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, São Paulo, 1977. *Atas...* São Paulo, SBG. p.282-302.

ANEXO 1**MAPA DE PONTOS DE AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO GEOLÓGICA (1:100.000)**

**Mapa de Pontos de Amostragem e Descrição Geológica
das Folhas de Franca e Pedregulho - SP.**

Anexo 1

Mapa de Pontos de Amostragem e Descrição Geológica das Folhas de Franca e Pedregulho

ESCALA 1:100 000

1km 0 1 2 3 4km

Projeção Universal Transversa de Mercator

LEGENDA

- Pontos estudados
- Pontos com análise mineralógica de minerais pesados
- Pontos com outros tipos de análises
(Análise Mineralógica, Granulométrica, Petrográfica, Química e M.E.V.)
- Z-67 Identificação dos Pontos

CONVENÇÕES

- Estrada asfaltada
- Estrada não asfaltada
- Área Urbana
- Curvas de nível
(equidistância de 40 m)
- Ponto cotado
- Curso d'água

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS

Buritizal	Rifaina	Desemboque
Jeriquara	Pedregulho	Peixotos
S. José da Bela Vista	Franca	Capetinga
Batatais	Esmeril	S. Tomás de Aquino

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DE SÃO PAULO

BASE: IBGE, 1972, Folhas Topográficas, Franca (SF-23-V-A-V-1),
Pedregulho (SF-23-V-A-II-3), Escala 1:50 000.

Mapa de Pontos de Amostragem e Descrição Geológica das Folhas de Franca e Pedregulho

Zeno Hellmeister Junior, Dissertação de Mestrado
Orientador Prof. Dr. Setembrino Petri
Instituto de Geociências - USP - 1997

ANEXO 2**MAPA GEOLÓGICO E PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS MINERAIS (1:100.00)**

**Mapa Geológico e Principais Ocorrências Minerais
das Folhas de Franca e Pedregulho - SP.**

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DE SÃO PAULO

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS

Buritizal	Rifaina	Desemboque
Jeriquara	Pedregulho	Peixotos
S. José da Bela Vista	Franca	Capetinga
Batatais	Esmeril	S. Tomás de Aquino

CONVENÇÕES

- Estrada asfaltada
- Estrada não asfaltada
- Área Urbana
- Curvas de nível (equidistância de 80 m)
- Ponto cotado
- Curso d'água

BASE: CNEN/FFCLRP (1973), Mapa Geológico do Nordeste do Estado de São Paulo, escala 1:50 000; IBGE (1972) Folhas Topográficas de Franca e Pedregulho, escala 1:50 000; IPT (1981), Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000 e IPT (1986 e 1990a).

Anexo 2

Mapa Geológico e de Ocorrências Minerais das Folhas de Franca e Pedregulho

ESCALA 1:100 000

1 km 0 1 2 3 4 km

Projeção Universal Transversa de Mercator

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Qa** Aluviões
Areias, argilas e cascalhos inconsolidados
- Cs** Coberturas superficiais
Areias e cascalhos inconsolidados
- Kf** Formação Franca
Arenitos, conglomerados e lamitos
- Jksg** Formação Serra Geral
Derrames de basaltos e arenitos intertrape
- Jks** "SIII" de diabásio (Borda da Mata)
- Jkb** Formação Botucatu
Arenitos com estratificação cruzada de grande parte
- Rup** Formação Pirambóia
Arenitos e arenitos lamíticos
- CPa** Formação Aquidauana
Arenitos e diamictitos avermelhados
- pC** Grupo Canastra
Quartzitos e Xistos
- Falha fotointerpretada
- Contato fotointerpretado
- Dique de diabásio

GRUPO SÃO BENTO

RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

OCORRÊNCIAS MINERAIS

- Argilas esmectíticas
- Garimpo ativo de diamante
- Pedreira para brita (basalto)
- Argilas caulínicas
- Garimpo inativo de diamante
- Material para lastro de estrada (cascalheira com seixos de quartzito, quartzo e canga)

Mapa Geológico e de Ocorrências Minerais das Folhas de Franca e Pedregulho
Zeno Hellmeister Junior, Dissertação de Mestrado
Orientador Prof. Dr. Setembrino Petri
Instituto de Geociências - USP - 1997

ANEXO 3**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO TOTAL**

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-2A

Peso total inicial = 38.97g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 39.05g Fator de correção = 1.00

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
2.830-2.000	-1.0	2,41	6,17	10,01
2.000-1.410	-0.5	1,15	2,94	12,96
1.410-1.000	0.0	0,91	2,33	15,29
1.000-0.710	0.5	1,53	3,92	19,21
0.710-0.500	1.0	2,05	5,25	24,46
0.500-0.354	1.5	3,15	8,07	32,52
0.354-0.250	2.0	3,10	7,94	40,46
0.250-0.177	2.5	2,92	7,48	47,94
0.177-0.125	3.0	3,30	8,45	56,39
0.125-0.088	3.5	2,70	6,91	63,30
0.088-0.062	4.0	1,39	3,56	66,86
0.062-0.031	5.0	2,55	6,53	73,39
0.031-0.016	6.0	2,06	5,28	78,67
0.016-0.008	7.0	1,30	3,33	82,00
0.008-0.004	8.0	1,08	2,77	84,76
< 0.004	>9.0	5,95	15,24	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 17.90

% grânulos = 10.01

% argila = 15.24

% areia = 56.85

Classificação de Shepard (1954): areia siltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 3.48 areia muito fina

Desvio Padrão = 3.43 muito pobremente selecionado

Assimetria = 0.27 Assimetria positiva

Curtose = 0.97 mesocúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-16

Peso total inicial = 29.57g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 29.13g Fator de correção = 1.02

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,01	0,03	0,03
2.000-1.410	-0.5	0,04	0,14	0,17
1.410-1.000	0.0	0,04	0,14	0,31
1.000-0.710	0.5	0,16	0,55	0,86
0.710-0.500	1.0	0,74	2,54	3,40
0.500-0.354	1.5	1,73	5,94	9,34
0.354-0.250	2.0	1,72	5,90	15,24
0.250-0.177	2.5	1,88	6,45	21,70
0.177-0.125	3.0	2,57	8,82	30,52
0.125-0.088	3.5	2,40	8,24	38,76
0.088-0.062	4.0	0,81	2,78	41,54
0.062-0.031	5.0	1,95	6,69	48,23
0.031-0.016	6.0	0,88	3,02	51,25
0.016-0.008	7.0	1,73	5,94	57,19
0.008-0.004	8.0	1,69	5,80	62,99
< 0.004	>9.0	10,78	37,01	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 21.46

% grânulos = 0.03

% argila = 37.01

% areia = 41.50

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 5.41 silte médio

Desvio Padrão = 2.84 muito pobremente selecionado

Assimetria = -0.09 aproximadamente simétrica

Curtose = 0.58 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-17

Peso total inicial = 50.48g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 49.95g Fator de correção = 1.01

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,19	0,38	0,38
2.830-2.000	-1.0	0,21	0,42	0,80
2.000-1.410	-0.5	0,23	0,46	1,26
1.410-1.000	0.0	0,52	1,04	2,30
1.000-0.710	0.5	1,54	3,08	5,39
0.710-0.500	1.0	4,47	8,95	14,33
0.500-0.354	1.5	10,71	21,44	35,78
0.354-0.250	2.0	7,44	14,89	50,67
0.250-0.177	2.5	3,88	7,77	58,44
0.177-0.125	3.0	2,79	5,59	64,02
0.125-0.088	3.5	1,58	3,16	67,19
0.088-0.062	4.0	0,64	1,28	68,47
0.062-0.031	5.0	1,45	2,90	71,37
0.031-0.016	6.0	1,03	2,06	73,43
0.016-0.008	7.0	0,72	1,44	74,87
0.008-0.004	8.0	1,22	2,44	77,32
< 0.004	>9.0	11,33	22,68	99,99

% seixos = 0.00
 % grânulos = 0.80
 % areia = 67.67

% silte = 8.85
 % argila = 22.68

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 3.76 areia muito fina
 Desvio Padrão = 3.08 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.69 Assimetria muito positiva
 Curtose = 0.60 muito platicúrtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-18

Peso total inicial=3137.13g Peso de seixos = 268.66g
 Peso total final =3030.36g Fator de correcao= 1.04

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	44,56	1,61	1,61
2.830-2.000	-1.0	34,57	1,25	2,87
2.000-1.410	-0.5	15,36	0,56	3,42
1.410-1.000	0.0	13,06	0,47	3,89
1.000-0.710	0.5	33,03	1,20	5,09
0.710-0.500	1.0	102,17	3,70	8,79
0.500-0.354	1.5	275,79	9,99	18,78
0.354-0.250	2.0	282,70	10,24	29,01
0.250-0.177	2.5	245,83	8,90	37,91
0.177-0.125	3.0	261,19	9,46	47,37
0.125-0.088	3.5	209,72	7,59	54,97
0.088-0.062	4.0	116,00	4,20	59,17
0.062-0.031	5.0	188,21	6,82	65,98
0.031-0.016	6.0	128,29	4,65	70,63
0.016-0.008	7.0	66,07	2,39	73,02
0.008-0.004	8.0	101,40	3,67	76,69
< 0.004	>9.0	643,75	23,31	99,99

% seixos = 8.87
 % granulos = 2.61
 % areia = 51.31

% silte = 15.97
 % argila = 21.24

Classificacao de Shepard(1954): areia argilosa

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 4.27 silte grosso
 Desvio Padrao = 3.00 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.42 assimetria muito positiva
 Curtose = 0.61 muito platicurtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-20

Peso total inicial = 37.16g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 36.54g Fator de correção = 1.02

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simple:	acumulada
4.000-2.830 -1.5	0,98	2,68	2,68
2.830-2.000 -1.0	1,56	4,27	6,95
2.000-1.410 -0.5	1,18	3,23	10,18
1.410-1.000 0.0	1,59	4,35	14,53
1.000-0.710 0.5	2,93	8,02	22,55
0.710-0.500 1.0	3,90	10,67	33,22
0.500-0.354 1.5	4,50	12,32	45,54
0.354-0.250 2.0	2,33	6,38	51,92
0.250-0.177 2.5	1,35	3,69	55,61
0.177-0.125 3.0	1,32	3,61	59,22
0.125-0.088 3.5	1,26	3,45	62,67
0.088-0.062 4.0	0,74	2,03	64,70
0.062-0.031 5.0	1,95	5,34	70,03
0.031-0.016 6.0	0,88	2,41	72,44
0.016-0.008 7.0	1,15	3,15	75,59
0.008-0.004 8.0	1,18	3,23	78,82
< 0.004 >9.0	7,74	21,18	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 14.12
 % grânulos = 6.95 % argila = 21.18
 % areia = 57.74

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 3.38 areia muito fina
 Desvio Padrão = 3.55 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.48 Assimetria muito positiva
 Curtose = 0.67 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23A

Peso total inicial = 40.00g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 38.25g Fator de correção = 1.05

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simple: acumulada	
4.000-2.830 -1.5	0,07	0,18	0,18
2.830-2.000 -1.0	0,00	0,00	0,18
2.000-1.410 -0.5	0,03	0,08	0,26
1.410-1.000 0.0	0,06	0,16	0,42
1.000-0.710 0.5	0,28	0,73	1,15
0.710-0.500 1.0	0,62	1,62	2,77
0.500-0.354 1.5	1,80	4,71	7,48
0.354-0.250 2.0	2,63	6,88	14,35
0.250-0.177 2.5	3,40	8,89	23,24
0.177-0.125 3.0	4,38	11,45	34,69
0.125-0.088 3.5	3,65	9,54	44,24
0.088-0.062 4.0	1,41	3,69	47,92
0.062-0.031 5.0	3,30	8,63	56,55
0.031-0.016 6.0	1,57	4,10	60,65
0.016-0.008 7.0	1,87	4,89	65,54
0.008-0.004 8.0	0,75	1,96	67,50
< 0.004 >9.0	12,43	32,50	99,99

% seixos = 0.00
 % grânulos = 0.18
 % areia = 47.74

% silte = 19.58
 % argila = 32.50

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 4.95 silte grosso
 Desvio Padrão = 2.78 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.29 Assimetria positiva
 Curtose = 0.57 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23B

Peso total inicial = 53.13g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 51.65g Fator de correção = 1.03

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,37	0,72	0,72
2.830-2.000	-1.0	1,18	2,28	3,00
2.000-1.410	-0.5	0,93	1,80	4,80
1.410-1.000	0.0	0,67	1,30	6,10
1.000-0.710	0.5	0,93	1,80	7,90
0.710-0.500	1.0	1,34	2,59	10,49
0.500-0.354	1.5	2,85	5,52	16,01
0.354-0.250	2.0	3,76	7,28	23,29
0.250-0.177	2.5	4,53	8,77	32,06
0.177-0.125	3.0	6,43	12,45	44,51
0.125-0.088	3.5	5,92	11,46	55,97
0.088-0.062	4.0	2,90	5,61	61,59
0.062-0.031	5.0	3,90	7,55	69,14
0.031-0.016	6.0	1,42	2,75	71,89
0.016-0.008	7.0	1,01	1,96	73,84
0.008-0.004	8.0	1,03	1,99	75,84
< 0.004	>9.0	12,48	24,16	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 14.25

% grânulos = 3.00

% argila = 24.16

% areia = 58.59

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 4.34 silte grosso

Desvio Padrão = 3.12 muito pobremente selecionado

Assimetria = 0.35 Assimetria muito positiva

Curtose = 0.70 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23F

Peso total inicial = 32.22g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 31.38g Fator de correção = 1.03

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simple:	acumulada
4.000-2.830 -1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000 -1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410 -0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000 0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710 0.5	0,13	0,41	0,41
0.710-0.500 1.0	1,09	3,47	3,89
0.500-0.354 1.5	2,99	9,53	13,42
0.354-0.250 2.0	2,80	8,92	22,34
0.250-0.177 2.5	2,69	8,57	30,91
0.177-0.125 3.0	3,18	10,13	41,05
0.125-0.088 3.5	2,41	7,68	48,73
0.088-0.062 4.0	0,82	2,61	51,34
0.062-0.031 5.0	4,05	12,91	64,24
0.031-0.016 6.0	3,19	10,17	74,41
0.016-0.008 7.0	2,59	8,25	82,66
0.008-0.004 8.0	1,38	4,40	87,06
< 0.004 >9.0	4,06	12,94	99,99

% seixos = 0.00
 % grânulos = 0.00
 % areia = 51.34

% silte = 35.72
 % argila = 12.94

Classificação de Shepard (1954): areia siltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 4.23 silte grosso
 Desvio Padrão = 2.54 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.28 Assimetria positiva
 Curtose = 0.79 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-24A

Peso total inicial = 42.98g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 41.22g Fator de correção = 1.04

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,06	0,15	0,15
1.000-0.710	0.5	0,31	0,75	0,90
0.710-0.500	1.0	1,16	2,81	3,71
0.500-0.354	1.5	2,60	6,31	10,02
0.354-0.250	2.0	2,68	6,50	16,52
0.250-0.177	2.5	2,57	6,23	22,76
0.177-0.125	3.0	2,95	7,16	29,91
0.125-0.088	3.5	2,52	6,11	36,03
0.088-0.062	4.0	0,91	2,21	38,23
0.062-0.031	5.0	3,05	7,40	45,63
0.031-0.016	6.0	3,53	8,56	54,20
0.016-0.008	7.0	3,79	9,19	63,39
0.008-0.004	8.0	1,60	3,88	67,27
< 0.004	>9.0	13,49	32,73	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 29.04

% grânulos = 0.00

% argila = 32.73

% areia = 38.23

Classificação de Shepard (1954): areia siltico argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 5.33 silte médio

Desvio Padrão = 2.84 muito pobremente selecionado

Assimetria = -0.09 aproximadamente simétrica

Curtose = 0.59 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-36A

Peso total inicial = 32.37g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 31.34g Fator de correção = 1.03

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas	
		simple:	acumulada
4.000-2.830 -1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000 -1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410 -0.5	0,05	0,16	0,16
1.410-1.000 0.0	0,30	0,96	1,12
1.000-0.710 0.5	1,37	4,37	5,49
0.710-0.500 1.0	2,11	6,73	12,22
0.500-0.354 1.5	2,34	7,47	19,69
0.354-0.250 2.0	1,35	4,31	23,99
0.250-0.177 2.5	0,88	2,81	26,80
0.177-0.125 3.0	0,80	2,55	29,36
0.125-0.088 3.5	0,76	2,43	31,78
0.088-0.062 4.0	0,38	1,21	32,99
0.062-0.031 5.0	1,20	3,83	36,82
0.031-0.016 6.0	0,44	1,40	38,23
0.016-0.008 7.0	0,72	2,30	40,52
0.008-0.004 8.0	2,30	7,34	47,86
< 0.004 >9.0	16,34	52,14	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 14.87

% grânulos = 0.00

% argila = 52.14

% areia = 32.99

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 6.05 silte fino

Desvio Padrão = 3.24 muito pobremente selecionado

Assimetria = -0.75 Assimetria muito negativa

Curtose = 0.57 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-36B

Peso total inicial = 29.91g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 29.09g Fator de correção = 1.03

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas	
		simple:	acumulada
4.000-2.830 -1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000 -1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410 -0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000 0.0	0,01	0,03	0,03
1.000-0.710 0.5	0,09	0,31	0,34
0.710-0.500 1.0	0,27	0,93	1,27
0.500-0.354 1.5	0,88	3,03	4,30
0.354-0.250 2.0	1,27	4,37	8,66
0.250-0.177 2.5	1,41	4,85	13,51
0.177-0.125 3.0	1,61	5,53	19,04
0.125-0.088 3.5	1,36	4,68	23,72
0.088-0.062 4.0	0,62	2,13	25,85
0.062-0.031 5.0	3,65	12,55	38,40
0.031-0.016 6.0	3,58	12,31	50,70
0.016-0.008 7.0	3,79	13,03	63,73
0.008-0.004 8.0	2,40	8,25	71,98
< 0.004 >9.0	8,15	28,02	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 46.13

% grânulos = 0.00

% argila = 28.02

% areia = 25.85

Classificação de Shepard (1954): silte argilo arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 5.69 silte médio

Desvio Padrão = 2.54 muito pobremente selecionado

Assimetria = -0.15 Assimetria negativa

Curtose = 0.71 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-36C

Peso total inicial = 41.92g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 41.89g Fator de correção = 1.00

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	1,54	3,68	3,68
2.830-2.000	-1.0	2,30	5,49	9,17
2.000-1.410	-0.5	1,40	3,34	12,51
1.410-1.000	0.0	1,65	3,94	16,45
1.000-0.710	0.5	2,80	6,68	23,13
0.710-0.500	1.0	4,61	11,01	34,14
0.500-0.354	1.5	5,67	13,54	47,67
0.354-0.250	2.0	3,34	7,97	55,65
0.250-0.177	2.5	1,90	4,54	60,18
0.177-0.125	3.0	1,29	3,08	63,26
0.125-0.088	3.5	0,86	2,05	65,31
0.088-0.062	4.0	0,50	1,19	66,51
0.062-0.031	5.0	1,70	4,06	70,57
0.031-0.016	6.0	1,81	4,32	74,89
0.016-0.008	7.0	1,68	4,01	78,90
0.008-0.004	8.0	1,79	4,27	83,17
< 0.004	>9.0	7,05	16,83	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 16.66
 % grânulos = 9.17 % argila = 16.83
 % areia = 57.34

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 3.21 areia muito fina
 Desvio Padrão = 3.55 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.49 Assimetria muito positiva
 Curtose = 0.76 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-38C

Peso total inicial = 32.14g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 31.48g Fator de correção = 1.02

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas	
		simple:	acumulada
4.000-2.830 -1.5	0,12	0,38	0,38
2.830-2.000 -1.0	0,05	0,16	0,54
2.000-1.410 -0.5	0,05	0,16	0,70
1.410-1.000 0.0	0,22	0,70	1,40
1.000-0.710 0.5	1,33	4,22	5,62
0.710-0.500 1.0	3,68	11,69	17,31
0.500-0.354 1.5	6,22	19,76	37,07
0.354-0.250 2.0	4,14	13,15	50,22
0.250-0.177 2.5	1,92	6,10	56,32
0.177-0.125 3.0	1,18	3,75	60,07
0.125-0.088 3.5	0,88	2,80	62,87
0.088-0.062 4.0	0,47	1,49	64,36
0.062-0.031 5.0	1,05	3,34	67,69
0.031-0.016 6.0	0,88	2,80	70,49
0.016-0.008 7.0	1,34	4,26	74,75
0.008-0.004 8.0	0,99	3,14	77,89
< 0.004 >9.0	6,96	22,11	99,99

% seixos = 0.00
 % grânulos = 0.54
 % areia = 63.82

% silte = 13.53
 % argila = 22.11

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 3.73 areia muito fina
 Desvio Padrão = 3.10 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.68 Assimetria muito positiva
 Curtose = 0.59 muito platicúrtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-11

Peso total inicial= 33.79g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 34.68g Fator de correcao= 0.97

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,21	0,61	0,61
2.830-2.000	-1.0	0,14	0,40	1,01
2.000-1.410	-0.5	0,08	0,23	1,24
1.410-1.000	0.0	0,10	0,29	1,53
1.000-0.710	0.5	0,49	1,41	2,94
0.710-0.500	1.0	1,04	3,00	5,94
0.500-0.354	1.5	1,86	5,36	11,30
0.354-0.250	2.0	1,75	5,05	16,35
0.250-0.177	2.5	2,42	6,98	23,33
0.177-0.125	3.0	3,86	11,13	34,46
0.125-0.088	3.5	4,52	13,03	47,49
0.088-0.062	4.0	3,02	8,71	56,20
0.062-0.031	5.0	5,25	15,14	71,34
0.031-0.016	6.0	2,79	8,04	79,38
0.016-0.008	7.0	1,78	5,13	84,52
0.008-0.004	8.0	1,03	2,97	87,49
< 0.004	>9.0	4,34	12,51	99,99

seixos = 0.00
 granulos= 1.01
 areia = 55.19

silte = 31.29
 argila= 12.51

Classificacao de Shepard(1954): areia siltica

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 4.17 silte grosso
 Desvio Padrao = 2.40 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.30 assimetria muito positiva
 Curtose = 1.11 mesocurtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-24

Peso total inicial = 39.91g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 39.01g Fator de correção = 1.02

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simple:	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,01	0,03	0,03
1.000-0.710	0.5	0,12	0,31	0,33
0.710-0.500	1.0	0,70	1,79	2,13
0.500-0.354	1.5	2,52	6,46	8,59
0.354-0.250	2.0	3,42	8,77	17,35
0.250-0.177	2.5	3,15	8,07	25,43
0.177-0.125	3.0	2,76	7,08	32,50
0.125-0.088	3.5	1,84	4,72	37,22
0.088-0.062	4.0	0,77	1,97	39,20
0.062-0.031	5.0	2,85	7,31	46,50
0.031-0.016	6.0	3,72	9,54	56,04
0.016-0.008	7.0	4,32	11,07	67,11
0.008-0.004	8.0	3,62	9,28	76,39
< 0.004	>9.0	9,21	23,61	99,99

% seixos = 0.00
 % grânulos = 0.00
 % areia = 39.20

% silte = 37.20
 % argila = 23.61

Classificação de Shepard (1954): areia siltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 5.19 silte médio
 Desvio Padrão = 2.74 muito pobremente selecionado
 Assimetria = -0.07 aproximadamente simétrica
 Curtose = 0.58 muito platycúrtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-26

Peso total inicial= 34.99g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 35.03g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,05	0,14	0,14
1.000-0.710	0.5	0,12	0,34	0,49
0.710-0.500	1.0	0,69	1,97	2,46
0.500-0.354	1.5	2,94	8,39	10,85
0.354-0.250	2.0	2,59	7,39	18,24
0.250-0.177	2.5	2,76	7,88	26,12
0.177-0.125	3.0	2,15	6,14	32,26
0.125-0.088	3.5	1,18	3,37	35,63
0.088-0.062	4.0	0,68	1,94	37,57
0.062-0.031	5.0	3,50	9,99	47,56
0.031-0.016	6.0	3,04	8,68	56,24
0.016-0.008	7.0	3,84	10,96	67,20
0.008-0.004	8.0	3,15	8,99	76,19
< 0.004	>9.0	8,34	23,81	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 38.62

% granulos= 0.00

% argila= 23.81

% areia = 37.57

Classificacao de Shepard(1954): silte arenoso

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 5.14 silte medio

Desvio Padrao = 2.77 muito pobremente selecionado

Assimetria = -0.06 aproximadamente simetrica

Curtose = 0.58 muito platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-31

Peso total inicial= 32.90g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 32.29g Fator de correcao= 1.02

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,02	0,06	0,06
0.710-0.500	1.0	0,22	0,68	0,74
0.500-0.354	1.5	1,06	3,28	4,03
0.354-0.250	2.0	1,80	5,57	9,60
0.250-0.177	2.5	3,25	10,07	19,67
0.177-0.125	3.0	4,90	15,17	34,84
0.125-0.088	3.5	4,69	14,52	49,37
0.088-0.062	4.0	2,16	6,69	56,05
0.062-0.031	5.0	3,60	11,15	67,20
0.031-0.016	6.0	1,81	5,61	72,81
0.016-0.008	7.0	1,92	5,95	78,76
0.008-0.004	8.0	1,60	4,96	83,71
< 0.004	>9.0	5,26	16,29	99,99

seixos = 0.00 silte = 27.66
 granulos= 0.00 argila= 16.29
 areia = 56.05

Classificacao de Shepard(1954): areia siltica

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 4.63 silte grosso
 Desvio Padrao = 2.49 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.52 assimetria muito positiva
 Curtose = 0.80 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-32

Peso total inicial= 30.88g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 31.30g Fator de correcao= 0.99

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,02	0,06	0,06
0.710-0.500	1.0	0,06	0,19	0,26
0.500-0.354	1.5	0,52	1,66	1,92
0.354-0.250	2.0	0,89	2,84	4,76
0.250-0.177	2.5	1,38	4,41	9,17
0.177-0.125	3.0	2,25	7,19	16,36
0.125-0.088	3.5	2,85	9,11	25,46
0.088-0.062	4.0	2,07	6,61	32,08
0.062-0.031	5.0	6,05	19,33	51,41
0.031-0.016	6.0	3,09	9,87	61,28
0.016-0.008	7.0	2,54	8,12	69,39
0.008-0.004	8.0	1,69	5,40	74,79
< 0.004	>9.0	7,89	25,21	99,99

seixos = 0.00
 granulos= 0.00
 areia = 32.08

silte = 42.72
 argila= 25.21

Classificacao de Shepard(1954): silte argilo arenoso

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 5.41 silte medio
 Desvio Padrao = 2.38 muito pobremente selecionado
 Assimetria = 0.22 assimetria positiva
 Curtose = 0.63 muito platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-36

Peso total inicial= 32.32g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 31.05g Fator de correcao= 1.04

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,06	0,19	0,19
0.710-0.500	1.0	0,21	0,68	0,87
0.500-0.354	1.5	0,62	2,00	2,87
0.354-0.250	2.0	0,87	2,80	5,67
0.250-0.177	2.5	1,17	3,77	9,44
0.177-0.125	3.0	1,85	5,96	15,39
0.125-0.088	3.5	3,33	10,72	26,12
0.088-0.062	4.0	3,46	11,14	37,26
0.062-0.031	5.0	7,60	24,48	61,74
0.031-0.016	6.0	2,01	6,47	68,21
0.016-0.008	7.0	1,78	5,73	73,95
0.008-0.004	8.0	1,36	4,38	78,33
< 0.004	>9.0	6,73	21,67	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 41.06

% granulos= 0.00

% argila= 21.67

% areia = 37.26

Classificacao de Shepard(1954): silte arenoso

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 5.26 silte medio

Desvio Padrao = 2.35 muito pobremente selecionado

Assimetria = 0.34 assimetria muito positiva

Curtose = 0.76 platicurtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Am.1

Peso total inicial = 21.22g Peso de seixos = 0.00g

Peso total final = 21.45g Fator de correção = 0.99

granulometria (mm)	pesos (fi)	porcentagens retidas (g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0,0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0,5	0,00	0,00	0,00
0.710-0.500	1,0	0,01	0,05	0,05
0.500-0.354	1,5	0,02	0,09	0,14
0.354-0.250	2,0	0,07	0,33	0,47
0.250-0.177	2,5	0,16	0,75	1,21
0.177-0.125	3,0	0,42	1,96	3,17
0.125-0.088	3,5	0,62	2,89	6,06
0.088-0.062	4,0	0,34	1,59	7,65
0.062-0.031	5,0	2,85	13,29	20,93
0.031-0.016	6,0	1,32	6,15	27,09
0.016-0.008	7,0	2,35	10,96	38,04
0.008-0.004	8,0	1,41	6,57	44,62
< 0.004	>9,0	11,88	55,38	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 36.97

% grânulos = 0.00 % argila = 55.38

% areia = 7.65

Classificação de Shepard (1954): argila siltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 7.23 silte muito fino

Desvio Padrão = 1.96 pobremente selecionado

Assimetria = -0.60 assimetria muito negativa

Curtose = 0.84 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Am.2

Peso total inicial = 23.52g Peso de seixos = 0.17g

Peso total final = 23.61g Fator de correção = 1.00

granulometria (mm)	pesos (fi)	porcentagens retidas (g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1,5	0,22	0,94	0,94
2.830-2.000	-1,0	0,04	0,17	1,11
2.000-1.410	-0,5	0,04	0,17	1,28
1.410-1.000	0,0	0,02	0,09	1,37
1.000-0.710	0,5	0,07	0,30	1,66
0.710-0.500	1,0	0,06	0,26	1,92
0.500-0.354	1,5	0,37	1,58	3,50
0.354-0.250	2,0	1,08	4,61	8,11
0.250-0.177	2,5	2,92	12,46	20,56
0.177-0.125	3,0	3,20	13,65	34,22
0.125-0.088	3,5	2,51	10,71	44,92
0.088-0.062	4,0	0,77	3,28	48,21
0.062-0.031	5,0	2,70	11,52	59,73
0.031-0.016	6,0	2,06	8,79	68,52
0.016-0.008	7,0	1,97	8,40	76,92
0.008-0.004	8,0	1,03	4,39	81,31
< 0.004	>9,0	4,38	18,69	99,99

% seixos = 0.72 % silte = 32.87
 % grânulos = 1.10 % argila = 18.55
 % areia = 46.76

Classificação de Shepard (1954): areia siltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 4.87 silte grosso

Desvio Padrão = 2.52 muito pobremente selecionado

Assimetria = 0.34 assimetria muito positiva

Curtose = 0.71 platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Am.3

Peso total inicial = 23.79g Peso de seixos = 0.00g

Peso total final = 23.14g Fator de correção = 1.03

granulometria (mm)	pesos (fi)	porcentagens retidas (g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0,0	0,02	0,09	0,09
1.000-0.710	0,5	0,01	0,04	0,13
0.710-0.500	1,0	0,07	0,30	0,43
0.500-0.354	1,5	0,64	2,77	3,20
0.354-0.250	2,0	1,31	5,66	8,86
0.250-0.177	2,5	2,39	10,33	19,19
0.177-0.125	3,0	2,56	11,06	30,25
0.125-0.088	3,5	1,64	7,09	37,34
0.088-0.062	4,0	0,49	2,12	39,46
0.062-0.031	5,0	2,85	12,32	51,77
0.031-0.016	6,0	1,52	6,57	58,34
0.016-0.008	7,0	2,06	8,90	67,24
0.008-0.004	8,0	1,13	4,88	72,13
< 0.004	>9,0	6,45	27,87	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 32.67

% grânulos = 0.00 % argila = 27.87

% areia = 39.46

Classificação de Shepard (1954): areia siltico argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 5.21 silte medio

Desvio Padrão = 2.61 muito pobremente selecionado

Assimetria = 0.16 assimetria positiva

Curtose = 0.56 muito platicúrtica

Análise Granulométrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Am.5

Peso total inicial = 21.09g Peso de seixos = 0.00g

Peso total final = 20.35g Fator de correção = 1.04

granulometria (mm)	pesos (fi)	porcentagens retidas (g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0,0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0,5	0,00	0,00	0,00
0.710-0.500	1,0	0,00	0,00	0,00
0.500-0.354	1,5	0,04	0,20	0,20
0.354-0.250	2,0	0,08	0,39	0,59
0.250-0.177	2,5	0,15	0,74	1,33
0.177-0.125	3,0	0,43	2,11	3,44
0.125-0.088	3,5	0,64	3,14	6,58
0.088-0.062	4,0	0,37	1,82	8,40
0.062-0.031	5,0	2,95	14,50	22,90
0.031-0.016	6,0	2,11	10,37	33,27
0.016-0.008	7,0	2,16	10,61	43,88
0.008-0.004	8,0	2,12	10,42	54,30
< 0.004	>9,0	9,30	45,70	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 45.90

% grânulos = 0.00 % argila = 45.70

% areia = 8.40

Classificação de Shepard (1954): silte argiloso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio = 6.98 silte fino

Desvio Padrão = 1.94 pobremente selecionado

Assimetria = -0.44 assimetria muito negativa

Curtose = 0.76 platicúrtica

ANEXO 4**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA FRAÇÃO AREIA**

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-2A

Peso total inicial=704.07g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =704.07g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	36,47	5,18	5,18
1.410-1.000 0.0	28,86	4,10	9,28
1.000-0.710 0.5	48,52	6,89	16,17
0.710-0.500 1.0	65,02	9,23	25,41
0.500-0.354 1.5	99,90	14,19	39,59
0.354-0.250 2.0	98,32	13,96	53,56
0.250-0.177 2.5	92,61	13,15	66,71
0.177-0.125 3.0	104,66	14,86	81,58
0.125-0.088 3.5	85,63	12,16	93,74
0.088-0.062 4.0	44,08	6,26	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00 silte = 0.00
 granulos= 0.00 argila= 0.00
 areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)
 Diametro Medio= 1.81 areia media
 Desvio Padrao = 1.26 pobremente selecionado
 Assimetria = -0.13 assimetria negativa
 Curtose = 0.93 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-16

Peso total inicial=379.25g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =379.25g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm)	(fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	1,25	0,33	0,33
1.410-1.000	0.0	1,25	0,33	0,66
1.000-0.710	0.5	5,02	1,32	1,98
0.710-0.500	1.0	23,21	6,12	8,10
0.500-0.354	1.5	54,27	14,31	22,41
0.354-0.250	2.0	53,96	14,23	36,64
0.250-0.177	2.5	58,97	15,55	52,19
0.177-0.125	3.0	80,62	21,26	73,45
0.125-0.088	3.5	75,29	19,85	93,30
0.088-0.062	4.0	25,41	6,70	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 > 9.0		0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00 silte = 0.00
 granulos = 0.00 argila = 0.00
 areia = 100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.32 areia fina
 Desvio Padrao = 0.89 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.18 assimetria negativa
 Curtose = 0.78 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Z-17

Peso total inicial=1454.28g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =1454.28g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	9,90	0,68	0,68
1.410-1.000 0.0	22,37	1,54	2,22
1.000-0.710 0.5	66,26	4,56	6,78
0.710-0.500 1.0	192,33	13,23	20,00
0.500-0.354 1.5	460,81	31,69	51,69
0.354-0.250 2.0	320,11	22,01	73,70
0.250-0.177 2.5	166,94	11,48	85,18
0.177-0.125 3.0	120,04	8,25	93,43
0.125-0.088 3.5	67,98	4,67	98,11
0.088-0.062 4.0	27,54	1,89	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 1.60 areia media
 Desvio Padrao = 0.81 moderadamente selecionado
 Assimetria = 0.21 assimetria positiva
 Curtose = 1.19 leptocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-18

Peso total inicial=1554.85g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =1554.85g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm)	(fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	15,36	0,99	0,99
1.410-1.000	0.0	13,06	0,84	1,83
1.000-0.710	0.5	33,03	2,12	3,95
0.710-0.500	1.0	102,17	6,57	10,52
0.500-0.354	1.5	275,79	17,74	28,26
0.354-0.250	2.0	282,70	18,18	46,44
0.250-0.177	2.5	245,83	15,81	62,25
0.177-0.125	3.0	261,19	16,80	79,05
0.125-0.088	3.5	209,72	13,49	92,54
0.088-0.062	4.0	116,00	7,46	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos = 0.00 % argila = 0.00
 % areia = 100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.15 areia fina
 Desvio Padrao = 0.93 moderadamente selecionado
 Assimetria = 0.02 aproximadamente simetrica
 Curtose = 0.84 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-20

Peso total inicial=2018.53g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =2018.53g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	112,88	5,59	5,59
1.410-1.000 0.0	152,11	7,54	13,13
1.000-0.710 0.5	280,30	13,89	27,01
0.710-0.500 1.0	373,09	18,48	45,50
0.500-0.354 1.5	430,49	21,33	66,82
0.354-0.250 2.0	222,90	11,04	77,87
0.250-0.177 2.5	129,15	6,40	84,27
0.177-0.125 3.0	126,28	6,26	90,52
0.125-0.088 3.5	120,54	5,97	96,49
0.088-0.062 4.0	70,79	3,51	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 1.23 areia media
 Desvio Padrao = 1.17 pobremente selecionado
 Assimetria = 0.16 assimetria positiva
 Curtose = 1.11 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23A

Peso total inicial= 18.26g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 18.26g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,03	0,16	0,16
1.410-1.000	0.0	0,06	0,33	0,49
1.000-0.710	0.5	0,28	1,53	2,03
0.710-0.500	1.0	0,62	3,40	5,42
0.500-0.354	1.5	1,80	9,86	15,28
0.354-0.250	2.0	2,63	14,40	29,68
0.250-0.177	2.5	3,40	18,62	48,30
0.177-0.125	3.0	4,38	23,99	72,29
0.125-0.088	3.5	3,65	19,99	92,28
0.088-0.062	4.0	1,41	7,72	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos = 0.00 % argila = 0.00
 % areia = 100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.44 areia fina
 Desvio Padrao = 0.82 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.19 assimetria negativa
 Curtose = 0.89 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23B

Peso total inicial=805.92g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =805.92g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	24,77	3,07	3,07
1.410-1.000 0.0	17,84	2,21	5,29
1.000-0.710 0.5	24,77	3,07	8,36
0.710-0.500 1.0	35,69	4,43	12,79
0.500-0.354 1.5	75,90	9,42	22,21
0.354-0.250 2.0	100,14	12,43	34,63
0.250-0.177 2.5	120,65	14,97	49,60
0.177-0.125 3.0	171,25	21,25	70,85
0.125-0.088 3.5	157,67	19,56	90,42
0.088-0.062 4.0	77,24	9,58	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 0.00

% granulos= 0.00

% argila= 0.00

% areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.33 areia fina

Desvio Padrao = 1.07 pobremente selecionado

Assimetria = -0.33 assimetria muito negativa

Curtose = 1.02 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-23F

Peso total inicial= 16.11g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 16.11g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000 0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710 0.5	0,13	0,81	0,81
0.710-0.500 1.0	1,09	6,77	7,57
0.500-0.354 1.5	2,99	18,56	26,13
0.354-0.250 2.0	2,80	17,38	43,51
0.250-0.177 2.5	2,69	16,70	60,21
0.177-0.125 3.0	3,18	19,74	79,95
0.125-0.088 3.5	2,41	14,96	94,91
0.088-0.062 4.0	0,82	5,09	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00

% silte = 0.00

% granulos= 0.00

% argila= 0.00

% areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.19 areia fina

Desvio Padrao = 0.85 moderadamente selecionado

Assimetria = -0.00 aproximadamente simetrica

Curtose = 0.78 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Z-24A

Peso total inicial= 15.76g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 15.76g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000 0.0	0,06	0,38	0,38
1.000-0.710 0.5	0,31	1,97	2,35
0.710-0.500 1.0	1,16	7,36	9,71
0.500-0.354 1.5	2,60	16,50	26,21
0.354-0.250 2.0	2,68	17,01	43,21
0.250-0.177 2.5	2,57	16,31	59,52
0.177-0.125 3.0	2,95	18,72	78,24
0.125-0.088 3.5	2,52	15,99	94,23
0.088-0.062 4.0	0,91	5,77	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.19 areia fina
 Desvio Padrao = 0.90 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.04 aproximadamente simetrica
 Curtose = 0.79 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Z-36A

Peso total inicial= 10.34g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 10.34g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830-1.5		0,00	0,00	0,00
2.830-2.000-1.0		0,00	0,00	0,00
2.000-1.410-0.5		0,05	0,48	0,48
1.410-1.000 0.0		0,30	2,90	3,38
1.000-0.710 0.5		1,37	13,25	16,63
0.710-0.500 1.0		2,11	20,41	37,04
0.500-0.354 1.5		2,34	22,63	59,67
0.354-0.250 2.0		1,35	13,06	72,73
0.250-0.177 2.5		0,88	8,51	81,24
0.177-0.125 3.0		0,80	7,74	88,97
0.125-0.088 3.5		0,76	7,35	96,32
0.088-0.062 4.0		0,38	3,68	99,99
0.062-0.031 5.0		0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0		0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0		0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0		0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0		0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 1.48 areia media
 Desvio Padrao = 1.04 pobremente selecionado
 Assimetria = 0.27 assimetria positiva
 Curtose = 0.96 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Z-36B

Peso total inicial= 7.52g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 7.52g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,01	0,13	0,13
1.000-0.710	0.5	0,09	1,20	1,33
0.710-0.500	1.0	0,27	3,59	4,92
0.500-0.354	1.5	0,88	11,70	16,62
0.354-0.250	2.0	1,27	16,89	33,51
0.250-0.177	2.5	1,41	18,75	52,26
0.177-0.125	3.0	1,61	21,41	73,67
0.125-0.088	3.5	1,36	18,09	91,76
0.088-0.062	4.0	0,62	8,24	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.39 areia fina
 Desvio Padrao = 0.83 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.11 assimetria negativa
 Curtose = 0.83 platicurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Z-36C

Peso total inicial=855.97g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =855.97g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos (g)	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)		simples	acumulada
4.000-2.830	1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	0.5	49,89	5,83	5,83
1.410-1.000	0.0	58,80	6,87	12,70
1.000-0.710	0.5	99,78	11,66	24,35
0.710-0.500	1.0	164,28	19,19	43,55
0.500-0.354	1.5	202,05	23,60	67,15
0.354-0.250	2.0	119,02	13,90	81,06
0.250-0.177	2.5	67,71	7,91	88,97
0.177-0.125	3.0	45,97	5,37	94,34
0.125-0.088	3.5	30,65	3,58	97,92
0.088-0.062	4.0	17,82	2,08	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

§ seixos = 0.00 § silte = 0.00
 § granulos= 0.00 § argila= 0.00
 § areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 1.15 areia media
 Desvio Padrao = 1.04 pobremente selecionado
 Assimetria = 0.05 aproximadamente simetrica
 Curtose = 1.18 leptocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Z-38C

Peso total inicial=1492.18g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final =1492.18g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada
4.000-2.830-1.5	0,00	0,00 0,00
2.830-2.000-1.0	0,00	0,00 0,00
2.000-1.410-0.5	3,71	0,25 0,25
1.410-1.000 0.0	16,34	1,10 1,34
1.000-0.710 0.5	98,79	6,62 7,96
0.710-0.500 1.0	273,33	18,32 26,28
0.500-0.354 1.5	461,99	30,96 57,24
0.354-0.250 2.0	307,50	20,61 77,85
0.250-0.177 2.5	142,61	9,56 87,41
0.177-0.125 3.0	87,64	5,87 93,28
0.125-0.088 3.5	65,36	4,38 97,66
0.088-0.062 4.0	34,91	2,34 99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00 99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00 99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00 99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00 99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00 99,99

seixos = 0.00
 granulos= 0.00
 areia =100.00

silte = 0.00
 argila= 0.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 1.49 areia media
 Desvio Padrao = 0.81 moderadamente selecionado
 Assimetria = 0.22 assimetria positiva
 Curtose = 1.21 leptocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Am -1

Peso total inicial= 1.64g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 1.64g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,00	0,00	0,00
0.710-0.500	1.0	0,01	0,61	0,61
0.500-0.354	1.5	0,02	1,22	1,83
0.354-0.250	2.0	0,07	4,27	6,10
0.250-0.177	2.5	0,16	9,76	15,85
0.177-0.125	3.0	0,42	25,61	41,46
0.125-0.088	3.5	0,62	37,80	79,27
0.088-0.062	4.0	0,34	20,73	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00 silte = 0.00
 granulos= 0.00 argila= 0.00
 areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 3.05 areia muito fina
 Desvio Padrao = 0.52 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.27 assimetria negativa
 Curtose = 0.98 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Am.-2

Peso total inicial= 11.04g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 11.04g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,04	0,36	0,36
1.410-1.000	0.0	0,02	0,18	0,54
1.000-0.710	0.5	0,07	0,63	1,18
0.710-0.500	1.0	0,06	0,54	1,72
0.500-0.354	1.5	0,37	3,35	5,07
0.354-0.250	2.0	1,08	9,78	14,86
0.250-0.177	2.5	2,92	26,45	41,30
0.177-0.125	3.0	3,20	28,99	70,29
0.125-0.088	3.5	2,51	22,74	93,03
0.088-0.062	4.0	0,77	6,97	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

% seixos = 0.00 % silte = 0.00
 % granulos= 0.00 % argila= 0.00
 % areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.64 areia fina
 Desvio Padrao = 0.61 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.07 aproximadamente simetrica
 Curtose = 0.98 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Am.-3

Peso total inicial= 9.13g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 9.13g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,02	0,22	0,22
1.000-0.710	0.5	0,01	0,11	0,33
0.710-0.500	1.0	0,07	0,77	1,10
0.500-0.354	1.5	0,64	7,01	8,11
0.354-0.250	2.0	1,31	14,35	22,45
0.250-0.177	2.5	2,39	26,18	48,63
0.177-0.125	3.0	2,56	28,04	76,67
0.125-0.088	3.5	1,64	17,96	94,63
0.088-0.062	4.0	0,49	5,37	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00
 granulos= 0.00
 areia =100.00

silte = 0.00
 argila= 0.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.50 areia fina
 Desvio Padrao = 0.66 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.07 aproximadamente simetrica
 Curtose = 0.97 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: Am.-4

Peso total inicial= 2.38g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 2.38g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,00	0,00	0,00
0.710-0.500	1.0	0,02	0,84	0,84
0.500-0.354	1.5	0,05	2,10	2,94
0.354-0.250	2.0	0,10	4,20	7,14
0.250-0.177	2.5	0,25	10,50	17,65
0.177-0.125	3.0	0,62	26,05	43,70
0.125-0.088	3.5	0,87	36,55	80,25
0.088-0.062	4.0	0,47	19,75	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00
 granulos= 0.00
 areia =100.00

silte = 0.00
 argila= 0.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 3.01 areia muito fina
 Desvio Padrao = 0.55 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.29 assimetria negativa
 Curtose = 1.01 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra:Am.-5

Peso total inicial= 1.71g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 1.71g Fator de correcao= 1.00

granulometria		pesos	porcentagens retidas	
(mm)	(fi)	(g)	simples	acumulada
4.000-2.830	-1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000	-1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410	-0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000	0.0	0,00	0,00	0,00
1.000-0.710	0.5	0,00	0,00	0,00
0.710-0.500	1.0	0,00	0,00	0,00
0.500-0.354	1.5	0,04	2,34	2,34
0.354-0.250	2.0	0,08	4,68	7,02
0.250-0.177	2.5	0,15	8,77	15,79
0.177-0.125	3.0	0,43	25,15	40,94
0.125-0.088	3.5	0,64	37,43	78,36
0.088-0.062	4.0	0,37	21,64	99,99
0.062-0.031	5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016	6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008	7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004	8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004	>9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00
 granulos= 0.00
 areia =100.00

silte = 0.00
 argila= 0.00

Classificacao de Shepard(1954):areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 3.05 areia muito fina
 Desvio Padrao = 0.53 moderadamente selecionado
 Assimetria = -0.30 assimetria negativa
 Curtose = 1.01 mesocurtica

Analise Granulometrica por Pipetagem e Peneiramento

Amostra: ZW-24

Peso total inicial= 15.29g Peso de seixos = 0.00g
 Peso total final = 15.29g Fator de correcao= 1.00

granulometria (mm) (fi)	pesos (g)	porcentagens retidas simples acumulada	
4.000-2.830 -1.5	0,00	0,00	0,00
2.830-2.000 -1.0	0,00	0,00	0,00
2.000-1.410 -0.5	0,00	0,00	0,00
1.410-1.000 0.0	0,01	0,07	0,07
1.000-0.710 0.5	0,12	0,78	0,85
0.710-0.500 1.0	0,70	4,58	5,43
0.500-0.354 1.5	2,52	16,48	21,91
0.354-0.250 2.0	3,42	22,37	44,28
0.250-0.177 2.5	3,15	20,60	64,88
0.177-0.125 3.0	2,76	18,05	82,93
0.125-0.088 3.5	1,84	12,03	94,96
0.088-0.062 4.0	0,77	5,04	99,99
0.062-0.031 5.0	0,00	0,00	99,99
0.031-0.016 6.0	0,00	0,00	99,99
0.016-0.008 7.0	0,00	0,00	99,99
0.008-0.004 8.0	0,00	0,00	99,99
< 0.004 >9.0	0,00	0,00	99,99

seixos = 0.00 silte = 0.00
 granulos= 0.00 argila= 0.00
 areia =100.00

Classificacao de Shepard(1954): areia

Parametros estatisticos de Folk & Ward (1957)

Diametro Medio= 2.18 areia fina
 Desvio Padrao = 0.80 moderadamente selecionado
 Assimetria = 0.08 aproximadamente simetrica
 Curtose = 0.88 platicurtica

ANEXO 5**DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X DA FRAÇÃO ARGILA**

AM-1

ZEN-AM1.RD

ZEN-AM10.RD

ZEN-AM16.RD

AM-2

ZENO-AM2.RD

ZE-AM20.RD

ZE-AM26.RD

AM-4

[counts]

1406

1056

756 Normal

506

306 Orient

156

Glicol

56

6

10

7

5

10

[°2 θ]

15

ZEN-AM4.RD

ZEN-AM40.RD

ZEN-AM40.RD

AM-5

[counts]

ZEN-AM5_RD

ZEN-AM5O_RD

ZEN-AM5G_RD

ZB-1

ZEN-ZB1.BD

ZEN-ZB10.BD

ZEN-ZB16.BD

Z24-b

ZEN-Z24B0.RD

ZE-Z24B0.RD

ZE-Z24B0.RD

Z36-A

ZEN-Z36A.RD

ZE-Z36A0.RD

ZE-Z36A8.RD