

RECURSOS MINERAIS DO FANEROZÓICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Marsis CABRAL JUNIOR ¹, José Francisco Marciano MOTTA ¹,
Ivan Sérgio de Cavalcanti MELLO ¹, Luiz Carlos TANNO ¹, Ayrton SINTONI ¹,
Elizete Domingues SALVADOR ², Luiz Antonio CHIEREGATTI ²

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Avenida Prof. Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária, Butantã. CEP 05508-901. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: marsis@ipt.br. (2) CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Avenida São João, 313, 1º andar. CEP 01035-000. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: cprmosp@cprm.gov.br.

- Introdução
- O Fanerozóico no Estado de São Paulo
 - Bacia do Paraná
 - Magmatismo Mesozóico e Cenozóico
 - Bacia de Santos
 - Bacias do Rifte Continental do Sudeste do Brasil
 - Bacias de Taubaté e São Paulo
 - Gráben de Sete Barras
 - Sedimentos Neocenozóicos Continentais
 - Sedimentos Neocenozóicos Costeiros
- Recursos Minerais e a Mineração no Estado de São Paulo
 - Panorama Histórico e Econômico
 - Conceitos e Classificação dos Recursos Minerais do Fanerozóico Paulista
- Minerais Industriais
 - Materiais Para Construção Civil
 - Areias e Cascalhos
 - Rochas para Brita
 - Rochas para Cantaria
 - Matérias-primas Cerâmicas
 - Argilas para Cerâmica Vermelha
 - Argilas Fundentes
 - Argilas Plásticas comuns
 - Argilas Plásticas para Cerâmica Branca
 - Argilas Refratárias
 - Caulim
 - Bauxita
 - Agrominerais
 - Fosfato
 - Rochas Carbonáticas
 - Turfa
 - Areias Industriais Silicosas
 - Argilas Bentoníticas e Descorantes
 - Outros Minerais Industriais
 - Magnetita
 - Vermiculita
 - Barita
 - Sais Evaporíticos
 - Espongólito
- Minerais Metálicos
 - Caldasito
 - Cassiterita
 - Minerais Pesados IRZM (Ilmenita, Rutilo, Zircão, Monazita)
 - Níquel
 - Ouro
- Gemas
- Recursos Energéticos
 - Série do Carvão
 - Linhito
 - Carvão
 - Rochas Oleígenas
 - Folhelhos Pirobetuminosos
 - Arenitos Betuminosos
 - Petróleo e Gás
- Águas Subterrâneas
- Considerações Finais
- Agradecimentos
- Referências Bibliográficas

RESUMO – O artigo apresenta uma síntese sobre as principais ocorrências minerais dos terrenos fanerozóicos do Estado de São Paulo, elaborada por análise crítica e interpretativa da vasta bibliografia disponível, incluindo relatórios não publicados, e trabalhos de campo. São abordados o contexto geológico, a tipologia dos depósitos e aspectos de economia mineral de 31 substâncias minerais agrupadas em cinco grandes classes (minerais industriais, minerais metálicos, gemas, recursos energéticos e água subterrânea) de três ciclos minerogênicos (ciclo sedimentar permo-carbonífero, o ciclo tectono-sedimentar mesozóico-cenozóico e o ciclo geomórfico cenozóico).

Palavras-chave: Recursos minerais, Fanerozóico, São Paulo, minerais industriais, mineração.

ABSTRACT – *M. Cabral Junior, J.F.M. Motta, I.S. de C. Mello, L.C. Tanno, A. Sintoni, E.D. Salvador, L.A. Chieriegatti – Mineral Resources from Phanerozoic of São Paulo State.* This paper presents a synthesis of the principal Phanerozoic mineral occurrences of the State of São Paulo, based on critical analysis and interpretation of the available data from publications and non-published technical

reports, and field observations. The geologic context, deposits typology and mineral economy of 31 mineral substances, grouped into five major classes (industrial minerals, metallic minerals, gems, fuel minerals and underground water resources) related to three minerogenetic cycles (Permian-Carboniferous sedimentary cycle, Mesozoic-Cenozoic tectono-sedimentary cycle, and Cenozoic geomorphic cycle).

Keywords: Mineral resources, Phanerozoic, São Paulo, industrial minerals, mining.

INTRODUÇÃO

Os terrenos fanerozóicos constituem a maior parte do substrato geológico do território do Estado de São Paulo, alojando uma ampla série de recursos minerais. Trata-se de ocorrências diversificadas, no que se refere ao contexto geológico, padrões genéticos e importância econômica. Sustentada por essa dotação mineral, há uma indústria extrativa que produz cerca de 25 variedades de substâncias e que abastece sobretudo o mercado doméstico paulista.

Este artigo apresenta uma síntese atualizada sobre o conjunto das principais substâncias minerais do Estado associadas a unidades fanerozóicas, integrando abordagens geológica, metalogenética e econômica, efetuada a partir de análise crítica dos dados que constam da ampla bibliografia disponível

sobre o tema. Congrega, além das informações publicadas e de documentos técnicos internos de empresas e centros de pesquisa, interpretação e formulação de novos conceitos, em especial sobre aspectos da geologia desses depósitos minerais.

Esta síntese contempla (1) um histórico da mineração paulista e de seu perfil econômico atual de mercados produtor e consumidor, (2) uma abordagem conceitual sobre distribuição estratigráfica, ciclos metalogenéticos e classificação dos recursos minerais e (3) a descrição dos depósitos, que incluem 31 substâncias minerais, agrupadas em cinco grandes classes – minerais industriais, minerais metálicos, gemas, recursos energéticos e água subterrânea.

O FANEROZÓICO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Os terrenos fanerozóicos correspondem a quase 80% em superfície da área do Estado, representados por:

- unidades sedimentares paleozóicas e vulcano-sedimentares mesozóicas Bacia do Paraná, ocorrendo em São Paulo a norte do paralelo 24°S e a oeste do meridiano 47°W;
- rochas intrusivas de diversos corpos alcalinos, como os maciços alcalino-carbonatíticos de Juquiá, Jacupiranga e maciços alcalinos de Cananéia e Passa-Quatro, bem como por corpos menores na forma de diques e soleiras, de caráter básico ou alcalino;
- unidades sedimentares mesozóicas e cenozóicas da Bacia de Santos na margem continental, entre os paralelos 23° e 28°S;
- unidades sedimentares cenozóicas da Bacia de Taubaté no vale do Rio Paraíba do Sul, da Bacia de São Paulo que constitui o substrato de parte da capital paulista, e do Gráben de Sete Barras no vale do Rio Ribeira de Iguape, todas inseridas no contexto regional do Rifte Continental do Sudeste do Brasil;
- sedimentos neocenozóicos continentais;
- sedimentos neocenozóicos costeiros.

As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente e de modo simplificado, a geologia e geomorfologia simplificadas do Estado.

BACIA DO PARANÁ

Os estudos na Bacia do Paraná tiveram início no começo deste século, em 1908, com I.C. White. A

partir daí, foram vários os autores que realizaram pesquisas detalhadas a respeito de sua estratigrafia e história evolutiva. Para a presente publicação foram consultados os principais trabalhos de síntese executados a partir da década de 80 (e.g., IPT, 1981a; Zalán et al., 1990; Milani et al., 1994; Milani, 1999; CPRM, 1999a, b) e outros de cunho regional (e.g., Fernandes & Coimbra, 1996; Fernandes, 1998).

A Bacia do Paraná abrange uma área total de aproximadamente 1.600.000 km², ocupando parte dos territórios do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. É classificada como uma bacia intracratônica, que remonta ao Ordoviciano-Siluriano, inteiramente desenvolvida sobre crosta continental, com preenchimento sedimentar e vulcânico, de até 7.000 m de espessura.

O preenchimento da Bacia do Paraná inicia no Neo-Ordoviciano (Figura 3) e enfeixa seis grandes seqüências limitadas por discordâncias regionais: ordoviciano-siluriano, devoniano, carbonífero-eotriássico, neotriássico-jurássico-cretáceo e neocretáceo (Milani et al., 1994).

A seqüência ordoviciano-siluriano, representada pelo Grupo Rio Ivaí não aflora no Estado de São Paulo, tendo sido reconhecida apenas na sua porção ocidental em subsuperfície. Desta forma, a porção paulista da Bacia do Paraná inicia com a seqüência devoniano do Grupo Paraná, representada pela sedimentação siliciclástica da Formação Furnas. Esta é constituída por arenitos grossos, localmente com intercalações de

arenitos finos ou mesmo sílticos, e por lentes carbonáticas. Estes depósitos são interpretados como predominantemente continentais, gerados por sistemas fluviais e leques aluviais que, em seu topo, gradam para

ambientes transicional e marinho costeiro. Está ausente no Estado a Formação Ponta Grossa, unidade superior do Grupo Paraná, com origem relacionada a um ambiente marinho litorâneo e plataformal.

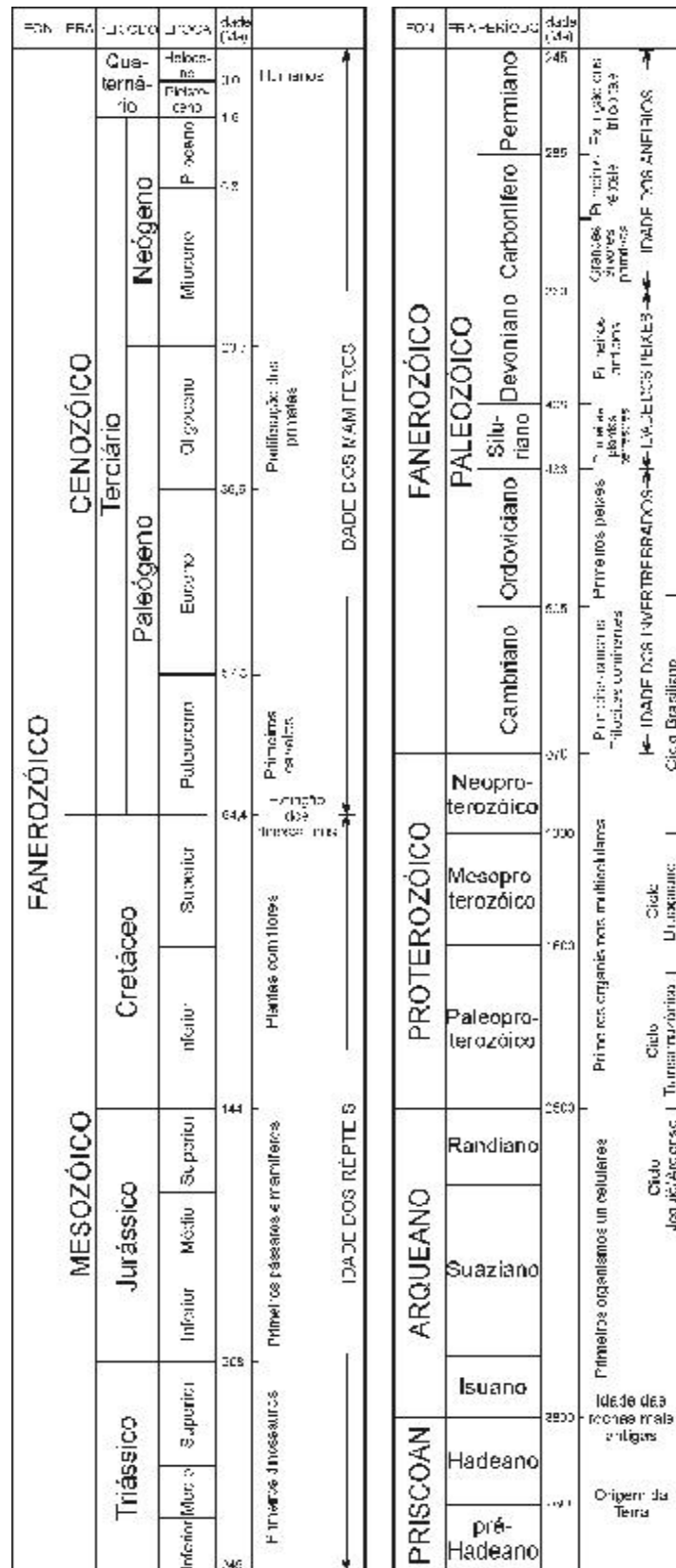


FIGURA 1. Escala do tempo geológico.



Figura 2. Geologia simplificada do Estado de São Paulo.

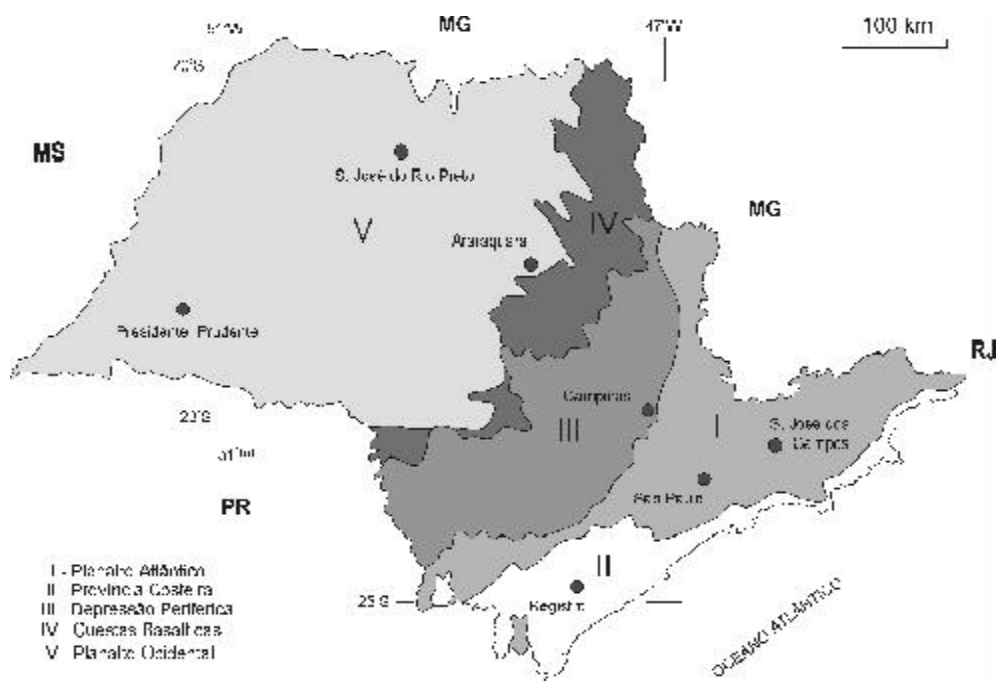


Figura 3. Províncias geomorfológicas do Estado de São Paulo (baseado em IPT, 1981 a).

No fim do Devoniano a início do Carbonífero, a Bacia do Paraná passou por um amplo soerguimento em toda a região, possivelmente relacionado à Orogenia Eo-Herciniana, determinando o fim da sedimentação do que corresponderia, segundo Zalán et al. (1990), à “primeira Bacia do Paraná”.

Como resultado desta epirogênese positiva e, ainda associado ao desenvolvimento de calotas de gelo na área, ocorre durante o Eocarbonífero um grande hiato na sedimentação da bacia. O grande aporte de detritos gerados pela posterior deglaciação, acarreta no início da sedimentação da seqüência permo-carbonífera, agora na que seria a “segunda Bacia do Paraná”.

As unidades basais desta seqüência correspondem aos depósitos do Grupo Itararé, na porção sul, e da Formação Aquidauana, na porção norte. O Grupo Itararé é constituído por sedimentos essencialmente arenosos, desde muito finos a conglomeráticos, e expressivos pacotes de diamictitos e pelitos, depositados em ambiente marinho, com forte influência glacial. A Formação Aquidauana, composta por sedimentos arenosos, intercalados a argilitos, diamictitos e conglomerados, representa porções marginais ao Grupo Itararé, com sedimentação predominantemente continental, em sistemas de leques aluviais, também com influência glacial. Estas duas unidades seriam temporalmente equivalentes e indicariam a invasão de um mar epicontinental pelo sul, cobrindo, na época, a porção meridional da bacia (Zalán et al., 1990).

A fase transgressiva, a que se submetia a Bacia do Paraná nesta época, foi momentaneamente quebrada pela invasão de uma cunha deltaica essencialmente arenosa da Formação Rio Bonito. Posteriormente, os processos transgressivos foram retomados com a sedimentação dos depósitos marinhos rasos, eminentemente pelíticos, da Formação Palermo. Estas duas formações correspondem no Estado às formações Tietê e Tatuí e integram o Grupo Guatá.

A fase transgressiva permo-carbonífera atinge seu apogeu na época correspondente à sedimentação da Formação Irati, base do Grupo Passa Dois, cujos depósitos constituídos por siltitos, argilitos, folhelhos, por vezes betuminosos, e localmente calcários, apontam para um ambiente marinho restrito, com aumento de salinidade em direção ao topo. Estes sedimentos são recobertos por argilitos, siltitos e folhelhos da Formação Serra Alta, depositados em um ambiente plataformal.

O ciclo regressivo que se segue, representado pelos depósitos das formações Teresina, Rio do Rasto e Corumbataí, unidades superiores do Grupo Passa Dois, evidencia a progressiva continentalização da bacia, a partir da sedimentação associada a ambientes maria ambientes marinhos de águas rasas, com influência de marés.

Durante o Mesotriássico, esforços compressivos resultaram em movimentações positivas em alguns setores da Bacia do Paraná, promovendo a formação de superfícies erosivas (Milani et al., 1994; Milani, 1999), posteriormente recobertas pela seqüência neotriássica-jurássica-cretácea da “terceira Bacia do Paraná”.

Os processos sedimentares seriam retomados com a instalação de sistemas continentais flúvio-eólicos associados a lagos rasos da Formação Pirambóia, neotriássica, e, posteriormente, a extensos campos de dunas da Formação Botucatu, depositados no Jurássico, ambas com sedimentação francamente arenosa. Estas foram afetadas e recobertas, no início do Cretáceo, pelos derrames basálticos e intrusões de soleiras de diabásio da Formação Serra Geral, vinculados aos processos iniciais de ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul.

Com o final das atividades vulcânicas no Cretáceo Inferior, uma nova bacia intracratônica desenvolveu-se, a Bacia Bauru, onde foi acumulada a seqüência neocretácea. A origem desta bacia estaria relacionada à subsidência causada pelo aumento de densidade derivado do resfriamento do substrato vulcânico da Formação Serra Geral. Segundo Fernandes (1998), a seqüência neocretácea seria formada por rochas siliciclásticas de origem continental, localmente associadas a vulcânicas, compreendendo dois grupos cronocorrelatos: Caiuá (formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio) e Bauru (formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília, além dos Analcimitos Taiúva). O Grupo Caiuá engloba depósitos arenosos sedimentados em ambiente eólico e o Grupo Bauru, unidades depositadas a partir de ambientes fluviais e de leques aluviais.

Os sedimentos da Bacia do Paraná são, por vezes, recobertos por depósitos mais recentes, do final do Terciário ao Quaternário. Estes sedimentos mais jovens são localmente mapeáveis e receberam nomenclaturas específicas, como é o caso das formações Pirassunganga e Rio Claro. e das coberturas da Serra de Santana e similares (IPT, 1981a, 1993).

MAGMATISMO MESOZÓICO E CENOZÓICO

O magmatismo mesozóico está registrado em diversas localidades do Estado, concentrado entre a Bacia do Paraná e a linha de costa, estando estreitamente relacionado aos movimentos de separação do Brasil e África e abertura do Oceano Atlântico.

A síntese ora apresentada foi baseada nos trabalhos de Ulbrich & Gomes (1981), IPT (1981a), Almeida (1986) e Almeida et al. (1996). Dá-se destaque aqui, às rochas magmáticas intrusivas no embasamento, já que as extrusivas e intrusivas

integrantes das bacias do Paraná e de Santos são discutidas e, outros itens.

As rochas intrusivas mesozóicas e cenozóicas presentes no Estado estão associadas a dois tipos de magmatismo: básico a intermediário e alcalino. O magmatismo básico a intermediário, de idade eocretácea, ocorre geralmente na forma de enxames de diques, associado a zonas que sofreram arqueamentos. Uma área de ocorrência bastante expressiva deste magmatismo é a região do Alinhamento de Guapiara, onde os diques seriam sincrônicos aos derrames da Bacia do Paraná. Da mesma forma, no litoral norte do Estado e na Serra do Mar ocorre uma outra importante concentração de diques básicos, estes correlatos aos basaltos eocretáceos da Formação Camboriú, na Bacia de Santos (Almeida et al., 1996).

Rochas de caráter alcalino introduzidas no embasamento ocorrem na forma de chaminés, stocks e diques e correspondem a duas fases de magmatismo. Ao primeiro grupo correspondem os complexos alcalino-carbonatíticos de Jacupiranga, Juquiá, Itapirapuã e Ipanema, e os complexos alcalinos de Itanhaém e Piedade, todos associados à atividade tectônica eocretácea.

A segunda fase de magmatismo é representada pelas ocorrências de Cananéia, Ilha de São Sebastião e Ilha do Monte de Trigo, no litoral do Estado, além dos maciços alcalinos de Passa Quatro e Poços de Caldas, na Serra da Mantiqueira. Neste grupo, as idades obtidas são do Neocretáceo ao Paleoceno.

BACIA DE SANTOS

Os sedimentos da Bacia de Santos foram estudados em detalhe pela PETROBRÁS a partir da década de 70, visando a descoberta e exploração de petróleo e gás, a exemplo do que ocorre em outras bacias da costa brasileira. Para fins desta síntese as principais fontes consultadas foram os trabalhos de Pereira et al. (1986), Macedo (1990) e Pereira & Feijó (1994).

A Bacia de Santos ocupa uma área de aproximadamente 275.000 km² no litoral do Estado. A norte é limitada com a Bacia de Campos pelo Alto de Cabo Frio, a sul, com a Bacia de Pelotas, pela Plataforma de Florianópolis, a oeste, pela Serra do Mar e se estende a leste até o Platô de São Paulo.

A história evolutiva da Bacia de Santos remonta ao Cretáceo, tendo sua origem relacionada à ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul. Pereira & Feijó (1994) reconheceram na bacia depósitos correlacionáveis a duas seqüências sedimentares: a seqüência rifte e a seqüência de margem passiva, associadas a fases distintas de evolução tectônica, separadas por um período de transição.

Segundo Macedo (1990), os esforços distensivos

de separação continental que originaram a Bacia de Santos iniciaram no Eocretáceo. Neste processo foram geradas falhas normais e importantes fissuras, através das quais houve o extravasamento dos basaltos da Formação Camboriú (Figura 4), correlacionáveis na Bacia do Paraná aos da Formação Serra Geral. Com a evolução do estiramento, a partir da acomodação dos blocos falhados, formar-se-iam calhas onde seriam depositados os sedimentos da Formação Guaratiba, provavelmente relacionados a leques aluviais prográdantes sobre lagos rasos. As formações Camboriú e Guaratiba compõem a seqüência rifte de Pereira & Feijó (1994).

Posteriormente, instalou-se na área um ambiente marinho restrito, favorecendo a deposição da espessa camada de evaporitos da Formação Ariri. Esta representa a fase de transição entre as seqüências rifte e de margem passiva.

A efetiva separação dos continentes e a entrada definitiva do mar propiciou o início da deposição da seqüência de margem passiva. Esta seqüência é composta, em sua porção inferior, pela interdigitação lateral de sedimentos da Formação Florianópolis, originados a partir de leques aluviais, com os carbonatos de plataforma da Formação Guarujá. Sobre estes últimos depositaram-se os pelitos neríticos da Formação Itanhaém, também interdigitados lateralmente com a Formação Florianópolis, marcando uma fase transgressiva na Bacia de Santos (Pereira et al., 1986).

O conjunto das formações Santos, Juréia e Itajaí-Açu, sedimentado durante o Neocretáceo, foi interpretado como um sistema costeiro-plataformatalude prográdante, com a linha de costa avançando em direção ao oceano. Neste contexto, a Formação Santos representaria uma deposição a partir de leques aluviais, rios entrelaçados e deltas; os sedimentos da Formação Juréia comporiam a porção de plataforma marinha e os pelitos da Formação Itajaí-Açu estariam relacionados a um ambiente de talude e bacia. Macedo (1990) relacionou estes depósitos a pulsos sedimentares associados a expressivas movimentações na área da Serra do Mar, sugerindo uma componente flexural para estes soerguimentos.

O final do Cretáceo está marcado por uma discordância regional, correlacionável à superfície de erosão Japi, sobre a qual se depositaram, agora em um contexto transgressivo, os sedimentos das Formações Iguape, Marambaia e, já no Quaternário, Sepetiba. Estas ocorrem interdigitadas lateralmente, sendo que a Formação Iguape representaria uma deposição em plataforma carbonática, com influência de leques aluviais e a Formação Marambaia estaria relacionada às porções de talude e bacia. A Formação Sepetiba é tida como originada a partir de leques costeiros quaternários.

PERÍODO	LITO-ESTRATIGRAFIA	
Cretáceo	Grupo Bauru	Arenitas, areiões, argilitos med. fins, margas duras e calciferações cruzadas arenosas e litos argilos e calciferações (folhelhos).
	Formação Serra Geral	Detritos de basaltos traquitos associados a seixos de diques e diques.
Jurássico	Formação Botucatu	Arenitos finos e médios localmente conglomeráticos, com estratificações cruzadas de médio a grande porte.
Triássico	Formação Pirambóia	Arenitos médios e finos localmente conglomeráticos, com estratificações cruzadas acanhadas e diques.
	Formações Rio do Res., Teresina/Ouruzama	Formação Teresina: argilos, siltilitos, calcários soltos, cocanas; Formação Ouruzama: argilos, calcários, cocanas; Formação Rio do Res.: arenitos e litos e folhelhos.
Permiano	Formação Irati	Folhelhos, folhelhos calc. finos, calcários, margas ricas em argila e argilitos.
	Formação Tatui	Siltos, siltilitos e arenos localmente arenos calcários.
	Grupo Itararé - Formação Acuidauana	Arenitos, siltilitos e folhelhos localmente calciferações.
Carbonífero	Grupo Itararé - Formação Acuidauana	Grupo Itararé: arenitos, arenitos foliosos, arenitos com matriz arenosa e calciferações conglomerados laminares, folhelhos, argilitos, localmente calciferações; Formação Acuidauana: arenitos, arenitos foliosos, arenitos rimosos, arenitos calciferações, arenitos rimosos, arenitos calciferações e siltilitos.
Devoniano	Formação Furtado Grossa	Folhelhos, folhelhos argilos, siltilitos e arenos, com marcas onduladas e frequentes distúrbios.
Siluriano	Formação Furnas	Arenitos feldspáticos grossos, arenos conglomeráticos e conglomerados calciferações, arenitos finos intercalados com folhelhos.
	Grupo Rio Itaipu	Formação Alto Gargas: conglomerados e arenos foliosos; Formação Lapão: arenitos finos e médios; Formação Valéria: arenitos, arenitos calciferações, arenitos calciferações e siltilitos.
Ordoviciano	Grupo Rio Itaipu	

FIGURA 4. Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná (modificado de Zalan et al., 1990).

BACIAS DO RIFTE CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL

As primeiras referências aos sedimentos dessas bacias remontam a A. Pissis, que em 1842 abordou as bacias de Taubaté e Resende. O presente estudo foi baseado nos trabalhos Melo et al. (1986) e Riccomini (1989), que tratam as unidades litoestratigráficas de forma conjunta nas bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil, e nos de Melo (1990) e Salvador & Riccomini (1995), de cunho mais específico.

O Rift Continental do Sudeste do Brasil apresenta-se como uma estreita faixa alongada e deprimida segundo a direção ENE, com extensão total aproximada de 800 km, abrangendo porções dos estados do Paraná (Bacia de Curitiba), São Paulo (Gráben de Sete Barras, bacias de São Paulo e de Taubaté e) e Rio de Janeiro (bacias de Resende e de Volta Redonda).

A origem das bacias e do gráben estaria relacionada aos movimentos distensivos de separação Brasil-África e abertura do Oceano Atlântico, que ocorreram a partir do Jurássico Superior. As conseqüências desse processo refletem-se também na forma de intrusões de diques básicos e magmatismo alcalino. Nesta época seriam reativados os grandes falhamentos que geraram

as serras do Mar e da Mantiqueira, condicionados em grande parte por falhas pré-cambrianas e cambro-ordovicianas.

Apesar de estar inserido no mesmo contexto geotectônico das bacias de Taubaté e São Paulo, o gráben de Sete Barras é aqui tratado separadamente por se localizar em área geográfica bastante distinta daquela das bacias, na região do baixo vale do Rio Ribeira de Iguape, no sul de São Paulo.

Bacias de Taubaté e São Paulo

Riccomini (1989) elaborou uma coluna estratigráfica integrada para as bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil, na qual se enquadram as bacias de Taubaté e São Paulo. Foram reconhecidos cinco sistemas deposicionais, gerados a partir do Paleógeno, em uma calha inicialmente contínua, ao menos entre as áreas das atuais bacias de São Paulo e Volta Redonda. Os esforços tectônicos vigentes durante o Cenozóico estariam intimamente relacionados com o tipo de sedimentação e atuariam como deformadores dos sedimentos e das bacias.

A formação da depressão original na forma de

hemigráben estaria relacionada a um regime tectônico extensional NNW-SSE inicial, de idade eocênica-oligocênica, com preenchimento sedimentar sintectônico do Grupo Taubaté, compreendendo as formações Resende, Tremembé e São Paulo.

Nesse contexto, a Formação Resende corresponde a um sistema de leques aluviais associados à planície fluvial de rios entrelaçados, de idade oligocênica. Gradualmente, este sistema de leques aluviais passa para um sistema lacustre, reconhecido na Formação Tremembé. A Formação São Paulo teria se originado por um sistema fluvial meandrante, sobreposto aos leques aluviais e ao sistema lacustre (Figura 5).

Durante o Oligoceno ocorreu uma mudança no regime de esforços. Os soerguimentos das soleiras de

Arujá individualizando as bacias de São Paulo e Taubaté, e de Queluz separando as bacias de Taubaté e Resende, estariam associados às zonas de transpressão geradas por um regime transcorrente sinistral de direção E-W. Em zonas de transtensão geradas por este mesmo regime, ter-se-ia localmente a instalação de bacias do tipo *pull-apart*, como é o caso da que acolheu a Formação Itaquaquecetuba, com idade supostamente neogênica, representada por um sistema fluvial entrelaçado (*braided*).

Posteriormente, a região teria passado por uma fase de estabilidade tectônica, propiciando condições de equilíbrio de relevo. Nestas condições ocorreria a implantação de um novo sistema fluvial meandrante na Bacia de Taubaté (Formação Pindamonhangaba),

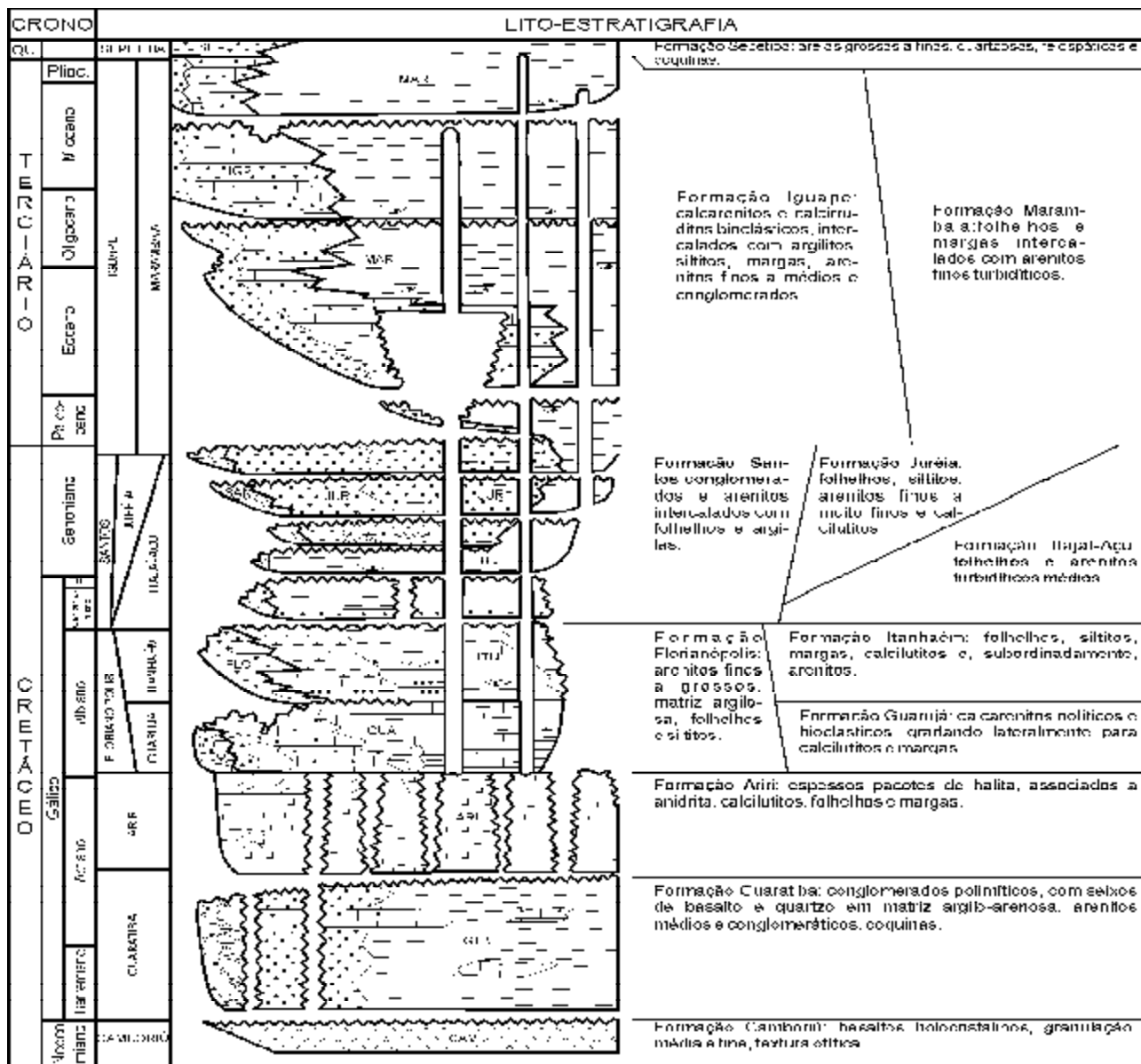


FIGURA 5. Coluna estratigráfica da Bacia de Santos (modificado de Macedo, 1990).

com idade neogênica a pleistocênica inferior (Riccomini, 1989).

Salvador & Riccomini (1995) reconheceram na área da Soleira de Queluz três eventos neotectônicos, responsáveis pela geração e deformação de sedimentos pleistocênicos e holocênicos. No final do Neógeno ou início do Pleistoceno teriam sido depositados, os sedimentos aluviais mais antigos, relacionados ao Rio Paraíba do Sul, após o que se iniciaria um evento tectônico que teria propiciado a desestabilização do relevo. Parte dos depósitos de tálus, presentes nas bordas dos maciços alcalinos de Itatiaia e Passa-Quatro, parecem estar relacionados a esta fase de instabilidade. Depósitos coluviais e colúvio-aluviais de primeira geração, hoje observados em posições de interflúvios, são também afetados por este tectonismo, de caráter transcorrente dextral, que teria sido ativo durante o Pleistoceno, correspondendo às primeiras movimentações neotectônicas.

Durante o Holoceno teria ocorrido nova mudança no campo de esforços caracterizando um regime extensional de direção E-W. Estes acarretariam novo período de instabilidade da paisagem, com retomada dos processos erosivos e fornecimento de sedimentos coluviais, colúvio-aluviais e aluviais de uma segunda geração, que entulhavam os vales das principais drenagens da região.

Uma nova etapa de atividade neotectônica, agora de caráter compressivo, de direção E-W, teria sido instalado provavelmente após o término da fase extensional anterior e perdura até o presente.

Gráben de Sete Barras

O Gráben de Sete Barras é uma depressão tectônica formada na interseção da Zona de Cisalhamento de Cubatão com o Alinhamento de Guapiara (Melo, 1990). A Formação Sete Barras, que constitui seu preenchimento sedimentar, é interpretada como originada entre o Eoceno e Oligoceno, sendo constituída por depósitos de leques aluviais coalescentes, que gradam para um ambiente lacustre nas porções mais interiores da bacia.

SEDIMENTOS NEOCENOZÓICOS CONTINENTAIS

A evolução geológica neocenozoica do território paulista é marcada por um período de atenuação da atividade tectônica, durante o qual se registraram como principais eventos a modelagem do relevo e a deposição de seqüências sedimentares pouco expressivas.

Nas áreas interioranas, a natureza destes registros sedimentares mais jovens refletem as diferentes fases climáticas (períodos quentes e úmidos e mais áridos) que se intercalaram a partir do Terciário Superior até

o Holoceno, abrangendo, basicamente, depósitos colúvio-eluviais, de leques e planícies aluviais, e lacustres.

Mais localmente, esta sedimentação deu-se em pequenas bacias estruturadas a partir de controle tectônico. Este é o caso dos sedimentos aluvionares neogênicos da Formação Rio Claro, cujos pacotes de areias, argilas e cascalhos mais preservados chegam atingir cerca de 40 m de espessura.

Depósitos colúvio-eluviais e colúvio-aluviais quaternários dispõem-se de forma generalizada em situações de interflúvios e meias encostas, prevalecendo para estes últimos ocorrências com pequena continuidade lateral.

Nos fundos de vales atuais têm-se sedimentos aluviais de espessura métrica (areias de granulometria variada, argilas predominantemente cauliniticas, cascalhos e turfas), que ocorrem associados às planícies fluviais e na forma de baixos terraços (holocênicos e pleistocênicos), em especial a montante de barramentos lito-estruturais ao longo dos principais rios (Mogi Guaçu, Pardo, Paraná, Paranapanema, Paraíba, Ribeira, entre outros).

A paisagem da sedimentação holocênica continental é completada por depósitos lacustres, circunscritos a pequenas depressões fechadas, contendo argilas e sedimentos biogênicos (turfas e esponglitos), encaixadas em relevos colinosos da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental.

SEDIMENTOS NEOCENOZÓICOS COSTEIROS

A sedimentação neocenozoica na região costeira emersa paulista apresenta-se de modo descontínuo, limitada pelas reentrâncias do relevo da Serra do Mar. No Litoral Norte, a partir da Ponta de Boracéia, os terrenos cristalinos impõem-se através de feições escarpadas que se chegam diretamente à linha de costa, permitindo apenas a intercalação de pequenas planícies e enseadas onde se alojam estreitas faixas de sedimentação quaternária. No Litoral Sul, o fronte serrano encontra-se consideravelmente afastado da orla atlântica, observando-se o desenvolvimento de planícies mais extensas, que penetram continente adentro, e que acomodam uma deposição sedimentar mais expressiva, destacando-se por sua amplitude a região do baixo Vale do Ribeira. A evolução dessa sedimentação costeira reflete diretamente a influência das variações glácio-eustática globais.

A Formação Pariqüera-Açu, como episódio mais antigo, de idade neogênica, assenta-se diretamente sobre o embasamento cristalino pré-cambriano, aflorando na região do baixo rio Ribeira, onde compõe um relevo de pequenas colinas. Sua deposição deu-se em uma bacia com controle tectônico pronunciado, sob condições de clima úmido e com nível relativo do mar

abaixo do atual (Melo, 1990). A unidade compreende depósitos fanglomeráticos de leques aluviais, que gradam lateralmente para fácies conglomeráticas, arenosas e argilosas, acumuladas em páleo-ambientes de planície fluvial meandrante, leques deltaicos e lagos.

Estratigraficamente sobrepostos, decorrentes do modelado dos principais rios que drenam a Planície Costeira, como o Ribeira e o Jacupiranga, são reconhecidos depósitos colúvio-aluviais plioceno-pleistocênicos e extensos depósitos aluviais atuais a pré-atuais em várzeas e baixos terraços.

RECURSOS MINERAIS E A MINERAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Os recursos minerais são constituintes intrínsecos do registro geológico, de modo que tipos e padrões metalogenéticos decorrem das condições evolutivas de cada segmento litosférico. Além disto, esses padrões variam ao longo do tempo, o que determina especialização metalogenética diferenciada para períodos distintos da história terrestre.

Ao se analisar os recursos minerais do Fanerozóico paulista, constata-se a presença de algumas mineralizações típicas desse período. Ocorre, assim, uma grande variedade de concentrações minerais, mais e menos importantes, vinculadas à constituição e à estruturação de suas bacias sedimentares, ou relacionadas a processos geomórficos cenozóicos. No que se refere aos recursos de origem magmática, a relativa simplicidade das manifestações ígneas desta idade no Estado, condiciona a existência de menor diversidade de bens minerais dessa categoria, sem prejuízo, no entanto, da importância econômica de alguns destes recursos.

Antes de se proceder à abordagem geológica e metalogenética dos bens minerais do Fanerozóico paulista, é oportuno tecer algumas considerações sobre o perfil da mineração no Estado, uma vez que o panorama que cerca os recursos minerais de uma determinada região estará sempre refletindo, além do estágio de seu conhecimento geológico, as características técnico-econômicas de sua mineração.

PANORAMA HISTÓRICO E ECONÔMICO

A rochas fanerozóicas do Estado compõem o substrato geológico de uma das regiões de maior atividade econômica do País, que se sobressai pelo desenvolvimento agrícola e industrial.

A vocação mineral desses terrenos, caracterizada basicamente pelo fornecimento de substâncias não-metálicas, pode ser estendida aos demais sítios geológicos de idade pré-cambriana do território paulista, e remonta aos primórdios da ocupação do Estado, quando aspectos

Na faixa litorânea ocorrem os sedimentos transicionais e marinhos da Formação Cananéia, de idade pleistocênica, que aflora na forma de terraços arenosos homogêneos, alçados alguns metros acima do nível do mar atual (Suguio & Tessler, 1992).

Uma delgada sedimentação marinha e costeira transicional recobre partes de porções entalhadas da Formação Cananéia e afeiçoa os contornos atuais do litoral paulista, sendo representada por cordões arenosos litorâneos (paleolinhas de praia), praias, mangues, turfeiras e lagunas atuais.

como clima, fisiografia e fertilidade dos solos de suas bacias sedimentares, aliadas à pouca expressão dos depósitos minerais clássicos então conhecidos, incentivaram sobretudo a implantação da atividade agrícola, em detrimento dos empreendimentos mineiros.

Mesmo assim, as primeiras descobertas de recursos minerais brasileiros, ocorridas no final do século XVI, aconteceram no domínio lítico do Fanerozóico paulista, com a localização de depósitos auríferos aluvionares no sopé do Morro do Jaraguá e do minério de ferro associado ao maciço alcalino de Ipanema (Abreu, 1973).

Nos séculos XVII e XVIII, as jazidas de ouro e diamante descobertas em Minas Gerais provocaram o primeiro grande *rush* da mineração no Brasil, incentivando a interiorização dos pólos de exploração mineral no País.

Ao mesmo tempo, a economia paulista começava a se estruturar com base na atividade agrícola, que impulsionava, por sua vez, a ocupação populacional em direção às porções interioranas, com destaque para as bacias do Paraná e de Taubaté.

Na primeira metade do Século XX, a expansão das fronteiras agrícolas continuou ditando os rumos da economia de São Paulo, propiciando o desenvolvimento industrial e a aceleração do crescimento urbano, bem como a implantação da agricultura moderna.

Tais características sócio-econômicas aliadas à aptidão de seus terrenos geológicos determinaram, definitivamente, o perfil atual da indústria mineral paulista, voltado predominantemente para o consumo interno e atuando no abastecimento da indústria de transformação (setores cerâmico, siderúrgico, cimenteiro, vidreiro, entre outros), de insumos para agricultura e, de forma vigorosa, da construção civil, participando, assim, na sustentação da expansão e consolidação do maior conglomerado urbano e industrial da América Latina nas últimas décadas (Cabral Junior & Almeida, 1999).

O volume da produção desses bens minerais é

tão expressivo que, a despeito de São Paulo não se caracterizar como um estado minerador, ele se insere entre os grandes produtores de bens minerais do País, respondendo pela extração de algo em torno de 25 variedades de minerais industriais.

Assim, dados oficiais registram que são alcançados valores de produção da ordem de R\$ 1,17 bilhões/ano, o que corresponde a 8,2% do montante da produção mineral brasileira. Com base nestes números, ocupa o quinto lugar dentre os estados produtores, apenas suplantado pelo Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pará e Rio Grande do Norte. Neste âmbito, os não-metálicos perfazem 93% da produção mineral paulista, o que corresponde a cifras anuais superiores a R\$ 1,09 bilhões (DNPM, 2000). O restante, cerca de R\$ 81 milhões, são relativos ao gás e petróleo da proveniente da Bacia de Santos.

Considerando a inconsistência e defasagem dos dados estatísticos oficiais e também a presença de uma parcela considerável de lavras não regulamentadas, admite-se que o volume efetivamente produzido no Estado supere em cerca de 1,5 a 2 vezes o valor oficialmente registrado (Cabral Junior e Almeida, 1999).

A aptidão geológica de determinadas áreas, bem como a combinação em certas regiões de condicionantes geológicos para ocorrências de jazidas de minerais industriais, principalmente daqueles de baixo valor agregado, com crescimento urbano e industrial, têm propiciado a nucleação da atividade de mineração em zonas específicas no Estado, promovendo a formação de pólos produtores regionais.

Nesse sentido, podem ser distinguidos cerca de quatro dezenas de pólos minerários, distribuídos preferencialmente nas regiões da Grande São Paulo, Vale do Paraíba, Vale do Ribeira e adjacências e no cinturão Sorocaba-Campinas-Rio Claro-Descalvado-Tambaú (Mello et al., 1997).

O Quadro 1 apresenta a relação das principais substâncias minerais não-metálicas produzidas no Estado, seus valores e volumes minerados em 1999, o contexto geológico e principais setores industriais de aplicação, com destaque aos bens minerais provenientes de rochas ou concentrações geradas no Fanerozóico. Constatou-se, assim, que cerca de 75% do valor dessa produção referem-se a quatro grupos de matérias-primas de emprego preponderante, direta ou indiretamente, na construção civil: brita e areia como agregados, calcário para cimento e cal, e argilas para fins cerâmicos. Os demais 25% da produção compreendem 17 variedades de bens minerais (incluindo-se também a água mineral), que são consumidos por uma ampla série de segmentos econômicos, destacando-se os setores cerâmico, vidreiro, agrícola, siderúrgico, de fundição, papel e celulose, e químico.

CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO FANEROZÓICO PAULISTA

Relacionados aos terrenos fanerozóicos de São Paulo, ocorrem três tipos básicos de depósitos minerais: sedimentares, ígneos e de alteração intempérica.

Os depósitos sedimentares caracterizam-se pelo condicionamento de seus processos mineralizantes à evolução tectono-sedimentar das bacias hospedeiras. Conseqüentemente, são controlados pelo regime fisiográfico e climático do sítio deposicional, podendo também ser influenciados pelas alterações físico-químicas da pilha sedimentar durante a diagênese. Nas bacias sedimentares do Estado são conhecidos depósitos de origem química (rochas carbonáticas), orgânica (turfa, linhito, carvão), uma grande variedade de depósitos clásticos (argilas, areias, gemas, minerais pesados) e alguns jazimentos mistos bioquímicos (fosforitos).

Por sua vez, os depósitos de filiação ígnea estão relacionados com a composição do magma, com o compartimento geotectônico e o ambiente geológico de alojamento do corpo magmático. Fazem parte deste contexto genético, os depósitos primários de fosfatos e carbonatos dos complexos alcalino-carbonatíticos cretáceos, e as rochas intrusivas e derrames básicos da Bacia do Paraná lavrados para brita.

As condições morfoclimáticas cenozóicas favoreceram também a formação de concentrações minerais. Trata-se de depósitos de alteração intempérica que ocorrem como coberturas residuais, capeando indistintamente o substrato fanerozóico e pré-cambriano. Incluem-se, neste grupo, os depósitos secundários de fosfato, níquel e vermiculita, associados às cúpulas de alteração dos maciços alcalino-carbonatíticos, os caulins residuais das intrusivas granitóides, concentrações elúvio-coluvionares de areias residuais, cassiterita, ocorrências de bauxita e argilas refratárias.

Outro recurso associado ao substrato fanerozóico diz respeito às águas subterrâneas. Nas bacias sedimentares ocorrem condições propícias ao acúmulo em abundância deste recurso, destacando-se os arenitos mesozóicos da Formação Botucatu, que encerram os melhores aquíferos do Estado.

A Figura 6 mostra a distribuição estratigráfica dos principais recursos minerais do Fanerozóico paulista. São discriminados mais de 50 tipos de concentrações e depósitos minerais, como os mais representativos deste período geológico.

A partir do arranjo cronoestratigráfico das concentrações minerais, é possível estabelecer três ciclos metalogenéticos distintos, caracterizados por determinados tipos e padrões de mineralizações.

HEM MINERAL	QUANT. $t \times 10^3$	VALOR $RS \times 10^6$	CONTEXTO GEOLÓGICO	SETOR INDUSTRIAL DE CONSUMO
<i>Pedras Brutas</i>	28.345,4 *	334,5	Rochas ígneas e metamórficas: embasamento cristalino pré-cambriano e rochas básicas e alcalinas fanerozóicas	Construção civil
<i>Areia e Cascalho</i>	40.187,4 *	285,1	Sedimentos aluvionares e costeiros quaternários, formações arenosas das bacias do Paraná, Taubaté, e São Paulo, e cobertura eluvio-coluvionares sobre rochas do embasamento	Construção civil
<i>Água Mineral</i>	1.022,8 **	132,3	Aqüíferos e fontes em terrenos cristalinos e sedimentares	Bebidas
<i>Argilas Comuns e Plásticas</i>	11.385,9	108,8	Sedimentos aluvionares e formações paleozóicas da Bacia do Paraná	Cerâmica e cimento
<i>Calzária</i>	11.514,8	96,7	Unidades metamórficas pré-cambrianas e formações permiânicas da Bacia do Paraná	Cimento, cal, corretivos agrícolas, siderurgia, vidro e cerâmica
<i>Rocha Fosfática</i>	4.566,5	48,1	Maiços alcalinos mesozóico	Fertilizantes e ácido fosfônico
<i>Areia Industrial</i>	3.334,1	47,5	Formações paleozóicas da Bacia do Paraná, coberturas cenozóicas continentais e sedimentos praisais	Fundição, vidro, cerâmica, e tintas e vernizes
<i>Caulim</i>	190,1	13,6	Mantos de alteração intempérica em granitos e pegmatites	Cerâmica, papel e celulose, tintas e vernizes, produtos farmacêuticos e veterinários, fertilizantes, vidro, e borracha
<i>Dolomito</i>	377,5	8,1	Unidades metamórficas pré-cambrianas (Grupo Açungui)	Corretivos agrícolas, siderurgia, tintas e vernizes, e vidro
<i>Filito</i>	327,8	4,6	Unidades metamórficas pré-cambrianas (grupos Açungui e São Roque)	Cerâmica, construção civil, e defensivos agrícolas
<i>Granito Ornamental</i>	3,2 *	2,9	Maiços ígneos e metamórficos pré-cambrianos	Construção civil
<i>Bentonita e Argila Descorante</i>	32,1	2,3	Bacia terciária de Taubaté	Fundição, descortamento-recuperação de óleos
<i>Bauxita Refratária</i>	186,9	1,6	Mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas mesozóicas e granitoides pré-cambrianos	Cerâmica e sulfato de alumínio
<i>Turfa</i>	54,5	1,3	Aluviões quaternários	Agricultura
<i>Argilas Refratárias</i>	95,0	1,2	Sedimentos aluvionares quaternários e mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas	Cerâmica
<i>Quartzito Industrial</i>	37,1	0,7	Unidades metamórficas pré-cambrianas (Grupo São Roque)	Siderurgia, tintas e vernizes, abrasivos, perfumes, sabões e velas, e cerâmica
<i>Talco</i>	38,0	0,4	Unidades metamórficas pré-cambrianas (Grupo Açungui)	Cerâmica, defensivos agrícolas, borracha, e tintas e vernizes
<i>Feldspato</i>	9,0	0,2	Granitos e pegmatites	Cerâmica, vidro, e tintas e vernizes
<i>Calcita</i>	1,7	0,07	Unidades metamórficas carbonáticas pré-cambrianas (Grupo Açungui)	Tintas e vernizes, plásticos, papéis e carpetes, vidro, borracha, e cerâmica
<i>Ardóvia</i>	2,7	0,01	Unidades metamórficas pré-cambrianas e varzitos da Bacia do Paraná	Construção civil e cerâmica
<i>Pedras Naturais</i>	0,01	0,002		Construção civil
Outros	7,6	0,1		
Total		1091,0		

* Unidade expressa em 1.000 metros cúbicos ** Unidade expressa em milhões de litros

Em itálico: substâncias minerais com produção parcial ou total proveniente do Fanerozóico.

Fonte: Simoni e Tanno 1997; Cabral & Almeida 1999; DNPM 2000.

QUADRO 1. Bens minerais não-metálicos produzidos no Estado de São Paulo.

CRONO		LITO-ESTRATIGRAFIA	
QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Depósitos aluviais de baixos terraços e várzeas	Depósitos aluviais em baixos terraços e várzeas, depósitos incisos de cascalhos, areias médias e grossas, areias sílticas, siltes e argilas
		Depósitos colúviais	Depósitos colúviais: areias argilosas com grânulos, inchas de seixos na base, depósitos colúvial-aluviais, areias argilosas com grânulos, macebas, areia fina e fina, níveis de areias médias e grossas, localmente conglomeráticas; depósitos aluviais conglomerados, areias conglomeráticas, areias médias e grossas, níveis de areias finas e silte
	PLEISTOCENO	Depósitos colúviais	Depósitos colúviais: argilas arenosas e areias argilosas na seção de depósitos colúviais e seixos finos de seixos na base; depósitos colúvial-aluviais: areias, porções argilosas, lentes estratificadas cruzadas.
		Depósitos de antigos terraços do Rio Paraíba do Sul e de talus	Depósitos de antigos terraços do Rio Paraíba do Sul, conglomerados polimíticos com seixos e macebas, e arcabouço composto por areia e grânulos, em matriz arenosa; areias grossas com estratificações cruzadas. Depósitos de talus: seixos a blocos de rochas alcalinas em meio a matriz lamelosa de argila, com areia e grânulos
TERCIÁRIO	NEÓGENO	Formação Itaquaquecetuba	Formação Pindamonhangaba: nível conglomerático basal arenoso argiloso, grossos a finos e arenitos conglomeráticos sílticos e argilosos
		Formação Pindamonhangaba	Formação Itaquaquecetuba: arenitos médios e grossos, arenitos arenosos arenitos conglomeráticos.
	PALEÓGENO	Formação Resende	Formação Resende: paraconglomerado polimítico e conglomerado lamítico arenoso; lamitos argilo-arenosos, areias médias e grossas com níveis conglomeráticos; Formação Tremembé: argilas verdes maciças intercaladas com calcários dolomíticos, folhelhos, margas arenitos arenitos arenosos conglomeráticos; Formação São Paulo: arenitos médios e grossos, arenitos conglomeráticos sílticos e argilosos.
CRETÁCIO SUPERIOR	Rochas alcalinas	Sienitos, fofatos pulcristos, quartzos sieníticos, fonofos e lingualitos.	
PRÉ-CAMBRIANO	Embasamento cristalino	Gnaissos xistosos, quartzitos, migmatitos, gnaissos graníticos, micaxistos protomictos e foliados.	

FIGURA 6. Coluna lito-estratigráfica das bacias de São Paulo e Taubaté, com detalhamento dos depósitos quaternários na região da Bacia de Taubaté. Salvador & Riccomini (1995), modificado.

O ciclo mais antigo está relacionado à seqüência permo-carbonífera da Bacia do Paraná, que ensejou a sua especialização metalogenética para depósitos de natureza estritamente sedimentar (argilas comuns, areias, carvão, gás natural, rochas calcárias, entre outros).

Um segundo episódio ocorreu a partir do Mesozóico, vinculado ao amplo evento tectônico que afetou a Plataforma Brasileira (Reativação Wealdeniana, Almeida, 1967), responsável pela ruptura do continente gondvânico, instalação e desenvolvimento das bacias marginais e riftes interiores cenozóicos, e por uma intensa atividade magmática. Apesar da menor incidência e intensidade das mineralizações em São Paulo (fosfato, barita, argilas industriais, hidrocarbonetos), as manifestações metalogenéticas regionais deste período atestam que este evento pode ser considerado um dos mais férteis da história geológica do Brasil.

O ciclo metalogenético mais recente refere-se às mineralizações provenientes da dinâmica superficial cenozóica. Entre os fatores intervenientes na modelagem do relevo, fases climáticas quentes e úmidas favorecem a formação de espessos mantos de alteração, que em certos casos constituem concentrações residuais de interesse econômico (fosfato, argilas, areias, vermiculita, níquel), servindo também como fonte para depósitos sedimentares detríticos (argilas, areias, gemas, cassiterita, ouro).

O Quadro 2 apresenta a classificação dos recursos minerais do Estado. Trata-se de uma subdivisão clássica, baseada na natureza geológica e no tipo de aplicação industrial das substâncias minerais. Os bens minerais que têm mais de um emprego foram classificados com base em seu uso principal ou mais consagrado. São relacionadas 31 substâncias (ou grupo

de substâncias) divididas em cinco grandes classes: minerais industriais, minerais metálicos, gemas, recursos energéticos e água subterrânea. Elas traduzem as concentrações e depósitos minerais constantes da Figura 6. Dessas classes, os minerais industriais e as águas minerais constituem a quase totalidade da produção mineral do Fanerozóico paulista, tendo a entrada de produção de hidrocarbonetos na Bacia de Santos, a partir de meados da década de 90, permitido que São Paulo

ingressasse no cenário produtivo nacional de recursos energéticos. Outros bens minerais extraídos, como o diamante, possuem pouco significado econômico.

A partir da classificação do Quadro 2, serão abordados, a seguir, o contexto geológico, a tipologia dos depósitos e aspectos econômicos desses 31 recursos minerais, que representam as ocorrências mais importantes, geológica e economicamente, do Fanerozóico do Estado.

CLASSE	SUBSTÂNCIA MINERAL	
Matérias-primas para Construção Civil	<ul style="list-style-type: none"> • areia e cascalho • rocha para brita • rocha para cantaria 	
Matérias-Primas Cerâmicas	<ul style="list-style-type: none"> • argila para cerâmica vermelha ou comum • argila plástica • argila refrataria • caulim • barrita 	
Minerais Industriais	Agrominerais	<ul style="list-style-type: none"> • fósforo • rocha carbonática • turfa*
	Areia Industrial	• areia sílica
	Argilas Bentoníticas e Dessecantes	• argila bentonítica
	Outros Minerais Industriais	<ul style="list-style-type: none"> • magnetita² • vermiculita • barita • sais evaporíticos • esponjoso
Minerais Metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • caldasita • cassiterita • minerais pesados (RZM) (rutila, ilmenita, zircão e monazita) • níquel • urânio 	
Gemas	<ul style="list-style-type: none"> • diamante 	
Recursos Energéticos	<ul style="list-style-type: none"> Série de carvão turfa* ludito carvão Rochas oleígenas: <ul style="list-style-type: none"> folhelho petrolífero arenite betuminosa Hidrocarbonetos <ul style="list-style-type: none"> • petróleo • gás 	
Água Subterrânea / Água Mineral	<ul style="list-style-type: none"> • água subterrânea/água mineral 	

- Substância mineral em produção (Fonte: mod. de DNPM 2003)
- * Considerada como mineral industrial em função do destino econômico

QUADRO 2. Classificação adotada para os recursos minerais fanerozóicos do Estado de São Paulo.

MINERAIS INDUSTRIAIS

Os minerais industriais abrangem uma grande variedade de bens minerais, excetuando-se basicamente os combustíveis fósseis (recursos energéticos), bens metálicos destinados à obtenção de metais e gemas. Desta forma, compreendem rochas e minerais

predominantemente não-metálicos que, por suas propriedades físicas ou químicas, são utilizados em produtos ou processos, nos mais diversos setores da indústria de transformação e da construção civil (Sintoni & Tanno, 1997).

Estão sendo classificados como minerais industriais 16 substâncias não-metálicas do Fanerozóico de São Paulo, sendo incluídas também a magnetita e a turfa, tendo em vista que suas aplicações no Estado se dão, respectivamente, na indústria cimenteira e na agricultura.

MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os materiais de uso *in natura* na construção civil compreendem uma série de bens minerais que se caracterizam pelo seu baixo valor unitário e pela remoção e transporte de grandes volumes a granel, o que condiciona seu aproveitamento econômico às proximidades dos centros consumidores. Incluem as areias e cascalhos, rochas para brita e rochas para cantaria. Entretanto, a relação da disponibilidade local desses materiais nem sempre satisfaz à demanda, ocasionando transportes de até 200 km, como é o caso de areia para a Região Metropolitana de São Paulo, e areia e brita no oeste paulista. No caso das rochas para cantaria, alguns produtos são transportados a mais de 500 km, sendo freqüentemente provenientes de outros estados, a exemplo das pedras mineira, goiana e miracema.

Areias e Cascalhos

A areia para construção civil pode ser definida como substância mineral inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, com tamanhos na faixa entre 2,0 e 0,07 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presente na composição das areias em quantidades variáveis, a depender da natureza do jazimento, a saber: feldspato, mica, minerais pesados, óxidos e hidróxidos de ferro, entre outros.

Comercialmente, as areias para construção civil recebem designações segundo o grau de beneficiamento a que são submetidas: areia bruta (não beneficiada), areia lavada (lavagem simples para limpeza de partículas e substâncias indesejáveis), areia graduada (areia que obedece a uma classificação granulométrica previamente estabelecida). Segundo Azevedo et al. (1990) existem três tipos de areia mais comuns no mercado, de acordo com as suas variações granulométricas: areia grossa (2,0-1,2 mm), areia média (1,2-0,42 mm) e areia fina (0,42-0,075 mm).

Na construção civil, a areia é empregada como agregado para concreto, para argamassas, para blocos e também para a pavimentação. A sua granulação tem papel importante na economia do consumo de cimento, na preparação de argamassas ou de concreto.

Os cascalhos utilizados na construção civil são de dois tipos distintos: (1) material arenoso com granulometria superior a 2,0 mm (areia grossa) e inferior a 256 mm, geralmente obtido como um subproduto da

exploração de areias, ou a partir de coberturas detrítico-lateríticas cenozóicas, e (2) material rochoso desagregado resultante da alteração de rochas ígneas, principalmente basaltos e diabásios, empregados normalmente em lastros de estradas vicinais.

Os principais depósitos de areia e cascalho estão relacionados a cinco contextos geológico-geomorfológicos: vale de rios; sedimentos costeiros praias; sedimentos psamíticos das bacias de Taubaté e São Paulo; unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná e coberturas cenozóicas associadas; e coberturas elúvio-coluvionares associadas às rochas do embasamento cristalino (Figura 7).

Os depósitos de vales de rios estão concentrados nos leitos atuais, e nas planícies e terraços aluviais. Seus representantes mais significativos estão relacionados aos grandes rios que drenam o Estado, como o Tietê, Paraná, Paranapanema, Paraíba do Sul, Grande, Mogi Guaçu e Ribeira de Iguape. À medida que estes rios ficam distantes dos centros consumidores ou aumenta a demanda, rios de menor porte vão sendo objetos de extração. A lavra pode ser efetivada no leito ativo ou em antigos canais, hoje localizados na planície de inundação e terraços. Estes jazimentos destacam-se como principais fornecedores, tanto em volume como em qualidade das areias, sendo muito disputados pelas empresas concreteiras.

Os jazimentos costeiros são constituídos por sedimentos arenosos praias atuais e pré-atuais. Muitas vezes, apresentam pequena quantidade de carbonato de cálcio na sua composição, devido à presença de restos e fragmentos de conchas. Os depósitos mais importantes estão localizados no Litoral Sul, nos municípios de Cananéia, Iguape, Peruíbe e Monganguá.

Nas bacias de Taubaté e São Paulo as ocorrências de areia estão associados às formações Pindamonhangaba, Itaquaquecetuba e São Paulo, que detêm expressivos pacotes de sedimentos psamíticos, intensamente lavrados para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

Na Bacia do Paraná os jazimentos mais significativos estão relacionados às formações Pirambóia, Botucatu e coberturas cenozóicas (*v. g.*, Formação Rio Claro). As areias aqui tratadas são geralmente finas, sendo adicionadas às massas de concreto para dar uma melhor distribuição granulométrica, ocasionando melhor resistência e economia de cimento. Subordinadamente são também exploradas areias do Grupo Itararé.

Os depósitos elúvio-coluvionares ocorrem de preferência no domínio do embasamento cristalino pré-cambriano. São resultantes de alterações intempéricas e da morfogênese cenozóica de rochas cristalinas, como granitos, migmatitos e quartzitos. Os materia is

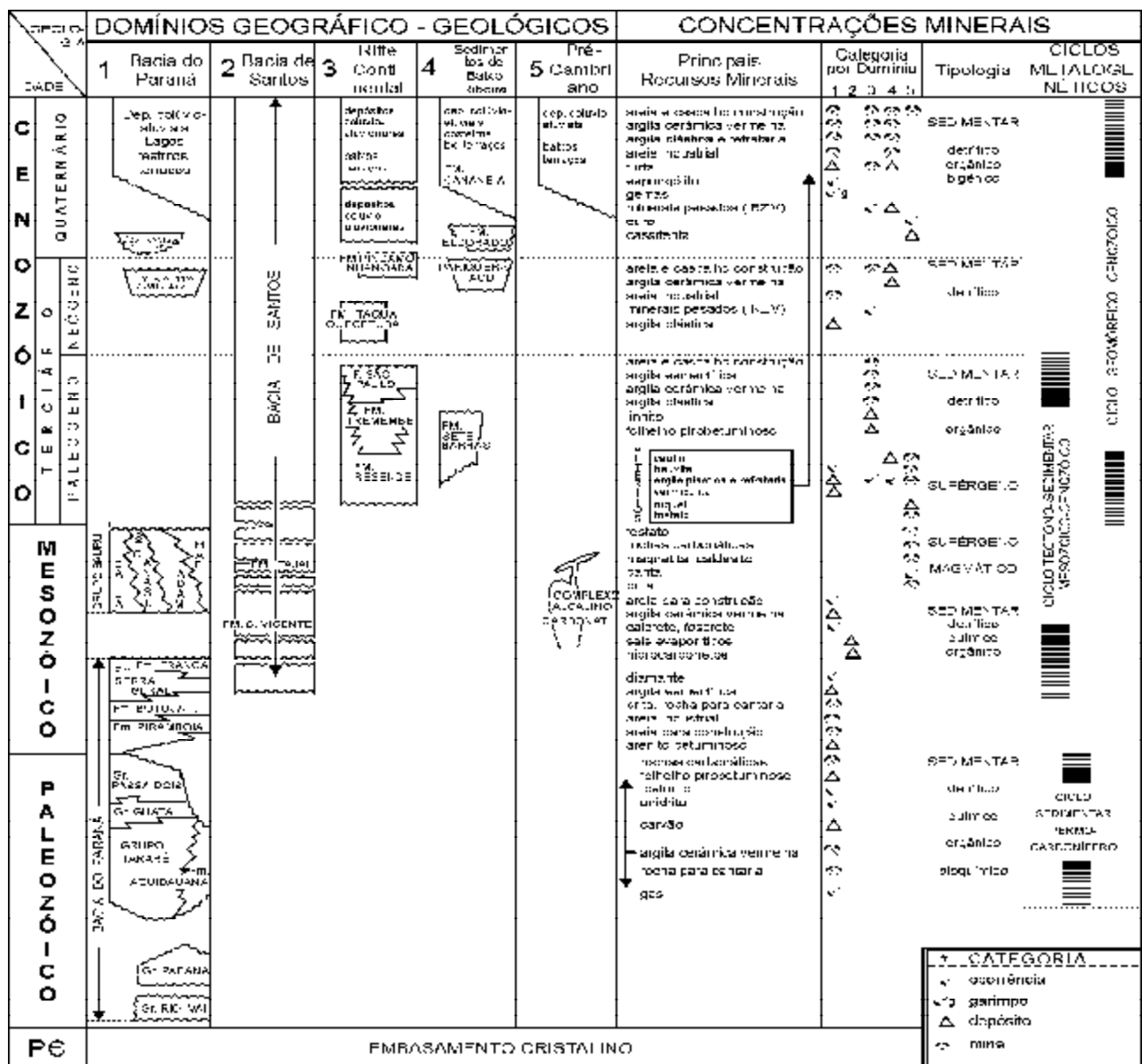


FIGURA 7. Principais recursos minerais e ciclos metalogenéticos do Fanerozóico paulista.

provenientes destes ambientes são, via de regra, mais impuros, sobretudo quando as rochas são ricas em micas.

As reservas de areia para construção civil são consideradas de grande porte. Entretanto, não há dados confiáveis, pois o regime de licenciamento que regulamenta a maioria das lavras desses materiais não obriga seus titulares a pesquisas prévias, nem tampouco exige que constem as reservas remanescentes em seu relatório anual (Hermman, 1992).

Apesar de se dispor de grandes reservas, o avanço das manchas urbanas, bem como a competição de outras formas de uso e ocupação do meio físico, vêm progressivamente dificultando a produção dessas substâncias minerais, provocando o seu deslocamento para áreas mais distantes dos centros consumidores, acarretando o aumento do custo de transporte.

Embora se verifique uma produção bastante disseminada no Estado, a partir da operação de mais de 500 minas, que propiciam a lavra estimada de 40 milhões m³/ano (DNPM, 2000), as principais regiões produtoras agrupam-se em oito pólos: Vale do Paraíba, Região Metropolitana de São Paulo, Baixada Santista, Vale do Ribeira, nordeste Paulista, médio Tietê, Rio Paraná e região de Bofete.

Rochas para Brita

São as rochas cristalinas que, após britagem, podem ser misturadas com outros insumos minerais e utilizadas na construção civil. As rochas britadas, ou simplesmente brita, destinam-se a diversos tipos de obras, sendo empregadas em grande escala na pavimentação e na conservação de rodovias e

ferrovias, e como agregado na composição do concreto em obras de engenharia civil.

As rochas para serem utilizadas na construção devem apresentar elevada resistência mecânica e física. Contudo, outras características devem ser consideradas, como a resistência às ações do tempo e dos agentes químicos. A resistência às alterações depende da composição, textura, porosidade e resistência mecânica do material.

A principal fonte de rocha fanerozóica para brita é a Formação Serra Geral (Figura 8). Esta unidade compreende essencialmente derrames basálticos toleíticos, associados a corpos intrusivos similares (diques e soleiras). Os derrames afloram na parte superior das Cuestas Basálticas e de morros-testemunho delas isolados pela erosão. No Planalto Ocidental afloram ao longo dos rios Paranapanema,

Tietê, Mogi Guaçu e Grande. As soleiras afloram com mais frequência na Depressão Periférica, enquanto diques ocorrem em várias partes do Estado, penetrados tanto em rochas sedimentares da Bacia do Paraná quanto na orla pré-cambriana. Mais localizadamente, são também utilizadas rochas alcalinas, como subproduto das atividades de aproveitamento dessas rochas para fosfato e cimento.

A extração de brita, a partir de rochas fanerozóicas, está concentrada nas regiões de Campinas, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Sorocaba e Bauru, totalizando uma produção anual de cerca de 10,1 milhões de toneladas (Kulaif, 2001).

A exemplo das areia para construção civil, as reservas de brita também são consideradas de grande porte, embora não se disponha de dados oficiais confiáveis sobre suas reservas.

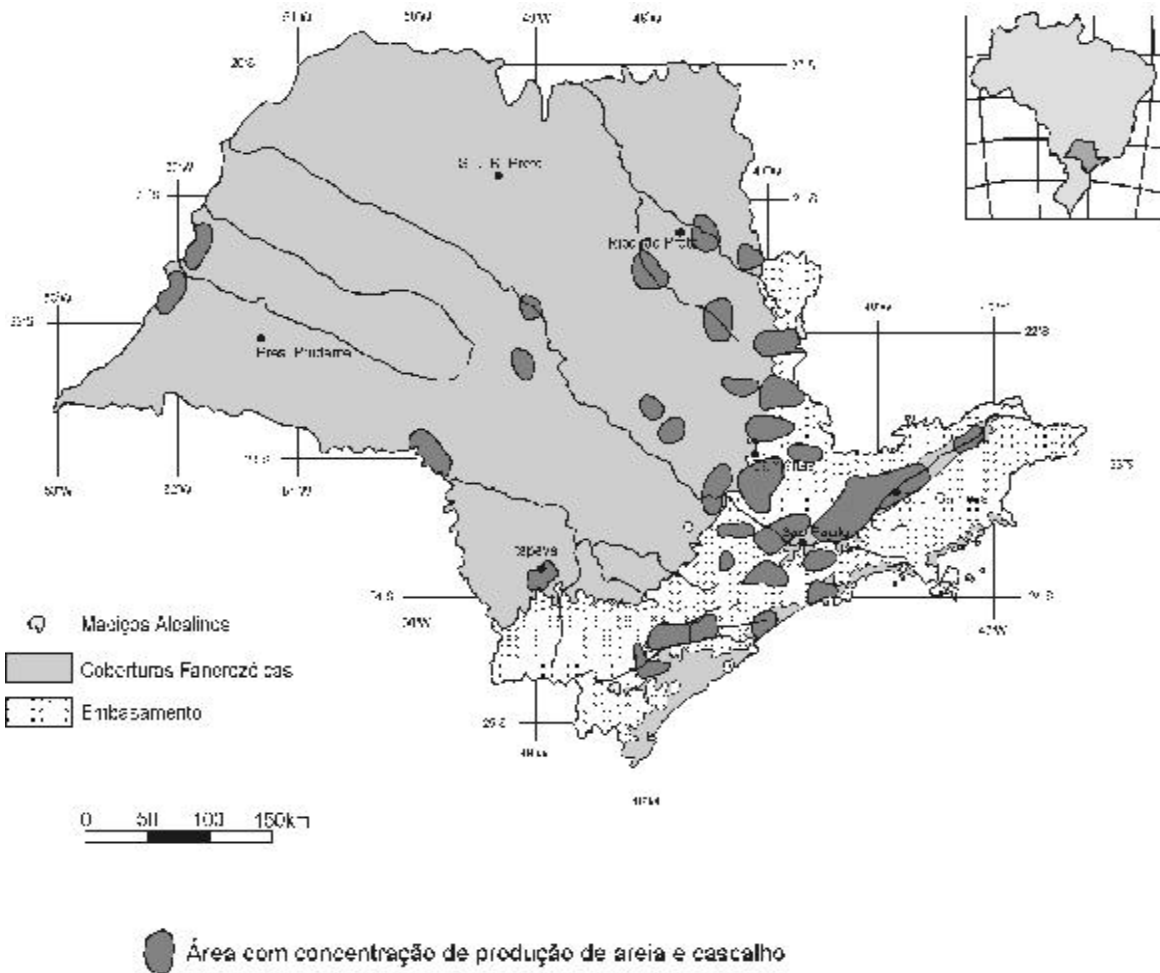


FIGURA 8. Áreas de concentração de produção de areia e cascalho para construção civil no Estado de São Paulo. Baseado em Azevedo et al. (1990).

Rochas para Cantaria

As rochas de cantaria, ou também conhecidas como “pedras de talhe”, são rochas dimensionadas utilizadas na construção civil, com pouca ou nenhuma elaboração, tais como paralelepípedos, paralelos, folhetas, lajes, mourões e guias.

No Fanerozóico paulista as mais importantes fontes de rochas para cantaria são o Grupo Itararé e as formações Irati, Botucatu e Serra Geral (Figura 8).

No Grupo Itararé destacam-se os ritmitos (varvitos), extraídos no município de Itu, que também podem ser aproveitados pela indústria cerâmica. Da Formação Irati são empregadas rochas carbonáticas obtidas como subprodutos da produção de pó para corretivos de solos. As principais jazidas estão situadas na regiões de Rio Claro e Piracicaba. Da Formação Botucatu são aproveitados arenitos silicificados. As ocorrências mais significativas estão localizados na região de São Carlos. Estas rochas têm sido usadas como material de construção, na forma de blocos (principalmente em pavimentos do tipo *petit-pavé*), lajes, placas brutas e polidas (Paraguassu et al., 1987).

Na Formação Serra Geral são explorados basaltos e diabásios em diversas regiões do Estado. Entre as várias regiões produtoras, destacam as de Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Campinas.

MATÉRIAS-PRIMAS CERÂMICAS

A indústria cerâmica tradicional fundamenta-se basicamente na matéria-prima “argila” em seus vários tipos, mas consome mais de uma dezena de substâncias minerais necessárias, em graus diferentes de qualidade e quantidade, considerando-se o tipo de produto cerâmico e as propriedades tecnológicas desejadas.

As matérias-primas cerâmicas podem ser classificadas como plásticas e não-plásticas. Embora exerçam funções ao longo de todo o processo cerâmico, as substâncias plásticas são essenciais na fase de conformação das peças, enquanto que as não-plásticas atuam mais na fase do processamento térmico.

As principais matérias-primas plásticas são as argilas e o caulim. Dentre as matérias-primas não-plásticas destacam-se as rochas feldspáticas, talco, filito, rochas carbonáticas e bauxita.

Destes recursos, argilas para cerâmica vermelha ou comuns, argilas plásticas e refratárias, caulim e bauxitas constituem as principais matérias-primas cerâmicas do Fanerozóico paulista.

Argilas para Cerâmica Vermelha

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha ou argilas comuns abrangem uma grande variedade de sedimentos pelíticos, consolidados e

inconsolidados. São argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos, lamitos e ritmitos que queimam em cores avermelhadas, a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250°C. São empregadas na fabricação de tijolos, telhas, blocos cerâmicos, ladrilhos, pisos, manilhas e agregados leves. Algumas dessas argilas possuem outras aplicações industriais, como pozolanas naturais e na fabricação de cimento.

Os jazimentos mais importantes estão concentrados em nove regiões distintas de São Paulo, afeitas aos domínios da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental (Figura 9).

Em função da composição química, especialmente do conteúdo de óxidos fundentes (K_2O , Na_2O , Fe_2O_3), que se reflete na temperatura de sinterização, são distinguidos dois tipos principais de argilas comuns: argilas fundentes e argilas plásticas.

Argilas fundentes

As argilas fundentes são compostas por uma mistura de argilo-minerais, que incluem a illita, caulinita e esmectita, com proporção variada de quartzo, óxidos fundentes e outros minerais não-plásticos. Trata-se na verdade de rochas sedimentares, tais como siltitos, folhelhos e argilitos, usualmente denominados de “taguá” no jargão ceramista.

Em São Paulo, os principais pólos ocupam o segmento centro-norte da Depressão Periférica Paulista. Dentro de uma faixa praticamente contínua, tem-se um verdadeiro cinturão cerâmico que se estende entre as regiões de Tatuí e Tambaú, por cerca de 200 km, abrigando cinco dos seus nove centros produtores: Tatuí-Sorocaba, Itu-Campinas, Mogi Guaçu-Itapira, Santa Gertrudes-Cordeirópolis, Tambaú-Vargem Grande do Sul, Panorama-Paulicéia, José Bonifácio-Avanhandava, Barra Bonita-Bariri e Ourinhos-Palmital (Figura 9).

A maioria das suas unidades fabris tem como matéria-prima básica taguás provenientes da seqüência sedimentar permo-carbonífera da Bacia do Paraná. Como taguá é minerada grande variedade de rochas pelíticas, como folhelhos, ritmitos, argilitos, lamitos, siltitos e diamictitos, frescos e alterados, associados ao Grupo Itararé, Formação Tatuí e Formação Corumbataí.

A deposição dos horizontes argilosos em ambientes marinhos costeiros e plataformais intracratônicos conferiu-lhes dimensões expressivas, quanto à espessura e continuidade lateral das camadas, propiciando-lhes também apreciável homogeneidade textural. Configuram-se assim como depósitos com grandes reservas explotáveis, comumente envolvendo dezenas de milhões de toneladas.

Os taguás possuem granulometria fina,

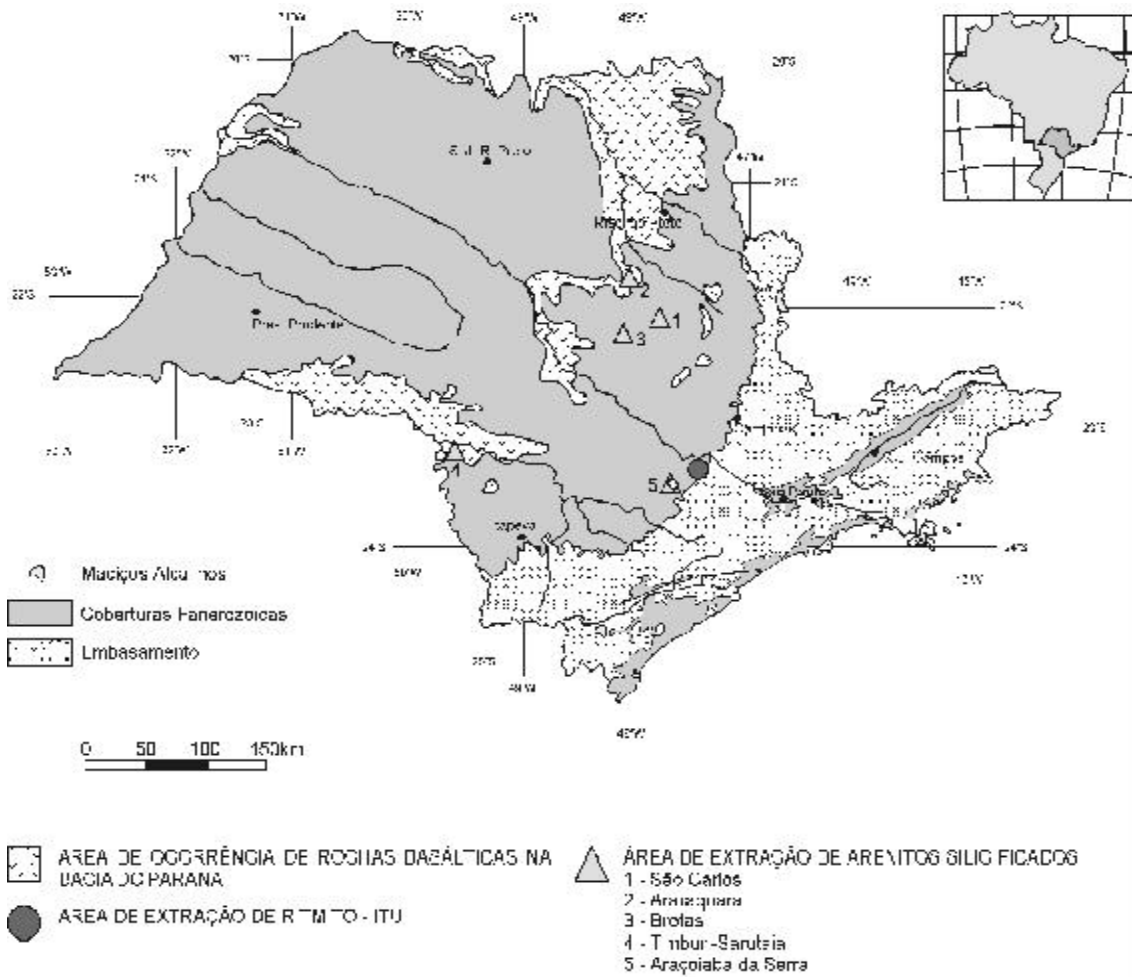


FIGURA 9. Principais áreas de ocorrência e extração de rochas fanerozóicas para brita e cantaria no Estado de São Paulo.

geralmente como argilas sílticas ou siltes argilosos, com mais de 80% das partículas menores que 325 mesh e 40 a 60% do material contido na fração argila (menor que 0,004 mm).

A composição dos argilo-minerais inclui, principalmente, illita, esmectita, camadas mistas (I-E) e caulinita. Enquanto a presença dos três primeiros está vinculada aos processos de sedimentação e diagênese do pacote pelítico, a participação significativa da caulinita está relacionada à ação de processos intempéricos lixiviantes, formando-se a partir da degradação da illita e esmectita (Motta et al., 1993; Tanno et al., 1994).

A granulometria fina e homogênea e o elevado teor de álcalis, associado sobretudo ao conteúdo potássico das illitas, proporcionam aos taguás desempenho cerâmico destacado, apresentando resistência mecânica elevada e baixa absorção de água após queima em temperaturas na faixa de 900 a 1.150°C.

A partir deste tipo de matéria-prima, as indústrias do cinturão cerâmico paulista preparam uma série de

massas, através de misturas entre diferentes taguás, com argilas aluviais quaternárias, ou com outros bens minerais específicos (e. g., basaltos, filitos), que suprem uma produção diversificada, desde blocos cerâmicos tradicionais até pisos e revestimentos (Quadro 3).

As reservas medidas de argilas no Estado, incluindo argilas comuns, fundentes e plásticas, são superiores a 670 milhões de toneladas (DNPM, 2000).

Argilas plásticas comuns

São materiais argilosos inconsolidados compostos de caulinita e outros argilo-minerais subordinados (illita e esmectita), incluindo conteúdo de quartzo, micas, matéria orgânica e, especialmente, óxidos de ferro, o que lhes conferem a característica de queima avermelhada.

Em São Paulo, os depósitos de argilas plásticas comuns estão associados à sedimentação quaternária, em planícies aluvionares e, mais restritamente, em pequenos lagos continentais e na planície costeira.

		CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS			MATERIAS-PRIMAS	
PÓLOS CERÂMICOS	PRODUTOS CERÂMICOS	CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	UNIDADE HOSPEDEIRA	FORMA E DIMENSÃO	COMPOSIÇÃO	PROPRIEDADES CERÂMICAS
1. Ourinhos	Tipos: placas, lajes, tubos, azulejos e agregados cerâmicos	Depressão Paulista na zona de transição na bacia do rio Paraná com relevos de baixa amplitude e perfilado de rochas paléozóicas.	Grupo Tietê	Formas tabulares	Argilas Plásticas: rochas plásticas de latossol, argilas, illita, caulinita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	Granulometria fina e média, aluminosa e silicosa, podendo produzir materiais resistentes sob alta temperatura.
2. Santa Gertrudes - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes, telhas, e elementos vasculares e peças		Formação "Ouro Preto" - Latare	Formas tabulares	Formação argilosa com caulinita, illita, esmectita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	
3. Taubaté - São João da Boa Vista	Tipos: placas, lajes e telhas		Formação "Ouro Preto" - Grupo Taubaté	Reservas grandes de milhões de metros quadrados	Heterênea e rica em caulinita, illita e matéria orgânica.	
4. Jandira - Jandira - Jandira do Sul	Tipos: placas, lajes, telhas, elementos vasculares, tubos e peças		Formação "Ouro Preto" - Grupo Taubaté	Reservas grandes de milhões de metros quadrados	Composição rica em caulinita, illita e matéria orgânica.	
5. Barra Bonita - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes, tubos, tubos e peças		Formação "Ouro Preto" - Grupo Taubaté	Reservas grandes de milhões de metros quadrados	Composição rica em caulinita, illita e matéria orgânica.	
6. Barra Bonita - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes e telhas	Planície de inundação de relevo suave de planície e com áreas com relevos irregulares associados às planícies aluviais das margens dos rios.	Áreas quaternárias do rio Paraná	Formas tabulares tabulares	Argilas Plásticas: Comuns, argilas com caulinita, illita, esmectita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	Alta plasticidade e resistência a cru, podendo apresentar também esmectita, illita e matéria orgânica, além de outros minerais como o quartzo, feldspato e micas.
7. Barra Bonita - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes, telhas e elementos vasculares		Áreas quaternárias do rio Paraná	Formas tabulares tabulares	Formação argilosa com caulinita, illita, esmectita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	
8. Barra Bonita - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes, telhas e telhas		Áreas quaternárias do rio Paraná	Formas tabulares tabulares	Formação argilosa com caulinita, illita, esmectita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	
9. Barra Bonita - Barra Bonita	Tipos: placas, lajes, telhas, e telhas		Áreas quaternárias do rio Paraná	Formas tabulares tabulares	Formação argilosa com caulinita, illita, esmectita e matéria orgânica (até 10%) com teores variáveis de caulinita.	

QUADRO 3. Pólos paulistas de cerâmica vermelha – características dos depósitos, matérias-primas e produtos.

As principais regiões produtoras situam-se ao longo dos eixos dos rios Tietê, Paraná e Paranapanema, na região oeste do Estado (Figura 9). Nesses locais os pacotes de argila minerados, que correspondem a fácies de planície de inundação, são lenticulares e ocorrem na forma de bolsões irregulares, de dimensões variadas, comumente intercalados a bancos arenosos.

As argilas plásticas comuns são texturalmente mais heterogêneas que os taguás, possuindo de 70 a 95% de partículas menores que 325 mesh em média. A matéria orgânica geralmente contida nessas argilas incrementa a sua plasticidade, facilitando o processo de moldagem dos produtos cerâmicos. Colabora também no aumento da resistência mecânica das peças secas, possibilitando manuseio adequado durante o processo de fabricação dos produtos.

No entanto, a composição essencialmente caulinitica e o baixo teor de álcalis são responsáveis pela relativa refratariedade desses materiais argilosos. Isto tende a destiná-los à fabricação de produtos de cerâmica vermelha menos exigentes quanto aos parâmetros de resistência e absorção de água.

Conseqüentemente, essas propriedades cerâmicas influenciam na produção dos pólos do oeste paulista, especializados na confecção de blocos, lajes e telhas. As poucas indústrias de piso da região costumam importar taguás para incorporar nas suas massas, como acontece nos pólos de Ourinhos e Barra Bonita.

Argilas Plásticas para Cerâmica Branca

O termo argila plástica é aplicado para materiais sedimentares argilosos que apresentam grande plasticidade e boa resistência a cru, queimando com cores claras a 1.250°C. Apresentam granulometria muito fina, tendo, no geral, mais de 70% em massa de partículas inferiores a 2 micra. São compostas predominantemente por caulinita, podendo apresentar também esmectita, illita e matéria orgânica, além de outros minerais como o quartzo, feldspato e micas. As variedades mais nobres são conhecidas também com a denominação de *ball clays*, nome definido na Inglaterra há 300 anos para designar argilas sedimentares caracterizadas pela presença de matéria orgânica, alta plasticidade, alta resistência a seco, uma longa margem de vitrificação e cor clara de queima.

As argilas plásticas são empregadas em cerâmica branca, na fabricação de louças de mesa, louças sanitárias, revestimentos, cerâmica artística e porcelanas elétricas. A sua principal finalidade é fornecer à massa cerâmica plasticidade e resistência mecânica a cru, permitindo conformação e evitando deformações e quebras. Nos processos de fabricação de fundição por colagem, são ainda importantes a defloculação e velocidade de deposição para formação das peças.

Os depósitos paulistas podem ser classificados em

sin-sedimentares quaternários, estendendo-se no máximo ao Eoterciário, e depósitos de alteração intempérica, ou alteritas (Motta et al., 1993).

Em São Simão, no nordeste do Estado, ocorrem as argilas plásticas mais clássicas brasileiras, tendo aplicação principal em processos de colagem (louça sanitária, parte da louça de mesa e cerâmica artística de Porto Ferreira). Outras jazidas estão localizadas em Mogi Mirim, Sarapuú, Tambaú, Porto Ferreira e Jacupiranga, como indica a Figura 10.

Os depósitos de São Simão situam-se no vale do Ribeirão Tamanduá, no domínio da Bacia do Paraná. O Ribeirão Tamanduá apresenta uma planície aluvionar bem desenvolvida sobre substrato de arenitos mesozóicos (formações Pirambóia e Botucatu), controlada por diques ou soleiras de diabásio, o que lhe

confere um sutil nivelamento em degraus. Na planície estão presentes dois níveis morfológicos, um deles representado pelo nível atual do rio, e outro, pleistocênico (Turcq et al., 1987), correspondente a terraços aluvionares remanescentes, alçado cerca de 1 a 2 m em relação ao primeiro (Figura 11).

As reservas de argilas plásticas na região de São Simão estão estimadas em cerca de 2,3 milhões de toneladas (DNPM, 2000).

Nos depósitos de Sarapuú e Jacupiranga, as argilas associam-se a planícies aluviais holocênicas. Em Mogi Mirim o depósito argiloso ocorre associado a uma pequena depressão alveolar pré-actual. Já as jazidas de Tambaú e Porto Ferreira estão relacionadas à lixiviação intempérica de estratos peléticos da Formação Corumbataí (Motta et al., 1998).

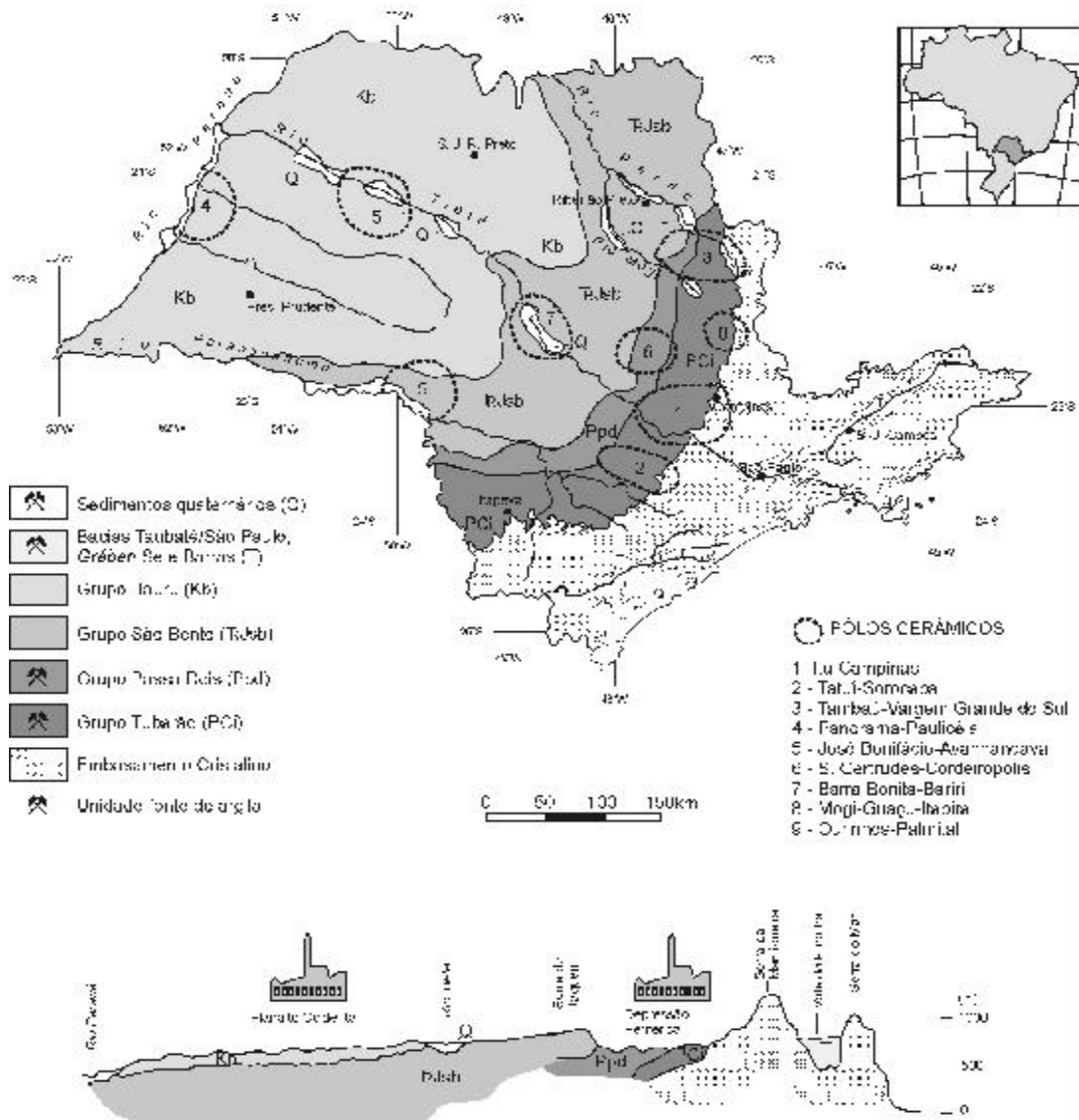


FIGURA 10. Pólos de cerâmica vermelha e de revestimento no Estado de São Paulo.

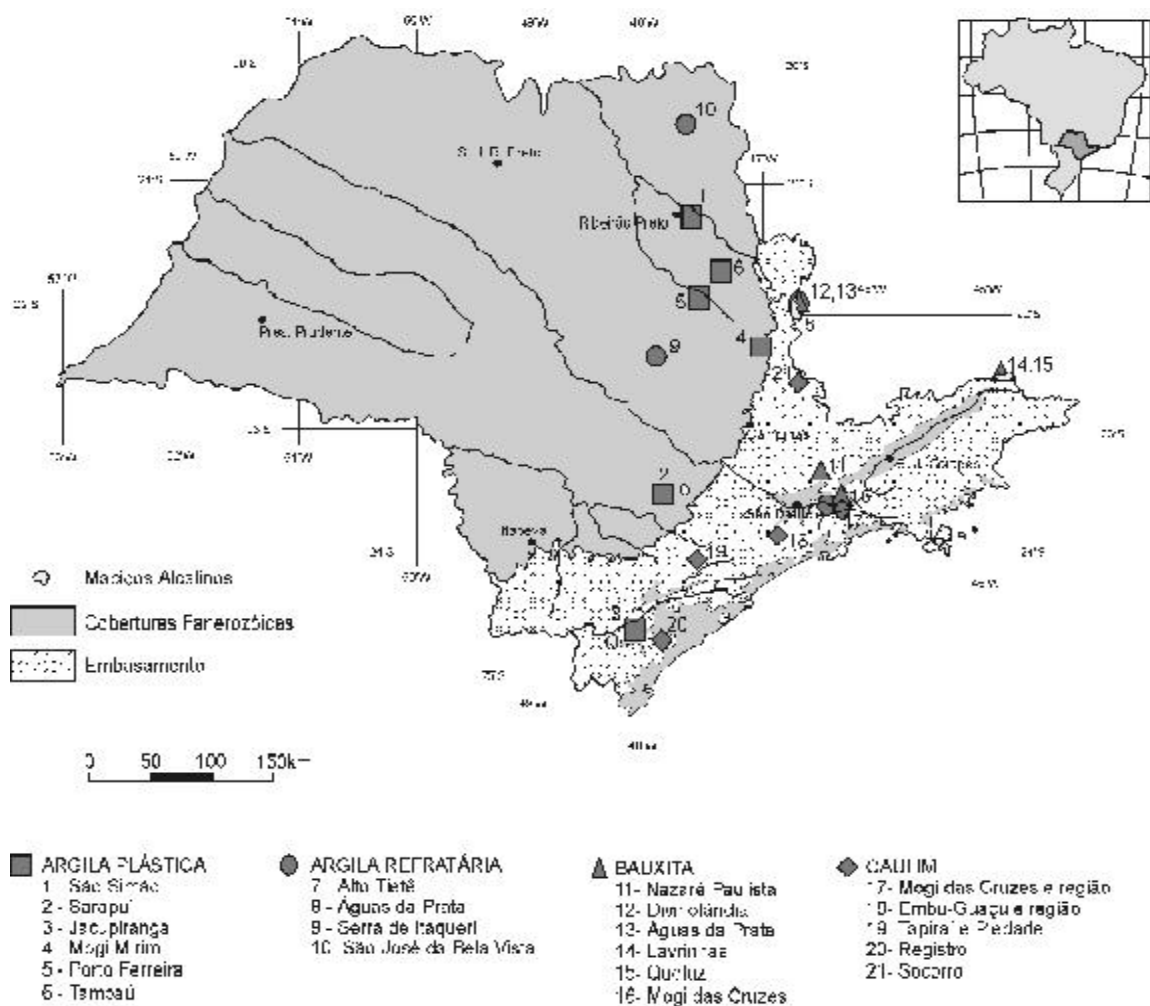


FIGURA 11. Principais depósitos de argilas plásticas, refratárias, caulim e bauxita do Estado de São Paulo.

Argilas Refratárias

O termo argila refratária compreende materiais argilosos de natureza caulínica ou haloisítica, com conteúdo variável de gibbsita e baixo teor de álcalis, o que lhes confere elevado ponto de fusão (superior a 1.435°C). Estas argilas constituem importante matéria-prima na indústria cerâmica, para produção de materiais refratários sílico-aluminosos e aluminosos, servindo também como agente ligante para outros produtos refratários.

Os principais depósitos paulistas estão localizados na região do Alto Tietê, Águas da Prata, contando-se ainda com ocorrências nas regiões de Piracicaba (Serra de Itaqueri), Franca (São José da Bela Vista) e Vargem Grande do Sul (Figura 10).

Os depósitos do Alto Tietê estão associados aos sedimentos holocênicos embutidos na Bacia de São Paulo. Trata-se de lentes argilosas, com espessuras

centimétricas a métricas, capeadas por turfa, posicionadas no topo de seqüências aluvionares. As argilas são sílico-aluminosas, pobres em álcalis e ferro. Os jazimentos podem ser considerados como acumulações detrítico-residuais, característica atestada por seu conteúdo de caulinita (detrítica) e gibbsita (residual). Atualmente, parte importante da produção dessa região é destinada à indústria de revestimento, como argila plástica.

Os depósitos de Águas da Prata estão associados ao Maciço Alcalino de Poços de Caldas e são de natureza aluminosa. As argilas originaram-se a partir da alteração de rochas alcalinas de composição leucítica e formam depósitos residuais elúvio-coluvionares. Estas argilas apresentam elevados teores de gibbsita, ausência de quartzo e baixo teor de ferro.

A ocorrência da região de Piracicaba se associa à Formação Itaqueri, ocupando uma posição geomorfo-

lógica peculiar, na borda do platô serrano, em altitude superior a 1.000 m. O horizonte pelítico, de natureza sílico-aluminosa, com cerca de 30 m de espessura, é composto de lamitos maciços, mais ou menos arenosos, que incluem localmente níveis conglomeráticos. Da mesma forma que em Águas da Prata, o depósito de argila constitui-se em concentração tipicamente residual.

As ocorrências de São José da Bela Vista estão relacionadas a delgadas coberturas sedimentares detríticas cenozóicas, acumuladas em pequenas depressões topográficas, com diâmetros da ordem de 500 m, sobre derrames basálticos da Bacia do Paraná. Os leitos argilosos, de porte métrico, são bastante impuros, incluindo areia e silte em proporções que chegam a ultrapassar 50%. A fração argilosa é composta, em média, por 72% de caulinita e 14% de gibbsita, com conteúdos menores de vermiculita e de outros argilo-minerais (Del Monte et al., 1988).

O depósito de Vargem Grande do Sul está associado a uma pequena bacia cenozóica, correlata à sedimentação da Formação Rio Claro (Terciário Superior). As camadas pelíticas mineradas em décadas passadas são de composição caulínica e atingem espessuras da ordem de 10 m.

As reservas medidas de argilas refratárias no Estado são avaliadas em torno de 51 milhões de toneladas. A produção anual paulista é estimada em 95.042 t (DNPM, 2000).

Caulim

Caulim é um termo geral empregado para designar materiais rochosos ou argilosos, cuja fração fina é composta essencialmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.

O caulim é um dos mais versáteis minerais de aplicação industrial, sendo utilizado em cerâmica, papéis, tintas, borracha, plásticos e muitos outros segmentos, devido a algumas de suas características peculiares, tais como inércia química em uma faixa ampla de pH, cor branca, boas características de espalhamento e cobrimento de superfícies, suavidade e não-abrasão, baixa condutividade de calor e eletricidade e baixo custo.

Quanto à origem, os depósitos de caulim podem ser classificados em residuais, hidrotermais ou sedimentares. Os caulins residuais são originados a partir da transformação intempérica de rochas ricas em alumino-silicatos pobres em ferro, sob condições propícias de lixiviação. Áreas sujeitas a longos períodos de estabilização, com drenagem livre e com fases climáticas quentes e úmidas, são particularmente favoráveis ao desenvolvimento de mantos de alteração caulínica. Quanto aos caulins hidrotermais, sua

geração está vinculada a eventos dínamo-termais, concentrando-se no Proterozóico, fora, portanto, do período cronoestratigráfico aqui tratado. O tipo sedimentar possui similaridades genéticas com as argilas plásticas para cerâmica branca, desenvolvendo-se em ambientes lacustres e aluviais.

No Estado, as principais reservas de caulim são de natureza residual e em geral estão associadas a alteração de rochas pegmatíticas e graníticas do embasamento pré-cambriano.

As ocorrências de caulim relacionadas a pegmatitos e granitos concentram-se nas regiões de Mogi das Cruzes, Tapiraí, Embu-Guaçu, Juquitiba e Socorro. Nas proximidades de Piedade, no sul do Estado, ocorrem caulins residuais em granitos alterados e em zonas de cisalhamento do embasamento (Figura 10). Depósitos de caulim sedimentar são conhecidos na região de Registro, no baixo Vale do Ribeira, associados a horizontes rudáceos cenozóicos. O Quadro 4 relaciona as reservas e a produção de caulim em São Paulo.

Bauxita

A bauxita é um bem mineral constituído por proporções variadas de hidróxidos de alumínio com diferentes graus de hidratação, e secundariamente por argilo-minerais, hidróxidos de ferro e quartzo. Os hidróxidos mais comuns são gibbsita, boehmita e diásporo.

A bauxita é a principal fonte de obtenção do alumínio metálico. Outras aplicações referem-se à fabricação de alumina, sais de alumínio, abrasivos, cimento aluminoso, como escorificante em altos fornos, na indústria cerâmica e de refratários.

As bauxitas são formadas a partir da alteração de rochas ricas em alumínio, sendo que para tanto são necessárias condições específicas que permitam a lixiviação da sílica e a concentração de óxidos de alumínio. Essas condições são encontradas principalmente em regiões de climas tropicais e subtropicais (quentes e úmidos) com estações secas e chuvosas bem definidas.

No cenário geológico paulista existem alguns depósitos de pouca expressão (Figura 10), resultantes da alteração meteórica de rochas alcalinas mesozóicas (Divinolândia, Águas da Prata, Lavrinhas e Queluz), rochas graníticas pré-cambrianas (Mogi das Cruzes) e metabásicas pré-cambrianas (Nazaré Paulista). Parte destes depósitos são minerados para atender às indústrias cerâmica (abrasivos e refratários) e química (produção de sulfato de alumínio), com produção anual de cerca de 187 mil toneladas (DNPM, 2000). O Quadro 5 apresenta as reservas medidas nos vários municípios citados.

Município	Reservas Medidas	Produção (t)	
Mogi das Cruzes	14.999,115	Bruta	Beneficiada
Tapiraí	5.659,983		
Timbu-Guaçu	3.768,103		
Juquitiba	3.635,430		
Cotia	2.196,656		
Registro	2.009,106		
Itapevica da Serra	1.745,771		
Piedade	1.062,000		
Biritiba Mirim	904,525		
Suzano	609,115		
São Paulo	384,222		
Pinapora do Bom Jesus	30,695		
Outros (Itamaré, Mogi Mirim, São Bernardo do Campo, Sorocaba)	2.219,844		
Total SP	39.225,495		

QUADRO 4. Principais reservas medidas de caulim e produção no Estado de São Paulo (DNPM 2000).

Município	Reservas Medidas (t)	Minério Contido (t)	Teor de Al ₂ O ₃
Divinolândia	975,387	387,799	39,25
Quecetuz	447,400	227,031	49,85
Lavrinhas	196,329	107,981	55,00
Águas da Prata	50,254	20,149	40,09
Total	1.669,37	733,96	46,04

QUADRO 5. Reservas medidas de bauxita no Estado de São Paulo (DNPM 2000).

Agrominerais

Rochas e minerais são usados na agricultura com várias finalidades. As principais são o aumento da fertilidade dos solos, a correção de pH, a melhora dos solos afetados por salinidade e a conservação de nutrientes e água. Bens minerais são também utilizados no beneficiamento de produtos agrícolas, como cargas para pesticidas e herbicidas, agentes adsorventes em processamento de óleos vegetais e meios de crescimento em horticultura.

Nas regiões tropicais e subtropicais, a exemplo de São Paulo, esses recursos são utilizados principalmente para fertilização e correção do pH de solos. Os principais insumos minerais agrícolas do Fanerozóico paulista são fosfato e rochas carbonáticas (Figura 12). Aproveita-se ainda turfa (retenção de água e nutrientes e fonte de matéria orgânica) e argilas esmectíticas (descoramento de óleos vegetais).

Fosfato

Concentrações econômicas de fosfato ocorrem em ambientes sedimentares (ambientes marinhos, depósitos de guano) e ígneos (intrusivas e extrusivas alcalino-carbonáticas). Depósitos fosfáticos são

conhecidos em quase todos os continentes, possuindo idades do Pré-Cambriano ao Recente.

Depósitos fosfáticos sedimentares correspondem a acumulações bioquímico-detríticas, formadas em ambientes marinhos plataformais de vida profícua, situados preferencialmente em bacias com franca conexão com mar aberto, acessadas por correntes marinhas ressurgentes.

Os depósitos de guano são originados a partir da concentração de excrementos de aves em rochas porosas, normalmente calcários recifais.

As mineralizações fosfáticas em complexos alcalinos estão associadas à fácies carbonáticas intrusivas e extrusivas. São representadas por conteúdos primários de apatita, ou por fosfatos secundários de bário, estrôncio e elementos de terras raras, no manto de alteração intempérica comum a essas rochas.

No início da década de 90, depósitos fosfáticos sedimentares marinhos (fosforitos) eram responsáveis por cerca de 85% da produção mundial de fosfato (Ruiz & Neves, 1990). Os complexos ígneos vêm aumentando sua participação nesta produção, ao mesmo tempo em que diminui paulatinamente a importância dos fosfatos de guano (Kulaif & Damasceno, 1994).

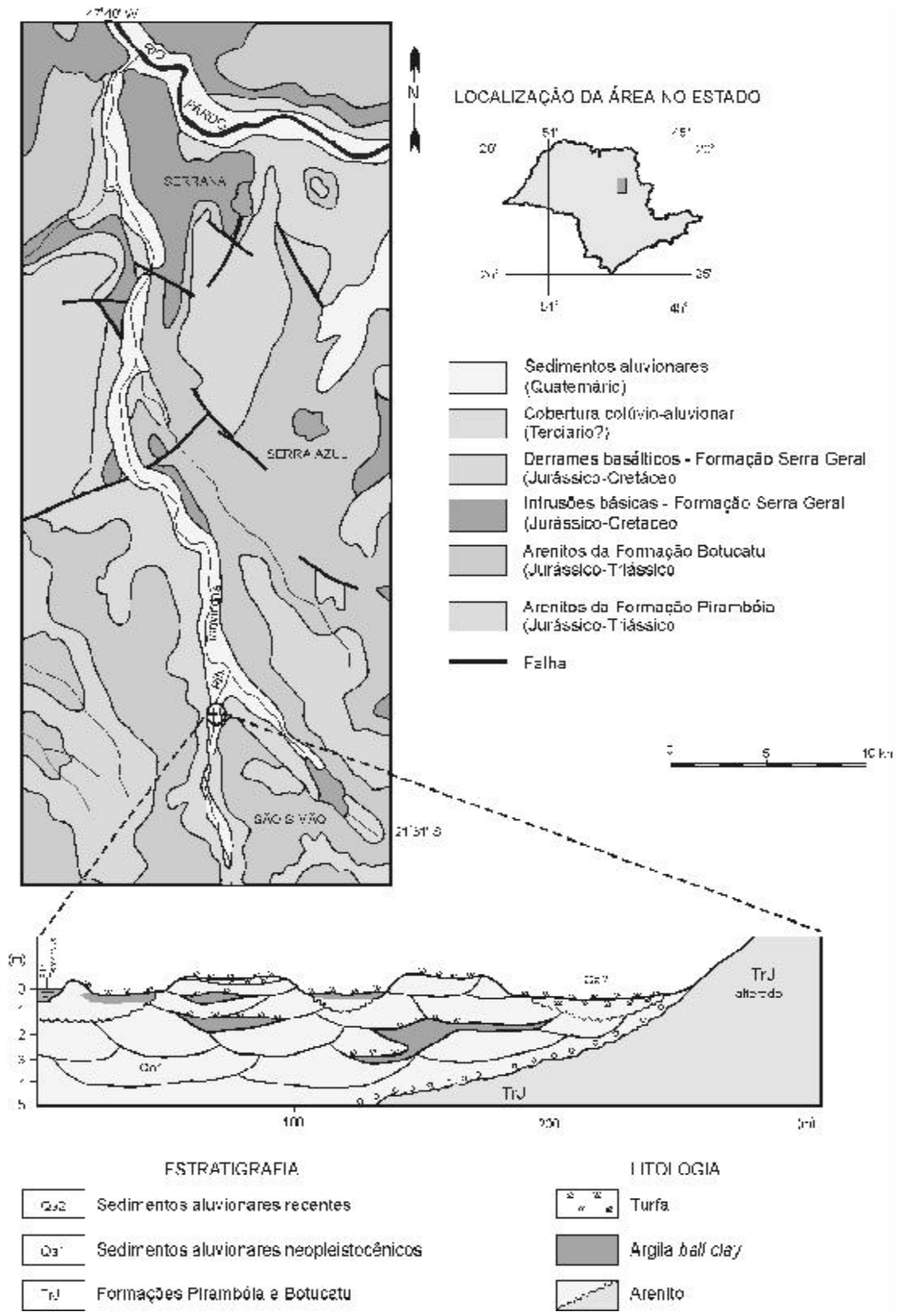


FIGURA 12. Geologia simplificada do vale do Ribeirão Tamanduá na região de São Simão e seção esquemática dos depósitos aluviais quaternários. Baseado em Motta et al. (1993).

Em São Paulo, a existência de fosfato sedimentar é discreta. Ocorrências deste tipo são conhecidas na Bacia do Paraná, onde estão cadastradas apenas mineralizações pouco importantes nas formações Corumbataí e Estrada Nova, nas regiões de Araras, Rio Claro e Piracicaba (IPT, 1981c).

As reservas paulistas de fosfato resumem-se aos depósitos de apatita (normalmente flúor-apatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) dos maciços alcalino-carbonatíticos mesozóicos de Jacupiranga (município de Cajati), Juquiá (Registro) e Ipanema (Iperó).

Em todos estes complexos a apatita ocorre inicialmente como disseminações ou agregados primários nas fácies carbonáticas das intrusões. O minério fosfático é enriquecido pelo intemperismo,

concentrando-se em coberturas eluvionares dispostas sobre os carbonatitos mineralizados.

No caso de Jacupiranga, local onde foi iniciada na década de 40 a produção de concentrados fosfáticos no Brasil, todo o capeamento intempérico foi removido, esgotando-se em meados da década de 60 (Serrana, 1975). Com a exaustão do minério residual, que possuía teor médio entre 20% e 25% de P_2O_5 , explora-se fosfato apatítico a partir de teores primários da ordem de 5%. Além desse depósito, apenas o maciço de Juquiá em Registro é lavrado. A produção anual paulista de minério fosfático bruto é estimada em 4,57 milhões de toneladas, com 232,3 mil toneladas de fosfato contido (DNPM, 2000). O Quadro 6 resume reservas e produção de fosfato em São Paulo.

Mação (município)	Reserva medida (t)	Reserva indicada (t)
Jacupiranga (Cajati)	57.754.473 6,26% P_2O_5	126.720.000
Juquiá (Registro)	1.646.471 16,0% P_2O_5	-
Ipanema (Iperó)	74.803.125 6,84% P_2O_5	42.300.000

QUADRO 6. Reservas de minério fosfático relacionadas aos maciços alcalino-carbonatíticos de São Paulo (DNPM, 2000).

Rochas Carbonáticas

As rochas carbonáticas, nas mais variadas composições químicas e texturais, atendem aplicações industriais bastante diversificadas. Dentre as ocorrências fanerozóicas, os principais depósitos do Estado associam-se às formações Irati, Teresina e Corumbataí (Grupo Passa Dois), da Bacia do Paraná, e são aproveitados principalmente na produção de pó como corretivo da acidez de solos.

Na Formação Irati é lavrada uma fácies carbonática correspondente a um banco tabular de calcário dolomítico com 2 a 4 m de espessura, encimado por uma seqüência rítmica de folhelhos e calcários silicificados. As explorações estendem-se desde Rio Claro até Angatuba, com concentração de minas entre Rio Claro e Tietê (Figura 12). Estes depósitos situam-se na Depressão Periférica Paulista, abastecendo esta região e o Planalto Ocidental.

Na Formação Teresina é aproveitado um banco de calcários oolíticos calcíticos com cerca de 2 m de espessura, em Taguaí. Neste caso, a produção serve às regiões sul e sudoeste do Estado.

No município de Santa Rosa do Viterbo é minerado um banco de calcário dolomítico associado à

Formação Corumbataí, de 2 a 3 m de espessura, originado pela coalescência de estruturas algáticas estromatolíticas.

O Quadro 7 sintetiza as reservas medidas de rochas carbonáticas da Bacia do Paraná, que perfazem cerca de 35 milhões de toneladas.

Material carbonático é também explotado no maciço alcalino-carbonatítico de Jacupiranga, como subproduto ou coproduto da lavra de fosfato. Em função do teor de magnésio, esta matéria-prima é empregada no fabrico de cimento ou, subordinadamente, como corretivo de solos.

Há, ainda, ocorrências restritas de rochas carbonáticas nas formações Marília, da Bacia Bauru, e Tremembé, da Bacia de Taubaté, além de conchas calcárias em sambaquis antropogênicos no litoral do sul de São Paulo. Estes últimos já foram parcialmente lavrados, estando hoje protegidos por leis ambientais.

Turfa

A turfa corresponde ao estágio inicial de carbonificação da matéria orgânica vegetal, sendo composta por uma mistura de restos vegetais em diversos graus de decomposição (húmus), que contém

Município	Reserva Medida (t)
Taguaí	4.670,005
Santa Rosa do Viterbo	4.574,168
Piracicaba	4.290,906
Rio Claro	3.925,219
Ipeúna	3.738,000
Tietê	3.591,464
Laranja Paulista	2.933,039
Saltinho	2.833,134
Peruís	1.814,064
Luziânia	1.190,904
Charqueada	631,100
Rio das Pedras	504,057
Mombuca	283,283
Itapetininga	61,773
TOTAL	35,049,176

QUADRO 7. Reservas medidas paulistas de rochas carbonáticas da Bacia do Paraná (DNPM 2000).

desde remanescentes orgânicos totalmente identificáveis até uma massa gelatinosa amorfa. Segundo o grau de umificação, a turfa pode ser classificada texturalmente em fibrosa, hêmica ou sáprica, de acordo com o aumento do conteúdo de matéria orgânica amorfa decomposta em relação à porção vegetal fibrosa.

Em São Paulo a turfa tem sido comercializada para o fabrico de substratos para a formação de mudas, condicionadores para incorporação em solos cultivados e degradados visando recuperação e produtos para paisagismo e jardinagem.

Os principais depósitos paulistas são de idade holocênica e associam-se a regiões paludiais costeiras e a várzeas de planícies de inundação (Figura 12).

No ambiente costeiro, as turfeiras ocorrem nos baixios entre cordões arenosos da Formação Cananéia e praias pré-atuais, concentrando-se na planície Iguape-Cananéia, possuidora de reserva geológica superior a 100 milhões de toneladas de turfa *in situ* (IPT, 1986). Estas turfás distribuem-se em áreas amplas, baixas e úmidas, e são capeadas por densa vegetação arbórea da Mata Atlântica. Constituem estratos de turfa hêmica a sáprica, marrom-escuro a preta, com intercalações de material lenhoso menos decomposto, e possuem espessuras entre de 0,5 a 2,5 m, que podem alcançar até 4,0 m. O conteúdo inorgânico (teor de cinzas) é geralmente inferior a 20%. A Figura 12 situa os principais depósitos de turfa do Litoral Sul paulista e baixo Vale do Ribeira.

No sistema fluvial, em rios meandantes com planícies de inundação bem desenvolvidas, como as dos rios Paraíba do Sul, Mogi Guaçu e Jacaré-Pepira,

são encontradas turfeiras de porte variável, abrangendo áreas de 20 a 2.000 ha. A espessura dos corpos varia de 1 a 3 m, podendo chegar a 8 m em depocentros de algumas bacias ou em canais abandonados.

A turfa é predominantemente fibrosa a hêmica, com o teor de cinzas alto (superior a 20%), fruto de inundações periódicas da bacia. Em zonas mais distantes e resguardadas, como na turfeira SJ-II, no Vale do Paraíba, o conteúdo de cinzas é, em geral, mais baixo. Nesse local está instalada uma lavra de turfa para fins agrícolas.

Os dados oficiais registram apenas 17,3 milhões de toneladas de reservas de turfa no Estado (DNPM, 2000), com uma produção de 34,4 mil t/ano. No entanto, campanhas prospectivas efetuadas pelo IPT (Motta et al., 1982) e a CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Aboarrage & Oliveira, 1981) identificaram reservas expressivas que totalizam cerca de 380 milhões de m³ de turfa *in situ*. O Quadro 8 relaciona as características quantitativo-qualitativas das principais turfeiras do Estado.

AREIAS INDUSTRIAIS SILICOSAS

As areias silicosas, em seu estado natural ou beneficiadas, são aplicadas principalmente nas indústrias de vidro e fundição. Encontram aplicação ainda nos setores industriais cerâmico, siderúrgico e químico.

Na fundição, os moldes utilizados para conformar o metal fundido são construídos de areia impregnada de resina ou argila ligante. Para esta aplicação é necessária alta pureza em sílica, ausência de finos e principalmente morfologia adequada de grãos (arredondamento,

Região	Turfeira	Área (ha)	Espessura (m)	Conteúdo de cinzas (%)	Poder calorífico -35% H ₂ O- (Kcal/kg)	Densidade -35% H ₂ O- (kg/m ³)	Reserva <i>in situ</i>	
							Tipo	x 1000m ³
Vale do Paraíba	SJ 1	660	3,0	35	1.880	223	M/I	18.480
	SJ IA	308	2,0	36	1.908	218	M/I	6.230
	SJ IB	1.318	3,5	35	1.911	215	M/I	41.090
	SJ IC	420	3,0	36	1.908	218	M/I	13.700
	SJ 2	2.782	4,0	34	1.908	218	M/I	93.760
	SJ 2A	591	4,0	40	1.551	268	M/I	20.920
	SJ 2B	83	2,0	alto	-	-	M/I	1.810
	TB 1	240	3,5	44	1.551	268	M/I	7.270
	TB 2	636	3,0	43	1.616	257	M/I	19.080
	TB 2A	102	2,0	46	1.551	268	M/I	1.050
	TB 2B	61	2,0	40	1.746	238	M/I	1.020
	TB 3	326	1,5	35	1.908	218	M/I	5.560
	TB 3A	198	1,8	37	1.811	231	M/I	2.120
	PD 1	243	1,5	45	1.616	257	M/I	3.760
							Subtotal	236.750
Rio Mogi-Guaçu	MG I	123	2,6	23	2.525	275	M	3.260
	MG II	228	0,5 a 2,5	25	2.135	275	M	2.320
	MG III	34	1,7 a 2,5	baixo/alto	-	138 a 446	M	300
	MG IV	100	2,0 a 4,0	baixo/alto	-	138 a 446	M	2.860
	MG V	60	1,2	34	-	153	G	700
	MG VI	190	1,0	-	-	153	G	1.900
	MG VII	21	1,5	baixo/alto	-	138	M	317
	MG IX	150	4,7	25	2.460	45 a 230	M	7.040
							Subtotal	18.697
Baixo Rio Paraíba e Litoral Sul	RL I	545	3,1	40	-	206	M	16.490
	RE II	150	3,0	15 a 20	2.590	204	M	4.079
	SB I	200	2,5	40 a 67	-	153	G	5.000
	BR I	10.000	1,0	10	3.045	-	G	100,00
	outras	26.000	-	-	-	-	G	-
						Subtotal	125.569	
						Total	381.013	

Obs.: Tipos de reserva: M - medida, M/I - medida indicada; G - geológica
Conteúdo de cinza: baixo < 35%; alto > 35% Fonte: Aboarrage & Oliveira (1981); Motta et al. (1982)

QUADRO 8. Reservas e características das principais turfeiras do Estado de São Paulo.

esfericidade e distribuição granulométrica), características peculiares a depósitos sedimentares.

Na indústria vidreira a areia compõe a matéria-prima básica (até 70% da composição), tendo como exigência a pureza em sílica, baixo conteúdo de óxidos corantes (Fe₂O₃) e de óxidos com alto ponto de fusão (TiO₂, Cr₂O₃). Também há especificações quanto à distribuição granulométrica, porém não tão rígidas quanto para fundição, podendo ser aproveitados materiais sedimentares, metamórficos e ígneos, muito embora os jazimentos sedimentares sejam de produção e beneficiamento bem mais atrativos.

Na natureza podem ocorrer depósitos excepcionalmente ricos em sílica e com granulação bastante uniforme, em decorrência do abastecimento e dos mecanismos de transporte e deposição dos sedimentos. Os principais ambientes concentradores de areias nas bacias sedimentares são os sistemas desértico, aluvial

e costeiro. Após a sedimentação, aspectos tectônicos, estruturais e, sobretudo, a dinâmica superficial, contribuem para o enriquecimento das jazidas (por exemplo, lixiviação do ferro).

Em São Paulo, os depósitos fanerozóicos estão associados à Bacia do Paraná e aos sedimentos cenozóicos costeiros do Litoral Sul, ambos detentores de reservas expressivas (Figura 13, Quadro 9). A produção anual paulista é de cerca de 3,3 milhões de toneladas (DNPM, 2000).

Na Bacia do Paraná estão localizadas as mais importantes reservas de areia industrial, ocorrendo também nessa região a maior produção do Estado e do Brasil. As jazidas estão relacionadas aos arenitos mesozóicos das formações Pirambóia-Botucatu e, subordinadamente, a coberturas cenozóicas associadas (Formação Rio Claro e unidades correlatas, sedimentos colúvio-aluviais e aluviões quaternários).

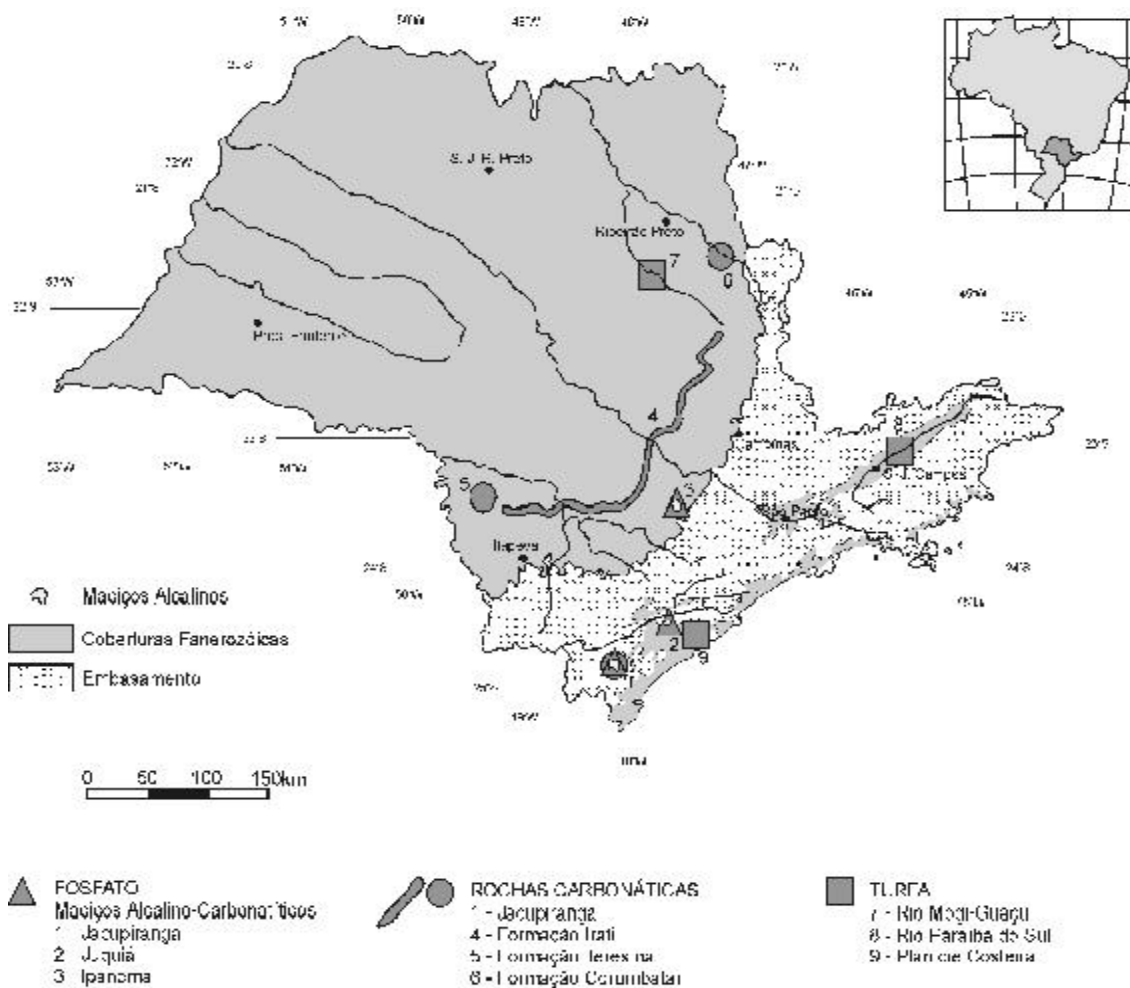


FIGURA 13. Depósitos de fosfato, turfa e principais áreas de ocorrência de rochas carbonáticas fanerozóicas em São Paulo.

Situação Geológica	Município	Reservas		
		Medida	Indicada	Inferida
Bacia do Paraná	Itirapina	276.933,676	155.414,018	191.813,712
	Hofete	212.201,074	68.017,850	26.610,851
	Descalvado	191.816,807	105.056,698	14.116,005
	Analândia	153.737,891	39.471,997	36.281,984
Sedimentos Cenozóicos Costeiros	Corumbatai	78.107,707	31.463,081	15.621,494
	Iguape	156.253,585	105.665,783	-
	Penápolis	31.412,312	19.250,310	1.953,999

QUADRO 9. Reservas de areias silicosas do Estado de São Paulo (DNPM 2000).

As principais minas em atividade estão situadas em Descalvado e Analândia, região central do Estado. As frentes de lavra caracterizam-se por pacotes de 10 a 40 m de arenitos com granulação média, bem selecionados, limpos, estratificados, podendo ocorrer passagens argilosas e conglomeráticas. No topo, a seqüência é truncada por um conjunto arenoso mais

friável, amarelo-avermelhado, sem estruturação evidente, com nível conglomerático na base. Estratigraficamente, o pacote inferior é atribuído ao topo da Formação Pirambóia e o superior a coberturas cenozóicas diversas (Tandel, 1991). O perfil geológico e características físico-químicas dos minérios na mina de Analândia são apresentados na Figura 14.

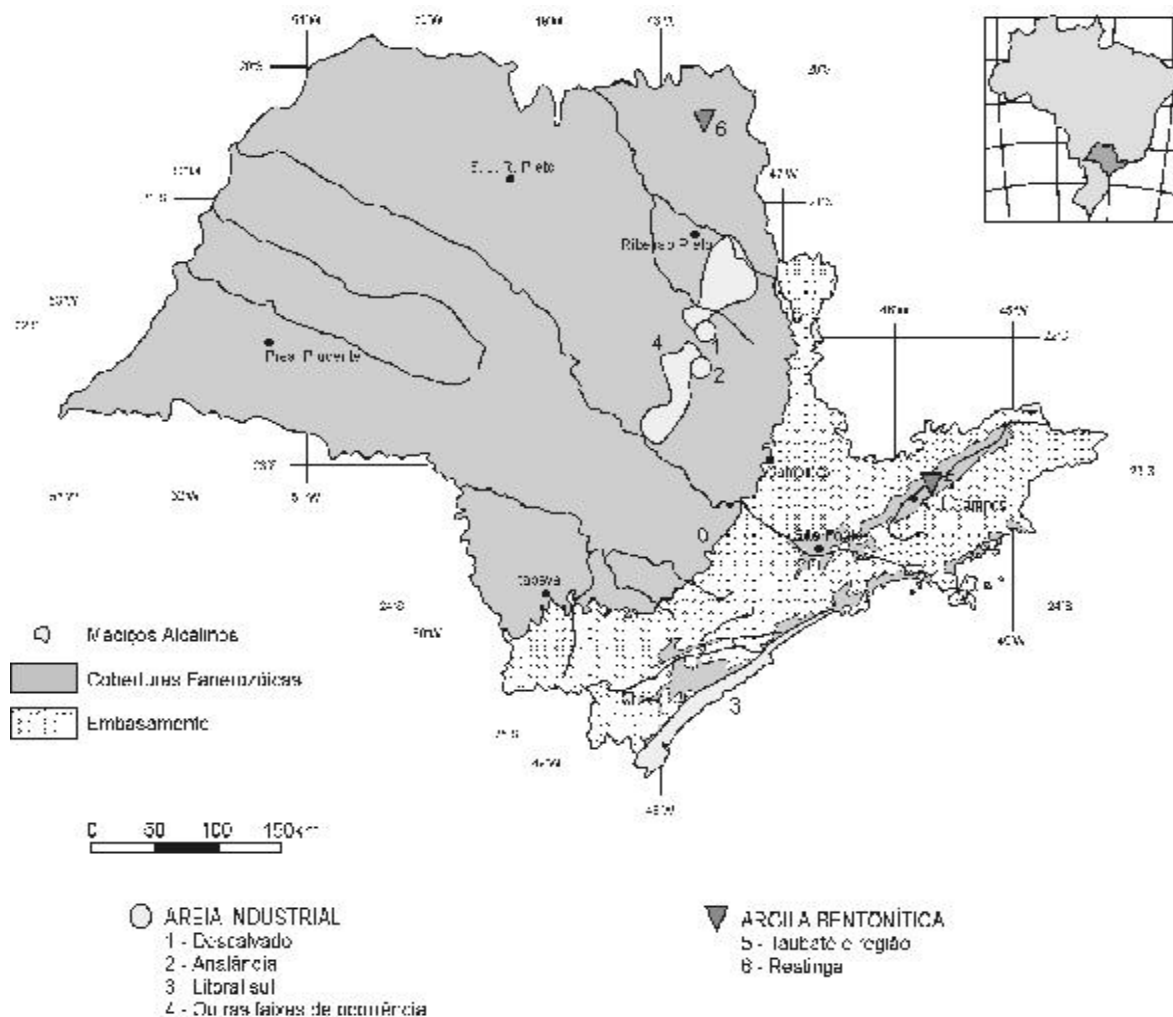


FIGURA 14. Principais depósitos e ocorrências paulistas de areia industrial e argila bentonítica do Fanerozóico.

Na planície costeira, os depósitos de areia industrial são encontrados em terraços e cordões arenosos pleistocênicos da Formação Cananéia e, subordinadamente, em outros sedimentos pré-atuais, depositados em ambientes praias, com eventual retrabalhamento eólico. Os depósitos se estendem desde Praia Grande até Cananéia, com reservas e produção concentradas em Peruíbe, Iguape e Itanhaém.

ARGILAS BENTONÍTICAS E DESCORANTES

As argilas bentoníticas são constituída predominantemente por argilo-minerais do grupo das esmectitas, cuja estrutura é composta por duas folhas tetraédricas de silicato com uma folha octaédrica, unidas entre si por oxigênios comuns às folhas. A fraca ligação entre as camadas permite a absorção de cátions, atribuindo-lhes características físico-químicas peculiares.

Tais características, por sua vez, conferem às argilas bentoníticas uma série de propriedades

especiais, como a tixotropia, plasticidade e capacidade de troca catiônica, que possibilitam diferentes aplicações industriais, tais como: agentes tixotrópicos em lamas de perfuração para sondagens, aglomerantes de minérios e de areias de moldagem em fundição, descorantes de óleos, aglomerantes e plastificantes em cerâmica, isolantes para construção civil, cargas na indústria química etc.

Dentro do grupo das argilas bentoníticas, destacam as bentonitas sódicas, espécie de maior aproveitamento industrial, e as bentonitas cálcicas (terras *fuller*) ou argilas descorantes.

A cristalização das esmectitas processa-se a partir de soluções com alta concentração de cátions e baixa ação lixivante. Essas condições genéticas estão presentes em sítios geológicos distintos, permitindo a sua ocorrência em solos, como produtos de diagênese e de alterações hidrotermais e em ambientes deposicionais confinados, de águas alcalinas, comumente próximos a emanações vulcânicas.

O Estado detém reservas importantes de argilas bentoníticas alojadas na Bacia de Taubaté e nos sedimentos cretáceos associados aos basaltos da Bacia do Paraná (Figura 13). Verifica-se a existência de uma série de outras ocorrências, destituídas, no entanto, de interesse econômico, devido ao caráter restrito dos jazimentos ou a baixa qualidade tecnológica das argilas (Quadro 10). Esse é o caso das esmectitas dos basaltos e dos pelitos paleozóicos da Bacia do Paraná, da cobertura cretácica da Bacia Bauru, dos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo e de veios hidrotermais associados a falhas cenozóicas, na borda norte da Bacia de Taubaté.

Na Bacia de Taubaté as camadas mineradas compreendem argilitos e folhelhos verdes lacustres da Formação Tremembé. Os horizontes pelíticos são de porte métrico e chegam a atingir espessuras da ordem de 10 m. Mineralogicamente, são compostos por argilo-minerais interestratificados, (illita-montmorilonita), e esmectíticos, além de illita, caulinita e micas, entre outros (Zandonadi, 1972, 1974). Estas argilas são classificadas como *terras-füller* de baixo rendimento *in natura* (Santos, 1963, 1989).

O fraco desempenho desses materiais em suas diversas aplicações tecnológicas deve-se à sua composição mineralógica, que inclui quantidades apreciáveis de outros minerais além das esmectitas. Outro aspecto que prejudica o seu poder de descolorimento é a cristalinidade, que inibe a sua ação adsorvente. Esta característica decorre da origem essencialmente detrítica das esmectitas, possuidoras de estrutura cristalina relativamente estável e bem desenvolvida.

As argilas bentoníticas da Bacia de Taubaté são exploradas na região de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba, e destinadas para diversos setores industriais. Após ativação química essas argilas são empregadas no descolorimento e recuperação de óleos industriais, como aglomerante em moldes de fundição,

agente hidrocópico (antiaglomerante) em fertilizantes, clarificante de óleos e gorduras na fabricação de sabonetes, e impermeabilizante na produção de tintas e vernizes (Ruiz & Neves, 1990). Também estão sendo utilizadas na fabricação de chapas isolantes e na indústria alimentícia para clareamento de óleos comestíveis. Neste último emprego os materiais recebem tratamento ácido ou são misturados com produtos importados para melhorarem seu rendimento.

No Vale do Paraíba, as reservas de argilas bentoníticas estão estimadas em 33 milhões de toneladas, das quais 10 milhões correspondem a reservas medidas. A produção em 1996 foi de aproximadamente 23.000 t.

Na Bacia do Paraná, a ocorrência de argila bentonítica de maior expressão está localizada em Restinga, na região de Franca. O conjunto sedimentar hospedeiro corresponde aos depósitos de leques aluviais da Formação Franca (Cabral Junior et al., 1992; Tanno et al., 1992; Hellmeister et al., 1999), que ocorrem associados aos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Figura 15).

As argilas de Restinga foram depositadas em uma pequena bacia lacustre, com contribuição de material vulcânico. O horizonte pelítico, com 0,5 a 2,0 m de espessura, é composto de camadas de argilito e lamitos de cores creme e rosada, tendo nontronitas, da série nontronita-beidellita, como argilo-mineral predominante (Zandonadi, 1972). Quando observadas ao microscópio eletrônico de varredura, as argilas dos níveis mais puros mostram-se com aspecto esponjoso, semelhantes a “favos de mel”, indicando origem autígena (Tanno et al., 1997).

As reservas do depósito de Restinga estão avaliadas em 180.000 t, sendo mais adequadas para emprego industrial como agente descolorante de óleos vegetais e animais, e aglomerante em moldes de fundição (Tanno et al., 1997).

Situação Geológica	Município	Reservas (t)	
		Medida	Indicada
Bacia de Taubaté (I)	Taubaté	4.652.169	2.666.800
	Tremembé	4.356.104	-
	Pindamonhangaba	1.055.268	29.884.582
Bacia do Paraná (K)	Restinga	180.000	

QUADRO 10. Reservas de argilas bentonitas do Estado de São Paulo. Baseado em DNPM (2000) e Tanno et al. (1997).

GEOLOGIA		MINÉRIO		
		TIPO (espessura)	TOR ARGILA (%)	TOROS NA ARGILA LAVADA (%)
SEDIMENTOS COLÚVIO ALUVIONARES (TQ) FORMAÇÃO FIRAMBÓIA (TrJ)	Suro Areia fina, amarelo-avermelhada, sem evidências de estratificação.	Minério Amarelo (10 a 14m)	55 ± 0,5%	Fe ₂ O ₃ - 0,128 Al ₂ O ₃ - 0,158 TiO ₂ - 0,29 K ₂ O - 0,000
	Stone line (inferior a 1m). Arenito fino, rosado, com grânulos dispersos, remanescendo feições de estratificação cruzada. Camada de argila (inferior a 1m). Arenito fino bem selecionado.	Minério Rosa (8 a 10m)	8 ± 0,5%	Fe ₂ O ₃ - 0,040 Al ₂ O ₃ - 0,128 TiO ₂ - 0,021 K ₂ O - 0,001
	Arenito fino bem selecionado, grãos arredondados, com estratificação cruzada de médio porte.	Minério Amarelo (10 a 14m)	55 ± 0,5%	Fe ₂ O ₃ - 0,03 Al ₂ O ₃ - 0,20 TiO ₂ - 0,02 Alcalis < 0,05

FIGURA 15. Perfil geológico e características físico-químicas das areias industriais da Mina da Sibelco em Analândia. Cf. Tandel (1991).

OUTROS MINERAIS INDUSTRIAIS

Magnetita

As ocorrências fanerozóicas com algum significado econômico no Estado estão relacionadas com maciços alcalino-carbonatíticos, nos quais o mineral ocorre como acessório nas fácies líticas carbonáticas (Figura 16).

Abreu (1973) e o IPT (1981c) citam os depósitos dos maciços de Ipanema, em Iperó, e de Juquiá, Jacupiranga, e Itapirapuã na região sul do Estado.

Segundo Abreu (1973), para o maciço de Ipanema são estimadas reservas da ordem de 1 milhão de toneladas de magnetita com altos teores de titânio e fósforo. Para Juquiá, são citadas reservas geológicas mínimas de 500.000 t de magnetita enriquecida em fósforo, com baixo titânio.

Apesar de não haver mais registros oficiais (DNPM, 2000), até meados da década passada eram atribuídas a Jacupiranga reservas da ordem de 64 milhões de toneladas de magnetita, com 4,2 milhões de toneladas de ferro contido, em um teor médio de 6,5% (DNPM, 1997). Segundo esta fonte, em 2000 foram produzidas cerca de 670.000 t de concentrado de minério de ferro em São Paulo, sendo comercializado no mercado doméstico como corretivo do módulo alumina-ferro na preparação de cimento e na indústria de ferro-ligas.

Vermiculita

Vermiculita é um filossilicato hidratado de alumínio e magnésio, que pode ocorrer como produto de (1)

alteração intempérica de micas ferromagnesianas e (2) alterações hidrotermais de baixa temperatura de flogopita e biotita, e também como constituinte acessório de carbonatitos e pegmatitos (Kuzvart, 1984; Abreu, 1973).

O mineral é utilizado como isolante térmico e acústico, misturado ao gesso e concreto para fabricação de agregados leves. É usado ainda no preparo de tintas isolantes, graxas lubrificantes e como carga inerte, na indústria de plásticos.

A vermiculita ocorre em São Paulo na mina paralísada de Congonhal, Município de Tatuí, explorada nas décadas de 60 e 70 (Figura 16).

A ocorrência associa-se a um bolsão biotítico (glimerito) existente em um dique alcalino (shonquinito) direcionado a noroeste (IPT, 1982a). O dique constitui intrusão mesozóica na Formação Tatuí (Grupo Guatá), da Bacia do Paraná. Segundo Abreu (1973) e o IPT (1981c), a intrusiva tem posição subvertical, largura entre 20 e 50 m e aflora por cerca de 430 m. Para o DNPM (1972, *apud* Abreu, 1973) a reserva medida era de ordem de 379.000 toneladas de rocha com 10% de vermiculita. Maciel & Guimarães (1955, *apud* Abreu, 1973.) assinalam que o mineral parece resultar da alteração hidrotermal das biotitas da intrusiva, a partir de soluções hidrotermais relacionadas ao próprio magma alcalino. O IPT (1982a), no entanto, considera que a vermiculita se origina da hidratação e perda de álcalis das biotitas durante processos de alteração superficial. Quando ativa, a lavra ocorria a céu aberto.

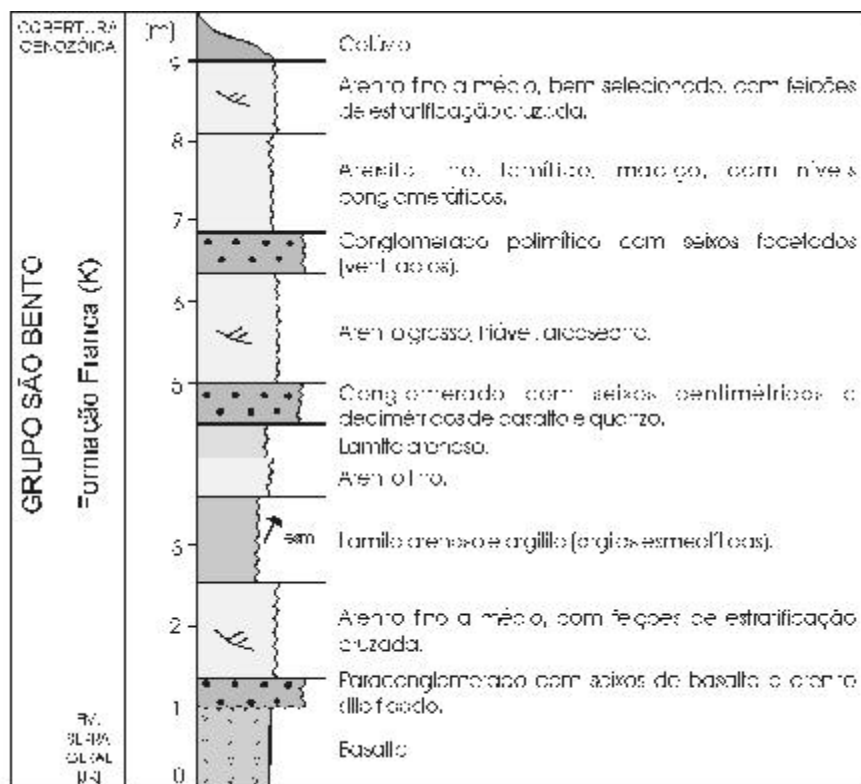


FIGURA 16. Seqüência sedimentar portadora de argilas bentoníticas do depósito de Restinga na região de Franca. Baseado em Hellmeister Junior et al. (1999).

Barita

A barita ($BaSO_4$) é um mineral com ampla distribuição geológica e ocorrência relativamente comum. Os tipos genéticos deste mineral são: (1) veios e metassomatitos enriquecidos, associados a intrusivas ácidas e alcalinas, (2) depósitos residuais (aluviais) associados a rochas pouco resistentes ao intemperismo e com teores primários elevados (rochas carbonáticas, por exemplo), (3) depósitos vulcano-sedimentares e (4) concentrações exógenas, em cavidades cársticas de rochas carbonáticas (Kuzvart, 1984).

O emprego principal da barita é como componente de lamas densas utilizadas em sondagens. O mineral constitui-se também em fonte de sais de bário utilizados na indústria de pigmentos, sendo também empregado na indústria de vidro e borracha (Abreu, 1973).

Em São Paulo, ocorrências fanerozóicas de barita são conhecidas na forma de mineralizações associadas aos maciços alcalinos de Juquiá e Itapirapuã, nos carbonatitos de Barra de Itapirapuã (Loureiro & Tavares, 1983) e em zonas de descontinuidade rúptil (associadas à Reativação Wealdeniana) dos terrenos pré-cambrianos do médio vale do Rio Ribeira de Iguape (IPT, 1981c; Pressinotti & Silva, 1988).

A barita de Juquiá ocorre em veios periféricos ao maciço alcalino, encaixados em rochas pré-cambrianas,

onde foi lavrada durante a Segunda Guerra Mundial (Abreu, 1973).

Em terrenos proterozóicos do Vale do Ribeira, as mineralizações constituem corpos filonianos maciços, com algum conteúdo de quartzo, e estão instaladas em estruturas E-W e N70E de rochas granitóides do maciço Catas Altas (Hasui et al., 1984), na região de Xaxim, próximo a Itapirapuã (Pressinotti & Silva, 1988). Os filões apresentam, em geral, espessura menor que 0,5 m e são descontínuos. Bolsões maiores, menos freqüentes, podem alcançar até 1,5 m de diâmetro. Muitas vezes, instalaram-se em estruturas também ocupadas por diques intrusivos alcalinos (tinguaítos, traquitos), bastante comuns em toda a região (Figura 16).

Pressinotti & Silva (1988) discutem as várias hipóteses possíveis para a origem do bário: remobilização tectono-termal dos conteúdos primários das metavulcano-sedimentares regionais, remobilização a partir de fases minerais silicáticas (principalmente feldspatos e micas), das encaixantes granitóides, e ainda natureza endógena, associada às alcalinas da região.

Sais Evaporíticos

O termo evaporito é aplicado a depósitos sedimentares salinos derivados de precipitação química a partir de salmouras sindiagenéticas. A sua formação

está condicionada a ambientes confinados, submetidos a condições de aridez climática, de tal modo que a taxa de evaporação suplante o afluxo aquoso. De acordo com o posicionamento geográfico, são definidos dois tipos de depósitos: marinho e continental. Os primeiros relacionam-se tanto a amplas bacias marinhas, como a ambientes costeiros mais localizados – sabkhas marinhas e lagunas. Os continentais estão associados a bacias lacustres endorreicas, mais especificamente aos denominados complexos *playa lakes*.

Os evaporitos se constituem uma importante fonte natural de sais minerais de emprego em diversos setores industriais e agrícola. Entre os mais utilizados estão os cloretos de potássio (por exemplo, silvinita e carnalita) na produção de fertilizantes, os carbonatos de sódio (minerais do grupo da trona) nas indústrias química e vidreira e o sulfato de cálcio (anidrita e gipsita) nas indústrias cerâmica e de construção civil.

No Estado, as ocorrências conhecidas possuem pouco interesse econômico (Figura 16). As camadas mais expressivas ocorrem na Bacia de Santos, enfeixadas na Formação São Vicente. O horizonte evaporítico dessa unidade, com centenas de metros de espessura, é composto de halita e anidrita, estando profundamente deformado por estruturas halocinéticas. As condições de jazimento do depósito inviabilizam o seu aproveitamento.

Nas bacias sedimentares terrestres, os depósitos salinos são restritos, cabendo destaque ao nível evaporítico da base do Membro Assistência (Formação Irati), do Permiano da Bacia do Paraná. Suas ocorrências mais significativas estão localizadas em subsuperfície, captadas por sondagens para petróleo na regiões de Lins e Paranapanema. Ambas correspondem a lentes delgadas de anidrita, intercaladas com folhelhos negros, não ultrapassando a 2 m de espessura em termos de camada total.

Outros conjuntos sedimentares que encerram ambientes evaporíticos estão relacionados às formações Adamantina e Marília, da Bacia Bauru, e à Formação Tremembé, da Bacia de Taubaté. No entanto, os níveis evaporíticos conhecidos são inexpressivos, traduzindo-se pela presença de camadas carbonáticas do tipo calcrete. A possibilidade da existência de sais mais solúveis, especulada por alguns autores (por exemplo, Cabral Junior et al., 1990; Coimbra e Riccomini, 1994), é remota, carecendo de maior investigação prospectiva.

Espongólito

O termo espongólito é atribuído a depósitos sedimentares compostos essencialmente por espículas silicosas de espongiários. Tais acumulações biogênicas ocupam geralmente bacias lacustres de idade cenozóica. Esses materiais, conhecidos popularmente em certas regiões do País por “pó-de-mico”, são empregados no fabrico de tijolos em olarias, originando um produto leve e resistente.

Ensaio de caracterização tecnológica efetuadas por Dias et al. (1988) em espongólitos do depósito da Lagoa Araré da região de Parnaíba (MS) indicaram a perspectiva desses materiais serem utilizados como pozolanas, além de outras aplicações industriais, em substituição ao diatomito, especialmente como agente filtrante e absorvente, e carga, em tintas, abrasivos industriais e produtos isolantes.

No Estado, as principais ocorrências de espongólitos estão acomodadas em pequenas depressões lacustres continentais, de idade quaternária. Sua distribuição está circunscrita ao domínio geográfico da Bacia do Paraná, ocupando regiões de topografia suave, relacionada preferencialmente à forma de relevo de Colinas Amplas (IPT, 1981b). Assentados sobre substratos de natureza diversa, os lagos estão encaixados sobre coberturas areno-argilosas cenozóicas e solos de alteração de unidades mais antigas, ocorrendo como bacias isoladas, ou compondo cabeceiras de drenagens de primeira ordem. Suas dimensões variam desde poucos hectares até cerca de 1,0 km² de extensão.

O perfil litológico típico dessas pequenas bacias lacustres é representado por uma camada de turfa superficial que passa gradualmente para o horizonte biogênico composto por espículas silicosas, matéria orgânica vegetal, pequenas porcentagens de frústulas de diatomáceas e quantidades variáveis de material terrígeno (argila e silte). A seção lacustre termina com o incremento gradativo da fração terrígena, culminando com leitos basais lamínicos.

Segundo Motta et al. (1986), os depósitos biogênicos paulistas caracterizam-se como espongólitos impuros de espessuras submétricas e teores médios de espículas silicosas de cerca de 30%, podendo alcançar valores da ordem de 70%. Os níveis mais ricos estão situados nos lagos maiores, na região de Araçatuba e Casa Branca (Figura 16).

MINERAIS METÁLICOS

Esta classe de recursos compreende todas as substâncias minerais empregadas como matérias-primas na obtenção dos metais.

Nas unidades fanerozóicas de São Paulo, as concentrações metálicas conhecidas são pouco

expressivas, sendo destituídas, na maioria delas, de interesse econômico.

Foram selecionados cinco tipos de mineralizações como representativas das principais ocorrências metálicas do Estado (Figura 17).

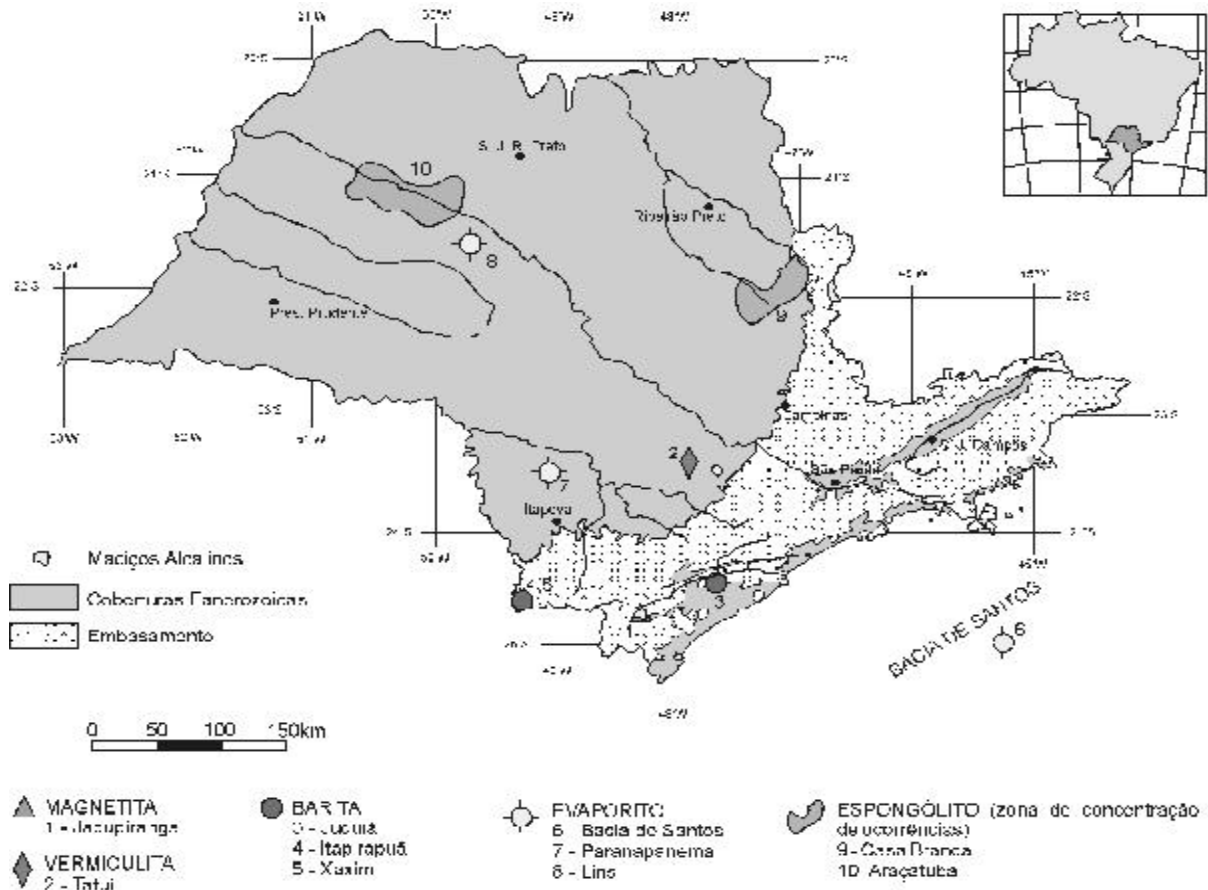


FIGURA 17. Ocorrências selecionadas de minerais industriais no Estado de São Paulo: magnetita, vermiculita, barita, sais evaporíticos e espongólitos.

CALDASITO

O termo caldasito refere-se a minério de zircônio resultante da associação de proporções variadas de zircão ($ZrSiO_4$) e badaleíta (ZrO_2).

Esta matéria-prima é conhecida desde o século passado e ocorre no município de Águas da Prata, estando geneticamente associada ao maciço alcalino mesozóico de Poços de Caldas.

Segundo Ruiz & Neves (1990), os depósitos de caldasito possuem natureza primária (veios e lentes) ou secundária (eluviões e aluviões). A ocorrência em aluviões é mais comum.

Estimativas de reservas são bastantes variadas. Neste sentido, Fraya (1962, *apud* Ruiz & Neves, 1990) estabelece, para a região de Águas da Prata, reservas geológicas da ordem de 100.000 t de minério, com teores médios entre 65% e 70% de ZrO_2 . Já o DNPM (2000) estima reservas em torno de 11.400 t, com 6.852 t de minério contido tendo 60,1% de ZrO_2 . Embora se encontre registro de produção de 4t/ano de caldasito em meados da década passada (DNPM, 1997), atualmente não há mineração noticiada deste bem mineral (DNPM, 2000).

Esta matéria-prima, com alto teor de ferro (6%), vem sendo consumida nos setores de ferro-ligas, soldas e cerâmica.

CASSITERITA

A cassiterita (SnO_2) é o principal mineral-minério de estanho, elemento utilizado na fabricação de chapas metálicas estanhadas, ligas metálicas diversas, soldas, galvanoplastia, indústria eletrônica, defensivos agrícolas e alguns produtos químicos (Damasceno, 1988).

Em São Paulo, a única ocorrência fanerozóica expressiva de cassiterita localiza-se no Município de Ribeirão Branco, próximo a Itapeva. Associa-se ao Granito Correias, corpo ígneo de idade eopaleozóica, entre 500 e 600 Ma. (Gimenez Filho, 1993; Goraieb, 2001), intrusivo nos terrenos pré-cambrianos do sul do Estado.

Além de constituir ocorrências primárias, parte dos depósitos de cassiterita do Granito Correias está concentrada em coberturas elúvio-coluvionares, resultantes de processos morfoclimáticos cenozóicos. Aluviões situados próximos a estes depósitos apresentam conteúdos pouco significativos da mineralização.

Os depósitos primários ocorrem em greisens, veios, bolsões e *stockworks* de quartzo aflorantes ou subaflorantes, como resultado de processos tardi a pós-magmáticos de alteração metassomático-hidrotermal da cúpula granítica. Neste caso, a cassiterita mostra granulação fina a grossa, disseminando-se ou formando concentrações maciças, podendo estar ou não associada à alguma wolframita.

Nos depósitos secundários, cassiterita (e wolframita), também com granulação variada, dissemina-

se em solos areno-argilosos, juntamente com grânulos e seixos de greisen, quartzo e hidróxidos de ferro.

Embora tenham sido estimadas para as ocorrências do Granito Correias reservas geológicas da ordem de até 5.000 t de Sn contido, presentes em minérios primários e secundários com teor médio de 0,2% (Goraieb, 2001), consideradas as condições de mercado do final dos anos noventa, as reservas lavráveis seriam as apresentadas no Quadro 11. De qualquer modo, trata-se de depósito de pequeno porte, porém com altos teores de cassiterita.

Natureza do Depósito	Reservas (t)	Teor médio de Sn (%)	Sn Contido (t)
Primário	186.233	0,115	213
Elúvio-colúvionar	538.350	0,222	1.195
Total	724.583	0,202	1.408

Obs: teor de corte considerado igual a 0,067% de Sn

QUADRO 11. Reservas de estanho associadas ao Granito (Goraieb, 2001).

MINERAIS PESADOS IRZM (ILMENITA, RUTILO, ZIRCÃO, MONAZITA)

A associação IRZM corresponde a minerais com densidade elevada (“pesados”), que ocorrem conjuntamente em alguns depósitos sedimentares detríticos tipo placer. Esses minerais constituem-se em fontes de titânio (ilmenita e rutilo), zircônio (zircão) e elementos de terras raras (monazita), elementos que, entre outras aplicações, são utilizados em ligas metálicas diversas.

Pláceres enriquecidos nos minerais IRZM possuem, com maior frequência, idades cenozóicas, sendo mais comuns nos ambientes costeiros de margens continentais passivas durante o Fanerozóico.

Estas características provavelmente se devem à menor exposição de áreas-fonte portadoras dos minerais IRZM nas regiões continentais, e à pouca preservação de pláceres aluviais ao longo do tempo geológico, uma vez que são sensíveis às frequentes mudanças nos níveis de base locais e regionais. Ao contrário, em algumas faixas costeiras é comum a exposição de amplas áreas de terrenos cristalinos antigos, constituídas por litotipos que têm os minerais IRZM como acessórios comuns. Além do mais, diferentemente dos pláceres aluviais continentais, pláceres costeiros podem formar-se distantes de suas áreas-fonte. Neste caso há a atuação efetiva de processos sedimentares hidrodinâmicos, que propiciam a formação de depósitos de maior porte.

Em São Paulo, o registro sedimentar compatível com este tipo de mineralizações insere-se basicamente no Fanerozóico.

O IPT (1990) e Mello et al. (1992) procederam a uma análise exploratória para elementos de terras raras que permite atribuir à parte das coberturas fanerozóicas paulistas (Bacia do Paraná, bacias continentais cenozóicas, depósitos costeiros e aluviões cenozóicos em geral) potencialidade maior ou menor quanto a mineralizações do tipo IRZM. Concretamente, no entanto, ocorrências e depósitos destes minerais, mostram-se quase totalmente restritos aos sedimentos costeiros de São Paulo, onde são conhecidos, pelo menos desde a década de 40, chegando a ser lavrados no litoral de Caraguatatuba.

A CPRM (1975) reconhece na Praia da Juréia e na Ilha do Cardoso, municípios de Iguape e Cananéia, depósitos de porte muito pequeno, registrados na Figura 18 e no Quadro 12. Por suas dimensões, estes depósitos são destituídos de maior significado econômico. O IPT (1990) e Mello et al. (1992) também registram uma ocorrência em um ponto da Formação Cananéia entre Cananéia e Pariqueira-Açu, com 53,2 kg/m³ de pesados IRZM (41,4 kg/m³ de ilmenita, 0,1 kg/m³ de rutilo, 5 kg/m³ de zircão e 6,7 kg/m³ de monazita).

Fora do ambiente costeiro, o IPT (1990) cita a descoberta de uma ocorrência na Bacia de Taubaté, em Eugênio de Melo, próximo a São José dos Campos, relacionada à seqüência areno-rudácea basal da Formação Pindamonhangaba. Esta ocorrência possui um teor de 37,6 kg/m³ de pesados IRZM (23,5 kg/m³ de ilmenita, 0,2 kg/m³ de rutilo, 6 kg/m³ de zircão e 7,9 kg/m³ de monazita). Também na Bacia de Taubaté, Ribeiro Filho (1958) descreve uma ocorrência de monazita em um terraço do Rio Paraíba do Sul, próximo de Tremembé, com 7% de minerais pesados, sendo 1,2% de monazita.

Local	Conteúdo de pesados	Distribuição de pesados ² (%)				Reservas (x 10 ³ t)	
		I	R	Z	M	Medida	Inferida
Praia da Juréia (Iguape)	20	40	0,8	3,0	3,0	1,5	20,9
Praia de Fora (Ilha do Cardoso)	2	50	0,6	1,6	3,6	0,4	5,4
Praia das Pedras (Ilha do Cardoso)	23	63	1,1	6,2	1,2	0,1	6,2

² I - ilmenita R - rutílo Z - zircão M - monazita

QUADRO 12. Depósitos de minerais pesados IRZM nas praias do Litoral Sul de São Paulo. Baseado em CPRM (1975).

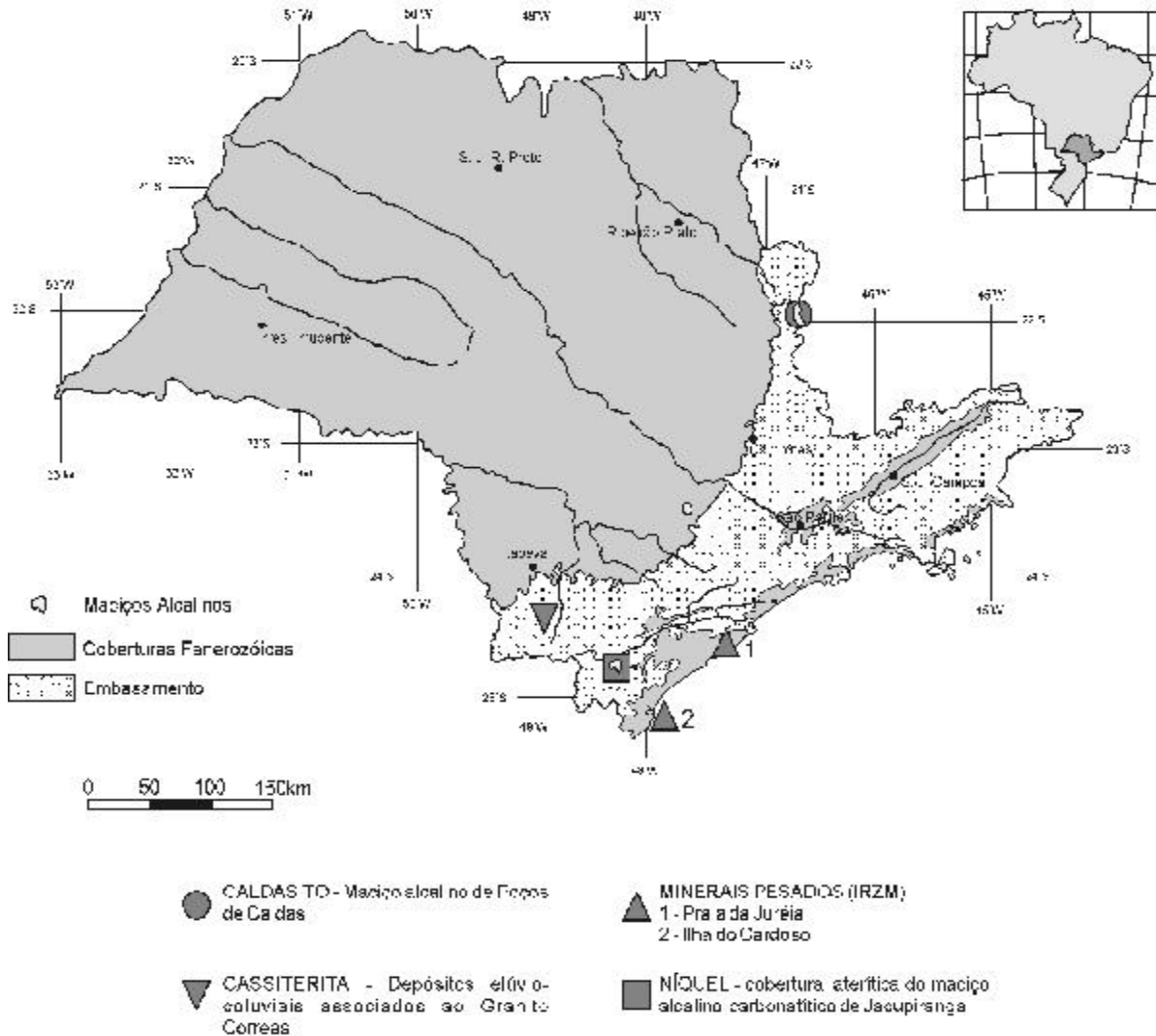


FIGURA 18. Depósitos fanerozóicos de minerais metálicos do Estado de São Paulo.

NÍQUEL

O níquel é utilizado na preparação de aços e outras ligas metálicas. Em São Paulo, as únicas ocorrências conhecidas deste elemento estão associadas ao maciço alcalino-carbonatítico mesozóico de Jacupiranga, no município de Cajati, que foi minerado no período pós 2ª

Guerra Mundial. A CPRM (1975) aponta a existência de reservas remanescentes em torno de 13 milhões de toneladas, com 1,4% de NiO (Figura 17).

Estas reservas distribuem-se em coberturas lateríticas existentes na parte ocidental do maciço. Oliveira & Trescases (1985) destacam a presença de níquel em

saprolitos argilosos (associado à clorita-esmectita) e saprolitos ferruginosos silicificados (associado à goethita), onde são registrados teores médios entre 0,4% e 1,5% de NiO. Os horizontes mais enriquecidos alcançam espessuras de alguns metros (saprolito argiloso) a até 30 m (saprolito ferruginoso) e dispõem-se acima de rochas duníticas alteradas. Em geral, são capeados por cobertura pulverulenta estéril de caulinita e goethita, possuidora de espessura média de 10 m.

Com base em Oliveira & Trescases (1985), verifica-se que os depósitos de níquel de Jacupiranga não são explorados devido à predominante dissociação entre teores econômicos e volumes expressivos mineralizados. Além disso, constituem impedimentos os conteúdos associados de sílica e espessuras consideráveis do capeamento estéril.

OURO

Por ser encontrado na natureza em pequenas quantidades, embora esteja presente em quase todos os ambientes geológicos e tipos rochosos, e mostrar-se inerte ao intemperismo, o ouro constitui um metal precioso de grande importância, sendo adotado como lastro monetário internacional e padrão de riqueza e adorno desde o início da civilização.

O ouro é consumido prioritariamente pelo setor de joalheria (ligas com prata, cobre, zinco e níquel). É empregado também nas indústrias eletrônica e elétrica (revestimento de conexões, transistores, componentes eletrônicos diversos), e ainda nas indústrias cerâmica, têxtil e na odontologia, entre outros usos (Berbert, 1988).

Smirnov et al. (1983) assinalam que nos terrenos fanerozóicos as ocorrências auríferas podem ser de quatro tipos principais: (1) associadas ao metassomatismo de contato ígneo, (2) hidrotermais, associadas a eventos tectono-termiais e a plutonismo, (3) vulcanogênicos e (4) plácenes.

As ocorrências fanerozóicas paulistas limitam-se a mineralizações auríferas detríticas tipo placer, existentes em aluviões ou terraços aluvionares cenozóicos,

dispostos principalmente sobre os terrenos pré-cambrianos da parte leste do Estado. Estas ocorrências resultam da ação erosiva e sedimentar do conteúdo de ouro de mineralizações primárias do embasamento cristalino (ouro em veios de quartzo e formações ferríferas). Na Bacia de Taubaté há discretas ocorrências aluvionares, resultantes da presença relativamente próxima do embasamento.

No Estado não existe produção oficial de ouro. Das ocorrências cenozóicas, as mais significativas foram ou são submetidas a garimpagem rudimentar. O ouro tende a mostrar-se como finas palhetas submilimétricas ou mais raramente como pequenas pepitas milimétricas, que conferem a estas concentrações teores médios entre 0,05 g/t e 0,5 g/t. Estas características, associadas a volumes aluvionares muitas vezes reduzidos, conferem à maioria das ocorrências pouco ou nenhum significado econômico.

A CPRM (1975), Abreu (1973) e o IPT (1981c, 1982a), apoiados em parte nos trabalhos realizados por Theodoro Knecht entre as décadas de 30 e 50, efetuaram cadastramentos que permitem o reconhecimento de duas regiões onde ocorre o adensamento das ocorrências auríferas cenozóicas (Figura 19): (1) a Grande São Paulo e arredores, com ocorrências próximas ao Pico do Jaraguá (uma das primeiras a serem descobertas no Brasil, ainda no século XVI), Guarulhos (Serra do Itaberaba), Cajamar, Perus, Mogi das Cruzes, Poá e Suzano, onde existem pequenos depósitos com teores de até 4 g/t; e (2) o vale do rio Ribeira, onde várias ocorrências são conhecidas (a) em Iporanga, nos rios Iporanga e Betari (com teores de até 3 g/t), (b) em Eldorado, nos rios Batatal e Ivapurundu e no Ribeirão Santana, (c) na região de Registro, onde, segundo o IPT (1982a), no rio Pedro Cubas foram cubados 8 kg de ouro em 30,5 m³ de cascalho mineralizado, sendo estimada reserva geológica de 915 kg de ouro em 4,5 milhões de m³ de material aluvionar, e (d) em Juquiá, nos rios São Lourenço e Verde.

GEMAS

O termo gema é aplicado a toda substância natural ou sintética, lapidada, rara, e que, por suas propriedades físicas de transparência, cor, brilho e certos efeitos óticos especiais (*chatoyance*, asterismo, labradorescência, aventurinização), pode ser utilizada para fins de adorno pessoal (Svisero & Franco, 1991).

Dentre a grande diversidade de gemas minerais existentes (cerca de duas centenas), ocorrências com alguma importância econômica no Estado são restritas ao diamante. A literatura registra ainda, vagamente, a presença de coríndon nos aluviões de Eldorado Paulista,

Apiai e Ribeira, havendo também notícias sobre a existência de sua variedade azul (com turmalina e crisoberilo) em Patrocínio Paulista (IPT, 1981c).

As principais ocorrências diamantíferas paulistas estão localizadas nas regiões de Itararé e Franca, respectivamente nas regiões sul e extremo nordeste do Estado (Figura 19). Trata-se de depósitos de pequeno porte, lavrados na forma de garimpos, em períodos de maior ou menor intensidade. As mineralizações estão associadas a aluviões atuais e terraços, constituindo concentrações secundárias,

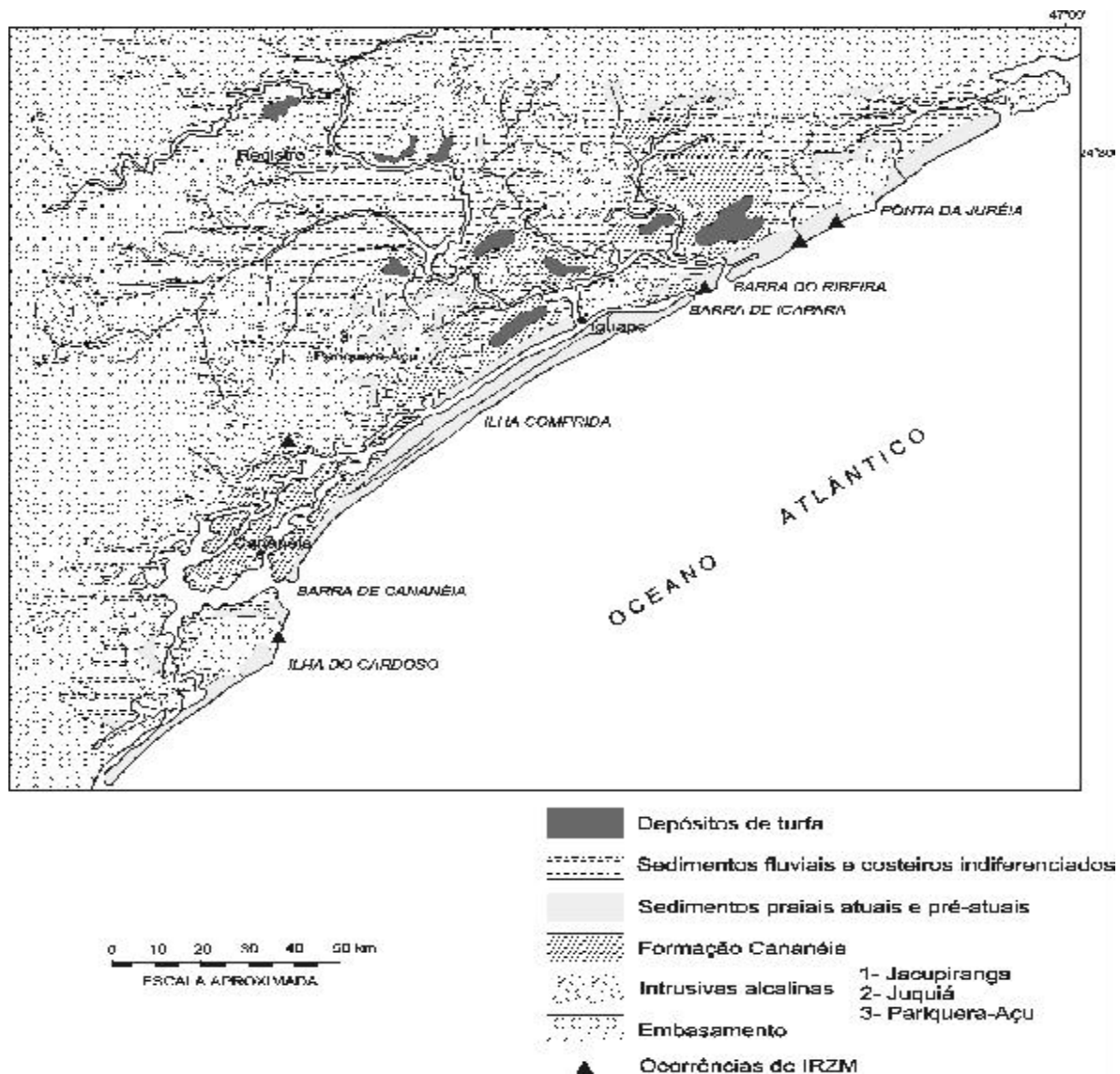


FIGURA 19. Ocorrências e depósitos de minerais pesados IRZM e turfa no baixo Ribeira e litoral sul de São Paulo. IPT (1990), modificado.

segundo o modelo de depósito de diamante reciclado. Menções também são feitas sobre a existência de diamantes em Itapeva e Ourinhos, sem maiores informações sobre o contexto geológico destas ocorrências.

Na porção sul do Estado, os pláceres aluviais ocorrem ao longo dos rios Verde, Itararé e afluentes, posicionados sobre rochas da Formação Furnas e do Subgrupo Itararé. Estudos de minerais pesados realizados por Chieriegatti (1989) nos principais garimpos da região não revelaram a presença de minerais satélites indicadores de fonte primária kimberlítica na área, sugerindo que as mineralizações diamantíferas decorrem de pré-concentrações em rochas rudáceas paleozóicas da Bacia do Paraná. A produção da área é pequena e não figura em registros

oficiais. Apesar das dimensões reduzidas (0,1 a 0,3 ct, em média), os diamantes são geralmente de qualidade gemológica (Chieriegatti, 1989).

Na região francana os principais aluviões diamantíferos estão distribuídos junto aos 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). A produção anual estimada de diamante é da ordem de 1.000 ct, com a predominância de gemas de tamanho inferior a 0,35 ct.

O fato de algumas ocorrências do nordeste do Estado ocuparem drenagens que cortam apenas os depósitos rudáceos aluviais atribuídos à Formação Franca (Hellmeister et al, 1999), indica que as mineralizações se constituem em reconcentrações sedimentares a partir de rochas desta unidade cretácica. Outras fontes

sedimentares podem ter também contribuído no fornecimento de diamantes, em particular os diamictitos da Formação Aquidauana e os conglomerados da Formação Botucatu (Ponçano et al., 1992).

Alguns autores (por exemplo, Tompkins & Gonzaga, 1989) têm considerado como fonte primária dos pláceres e paleopláceres brasileiros, os kimberlitos proterozóicos intrudidos nos crátons Amazônico e do São Francisco, atribuindo aos eventos glaciais superpostos a dispersão de diamantes. Todavia, tendo em conta o aporte detrítico

de diamantes a partir de alguns termos rudáceos da Bacia do Paraná, as fontes primárias para ambas as áreas diamantíferas de São Paulo podem estar vinculadas à evolução de arqueamentos regionais. Neste caso, feições importantes seriam o Arco de Ponta Grossa, a Flexura de Goiânia e o Soerguimento do Alto Paranaíba, possíveis alojadores de corpos kimberlíticos ou lamproíticos mineralizados, passíveis de terem seus conteúdos diamantíferos remobilizados para o domínio sedimentar da Bacia do Paraná.

RECURSOS ENERGÉTICOS

Os recursos energéticos constituem jazimentos sedimentares de natureza orgânica, gerados a partir de processos biogeoquímicos. De acordo com o ambiente deposicional, o tipo de constituinte orgânico original e a evolução tectono-sedimentar da bacia hospedeira são formadas as diversas classes de combustíveis fósseis.

A Figura 20 ilustra as relações entre as três grandes classes de combustíveis fósseis segundo suas composições em carbono, hidrogênio e oxigênio – série do carvão, petróleo e rochas oleígenas.

A distribuição das principais ocorrências de recursos energéticos no Estado é apresentada na Figura 21.

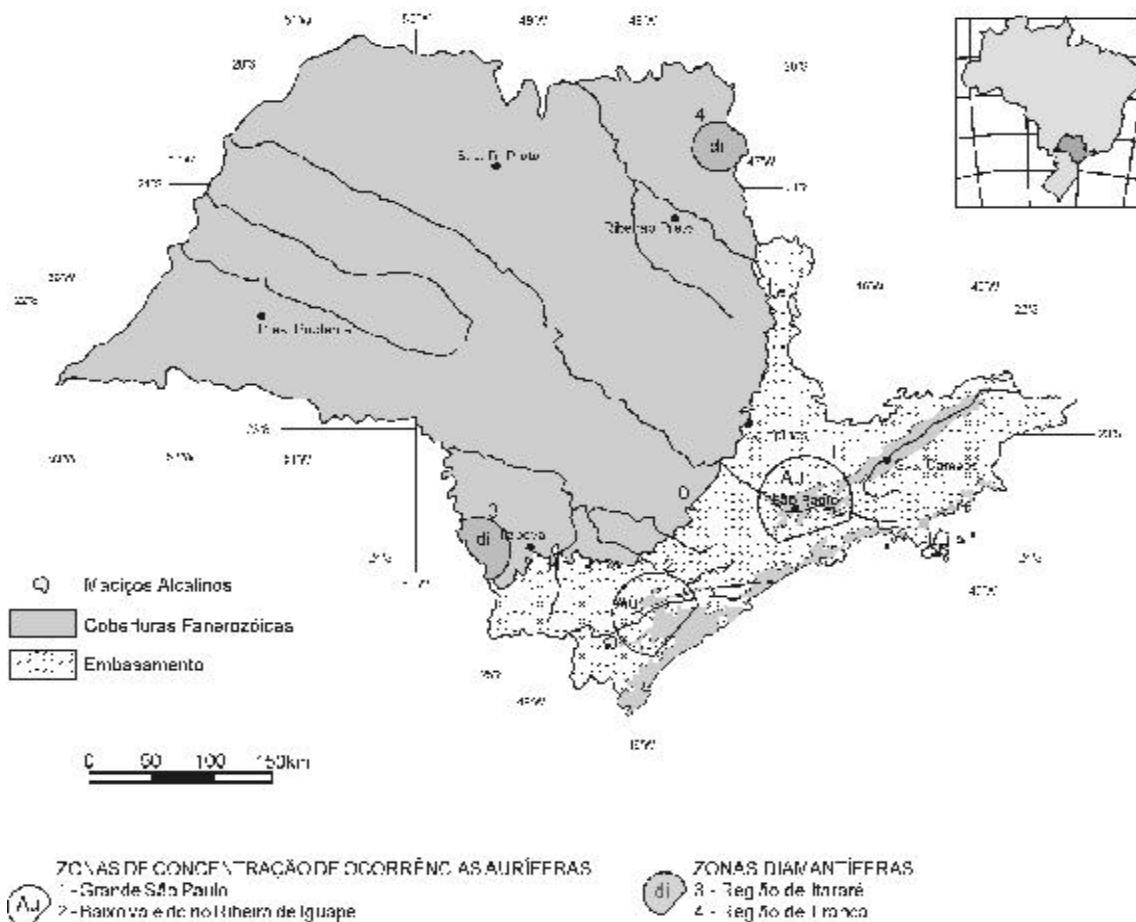


FIGURA 20. Principais ocorrências fanerozoicas de ouro e diamante no Estado de São Paulo.

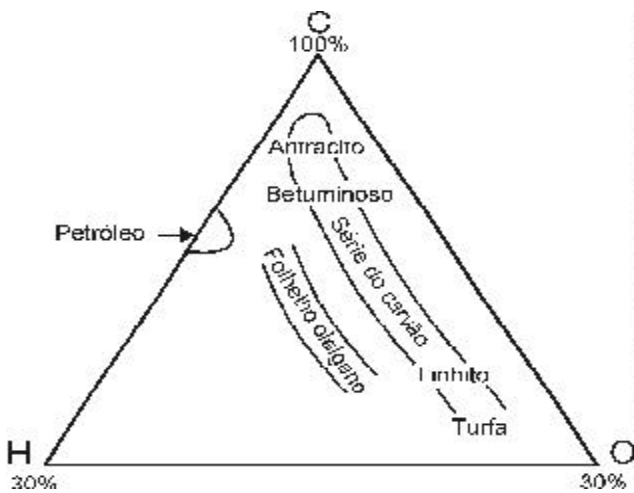


FIGURA 21. Diagrama ternário mostrando a relação dos combustíveis fósseis com os elementos C, H e O. Cf. Forsman & Hurt (1958, *apud* IPT, 1982b).

SÉRIE DO CARVÃO

A formação dos depósitos da série do carvão inicia-se pelo acúmulo de matéria orgânica vegetal, em áreas deprimidas saturadas de água, normalmente associadas a sistemas deltaicos e de barreiras-lagunas das planícies costeiras, a depressões continentais lacustres e a planícies aluviais.

Os restos vegetais acumulados nesses ambientes sofrem um lento processo de decomposição anaeróbica, o que provoca a liberação de gases (oxigênio e hidrogênio) e propicia o enriquecimento de carbono na massa orgânica remanescente. Este processo de carbonificação é intensificado pelo soterramento e pela diagênese da bacia carbonosa.

A maturação dos depósitos orgânicos evolui do estágio inicial de turfa, para linhito e carvão (sub-betuminoso e betuminoso), até atingir o nível de antracito. A Figura 20 mostra a classificação dos combustíveis fósseis sólidos, de acordo com o grau de carbonificação (*rank*).

As ocorrências desses recursos energéticos no Estado são relativamente modestas. Os principais depósitos potencialmente aproveitáveis são turfeiras holocênicas, continentais e costeiras. Subordinadamente, há pequenas reservas de linhito e carvão associadas aos sedimentos terciários da Bacia de Bonfim e à seqüência permo-carbonífera da Bacia do Paraná.

Dentro de suas restrições qualitativas e volumétricas, tais ocorrências tiveram alguma importância apenas nos episódios de crise de abastecimento mundial de combustíveis, como nas duas grandes guerras e, mais recentemente, a partir da crise do petróleo na década de 70. Foram nesses

períodos que se concentraram as campanhas prospectivas no Estado e aconteceram lavras de pequena monta em turfeiras do Vale do Paraíba (1942 a 1945), no linhito de Bonfim (1918 a 1920 e 1944) e nos depósitos de carvão de Buri, Itapeva, Cerquillo e Monte Mor, na década de 40 (Abreu, 1973; Batista & Oliveira, 1987).

As perspectivas de aproveitamento dos depósitos ficam dependendo sobretudo da possibilidade de aplicações alternativas desses materiais nos setores industrial e agrícola, tendo em vista as restrições técnico-econômicas para sua exploração como insumo energético. Trata-se de nichos mercadológicos, onde estes bens minerais podem adquirir maior valor agregado, como é o caso dos agentes filtrantes ativados (turfa, linhito e carvão) e inoculantes agrícola (turfa).

A turfa, em função de sua aplicação em São Paulo, está sendo abordada como agromineral.

Linhito

O único depósito de linhito do Estado encontra-se alojado na Bacia de Bonfim. Esta bacia, localizada a cerca de 10 km a sul da Caçapava, constitui um pequeno gráben embutido nos contrafortes graníticos da Serra do Jambreiro. Essa bacia é considerada como um registro relíquia da maior abrangência da sedimentação terciária na Bacia de Taubaté, e seu isolamento teria se dado através de reativação tectônica durante o Pleistoceno (Riccomini, 1989).

O preenchimento sedimentar da Bacia de Bonfim é irregular, atingindo espessuras da ordem de 80 m. Os depósitos basais são arenosos e passam gradativamente para uma seqüência pelítica caracterizada por espessas camadas de argilito azulado, onde se intercalam leitões subordinados com concentração de material lenhoso. A camada principal de linhito ocorre no topo da pilha sedimentar, assentada sobre um nível de folhelho pirobetuminoso. O jazimento é lenticular e alcança, em alguns pontos, 5 m de espessura (Figura 22).

A análise faciológica de sedimentos na vizinhança da antiga mina levou Riccomini (1989) a considerar os depósitos como relacionados ao sistema fluvial meandrante da Formação São Paulo, de idade oligocênica. Por outro lado, estudo palinológico de Lima & Dino (1984), realizados diretamente com material linhítico da bacia, forneceu idade eocênica.

A ocorrência de linhito em Caçapava é bastante restrita, com estimativas imprecisas de reservas variando entre 25.000 a 152.000 t (Abreu, 1973). Segundo esse autor, uma amostra média de um carregamento de algumas toneladas indicou 16,7% de cinzas, 32,4% de materiais voláteis, 31,1% de carbono fixo, 18,8% de umidade e poder calórico de 3.930 kcal/kg.

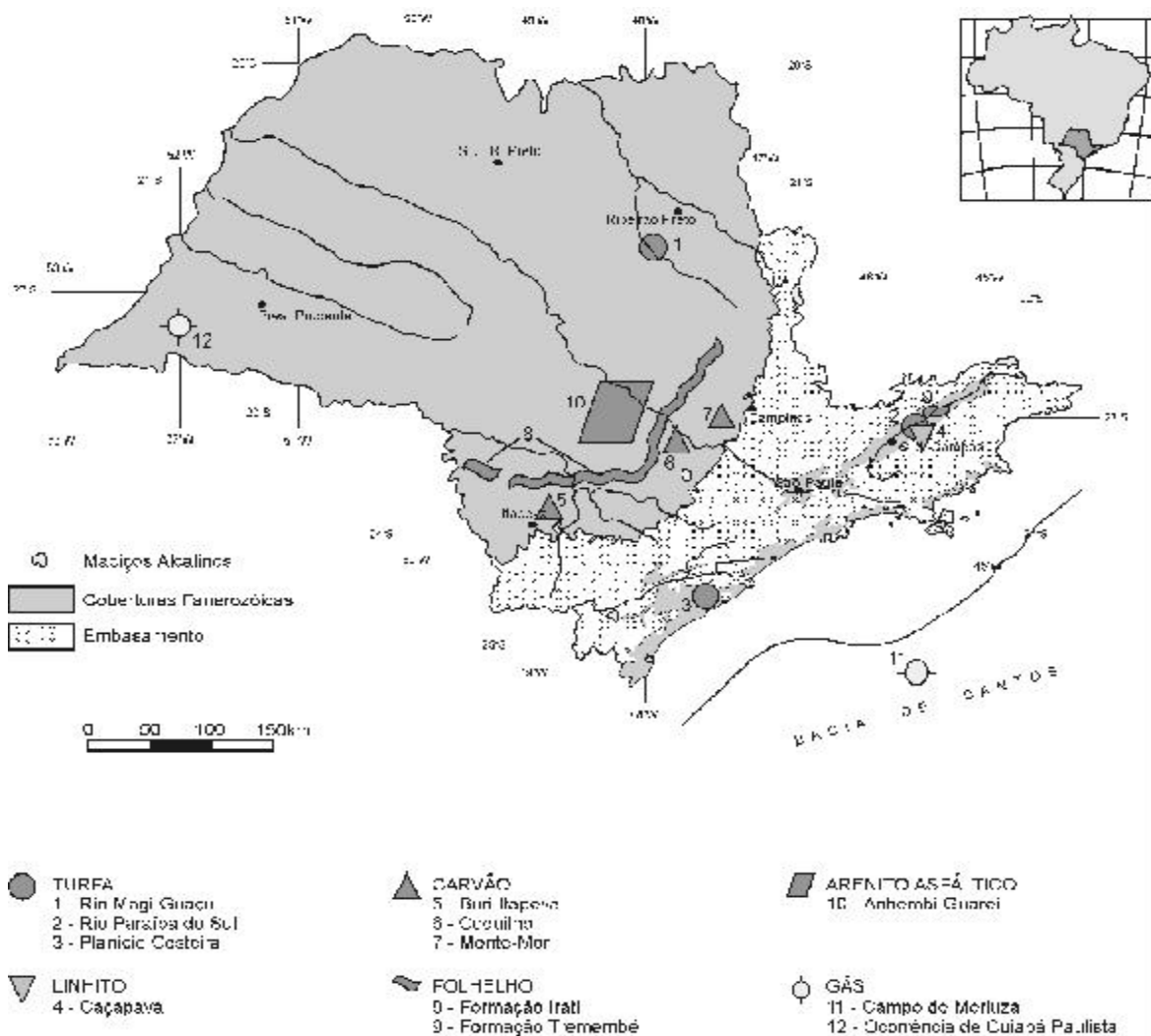


FIGURA 22. Principais ocorrências de minerais energéticos no Estado de São Paulo.

Carvão

Os depósitos de carvão no Estado situam-se nas regiões de Buri-Itapeva, Monte Mor e Cerquilho, dispostos ao longo da margem de afloramentos da Bacia do Paraná (Figura 21).

As camadas carbonosas de Buri-Itapeva e Monte Mor estão posicionadas no terço médio do Grupo Itararé, associando-se a ambientes de planícies deltaicas.

Estudos palinológicos de Souza et al (1993a, 1993b) conferem idade carbonífera para ambos os jazimentos. Estas datações colocam o horizonte carbonoso de Buri-Itapeva como o mais antigo de toda a Bacia do Paraná.

Apesar do número expressivo de ocorrências nessa área, distribuídas numa faixa com cerca de 30 km de extensão, e de algumas camadas carbonosas atingirem 4 m de espessura, há apenas um pequeno depósito com eventual perspectiva de aproveitamento econômico (Cabral Junior & Motta, 1985). Em geral,

os fatores limitantes são a pequena espessura de carvão na camada e o conteúdo de cinzas elevado.

Com relação ao depósito cubado, o carvão, do tipo betuminoso, estende-se por uma área de 450 ha, com espessura média de 0,27 m, constituindo uma reserva total de 2,1 milhões de toneladas. Para uma espessura de corte de 0,35 m é definida uma reserva de 1,3 milhão de toneladas (Cabral Junior & Motta, 1985).

Para o depósito de Monte Mor, na região de Campinas, não se dispõe de informações precisas quanto ao dimensionamento de reservas, certamente mais modestas que a de Buri-Itapeva. Leonardos (*apud* Abreu, 1973) refere-se à ocorrência, naquele local, de um nível de carvão com 30 a 40 cm de espessura, em parte lavrado entre 1943 e 1948. Levantamentos geológicos mais recentes evidenciaram o caráter restrito do depósito, com sondagens captando apenas um nível de 20 cm de carvão piritoso a 38,5 m de profundidade (CPRM, 1976).

As ocorrências de Cerquilha, situadas entre 15 e 25 km ao norte de Tatuí, integram a principal bacia carbonífera paulista, onde se destacam os depósitos do Bairro Aliança e Mato Seco.

A posição estratigráfica do horizonte sedimentar que acomoda estes carvão é controvertida. Barbosa & Almeida (1949) e outros autores, a exemplo de Soares (1972), Saad (1977) e Gravenor & Rocha Campos

(1983), consideram-no como pertencentes ao Grupo Itararé. Fúlvaro et al. (1984), no entanto, posicionam-no em uma unidade entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Tatuí, denominada Formação Tietê (Barbosa & Almeida, 1949, *sensu* Fúlvaro et al., *op. cit.*).

A Figura 23 apresenta os perfis geológicos idealizados para as seqüências portadoras de carvão de Buri e Cerquilha.

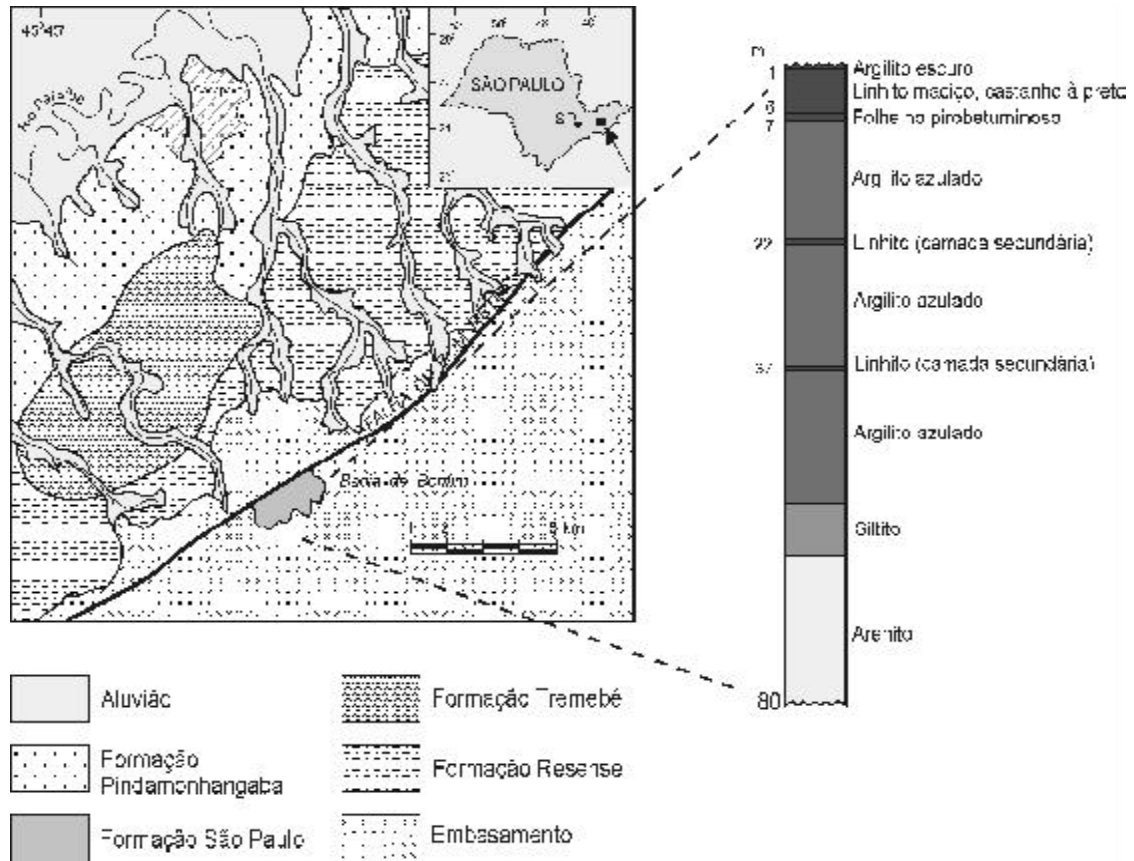


FIGURA 23. Geologia simplificada e perfil litológico do depósito de linhito da Bacia de Bonfim. Riccomini (1989) e Lima & Dino (1990), adaptado.

Segundo Perinotto (1987), a deposição do conjunto sedimentar que aloja os carvão de Cerquilha processou-se em ambiente costeiro relativamente confinado, tendo como área-fonte, na orla continental bordejante, altos topográficos sustentados por rochas glaciais do Grupo Itararé. A presença de um lobo deltaico na área do Bairro Aliança foi responsável pelo aporte de sedimentos na região. Os carvão formaram-se a partir de turfeiras, desenvolvidas nos baixios de inundação da planície deltaica (depósito do Bairro Aliança) e, em situações marginais ao eixo do delta (depósito de Mato Seco), colmatando depressões lagunares. A idade do nível carbonoso é tida como do Permiano Inferior (Souza et al, 1993c).

De acordo com Batista & Oliveira (1987), os depósitos do Bairro Aliança e Mato Seco perfazem cerca de 1.200.000 e 840.000 t. As espessuras de carvão estão entre 0,20 e 0,30 m em Mato Seco, atingindo 0,85 m no Bairro Aliança. Estes dimensionamentos não levam em conta as parcelas de minério já lavradas na década de 40, em grande parte extraídas do maior depósito, cujas estimativas variam desde 134.000 até 200.000 t (Abreu, 1973; Lenz & Ramos, 1985).

O carvão do Bairro Aliança é do tipo betuminoso, médio volátil, apresentando conteúdo de cinzas de 23%, relativamente baixo para o padrão brasileiro, e teor elevado de enxofre (da ordem de 5%). O alojamento de uma soleira de diabásio junto ao jazimento conferiu

caráter antracitoso para parte do carvão. O Quadro 13 sintetiza os principais dados disponíveis sobre os

depósitos paulistas que totalizam reservas da ordem de 3,5 milhões de toneladas.

Depósito		Reserva (10 ⁶ t)	Espessura média de carvão (m)	Rank	Poder calorífico superior (kcal/kg)	Cinzas (%)	Enxofre (%)	Materiais voláteis (%)	Carbono fixo (%)
Cerquinho	Bairro Aliança	1.200 *	-	betuminoso: média volátil - parte antracítico	-	25	5	-	-
	Mato Seco	840 *	0,20-0,30	-	5.340	21,5	14,9	22,8	49,0
Buri-Itapeva (esp. cont. 0,35m)		1.300	0,45	betuminoso: alto volátil B	4.000	40	2,9	22,0	35,0
Monte-Mor		-	0,30-0,40	betuminoso	6.800	10	-	28,7	53,3

* Inclui as parcelas já lavradas
 Fonte: Batista & Oliveira (1987); Abreu (1973); Cabral Jr. & Moura (1985).

QUADRO 13. Reservas e principais características dos depósitos de carvão de São Paulo.

ROCHAS OLEÍGENAS

As rochas sedimentares oleígenas são de dois tipos básicos, a saber: betuminosas e pirobetuminosas. A primeira contém impregnação orgânica na forma de betume e o revela através de tratamento químico à base de sulfeto de carbono. Já os sedimentos pirobetuminosos encerram matéria orgânica sólida (querogênio), necessitando de aquecimento para liberar compostos orgânicos líquidos e gasosos.

O Estado dispõe de reservas consideráveis de folhelhos pirobetuminosos e, subordinadamente, de arenitos betuminosos.

Folhelhos Pirobetuminosos

Os folhelhos pirobetuminosos, também conhecidos como “xistos betuminosos”, devido ao seu caráter físsil e foliáceo, são formados em ambientes aquáticos (marinhos e lacustres), onde restos orgânicos, mormente algálicos, são depositados, em proporções minoritárias, conjuntamente com lamas silicáticas. Diferem, assim, dos carvões, já que estes se desenvolvem a partir de grandes concentrações vegetais, geralmente derivadas de floras terrestres de organização mais evoluída, em ambientes pantanosos dulcícolas ou salobros. Um estágio genético intermediário entre os folhelhos oleígenos e a série do carvão é dado pelo carvão sapropélico, de origem algálica.

A retorta do folhelho pirobetuminoso produz óleo cru sintético, que, processado em refinarias convencionais, fornece derivados similares aos obtidos diretamente da destilação do petróleo, e gás de bom poder calorífico, com aplicação doméstica e industrial.

O Estado conta com duas zonas de ocorrência de folhelhos pirobetuminosos, situadas na Bacia de Taubaté e junto aos sedimentos permianos da Bacia do Paraná.

Na Bacia de Taubaté, os folhelhos oleígenos estão associados à Formação Tremembé (Grupo Taubaté), que ocupa a região central do rifte, entre as cidades de Taubaté e Pindamonhangaba.

A Formação Tremembé é composta de um pacote sedimentar essencialmente pelítico e corresponde ao ambiente terminal lacustre do trato deposicional paleogênico do Grupo Taubaté, caracterizado mais propriamente como um sistema do tipo *playa-lake* (Riccomini, 1989). As camadas oleígenas intercaladas nessa seqüência representam períodos de maior profundidade do lago Tremembé, concentrando-se nas suas porções centrais.

As primeiras tentativas de aproveitamento destes recursos no Vale do Paraíba datam do final do século passado, quando foram aproveitados para fornecimento de gás de iluminação em Taubaté, o que permitiu também a comercialização de outros derivados, como querosene, óleos lubrificantes, graxas e parafinas. A exploração, que havia sido paralisada em 1897, foi retomada apenas durante a 1ª Guerra Mundial (Abreu, 1973).

As pesquisas estão concentradas numa área de 200 km², situada entre as cidades de Quiririm e Roseira, onde a Formação Tremembé aflora ou está recoberta por delgado capeamento da Formação Pindamonhangaba. Os folhelhos oleígenos de melhor qualidade se concentram próximo ao topo da unidade e compõem um pacote econômico de 30 a 35 m de espessura, com teor médio de 4% de óleo *in natura* de 6% em base seca (Moreira, 1981) (Figura 24).

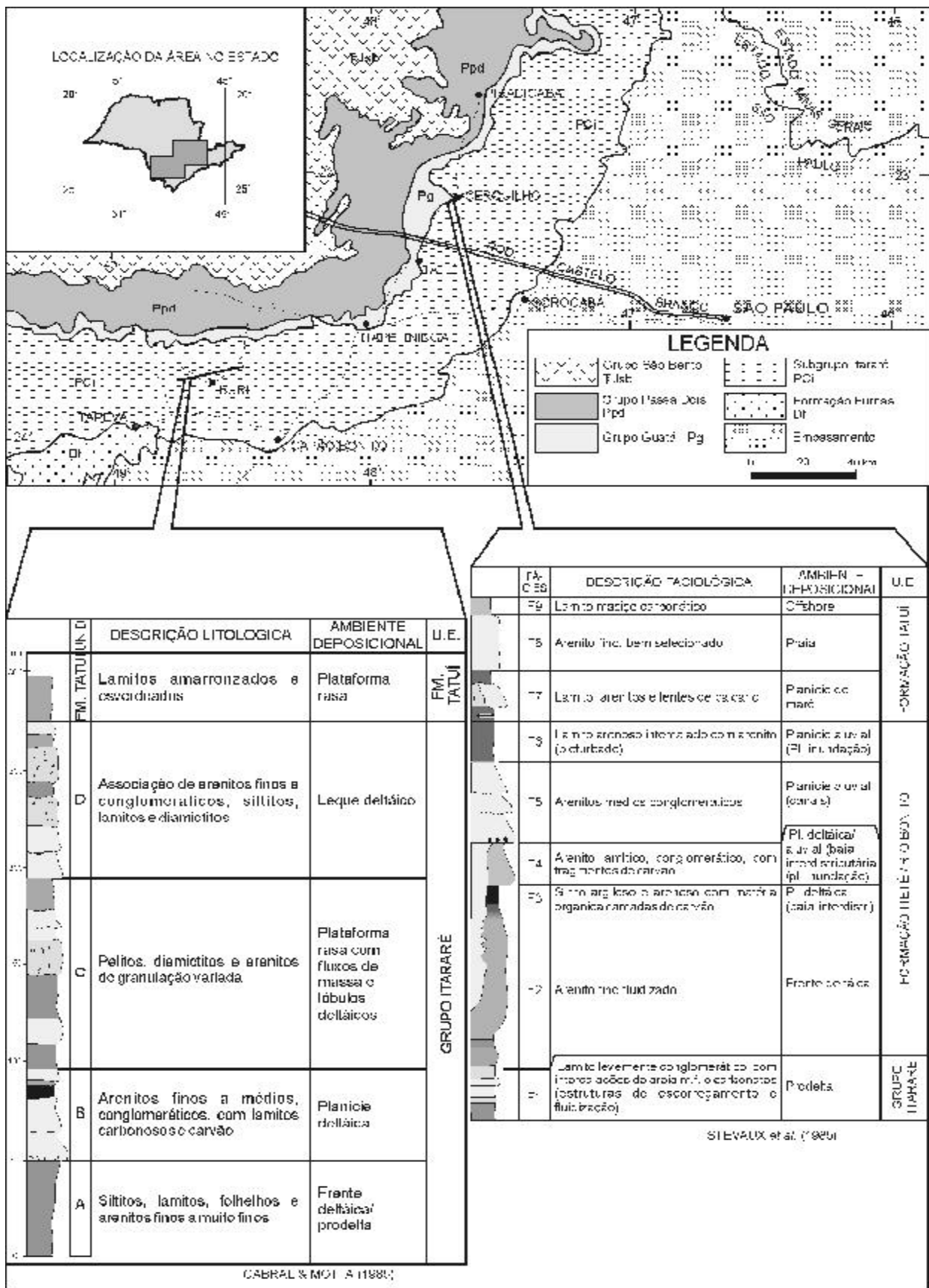


FIGURA 24. Perfis geológicos idealizados das seqüências portadoras de carvão de Buri e Cerquilha.

A exequibilidade econômica da produção desses recursos no Vale do Paraíba é prejudicada por diversos fatores: alto conteúdo de umidade, de cerca de 35%, baixo teor de óleo no folhelho *in natura*; capeamento acima de 20 m sobre o horizonte econômico e constantes intercalações de camadas estéreis.

As reservas da região são da ordem de 2,2 bilhões de barris de óleo (Quadro 14).

Os folhelhos oleígenos da Bacia do Paraná estão associados ao Membro Assistência da Formação Irati. O Membro Assistência sobrepõe transicionalmente aos siltitos e folhelhos cinza-escuros e azulados do Membro

Taquaral, com os folhelhos pirobetuminosos interpondo-se às camadas de calcário e pelitos cinza-escuros da unidade superior.

A deposição da Formação Irati ocorreu em ambiente marinho raso plataformar, que se aprofundava em direção às porções centrais da Bacia do Paraná. O confinamento desse mar, de natureza epinerítica, permitiu, em determinados momentos, a criação de áreas euxínicas, com a formação de folhelhos pirobetuminosos. Os carbonatos ocuparam preferencialmente regiões mais rasas, costeiras, onde a precipitação química fora mais intensa e persistente (Figura 25).

Tipo de reserva	Área (km ²)	Capeamento médio (m)	Espessura útil de xisto (m)	Teor médio de óleo - base úmida (%)	Relação xisto/estéril (m)	Reserva de óleo (milhões bbl)
Medida	10	24,4	30	4	1:0,8	119
Indicada	36	26,2	30	4	1:1,7	271
	40	-	30	4	-	440
Inferida	115	-	30	4	-	1 260

QUADRO 14. Reservas de óleo e principais características dos folhelhos pirobetuminosos do Vale do Paraíba. Segundo Bruni & Padula (1974, *apud* IPT, 1982b).

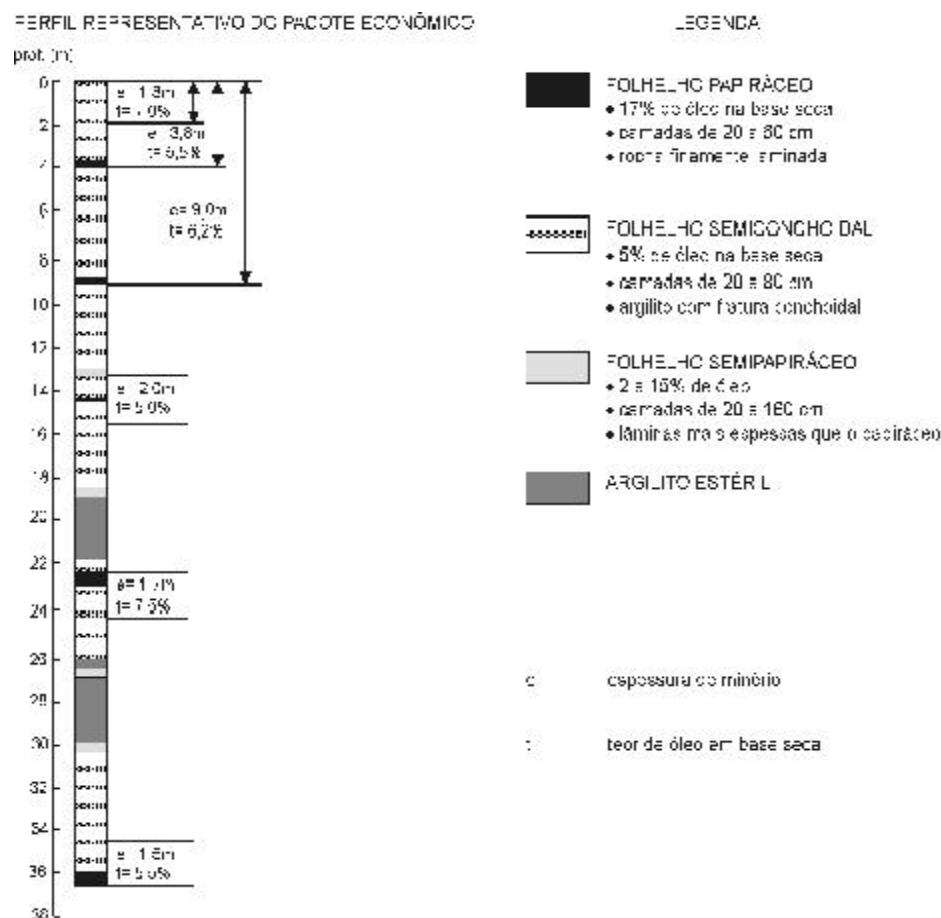


FIGURA 25. Perfil litológico do pacote econômico oleígeno e características dos folhelhos pirobetuminosos da Formação Tremembé. Baseado em Moreira (1981) e IPT (1982b).

As camadas oleígenas de São Paulo são delgadas e se intercalam a bancos estéreis (calcário e pelitos), formando uma seqüência rítmica de 12 a 35 m de espessura.

A espessura da camada total de folhelhos é bastante variável com valores situando-se entre 1,4 e 12,8 m. Em termos regionais, os conjuntos de leitões oleígenos mais expressivos ocorrem nos trechos Piracicaba-Tietê e Itapetininga-Fatura. A camada mais espessa atinge 2,85 m em Itaí. Os teores de óleo são baixos, em média inferior a 4%. Outro aspecto observado é que os estratos de minérios de maior espessura são relativamente pobres em óleo, a exemplo da camada de Itaí, que revelou apenas traços de conteúdo orgânico (IPT, 1982b).

A configuração paleogeográfica da Formação Irati faz com que o domínio de sua plataforma terrígena ocupe em subsuperfície as porções mais interiores do território paulista e que sua margem de afloramento seja constituída pela zona de concentração de carbonatos. Deste modo, o potencial do Estado para tais recursos encontra-se diminuído em relação aos estados sulinos, onde se expõem camadas mais espessas de folhelhos, com conteúdo oleígeno mais elevado.

Arenitos Betuminosos

Depósitos de rochas betuminosas são encontrados no Estado sob a forma de impregnações de betume em sedimentos psamíticos da Bacia do Paraná, constituindo os denominados arenitos asfálticos ou betuminosos.

Os arenitos asfálticos possuem uma vasta gama de aplicações, como em pavimentação, impermeabilização de lajes de concreto, madeira e na obtenção de óleo.

Os principais jazimentos concentram-se numa área de cerca de 6.000 km² na região de Anhembi-Guaeté, onde estão cadastradas 19 ocorrências, das quais as mais conhecidas são as de Itatig I e II, Bofete, Betumina, Moqué, Santa Rita, Sobar e Piapara (Figura 21).

Em Anhembi e Guaeté, pequenas explorações, destinadas basicamente à pavimentação, ocorreram no passado.

A Formação Pirambóia constitui a principal unidade hospedeira. Nela, as impregnações de betume encontram-se confinadas na sua porção inferior, próximo ao contato com a Formação Corumbatá. Suas espessuras variam de 30 m em Sobar (Guaeté) a 130 m em Betumina (Anhembi).

A única exceção a essa situação estratigráfica na região é uma ocorrência em Jacutinga. Neste caso, o asfalto impregna arenitos grosseiros da Formação Tatuí, em contato por falha com os sedimentos da Formação Irati.

Segundo Tomas Filho (1982), o betume dos arenitos teve como rocha geradora os folhelhos da Formação Irati. A migração do óleo ocorreu em duas etapas, com os calcários do Irati servindo como reservatórios primários. A migração secundária, para os arenitos Pirambóia, processou-se por falhas e fraturas associadas à tectônica e ao intenso magmatismo Serra Geral no Mesozóico. As acumulações estão controladas estruturalmente, com diques de diabásio atuando como barreiras para migração do óleo (Figura 26).

Reservas estimadas pelo Conselho Nacional de Petróleo em 1952 para os depósitos de Sobar e Guaeté (Itatig I e II), somam cerca de 6,8 milhões de toneladas de minério, que ocupam uma área de 2.388 km² de extensão. O teor máximo de betume é de 14%, e de óleo recuperável, entre 4 e 5% (IPT, 1980).

Para Anhembi, Tomas Filho (1982) indica um volume de óleo de 5,7 milhões de barris, com um teor médio de 5,5% de óleo em peso. A área computada abrange aproximadamente 40 ha e a espessura de arenito asfáltico chega a atingir mais de 80 m. Tendo por base esta reserva, o autor estima um total de 26 milhões de barris de óleo mineral para as ocorrências de Moqué, Bofete e Guaeté (Itatig I e II).

PETRÓLEO E GÁS

A existência de depósitos de óleo e gás natural nas bacias sedimentares depende da associação de determinados condicionantes geológicos no tempo e no espaço. Desta forma, o sistema de mineralização de hidrocarbonetos é composto pelos reservatórios, as armadilhas (traps), capacidade de maturação e geração de hidrocarbonetos na pilha sedimentar, e presença de mecanismos de migração que os conduzam dos estratos geradores para as rochas reservatórios contidas nas traps. A Figura 27 ilustra os fatores fundamentais para acumulação de petróleo.

A partir desses condicionantes, a potencialidade do Estado está relacionada aos domínios das bacias do Paraná, Taubaté e Santos. Resultados exploratórios positivos, no entanto, estão restritos à bacia marginal de Santos.

A Bacia de Santos detém jazida importante de hidrocarbonetos, referente ao campo de gás de Merluza. Esse campo está situado em região oceânica, distando cerca de 180 km da costa, sob lâmina d'água de aproximadamente 130 m. Trata-se da primeira descoberta comercial de hidrocarbonetos nesta bacia, realizada em 1984 (Tisi, 1992), que se constitui também no primeiro campo de hidrocarbonetos localizado em território paulista.

O campo de Merluza está associado a uma das diversas estruturas do tipo almofada de sal (*salt pillow*)

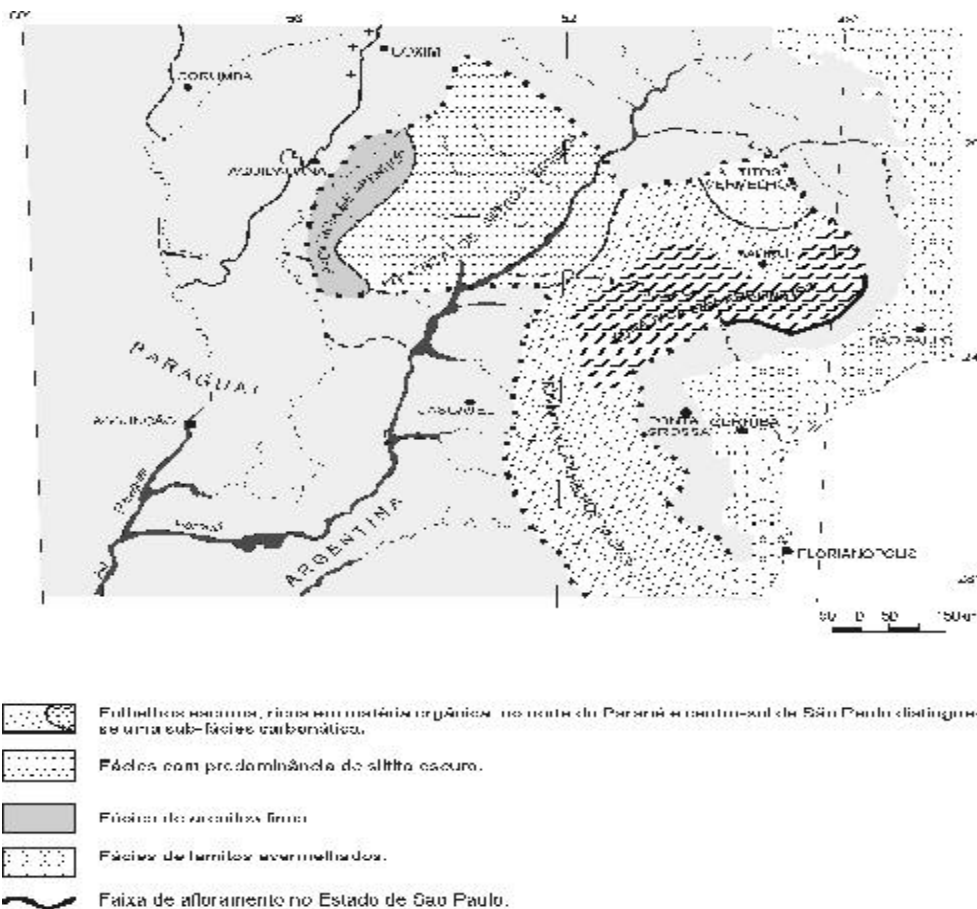


FIGURA 26. Esboço faciológico da Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. Beicup-Paulipetro (1981, *apud* IPT, 1982b), modificado.

que ocorrem nessa bacia. As acumulações de gás e condensado de petróleo estão alojadas em arenitos da Formação Itajaí, em dois níveis estratigráficos distintos: uma seqüência superior de psamitos de natureza marinha rasa/costeira e outra inferior composta de arenitos turbidíticos, esta última responsável pelos principais reservatórios. As reservas estimadas são de 8,9 bilhões m³ de gás natural, além de 1,7 milhões m³ de condensado (Tisi, 1992).

Outros importantes campos de hidrocarbonetos da Bacia de Santos, localizados na região oceânica limítrofe entre os estados de São Paulo e Paraná, foram descobertos mais recentemente pela Petrobrás. São os campos de Tubarão, Estrela do Mar e Coral, todos relacionados a reservatórios carbonáticos de idade cretácica albiana (Moraes Junior & Toledo, 1992). As reservas estimadas das principais jazidas da Bacia de Santos estão discriminadas no Quadro 15.

Na Bacia do Paraná, existem dois prospectos principais, representados pelas inter-relações das unidades Irati-Rio Bonito, Tietê-Pirambóia e Ponta Grossa-Itararé. É sobretudo nesses compartimentos que processos geológicos permitiram a geração,

migração e acúmulo de óleo e gás em armadilhas de caráter estrutural, misto ou estratigráfico (Yoshida & Gama Junior, 1982; Zalán et al., 1990).

Segundo estes autores, o primeiro prospecto é mais compatível à acumulação de óleo. O horizonte gerador é a Formação Irati, que alimenta os reservatórios contidos nas formações Rio Bonito (Tietê) e Pirambóia, podendo suprir também os arenitos Botucatu, além de soleiras e derrames basálticos fraturados. Evidências da efetivação deste prospecto são as impregnações betuminosas da Formação Pirambóia na região de Guareí e Anhembi.

No segundo compartimento, as rochas geradoras estão inseridas na porção superior da Formação Ponta Grossa, abastecendo arenitos do Grupo Itararé. Outros reservatórios associados referem-se aos arenitos Furnas, soleiras fraturadas e eventualmente as intercalações arenosas na base da Formação Ponta Grossa. Neste compartimento, as trapas estão situadas entre 3.000 e 4.600 m de profundidade, mais afeitas à acumulação de gás e condensado. É o caso da ocorrência subcomercial de gás de Cuiabá Paulista, no oeste paulista, que chegou a produzir 21.000 m³/

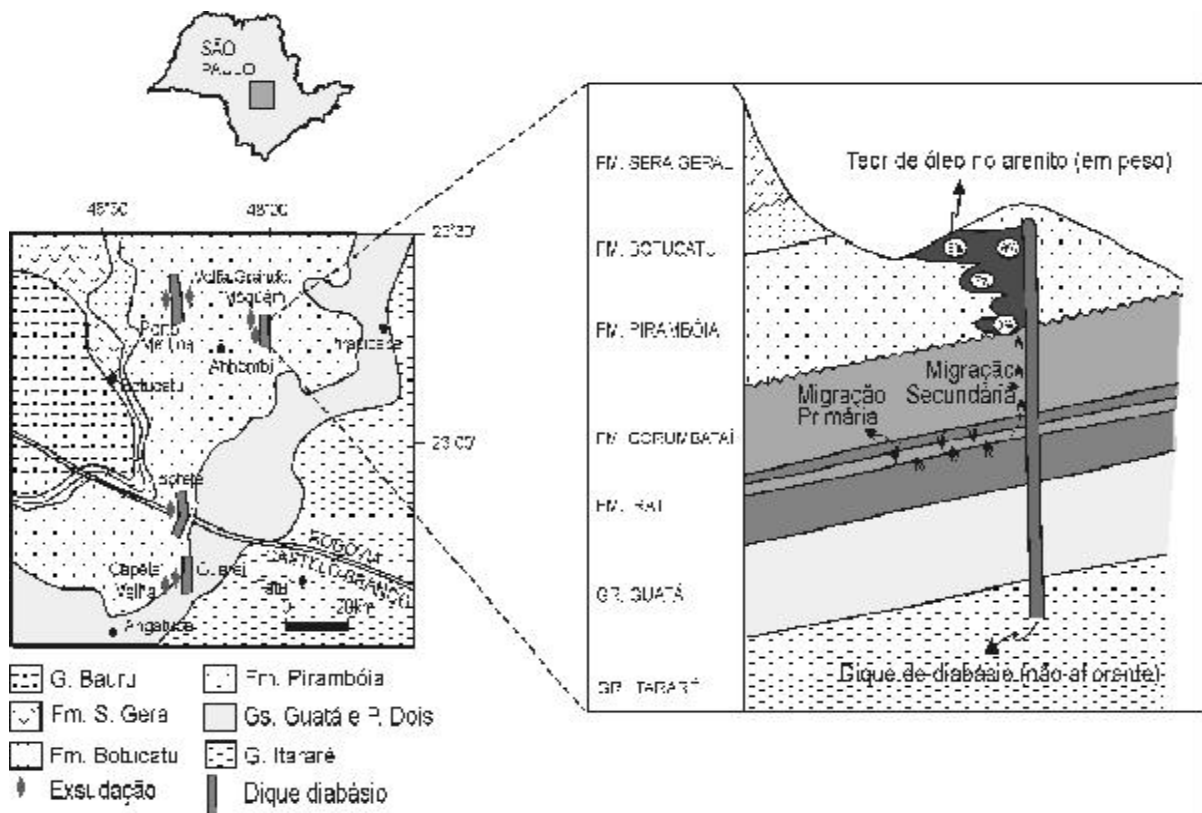


FIGURA 27. Principais ocorrências paulistas de arenito asfáltico na Bacia do Paraná e esquema de migração de óleo. Baseado em Tomas Filho (1982).

CAMPO DE HIDROCARBONETOS	GÁS (bilhões de m ³)	ÓLEO (milhões de tbb)
Merluza	8,9	-
Tubarão	4,2	32
Estrela do Mar	1,5	88
Coral	0,15	21

QUADRO 15. Reservas de hidrocarbonetos da Bacia de Santos. Baseado em Tisi (1992 e Moraes Junior & Toledo (1992).

dia, a partir de diabásio fraturado intercalado em coluna arenosa do Grupo Itararé (Zalán et al., 1990).

Para a Bacia de Taubaté, as perspectivas de acúmulo de hidrocarbonetos são remotas. Dentro do conjunto sedimentar aflorante, o potencial de geração de óleo está relacionado aos folhelhos da Formação Tremembé. Esses sedimentos, contudo, apresentam-se imaturos em virtude, provavelmente, da pequena profundidade de soterramento a que foram submetidos.

Por outro lado, a caracterização, em seções sísmicas, de unidades sedimentares basais na Bacia de Taubaté, sotopostas ao Grupo Taubaté e ainda não captadas por sondagens, deixam em aberto sua

potencialidade petrolífera (Marques, 1990). As perspectivas ficam dependendo da existência de rochas geradoras associadas a esse compartimento inferior, bem como da possibilidade de fornecimento suplementar de calor por provável intrusão ígnea alojada sobre esses sedimentos. Esta situação somente é verificada na sub-bacia de Roseira, onde o preenchimento sedimentar do rifte atinge 850 m de profundidade (Marques, *op. cit.*).

A produção paulista de hidrocarbonetos, a partir da Bacia de Santos, atingiu em 1999 cerca de 153 mil m³ de petróleo e 559 milhões m³ de gás natural (DNPM, 2000).

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Águas subterrâneas são aquelas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, sob forma susceptível de extração pelo homem. Essas águas, dependendo de suas condições de captação, podem ser aproveitadas para consumo humano e fins industriais. De acordo com sua composição, gases presentes e temperatura, podem ser classificadas como águas minerais, consumidas diretamente, utilizadas em balneoterapia, ou empregadas industrialmente.

Os sistemas aquíferos do Fanerozóico paulista podem ser classificados em duas categorias, segundo a natureza do substrato geológico e suas propriedades hidráulicas: aquíferos sedimentares, permeáveis por porosidade granular, e aquíferos cristalinos, permeáveis por fissuramento das rochas. O primeiro tipo, pela expressão da cobertura sedimentar e pela qualidade de seus reservatórios, constitui-se na principal fonte de águas subterrâneas do Estado. Já os aquíferos cristalinos estão relacionados aos derrames e soleiras basálticas da Formação Serra Geral e mais restritamente aos maciços alcalinos mesozóicos.

Com base no DAEE (1988), o Quadro 16 sintetiza as principais características dos aquíferos fanerozóicos do Estado.

Os sistemas aquíferos cenozóicos abrangem pequenas extensões do território paulista, servindo, contudo, regiões com alta densidade populacional. Devido à heterogeneidade dos depósitos sedimentares, a produção dos reservatórios cenozóicos é bastante variada, com poços de vazões entre 1 a 250 m³/hora. Por constituírem geralmente aquíferos rasos, suas águas estão susceptíveis a contaminações de poluentes químicos e orgânicos.

O sistema aquífero da Bacia de São Paulo é totalmente ocupado pela região metropolitana da capital paulista, sendo intensamente explorado por mais de cinco mil poços tubulares, com produtividade de 10 a 20 m³/hora.

Na Bacia de Taubaté, a águas são captadas a profundidades entre 100 a 250 m, em zonas mais permeáveis da Formação Resende. Estas vazões correspondem às mais elevadas de Cenozóico paulista, com poços produzindo na faixa de 30 a 250 m³/hora. Merece destaque o potencial de águas termais, relacionadas aos depocentros do rifte.

A Bacia Bauru compõe uma província hidrogeológica de extensão regional, livre a semiconfinada, com espessura média de 100 m, podendo alcançar 250 m. Distingue-se o sistema aquífero Caiuá, que por suas peculiaridades faciológicas, dadas pelo seus lençóis arenosos de natureza eólica, possui potencial hídrico elevado (poços com vazões variando entre 150 a 200 m³/hora).

As demais unidades da Bacia Bauru (formações Santo Anastácio, Adamantina e Marília) compreendem litofácies com menor permo-porosidade, a partir da associação de arenitos com presença freqüente de matriz silto-argilosa, lamitos e rochas carbonáticas. Neste sistema cretáceo predominam produções na faixa de 5 a 20 m³/hora, responsáveis pelo abastecimento de água de um grande número de municípios do oeste paulista.

O sistema aquífero Guarani, anteriormente conhecido em São Paulo como Botucatu, hospeda as principais reservas de águas subterrâneas do Estado. As principais litofácies produtoras deste aquífero, que congrega unidades sedimentares mesozóicas da Bacia do Paraná (formações Pirambóia e Botucatu), são constituídas de arenitos eólicos, finos a médios, bem selecionados, com excepcionais características hidrogeológicas.

À medida em que esse conjunto sedimentar mergulha para noroeste, em direção à calha do Rio Paraná, o aquífero passa da condição livre, na faixa de afloramento, para um regime confinado, sob os derrames Serra Geral, chegando a alcançar entre 1.500 e 2.000 m de profundidade. Esta situação de jazimento propicia as vazões mais expressivas do Estado, bem como a produção de águas termais, utilizadas no abastecimento de balneários do oeste paulista. As vazões dos poços que captam o aquífero a profundidades superiores a 1.000 m varia entre 300 e 600 m³/hora, com a águas atingindo temperaturas de mais de 60°C.

Ao contrário do aquífero Guarani, anteriormente conhecido em São Paulo como Botucatu, a potencialidade explorável de águas subterrâneas das unidades paleozóicas da Bacia do Paraná é bastante reduzida, em prejuízo dos importantes centros urbanos e industriais instalados no domínio da Depressão Periférica paulista.

Em termos regionais, o conjunto sedimentar pelito-carbonático do Grupo Passa Dois desempenha papel passivo quanto à circulação de águas subterrâneas, podendo, às vezes, comprometer a qualidade da água dos poços que o atravessam, devido a altos teores de sulfato, fluoreto e carbonato (DAEE, 1988). Já o aquífero Tubarão é explorado por poços na faixa de 200 a 300 m de profundidade, com vazões moderadas de 10 a 20 m³/hora. As maiores produções estão associadas aos arenitos deltaicos da porção média-superior do Grupo Itararé e da Formação Tietê.

Completando os sistemas aquíferos fanerozóicos, os derrames basálticos Serra Geral ocupam a porção centro-leste do Estado, estendendo-se para oeste sob

Aquífero	Principais Unidades Geológicas	Características Hidrogeológicas	Área de afloramento (km ²)	Espessura máxima (m)	Extensão em subsuperfície (km ²)	Vazão por poço (m ³ /h)	Profundidade de poços (m)	Qualidade da água e eventuais restrições	
C F N O Z O I C O	Vales Interiores	Unidades quaternárias	Extensão limitada, granular, livre, descontinua, heterogêneo.	3.500	30	-	1 a 30	10 a 30	Isto restrito devido à grande vulnerabilidade à poluição
	Costeiro	Unidades quaternárias Form. Cantábrico	Extensão limitada, granular, livre, descontinua, heterogêneo.	4.500	100	-	5 a 30	10 a 60	Bom para uso geral, apesar do teor elevado de Fe em 67% das amostras, sujeitas a salinização com a extração excessiva
	Bacia de Taubaté	Form. Pirambóia Grupo Taubaté	Extensão limitada, granular, livre a semiconfinado, descontinua, heterogêneo	2.200	850	-	5 a 250	100 a 300	Bom para abastecimento público e uso geral. Raras ocorrências de NO ₃ e fluoreto. 30% dos poços apresentam teores de Fe > 0,3 mg/l
B A C I A	Bacia de São Paulo	Form. Taquaripesta Grupo Taubaté	Extensão limitada, granular, livre a localmente semiconfinado, descontinua, heterogêneo	1.500	300	-	3 a 100	100 a 250	Apresentam vários indícios de poluição ao longo das rias Tietê e allentes, onde B.S. > 250 mg/l, além de excesso de F, NO ₃ , amônia e detergentes
	Baur	Form. Marília Form. Adamantina Form. São Anastácio	Extensão regional, granular, livre a semiconfinado, heterogêneo, contínuo.	100.000	200	-	5 a 100	100 a 200	Bom para o abastecimento público e uso geral. Nos vales da rias há maior vulnerabilidade à poluição. 10% dos poços apresentam teores > 10mg/l de FeO ₂ .
B A U R U	Caeté	Form. Caeté	Extensão limitada, granular, livre a semiconfinado, homogêneo, contínuo.	3.500	150	13.000	50 a 200	100 a 300	Bom para abastecimento público e uso geral
B A C I A	Serra Geral	Form. Serra Geral	Extensão limitada, fissurada, caráter eventual, livre a semiconfinado, descontinua, heterogêneo.	31.900	150	104.000	5 a 100	150	Bom para abastecimento público e uso geral. Menos de 2% tem teores de nitrato maior que 10 mg/l. Raras teores de fluoreto de 1,2 mg/l.
	Dabasto	Form. Serra Geral	Extensão limitada, fissurada, caráter eventual, livre a semiconfinado, descontinua, heterogêneo.	3.300	250	-	5 a 50	150	Apresenta excessos de restrição para o consumo humano, em virtude de altos teores de clureto, sulfato, bicarbonato, fluoreto e resíduo seco.
G U A R A N I	Livre	Form. Botucatu Form. Pirambóia	Extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo, contínuo.	16.000	-	-	10 a 200	50 a 250	Bom para abastecimento público e uso geral
	Confinado	Form. Botucatu Form. Pirambóia	Extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo, contínuo.	-	-	136.800	50 a 800	200 a 1.700	Bom para abastecimento público e uso geral. Algumas amostras apresentam excesso de flúor. Temperatura elevada, atingindo valores da ordem de 60°C.
	Passa Dois	Form. Comissário Form. Est. Nova Form. Itaí	Extensão limitada, fissurada, caráter eventual, livre, heterogêneo, descontinua.	6.900	120	150.000	3 a 20	100 a 200	Apresenta excesso de fluoreto e/ou de sulfato e/ou carbamato. Muitos casos de anemia elevada.
	Tubarão	Form. Itaí Form. Tietê Form. Aquidauana Grupo Itararé	Extensão regional, granular (localmente fissurada), livre a semiconfinado, heterogêneo localmente descontinua.	20.700	1.000	165.000	3 a 150	100 a 550	Adequadas ao abastecimento público e uso geral. Apenas alguns casos de teores elevados de fluoreto.

QUADRO 16. Principais características dos aquíferos fanerozóicos paulistas. Modificado de DAEE (1988).

os sedimentos da Bacia Baur. Com vazões variáveis, os poços mais produtivos estão situados ao longo dos principais lineamentos estruturais da Bacia do Paraná, onde apresentam produções entre 10 e 200 m³/hora.

Segundo o DAEE (1988), as águas subterrâneas do Estado de forma geral apresentam baixa salinidade e características físicas, químicas e bacteriológicas apropriadas ao abastecimento público. A maioria dos

aquíferos fanerozóicos é constituída por águas bicarbonatadas cálcicas, com ocorrência subordinada de águas bicarbonatadas sódicas, na zona confinada do aquífero Botucatu, em áreas do aquífero Tubarão, na Bacia de Taubaté e nos sedimentos costeiros. A presença de águas cluretadas e sulfetadas está restrita a amostras do aquífero Guarani, no Grupo Passa Dois e nos sedimentos litorâneos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como fica evidenciado nesta síntese, os terrenos fanerozóicos de São Paulo apresentam uma dotação mineral apreciável, que se traduz tanto pela diversidade das ocorrências minerais conhecidas, quanto pela variedade de substâncias em produção e correspondente significado econômico.

Além disto, há perspectivas favoráveis para o aprimoramento do aproveitamento do potencial geológico do Estado, a partir da possibilidade da operação de novas minas relacionadas a recursos conhecidos e não lavrados, do aumento do valor agregado das matérias-primas minerais em produção e mesmo através da descoberta de novas jazidas minerais nos sítios fanerozóicos.

A busca da efetivação dessas expectativas positivas para a mineração paulista, deve se dar necessariamente por investimentos em trabalhos sistemáticos de prospeção e pesquisa mineral em bases técnico-científicas, na melhoria da caracterização tecnológica das substâncias minerais e em tecnologias de beneficiamento e lavra. Neste contexto, o estabelecimento de projetos em parceria entre centros de pesquisa, universidades e setor produtivo passa a ter papel importante na modernização e melhoria competitiva do setor e, conseqüentemente, contribuindo para um cenário de suprimento mineral mais sustentável para o Estado de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e à CPRM – Serviço Geológico do Brasil pelo apoio à elaboração do trabalho, bem como aos geólogos Sérgio Kleinfelder Rodrigues e Marina das Graças Perim (CPRM) e ao técnico Luis Antonio Ribeiro (IPT) pela importante contribuição na confecção das ilustrações do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABOARRAGE, A.M. & OLIVEIRA, C.A. **Projeto Caçapava: relatório de prospeção preliminar; semidetalhe.** São Paulo: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1981, v. 1.
2. ABREU, S.F. **Recursos minerais do Brasil.** Editora Edgard Blücher, 1973, 2 v.
3. ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 4, p. 325-349, 1986.
4. ALMEIDA, F.F.M. **Origem e evolução da plataforma brasileira.** Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia, 1967, 36 p.
5. ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R.; MIZUSAKI, A.M.P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n. 3, p. 125-138, 1996.
6. AZEVEDO, R.M.B.; RUIZ, M.S.; NEVES, M.R., NETO, S. Perfil 2: areia para construção. In: M.S. Ruiz & M.R. Neves (Coords.). **Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Publicação, 1990, n. 1822.
7. BARBOSA, O. & ALMEIDA, F.F.M. de. **A Série Tubarão na bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas Preliminares e Estudos, 1949, n. 48.
8. BATISTA, J.J. & OLIVEIRA, J.C.E.G. Mineração de carvão no Estado de São Paulo: uma análise histórica conjuntural. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1987, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p. 503-519.
9. BERBERT, C.O. Geologia do ouro. In: C. Schobbenhaus & C.E.S. Coelho (Coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988, v. 3.
10. CABRAL JUNIOR, M. & ALMEIDA, E.B. Geologia e principais aplicações dos minerais industriais do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO DE MINERADORES E CONSUMIDORES, 7, 1999, Rio Claro. **Atas...** São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1999, p.1-3.
11. CABRAL JUNIOR, M. & MOTTA, J.F.M. Geologia da Formação Itararé e sua potencialidade para carvão na região de Buri-Itapeva, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1985, São Paulo. **Atas...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1985, p. 341-352.
12. CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M.; TANNO, L.C.; HELLMEISTER, Z.; COIMBRA, A.M. Revisão estratigráfica do Mesozóico no nordeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS, 2, 1992, Rio Claro. **Boletim de Resumos Expandidos...** Rio Claro: UNESP, 1992, p. 134-136.
13. CABRAL JUNIOR; MOTTA, J.F.M.; TANNO, L.C.; HELLMEISTER JUNIOR, Z. 1990. Potencial mineral da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS, 1, 1990, Rio Claro. **Resumos Expandidos...** Rio Claro, UNESP, 1990, p. 65-67.
14. CAMPOS, C.W.M. & RIBEIRO, E.M. A exploração de petróleo no Brasil: situação atual e perspectivas. In: C. Schobbenhaus & C.E.S. Coelho (Coords.), **Principais depósitos minerais do Brasil.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1985, v. 1, p. 41-68.
15. CHIEREGATTI, L.A. **Aspectos mineralógicos, genéticos e econômicos das ocorrências diamantíferas da região nordeste do Paraná e sul de São Paulo.** São Paulo, 1989. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
16. COIMBRA, A.M. & RICCOMINI, C. Geologia das ocorrências minerais não-metálicos de origem sedimentar do Estado de São Paulo. In: WORKSHOP SOBRE RECURSOS MINERAIS NÃO-METÁLICOS PARA O ESTADO DE

- SÃO PAULO, São Paulo, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, p. 11-21.
17. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Integração geológica da folha São Paulo.** São Paulo: CPRM, 1999 (a).
 18. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Integração geológica da folha Campinas.** São Paulo: CPRM, 1999 (b).
 19. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Sudelpa: Relatório Final.** São Paulo: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1975.
 20. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Relatório integrado dos projetos: carvão no extremo norte de Santa Catarina, prospecção de carvão no Paraná, fase 2, e carvão no Estado de São Paulo.** São Paulo: CPRM. Relatório (Interno), 1976.
 21. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Água subterrânea, reserva estratégica. **Revista Águas e Energia Elétrica**, v. 5, n. 13, p. 14-24, 1988.
 22. DAMASCENO, E.C. Geologia do estanho. In: C. SCHOBENHAUS & C.E.S. COELHO (Coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988, v. 3.
 23. DEL MONTE, E.; SILVA, R.B.; SAAD, A.R. Ocorrências de argilas bentoníticas e aluminosas da região de Franca, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais...** Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, v. 1, p. 227-241.
 24. DIAS, E.G.C.S.; SOUZA, D.D.S.; NEVES, M.R.; CABRAL JUNIOR, M.; OKAGAWA, H.; MOTTA, J.F.M. Caracterização geológica do espongiolito da Lagoa Araré, Paranaíba, MS, visando sua utilização na indústria. In: ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 4. SIMPÓSIO DE CARGAS MINERAIS, 2, 1988, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Sindicato da Indústria de Minerais Não-Metálicos, 1988, p. 285-310.
 25. DNP – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1997.
 26. DNP – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 2000.
 27. ETCHEBEHERE, M.L.C.; PONÇANO, W.L.; SILVA, R.B.. Garimpos de diamantes na região de Franca. **Revista do Instituto Geológico**, v. 12, n. 1/2, p. 67-77, 1991.
 28. FERNANDES, L.A. & COIMBRA, A.M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 2, p. 195-205, 1996.
 29. FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).** São Paulo, 1998. 216 p. Tese (Doutoramento) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
 30. FÚLFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; BARCELOS, J.H. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, v. 2, p. 711-724.
 31. GIMENEZ FILHO, A. **Evolução do Complexo Granítico Três Córregos a norte de Apiaí, SP.** São Paulo, 1993. 118 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
 32. GORAIEB, C.L. **Contribuição á gênese do depósito primário polimetálico (Sn, W, Zn, Cu, Pb) Correas, Ribeirão Branco (SP).** São Paulo, 2001. 215 p. Tese (Doutoramento). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
 33. GRAVENOR, C.P. & ROCHA CAMPOS, A.C. Patterns of late Paleozoic glacial sedimentation on the Southeast side of the Paraná Basin, Brazil. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology**, v. 43, p. 1-39, 1983.
 34. HASUI, Y.; CREMONINI, O.A.; BORN, H. O Granito Três Córregos revisado e o Maciço Catas Altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, v. 7, p. 3023-3031.
 35. HELLMMEISTER JUNIOR, Z.; CABRAL JUNIOR, M.; PETRI, S. Aspectos geológicos e principais recursos minerais da região de Franca- Pedregulho, nordeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1999, p. 349-355.
 36. HERMANN, H.H. **Política e aproveitamento de areia no Estado de São Paulo: dos conflitos existentes, às compatibilizações possíveis.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, Série Estudos e Documentos, 1992, n. 18, 186 p.
 37. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Avaliação preliminar das ocorrências de arenito asfáltico.** Relatório, 1980, n. 14.575.
 38. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Mapa de jazidas e ocorrências minerais do Estado de São Paulo, escala 1:500.000.** Monografias, 1981 (c), n. 4, 3 v.
 39. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Avaliação preliminar da potencialidade das ocorrências minerais do Estado de São Paulo.** Relatório, 1982 (a), n. 25.371, 2 v.
 40. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Estado da arte do conhecimento geológico dos folhelhos pirobetuminosos do Estado de São Paulo.** Relatório, 1982 (b), n. 17.579.
 41. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Prospecção de diatomito no Litoral Sul e Vale do Paraíba.** Relatório, 1986, n. 23.517.
 42. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Novos materiais: ítrio e terras-raras: tipologia de depósitos e análise exploratória com vistas à prospecção no Estado de São Paulo.** Relatório, 1990, n. 28.544.
 43. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000.** Monografias, 1981 (b), n. 5, 2 v.
 44. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Geologia das folhas Campinas (SF.23-Y-A) e Ribeirão Preto (SF.23-V-C).** Relatório, 1993, n. 31.723, 110 p.
 45. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000.** Monografia, 1981 (a), n. 2, 126 p.
 46. KULAIF, Y. & DAMASCENO, E.C. Rochas fosfáticas no Estado de São Paulo. In: WORKSHOP SOBRE RECURSOS MINERAIS NÃO-METÁLICOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, p. 57-61.
 47. KULAIF, Y. **Análise dos mercados de matérias-primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2001. 144 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
 48. KUZVART, M. **Industrial minerals and rocks.** Amsterdam: Elsevier, Developments in Economic Geology, 1984, n. 18, 454 p.

49. LENZ, G.R. & RAMOS, W.R. Combustíveis fósseis sólidos no Brasil; carvão, linhito, turfa e rochas oleíferas. In: C. Schobbenhaus (Coord.). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1985, p. 187.
50. LIMA, M.R. & DINO, R. Palinologia de amostras da Bacia de Bonfim, Terciário do Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo: Instituto de Geociências, USP, **Boletim IG**, v. 15, p. 1-11, 1984.
51. LOUREIRO, F.E.L. & TAVARES, J.R. Duas novas ocorrências de carbonatitos: Mato Preto e Barra do Rio Itapirapuã. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, p. 7-11, 1983.
52. MACEDO, J.M. Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. In: G.P. RAJA GABAGLIA & E.J. MILANI (Coords.), **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1990, p. 361-376.
53. MARQUES, A. Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 4, n. 3, p. 253-262, 1990.
54. MELLO, I.S.C.; CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M. Análise exploratória para elementos terras-raras (ETR) no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v. 2, p. 234.
55. MELLO, I.S.C.; CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M.; CUCHIERATO, G. Pólos produtores de bens minerais de uso na construção civil no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo. **Atas...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1997, p. 445-446.
56. MELO, M.S. **A Formação Pariqüera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese**. São Paulo, 1990. 211 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
57. MELO, M.S.; CAETANO, S.L.V.; COIMBRA, A.M. Tectônica e sedimentação nas áreas das bacias de São Paulo e Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 321-336.
58. MILANI, E.J. Tectônica, orogênias e a evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia e Associação Brasileira de Geólogos de Petróleo, 1999, Sessão 2, p. 3-6.
59. MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R.L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 8, n. 1, p. 69-82, 1994.
60. MORAES JUNIOR, J.J. & TOLEDO, J.B. A exploração de petróleo na Bacia de Santos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v. 2, p. 532.
61. MOREIRA, H.B. Xisto-reservas, principais resultados da escalada e perspectivas futuras. In: SIMPÓSIO SOBRE O APROVEITAMENTO DO XISTO, 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia Ciências do Estado de São Paulo, 1981, Publicação, n. 29.
62. MOTTA, J.F.M.; CABRAL JUNIOR, M.; CAMPANHA, V.A. Diatomitos e espongilitos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, 1986, v. 5, p. 2329-2341.
63. MOTTA, J.F.M.; CABRAL JUNIOR, M.; TANNO, L.C. Panorama das matérias-primas utilizadas na indústria de revestimentos cerâmicos: desafios ao setor produtivo. **Cerâmica Industrial**, v. 3, n. 4-6, p. 30-38, 1998.
64. MOTTA, J.F.M.; NAKANO, S.; SHIMADA, H.; NUCCI, O. DE; MILKO, P.; COELHO, J.C.M. Turfa – a experiência do IPT nos campos geológico e tecnológico. **Energia**, v. 4, p. 32-43, 1982.
65. MOTTA, J.F.M.; TANNO, L.C.; MOTTA, J.F.M.; CABRAL JUNIOR, M. Argilas plásticas para cerâmica branca no Estado de São Paulo – potencialidade geológica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n. 2, p. 158-173, 1993.
66. OLIVEIRA, S.M.B. & TRECASSES, J.J. O depósitos de níquel de Jacupiranga, SP: evolução mineralógica e geoquímica. **Revista Brasileiro de Geociências**, v. 15, n. 3, p. 249-254, 1985.
67. PARAGUASSU, A.B.; GANDOLFI, N.; RODRIGUES, J.E.; ZUQUETTE, L.V.; PORTILLO, E.Z.F. Exploração e uso do arenito Botucatu na região de São Carlos, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1987, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1987, v. 2, p. 389-400.
68. PEREIRA, M.J. & FEIJÓ, F.J. Bacia de Santos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 219-234, 1994.
69. PEREIRA, M.J.; BARBOSA, C.M.; AGRA, J.; GOMES, J.B.; ARANHA, L.G.F.; SAITO, M.; RAMOS, M.A.; CARVALHO, M.D.; STAMATO, M.; BAGNO, O. Estratigrafia da Bacia de Santos: análise das seqüências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, 1986, v. 1, p. 65-79.
70. PERINOTTO, J.A.J. **Análise estratigráfica da seqüência portadora de carvão de Cerquilha, SP**. São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
71. PONÇANO, W.L.; SILVA, R.B.; ETCHEBEHERE, M.L.C. Avaliação preliminar do potencial diamantífero da região de Franca, SP. Campinas: UNICAMP, **Cadernos IG**, v. 2, n. 1, p. 54-89, 1992.
72. PRESSINOTTI, P.C. & SILVA, R.B. Contribuição ao estudo de mineralizações da barita da região do Xaxim, Vale do Ribeirão Preto, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais...** Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, v. 1, p. 316-328.
73. RIBEIRO FILHO, E. Nota sobre um depósito aluvionar radioativo; Quaternário da Bacia do Paraíba em Tremembé, São Paulo. **Engenharia Mineração e Metalurgia**, 1958, Ano 28, n. 160, p. 199-200.
74. RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. 256 p. Tese (Doutoramento) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
75. RUIZ, M.S. & NEVES, M.R. (Coords.). **Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1990, Publicação, n. 1822.
76. SAAD, A.R. **Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro sul do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1977. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
77. SALVADOR, E.D. & RICCOMINI, C. Neotectônica da região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 3, p. 151-164, 1995.
78. SANTOS, P.S. Análise térmica diferencial de argilas descorantes. **Boletim Técnico da Petrobrás**, 1963, v. 6, n. 2, p. 117-174.
79. SANTOS, P.S. **Tecnologia de argilas**. Editora Edgard Blücher, 1989, v. 1.
80. SERRANA – SERRANA, S.A. DE MINERAÇÃO. **O carbonatito apatítico de Jacupiranga: sua ocorrência, extração e evolução no beneficiamento; integração indus-**

- trial. Cajati: Serrana/Quimbrasil. Relatório (Interno), 1975, 42 p.
81. SINTONI, A. & TANNO, L.C. Minerais industriais e de uso social: panorama do mercado consumidor no Brasil. **Brasil Mineral**, n. 147, p. 34-39, 1997.
 82. SMIRNOV, V.I.; GINZBURG, A.I.; GRIGORIEV, V.M.; YAKOVLEV, G.F. **Studies of mineral deposits**. Moscow: Mir Publishers, 1983, 288 p.
 83. SOARES, P.C. O limite glacial-pós-glacial no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 44 (Suplemento), p. 333-341, 1972.
 84. SOUZA, P.A.; LIMA, M.R.; SAAD, A.R. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo, Brasil; I: o carvão de Buri. **Revista do Instituto Geológico**, v. 14, n. 1, p. 5-20, 1993 (a).
 85. SOUZA, P.A.; LIMA, M.R.; SAAD, A.R. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo; II: o carvão de Monte Mor. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 65, n. 3, p. 327, 1993 (b).
 86. SOUZA, P.A.; LIMA, M.R.; SAAD, A.R. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo; III: o carvão de Cerquilho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, 1993, São Leopoldo. **Boletim de Resumos...** São Leopoldo, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1993 (c), p.62.
 87. STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; PERINOTTO, J.A.; WU, F.T. Análise paleogeográfica da ocorrência de carvão do Bairro Aliança, Cerquilho, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1985, São Paulo. **Atas...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1985, v. 1, p. 219-232.
 88. SUGUIO, K. & TESSLER, M.G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, n. 9, p. 1-33, 1992.
 89. SVISERO, D.P. & FRANCO, R.R. Conceito, nomenclatura, classificação de gemas. In: C. Schobbenhaus, E.T. Queiroz, C.E.S. Coelho (Coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1991, v. 4, parte A.
 90. TANDEL, R.Y. **O arenito Pirambóia e sua aplicação industrial**. Seminário Geral I, Curso de Mestrado Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. (Inédito), 1991.
 91. TANNO, L.C.; CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M.; HELLMMEISTER JUNIOR, Z. Tipologia dos depósitos de argilas esmectíticas da região de Franca, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Resumos Expandidos...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. 1992, v. 2, p. 13.
 92. TANNO, L.C.; HELLMMEISTER JR, Z; CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J.F.M.; ZANDONADI, A.R. Os depósitos de argilas esmectíticas da região de Franca - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 41, 1997, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABC, 1997, v. 2, p. 741-744.
 93. TANNO, L.C.; MOTTA, J.F.M.; CABRAL JUNIOR, M. Pólos de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo: aspectos geológicos e econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38, 1994, Blumenau. **Anais ...** Blumenau: Associação Brasileira de Cerâmica, 1994, v. 1, p. 378-383.
 94. TISI, A.L. Campo de Merluza; histórico exploratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Resumos Expandidos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v. 2, p. 541-542.
 95. TOMAS FILHO, A. Ocorrência de arenito betuminoso em Anhembi, SP; cubagem e condicionamento geológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1982, v. 5, p. 2344-2348.
 96. TOMPKINS, L.A. & GONZAGA, G.M. Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel region, Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology**, v. 84, p. 591-602, 1989.
 97. TURCQ, B.; SUGUIO, K.; SOUBIÈS, F.; SERVANT, M.; PRESSINOTTI, M.M.N. Alguns terraços fluviais do sudeste e do centro-oeste brasileiro datados por radiocarbono; possíveis significados paleoclimáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO QUATERNÁRIO, 1, 1987, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1987, p. 379-392.
 98. ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. Alkaline rocks from continental Brazil. **Earth Science Reviews**, 1981, v. 17, n. 1/2, p. 135-154.
 99. YOSHIDA, R. & GAMA JUNIOR, E. Geologia da Bacia do Paraná: reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. In: Paulipetro, **Geologia da Bacia do Paraná**. São Paulo: Consórcio IPT/CESP, 1982, p.1-17.
 100. ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. Bacia do Paraná. In: G.P. RAJA GABAGLIA & E.J. MILANI (Coords.), **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990, p. 135-168.
 101. ZANDONADI, A.R. **Estudo tecnológico de argilas nontro-níticas brasileiras**. São Paulo, 1972. 137 p. Tese (Doutoramento) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo.
 102. ZANDONADI, A.R. Estudos recentes de argila montmoriloníticas realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. **Cerâmica**, v. 20, n. 77, p. 77-95, 1974.