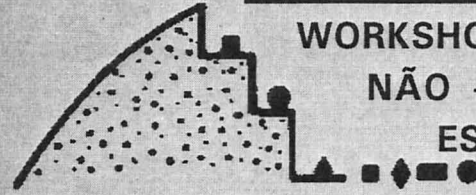


879 0410



**WORKSHOP: RECURSOS MINERAIS
NÃO - METÁLICOS PARA O
ESTADO DE SÃO PAULO**

São Paulo, 25 e 26 maio 1994

Resumos Expandidos

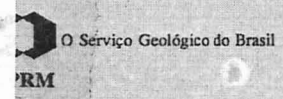
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA



NÚCLEO SÃO PAULO



55.098161
W916r
1944



GEOLOGIA DAS OCORRÊNCIAS MINERAIS NÃO-METÁLICAS DE ORIGEM SEDIMENTAR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Armando Márcio Coimbra ⁽¹⁾

Claudio Riccomini ⁽¹⁾

1 INTRODUÇÃO

A despeito da diversidade e relativa modernidade de seu parque industrial, o Estado de São Paulo é ainda carente de recursos minerais não-metálicos, sendo a demanda atualmente suprida por outros estados e importações. Por outro lado, a pesquisa destes bens não vem sendo desenvolvida de modo a aproveitar todo o seu potencial geológico, visando a auto-suficiência.

No que diz respeito aos recursos minerais não-metálicos de origem sedimentar, o grande número de ocorrências, sua variedade e a diversidade dos modelos genéticos, tornam praticamente impossível a apresentação de um quadro de síntese que incorpore todos os casos.

Neste trabalho são abordados os aspectos geológicos essenciais das ocorrências minerais não-metálicas de origem sedimentar já conhecidas do Estado, bem como apontadas algumas fontes potenciais destes bens. As descrições e interpretações ora apresentadas estão baseadas no conhecimento atual sobre o assunto em epígrafe, mas refletem, antes de tudo, a experiência pessoal dos autores.

Por opção de organização do texto, os recursos minerais são apresentados em ordem alfabética.

(1) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo; Bolsistas de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

2 RECURSOS MINERAIS

Areias

As areias são empregadas para distintos usos em construção civil, fundição, indústria química e fabricação de vidro. Estão incorporadas nos aluviões atuais dos principais rios paulistas (Paraíba do Sul, Mogi Guaçu e Tietê entre outros) onde são extraídas para uso em construção civil. Para esta finalidade, destacam-se ainda os sedimentos terciários da Formação Itaquaquecetuba da Bacia de São Paulo e Formação Resende na Bacia de Taubaté. Quanto aos demais usos, são explorados os depósitos residuais da Formação Pirambóia em São Carlos, Descalvado e Analândia, os sedimentos quaternários da Formação Cananéia no litoral sul paulista, e ainda os quartzitos proterozóicos do Grupo São Roque no Pico do Jaraguá, Morro do Voturuna e Serra do Japi.

Os arenitos da Formação Pirambóia de uso na indústria química e de fundição estão diretamente relacionados a áreas mais tectonizadas da Bacia do Paraná, onde ocorrem processos de intensa silicificação, de provável origem hidrotermal, acompanhados da lixiviação de óxidos de ferro, fatores responsáveis pela sua pureza. Nesse sentido, deve ser assinalada a possibilidade de aproveitamento dos arenitos cretáceos da Formação Rio Paraná (Grupo Caiuá, Bacia Bauru), da região do Pontal do Paranapanema, que apresentam processos de silicificação semelhantes. Esses arenitos endurecidos, geralmente de coloração rósea a avermelhada, mas podendo ocorrer a esbranquiçada, têm pequena área de ocorrência. Os mesmos arenitos, na base do Morro do Diabo (Teodoro Sampaio), apresentam-se com granulação grossa, extremamente arredondados e bem selecionados, sendo as rochas dessa natureza indicadas para o emprego como pré-filtro para poços de água subterrânea. Ressalte-se, neste caso, a indicação apenas como modelo de prospecção de materiais semelhantes nas áreas vizinhas, uma vez que o Morro do Diabo é área de preservação florestal.

A Formação Pindamonhangaba, de idade neogênica, no Vale do Paraíba e as coberturas cenozóicas indiferenciadas da Depressão Periférica fornecem areias para solo-cimento.

Argilas

As argilas representam o bem mineral de mais difícil estudo, pois apresentam diferentes composições químicas e mineralógicas, com propriedades tecnológicas para aplicações em distintos usos, principalmente cerâmicos.

No interior paulista, as argilas caulínicas dos depósitos ribeirinhos de planícies aluviais e baixos terraços, são utilizadas em pequenas olarias no fabrico de cerâmica estrutural. Cabe salientar que estes depósitos têm sido inundados por reservatórios de hidrelétricas e, atualmente, apresentam fortes restrições de exploração devido à legislação de proteção ambiental às matas ciliares. Para o mesmo produto, as principais cerâmicas utilizam como matéria-prima alterações de folhelhos, siltitos e lamitos das unidades permianas da Bacia do Paraná (Subgrupo Itararé e ainda as formações Taquaral, Serra Alta, Teresina e Corumbataí, do Grupo Passa Dois), como é o caso das regiões de Itu, Porto Feliz, Tambaú, Porto Ferreira e Mogi-Guaçu.

Argila caulínita de alta plasticidade, tipo *ball-clay*, é representada unicamente pelos depósitos quaternários do Rio Tamanduá em São Simão. Salienta-se que a plasticidade de argilas está ligada à presença de quantidades definidas de matéria orgânica e ausência de processos diagenéticos significativos, pois estes, com a compactação, levariam à reorganização textural destas, com conseqüente perda da plasticidade.

Ainda no capítulo de argilas plásticas, alguma potencialidade é reconhecida para os depósitos subjacentes aos linhitos (*underclay*) dos sedimentos terciários da Bacia de Taubaté, como as ainda mal conhecidas ocorrências de Bonfim e Guararema.

Para uso refratário ou na cerâmica branca destacam-se os depósitos quaternários de várzea em Mogi das Cruzes e ainda, na Depressão Periférica, as argilas de Jaguariúna, provavelmente neogênicas e correlacionáveis à Formação Rio Claro. Estas últimas substituem atualmente as de Vargem Grande do Sul, com reservas já exauridas. São ainda conhecidas argilas caulínicas em fácies de transbordamento de rios meandantes e fácies lacustres da Formação Pariquêra-Açu. Na região de Registro, foram lavrados os cascalhos de terraços da Formação Eldorado para obtenção dessas argilas, presentes como produtos de alteração de clastos e infiltrações.

Merecem destaque ainda, como argilas altamente aluminosas, as ocorrências de Engenheiro Marsillac, onde estão presentes nódulos centimétricos de gibbsita em sedimentos correlatos à Formação São Paulo. Nódulos gibbsíticos são também localmente encontrados em areias da Formação Cananéia, na ilha homônima.

Apenas como curiosidade, relata-se a ocorrência de illitas cromíferas, de provável origem hidrotermal, preenchendo fraturas centimétricas em quartzitos proterozóicos do Grupo São Roque na base da Serra do Japí. Tal ocorrência assemelha-se às fuchsitais cromíferas em quartzitos verdes pré-cambrianos da Serra de Jacobina, na Bahia.

Como produto para descorante e clarificante de óleos vegetais e gorduras animais, rerrefinação de óleos minerais, fundição, artigos refratários e fertilizantes, são importantes as argilas esmectíticas lacustres dos depósitos lavrados na Formação Tremembé da Bacia de Taubaté. Potencialmente, para os mesmos usos, deve ser registrada a ocorrência de argilas esmectíticas, de provável origem cinerítica, de Restinga, em depósitos considerados como pertencentes à Unidade Franca, intercalada em basaltos cretáceos da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. Ainda como argilas esmectíticas têm-se as ocorrências da Formação Resende nas bacias de Taubaté e São Paulo e da sua equivalente, Formação Sete Barras, no *graben* homônimo, além aquelas associadas com illitas em depósitos de lagos rasos efêmeros da Formação Adamantina, Cretáceo Superior da Bacia Bauru. Adicionalmente, vale ser feita a referência às nontronitas presentes nos contatos entre rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral e os arenitos das formações Pirambóia e Botucatu.

Ainda pouco conhecidos e modificados pela diagênese são os níveis de *glass shards*, atualmente transformados em analcita, presentes em formações permianas da Bacia do Paraná.

Argilas fibrosas magnesianas (palygorskita e sepiolita) são de ocorrência restrita. Apontam-se as de origem hidrotermal (Formação Serra Geral nas hidrelétricas de Água Vermelha e Porto Primavera), e as neoformadas em calcretes. Estas se originaram em clima semi-árido e ocorrem no Grupo Bauru, principalmente na Formação Marília, do Cretáceo Superior, associadas a esmectitas.

Argilas silicosas ricas em espículas de esponjas (espongólitos) aparecem em camadas pouco espessas, em depósitos quaternários da várzea do Rio Tietê, na porção oeste paulista.

Para uso como carga, registram-se as ocorrências de leucofilitos do Grupo São Roque, em Santana do Parnaíba, e na Formação Itaiacoca em Itapeva.

Na dependência de estudos mineralógicos mais aprofundados, também poderiam ser aproveitadas as argilas como subproduto da extração de areias por desmonte hidráulico, como na região de Itaquaquecetuba, haja visto a relativa abundância desses materiais depositados nos tanques de decantação de finos, o que poderia vir a se constituir em alternativa para amenizar os problemas ambientais causados por este tipo de lavra.

Barita

Concreções de barita e calcretes de provável origem hidrotermal, estão presentes em sedimentos da Formação Resende, Oligoceno da Bacia de Taubaté, na região de Santa Isabel, com ocorrência de lanthanita-(Nd), esta merecendo melhor estudo como fonte de elementos terras raras (*Rare-Earth Elements*, REE).

Barita ocorre ainda como cimento nos arenitos da Formação Adamantina e como cristais placóides de origem hidrotermal em fraturas nas argilas esmectíticas da Formação Tremembé e na camada de argila sotoposta ao linhito de Guararema, na Bacia de Taubaté, como também nos lamitos hidrotermalizados da Formação Resende, presentes na região do Parque Dom Pedro II, na Bacia de São Paulo.

Calcários e dolomitos

Os principais depósitos de rochas carbonáticas no Estado de São Paulo ocorrem como intercalações em rochas metassedimentares proterozóicas dos grupos Açungui (Apiáí e Itapeva) e São Roque (Pirapora do Bom Jesus e Votorantim). Secundariamente, ocorrem nas formações Assistência (Subgrupo Irati) e Teresina, ambas do Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná. De forma mais restrita são ainda referidas nas formações Marília, da Bacia Bauru e Tremembé, da Bacia de Taubaté.

Na porção sudeste da Faixa Açungui (Apiáí) têm-se - em depósitos gerados em ambiente marinho de águas mais profundas (Subgrupo Lajeado) - o predomínio de calcários calcíticos, utilizados na fabricação de cimento. Diferem daqueles da Formação Itaiacoca, situada a noroeste, uma vez que nesta a presença de estromatólitos demarca deposição marinha em águas mais rasas, com geração de rochas dolomíticas, utilizadas na siderurgia e como corretivo de solos.

O banco dolomítico do Membro Ipeúna da Formação Assistência, pela sua extensa área de ocorrência e situação geográfica privilegiada, tem sido o principal produtor de corretivo de solo para a lavoura paulista, a despeito da pequena espessura (2 a 4 m). Para as formações Teresina e Marília os depósitos são limitados, todos de natureza calcítica, correspondendo os primeiros a barras oolíticas de depósitos tempestíticos em plataforma marinha permiana dominada por terrígenos, enquanto que os últimos são depósitos arenosos (região de Marília) de calcretes, ou podem ainda incluir porções lacustres de sistema *playa-lake* (Membro Ponte Alta da Formação Marília na região de Barretos e Colina), ambos de clima árido vigente no Cretáceo Superior da Bacia Bauru. Na região de Taguaí, estes calcários da Formação Teresina são explorados para uso como corretivo de solos. Em São Manuel e Agudos, chegaram, em tempos passados, a queimar o calcário da Formação Marília para a produção de cal, enquanto que, em Alfredo Marcondes, a rocha, dada a sua dureza, era aproveitada como cascalho ou pedra britada para revestimento de estrada.

A aridez é ainda responsável pelos calcretes calcíticos da Formação Resende e dolomitos de *playa-lake* da Formação Tremembé, ambas de idade oligocena, na Bacia de Taubaté. Calcretes calcíticos foram encontrados também na porção norte da Bacia de São Paulo (Tucuruvi), em sedimentos da Formação Resende.

Na região de Taguaí são explorados calcários calcíticos de natureza oolítica da Formação Teresina, utilizados como corretivo de solo.

Como rocha ornamental vem sendo empregados mármore pré-cambrianos da região de Taubaté-São Luís do Paraitinga e Piquete-Cruzeiro. Para revestimentos podem ser utilizadas as denominadas "marmorinas" da Formação Assistência, dolomitos recristalizados por influência de corpos intrusivos da Formação Serra Geral

Para a indústria química e eventualmente óptica, merecem melhor estudo os veios de calcita em calcários do Grupo Açungui, da região de Apiaí.

Combustíveis fósseis

Os combustíveis fósseis, excluindo-se gás e petróleo, têm como ocorrências principais o carvão, linhito, turfa, folhelhos pirobetuminosos e arenitos asfálticos.

As ocorrências de carvão estão associadas aos depósitos de planícies deltaicas permianas (Grupo Tubarão) da Bacia do Paraná em Buri, Cerquilha e Monte Mór.

Os linhitos ocorrem como camadas intercaladas nos depósitos paleogênicos da Bacia de Taubaté (Bonfim e Guararema) e como troncos fósseis em fácies de sistema fluvial entrelaçado da Formação Itaquaquecetuba, cenozóico da Bacia de São Paulo, bem como em depósitos equivalentes do Vale do Rio Parateí, afluente do Rio Paraíba do Sul.

Acumulações de turfa estão presentes nas várzeas quaternárias do Rio Paraíba do Sul (principalmente em Eugênio de Melo), e possivelmente associadas a esponglitos no Baixo Vale do Rio Ribeira de Iguape e cratera meteorítica (astroblema) de Colônia.

Folhelhos pirobetuminosos ocorrem nos depósitos marinhos da Formação Assistência (Bacia do Paraná) e constituem acumulações expressivas nos sedimentos lacustres da Formação Tremembé (Bacia de Taubaté).

Arenitos asfálticos estão presentes em fácies eólicas da Formação Pirambóia, Triássico, sendo as mais importantes as de Anhembi e Bofete, onde são capeadas por fácies mais lamosas de *wadis*.

Coríndon

Ocorrências de coríndon são conhecidas na encosta da Serra de Itaqui, associado a metassedimentos proterozóicos do Grupo São Roque, na localidade de Paiol, Município de São Roque, e nos depósitos aluviais de Apiaí, Eldorado Paulista, Itapeva e do Rio Paranapanema, merecendo estudos para aproveitamento como abrasivos. A presença de variedades vermelho-escuro e azul, no Rio Juquiá e em Patrocínio Paulista, respectivamente, abrem a perspectiva para a ocorrência de pedras preciosas, rubi e safira.

Depósitos evaporíticos

Os depósitos evaporíticos são restritos no Estado de São Paulo, cabendo destaque apenas para o nível com gipsita (Membro Morro do Alto) da base da Formação Assistência do Subgrupo Irati (Bacia do Paraná), e como simples curiosidade geológica os moldes deste mineral presentes na Formação Adamantina da Bacia Bauru.

Destaca-se ainda a potencialidade para a ocorrência de minerais do grupo da trona em sedimentos de sistema *playa-lake* do Membro Ponte Alta da Formação Marília, típica cobertura intracratônica, e ainda, com maior probabilidade, pela possibilidade de isolamento pelos folhelhos, os depósitos de igual sistema da Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, estes mais coerentes com os modelos teóricos para a gênese de trona, ou seja bacias tipo *rift*.

Diamante

Lavrado em aluviões recentes da região de Franca (Patrocínio Paulista, Restinga e Pedregulho), o diamante tem como origem provável o retrabalhamento dos leques rudáceos da Unidade Franca (Formação Serra Geral), gerados pelo alçamento da Flexura de Goiânia e biselados pela Superfície Sul-Americana, ou ainda associado a argilas esmectíticas (cineríticas) desta unidade em Restinga.

Na região de Itararé, porção sul do Estado, ocorrências de diamantes são referidas a depósitos rudáceos paleozóicos da Bacia do Paraná e recentes. Vagas menções existem ainda sobre diamantes em Itapeva e Ourinhos, sem maiores informações sobre sua forma de ocorrência.

Acrescenta-se ainda o provável corpo lamproítico, intrusivo nos sedimentos do Subgrupo Itararé, com estrutura freato-magmática associada, compondo o diatrema de Salto de Pirapora.

Grafita

Xistos grafitosos de origem metassedimentar ocorrem principalmente na região entre Sete Barras e Miracatu, embutidos na Zona de Cisalhamento de Cubatão. Estão presentes ainda na região de Guapiara, associadas aos metassedimentos do Grupo Açungui e ainda como lentes (paleossoma metassedimentar) intercaladas em migmatitos heterogêneos do Complexo Embu, na região entre Ferraz de Vasconcelos e Mauá.

Granada

Granada abundante, em cristais até centimétricos, ocorre nos depósitos aluviais do Rio Cabuçu, em Guarulhos. Tais ocorrências, entretanto, ainda não foram objeto de estudos específicos visando o seu aproveitamento, em especial como abrasivo.

Ocra

Ocra amarela e vermelha, para uso como pigmentos, são encontradas em argilas terciárias da Bacia de São Paulo, em Guarulhos, e nos sedimentos cenozóicos das regiões do Jaraguá e Evangelista de Souza. A amarela ocorre ainda em Araras, associada a folhelhos permianos da Bacia do Paraná.

Rochas fosfáticas

Para um Estado com alta produção agrícola como São Paulo, são ainda desconhecidos depósitos de rochas fosfáticas de origem sedimentar com relativa importância.

No proterozóico brasileiro, o modelo genético para a ocorrência de fosfato (Formação Salitre da Bacia de Irêce, Grupo Bambuí em Patos e Grupo Corumbá na Serra da Bodoquena) mostra uma tríade com ocorrências de rochas glaciogênicas na base, instalação de plataforma dominada por rochas carbonáticas e presença de processos de ressurgência marinha. A aplicação deste modelo no proterozóico paulista é limitada pelo desconhecimento de rochas de origem glaciogênica.

Entretanto, para o Grupo Açungui, não deve ser descartada a possibilidade de presença de rochas fosfáticas associadas a dolomitos estromatolíticos na Formação Itaiacoca, o que não deve ser esperado para a região de Apiaí, situada a sudeste, onde os calcários do Subgrupo Lajeado são francamente calcíticos, os estromatólitos estão aparentemente ausentes, marcando deposição em águas mais profundas, da parte distal de rampa ou plataforma marinha carbonática, sujeita ao castigo de fortes tempestades, tendo em vista a abundância de tempestitos (presença de calcarenitos com *hummocky cross stratification*).

Na Bacia do Paraná, após a glaciação permo-carbonífera, os ambientes deposicionais nunca foram francamente marinhos e as plataformas permianas instaladas primaram pelo domínio de sedimentação terrígena, restringindo a comunicação com o oceano aberto e a possibilidade de processos de ressurgência marinha. As limitadas ocorrências de materiais fosfáticos nas formações Serra Alta, Teresina e Subgrupo Irati são produtos esqueléticos, remobilizados e concentrados por tempestades, constituindo portanto *bone beds*.

Ocorrências fosfáticas ligadas a excrementos e restos intestinais de organismos (coprólitos) estão presentes no Subgrupo Itararé e formações Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto do Grupo Passa Dois e ainda, localmente, nas formações Adamantina da Bacia Bauru e Tremembé da Bacia de Taubaté.

Rochas para revestimento

Os varvitos de Itu, do Grupo Tubarão, os arenitos silicificados da Formação Botucatu e ardósias do Grupo São Roque são utilizados para revestimento. No Pontal do Paranapanema, embora ainda não aproveitados, os arenitos silicificados do grupos Caiuá (Formação Rio Paraná) e Bauru (Formação Adamantina) apresentam também uso potencial para este fim.

Fragmentos de mármore proterozóicos que não permitem corte em placas teriam possível uso potencial como revestimento tipo "pedra portuguesa" (Itapeva e Santana de Parnaíba), ou ainda são transformados em "seixos" por abrasão, e empregados no revestimento de paredes.

Ainda, como curiosidade, merece ser referida a ocorrência de seixos e blocos de quartzo róseo, provenientes provavelmente dos grupos São Roque e Serra de Itaberaba, em depósitos rudáceos proximais de leques aluviais da Formação Resende, na região do Aeroporto de Cumbica, em Guarulhos.

Rochas silicosas

Os silexitos metamórficos (*metacherts*) da Formação Itaiacoca, ainda de origem incerta (talvez vulcano-sedimentar exalativa), são utilizados como matéria-prima em fundição.

Destacam-se os arenitos opalinos da Serra de Itaqueri, originados por hidrotermalismo sin-sedimentar da formação homônima, de provável idade Serra Geral.

Arenitos silicificados (arenitos intratrapianos) da Formação Serra Geral e silexitos das formações Teresina e Assistência foram a primeira matéria-prima mineral utilizada pelo homem pré-histórico da região de Pirajú para a confecção de seus artefatos líticos.

As cascalheiras do Rio Paraná, com abundantes seixos silicosos, apesar das limitações de uso devido à reação álcali-agregado, têm sido empregadas na construção de hidrelétricas nos rios Paraná, Tietê e Paranapanema.

Talco

Lentes de talco ocorrem associadas a calcários e dolomitos do Grupo Açungui na região de Itararé, Itapeva e Ribeirão Branco.

Travertino

Calcita, tipo travertino, ocorre como produto secundário de dissolução de rochas carbonáticas intercaladas em migmatitos do Complexo Setuva (Barra do Turvo) ou em micaxistos do Grupo Açungui (Eldorado Paulista).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os terrenos sedimentares do Estado de São Paulo encerram ampla gama de recursos minerais não-metálicos, ainda não investigados suficientemente de modo a suprir as atuais necessidades de consumo.

Na resenha apresentada, procurou-se enfatizar os fatores geológicos controladores da distribuição destes bens minerais.

Foram apresentadas sugestões de melhor caracterização geológica e tecnológica para o eventual aproveitamento de alguns materiais, como também apontados alguns modelos prospectivos, de modo a fomentar a investigação mais intensa dos recursos minerais não-metálicos de origem sedimentar do Estado de São Paulo.