

**ASPECTOS DA ESTABILIDADE SISMO-TECTÔNICA DO SUDESTE BRASILEIRO  
DE INTERESSE À GEOLOGIA DE ENGENHARIA**

AUGUSTO

José Vicente Minto

Yociteru Masui

IPT/Divisão de Minas e Geologia Aplicada

**ABSTRACT**

The occurrence of earthquakes in Brazil, mainly in the South-eastern region, and its relationship with the geologic features has been discussed by many Authors since the beginning of this Century. It is difficult to define intraplate seismicity and to understand the actual epirogenic displacement, but the definition of the regional stability is important for engineering purposes and have been considered through seismicologic, morphotectonic and geologic criteria. (author).

**INTRODUÇÃO**

A incidência de sismos no Brasil é conhecida desde longa data, para os quais se aventaram explicações tectônicas diversas. BRANNER (1920) foi o pioneiro no enfoque tectônico, que só se firmou entre nós com os trabalhos de HABERLEHNER (1978), HASUI e PONÇANO (1978a,b) e SADOWSKY, CSORDAS e KANJI (1978).

Esta definição trouxe um caráter menos aleatório à ocorrência de abalos sísmicos que precisam ser levados em conta nos projetos de grandes obras de Engenharia, como barragens e usinas nucleares.

O trabalho que se apresenta visa comentar algumas idéias sobre as análises sísmo-tectônicas no Brasil, dirigidas à sua aplicação nos estudos da estabilidade regional no sudeste brasileiro, de interesse à Geologia de Engenharia.

**ESTABILIDADE REGIONAL**

O conceito de estabilidade regional em escala universal foi desenvolvido por NIKOLAEV em 1974, considerando que a liberação de energia por sismos ocorre em zonas tectonicamente instáveis. O estudo foi realizado com o objetivo de orientar pesquisas sobre sismos induzidos relacionados ao enchimento de reservatórios de barragens e mostrar a importância das condições tectônicas no processo de deflagração. No seu mapa neotectônico mundial considerou a região brasileira em 3 partes: a) região ocidental com influência parcial da orogênese andina; b) região norte e central como de plataforma continental estável; e c) região oriental e nordeste com áreas possíveis de apresentar sismos induzidos, por causa da proximidade de regiões perioceânicas.

Esta regionalização pode ser aperfeiçoada por outros elementos na análise, como aqueles do estudo de tensões. RANALLI, em 1975, revelou dados importantes sobre a concentração de tensões em áreas de escudos pré-cambrianos e rochas sedimentares, com a ressalva de que muitas "tensões horizontais elevadas próximas à superfície talvez se relacionem a outros fatores que não os de origem tectônica".

A abordagem mais completa de estabilidade regional para os propósitos de Geologia de Engenharia, foi realizada por LIU em 1978, em termos de "grau de estabilidade afetado por atividade crustal, especialmente terremotos e alguns fenômenos induzidos por eles, tais como atividade

de falha, desmoronamento, escorregamento, liquefação de areia, fluxo plástico de materiais argilosos, subsidências superficiais, etc...". Outros fatores que afetam a estabilidade regional são a estrutura geológica, as propriedades das rochas, a estratigrafia e a atividade neotectônica. Em regiões sísmicamente ativas estes fatores permitem, diretamente, deduzir os sistemas tectônicos ativos (sistema de caráter cisalhante, sistema do tipo torsional, sistema de movimento gravitacional, ...) ou falhas ativas, além do campo de tensões tectônicas presente. Em regiões onde esta atividade sísmica não é muito evidenciada ou controlada, estes fatores de ordem geológica devem ser criteriosamente avaliados para que se obtenha uma idéia mais clara do arcabouço tectônico que influi na propagação das ondas sísmicas, já que estas têm composições espectrais comuns, e são modificadas durante o percurso de acordo com os tipos e espessuras de rocha e solo (OBORN, 1974).

#### ESTUDOS DE ESTABILIDADE REGIONAL NO BRASIL

Os estudos de estabilidade regional no Brasil vêm sendo realizados há pouco tempo.

As primeiras contribuições foram mais voltadas à regionalização de ocorrência dos sismos.

LISBOA, em 1909 (in BRANNER, 1912), realizou uma extensa pesquisa sobre terremotos no Brasil e concluiu que existiam quatro regiões afetadas, periodicamente, por sismos: 1) Distrito de Bom Sucesso em Minas Gerais; 2) Estado do Rio de Janeiro; 3) Região de Aracati-Açu no Ceará - Rio Grande do Norte; e 4) Porção Sudoeste de Mato Grosso.

Em 1912, BRANNER elaborou um mapa do Brasil, mostrando as áreas mais afetadas por fracos terremotos, que permitiu visualizar três regiões de maior incidência: nordeste, sudoeste e sudeste. A associação entre sismos e aspectos geológicos não foi realizada.

A atualização do conhecimento sismológico feito por BRANNER em 1920 mostrou alguns aspectos da regionalização, no que se refere aos mecanismos de geração de sismos, permitindo avaliar as idéias sobre a presença de falhas e suas atividades (e os tipos de rocha a elas associadas), além de suas distribuições espaciais nas regiões de Bom Sucesso (MG), Recôncavo Baiano (BA) e Ceará.

Esta avaliação talvez constitua o primeiro exercício efetivo sobre estabilidade regional efetuada no Brasil. Contudo, somente cerca de 15 anos mais tarde este exercício foi realizado com a visão dos fatos que atualmente importam à análise. MALAMPHY e ODDONE (1937) desenvolveram estudos sobre os movimentos sísmicos de Bom Sucesso descrevendo a evolução geológica e estimando o nível de sismicidade da área. Eles se referiram a que "provavelmente nesta região em tempos longínquos existiam "elevadas montanhas" que com o tempo se reduziram "a um peneplano irregular". "No tempo das montanhas jovens, a erosão, provavelmente intensa, processava-se associada com a atividade sísmica. Com o passar de centenas de milhões de anos, um reajustamento relativamente completo foi gradualmente atingido e as atividades sísmicas desapareceram, sendo hoje esta região uma das mais estáveis..."

Após outros 15 anos, STERNBERG (1953) realizou os estudos sobre a sismicidade e morfologia na Amazônia Brasileira, considerando as superfícies de escorregamentos estriadas e polidas em rochas sedimentares como "indícios de manifestações sísmicas". Em seu mapa são evidenciadas as zonas sísmicas do Acre e do Purus.

A partir de 1971 surgiram vários trabalhos desenvolvendo a conceitualização de estabilidade regional. Os fatores que interferem na mesma são de diferentes escalas e podem ser reunidos em quatro grupos.

Constituem parte do Grupo 1, aqueles fatores relacionados à tectônica de placas e feições estruturais intraplaca da Placa Sul-Americana (sistemas de geofraturas ou geossuturas, estruturas tafrogênicas, zonas de falhamentos transcorrentes, áreas de escudos, regiões de anomalias geofísicas, zonas periocênicas e zonas de fraturas com possíveis continuidades à cadeia meso-oceânica, dentre outros). As contribuições mais interessantes foram as de ALMEIDA (1969), REZENDE (1972), BRITO (1974), NIKOLAEV (1974), BJÖRNBERG, RIDEG e KANJI (1974), RANALLI (1975), LOCZY (1977), MENDIGUREN e RICHTER (1978), HABERLEHNER (1978), IPT (1979) e IPT (1981a).

Incluem-se no Grupo 2 aqueles fatores que se relacionam à Plataforma

ma Sul-Americana e feições estruturais de sua evolução (unidades geotectônicas, alinhamentos de estruturas geológicas, zonas de deflexões, províncias estruturais, províncias sísmo-tectônicas e regiões sísmo-tectônicas, dentre outros). Os trabalhos mais interessantes são os de BRANNER (1912, 1920), MALAMPHY e ODDONE (1937), STERNBERG (1953), ALMEIDA et alii (1977), BERROCAL, BARROS e OLIVEIRA (1971), BJÖRNBERG (1912), BRITO (1974), FÚLFARO e PONÇANO (1974), BJÖRNBERG, RIDEG e KANJI (1974), ABRAHÃO e BJÖRNBERG (1978), HABERLEHNER (1978), HASUI e PONÇANO (1978), HASUI et alii (1978b), SADOWSKY, CSORDAS e KANJI (1978), ASSUMPCÃO et alii (1979), IPT (1979), UnB (1979), ASSUMPCÃO et alii (1980) e IPT (1981a).

Foram incluídos no Grupo 3 aqueles fatores mais relacionados a aspectos locais de geologia, estruturas e sísmos (distribuição espacial das rochas e estruturas, falhas transcorrentes e de gravidade, faixas de dobramentos, ocorrência de rochas intrusivas e fontes termais ou não, morfogênese de relevo, formas de acumulação sedimentar, lineamentos estruturais e seu domínio, fraturas e padrão de desenvolvimento e estruturas detectadas por ensaios geofísicos, dentre outros). Os estudos de maior importância foram os de BRANNER (1920), MALAMPHY e ODDONE (1937), STERNBERG (1953), BERROCAL, BARROS e OLIVEIRA (1971), BJÖRNBERG, GANDOLFI e PARAGUASSU (1971), BJÖRNBERG (1972), BRITO (1974), LOCZY (1977), HASUI et alii (1978a,b), SADOWSKY, CSORDAS e KANJI (1978), ASSUMPCÃO et alii (1979), BJÖRNBERG et alii (1979), IPT (1980), MENDIGUREN (1980) e IPT (1981a,b).

O Grupo 4 inclui os fatores associados a falhas, nível de tensão existente em áreas mais restritas, sísmos em particular e seus mecanismos (análise estrutural, qualificação de eixos de deformação, estabelecimento ainda que preliminar do quadro de tensões, elaboração da história deformacional com base nos elementos de neotectônica e eventos sísmicos e seus mecanismos focais). Os estudos sobre estes fatores são os de BRANNER (1920), MALAMPHY e ODDONE (1937), STERNBERG (1953), BJÖRNBERG e GANDOLFI (1964), BERROCAL, BARROS e OLIVEIRA (1971), RIDEG e BJÖRNBERG (1972), BJÖRNBERG, RIDEG e KANJI (1974), BRITO (1974), FÚLFARO e PONÇANO (1974), LOCZY (1977), HASUI e PONÇANO (1978), HASUI et alii (1978a,b), MENDIGUREN e RICHTER (1978), SADOWSKY, CSORDAS e KANJI (1978), BJÖRNBERG et alii (1979), MENDIGUREN (1980) e IPT (1981a,b).

Nos trabalhos sobre sismicidade natural em âmbito regional tem havido grande preocupação com a regionalização dos eventos, somada à influência da formação geológico-tectônica. Em âmbito local, as considerações que têm sido feitas ainda são incipientes neste sentido.

#### MAPAS DE REGIONALIZAÇÃO

O número de terremotos é pequeno e a sismicidade relativamente baixa no território nacional. Os eventos sísmicos, na maioria, não têm parâmetros de magnitude confiáveis para que se possa proceder a um tratamento em termos de energia liberada, muito importante na análise de estabilidade.

Esta carência de informações sísmicas tem motivado a pesquisa de outros elementos geológicos, tectônicos e geomorfológicos na área da Plataforma Sul-Americana para caracterizar instabilidades, associando-os aos dados de sismologia disponíveis, isto é, tem-se procurado regionalizar os dados em bases geotectônicas como um recurso para inferir a estabilidade regional.

O primeiro mapa de regionalização sísmica foi apresentado por BRANNER em 1912. O conceito de estabilidade regional foi mencionado em termos de que o "Brasil é um país velho geologicamente" e que "provavelmente mais do que a metade de sua área tem rochas arqueanas ou outras muito antigas à superfície". Nele foram evidenciadas três regiões de maior incidência de sísmos (nordeste, sudeste e sudoeste), seguindo praticamente as idéias de LISBOA (1909, in BRANNER, 1912).

STERNBERG, em 1953 efetuou a regionalização dos dados sísmicos para a região Amazônica, estabelecendo correlações com direções estruturais e feições morfológicas. Duas zonas sísmicas foram assinaladas: a do Acre e do Purus.

Em 1978, HABERLEHNER apresentou a análise sísmo-tectônica do Brasil, elaborando o primeiro mapa sísmo-tectônico envolvendo regiões de países vizinhos e definindo dez Províncias Sísmo-Tectônicas, com grande

suporte de dados geológicos e tectônicos, obedecendo às orientações geotectônicas de STERNBERG (1953), REZENDE (1972) e LOCZY (1977); MENDIGUREN e RICHTER contribuíram aos estudos de sismo-tectônica da América do Sul, mostrando que a avaliação das tensões de compressão em condições intraplaca não eram desprezíveis; HASUI e PONÇANO desenvolveram os estudos de correlação entre as geossuturas e sismicidade da parte centro-oriental do Brasil, obtendo uma aproximação da análise da estabilidade regional; e SADOWSKY, CSORDAS e KANJI abordaram a sismicidade da Plataforma Sul-Americana, enfatizando duas regiões de maior sismicidade às quais denominaram de Província Sísmica Nordeste e Província Sísmica Sudeste, correlacionadas a elementos geotectônicos.

Em 1979, a Universidade de Brasília (UnB) resumiu o conhecimento sismo-tectônico da região sudeste brasileira, elaborando o estudo de correlação entre estabilidade regional para uso em Engenharia Civil. Os elementos geotectônicos foram incluídos parcialmente nos estudos e quatro Regiões Sismo-Tectônicas foram definidas, além de suas interrelações: a) Região 1, correspondendo à porção nordeste de São Paulo, de maior atividade sísmica do sul do Brasil, associada a "reativação dos grandes falhamentos transcorrentes paralelos ao litoral"; b) Região 2, compreendida entre o norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, menos ativa que a anterior, associada aos movimentos ao longo de falhamentos paralelos à costa; c) Região 3, definida em extensão desde Cananéia (SP) até Florianópolis (SC), de pequena atividade sísmica, constituindo uma região isolada; d) Região 4, estabelecida na direção e posição do curso do rio Grande (MG-SP), com registro de muitos sismos induzidos e do sismo de Pinhal.

A Figura 1 mostra as curvas isossistas para as maiores intensidades verificadas, ressaltando as características das Regiões 1, 2 e 4.

Em 1980, VELOSO e MENDIGUREN reuniram dados sismológicos da região Amazônica e constataram que os dados históricos e instrumentais podiam ser relacionados a áreas mais e menos ativas geologicamente. A interpretação dos elementos geotectônicos e sismológicos vieram confirmar as suspeitas de maior instabilidade nas zonas mencionadas por STERNBERG.

ASSUMPCÃO et alii, em 1980, realizaram o estudo mais completo dos sismos do sudeste brasileiro, estabelecendo magnitudes para um grande número deles não registrados por instrumentos. Os resultados permitiram elaborar um mapa de sismicidade baseado em magnitudes e não em intensidades. A existência de grande volume de informações geológicas disponíveis à análise regional não foi levada em conta.

A Figura 2 mostra as áreas afetadas e a localização dos epicentros dos sismos estudados. As regiões mencionadas nos estudos da UnB em 1979 praticamente são ressaltadas pelo conjunto das linhas e pontos.

Os estudos sobre tectônica no Estado de São Paulo e regiões vizinhas, desenvolvidos pelo IPT em 1979, envolveram aspectos sobre as Províncias Estruturais de interesse à área, na conceituação apresentada por ALMEIDA et alii, em 1977. As conclusões foram de que "a sismicidade e as características da costa sugerem uma instabilidade da região leste paulista/sul de Minas Gerais/Rio de Janeiro, mas de características plataformais. Não existem ainda investigações suficientes para se avaliar o regime de tensão existente".

Aprofundando essa investigação e levando em conta a evolução tectônica regional, a morfogênese e a sismicidade, foi possível definir-se áreas sujeitas à instabilidade epirogênica qualificadas como Zonas Sismogênicas (IPT, 1981a).

A Figura 3 ilustra os limites das Zonas Sismogênicas definidas pelo IPT.

Os três mapas elaborados por critérios distintos levam à definição de áreas onde se tem manifestado a sismicidade no sudeste brasileiro, que parecem estar melhor delimitadas na Figura 3.

#### TERMINOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO

Os estudos de regionalização de sismicidade no Brasil introduziram várias denominações. Das considerações de LISBOA em 1909 até as do IPT em 1981 são mencionadas regiões sísmicas, zonas sísmicas, províncias sísmicas, províncias sismo-tectônicas, regiões sismo-tectônicas e zonas sismogênicas.

Todas elas envolvem correlações entre elementos de Geologia e Sismo-

mologia que, para uso em projetos de Engenharia Civil, são referidas em termos de estrutura geológica e sismo.

A definição de províncias sísmicas ou sismo-tectônicas emergiu de áreas de alta sismicidade, de bordas de placas, onde as feições estruturais ativas se configuram com maior clareza. Contudo, em áreas intraplacas, a configuração exata de unidades estruturais ativas é muito difícil. É possível reconhecer feições de vasta expressão territorial que, na história geológica, têm mostrado instabilidade intermitente, mas nas condições da epirogênese atual não se podem estabelecer senão áreas res- tritas sujeitas a acomodações.

Esta questão tem sido ressaltada nos estudos para implantação de usinas nucleares, para os quais se exige a correlação entre atividade sísmica e estrutura geológica ou província tectônica. Entretanto, as normas em vigor foram desenvolvidas para regiões de alta sismicidade, não se aplicando às condições de regiões longe de bordas de placas litosféricas. Estas regulamentações, praticamente definidas no oeste dos Estados Unidos, estão sendo revistas (USNRC, 1979) tendo em vista locais em ambiência intraplaca.

Em caráter provisório, parece adequado adotar a distinção de áreas, zonas e regiões sísmicas ou sismogênicas, até que se disponha de configuração adequada da neotectônica.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação da sismicidade no Brasil é ainda incipiente, mas alguns passos importantes foram dados no sentido da regionalização sismo-tectônica e definição da estabilidade regional.

A noção de estabilidade regional reflete as relações entre sismos e tectônica, representando uma regionalização que se presta ao uso em projetos de Engenharia.

O território brasileiro (à exceção do extremo oeste) se caracteriza pela sismicidade relativamente baixa, peculiar de ambientes intraplacas e vinculada a acomodações epirogênicas. Como é muito difícil definir estabilidade regional em projetos, têm-se adotado critérios diversos de regionalização (geológicos, morfotectônicos ou sismológicos), que têm conduzido aos resultados apresentados.

Considerando as características de evolução geológica e a incidência de sismos no Brasil e, em particular em sua porção sudeste, a conceituação de província sísmica ou sismo-tectônica não é adequada, sendo preferível definirem-se áreas, zonas ou regiões sísmicas ou sismogênicas, reunindo o maior número de fatores que podem subsidiar os estudos sobre risco sísmico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, R.A. e BJÖRNBERG, A.J.S. - 1976 - Interpretation of Structural Geology based on Landsat Image. Proc. 3rd Intern. Congr. of Engng. Geol., Madrid, Vol. IV., Section 2, pp. 67-71.
- ALMEIDA, F.F.M. et alii - 1977 - Províncias Estruturais Brasileiras. Atas 89 Simp. Geol. Nord., Campina Grande, p. 363-391.
- ASSUMPTÃO, M.S. et alii - 1979 - O terremoto de São Paulo de 1922. Atas 29 Simp. Reg. Geol., Rio Claro, V.1:321-329.
- ASSUMPTÃO, M.S. et alii - 1980 - Sismicidade do sudeste do Brasil. An. XXXI Congr. Bras. Geol., Camboriú, V.2:1075-1092.
- BERROCAL, J.; BARROS, J. e OLIVEIRA, R. - 1971 - Sismotectônica do nordeste brasileiro. An. XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo, V.2:129-137.
- BJÖRNBERG, A.J.S. - 1972 - Sismogênese e neotectônica do sul do Brasil (Estado de São Paulo). An. VIII Semin. Nac. Gdes. Barr., São Paulo, V.1, Tema II, p. 353-367.
- BJÖRNBERG, A.J.S. e GANDOLFI, N. - 1964 - Algumas considerações sobre a geologia das barragens da região de Paraibuna, São Paulo. Bol. Esc. Eng. de São Carlos, Univ. São Paulo, 106, Geologia 11, 20 p.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N. e PARAGUASSU, A.B. - 1971 - Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo. An. XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo, V.2:159-174.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; RIDEG, P. e KANDU, M.A. - 1974 - Tectonophysical aspects in Southeastern Brazil. Proc. 3rd Intern. Congr. of Intern. Soc. for Rock Mech., Denver, Vol. II, Themes 1-2, pp. 591-596.

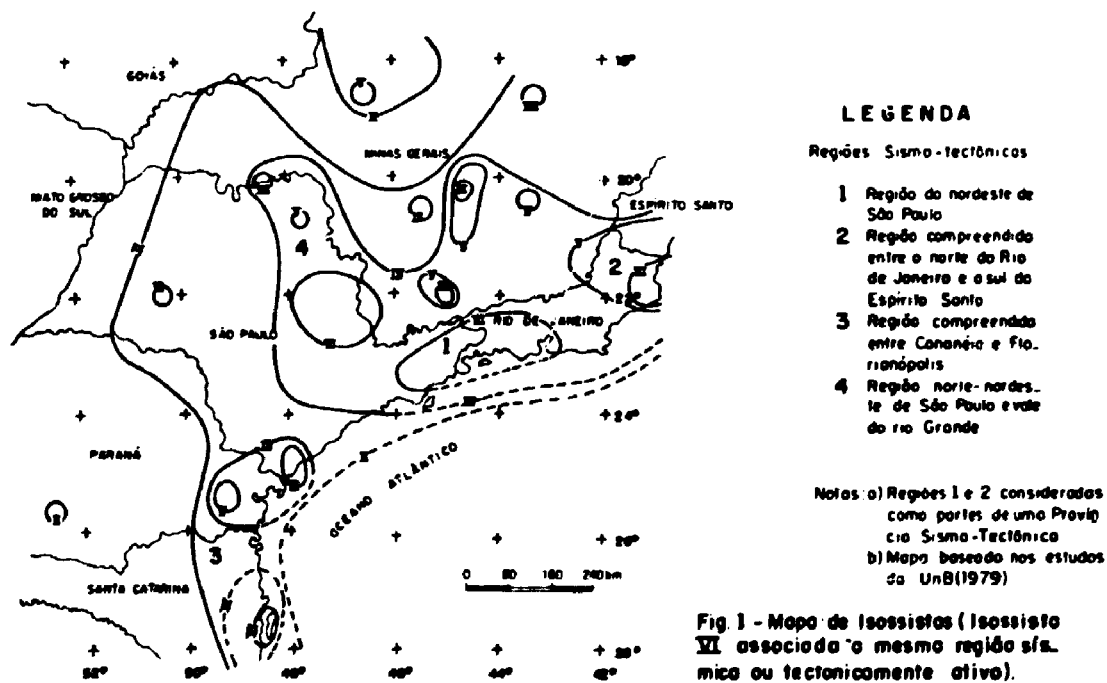
- BJÖRNBERG, A.J.S. et alii - 1979 - Considerações sobre alternativas tectônicas de sismogênese brasileira. Atas 29 Simp. Reg. Geol., Rio Claro, V.1: 331-336.
- BRANNER, J.C. - 1912 - Earthquakes in Brazil. The Bull. of the Seismol. Soc. of Amer., II(2):105-117.
- BRANNER, J.C. - 1920 - Recent earthquakes in Brazil. Bull. of the Seismol. Soc. of Amer., X(2):90-104.
- BRITO, S.N.A. - 1974 - Seismic activity around the Cajuru reservoir. Proc. 2nd. Intern. Congr. of Engng. Geol., São Paulo, Vol. I, Theme II, pp. II-5.1/II-5.9.
- FÓLFARO, V.J. e PONÇANO, W.L. - 1974 - Recent tectonic features in the Serra do Mar region, State of São Paulo, Brazil, and its importance to engineering geology. Proc. 2nd. Intern. Congr. of Engng. Geol., São Paulo, Vol. I, Theme II, pp. II-7.1/II-7.7.
- HABERLEHNER, H. - 1978 - Análise sismotectônica do Brasil. Notas explicativas sobre o mapa sismotectônico do Brasil e regiões correlacionadas. An. 29 Congr. Bras. Geol. Eng., São Paulo, Vol. 1, Tema II, p. 297-329.
- HASUI, Y. e PONÇANO, W.L. - 1978 - Geossuturas e sismicidade no Brasil. An. 29 Congr. Bras. Geol. Eng., São Paulo, Vol. 1, Tema II, p. 331-338.
- HASUI, Y. et alii - 1978a - Investigação estrutural da região de Primeiro de Maio, SP e PR. An. 29 Congr. Bras. Geol. Eng., São Paulo, Vol. 1, Tema 2. p. 339-352.
- HASUI, Y. et alii - 1978b - Os falhamentos e a sismicidade natural da região das Serras da Mantiqueira e do Mar. An. 29 Congr. Bras. Geol. Eng., São Paulo, Vol. 1, Tema II, p. 353-357.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - 1979 - Esboço tectônico do Estado de São Paulo e regiões vizinhas. Relatório nº 12.369, 55 p, 28 fig, 4 mapas.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - 1980 - Implantação da rede sismográfica de Salto Santiago, rio Iguaçú (PR). Relatório nº 13.499, 43 p, 3 mapas.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - 1981a - Geologia, Tectônica e Sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da praia de Itaorna. Relatório nº 15.211, 170 p, 52 fig, 4 mapas.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - 1981b - Relatório de visita à área de detalhamento estrutural em Roncador (PR). Relatório nº 15.483, 4p.
- LIU, K.C. - 1978 - Regional stability and earthquakes. Bull. of Intern. Assoc. of Engng. Geol., (18):33-39.
- LOCZY, L. - 1977 - The System of Equatorial Transcurrent Faulting and Oceanic Fracture Zones and its role in Tectonic Framework of Northern South America. An. Acad. Bras. Cienc., 49(2):243-258.
- MALAMPHY, M.C. e ODDONE, D.S. - 1937 - Movimentos sísmicos. In: Geologia e movimentos sísmicos de Bom Sucesso, Minas Gerais; de MORAES, L.J. e MALAMPHY, M.C., Bol. Serv. Fom. Prod. Min., Nº 17, Part II, p. 24-62.
- MENDIGUREN, J.A. - 1960 - A procedure to resolve areas of different source mechanism when using the method of composite nodal plane solution. Rev. Bras. Geociênc., 10(3):196-201.
- MENDIGUREN, J.A. e RICHTER, F.M. - 1978 - On the origin of compressional intraplate stresses in South America. Rev. Bras. Geoc., 8(2):90-102.
- NIKOLAEV, N.I. - 1974 - Tectonic conditions favourable for causing earthquakes occurring in connection with reservoir filling. In: Seismic effects of reservoir impounding; de JUDD, W.R., Engng. Geol., 8(1-2): 171-189.
- OBORN, L.E. - 1974 - Seismic phenomena and engineering geology. Proc. 2nd. Intern. Congr. of Engng. Geol., São Paulo, Vol. 1, Theme II, pp. II-GR.1/II-GR.41.
- RANALLI, G. - 1975 - Geotectonic relevance of rock-stress determinations. Tectonophysics, V. 29:49-58.
- REZENDE, W.M. - 1972 - Post Paleozoic Geotectonics of South America related to Plate Tectonics and Continental Drift. An. XXVI Congr. Eras. Geol., Belém, V. 3:205-210.
- RIDEQ, P. e BJÖRNBERG, A.J.S. - 1972 - Geologia da barragem do rio Taiapuaba. An. VIII Semin. Nac. Gies. Barr., São Paulo, Vol. I, Tema II, p. 245-257.
- SADOWSKI, G.R.; CSORDAS, S.M. e KANJI, M.A. - 1978 - Sismicidade da Plataforma Brasileira. An. XXV Congr. Bras. Geol., Recife, V. 5:2347-2361.
- STERNBERG, H.O. - 1953 - Sismicidade e Morfologia na Amazônia Brasileira.

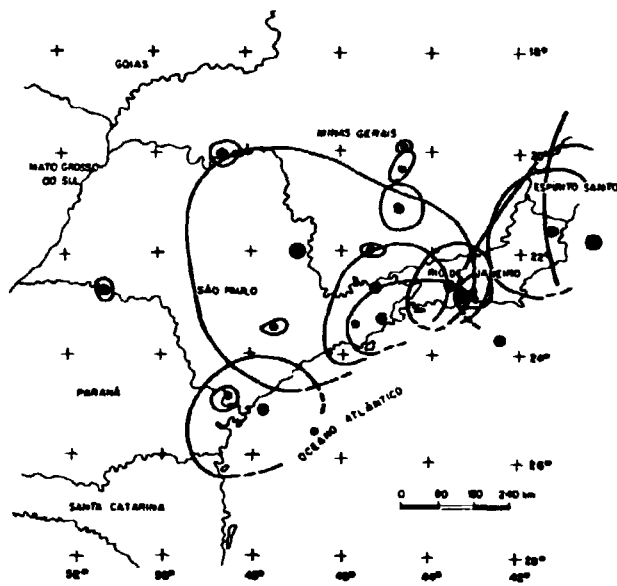
An. Acad. Bras. Ciênc., 25(4):443-453.

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - 1979 - Relatório nº 13/Abril de 1979, sobre Sismicidade e Risco Sísmico do Estado de São Paulo. 11 p, 4 mapas.

USNRC - OFFICE OF STANDARDS DEVELOPMENT - 1979 - Identification of issues pertaining to seismic and geologic regulation, policy and practice for nuclear power plants (Enclosures A,B,C,D,E,F). Commission Paper SECY-79-300. Washington, 86pp.

VELOSO, J.A.V. e MENDIGUREN, J.A. - 1960 - Sismicidade da Amazônia e parte do centro-oeste brasileiro. Atas Simp. sobre Caract. Geol.-Geotec. da Região Amaz., Brasília, p.43-57.





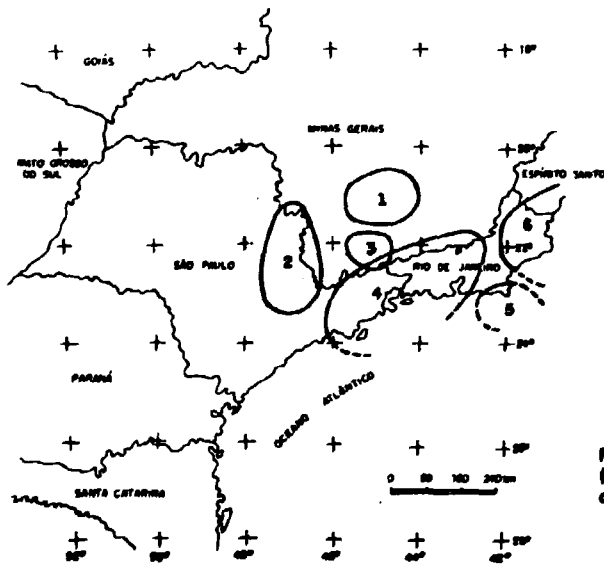
**LEGENDA**

- Magnitudes ( $m_b$ )
- 4,5 a 5,1
  - 3,8 a 4,4
  - 3,2 a 3,7

Nota: Mapa baseado nos estudos e mapas de Assumpção et alii (1980)

**Fig. 2 - Mapa de Epicentros e Áreas Afetadas pelos Sismos (Não incluem sismos de magnitude de  $m_b < 3$  e epicentros com incertezas > 100 km).**

Rev. 2/1988 (1988)



**LEGENDA**

- 1 Zona Sismogênica de Bom Sucesso
- 2 Zona Sismogênica de Piratuba
- 3 Zona Sismogênica de Casambu
- 4 Zona Sismogênica de Cunha
- 5 Zona Sismogênica de Cabo Frio
- 6 Zona Sismogênica de Campos

Nota: a) Região de Casambu a Fig. 2 não está avaliada em termos sísmo-tectônicos.  
b) Mapa baseado nos estudos de (PT1981a).

**Fig. 3 - Mapa de Zonas Sismogênicas Centrais em função de sismicidade acumulada e dados geotectônicos.**

Rev. 2/1988 (1988)