

## MACAU, EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO

### *THE EVOLUTION OF THE MACAO GEOLOGICAL KNOWLEDGE*

M. Luisa Ribeiro<sup>1</sup>, J. Farinha Ramos<sup>2</sup>, Eurico Pereira<sup>3</sup>, Ruben Dias<sup>1</sup>

#### RESUMO

O conhecimento geológico de Macau culminou com a publicação da “Carta Geológica de Macau”, escala 1/5000, 1992. Aqui faz-se uma revisão das principais conclusões dessa obra e de alguns trabalhos complementares. As rochas ígneas, sobretudo granitóides mesozóicos, seus encaves, xenólitos e filões, e a cobertura cenozóica são as principais unidades referenciadas. As 1<sup>as</sup>, resultado de fusão parcial de material crustal, infracrustal e misto, instalaram-se durante dois episódios principais, através de falhas profundas. Durante a orogénese  $\sigma_1$  rodou entre NW-SE e NNE-SSW. Os depósitos de cobertura compreendem arenitos arcóicos, areias de praia, duna e cordão litoral e conglomerados de vertente. Foram evidenciados sinais de movimentação neotectónica NW-SE (a direcção da Falha de Shenzhen-Wuhua)

**PALAVRAS-CHAVE:** Geologia Macau, granitóides, tectónica, neotectónica

#### ABSTRACT

This paper was based essentially on the “Carta Geológica de Macau” scale 1/5000, 1992, the most detailed geologic document published by Portuguese geologists before they officially leave the region. Igneous rocks, mostly Mesozoic granite types, their enclaves and xenoliths, represent the substratum of the region. They resulted from partial melting of the deep crustal, infracrustal and mixed sources and emplaced through deep fault structures. The granites are very fractured orogenic rocks. The tension ellipsoid recorded in the granites suggests the  $\sigma_1$  moved between NW-SE and NNE-SSW through the time. The cover up Cenozoic deposits is arcose arenites, poorly preserved, slope conglomerates and sands of beach, dunes and bay barriers. Neotectonic NW-SE displacements (similar to the Shenzhen-Wuhua Fault) were also found in the region.

**KEY-WORDS:** Macao geology, granites, tectonic, neotectonic

#### 1. INTRODUÇÃO

Macau abrange a pequena península de Macau e as ilhas de Taipa e Coloane situando-se no sudeste da Ásia, delta do Rio Zheziang (Rio das Pérolas), entre 22° 06' e 22° 13' de latitude Norte e 113° 34' e 113° 35' de longitude Este. Macau, do lado oeste do delta e Hong Kong, do lado leste, distam entre si de 60 km. A área total da região, próxima dos 30km<sup>2</sup>, aumenta continuamente através da construção de aterros no delta do rio Zheziang.

Anteriormente a 20 de Dezembro de 1999, e desde meados do séc. XVI, Macau foi administrado por Portugal. Contudo, com a anulação, em 1967, do "Tratado de Amizade e Comércio Sino-Português" de 1887, em que a China reconhecia a soberania e ocupação perpétua de Portugal sobre Macau, e, com a elaboração da “Declaração Conjunta Sino-Portuguesa sobre a Questão de Macau” de 1987, Portugal e a República Popular da China concordaram que Macau voltaria à soberania chinesa conservando importante autonomia (incluindo moeda própria, a pataca), pelo menos, até 2049.

A actual Região Administrativa Especial de Macau é constituída pela Península de Macau e duas ilhas, Taipa e Coloane, actualmente ligadas entre si e à península. Os seus habitantes ultrapassam o meio

<sup>1</sup> Dep. Geologia INETI, Ap. 7586, 2721-866 Alfragide

<sup>2</sup> Laboratório, INETI, Ap. 1089, 4466 – 956 S. Mamede de Infesta

<sup>3</sup> Dep. Geologia, INETI, Ap. 1089, 4466 – 956 S. Mamede de Infesta

mluisa.ribeiro@ineti.pt; farinha.ramos@ineti.pt; eurico.pereira@ineti.pt; ruben.dias@ineti.pt

milhão tendo como línguas oficiais o cantonês (dialecto chinês) e o português. O Centro Histórico de Macau, ilustrando um dos primeiros e mais duradouros encontros da China e a civilização ocidental, é Património Mundial.

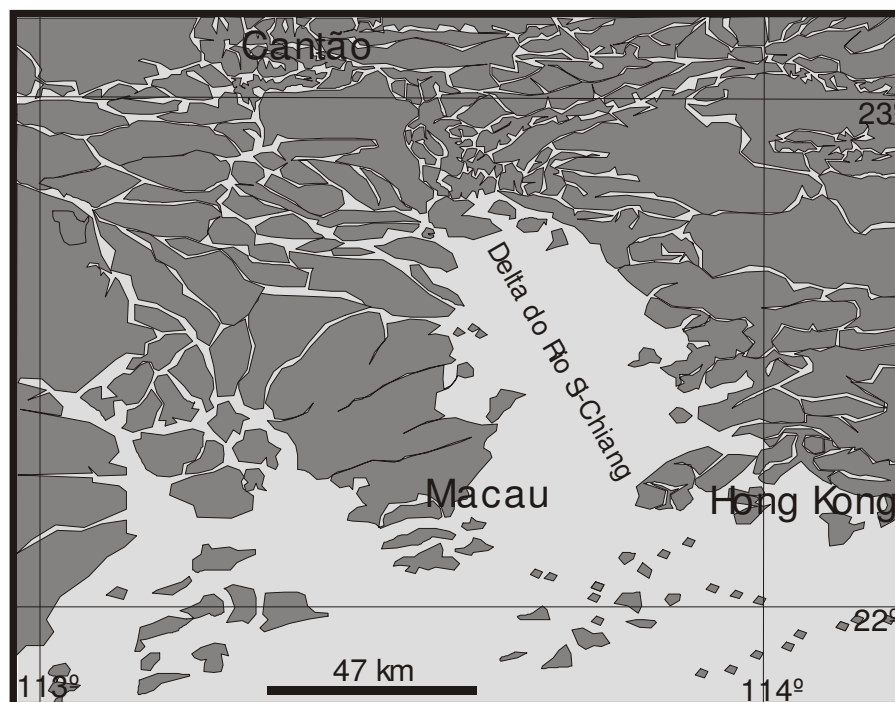


Fig. 1 - Mapa da Região do Delta do Rio das Pérolas (simplificado)

A primeira carta geológica de Macau, datada em 1963, efectuada à escala 1/25 000, pode ser consultada no trabalho "Fisiografia e Geologia da Província de Macau", (Costa & Sousa, 1964). Neste trabalho cartografaram-se: Areias de praia; Terrenos conquistados ao mar e aterros; Areias de duna; Sedimentos argilo-arenosos consolidados; Rochas eruptivas. Esta obra cita já anteriores trabalhos geológicos efectuados. Posteriormente, os trabalhos geológicos versaram temas diversos como por exemplo – Rocha & Torcato (1967) estudaram aspectos mineralógicos e da microfauna de areias de praia das ilhas de Taipa e Coloane, concluindo pela sua contaminação por materiais eólicos provenientes de dunas circunvizinhas; Marques (1988) centrou-se em estudos de natureza geotécnica - estudou as características geotécnicas de lodos e aluviões, tece considerações sobre a natureza e génese desses depósitos, faz correlações lito-estratigráficas e apresenta cartas geológico/geotécnicas à escala 1/10 000, essencialmente baseadas na cartografia anterior; Em 1992 foi publicada a Carta Geológica de Macau à escala 1/5 000. Este documento consta a Notícia Explicativa e as folhas de Macau, Taipa e Coloane, onde se distinguem os seguintes grupos lito-estratigráficos – Metassedimentos paleozóicos, rochas graníticas e filonianas e depósitos superficiais. Por ser o mais recente e detalhado documento conhecido da região, servir-nos-á de base ao presente trabalho. Para os que dominam o mandarim, refere-se que, também com data de 1992, foi publicada a obra "Geografia Natural de Macau", patrocinada pelo Instituto Cultural de Macau.

## GEOMORFOLOGIA

A morfologia de Macau resulta da interacção entre as litologias essencialmente granitóides, com heterogeneidades induzidas por variações composicionais, granulométricas, a rede filoniana e a fracturação, e o clima regional, quente e húmido.

Cortes compósitos, representativos da geomorfologia da região são apresentados na Fig. 2. Os perfis obtidos sugerem a existência de três níveis de erosão às cotas aproximadas de 170m, 130m e 110m. Estes níveis poderão corresponder a uma única superfície, agora deslocada por zonas de falhas de direcção NW-SE que compartimentam a região.

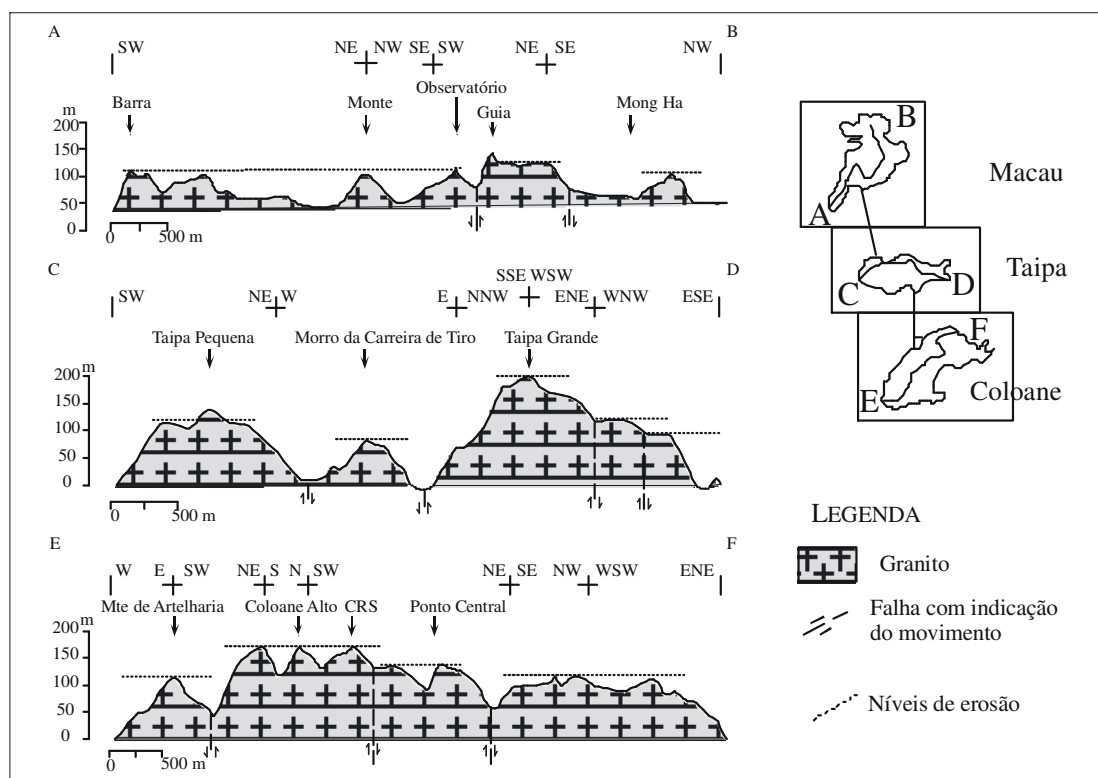


Fig. 2 – Perfis topográficos quebrados, evidenciando os vários níveis de erosão estimados

A interação dos factores acima apontados, determinou a ocorrência de colinas graníticas, por vezes com pendores acentuados, e áreas deprimidas que correspondem a bacias de recepção onde se depositaram sedimentos recentes. Estas áreas estão actualmente a ser conquistadas ao mar, enchidas com depósitos artificiais – os aterros, que constituem, também, uma nota importante na actual morfologia da região.

## ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O continente asiático corresponde à coalescência de várias plataformas cratónicas agregadas, sucessivamente para SE, por orogenias mais recentes – as do noroeste, estáveis a partir do Precâmbrico e, as do sudeste, já no Paleozóico inferior, foram cimentadas por orogenias mais recentes (Huang, 1978; Ribeiro *et al.*, 1992) (Fig. 3).

Macau enquadra-se no SE da China que suportou intenso "multi-ciclo" orogénico desde o Paleozóico (Orogenias Caledónica e Hercínica), Mesozóico (Orogenias Indosiana e Yenshaniana) ao pós-Terciário (Orogenia Himalaiana). A deformação registada na região tem sido atribuída, sobretudo, aos movimentos Yenshanianos e Himalaianos.

Todos os ciclos orogénicos foram acompanhados de intrusão de rochas graníticas, a litologia predominante em Macau. Aqui, os granitos integram um batólito, que se segue até 50km a Norte, onde só há registo de um único ciclo de deformação, provavelmente o Yenshaniano. Filões de natureza variada são frequentes. Da cobertura metassedimentar, encaixante dos granitóides, restam escassos afloramentos de dimensões métricas. Depósitos de natureza diversa, flúvio-marinha e continental, acumularam-se em bacias originadas pela fracturação do granito e sua cobertura durante o Cenozóico (e anterior?).

Por outro lado, situando-se Macau imediatamente a oeste de uma grande falha correspondente à "Frente Caledónica" e aproximadamente no alinhamento de uma grande falha activa (Falha de Shenzhen-Wuhua), é uma região fortemente tectonizada (Fig. 3).

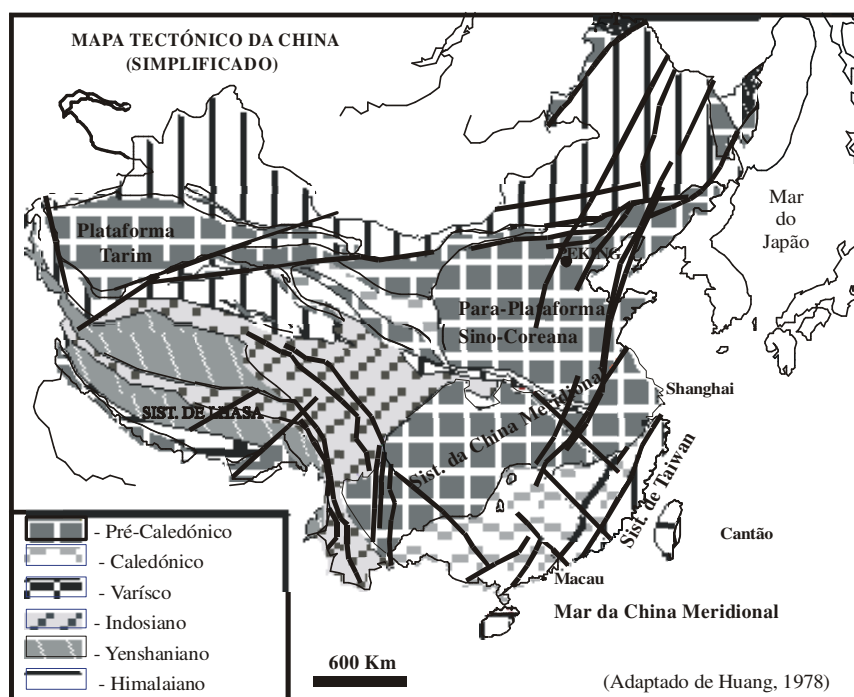


Fig. 3 – Principais elementos estruturais da China (Adaptado de Huang, T.K., 1978).

## ESTRATIGRAFIA

Na Carta Geológica de Macau à escala 1/5000 (Ribeiro, *et al.*, 1992) foram cartografadas as seguintes unidades geológicas (Fig. 4): 1. Metassedimentos paleozóicos; 2. Rochas graníticas mesozóicas; 3. Rochas filonianas; 4. Depósitos superficiais.

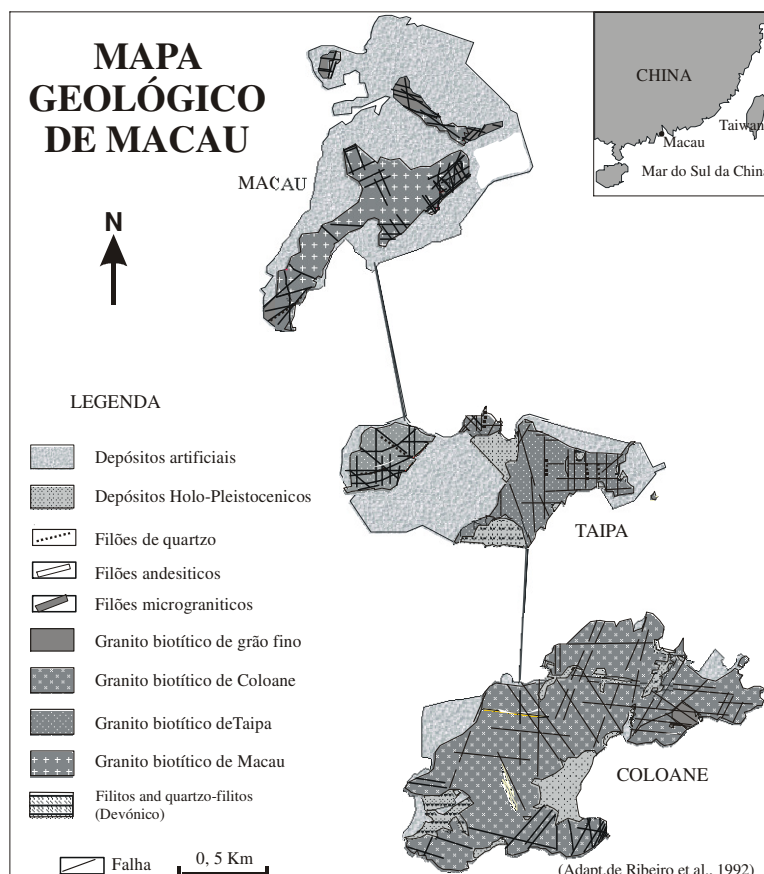


Fig.4 – Mapa de Macau simplificado evidenciando as principais unidades geológicas.

1 - Os metassedimentos paleozóicos, devónicos, considerando correlações lito-estratigráficas com regiões vizinhas, correspondem a filitos e quartzofilitos de grão fino (afloramentos de Ká-Hó e Alto de Coloane). Correspondem a pequenos (<1,5m) encaves, muito alterados, dos granitóides.

2 - Nas rochas graníticas constituem o substrato regional, a geocronologia Ar-K revelou dois períodos de intrusão – Jurássico médio e Cretácico superior. A distinção dos vários tipos de granitos baseou-se em critérios texturais e estruturais de ordem estatística e comparativa. Os granitos de grão médio a grosseiro são dominantes, os de grão fino, escassos, mas todos se apresentam meteorizados.

O granito de Macau, biotítico de grão médio (4 a 20 mm) e esparsos megacristais de feldspato, passa, por vezes progressivamente, ao granito de grão fino. Em zonas de facturação ocorre esmagado e rubeficado. Os constituintes mineralógicos principais são – quartzo intersticial (> 20%), feldspatos (pertite poecilítica e plagioclases) e biotite. Como minerais acessórios ocorrem – esfena, zircão, apatite, fluorite, ilmenite, magnetite, rútilo, monazite, xenótimo, alanite, pirite e hematite e, como secundários – clorite, mica branca, epidoto e calcite.

O Granito de Taipa possui granularidade média (4 - 10 mm), composição biotítica, forte cataclase, e ocasionalmente rubeficação. Raramente possui megacristais e pode apresentar figuras de fluxo magmático. A intensa tectonização, permitindo o desenvolvimento de silicificação, epidotização, venulação feldspática e, até, brechificação, confere-lhe alguma heterogeneidade. Ao microscópio apresenta textura xenomórfica, com evidente cataclase e brechificação, observando-se, por vezes, texturas fasciculares tardias. A biotite está bastante cloritizada. Granada, milimétrica, ocorre esporadicamente, associada à biotite. Como minerais acessórios, além dos mencionados para o granito de Macau, observou-se a presença de blenda.

O Granito de Coloane, tem granularidade grosseira e é porfiroide (megacristais  $\leq 5\text{mm}$ ). Localmente, apresenta diferenciações pegmatíticas e figuras de fluxo magmático. Xenólitos meso-melanocráticos são relativamente frequentes. Aspectos de intensa fracturação subvertical e subhorizontal cisalhante, com esmagamento silicificação e rubeficação, foram frequentemente observados. Ao microscópio apresenta textura xenomórfica porfiroide, extinção ondulante e subgranulação. A composição mineralógica é semelhante à dos granitos anteriores.

O Granito de grão fino (<0,5 mm) biotítico é semelhante em todos os locais onde ocorre (Ilha Verde, Mong Há, Dona Maria, Guia, Barra, Ká Hó e Seac Pai Van). A passagem aos granitos encaixantes é, geralmente, transicional. Ao microscópio, o quartzo ocorre intersticial e, ainda, euédrico, ou em gotas no interior dos feldspatos. Os feldspatos estão representados por pertites e plagioclases. Os minerais acessórios e os secundários são semelhantes aos dos granitos anteriormente descritos.

3 - Rochas filonianas (microgranitos, aplito/pegmatitos, andesitos e filões de quartzo). Os micrograníticos são os mais comuns. Têm composição semelhante à dos granitos, apresentando cataclase e subgranulação frequentes. Ocasionalmente possuem granada idiomórfica e, como acessórios – fluorite, pirite, calcopirite, pirrotite, cassiterite e rútilo. Os aplito/pegmatitos têm pouca expressão, ocorrendo disseminados nos granitos. Os filões andesíticos que podem atingir até 3m de espessura, são, geralmente, lenticulares. São porfíricos, de matriz traquítica, com feldspato alcalino relativamente abundante, quartzo raro, plagioclase (até 67% An), clinoanfíbola, epidoto, clorite e calcite. Como acessórios tem magnetite, ilmenite, esfena, calcopirite e pirite. Os filões de quartzo são, geralmente de pequenas dimensões (<0,5m).

4 - Depósitos superficiais (Holo-Pleistocénicos), de origem flúvio-marinha e continental, acumularam-se em bacias originadas pela fracturação do granito, nas linhas de água, no litoral e nas vertentes. Correspondem a arenitos arcósicos, aluviões, areias de praia, duna e de cordão litoral e conglomerados de vertente. Depósitos artificiais, que têm sido construídos para conquistar espaço ao mar, são os mais abundantes.

## MAGMATISMO

Nos granitóides a mineralogia química evidenciou: feldspatos alcalinos (nas composições intermédias não ocorrem feldspatos potássicos); plagioclases (An <25% nos granitos e até 69%An nos andesitos); micas potássicas (siderofilites e lepidomelanos); anfíbolas (horneblendas e magneso-horneblendas); granadas (soluções sólidas de almandina + grossulária + essartina, de componente pirope <1%); clorites (thuringites, chamosites, ripidolites e brunsvigites); epidotos (componente pistacítico entre 15 e 35%); esfenas (com variável Al/Ti ao nível de cada amostra); ilmenites e magnetites. Foram ainda confirmados – apatite, monazite, xenótimo, fosfato de Nd, anerlite, felgusonite, bismuto nativo, pirite, calcopirite, pirrotite, galena e blenda.

Toda esta variedade mineralógica é interpretada em termos de variações composicionais e multiplicidade de condições físico-químicas experimentadas pelas rochas.

Datações K/Ar sugerem a existência de dois períodos de intrusão 164 Ma e 90 Ma. As idades mais recentes foram encontradas em Coloane (Fig. 5).

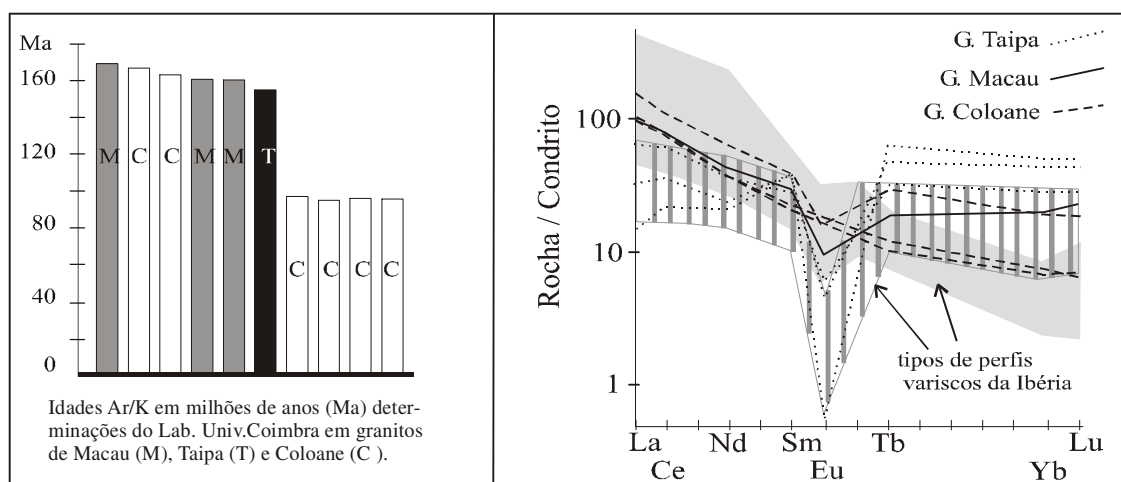


Fig. 5 – Dados geocronológicos e geoquímicos sobre os granitóides de Macau.

As composições químicas de rocha total evidenciaram  $58,8 \% \leq \text{SiO}_2 \leq 76,5 \%$  pertencendo, as escassas composições intermédias, apenas a filões.

Os granitos de Macau possuem perfis de terras raras com baixas razões entre terras raras leves e pesadas, elevados teores destas e fortes anomalias negativas de Eu (Fig. 5). Este tipo de perfil apresenta semelhanças com os de granitos variscos ibéricos tardi/pós tectónicos. As rochas intermédias apresentam tipos de perfis diferentes, com maior fraccionamento de terras raras e inexistência de anomalia negativa de Eu.

As composições das rochas ígneas indicam que estas não se incluem numa única sequência de diferenciação. Os granitos poderão ter resultado de fusão parcial da crosta profunda, diferenciaram-se e subiram em dois períodos da orogenia Yenshaniana. As rochas de composição intermédia sugerem envolvimento de fontes mantélicas e contaminação relativa.

## TECTÓNICA

Macau situa-se no domínio tectónico do Pacífico Marginal, no limite entre as "Coast Mobile Area" em que a intrusão magmática, extremamente activa, foi controlada por fracturação regional e a "Jiangxi-Guandong Transitional Area" em que a actividade magmática é de natureza pouco profunda.

Foi observada grande diversidade de fracturas, com movimentação de todos os tipos, variando em direcção e inclinação (Fig. 6). Contudo, distinguiram dois sistemas principais – ENE-WSW e NW-SW e um secundário – NE-SW e N-S a NNE-SSW. O sistema NW-SE é concordante com a orientação das estruturas do sul da China, nomeadamente a zona de falha de Shenzhen-Wuhua. A análise do campo de tensões permitiu concluir que o campo de tensões mais antigo com  $\sigma_1$  de direcção NW-SE rodou para NNE-SSW e, posteriormente, para NNW-SSE (Fig. 7). Estes dados coincidem com os citados por outros autores, para o período pós-Yenshaniano do sul da China.



Fig. 6 – Aspectos da deformação dos granitos de Coloane. À esquerda, encurvamento devido a movimento sob plano vertical; à direita, esmagamento em planos sub horizontais.

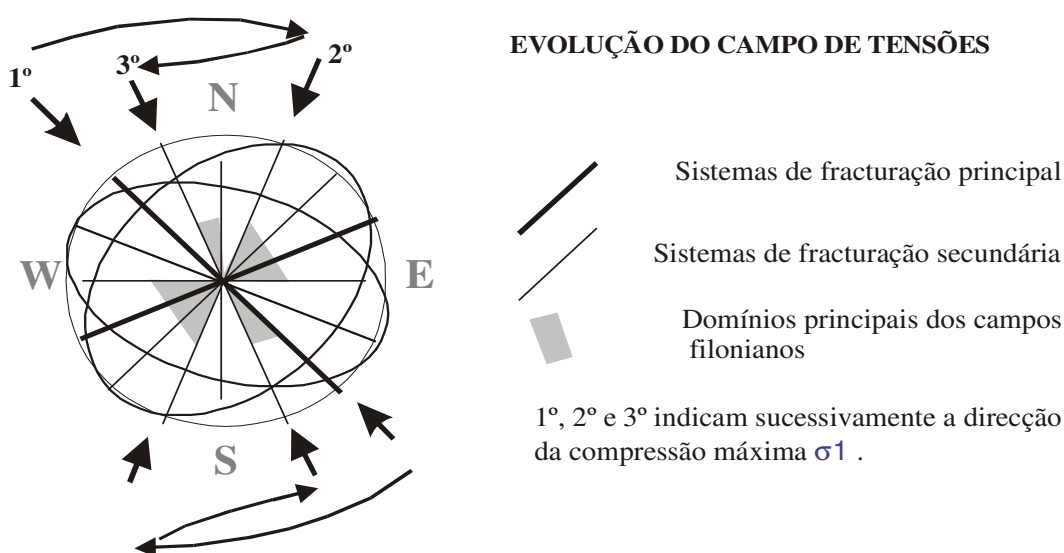


Fig. 6 – Síntese dos dados estruturais relacionados com a orogenia Yenshaniana

Os dados referentes à Neotectónica resultaram da consulta bibliográfica, análise do registo sísmico e estudo da geomorfologia, dado que os depósitos recentes são escassos e muito modificados pela acção humana não permitiram boa observação. Os dados mais significativos e as inferências que sugerem são:

- Registo de pelo menos um sismo histórico (12 de Agosto de 1905) de grau 5,5 em Macau. Este sismo foi relacionado com a falha de Shenzhen-Wuhua;
- Ausência de deformação nos depósitos plio-pleistocénicos que sugere movimentação tectónica pouco importante durante e após a sua deposição;
- A análise geomorfológica que indica a existência de níveis topográficos deslocados por fracturação NW-SE coincidente com as das falhas que deslocam a falha de Shenzhen-Wuhua;
- Os dados bibliográficos indicam que a actividade da falha de Shenzhen-Wuhua aumenta de NE para SW, o que sugere que cresce para SW (sentido de Macau).

## BIBLIOGRAFIA

- Costa, J.C. & Sousa, M J L (1964) Fisiografia e Geologia da Província de Macau. Macau. Ed. Centro de Informação e Turismo. Imprensa Nacional.
- Huang, T K (1978) An outline of the tectonic characteristics of China. *Eclogae geo. Helv.* **71**/3 :611-635.
- Marques, FM S F (1988) Contribuição para o conhecimento geológico e geotécnico do Território de Macau. Depart. de Geologia, Fac. Cienc. Univ. de Lisboa. Lisboa.184 p.
- Neiva, JMC. (1944) Rochas eruptivas da Península de Macau e das Ilhas da Taipa e de Coloane. *Bol. Soc Geol. Portugal, Porto*, **3** (3).
- Ribeiro, M.L., Ramos, J.M.F, Pereira, E. & Dias, R.P. (1992) Notícia Explicativa da Carta Geológica de Macau na escala 1/5000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro, ML, Macedo, CAR, Ferreira, JT, Ramos, JMF, Dias, R (2000) K - Ar ages for the Macao granites (SE China) and the magmatic migration at the Yenshianian times. (Abst), G1804006. Cong. Int. Geologia, Rio de Janeiro, Brasil.
- Rocha, A.T & Torquato, JR. (1967) Contribuição para o conhecimento da mineralogia das areias de praia das Ilhas da Taipa e de Coloane (Província Portuguesa de Macau). *Bol. Inst. Invest. Cient. de Angola*, **4** (1) : 89-104. Luanda.
- So, CL & Ribeiro, ML (1997) Portugal: Macao Geology. *Encyclopedia of World Regional Geology*. pp. 620 - 621 E.M. Moores & R. W. Fairbridge, (eds). *Encyclopedia of Earth Sc. Series*. Chapman & Hall, London.