

TEORIAS E MODELOS EM GEOTECTÔNICA

INTRODUÇÃO AO PROBLEMA

BENJAMIM BLEY DE BRITO NEVES

Professor Adjunto IV - Universidade Federal de Pernambuco
Professor-Visitante - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo
Pesquisador 1-A - CNPq

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva uma revisão, em parte histórica, em parte crítica, do problema de teorias (e modelos) em Geotectônica. Ao lado do propósito de ordenação dos conhecimentos, procura-se patentear o cunho didático, embora sob a óptica de um geólogo, e não de um versado em metodologia científica.

Há a pretensão de ser isento, sem ser alheio aos problemas, e de esclarecer e ponderar a distribuição dos acontecimentos, dentro da clareza possível, sempre procurando se distanciar do sectarismo. Sem dúvida, uma condição difícil de se alcançar diante do quadro usual de ensaios a respeito.

Têm sido comuns revisões nesta seara, mas salvo honrosas exceções, a parcialidade é condimento inerente. Cada autor enfoca e enfatiza com entusiasmo seus concidadãos, ou quando menos seus autores da escola preferida. Omissões inconcebíveis e algumas exaltações exageradas são reconhecidas.

No século atual, quando o "mobilismo" e o "fixismo" abriram seus espaços e liberaram suas esteiras, instalaram-se duas facções rivais do conhecimento. Seguidores, debatedores e mesmo dissidentes subsidiários, a partir da segunda década deste século, sempre procuraram trilhar caminhos paralelos, sem pers

pectiva de um ponto de encontro intermediário. Algumas tentativas de conciliação que foram encetadas fizeram concessões demais nos dois polos em confronto, e não lograram êxito, por este ou outro motivo.

A história das teorias e modelos em Geotectônica não é simples, nem curta, posto que remonta aos primórdios da própria germinação das Ciências Geológicas como um todo. A sistematização desta história até meados do século atual é uma tarefa exequível, ainda que difícil. São muitos nomes, muita terminologia em confronto, muitas visões particularizadas (locais, pessoais, regionais ou continentais), o que em geral tende a afastar o profissional de geologia de maiores intimidades com esta parafernália de designações.

A partir da década de 60, uma revolução atingiu as Ciências da Terra, exatamente pela via expressa e aberta da Geotectônica. De forma que, por razões de sobra conhecidas da humanidade, o fluxo de conhecimentos e dos debates tornou-se incontrável. Uma sistematização deste confronto pode ser uma tarefa inexecuível, mas uma tentativa pode e deve ser feita. Ainda que o estágio de fluxo de vários núcleos de conhecimentos seja fato em áreas oceânicas e continentais (de diferentes situações geológicas), algumas tendências podem ser vislumbradas.

As observações pessoais colhidas na vicejante bibliografia, e nas secções de tectônicas de alguns importantes encontros nacionais e internacionais (Estocolmo, 1977; Paris, 1980; Salvador, 1982; Beijing, 1983) têm mostrado que estamos ainda longe de assentar a poeira da revolução dos anos 60. A progressão dos conhecimentos nas áreas pré-cambrianas (mas não só nelas) é difícil de ser acompanhada, mesmo para especialistas e aficionados. A projeção/repercussão das muitas propostas em pleno e franco lançamento nesta década certamente escapará da mais feliz das previsões.

Se nesta instância do conhecimento a síntese ideal não é plausível, é válido o esforço de procurar retratar e equacio-

nar os fatos, de discriminar os problemas e as tendências em trânsito. Algumas destas tão irresistíveis quanto inimagináveis para "fixistas" e "mobilistas" cinco anos atrás.

Este trabalho foi redigido antes do Congresso Internacional de Moscou (1984), por precaução e de propósito. Ali se poderia aferir se as tendências aqui abordadas irão persistir, e quais aquelas destinadas a soçobrar. A Geotectônica, por definição, é o mais abrangente e carente ramo das Ciências da Terra, e todo dia pode ser sacudida pelos fatos e dados de suas irmãs. E seu ajuste não admite trêguas.

Este ensaio é especialmente dirigido aos aficionados das geociências não diretamente envolvidos com os problemas de terminologia e classificação em Geotectônica. Em caráter de seminário se pretende ordenar a história e a pluralidade de idéias no tema, abrindo espaço para seu equacionamento. Adicionalmente se pretende discorrer sobre as tendências e perspectivas de modelos mais atraentes e irresistíveis no momento.

O autor deseja expressar os melhores agradecimentos ao Prof. Itam Pereira, da Universidade Federal da Paraíba, pelo suporte no tocante aos aspectos da Metodologia Científica.

Aos colegas do Departamento de Geologia Geral do IG-USP, reitero agradecimentos pelas informações, discussões, e principalmente, a convivência estimulante e profícua.

2. HISTÓRICO

2.1. Primeira Etapa: a individualização da Geotectônica. pré - 1850

Numa apreciação sumária, a primeira etapa da história das teorias geotectônicas abrange ciclos dispersos de contribuições remotas, cujo final aproximadamente converge na etapa da própria fecundação da Geologia como ciência, na primeira metade do século passado.

Nicolaus Steno (Niels Steense), em 1669, ao propor os princípios básicos da Estratigrafia, por extensão, evocou a história pré-deformacional dos estratos. E dessa forma teceu os primeiros raciocínios científicos que podem ser postos sob a égide de pesquisa geotectônica. Antes disso, discussões muito vagas, com caráter especulativo, místico e mesmo religioso (ou conjuntamente) parecem cunhar as idéias ou hipóteses ligadas à origem da terra e de suas feições superficiais. Entre gregos, romanos e asiáticos, há vasta crônica, curiosa e polêmica, de raciocínios nesta seara, mas que não podem ser enquadrados numa síntese científica.

Seguindo idéias de Steno, Petter Pallas, em 1777, lançou uma teoria consistente sobre os agentes regionais de deformação e soerguimento de rochas, e ao mesmo tempo lançou os alicerces da Geologia Estrutural (uma das divisões da Geotectônica em seu amplo escopo).

Com Leopoldo Von Buch, em 1824, veio a Geotectônica se tornar praticamente um ramo independente dentro da Geologia. Não só por sua teoria geotectônica ("elevação de crateras"), mas também pela escala de análise dos fenômenos (montanhas, continentes, oceanos), sem que contasse com os subsídios que o geotectonista hoje dispõe.

C.F. Naumann, em 1850, criou o termo "Geotectônica" (Geotektonik = Geo + Tectonike = Terra + Edificação), no seu livro texto em Geognósia, consolidando o conceito posteriormente enriquecido em outras etapas.

De fato, a conjugação Steno-Pallas-Von Buch-Naumann é uma versão simplista desta página primeira da história desta disciplina, pois é difícil separar e reunir coerentemente o caudal esparso de idéias neste contexto, em tempos pretéritos. E mesmo porque a Geotectônica nasceu e tem vivido sob o signo dos debates, no seio das Ciências Geológicas como um todo (Quadro 1).

Os clássicos fundadores da Geologia, do bojo de suas concepções iniciais traziam implícitas teorizações geotectôni-

QUADRO 1 - Principais hipóteses e teorias pretéritas sobre as causas dos movimentos tectono-orogênicos

Predominantemente Verticalistas	Horizontalistas
<p>1a) <i>Eixos Centrais Graníticos</i> - Pallas, 1777 Eixos centrais graníticos ao longo das cadeias de montanhas como agentes ativos de soerguimento e deformação.</p> <p>1b) <i>Crateras de Soerguimento</i> - Hutton; Van Buch, 1824; Struder, 1851 Soerguimento vertical sempre induzido por ação vulcânica / magmática, ao longo das zonas centrais dos orógenos, associado com falhamentos profundos.</p> <p>2) <i>Isostasia</i> - Dutton, 1889; Bertrand, 1900 Parte da premissa que durante o restabelecimento do equilíbrio isostático, surgem esforços tangenciais que dobram os sedimentos acumulados nas bordas oceânicas. O desequilíbrio é acusado por erosão e sedimentação; os continentes, crescem lenta e continuamente, os fundos oceânicos persistem.</p>	<p>1) <i>Compressão Lateral por Magmatismo</i> - Rodgers e Rodgers, 1943 Atribuíram a regularidade do dobramento apalachiano do sul a esforços tangenciais, causada provavelmente por séries contínuas de explosões vulcânicas</p> <p>2) <i>Contração Térmica</i> - Beaumont, 1850; Heim, 1878; Dana, 1875, etc. A crosta terrestre deveria se adaptar sempre ao resfriamento do seu interior. A contração crustal geraria compressão lateral, e com ela os dobramentos e a orogênese. Orogenia a nível mundial. Subsidiou os primeiros estudos de encurtamento crustal.</p> <p>2a) <i>Deslizamento Gravitacional Associada à Contração</i> - Schardt, 1884/1907; Lugeon, 1896/1901 A proposta é a de que o deslocamento gravitacional explicaria o nappismo, suas características e sua dinâmica. A contração da crosta terrestre seria suficiente como causa primária de soerguimento, seguindo-se o aloctonismo pela gravidade.</p> <p>3) <i>Deriva dos Continentes - Sentido Primitivo</i> - Wegener, 1912/1915; Argand, 1916, 1924, etc. A formação dos orógenos resultaria de manifestações de resistência oposta aos blocos continentais - SIAL - na sua derivação sobre o SIMA (subcrosta). A migração seria impulsionada por forças centrífugas, atração planetária, etc. Movimentos horizontais preponderantes, e verticais como consequentes, subordinados.</p>
<p>3) <i>Teoria Radioativa</i> - Daly, 1925/1929 O calor de radiação acumulado em milhões de anos sob a capa granítica continental, funde a camada basáltica subjacente. Este processo abaixa os continentes e cria efusões basálticas por fissuras. A crosta sólida rotaciona por atração planetária sobre o basalto liquefeito. As camadas basálticas resfriam e adensam, soerguendo os continentes, seguindo-se contração e dobramento logo a seguir o ciclo inteiro e repetição.</p>	<p>4a) <i>Correntes de Convecção - Sentido Inicial (Amfere), 1906; Daly, 1926; Holmes, 1927/1928/1944; Vening-Meinesz, 1952, etc.</i> Reune uma série de evidências geológicas, morfoestruturais, geofísicas e experimentais. Correntes de convecção formadas no SIMA, por diferenças de temperaturas, seriam capazes de gerar dobramentos e orógenos nas zonas descendentes (amplos sinclinais) e criar zonas de distensão e magmatismo nas zonas de ascensão, onde resfriam.</p>
<p>4) <i>Oscilação</i> - E. Haarman, 1930 As cadeias de montanhas resultam de uma "tectônica primária" fomentada por grandes bombeamentos de fundo, ou "geotumores" aos flancos dos quais por deslizamento gravitacional se processa a deformação ("tectônica secundária"), nas geo-depressões. Teoria retomada e modificada por Van Bemmelen (1933, 1936, 1955) e V. Belousov (1938, 1947, etc.).</p>	<p>4b) <i>Correntes de Convecção</i> - Holmes, 1965 - Pré-implantação da Tectônica de Placas como Teoria (1968-1973) Holmes reviu e atualizou o problema, avaliando criteriosamente as possibilidades físicas - fontes de energia, viscosidade e densidade no manto, velocidade possíveis, etc. - em consonância com os emergentes dados de estruturação interna, "sea floor spreading" paleomagnetismo, etc. Ratificou a "dignidade da teoria", mesmo que cercada de muitas variedades de hipóteses e problemas, e por isto sujeita a muitas modificações a cada descoberta relevante.</p>
<p>5) <i>Fusãoção</i> - W. Bucher, 1933/1939; V.A.O. Bruchev e M.A. Usov A vida da Terra seria uma série de fases recorrentes de dilatação (diastólicas) e contração (sistólicas), associada com a pulsação do corpo subcrustal do planeta. Na expansão, as partes mais elásticas da crosta eram submetidas à extensão e afinamento (e subsidência geossinclinal). Na contração estas regiões eram dobradas.</p>	
<p>6) <i>Ondulação</i> - ("Undation theory"), R.W. Van Bemmelen Individualização subcrustal de uma massa magmática (asteno-lito) sílica de composição mais leve (d=2,5), com tendência ascensional. Com a ascensão, segue-se uma série de deslizamentos gravitacionais, em categorias diferenciadas pela profundidade: epidermal ("decollement"), dermal, batidermal (escala da crosta), e subcrustal, onde a ação das massas tende a reestabelecer o equilíbrio da tectosfera.</p>	
<p>7) <i>Radiomigração</i> - V. Belousov, 1942/1943 A radioatividade é o fator energético principal dos movimentos verticais da crosta terrestre, e a causa dos dobramentos. A distribuição desigual e mutante de radioatividade dentro da Terra, gera ascensão de material magmático e dissipação do calor, em fases ou pulsos (intrusões graníticas e erupções). Em lugares de mais rápido resfriamento (IGS) o material subcrustal se contrai e a crosta subside. Os IGA são zonas de resfriamento menos rápidos.</p>	

Principais Fontes de Consulta: Aubouin, 1965; Aubouin et al., 1968; Belousov, 1965; Du Toit, 1937; Holmes, 1965; L. Moret, 1967; Masson, 1976; Miyashiro et al., 1982.

cas: James Hutton, 1795 (plutonismo), na Escócia, Abraham Werner, 1749-1815, na Alemanha (netunismo), além de Charles Lyell, 1833, na Inglaterra (atualismo). Os debates e controvérsias entre netunistas x plutonistas ou catastrófitas x atualistas marcaram o final do século XVIII e início do século XIX, e naturalmente envolveram o jovem ramo da Geotectônica nos seus primeiros passos.

2.2. Segunda Etapa: "Escolas" Americana e Européia 1850 - 1900/1910

Na segunda metade do século XIX a Geotectônica, e as teorias mais a elas vinculadas, disseminou raízes e floresceu. Surgem as primeiras escolas de pensamentos divergentes (européia x americana) e os prenúncios do debate (mobilista x fixista) que vingaria e marcaria a etapa subsequente. Também nesta etapa, a escala de Geotectônica cresceu consideravelmente, passando ao nível do globo terrestre (tectônica global ou megatectônica) (Quadro 2).

Leon Elie de Beaumont, em 1852, inaugura esta etapa, com a primeira teoria de Tectônica Global, a teoria da contração, cuja influência no pensamento científico persistiu por muitas décadas, com repercussão velada em alguns modelos de desenvolvimento geotectônico até os nossos dias (entre os "fixistas").

A figura mais importante desta etapa foi Edvard Suess, que de 1875 a 1916, em várias e abrangentes contribuições, que para alguns autores é o divisor natural da história da Geotectônica. Foi o pioneiro em regionalizações geotectônicas a nível continental, lançando contestações alicerçadas em observações pessoais sobre a teoria de contração e, por extensão, à importância dos movimentos verticais (foi o precursor do mobilismo). Na análise do encurtamento crustal em alguns orógenos (como os Alpes) adiantou conceitos da Tectônica Moderna.

Concomitantemente nesta etapa era sementada na Améri-

QUADRO 2 - Teorias de Tectônica Global *

1. A Terra é rígida e está contraindo.
- Teoria de Contração -
Beaumont, Kelvin, etc.
 2. A Terra é rígida e está em expansão.
- Teoria de Expansão -
Hilgenberg, Egyed, Carey, etc.
 - ** 3. A Terra é móvel com os continentes derivando sobre o manto.
- Teoria da Deriva Continental -
Holmes, Du Toit, Runcorn
 - ** 4. A Terra é móvel com o assoalho oceânico se espalhando, provavelmente por causa de convecção no manto.
- Teoria do "sea floor spreading" -
Dietz, Hess, Menard, etc.
 - ** 5. A Terra é móvel com placas rígidas se movendo sobre a astenosfera
- Teoria da Tectônica de Placas -
Wilson, Morgan, Le Pichon, Cox, etc.
- * A escala da geologia global relaciona a terra como uma esfera, e se preocupa com movimentos no manto e no núcleo que controlam os deslocamentos da crosta. A Tectônica Global (megatectônica) enfeixa a tectônica na escala do globo.

** Teorias interdependentes

Obs.: Consoante P. Wyllie, 1971

ca, com J.Hall e J.Dana, o conceito geossinclinal, que proliferou e consignou mais de um século de influência nas ciências geológicas, e especialmente na Geotectônica.

O conceito encampou, com Dana, a teoria da contração de Beuamont, mesmo que depois fosse ponto de partida para várias outras concepções geodinâmicas, ditas "fixistas".

Suess, conhecedor dos trabalhos de Hall e Dana, em várias oportunidades, contestou a noção geossinclinal e sua aplicabilidade. Mesmo aceitando em tese a teoria da contração, professou sua descrença que esta teoria sozinha explicasse vários processos de deformação de sua constatação pessoal. Ao mesmo tempo, foi o primeiro autor a insistir na importância dos maciços preexistentes na morfologia dos orógenos. Em outras palavras, criou o debate do século (mobilistas x fixistas), ao mesmo tempo que desafiava pontos frágeis de ambas correntes de pensamento que passaram a vogar.

O progresso das ciências geológicas foi pontificante, como um todo, nesta etapa. Na trilha aberta por Suess, havia a preocupação de harmonizar geologia estrutural com estratigrafia, e de se fazer sobrepujar a observação regional sobre especulações, ou sobre enfoques locais e singulares. Os trabalhos de geotectônica de Schardt, Heim, Lugeon, Bertrand, entre outros, consolidam uma autêntica escola européia de geotectonistas.

Do outro lado do Atlântico, os trabalhos de Dana, Le Conte (e posteriormente Schuchert, já em 1923), etc. consubstanciam a chamada escola americana de geotectonistas, decisivamente distinta da européia, e visualizando mais o continente americano.

Coube a E.Haug (1898, 1900) introduzir na Europa o conceito de geossinclinal, com algumas conotações distintas e ditas "européias" do conceito. Na posição geológica, paleogeografia, forma, extensão, taxa de subsidência, etc. há flagrantes adaptações européias (o sistema Alpino como protótipo), que fogem do conceito original (padrão Apalachiano), americano.

2.3. Terceira Etapa: fixistas x mobilistas 1900/1910 - 1960

Na etapa pós Suess, a pesquisa geotectônica assistiu (assiste?) um debate prolixo de concepções que animou e enriqueceu consideravelmente os conhecimentos das facções divergentes.

De um lado, a escola fundamentada na concepção dos geossinclinais (e em parte na teoria da contração), cujo traço de união (Europa + América) foi dado por Haug, no alvorecer deste século. Com algumas divergências naturais internas, e mesmo com algumas dissidências que abandonaram a contração como motriz geodinâmica (por outras versões), essa escola foi claramente preponderante nesta etapa. Assim, com vários acentos locais, ou regionais, a chamada escola de modelos e teorias verticalistas ou fixistas ou "geossinclinal" ou "Kober-Stille" floresceu de forma quase inenarrável. No país berço (Hall, Dana, Le Conte, Schuchert, M.Kay), na Europa (Haug, Kober, Stille, Auboin, Belousov, Muratov, Khain, etc.), na Ásia (T.Huang, por exemplo), em vários países do mundo, à sombra desta escola, todas as Ciências da Terra conheceram indiscutível progresso. O vasto acervo bibliográfico construído pode até hoje ser facilmente acessível na maioria dos livros-texto especializados deste século(até 1965, pelo menos)(Quadro 3).

De outro ângulo de observação, ficava uma escola fundada nas suspeições de Suess, acerca da insuficiência da contração e dos processos verticais para explicar algumas observações geotectônicas concretas. A teoria da deriva continental, da lava de F.B.Taylor (1910), A.Wegener (1912) e outros, capitaneada com entusiasmo por E.Argand (1916, 1924) foi a opção assumida. Os estudos dos Alpes (Lugeon, Argand), e da faixa Caledoniana eslava, etc. mostravam evidências irrefutáveis de encurtamento crustal, numa ordem de grandeza que não poderia ser acomodada nos termos de um modelo de contração da crosta. Nestas condições, foi postulado que os movimentos verticais seriam apenas

efeitos derivados dos esforços tangenciais, e que toda deformação na crosta provinha de movimento horizontal dos continentes.

Argand explicou o tectogênese da Eurásia inteira em termos de colisão de continentes. As cadeias ditas marginais (como as americanas) foram explicadas como causadas pela resistência do "sima" ao sulcamento do "sial".

A aceitação da teoria da deriva continental teve muitos adeptos por todo mundo, na Europa (Staub, Calvi, Holmes) na América do Norte (Daly) na África do Sul (Du Toit), mas encontrou resistências empedernidas em maior número. Principalmente, entre os geotectonistas americanos, de forma que esta teoria permaneceu como linha de pensamento secundária, até a recidiva dos anos 60. O mecanismo de movimentação dos continentes ("massas siálicas") era o ponto de convergência das maiores objeções.

Por ironia caprichosa dos caminhos da ciência, foi por intermédio dos cientistas americanos que o mobilismo voltou a resplandecer, após meio século de contestação e de posição secundária em relação do fixismo (escola decisivamente preponderante nesta etapa), ainda que sob novas vestes.

À margem do debate principal desta etapa, outras teorias alternativas surgiram, mas que não lograram realce. Merece destaque Otto Ampferer 1906 que presumiu o "underthrusting" dos antepaíses sob os orógenos, conduzidos por correntes subcrustais, fenômeno designado do "Verschluckung". Esta notável alternativa voltou à tona a partir de 1978, com o reconhecimento de subducção de massas continentais (subducção do tipo A, A de Ampferer), entre outras alternativas atraentes e modernas (Delaminação, tectônica de flacas, etc.).

Também ao longo desta etapa, figuram com destaque os trabalhos de Arthur Holmes (1931, 1944), ligando a teoria da deriva do continente com a de correntes de convecção do manto. Holmes assumiu desde então que as cristas meso-oceânicas corresponderiam às zonas de ascensão das correntes de convecção do manto e que as fossas submarinas e os orógenos eram formadas conse

qüente ao descenso dessas correntes. Da exploração e desenvolvimento posteriores desta assunção advieram razões de sobra para se propor uma nova etapa na evolução da história da geotectônica e das ciências geológicas como um todo.

2.4. Quarta Etapa: a revolução dos anos 60

O advento do conceito de tectônica de placas foi haurido de um consórcio multidisciplinar de contribuições científicas, com dezenas de nomes e entidades de pesquisa envolvidas. Nele se combinam as partes mais satisfatórias de duas teorias de tectônica global, mobilísticas: "crescimento de assoalho oceânico" e a "deriva continental" (Quadros 2 e 3).

Promulgado numa época, de passado recente, onde as descobertas científicas e a sua divulgação desconhecem fronteiras, é difícil apontar nomes (sem omissões importantes) e discriminar fases. E mesmo porque, em décadas precedentes (na dita terceira etapa) já se enquadrinhavam muitos dos trabalhos de vanguarda que subsidiaram, alicerçaram e induziram a esteira avassaladora do conceito com o qual convivemos, e que persiste em progresso.

Os estudos geofísicos e geológicos das bacias oceânicas, em termos de evolução, crescimento e processos de magnetização (Dietz, 1961; Raff e Mason, 1961; Hess, 1962; Vine e Mathews, 1963), consubstanciaram a teoria do "sea floor spreading".

Avanços posteriores do conhecimento foram obtidos no campo de convecção do manto (Menard, 1964, 1965; Brancazio, 1964) e de sua expressão na tectônica e feições da crosta terrestre. Wilson (1965a a 1965b) ao introduzir o conceito de falha transformante, relacionou-o de forma harmoniosa com cristas oceânicas, anomalias paleomagnéticas, e vinculando este contexto ao de deriva continental.

McKenzie e Parker, em 1967, estenderam o conceito de falhas transformantes a uma superfície esférica, e delinearam os

elementos chaves da tectônica de placas. Em definindo os tipos de limites e a mecânica dos movimentos das placas, eles ainda definiram as cristas e fossas como sítios de produção e destruição de placas. Adicionalmente, correlacionaram várias outras evidências geofísicas e geológicas (magmatismo, terremotos, etc.) no conceito proposto.

Morgan, em 1968, formalizou o conceito da tectônica de placas, complementando Mackenzie e Parker, definindo inclusive o mosaico de vinte placas, discutindo seus limites, e o seu relacionamento com diferentes focos de terremotos. Le Pichon, 1968, complementou e refinou o trabalho de Morgan, indicando novas linhas de fraturas, redeterminando polos de rotação, e concluiu, a partir de uma análise global dos movimentos das placas, pela manutenção do volume da terra.

Ainda, em 1968, o trabalho de Isacks, Oliver e Sykes trouxe excelente suporte sismológico ao conceito, relacionando focos intermediários e profundos de terremotos com margens compressivas. Mostraram ainda as componentes horizontais de deslocamentos das placas, deduzidos a partir estudos de sismos.

A partir de 1968, foram se somando cada vez mais, novas evidências paleontológicas, paleoclimáticas, geofísicas, geológicas e geocronológicas (Hurley, 1968) para a teoria da deriva continental e o conceito das placas litosféricas, e estes passaram gradativamente a servir de pano de fundo de modelos em vários campos das Ciências da Terra. Isto não significa que o conceito estancou, posto que continuamente novas contribuições são velozmente incorporadas à nave central.

E a partir de 1968, à guisa de promoção ou de experiência crucial do conceito, apareceram vários modelos para geossinclinais (Mitchell e Reading, 1969; Dewey e Bird, 1970, etc.), orogenias (Dewey e Bird, 1970b; Dewey e Burke, 1973, etc.), magmatismo, metamorfismo, mineralogênese, etc.

Cox, em 1973, se arrogou para formalizar racionalmente todas principais definições, princípios, postulados e teore-

mas da Teoria da Tectônica de Placas, com a retaguarda de um livro texto repleto dos artigos mais relevantes. Na introdução, Cox faz o primeiro balanço histórico da teoria, discriminando os principais vultos e centros de pesquisa, consignando os devidos créditos. Ainda, em 1973, foi lançado o livro de Le Pichon, Francheteau e Bonnin, consolidando os conceitos sobre movimentos e interações entre placas litosféricas, seguido de vários outros em anos subseqüentes.

O conceito de tectônica de placas tem defrontado com excessos, parcialidades, antagonismo, radicalismo a favor e contra, e até mesmo endosso de reflexões serenas. J.T.Wilson considerou-o uma revolução comparável àquela introduzida por Darwin na Biologia.

Ao se analisar, no futuro, as influências e tendências presentes da Geotectônica, poder-se-á reexaminar melhor a repercussão desta revolução no conhecimento geológico.

3. TEORIA E MODELOS NA GEOTECTÔNICA

"Science seeks to reduce the connections discovered to the smallest number of independent elements."

Albert Einstein

A Geotectônica no seu empenho e compromisso de coroar a interpretação geológica é uma disciplina essencialmente dependente de outras. No seu caule tem que se encontrar consensualmente vários campos do conhecimento, e como este conhecimento é caracteristicamente dinâmico, toda teoria (e seus modelos) em Geotectônica tem a predestinação de efêmera.

As teorias geotectônicas, remontam praticamente ao berço das Ciências da Terra, aninhadas na amplitude das interpretações de Steno (século XVII), Hutton e Werner (século XVIII), Lyell, etc. de forma clara ou subreptícia. O trabalho com hipó

teses e teorias e seus modelos têm sido pois um exercício de rotina das Ciências da Terra, com ênfase toda especial no campo da geotectônica (Quadro 1).

Teorias não são meros exercícios de diletantismo científico ou veleidades a serem banidas. A adoção de uma teoria é passo indelével da investigação científica, como degrau da observação do conjunto, sistemática e persistente, na busca de um arranjo coerente de conhecimentos. Os extremos de sacração e exacração (às vezes usuais) é que são condenáveis.

A hipótese é passo de investigação seguinte e inerente à presença de um problema científico. Sobre o teste e experimentação das hipóteses surgem as leis científicas. As teorias são formuladas considerando um amplo elenco de observações sistemáticas, hipóteses e leis científicas compreendendo um contexto que se ajusta dentro de uma determinada perspectiva. Este ajuste numa ordem de fenômenos e observações científicas representa amplo ângulo de visão. Enquanto as leis científicas (realidade experimental) são mais específicas e restritivas, as teorias são mais amplas, tendo primordialmente funções explicativas, inclusive de uma série de leis científicas.

Para melhor expressar uma teoria, em Geociências também se utilizam *modelos*, feições gráficas, matemáticas, analógicas, simbólicas, etc. Em geologia, em diversas situações (geotectônicas, geofísicas, geoquímicas, petrológicas, etc.), modelos têm sido usados com vantagens e desvantagens.

O encadeamento correto desses elos, pela ordem: problemas, hipóteses, leis científicas (experimentais, fatuais), teorias (leis teóricas) e seus modelos, nem sempre aparece clarificado ao longo da leitura dos textos geológicos e geotectônicos. O trato desordenado desses conceitos é lamentavelmente usual em geotectônica, e isto afasta potenciais interessados.

Neste aspecto são muito mencionados as teorias de Tectônica Global e seus modelos, ou sejam, teorias que tratam da tectônica (megatectônica) na escala do globo terrestre (vide Qua

dro 2). O conceito de Tectônica de Placas está afiliado a pelo menos três dessas teorias globais. A teoria geossinclinal, como vimos, teve de partida vínculo muito forte com a teoria da contração (que é também uma teoria global).

Os modelos são representações sistemáticas do conhecimento, dentro da linha de formulações das teorias. À medida que as situações geológicas se tornam mais conhecidas e mais complexas, revisões e aperfeiçoamento nos modelos se fazem necessários, e é enriquecido o acervo nomológico da teoria ensejada. O avanço dos conhecimentos geofísicos tem possibilitado inclusive formulação de modelos matemáticos e analógicos coerentes, de boa reprodutividade de algumas situações geotectônicas especiais.

Na Geotectônica, de forma acentuada, as principais vantagens e desvantagens do modelo se confundem. De um lado, por tentar simplificar as variáveis complexas e dinâmicas da realidade, cujo conhecimento jamais se esgota. Do outro lado, há sempre a ameaça de simplificação comprometedora, e a ineficiência do modelo perante o caráter de pluralidade da natureza.

Além disso, com vicissitude adicional do trato com teorias e seus modelos em Geotectônica, estão implícitas certas subjetividades comuns do comportamento humano; são os resquícios raramente descartáveis de escolas do conhecimento científico, rivalidades político-científicas, o traço da visão humana, a limitação de escala, a impotência perante o fator tempo geológico, entre outros.

A Geotectônica é abrangente e tem como propósito o fechamento da interpretação regional, e é difícil decidir sobre subsídios indispensáveis de quaisquer ramos das Ciências da Terra. E como o conhecimento geológico de uma região nunca se esgota, todos os métodos têm tanto o estigma de construção efêmera quanto a necessidade infável de contínuo aperfeiçoamento. Estes óbices do cotidiano de todos os modelos devem ser encarados de frente, com a intensão de auferir aprimoramento na revisão.

"Uma compreensão dos processos vigentes na crosta da

QUADRO 3 - CONFRONTO DE CARACTERÍSTICAS GERAIS

	ESCOLAS ("TEORIA") GEOSINCLINAL	X	TECTÔNICA DE PLACAS
Predecessores	J.Hall, 1859 (concepção); J.Dana, 1873 (definição inicial) na zona apalachiana dos Estados Unidos.		A idéia mobilista remonta ao início do século, com Wegener e Argand, entre outros. Dietz, 1961; Hess, 1962 ("sea floor spreading"); Wilson, 1965; McKenzie e Parker, 1967; Morgan, 1968; Le Pichon, 1968; Isacks et al., 1968; Sikes et al., 1970, etc. Cox, 1973, consolidou a proposta, definições e postulados essenciais.
Filiações Principais	Escolas americanas (M.Kay), européia (Kober-Stille-Aubouin), euro-asiática (Belousov, Khain e Scheymann, Muratov, etc) ou sino-soviética.		Não característica. Pleno estágio de fluxo e maior circulação de dados. Há uma preponderância de contribuição norte-americana.
Fundamentos Básicos	Retrospectiva paleogeográfica, fundada nas feições fisiográficas, estruturais, lito-estratigráficas. Cunho descritivo. Preocupação essencial sobre <i>como?</i> , mais do que <i>porque?</i>		Integração ordenada dos dados geológicos, geofísicos (geocronológicos, sísmológicos, paleomagnéticos), geoquímicos e petrológicos, em consonância com a estruturação de todo o planeta. Cunho explicativo. Preocupação maior com <i>porque?</i> e <i>onde?</i>
Propulsão Geodinâmica	Alicerçada inicialmente com a teoria da contração, depois negligenciada por uns (Aubouin, Kay) ou substituído por várias outras, ditas verticalistas.		Correntes de convecção, na astenosfera ou na zona de baixa velocidade, como matriz de dissipação do calor do interior da Terra.
Agentes Tecto-Orogenéticos	Essencialmente, ou sempre de forma destacada, movimentos verticais, oscilatórios. Muitos autores consideram os movimentos tangenciais secundários.		Margens das placas litosféricas, em colisão, subducção e transformação (conservativa). Concepção mobilista, esforços tangenciais sobremaneira.
Aplicabilidade	Inicialmente aplicada aos orógenos fanerozóicos onde foi moldada. Com adaptações foi aplicada aos orógenos proterozóicos, e mesmo, em algumas áreas arqueanas. Aplicação facilitada pelo compromisso maior com feições externas, descritivas.		Aplicação sem problemas aos orógenos do fanerozóico e do Proterozóico Superior. Na faixa de tempo pré-Proterozóico Superior a aplicação ainda é pouco compreendida e controversa. Ainda assim, alguns autores mais arrojados a tem aplicado, com ressalvas, até os primórdios da Terra.
Desdobramentos do Conceito	Sulcos ou faixas geossinclinais (simples; sistemas geossinclinais (pares, conjuntos); regiões geossinclinais (sistemas separados por maciços medianos); cinturão geossinclinal ou "folded belt" ou plataformas jovens (regiões policíclicas entre dois cratons). Sulcos tardios, pós geossinclinais (ante, intra, além fossa). Geossinclinais dentro do craton (parageossinclinais). Desenvolveu uma terminologia de valor inestimável, para os diversos tipos de organização - orogenética ou paleogeográfica - e para outros tipos estruturais do interior do craton ou afins aos núcleos cratônicos.		À medida que as frentes do conhecimento prosseguem, o conceito vai deixando o fundo dos oceanos (onde nasceu) e os orógenos fanerozóicos vinculados as margens continentais, em demanda do interior dos escudos e de tempos geológicos mais remotos. Composições de complexos modelos de acreção, colisão e transformação são reconhecidos, novos aspectos dos eventos de subducção vão sendo descobertos (A subducção), associada ou não com processos importantes de desmembramentos (delaminação) da litosfera. A teoria se enriquece dia a dia, ganha novos adeptos, expugnando novos tipos de terrenos e situações geológicas.

QUADRO 3 - conclusão

Principais Restrições	<p>a) Dualidade de conceitos, paleogeográfico e orogenético. (fisiográfico)</p> <p>b) Vinculação ao fixismo, sem compromisso preciso de causa, e a tectônica vertical ou oscilatória.</p> <p>c) Descrição/concepção inadequada para nappismo, ofiolitos, terremotos, geoquímica dos magmas, polaridade metamórfica e estrutural, etc.</p> <p>d) Conexão irrealista/pouco consistente com a estruturação interna da terra.</p> <p>e) Na falta de compromissos de causa, maleabilidade na aplicação. Um tipo novo para cada feição/unidade nova identificada.</p> <p>f) Aplicação dificultada ou precária nas áreas vestigiais, onde as supracrustais foram erodidas.</p> <p>g) Terminologia extremamente profusa, a partir da raiz geossinclinal, prefixos e sufixos.</p> <p>h) Modelo relativamente estático, diante de uma realidade dinâmica, ao longo da evolução da terra e seus tipos crustais tão distintos, da migração continental, etc.</p> <p>i) Tem se distanciado ou ficado à margem do progresso dos conhecimentos nos diversos ramos da ciências geofísicas, geológicas e geoquímicas, nas duas últimas décadas.</p>	<p>a) Conexão excessiva com esforços tangenciais, in terração de margens de placas, colhidas na observação do atual quadro fisio-tectônico.</p> <p>b) Feições, eventos, fenômenos e construções de interior das placas - sedimentares, magmáticas, metamórficas, raturais - tem foco secundário no conceito, explicações controvertidas ou ainda embrionárias.</p> <p>c) Tem dificuldade de explicar recorrência de alongada de alguns eventos e fenômenos geológicos: ação e magmatismo em geofaturas, policlismo, sobreposições tectono-orogenéticas e tectono-termiais, etc.</p> <p>d) Geralmente postulada e defendida de forma passional, negligenciando o conhecimento armazenado e estruturado em outras linhas de pensamento (principalmente da linha geossinclinal). As vezes postulada contrariando a evolução irreversível da Terra - por apego ao atualismo.</p> <p>e) Dificuldades crescentes de aplicação antes do Proterozóico Superior. Dados paleomagnéticos não são condizentes com movimentos horizontais de vulto no Proterozóico Médio.</p> <p>f) Distribuição dos eventos tectono-magnéticos pré-cambrianos (200-300 m.a.) num espaço de tempo bem mais amplos do que o da criação dos atuais oceanos, deveria ser esperadas velocidades maiores em função do fluxo térmico.</p> <p>g) As principais assuncões sobre o funcionamento do interior da terra - correntes de convecção, composição geoquímica, derivação de magmas, descontinuidades, etc. que embasam a tectônica de placas apresentam várias deficiências de conhecimento e mesmo algumas alternativas paradoxais (vide Anderson, 1984).</p>
Principais Méritos	<p>Mérito considerável ao alicerçar toda a evolução das ciências da terra como um todo, ao longo de mais de um século (1859-1865). Na sua simplicidade, foi sempre uma teoria atraente, facilitando os ensaios de síntese. Na regionalização geotectônica de áreas pré-cambrianas, es cudas e tecto-orogenéticas, a terminologia que lhe é filiada é rica, e insuplantável ainda.</p> <p>Discorrer sobre os incontáveis méritos da Tectônica de Placas é tarefa difícil. Trata-se de conciliação de teorias, de caráter global (vide quadro 2), firmemente ancoradas, em leis científicas e fatos de observação corrente. Por isto e por seu respeito à estrutura interna e externa da Terra, e a evolução desta como planeta, traz a Geotectônica para convívio mais próximo e sereno das ciências exatas.</p>	
Tentativas de Conciliação dos Conceitos	<p>a) R. Dietz; R. Dietz e J. Holden - Várias tentativas de 1963 e 1973. Identificação de Miogeossinclinais com Margem Atlântica e Eugeossinclinais com Sopé e Cristas Meso-Oceânicas.</p> <p>b) K.A. Crook, 1969 - Identificou geossinclinais Atlântico (tipo Aubouin) e Pacífico (Circum-Pacífico).</p> <p>c) A. Mitchell e H.G. Reading - Abriram uma série de equivalências entre feições superficiais do Fanerozóico e tipos geossinclinais, Atlântico, Andino, Arco de Ilhas, Mar do Japão (Bacia Marginal), Mediterrâneo. Analisaram ainda várias possibilidades de evolução, com transformação de um tipo para outro.</p> <p>d) J. Dewey e J. Bird, 1970a e 1970b - Os mais divulgados trabalhos sobre classificação de geossinclinais e orógenos sob o conceito da Tectônica de Placas.</p> <p style="margin-left: 20px;">i) classificação geossinclinal fundamentada na de M. Kay (vide quadro).</p> <p style="margin-left: 20px;">ii) classificação de orógenos de acordo com o tipo de interação das placas (vide quadro 5).</p> <p>e) W. Dickinson, 1971, 1974 - Aperfeiçoou os trabalhos de Dewey e Bird e Mitchell e Reading no tocante aos sítios geossinclinais (margem e interior das placas), considerando os diversos sub-ambientes e estágios evolutivos de cada (desde início, meio e fim) ao curso da dinâmica das placas. No trabalho de 1974 praticamente descartou a nomenclatura geossinclinal.</p>	

Conclusão: As tentativas de conciliação se esvaíram cedo, e não suplantam com suficiência as discrepâncias de ponto de partida dos conceitos. Com certo artificialismo, às vezes, complexam mais ainda o prolífico acervo terminológico.

Terra é impossível sem o conhecimento das propriedades físicas e químicas dos materiais que compõem a profundidade deste planeta. Nós não possuímos este conhecimento ..." "A construção de qualquer teoria defronta problemas para os quais mesmo soluções aproximadas não estão ainda em vista." (V. Belousov, 1965, p.739).

Estas observações e comentários se fazem necessários, posto que o criticismo exarcebado de alguns analistas parece desconhecer estas premissas da investigação científica. No exercício da geotectônica se tem constatado desde contestação tendenciosa a extremos de ironização. A paixão ou o desconhecimento primário dos trâmites da investigação científica tem comandado tais extremos.

A objeção, mesmo veemente, quando fundamentada é considerada salutar e imprescindível para o aprimoramento do modelo, ou da teoria, o encaminhamento correto destas objeções deve ser norma, tanto quanto recebê-las sem prevenção deve ser rotina no procedimento científico.

Percalços a parte, as hipóteses, teorias e modelos são inerentes da marcha da investigação científica. A repetição das observações em cenários geotectônicos afins, o exame criterioso das objeções formuladas, a procura contínua de refinamento de modelo, o cuidado com simplificações e extrapolações irrealísticas, etc. são exigências e condimentos naturais do processo. Afinal, "quem recusa escolher uma hipótese por guia deve resignar-se a tomar o acaso por mestre" (Le Bon).

A experiência mostra que todas as teorias geotectônicas, superadas, antigas ou ditas "fora de moda" constituíram a seu tempo e modo como embasamento profícuo para o progresso de conhecimento científico, em vários outros ramos das geociências. A observação desapassionada mostra também nas "teorias da moda" algumas imperfeições (simplificações, extrapolações) não muito diferentes em peso, daquelas hoje abomináveis nas teorias antigas. Inclusive, algumas vezes o conhecimento científico propriamente dito é substituído pelo filosófico ou pela crença ina

balável, dogmática, nas teorias modernas, apesar de fatos geológicos concretos em sentido distinto.

4. O DEBATE DO SÉCULO

Ao longo do capítulo do Histórico pode-se verificar que, em mais da metade deste século, prevaleceram os conceitos filiados à teoria geossinclinal, em suas linhas européia, euroasiática, e americana, as primeiras suplantando a última, em termos de divulgação e aceitação. Estas predominâncias abrangiam do sítio paleogeográfico à construção orogênica, e além disso, até porções estáveis da crosta continental.

O advento da conceito de Tectônica de Placas, principalmente (mas não exclusivamente) no seio dos cientistas norte-americanos, resgatou o pensamento mobilista, e a teoria da deriva continental. Apesar de umas primeiras tentativas de conciliação, entre o novo conceito e a escola geossinclinal (vide Quadro 3), instalou-se e sobreveio de forma avassaladora uma polêmica, sem precedentes na história da Ciência da Terra, e talvez sem sucedâneos.

De um lado os "fixistas" (Teoria Geossinclinal) e do outro os mobilistas (Teoria do "Sea Floor Spreading" e das Placas Litosféricas), mediante a óptica destes últimos, estando já incluso certo caráter pejorativo à designação. O antagonismo foi além da salutar disputa científica e recebeu reflexos a própria política internacional, fomentando paixões exarcebadas de alguns, de um lado (Dewey e Bird, 1971, 1973; Burke e Dewey, 1971; Wilson, 1965) e de outro (Belousov, 1968; Meyerhoff, 1970, etc.). As farpas desta rivalidade e destas radicalizações partiam inclusive de geocientistas de fora dos países ("hallucinosuturas", Shackleton, 1976) sedes do confronto central.

Por muito tempo, a retórica do debate, na verdade obscureceu a possibilidade de qualquer entendimento, e suplantou

as tentativas conciliatórias e mesmo o reconhecimento mútuo de méritos. Os respingos dessa dissenção atingiram/repercutiram a tê em países usualmente importadores de modelos, como é o caso do Brasil.

No Quadro 4, tentativamente se resume as principais classificações da linha fixista, ficando claro um bom ajuste ge ral nos autores clássicos, persistindo distintos alguns detalhes e enfoques secundários.

No Quadro 3, igualmente há uma tentativa de síntese dos principais pontos de divergência dos conceitos, entre outros aspectos, inclusive quanto às restrições e méritos e as tentati vas (não coroadas de êxito) de conciliação.

É válido insistir que ambos os conceitos são vulneráveis em algumas de suas assunções básicas, e a afinidade por es te ou aquele paradigma deve ser suficientemente sóbria para não contemporizar com estas imperfeições mantidas em paralelo. Ambos são conceitos pautados em desenvolvimentos fanerozóicos e a lêm disso são caracterizados pela marca da observação parcial de áreas/regiões, ou de segmentos da crosta.

O estado de beligerância entre as facções rivais do co nhhecimento atingiu seu ápice no final da década de 1960, e foi aguçada com cartas abertas, réplicas, tréplicas, de parte a par te. Este açodamento de consciências talvez tenha sido benéfico para a Geotectônica como um todo, pois reverberou de uma forma ou de outra e evocou posições de praticamente todos os geocientistas. Ainda não há uma serenidade de ânimos suficiente para se julgar os frutos desta polêmica, que não precisava ter sido tão ridicalizada, como será discutido.

O *fixismo*, intrinsicamente falando, tende a desaparecer. Ou seja, raciocínios ortodoxos em termos de predominância absoluta de movimentos verticais estão cada vez mais isolados e obsoletos. Alguns dos mais brilhantes porta-vozes da constelação fixista clássica (Khain, 1974; Markov et al., 1974; Auboin, 1980, etc.) já reconheceram a força maior de conceitos distin-

QUADRO 4 - Principais esquemas de classificação de geossinclinais e estruturas associadas da Escola "Fixista" (ou Köber-Sille)

	M. Kay, 1947-1951	Aubouin, 1962-1965	Belousov, 1965	Khan e Scheynmann, 1962	
Ortogeossinclinais	Ortogeossinclinais	Par Ortogeossinclinal		Sulco Geossinclinal	
Miogeossinclinal	Miogeossinclinal	Sulco Miogeossinclinal	Intrageossinclinais (IGS)	Sistema Geossinclinal	Diversos tipos de zonas e arranjos de desenvolvimentos geossinclinais, na visão dos diversos nomencladores.
Eugeossinclinal	Eugeossinclinal	Sulco Eugeossinclinal		Região Geossinclinal	
				Geossinclinal Belt ou "Folded Belt"-político	
Parageossinclinais	Parageossinclinais	Sulcos Intracratônicos	Parageossinclinal	Parageossinclinal/ Meta geossinclinal	Estruturas afins dos geossinclinais, bacias sedimentares, no interior das plataformas.
	Delta ou Exógeos Autogeossincl. Zeugeossincl.	Sulco Intracratônico	Sinécise		
		Bacia Fossas			
Edge Basins (Saumsenken)	Geoss. dos Ciclos Tardios	Sulcos Tardi-Geossinclinais	Epieugeossinclinal	Geossinclinais Herdados	Zonas de desenvolvimento (subsidência e sedimentação tardias) marginais ou interiores ao domínio geossinclinal.
	Epieugeossinclinais	Antefossa	Antefossa	Reativados	
	Tafrogeossinclinais	Intrafossa	Bacia Intermontanhã	Residuais	
	Paraliageossinclinais	Almofossa	Depressão Interior	Superimpostos	
Geoanticlinais		Ruga Miogeossinclinal	Intraegeoanticlinais	Zonas Geoanticlinais	Diversos tipos de "altos" primários ou secundários do interior dos geossinclinais, ao longo de seus estágios / fases evolutivas.
		Ruga Eugeoanticlinal	Estáveis	Herdados (não invertidos)	
			Invertidos	Invertidos (recém-formado)	
			Zonas de Inversão:	Cordilleras	
			Central "Uplift"		
			Marginal "Uplift"		
			(subgeoanticlinais)		
Hochkraton	Hidrocraton	(Areal) Craton Continental	Plataforma	Plataforma Paraplataforma	Estruturas plataformais, zonas estáveis (extra-geossinclinais)
Tiefenkraton		(Areal) Craton Oceânico			
Zwischengebirge		"Hinterland" Intermediário = ZAI	(Geoanticlinal Estável)	Maciços Medianos	Frações de embasamento intermediários aos desenvolvimentos geossinclinais.
		Antepaís Intermediário = ZAI		19, 29 e 39 tipos	
S. heitlung Zone		"Warben Zone"		1.ilhas Profundas	Grandes suturas entre/ condicionando estruturas geossinclinais.

tos daqueles que defendiam. Mesmo desaparecido a ortodoxia do conceito, vai se conviver por muito tempo uma escola de classificação e nomenclatura, de inegável qualidade, e certas heranças dos antagonismos e objeções a ela impostos.

Os modelos mobilistas persistirão em paralelo, não como panacéia para todos os problemas geotectônicos, mas certamente tendem a preponderar. Estes modelos deverão se aprimorar gradativamente, encarando alguns dos renitentes trunfos dos fixistas (ainda intocáveis), plantando novas opções, principalmente para o interior das áreas continentais, e para trás no tempo geológico.

Ainda no Quadro 3 se esquematizou méritos destas escolas de pensamento geotectônico. Embora alguns julguem que a presença de uma deve excluir a outra, este não é fato que se presencia no momento, fora de zonas orogênicas fanerozóicas.

a) No trato com os terrenos pré-cambrianos e suas coberturas, a regionalização geotectônica filiada à escola geosinclinal dispõe de considerável acervo nomenclador, descritivo, sem compromissos maiores de causa. Mas, bastante lógico, inteligível, e sem substitutivos (ainda) na escola concorrente; algumas essenciais feições dos terrenos proterozóicos (reativações tectono-magmáticas, rejuvenescimento termal e isotópico, coberturas dobradas, maciços interiores, etc.) estão suficientemente bem cercados e acolhidos pela nomenclatura dita fixista, ainda que sem os requisitos habituais (como?, por que?) de gênese e causa.

Este é o caso de quando se descrevem plataformas de dimensões continentais, como no caso do Brasil e da África, etc., e onde as escalas de reconhecimento prevalecem, a classificação e a nomenclatura da escola "fixista" constituem dispositivo único disponível, salvo exceções muito localizadas. Por esta razão, no Brasil a nomenclatura "fixista" facilmente se alastrou e é predominante, ainda hoje.

Deve ser considerada ainda a aplicabilidade destes con

ceitos, com adaptações, aos principais orógenos fanerozóicos, lineares (alpinótipo) e em mosaico (hercinótipos), e que foram suas localidades berços.

Não é pois sem algumas boas qualidades inatas e substanciais que esta teoria pode atravessar mais de um século de existência, e abrigando adicionalmente o desenvolvimento das muitas disciplinas da Geologia.

Uma análise crítica, à parte da disputa científica existente, precisa observar que a teoria geossinclinal nasceu em orógenos fanerozóicos (10% da superfície da Terra) e foi estendida às áreas continentais, tendo sido até certo ponto "negligente" ou simplista no trato com áreas oceânicas (mais de 60% da superfície terrestre). Os compromissos descritivos e dedutivos e sua afeição maior para o lado das ciências naturais, sem um suporte a altura no conhecimento físico e químico da litosfera, tornam esta escola como um todo mais vulnerável. Facilmente ela é atacável em alguns pontos, indefensável em outros. Até porque, realmente é mais fácil repudiá-la, e faz parte da moda, do que conhecê-la em plenitude.

b) Discorrer sobre os méritos da Tectônica de Placas e suas implicações para todos os aspectos da Geologia e seu caráter revolucionário, é tarefa para um ou mais livros (Wyllie, 1971). Este conceito veio coordenar de forma coerente e irresistível, com uma bagagem vasta de leis científicas, a maioria das questões geológicas pertinentes a diversas situações geotectônicas conhecidas. Considerando sempre a estratificação física e dinâmica do interior do planeta, e procurando sempre respaldo científico concreto (físico, físico-químico, petrológico, etc.), ou comprovável, este conceito procura trazer a Geotectônica para mais próximo das ciências exatas.

Por todo amplo suporte no conhecimento científico multidisciplinar e seu reiterado compromisso de vincular feições tectônicas a causas litosféricas ou sublitosféricas comprováveis, pode-se firmar a impressão da intocabilidade deste concei

to. Mesmo hoje, no recente, há várias assunções muito discutíveis, ainda que cientificamente bem formuladas. Por exemplo (vide Anderson, 1984), há questões primárias sobre convecção no manto, sobre sítios de subducção, zona de baixa velocidade, caminamento polar, estratificação das placas e do manto etc.

É válido argumentar ainda que o conceito de tectônica de placas teve como mola propulsora o estudo das áreas oceânicas (mais de 60% da superfície terrestre), que apesar de sua grande extensão geográfica, correspondem a uma feição tardia da evolução do nosso planeta (250 m.a.). Ou seja, uma construção consumada apenas nos últimos 5,5% do tempo geológico, no remate de uma longa história.

Do ponto de vista mais fático, a crítica mais corrente a este modelo, é a sua dificuldade crescente ao se remontar no tempo geológico e quando se consideram orógenos vestigiais ou áreas cratogênicas, remobilizadas ou não. Gradativamente estes problemas vêm sendo atacados, como o maior enriquecimento dos dados geológicos e geofísicos, e consoante os desdobramentos e adaptações dos já chamados modelos clássicos. Estas críticas mais correntes, na realidade, falam sem conhecimento de causa (como será visto), pois a busca para adequação gradativa dos modelos é notória e com ela perde sentido cada vez mais o fosso entre "mobilistas" e "fixistas" s.l.

Dentro do contexto de Tectônica de Placas não se admite mais modelos ao sabor da especulação, pois para a criatividade de certas mentes não há situações geotectônicas, no tempo e no espaço, que não possam ser facilmente ajustáveis aos modelos correntes. Um certo ceticismo é necessário e é compromisso do conceito que uma modelagem comprovada/comprovável deve ser o único estímulo e condição para novos avanços.

4.1. Sítios geossinclinais e o conceito de tectônica de placas

Ao longo da dissensão dos conceitos fixistas x mobi-

listas, várias tentativas foram encetadas para unir sob um mesmo prisma os sítios geossinclinais clássicos e os cenários tectônicos atuais, conhecidos, circunstanciados pela interação de placas litosféricas. Dietz e Holden (1963, 1973), Drake (1966), Drake et al. (1968), Crook (1969), entre outros, estabeleceram várias semelhanças e paralelos. Estes progressos foram incorporados por Mitchell e Reading, 1969, que estabeleceram geossinclinais dos tipos: Atlântico (margens passivas), Andino (arco magmático e fossa), Arco da Ilha (arco vulcânico e fossa), Mar do Japão (bacia marginal), Mediterrâneo (áreas oceânicas remanescentes), e tipos intermediários entre um estágio evolutivo e outro.

No trabalho de Mitchell e Reading, o geossinclinal foi analisado por todos seus caracteres paleogeográficos e orogênicos, e os diversos tipos foram considerados como instâncias de evolução. As transformações de um tipo (por exemplo, Atlântico em Andino, Andino para Mediterrâneo, etc.) seriam responsáveis pelos mais diversos modelos de orógenos conhecidos hoje. Tipos de justaposição complexas, e os mais comuns, poderiam ser desdobrados em termos dos 5 tipos/estágios primários propostos. Além disso, as seqüenciações sedimentares e magmáticas dos geossinclinais clássicos foram coerentemente analisadas em termos das seqüenciações hoje conhecidas nas ambiências das placas.

J. Dewey e J. Bird, em 1970 (preexistem outros textos de Dewey), na mesma linha dos autores anteriores, apresentaram dois trabalhos inexcusáveis, um sobre a conotação paleogeográfica (geossinclinais p.d.) e outro sobre a classificação das orogênias, à luz do conceito de placas.

Estes trabalhos entraram no rol dos clássicos da Geotectônica, e são realmente valiosos, embora tenham enfeixado uma visão americana (Marshall Kay) dos geossinclinais, e uma visão limitada dos orógenos fanerozóicos. Estes conceitos prevaleceram, com diversas emendas e ampliações posteriores, dos seus autores e mesmo de vários adesistas (Quadro 5, Figuras 1 e 2).

QUADRO 5 - Os geossinclinais perante o conceito da tectônica de placas - classificação de M.Kay, 1945/1947 na visão de Dewey e Bird, 1970a.

MACROTECTÔNICA		TERMINOLOGIA		OBSERVAÇÕES		
Continente		Autogeossinclinal		Interior do Continente		
Plataforma Continental		Epieugeossinclinal		- Grabens/Sulcos de distensão, rifts iniciais.	M A R G E M	
		Miogeossinclinal		- Sulco sobrejacente à margem continental.		
		Miogeoclinal		- Litossoma tabular da margem continental.		
Talude e Sopé Continental		E U G E O S S I N C L I N A L	Epieugeossinclinal		- Como acima, crosta intermediária = tafrogeossinclinal.	A T L Â N T I C A
			Paraliageossinclinal		- Turbiditos, sopé continental Deltas.	
			Leptogeossinclinal		- Cristas estagnadas e Planícies Abissais."Seamounts".	
Oceano em expansão		E U G E O S S I N C L I N A L	Kinegeoclinal		Complexo de sulcos entre o continente e o arco.	M A R G E M
Orógeno Ortotectônico			Exogeossinclinal		Sulco tardio sobre antiga margem continental.	
			Zeugeossinclinal		Fossa no interior do orógeno, intrafossa.	
Pequenas Bacias Oceânicas, estáticas e/ou em contração		E U C L O S S I N C L I N A L	Idiogeossinclinal		Pequenas bacias oceânicas entre arcos, e entre arco e continente.	Litosf. O C E Â N I C A x O C E Â N I C A
Orógeno Ortotectônico			Arco de ilha		Orógeno vulcano-sedimentar, ensimático.	
Oceano em contração			Fossa Oceânica		Sítio de Consumação.	
			Leptogeossinclinal		Planície abissal, "ridges", "seamount".	
Desenvolvimento de Orógeno Paratectônica		Pequena Bacia Oceânica		Resto de fundo oceânico em consumo, uni ou bilateralmente.		
		Exogeossinclinal		Sulco externo no antepaís, crosta continental, flysch e molassa.		

Obs.: Há adaptações/visões anteriores - Mitchell e Reading 1969; Dewey, 1969; Dietz e Holden, 1966, por exemplo - absorvidas plenamente por Dewey e Bird, 1970. Há classificações outras, posteriores - Dickinson, 1971; Dietz e Holden, 1973, etc. - suficientemente cobertos neste ensaio comparativo anterior, e que é o mais divulgado.

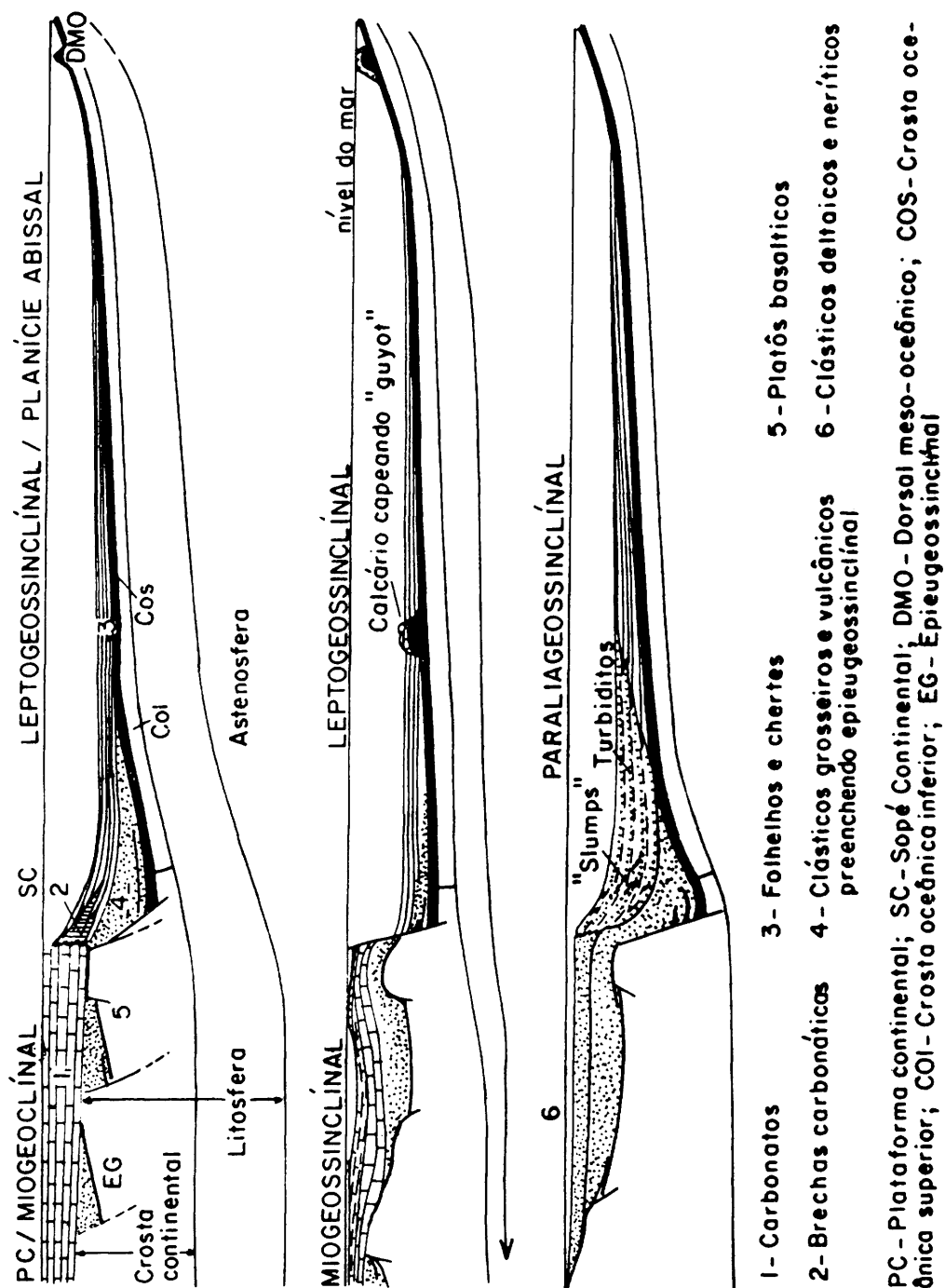


Fig. 1 - Os geossinclinais nas margens continentais passivas (segundo Dewey e Bird, 1970a. Quadro 5).

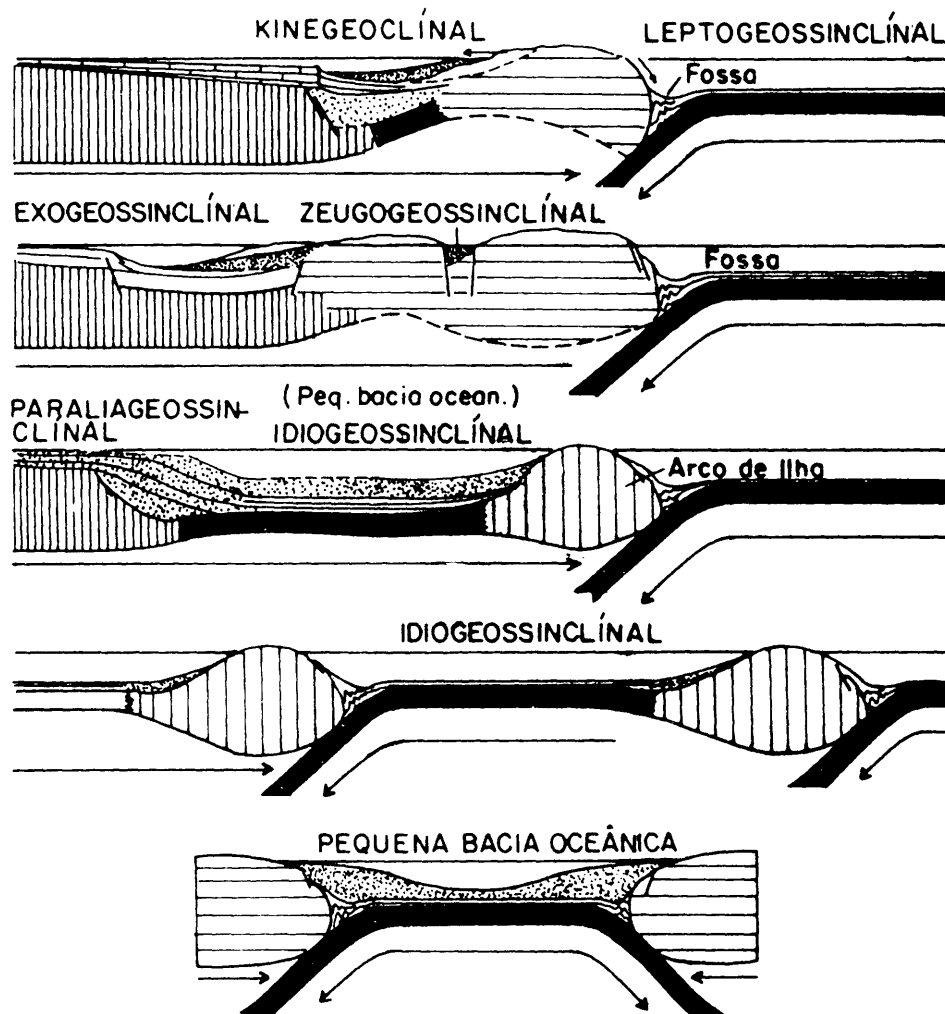


Fig. 2 - Os geossinclinais nas margens continentais ativas (segundo Dewey e Bird, 1970a. Quadro 5).

A classificação do Quadro 5 obedece a natureza da crosta, a posição da placa, os tipos de vulcanismo e sedimentação. É uma classificação de méritos, clara, com restrições nos exemplos propostos (quase todos modernos) e no apego à uma nomenclatura sutil e repetitiva (sobretudo de M. Kay).

W. Dickinson, em 1971, propôs a identificação dos sítios geossinclinais e suas assembléias em termos de tectônica de placas, como base para a interpretação das faixas orogênicas em termos de nova tectônica global. Fez a identificação criteriosa dos ambientes tectônicos de margens e interiores de placas (continentais e oceânicas) e os aludiu aos termos clássicos da família geossinclinal.

Em trabalho posterior e mais detalhado (1974), Dickinson apresentou uma classificação dos sítios posicionais ligados ao interior das placas (Bacias Oceânicas, Bacias Intracontinentais), margens rifteadas, sistemas de arcos e fossas e zonas de colisão. Esta classificação leva em conta estágios evolutivos destes sítios, e já veio descartando a maioria dos termos da raiz "geossinclinal".

Esta parece a tendência das classificações mais modernas (vide Bally e Snelson, 1980), desde então. Os termos "geossinclinais" se irradiaram a partir de uma raiz e de uma conceituação primariamente distinta daquela da tectônica de placas. Apesar da verossimilhança de algumas situações tectônicas como algumas já apontadas, a separação de caminhos e nomenclaturas parece mais sensata e menos causadora de problemas.

4.2. Teoria geossinclinal e orogenia

Uma das críticas mais freqüentes à nomenclatura geossinclinal é a sua ambigüidade, descrevendo feições paleogeográficas e orogenéticas. Nas subdivisões clássicas das diferentes escolas (Quadro 4) estão também implícitas conotações hauridas no panorama geológico final do desenvolvimento.

Na escola européia ocidental, merece destaque, a observação de Zwart sobre a dualidade dos sistemas orogênicos, consoante características distintas ao longo de diversas fases da evolução, da implantação ao soerguimento. Embora tenham sido moldados em exemplos europeus, o reconhecimento de orógenos alpinóticos e hercinóticos constituiu um passo importante (mesmo que descritivo) de classificação e análise em várias outras regiões fanerozóicas e proterozóicas do mundo, inclusive, ainda hoje, o reconhecimento de orógenos hercinóticos constitui a um só tempo uma realidade de um desafio aos modelos de desenvolvimento da Tectônica de Placas (Quadro 6).

Na escola euro-asiática, pela sua vivência maior, com amplas e complexas regiões orogenéticas, sempre houve certa preocupação (desde trabalhos remotos de Arkhangel'sky e Schatskiy) de sistematizar/ordenar por categoria os diferentes espaços tecto-orogênicos.

Assim a ordenação sulco (faixa) e zonas geoanticlinalis (1º), sistemas (2º), regiões (3º) e "Belt" ou "Folded Belt" (ou plataforma jovens) (4º), ao lado de outras bacias tardias, corresponde a uma hierarquização das observações em diferentes contextos orogenéticos. Os "Folded Belts" (como vertido para inglês) são limitados por velhas plataformas, e formados ao longo de vários ciclos tectônicos (ou um megaciclo) compreendendo diversas regiões, sistemas e sulcos (ou faixas), etc. O agregado de caledonides, hercenídes e alpinides da Europa ou da Ásia Central, por exemplo.

Esta sistematização é seguida aproximadamente pela maioria dos tectonistas soviéticos (Muratov, Khain e Sheynmann, Belousov, Zonenshayn, etc.) mais divulgados no ocidente. Ela vem coalizar-se a muitas observações de Zwart, e das associações variadas de pares eu-miogeossinclinais convergentes e divergentes de Aubouim. Ou seja, reconheceu a complexidade natural dos sistemas orogenéticos, em forma, arranjo, composição e idade, contando com presença usual de remanescentes do embasamento ("maci

QUADRO 6 - A dualidade dos cinturões orogênicos - visão preliminar de H.J.Zwart, 1967.

	HERCINÓTIPOS	ALPINÓTIPOS*
Forma	Amplas, largas, em mosaico. Dimensões de 1500 x 2000 km.	Alongadas, estreitas e sinuosas.
Zonação	Franca zonação regional, paleogeográfica, tectônica. Ex posição de altos do embasamento. Zonas "eu" e "mio" raras.	Complexa. Presença de ofiolitos destaca zonas eugeo-sinclinais. Miogeossinclinais calcários. Zonação local é melhor.
Sedimentos	Faciologicamente variados. Bacias rasas vulcano-sedimentares.	Predomínio de seqüências vulcano-sedimentares.
Metamorfismo	Plurifacial, de baixa pressão. Temperatura (cordierita) é o fator mais importante. Gradientes de 60° e 200°C/km.	Metamorfismo de alta pressão frequente, de xisto azul a xisto verde. Glaucófana, Na-Piroxênio, lawsonita como índices.
Magnetismo	Migmatitos e graníticas frequentes. Granitos como resultado de metamorfismo regional. Poucas ocorrências de ultramáficas e ofiolitos.	Poucos granitos. Migmatitos raros/duvidosos. Ofiolitos característicos, ultrabásicas abundantes.
Dobramento	Extensivo em amplas áreas. Nappismo raro ou ausente.	Linear, intenso. Nappismo e estruturas associadas. Discutível ou ausente.
Retrabalhamento	Muito retrabalhamento de rochas do embasamento, a diferentes níveis.	
Soerguimento	Pequeno e lento (1 mm/10 a 25 anos). Molassas discretas.	Amplo e rápido (até 1 mm/ano). Molassas abundantes.
Mineralizações	Pb e Zn em calcários. Sn, W, As, Cu, U etc. em granitos (granitófilos).	Pb-Zn em calcários, Cr-Cu em ofiolitos, Fe-Mn em sedimentos, Cu-pórfiros.
Exemplos	Europa Central, Ásia Central, Sueco-Fennides/Karelíana (Borhoréna, Manriqueira).	Alpes Mediterrâneos, Partes do Circumpacífico (Sambagaia tipo), Belomorides.

* Vide Quadro 7 para comparação com classificações mais modernas.

ços interiores", "medianos", basement inliers", etc.) diferentemente retrabalhados.

Fora da escala regional, este reconhecimento da falência do simplismo definido por "eu" e "miogeossinclinais" na análise dos orógenos teve muitos desdobramentos, e observações associadas. Zwart (1967, p.296) e Bukharin e Pyatkov (1973), entre outros, foram extremamente drásticos nesta análise crítica. Bukharin e Pyatkov (1973) reiteraram a necessidade de se redefinir estes dois termos e suas subdivisões menores bem como a necessidade de aceitar estruturas intermediárias e distintas. Após fazer uma revisão no problema e nas terminologias já propostas para cobrir estas estruturas ("demieu", "lepto", "crypto", "hemi", "eumio", "shale geosynclines", etc.), optaram pela designação "hemieugeossinclinal" (de Zonenshayn, 1969), e mostraram uma série de exemplos, na Ásia Central e Urais.

Zonenshayn, 1967, 1968, propôs também um reconhecimento amplo de vários tipos de zonas tectônicas, compondo as chamadas "Folded regions", com arranjo em mosaico. Além disso, relegou a classificação usual de eu e miogeossinclinais, propondo, distinguir, entre outras:

a) Zonas terrígenas - ("demieu" ou "hemieugeos"). Sedimentos areno-argilosos de águas rasas, autóctones ou sub-aútóctones. Papel subordinado de rochas vulcânicas. Dois complexos amplos de depósitos, separados por um intervalo sem grande desconformidade. Intrusão de granitos freqüentes, formação de batólitos. Subdivisão por altos do embasamento.

b) Zonas vulcânicas - predominância de rochas vulcânicas, intimamente associadas com jaspilitos, grauvacas e alguns carbonatos: espilitos, espilito-queratófiros, espilito-diabásios, andesitos, piroclásticas, etc. Intrusões básicas e ultrabásicas, plagigranitos e granodioritos, maior mobilidade relativa, maior profundidade.

Na mesma linha de raciocínio, considerando a mobilidade relativa e o conteúdo litológico, magmático e sedimentar, Mu

ratov (in Khain e Scheinmann, 1962) propôs a seguinte classificação das zonas de regiões de dobramentos:

a) "Sulcos calcários" - associados às partes marginais da região, sem conexão com falhas profundas. Menor mobilidade relativa.

b) "Sulcos flysch" ou "Sulcos slate" - associados, pelo menos de um lado a falhas profundas. Preenchido por ardósias e grauvacas.

c) "Sulcos greenstone" - limitado por falhas profundas, canais para o intenso magmatismo básico e mesmo ultrabásico. Maior mobilidade relativa.

d) "Sulcos molassa" - antefossas, sulcos externos.

As observações acima assinaladas, embora com cunho descritivo, são extremamente procedentes. Nos estudos de sistemas e regiões de dobramento do Proterozóico brasileiro, estas são observações valiosas como termo de referência, para respaldo de discriminação e classificação. São observações que devem ser consideradas devidamente na construção de modelos, em quaisquer teorias geotectônicas.

4.3. Tectônica de placas e orogenias

Como já discutido, há dissensões sobre desde quando a tectônica de placas, como hoje estabelecida, vem operando na edificação de orógenos. Se desde o Arqueano ou apenas a partir do Proterozóico há opiniões divergentes. Este é certamente um termo polêmico e da ordem de dia da Geotectônica, embora haja franco predomínio de modelos calcados no panorama fanerozóico de sistemas orogênicos.

Os primeiros passos na classificação e modelagem dos orógenos sob este prisma estiveram atrelados colateralmente com as tentativas de conciliação entre geossinclinais e a tectônica de placas (Dietz, 1963; Dietz e Holden, 1966, 1973; Mitchell e Reading, 1969; Dewey, 1969, etc.). As várias propostas pre-

existentes foram consideradas e revistas dentro dos modelos de Dewey e Bird, 1970b, o qual se tornou um trabalho clássico no gênero (Quadro 7).

Após uma conciliação proposta entre a nomenclatura geossinclinal (notadamente a de M. Kay) e a tectônica de placas (Dewey e Bird, 1970a), esses autores consideraram e modelaram dois típicos básicos de orogênias, ligados com a expansão e a contração de placas litosféricas: Figuras 3 e 4.

ORTOTECTÔNICOS - vinculado a fases iniciais de consumo de placas (início de expansão-contração), segundo uma zona de subducção; são caracterizados por exporem cinturões metamórficos emparelhados. Tipos: arcos de ilhas - ensimático; cordilheirano - parte ensialico, parte ensimático.

PARATECTÔNICOS - vinculado aos estágios finais de contração e consumo de bacias oceânicas, levando a colisão margens continentais opostas. Tipos: colisão continente - continente (Himalaiano); colisão continente - arco de ilha (Figuras 5 e 6).

No caso "Cordilheirano" resulta uma cadeia de montanha com polaridade divergente. Os cavalgamentos para o lado oceânico são precoces e relacionados à subducção (tipo B, Benioff) e os empurrões dirigidos contra o continente são tardios e superficiais (subducção tipo A, Ampferer) e ligados à expansão do orógeno. O eixo central de simetria localiza-se sobre a zona de mais altas temperaturas.

No caso "Himalaiano" há o consumo de uma bacia oceânica intermediária. A natureza das estruturas desenvolvidas por colisão vai variar bastante em função da história tectônica precedente destas margens, das suas formas, dos sedimentos presentes na margem passiva, etc. Uma zona de sutura final, com ofiolitos, centrando frações divergentes de uma ampla cadeia é o esquema ideal. Há sempre zonas retraídas que nunca colidem, dificuldades locais de identificar a zona de sutura, aparecimento de novas zonas de subducção, etc.

Na colisão continente-arco de ilha se dá o consumo to

QUADRO 7 - Classificação de orógenos/cadeias de montanha segundo a tectônica de placas.

	Dewey e Bird, 1970a e b; Bird e Dewey, 1970; Dewey e Burke, 1973	Bally, 1981: "Megassuturas" Meso-cenozóicas
O R T O T E C T O N I C A	Tipo Cordilheirano Colisão litosfera continental e oceânica, com destruição desta na fossa. Polaridade estrutural e sedimentar centrífuga a partir do eixo central, onde o metamorfismo é de alta temperatura.	Tipo Cordilheirano Dispostos entre zona de subducção do tipo B ou falhas transformantes para o lado do mar, para o lado do continente o limite é de subducção do tipo A. Parte ensimática, parte ensialica. Deslocamentos de fragmentos continentais tem papel importante.
	Tipo Arco de Ilha Colisão litosfera oceânica com litosfera oceânica, com subducção da mais densa, que é a fonte do magmatismo do arco. Caracterizada pelo emparalhamento de cinturões metamórficos distintos.	Tipo SW Pacífico Dispostos entre zonas de subducção do tipo B ou falhas transformantes e sistemas de arcos de ilhas e mares marginais.
P A R A T E C T O N I C A	Tipo Colisão Continente/ Arco de Ilha (Nova Guiné) Forte deformação vergente para o continente, a partir da zona de sutura. Há subtipos (Macquarie), onde pode haver obducção da crosta oceânica sobre a zona de colisão.	Tipo Alpino-Himalaiano Dispostos entre zonas de subducção do tipo A para o lado dos continentes Eurasiático, ao Norte, e Africano - Indiano - Arábico ao sul. Caracterizado por vasta mobilização do embasamento e metamorfismo - sempre associada com subducção do tipo A - Produto final de colisão continental.
	Tipo Himalaiano Colisão de continente versus continente, levando ao fechamento completo de uma bacia oceânica. Resultam cadeias vergentes para os continentes em colisão, a partir de uma zona de sutura com resquícios ofiolíticos.	
	(Sub)Tipo Apalachiano Como no caso anterior, mas sendo precedido por uma abertura (acréção) prévia. Ou seja, resultado de uma evolução completa do Ciclo de Wilson, de abertura e fechamento de uma bacia oceânica.	
	(Sub)Tipo* "Tibetano" ou de Reativação Colisão continental com persistência da convergência após a colisão. Grande espessamento crustal no continente estacionário, levando a fusão parcial da crosta inferior. Vulcanismo, plutonismo, formação de bacias intra-continentais, etc. são processos consequentes.	Tipo NW Pacífico Dispostos entre zonas de subducção do tipo B e falhas transformantes (lado do Pacífico) e um limite por um sistema de intrusões félsicas do lado do continente (China). Mares marginais são abertos e fechados e fragmentos continentais são capturados (Indochina, Sul da China, etc.).

- Obs.: a) O conceito de geossinclíneo é ambíguo, serve para sítios paleogeográficos e construções orogênicas.
 b) Os modelos de Dewey e Bird; Bird e Dewey e Dewey e Burke são considerados clássicos, havendo inúmeras adaptações e modificações posteriores.
 c) A proposta de Bally, 1981 é das mais modernas, e válida para o meso-cenozóico.

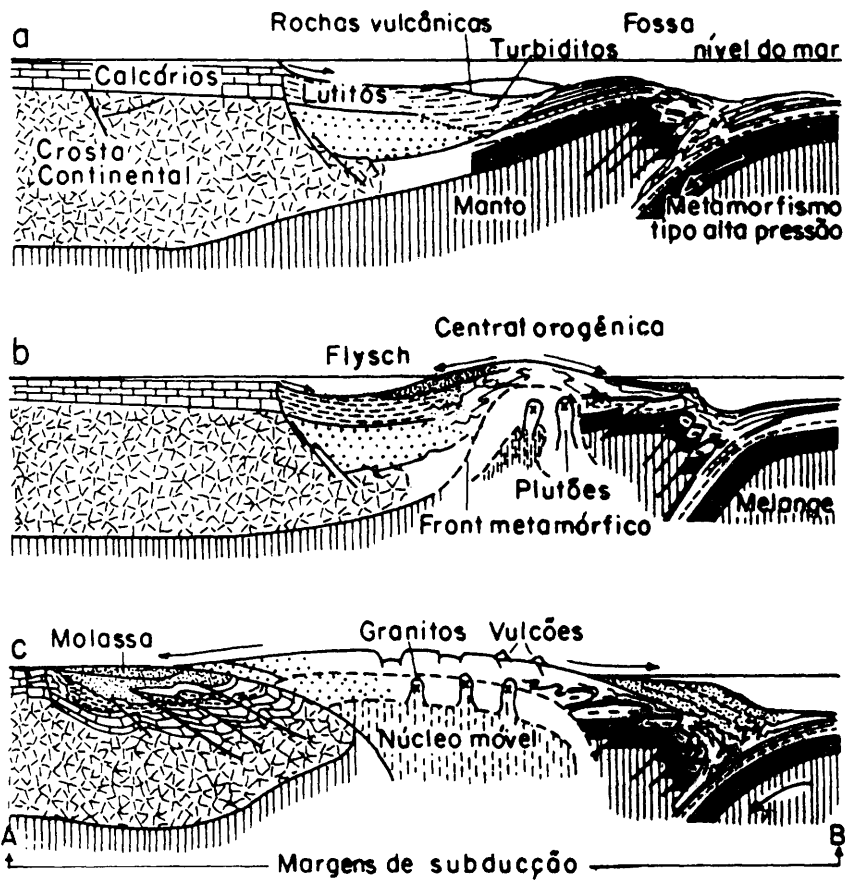


Fig. 3 - Secções esquemáticas através de um orôgeno tipo Cordilheirano, mostrando aspectos evolutivos (a→c), culminando com a polaridade centrífuga (modificado de Dewey e Bird, 1970b).

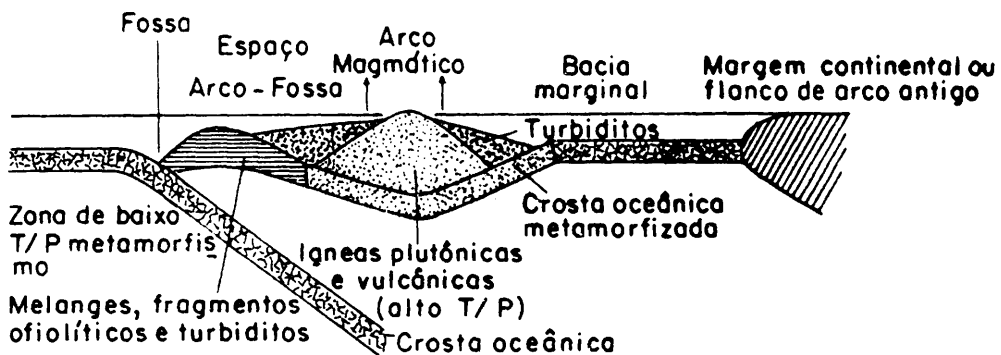


Fig. 4 - Secção transversal esquemática de um arco de ilhas intra-oceânico, com zoneamento geotectônico ideal (reproduzido de Windley, 1979).

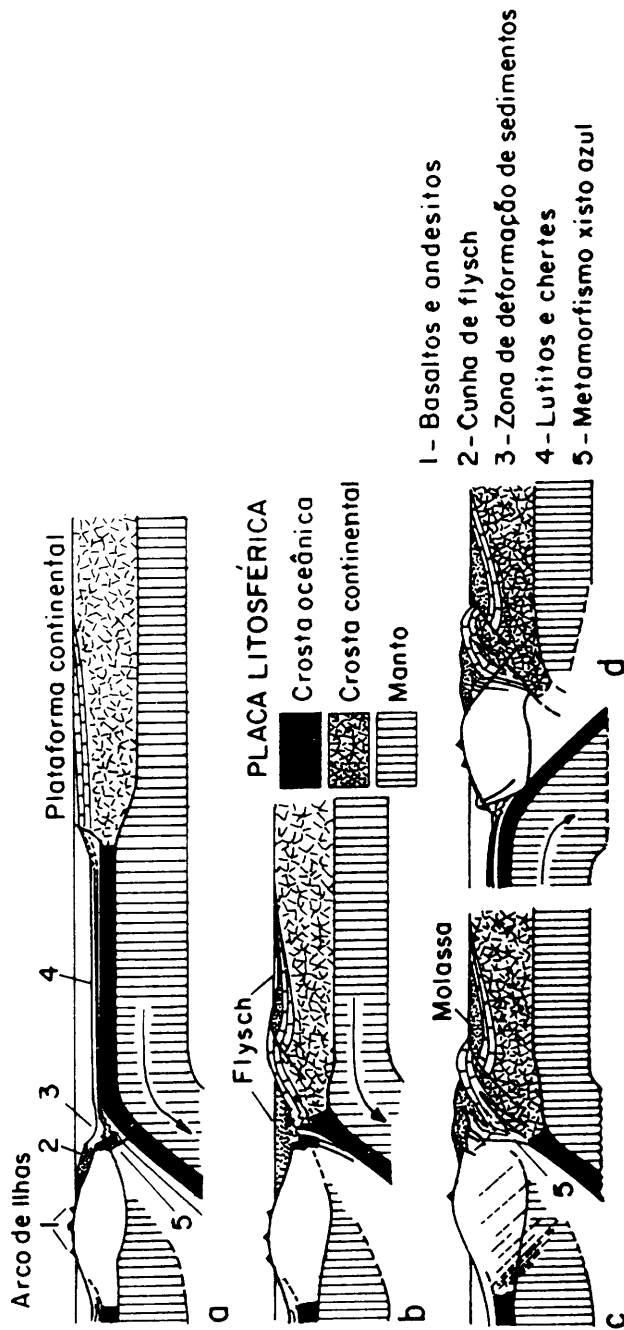


Fig. 5 - Sequência de seções esquematizando a colisão de uma margem continental do tipo atlântico com um arco de ilhas (a-c). seguido de uma mudança de direção de placa descendente (d) (segundo Dewey e Bird, 1970b).

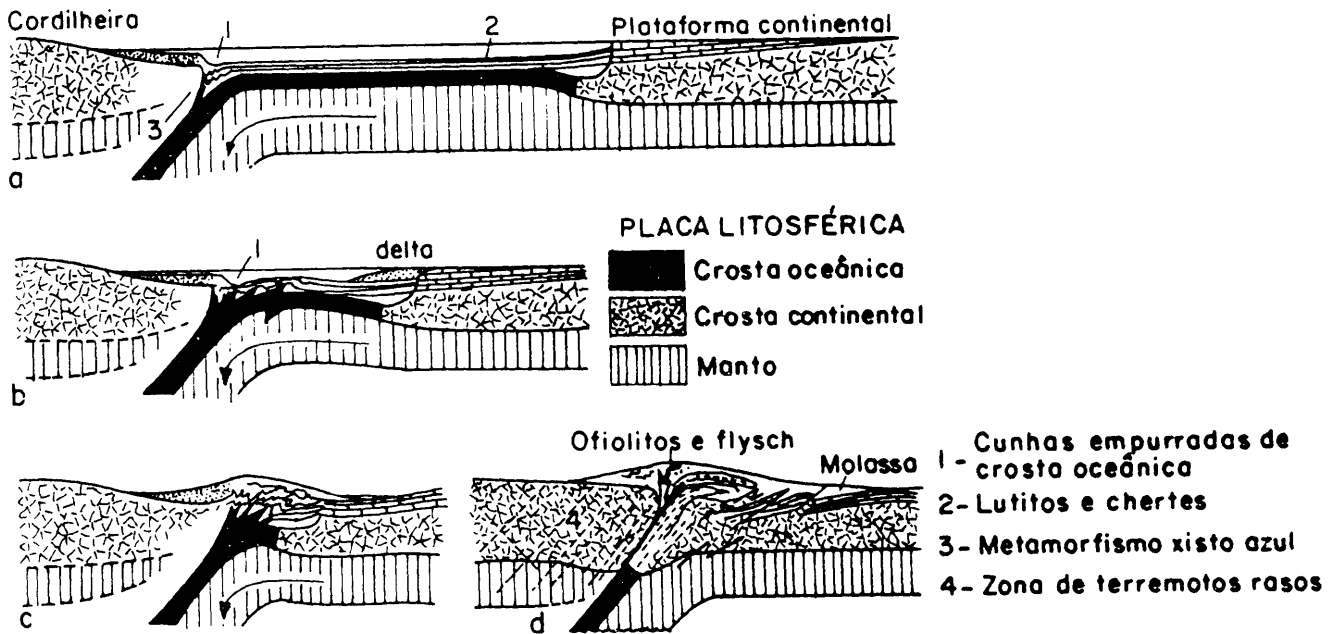


Fig. 6 - Seqüência de secções esquematizando a colisão de duas margens continentais (Pacífico x Atlântico), com o fechamento de uma bacia oceânica, deixando uma zona de sutura ofiolítica (segundo Dewey e Bird, 1970b).

tal de uma bacia marginal. A deformação violenta das rochas da bacia oceânica (ofiolitos inclusive) e da margem continental vem a formar um orógeno complexo, vergente para o lado continental.

O cinturão Apalachiano seria um caso de evolução completa de um ciclo de abertura (no Proterozóico Superior) e fechamento (Devoniano Superior) de uma bacia oceânica.

Ainda Dewey e Burke, em 1973, apresentaram uma extensão do modelo de colisão continental, para sistemas de dobramentos mais complexos (Hercinides, Tibetano, Grenville, etc.), com extensiva participação e reativações de embasamento interposto.

Neste modelo a porção continental sobrejacente a placa em subducção seria grandemente espessada, como resposta e em proporção direta à convergência dos continentes (na inviabilidade admitida de subducção da litosfera continental). Esta grande fração crustal espessada passaria a ser penetrada por stocks e batolitos anostosíticos, gábricos e dioríticos (crosta inferior), advindos da fusão parcial da porção oceânica das placas em subducção e ainda, por granitos, sienitos, etc. (crosta superior) por fusão parcial da crosta inferior granulítica. Estes processos magmáticos repercutiriam na superfície na forma de extrusões andesíticas, basálticas, ignimbríticas, em conjunto com bacias de blocos falhados, depósitos molassóides, e outros fenômenos típicos de "reativação" de plataformas.

Estes modelos, mesmo representando casos especiais mais conhecidos de desenvolvimentos orogenéticos assistiram a muitas adesões, criticismo, adaptações, emendas, etc., e sobretudo mostraram muito poder de resistência. Nessas condições, têm sido aplicados para desenvolvimentos do fanerozóico (maior frequência) e do proterozóico superior, médio e inferior, inclusive no Brasil, com grau variável de adaptações.

Ainda, em 1981, Bally, propôs uma classificação para as "megassuturas" (= foldbelts) fanerozóicas, muito próxima daquela de Dewey e Bird, a saber:

- 1) Tipo SW Pacífico - contidas entre limites de zonas

de subducção-B (Benioff) e falhas transformantes, sistemas de arcos de ilhas e mares marginais.

2) Tipo NW Pacífico - do lado do Pacífico são limita-das por zonas de subducção-B e falhas transformantes, e do lado do continente (China) por um sistema de intrusões félsicas.

3) Tipo cordilheirano - do lado do oceanico,os limites são zonas de subducção-B e/ou falhas transformantes. Para o lado do continente os limites são do tipo subducção-A (tipo Ampfe-rer, grandes falhas de baixo ângulo).

4) Tipo alpino-himalaiano - contido entre dois amplos limites de subducção-A, frentes de expansão voltadas para os cratons europeus (N) e Africano e Indiano (S), como produto final de colisão continental. Cavalgamentos expressivos e intensa e extensa remobilização do embasamento caracteriza limites com subducção A.

Há outras proposições de modelos sobre estruturas orogenéticas fundados na Tectônica de Placas, que serão tratadas posteriormente, posto que transcendem as corolários usuais do chamado Ciclo de Wilson (ciclo de abertura e fechamento de uma bacia oceânica). São propostas que levam em consideração mui-tas das observações inerentes da escala tida fixista, em termos de cinturões móveis pré-cambrianos, abrindo uma nova fronteira, na pesquisa e no desenvolvimento da Geotectônica.

5. PERSPECTIVAS DA GEOTECTÔNICA

5.1. Geotectônica e tempo geológico

Observações, experiências e deduções, não vinculadas diretamente a quaisquer teorias geotectônicas vêm gradativamen-te construindo um consenso moderno sobre o princípio do atualismo. Ou seja, a aceitação de uma variação nos regimes tectôni-cos através dos tempos geológicos, como consequência esperável

das variações e evolução processadas na terra como planeta, e em especial da crosta terrestre. As leis científicas naturais (físicas e químicas) permaneceram sempre, mas as condições físicas e químicas globais e suas inúmeras variáveis, vêm mudando irreversivelmente desde a formação do nosso planeta.

Estudos paralelos de evolução da atmosfera, da biosfera, dos fenômenos magmatogênicos, sedimentológicos, do fluxo térmico, etc. trazem convergências harmoniosas nesse sentido. O estudo da evolução de outros planetas (Venus, Marte, Lua, etc.) tem permitido observações defasadas, de estágios de desenvolvimento, sendo daí auferidas analogias importantes para entender e comparar os diferentes estágios do passado do planeta, como parte do sistema solar.

De forma *independente de quaisquer teorias ou escolas*, há certa afinidade nas observações sobre os tratos geológicos consubstanciados ao longo do Pré-Cambriano, de forma a caracterizar e discriminar certas subdivisões naturais. Algumas dissensões, sobre início e término destas etapas, nos diferentes continentes, são esperáveis mesmo porque refletem variações locais e/ou grau de precisão na determinação geocronológica.

As discórdias sobre os primeiros dias da Terra (entre 4,55 e 3,8 b.a.), e os regimes tectônicos vigentes na crosta são justificáveis pela falta de registro geológico concreto. As especulações, deduções e empirismo de toda ordem campeiam segundo distintas escolas de pensamento. Mas há certo consenso, no geral, sobre uma etapa singular de evolução geotectônica (Quadro 8).

Os terrenos do Arqueano ($3,8 \pm \Delta x \rightarrow 2,6 \pm \Delta x$) têm excelente representatividade e características mundiais semelhantes, não mais reproduzidas posteriormente. A trilogia terrenos gnáissico-migmáticos, vulcano-sedimentares de baixo grau ("greenstone-belts") e cinturões granulíticos têm seu registro franco no campo e na literatura especializada de quaisquer escolas de pensamento. Dissensões existem sobre tipologias lito-estruturais, re

QUADRO 8 - Esquemas propostos para a evolução geológica pré-proteozóica da terra

C. Aliégre, 1982	L. Satop, 1977	Dolginov et al., 1973	Pavlovsky, 1976	Windley, 1979
13.0 b.a. História Pré-Solar Formação de Estrelas				
4.55 b.a. Primeiras rochas-cristalinas (4.55 b.a.) Primeiros diferenciais dos rochosos - acondritos e sideritos (4.48 b.a.) Litosfera básica a ultrabásica formada pelo bombardeio de meteoritos e asteroides. Vulcanismo intenso, nas "zonas de subducção" ou equivalentes.	4.5. b.a. Etapa Permóvel ou pan-geossinclinal. Estruturas dômicas, ovais e arredondadas. - ARQUEANO - Ausência completa de estabilidade crustal.	4.5 b.a. Desenvolvimento da "capa basáltica" da crosta terrestre (crosta primitiva). Vulcanismo intenso e extenso. Bombardeamento meteorítico.	4.5 b.a. Estágio lunar (Ca-larueano) Litosfera máfico-ultramáfica predominante, de alta densidade. Estruturas "blow like" sinformais de origem vulcano-tectônica e meteorítica.	4.5 b.a. sem registro geológico concreto
3.98 b.a. Primeiros Núcleos Continentais silícicos	3.6. b.a. (Saamiano) Tectônica granito-greenstone. Tafrogênos eugeossinclinais e vulcanismo intenso -PALEOPROTOZOICO-	4.0 b.a. Etapa permóvel, essencialmente não linear. Estruturas dômicas, interdômicas e Cinturões Charnokitos predominantes e distintos geotectonicamente.	4.0 b.a. Estágio nuclear Crescimento periférico de domos gnaissico-graníticos. Raras estruturas vulcano-sedimentares ("greenstones"). Ausência de tectônica horizontal	3.8 b.a. Período permóvel alto fluxo térmico radiogênico conduzindo a rápido crescimento da crosta continental. Q Grande adição de magma derivado do manto aos continentes. E Associações Granito (Greenstone) tonalito predominante. N O Modelos de proto-colisão de placas muito atraentes.
3.7 b.a.	2.7. b.a. (Kenorano) Plataformas e Miogeossinclinais - MESOPROTOZOICO -	3.5/3.1 b.a. Estruturas dômicas e "greenstone belts" (progeossinclinais). Cinturões charnokíticos, extremamente lineares	3.5 b.a. Estágio Protoplataformais: aparecimento de estruturas lineares e sedimentação.	2.5 b.a. Agregação de muitas pequenas proto-continental placas, criação de algumas massas continentais mais estáveis.
	2.0 b.a. (Kareliano) Plataformas com extensa sedimentação e magmatismo variado. Reativações comuns. Eugeossinclinais complexos.	2.0 b.a. Plataformas (áreas granito-greenstones e Cinturões Móveis (Cinturões charnokíticos). Reativações das ativações.	2.0 b.a.	

lacionamento estratigráfico, diacronia de fenômenos, etc. sempre menores que o reconhecimento multilateral dos fatos.

Naturalmente há versões mobilistas (vide Quadro 8) e fixistas (Salop, 1977; Anhaeusser, 1975, etc.), para estes fatos concretos, mas todas elas reconhecem a reunião de condições especiais de fatores, como fluxo térmico elevado, mobilidade, espessura e comportamento físico da crosta e da litosfera, etc. sem precedentes e antecedentes na história da Terra. Consenso adicional vem sendo estabelecido sobre a importância dos regimes arqueanos na formação da crosta continental, onde valores da ordem igual e superior a 70% têm sido unissonamente postulados.

O proterozóico retrata, em seus diferentes estágios, uma série de mudanças substanciais entre os regimes vigentes no Arqueano e os atuais. As dissensões sobre sua subdivisão refletem o diacronismo esperável, de um continente a outro, com que estas mudanças se procederam e como deixaram seus registros.

Os tipos lito-estruturais, as acumulações sedimentares e metalogenéticas, os processos de magmatismo (granitização, intrusivas básicas e ultrabásicas estratóides), conferem ao Proterozóico Inferior características intransferíveis. Seu término vem consignar, sob vários aspectos, uma incisura importante na história da terra, a partir do qual se instauram novos estágios de atividades geotectônicas em geral (Quadro 9).

Os tipos crustais e os eventos do Proterozóico Médio são mais controvertidos (cinturões móveis vestigiais, "Shear belts", fenômenos de reativação de plataformas), mas ainda assim são reconhecidos dentro de um amplo quadro geral de problemas e semelhanças. Os eventos magmáticos (anortositos, granitos "rapakivi", intrusivas alcalinas, extrusões vulcânicas, etc.) e os depósitos sedimentares imaturos extensos, tão bem representados na Amazônia, têm análogos por todos os continentes. Os dados paleomagnéticos sugerem a coalescência de extensas massas continentais (Piper, 1976) ao longo desta etapa.

QUADRO 9 - Evolução dos processos geodinâmicos com o tempo geológico: concepções modernas expostas e debatidas em Kröner, 1981

Hargraves, 1981	Windley, 1981	A. Kröner, 1981
<p><u>Pré-Arqueano:</u> (Pré 3800 m.a.)</p> <p>Ausência de rochas dessa idade é consistente com completa reciclagem, causada por forças de arrasto viscoso imposto pela convecção da astenosfera. Bombardeamento meteorítico viável. Com contração preliminar de componentes silábicos.</p>	<p>3500 - 3900 m.a.</p> <p>Sem registro litológico, extrema espessura da crosta de proto-litosfera e protogênica de espessura desconhecida.</p>	<p>Pré 3800</p> <p>Fluxo térmico elevado, 2,5 a 3 vezes o atual. Crosta como espuma de inortositos, pilhas de maficas acumuladas sobre plumas e gneisses. Aparecem por fusão da parte basal tonalitos e granodioritos.</p> <p>Resíduos mais densos arrastados para o manto. Instabilidade gravitacional, bombardeamento de meteoritos, diferenciação, e reciclagem na base das finas "manilhas" crustais.</p>
<p><u>Arqueano:</u> Terrenos "Granito-greenstone"</p> <p>Uma crosta/escuma contínua e global, flutuante e de composição intermediária se forma com o resfriamento e a desaceleração da convecção.</p> <p>Crosta descalcada do manto foi reciclada por migração de magmas subcrustais ("greenstones") e resfriamento na sua base (produção de tonalito/trondjhemito e hasaito).</p>	<p>3900 - 2700 m.a.</p> <p>Elevada taxa de decaimento radiogênico, convecção vigorosa em pequena escala do manto.</p> <p>Subducção de crosta oceânica produz volumosos fundidos cálcio-alcálicos, que geraram os gnaisses tonalíticos. Rifting extensivo em bacias marginais gerando os "greenstone belts" (proto-ofiolitos).</p>	<p>3800 - 2500 m.a.</p> <p>Fina litosfera arqueando, quebrando e "rifting" sobre sistemas de convecção da astenosfera ("hot lines"); quebramento na crosta superior e espalhamento dúctil na crosta inferior, e ascensão de lavas komatiíticas. Com extensão do processo ("sag subduction") surgem diferenciados vulcânicos, fusão da crosta inferior e ascensão de granitos (com delaminação). Se o processo de abertura for grande bastante, podem se formar "bacias oceânicas" (emissivos "greenstones").</p>
<p><u>Proterozóico:</u></p> <p>Com resfriamento adicional a crosta acoplou-se ao manto. A densidade média da litosfera cresceu. Onde a crosta era fina já havia subducção da litosfera por inteiro. Inicia-se a dicotomia continente-oceano. Delaminação e afundamento do manto litoférico causa orogênia intracontinental, dos cinturões móveis.</p> <p>Uma grande mudança na sedimentação clástica a partir de então. Deslocaamentos horizontais menores, maiores massas continentais.</p>	<p>2500 - 2300 m.a. <u>Período Transicional</u></p> <p>Sobrelevação preponderante e produção de clásticos. Estabilização da crosta/litosfera por agregação de proto-placas arqueanas. Diques e intrusões estratiformes.</p>	<p>2500 - 1200 m.a.</p> <p>Mudança no padrão convectivo do manto, com a grande sialização do fim do Arqueano, e o espessamento da litosfera.</p> <p>Indicações poucas e discutíveis da ocorrência do Ciclo de Wilson.</p> <p>Sobre o novo e amplo sistema de convecção do manto são criadas bacias ensilábicas, e o processo de delaminação toma lugar. Vulcanismo bimodal: granitos, e deformação vigorosa após a atividade das plumas sottopostas.</p> <p>Distorção interna nas grandes placas geram fraturas fundamentais e cisalhamento; a crosta inferior pode acavalar a crosta superior localmente.</p>
<p><u>Imprerzóico</u></p> <p>Com o decaimento do fluxo térmico, a resistência da junção da crosta continental e o manto cresceu e a delaminação é mais difícil.</p> <p>Subducção de litosfera oceânica passa a ser predominante como força tectônica.</p>	<p>1200 - 600 m.a.</p> <p>Transição de condições tectônicas</p> <p>Novas mudanças importantes (mudanças no sistema convectivo), e início do Ciclo de Wilson do tipo moderno.</p>	<p>600 m.a. → Presente</p> <p>Ciclo de Wilson, Subducção de litosfera</p>

O Proterozóico Superior, pela consistência dos registros litológicos, paleontológicos e climáticos, e ainda pelos dados paleomagnéticos disponíveis, mostra-se como estágio de transição de condições bem mais próximas do quadro fanerozóico. Se bem que tenham persistido alguns cinturões móveis vestigiais, "shear belts", e evidências outras de retrabalhamento extenso de rochas antigas, há muitas construções orogênicas (Sergipano, Adelaideano, "Belt-Purcell", etc.) onde são francamente aplicáveis os modelos geotectônicos fanerozóicos. De forma que a incisura Pré-Cambriano/Cambriano é mais importante por fatores paleogeográficos (aquecimento dos mares, aumento da taxa de oxigênio na atmosfera) e biológicos (explosão de novas formas de vida), do que por expressas razões tectônicas.

Estes fatos, esta subdivisão natural no Pré-Cambriano, transcende os domínios da Geotectônica e tem representação significativa no bloco sul americano, apesar de nossas deficiências em dados radiométricos. Esta massa crítica de observações, acima das teorizações, demonstra as dificuldades dos modelos geotectônicos usuais (cunhados em exemplos fanerozóicos) quando se tenta remontar sua aplicação para o passado geológico. O reconhecimento destes mega-estágios naturais da evolução global é uma conquista cada vez mais arraigada no seio do atual patrimônio da Geotectônica (Quadro 10).

5.2. Novos rumos da Geotectônica

There is now clearly a need for a broader tectonic theory of orogenesis ... to bridge the apparently widening gap between "mobilists" and "fixists".

A. Kröner, 1977.

Do confronto plaquistas x fixistas, das resistências naturais enfrentadas pelos modelos dessas fontes, e do reconhecimento de uma evolução geológica irreversível para a Terra, es

QUADRO 10 - Tipos lito-estruturais e regimes tectônicos no pré-cambriano - Exemplos brasileiros

ARQUEANO	PROTEROZÓICO INFERIOR	PROTEROZÓICO MÉDIO	PROTEROZÓICO SUPERIOR
<p>1. <i>Terrenos de Alto Grau</i></p> <p>1a. Terrenos gnáissico-migmatíticos polideformados - Orto e para-derivados. Su-pracrustais esparsas. Agrupamentos complexos.</p> <p>1b. Terrenos granulíticos e gnaisses granulíticos, de múltipla derivação. Agrupamento lineares longilíneos ("cinturões") de complexa estrutura interna, policíclica.</p> <p>1c. Complexos meta-ultramáficos e máficos, diferenciados ou não: Piroxenitos, peridotitos, noritos (com la) e gabro-anortositos (com 1b), como resquícios em migmatitos e granulitos. Importantes jazimentos: Fe- Ti- V, Fe, Cr, Cu, Ni, Asbestos.</p> <p>2. Cinturões vulcano-sedimentares de baixo grau de metamorfismo-greenstone belts e assemelhados - Formas reliquias incrustadas nos terrenos gnáissico-migmatíticos. Depósitos importantes de Fe, Fe-Mn, Au, Pb-Zn e Mg, associado com eles ou com suas "coberturas" paraplataformais.</p>	<p>1. <i>Núcleos oratônicos sintransamazônicos</i>. Vários e pequenos núcleos, constituídos de terrenos de alto e baixo grau arqueanos: Pakaraima, Xingu, Central de Goiás, Serrinha, Luiz Alves, etc.</p> <p>2. <i>Cinturões Móveis Transamazônicos</i>. Longos e lineares cinturões móveis, com intenso retrabalhamento do substrato arqueano, notadamente terrenos granulíticos. Incluem:</p> <p>2a. Retrabalhamento tectônico, magmático e termal dos terrenos de alto e médio grau arqueanos, a diversos níveis.</p> <p>2b. Penetração de granitos intrusivos fissurais, fenômenos de microclivagem, etc., poupando poucas áreas.</p> <p>2c. Seqüências paraplataformais e miogeossinclinais vulcano-sedimentares de baixo a médio grau. Em parte constituem sistemas de dobramentos holomórficos. (Minas, Jacobina, Cantagalo, etc.). Em parte constituem tipo lito-estruturais não equacionados devidamente (Palmeirópolis, Juscelândia, Colômbia, Bate-pé, etc.). Depósitos importantes de Fe, Au, Au-U, Pb-Zn, Fe-Mn, Mn, etc.</p>	<p>1. <i>Grandes regiões oratônicas epitransamazônicas</i>. Amazonas Central, Goiás, S. Francisco/Paramirim, Rio de La Plata/Luiz Alves, etc.</p> <p>2. <i>Coberturas vulcano-sedimentares, Proterozóicas</i>.</p> <p>2a. <i>Traps e Riftes Vulcânicos</i>, extrusivos e explosivos, com sedimentos subordinados, e associados a plutonismo cálcio-alcálico, com extensão de milhões de quilômetros quadrados: Surumú, Iricoumé, Iriri, Riódos Remédios, Amoguijá, etc.</p> <p>2b. Plutonismo cálcio-alcálico e alcalino associado, com idades de 1,8 a 1,0 b.a.. Riqueza mineral importante: Sn, Au, W, Mo, Nb, Ta, etc.</p> <p>2c. Aulacógenos e estrutura afins, preservando coberturas sedimentares ímatúras e vulcânicas. Cachimbo, Mutum-Paraná, Espinheiro-Chapada Diamantina, Xraí, etc.</p> <p>3. Sistemas de dobramentos lineares, vulcano-sedimentares, de idade discutível (Araxá, Uruaçu, Cuiabá, Espinheiro pró-parte, etc.), retomados como infra-estrutura dos cinturões brasileiros.</p>	<p>1. <i>Núcleos Cratônicos de dimensões variadas, pequenos médios e grandes, sinbrasilianos</i>. Herança dos cratons mais antigos, incluindo parte do cortejo das coberturas.</p> <p>1a. <i>Coberturas do Proterozóico Superior - singeossinclinais do Brasiliano e Cambro-Ordovicianas</i>, correspondendo a atividades tardi e pós-tectônica desse ciclo.</p> <p>2a. <i>Maçios gnáissico-migmatíticos, interiores da região, poligonais, com terrenos de alto grau, diversamente retrabalhados</i>.</p> <p>2b. <i>Maçios gnáissico-migmatíticos, interiores da região, poligonais, com terrenos de alto grau, diversamente retrabalhados</i>.</p> <p>3. <i>Sistemas de Dobramentos Marginais, monocíclicos, vergentes para o craton, tipo "miogeossinclíneo"</i>.</p> <p>3a. <i>Bacias Moldáicas, inclusive</i>.</p> <p>4. <i>Sistemas de Dobramentos Interiores, policíclicos, terrígenos, vergentes para os maços, idade indeterminada, estruturação brasileira definida</i>. Em parte, infra-estruturados sistemas marginais.</p> <p>4a. <i>"Bacias" moldáicas, inclusive</i>.</p> <p>5. <i>Cenofraaturas ou lineamentos dúcteis-rúpteis ("shear belts"), policíclicos e polifásicos</i>.</p> <p>6. <i>Diversas fases, tipos e modos de atividade granítica brasileira, característica destas regiões e áreas adjacentes</i>. Pegmatitos, Fissurais intrusivos.</p>
<p>Obs.: Os tipos 1a e 2 estão usualmente reunidos na designação de terrenos "granito-greenstone".</p>			<p>M O S A I C O C O M P L E X O D E R E C I O E S D E D O B R A M E N T I C O</p>

Fonte: Brito Neves e Hasui, 1984 (inédito).

tã advindo um novo tempo para a Geotectônica.

De um lado, o suporte científico (estratigráfico, petrológico, gravimétrico, paleomagnético) dos mobilistas tem estado procurando posições e se questionando, na interpretação de faixas móveis pré-cambrianas. Deixando preconceitos de lado, passou-se a encarar algumas observações concretas e insistentemente propaladas (maciços interiores, falhas profundas, seqüenciação sedimentar e magmáticas, vergência) dos fixistas, e se começou a procura para enquadrá-las nos modelos "plaquistas".

Por outro lado, correndo por fora dos impasses e de conflitos de idéias, uma série de contribuições importantes e realistas começou a surgir ao longo da segunda metade da década de 70. Em parte, estas contribuições (ainda que pouco divulgadas) trouxeram novas informações geológicas/geofísicas irretorquíveis, para as quais todos modelos teriam que acceder. Em parte, estas contribuições vieram em forma de modelos alternativos mais comprometidos com a realidade geológica e geofísica de campo, do que com afinidades a escolas tectonistas.

A introdução de alguns conceitos inovadores, como de "tectônica de flacas ou escamas", e da possibilidade de desacomplamentos (crosta superior/crosta inferior, crosta/manto litosférico) na litosfera, o reconhecimento de subducção de frações importantes de litosfera continental (em diferentes circunstâncias) são avanços importantes no conceito da Geotectônica.

Uma resposta ao clamor de A. Kröner, 1977, interpretando toda uma geração de geotectonistas envolvidos com evolução de cinturões móveis pré-cambrianos. Talvez, o início de uma 5ª etapa da Geotectônica, como traço da união de escolas divergentes, naquilo que elas têm de melhor e mais concreto, descartando-se suas inconsistências, dogmas e radicalizações.

Sem dúvida, o trabalho de Dewey e Burke, 1973, foi um passo à frente neste sentido, entre os mobilistas, embora ali fosse negada a possibilidade de subducção importante ("positive buoyancy") de frações da parte continental da litosfera. Os tra

balhos desenvolvidos nos cinturões móveis proterozóicos da África, dos Estados Unidos (Grenville), e da zona Alpino-himalaiana, entre outros, foram gradativamente questionando os modelos clássicos ("fixistas" e "mobilistas"), com a obtenção de alguns dados que lhe eram totalmente heréticos. O livro editado por A. Kröner (A. Kröner, 1981) e os trabalhos trazidos ao ISAP, 1982 (Rev. Bras. Geoc., 12(1/3):15-31), contém uma espécie de estado d'arte desta proposta quinta etapa da história das teorias e modelos em Geotectônica. Mas, há muitos caminhos para percorrer e outros para serem novamente vasculhados.

6. DELAMINAÇÃO E SUBFLUÊNCIA (SUBDUÇÃO-A)

A litosfera continental tem características físicas e dimensionais distintas daquelas da litosfera oceânica, consoante definição original de ambas.

A chamada capa rígida do planeta, por definição, abriga heterogeneidades importantes, como as descontinuidades de "Conrad" e de "Moho", e não pode ser evocado como uma construção monolítica. O acoplamento da crosta ao manto superior, espessando a litosfera, é um evento tardio na história do planeta, provavelmente do limiar do Proterozóico (Hargraves, 1981).

Nestas condições, ações e reações físicas distintas entre as parcelas crosta superior/crosta inferior/manto litosférico são plausíveis, dependendo da circunstância tectônica em evidência. Algumas constatações desse comportamento diferencial vem se acumulando, desde pelo menos 1972, quando Oxburgh demonstrou, no campo, ocorrência de deslocamento (tectônica de flacas) da parte do topo de um continente colidente (Fig. 7). A flaca arrancada foi projetada por sobre o continente estacionários (Euroasiático) por dezenas de quilômetros. Na colisão continente x continente, o deslocamento das margens salientes tem sido grandemente facilitadas, nos Alpes Ocidentais e Himalaias.

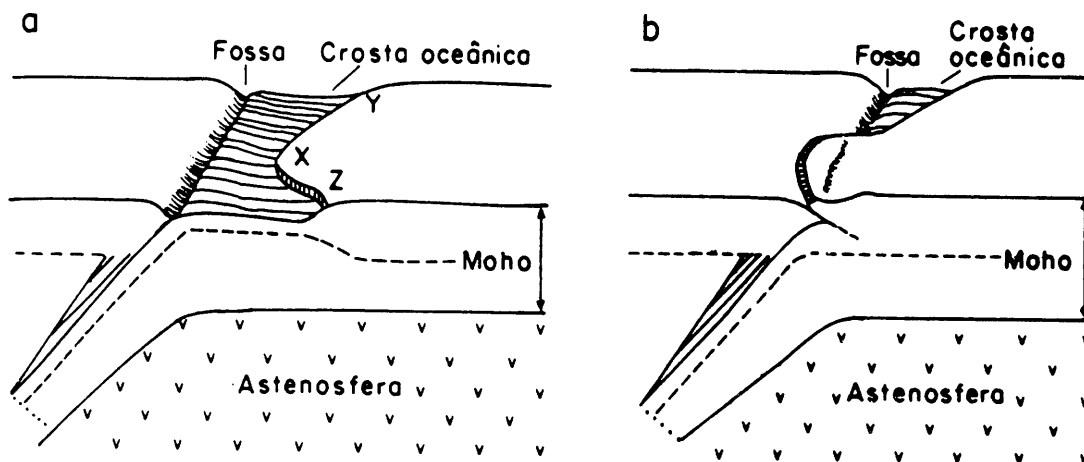
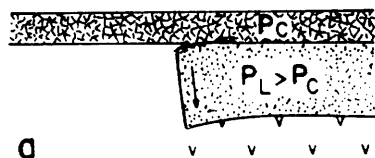
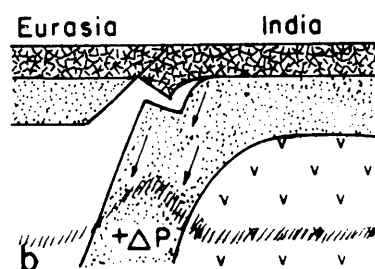


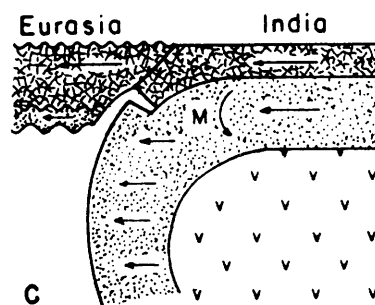
Fig. 7 - Representação esquemática de uma margem continental de forma não retilínea (Z,X,Y) aproximando-se de uma fossa na borda de uma margem continental (a). Formação de uma "Flaca" crustal (b) após a colisão continental (segundo Oxburgh, 1972).



a) Instabilidade espontânea da parte mais densa da litosfera, o manto litosférico.



b) Tensão exercida pelo excesso de densidade da fração da litosfera em subducção.



c) Momento exercido por rotação da parte da litosfera em subducção, consoante o movimento iniciado na sutura de colisão.

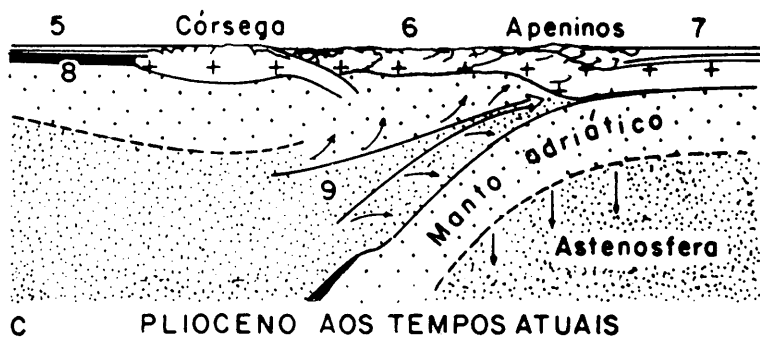
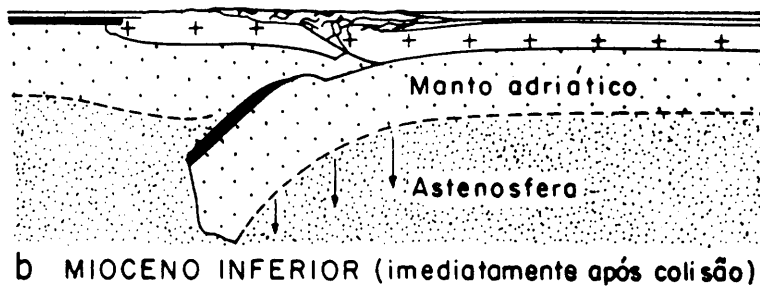
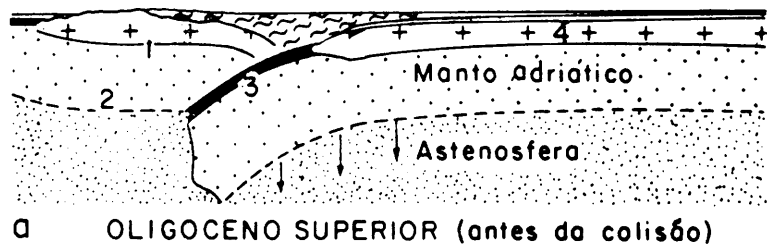
Fig. 8 - Principais mecanismos causadores de delaminação (segundo Bird, 1978).

A parte litosférica do manto guarda maiores afinidades físico-químicas com a astenosfera subjacente, incluindo-se fatores composicionais. Sabe-se ainda que esta porção litosférica do manto assenta em condições de instabilidade sobre a zona de baixa velocidade, que tem densidade mais baixa que ela.

Por outro lado há fluxo dúctil da crosta inferior contraposto a afinamento e quebramento rúptil da crosta superior, quando submetidas a uma fonte de aquecimento. Esta é observação ratificada por vários autores, e de vários experimentos analógicos. Este tipo de comportamento diferencial e suas conseqüências tectônicas, emergem como premissas de vários modelos (Wynne-Edwards, 1972, 1976; Martin e Porada, 1977a, b; Kröner, 1977, 1981, 1982).

A possibilidade de utilizar delaminação para explicar fenômenos de magmatismo, "rifting", soerguimentos, etc., longe das zonas de interação de margens de placas, vem gradativamente se arraigando como outro modelo alternativo, coerente, e com bom respaldo em experimentos analógicos. Em 1978, Bird, analisou as várias possibilidades de ruptura do equilíbrio crosta/manto litosférico, com modelos numéricos e analógicos, e adiantou várias das conseqüências térmicas, geofísicas e geológicas esperáveis (Fig. 8).

Nas áreas mais próximas de colisão continental, a delaminação se torna um fenômeno mais viável ainda e hoje de ampla constatação. Nos apeninos setentrionais, Reuter e Closs, 1980, demonstraram com suporte geofísico e dados geológicos que a delaminação ("intra lithospheric splitting") é um fenômeno comum à zona mediterrânea, e um aspecto adicional a ser computado à tectônica de placas (Fig. 9). A parte superior, destacada, é sujeita a eventos diversos de deformação, levantamento e empurramento sobre a placa estacionária. E a zona delaminada é sujeita ao influxo de material quente advindo da astenosfera, com diversas conseqüências tectono-magmáticas nas zonas crustais sobrejacentes.



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1 - Crosta córsica | 6 - Toscana |
| 2 - Manto córsico | 7 - Mar Adriático |
| 3 - Crosta oceânica do Ligúrico | 8 - Crosta oceânica |
| 4 - Crosta adriática | 9 - Influxo do material astenosférico |
| 5 - Mar Baleárico | |

0 100 200 km

Fig. 9 - Exemplo moderno e complexo de colisão continental com subducção, delaminação e influxo de material astenosférico na zona delaminada (segundo Reuter e Closs, 1980).

Nestes termos, longe (e, naturalmente próximos) das zonas de interação de placas, há várias outras possibilidades - e modelos - de processos tectono-orogênicos, criando uma linha alternativa entre "fixistas" e "mobilistas". Porquanto são reunidos fatos concretos, geológicos, exaltados pelos "fixistas" (orogêneses ensialálicas) dentro de conceitos e corolários da geodinâmica "mobilista".

Vale destacar os trabalhos pioneiros de Martin e Porada, 1977a e 1977b, consubstanciando o chamado "modelo dos aulacógenos múltiplos", para o Damara (Fig. 10). Nestes trabalhos, os autores inauguraram uma série interessante de modelos, sob o postulado que: "Graben, aulacógeno e cinturão móvel podem representar respostas diferentes da crosta a astenolitos de diferentes dimensões ..."

Kröner, 1981, 1982a e 1982b, entre vários outros enriqueceu e aprimorou gradativamente tais modelos. Para o Proterozóico Inferior e Médio (Fig. 11) postulou um modelo interessante, em várias fases, iniciando-se com um sistema de sulcos de bacias intracontinentais (sedimentos terrígenos, diques máficos) localizados sobre diápiros astenolíticos. O processo evoluiu com introdução de magmas máficos na parte subcrustal da litosfera, delaminação, culminando com orogenia ensialica seguinte a subducção continental.

O modelo alternativo de Kröner para Proterozóico Superior (Fig. 12) considera algumas diferenças observadas nos cinturões móveis deste tempo geológico, como sejam: espessas seqüências geossinclinais, margens continentais passivas bordejam os núcleos cratônicos estáveis, vulcanismo máfico e ultramáfico limitado, etc. A subducção da parte litosférica do manto delaminado conduz à convergência e grande espessamento da crosta continental, do que resulta grande encurtamento crustal, com tectônica de nappes e empurrões, com reativação intensa do embasamento (Fig. 12-c).

Com o decréscimo do fluxo térmico ao longo do tempo

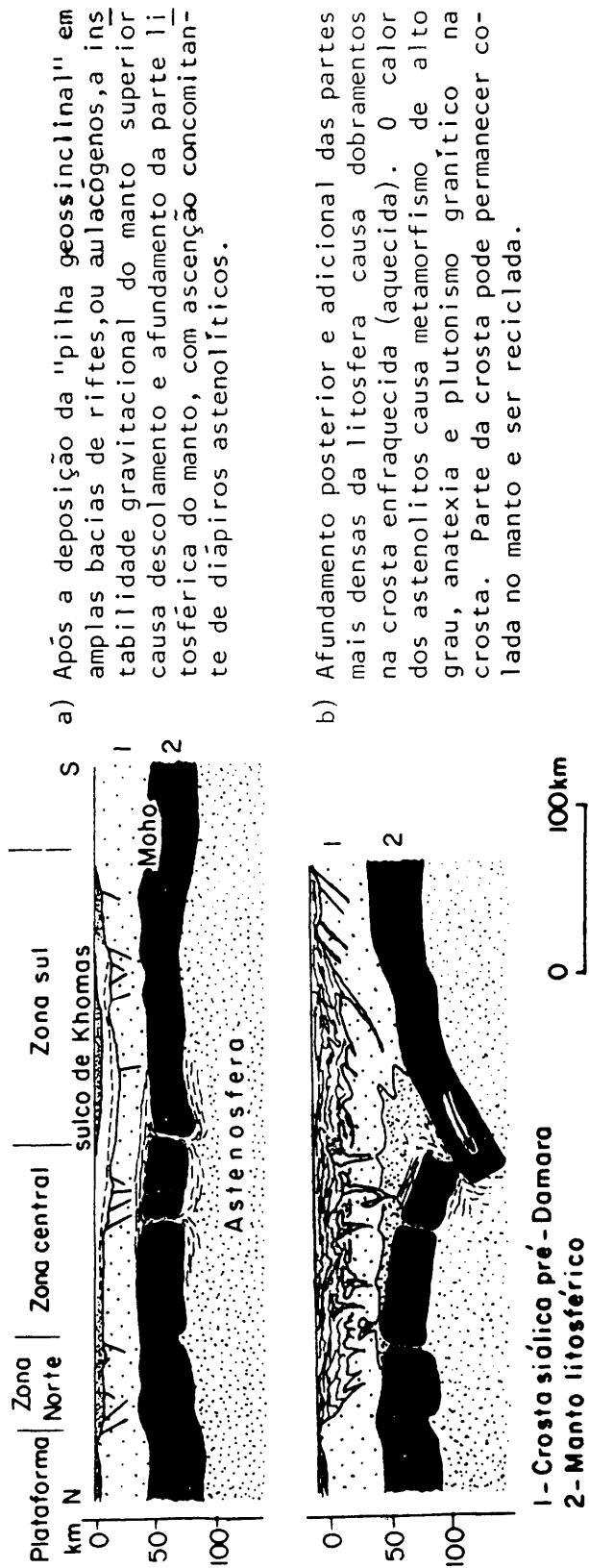


Fig. 10 - Secções esquemáticas do estágio orogénico do Damara - Modelo dos aulacógenos múltiplos, de Martin e Porada, 1977a.

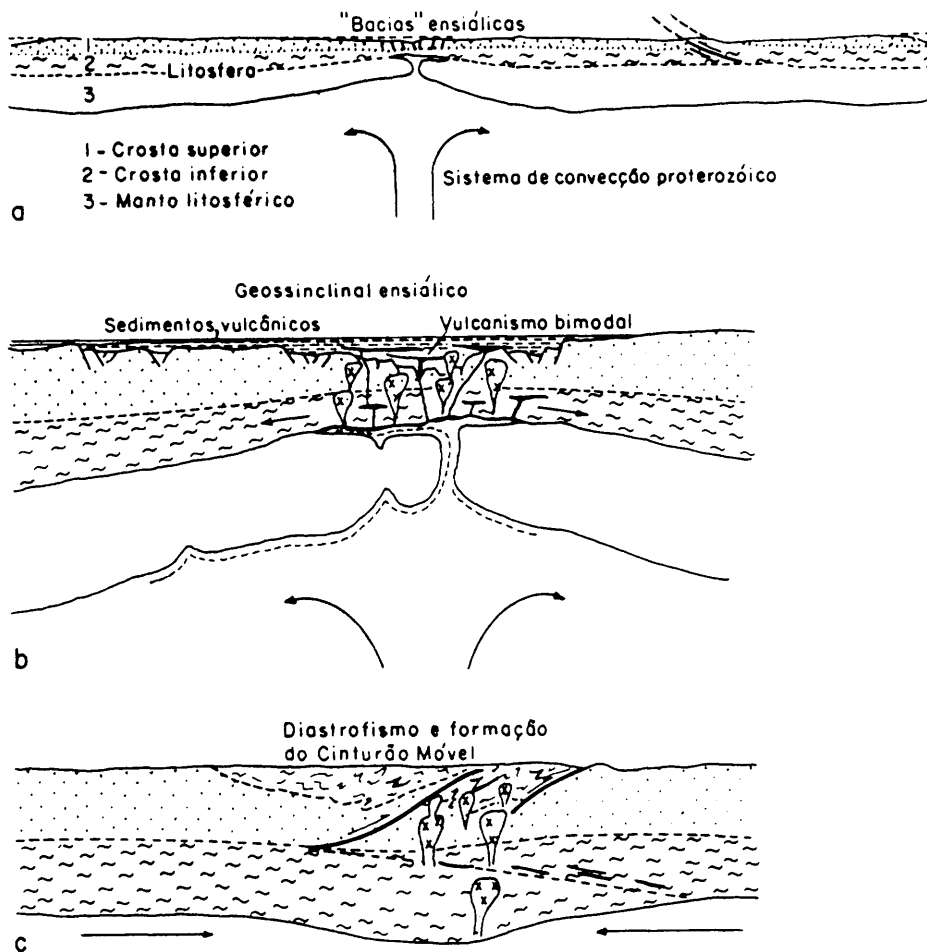


Fig. 11 - Modelo de orogênese ensiânica para o Proterozóico Inferior e Médio, de Kröner, 1981.

- Distorção interna e enfraquecimento da litosfera, formação de "bacias", sulcos, etc. sobre diápiros astenolíticos. Instabilidade implanta-se, inicia-se delaminação.
- Colocação de magma máfico quente sob a crosta, fundindo sua porção inferior, criando diferenciados magmáticos. O aquecimento demasiado da parte subcrustal da litosfera completa a delaminação.
- Com o resfriamento do manto litosférico - após a passagem da pluma - processa-se a subducção do tipo A. A espessura crustal é restaurada por forte compressão horizontal tanto na crosta inferior (cavalgamentos, subfluência), como na superior (cinturão móvel).

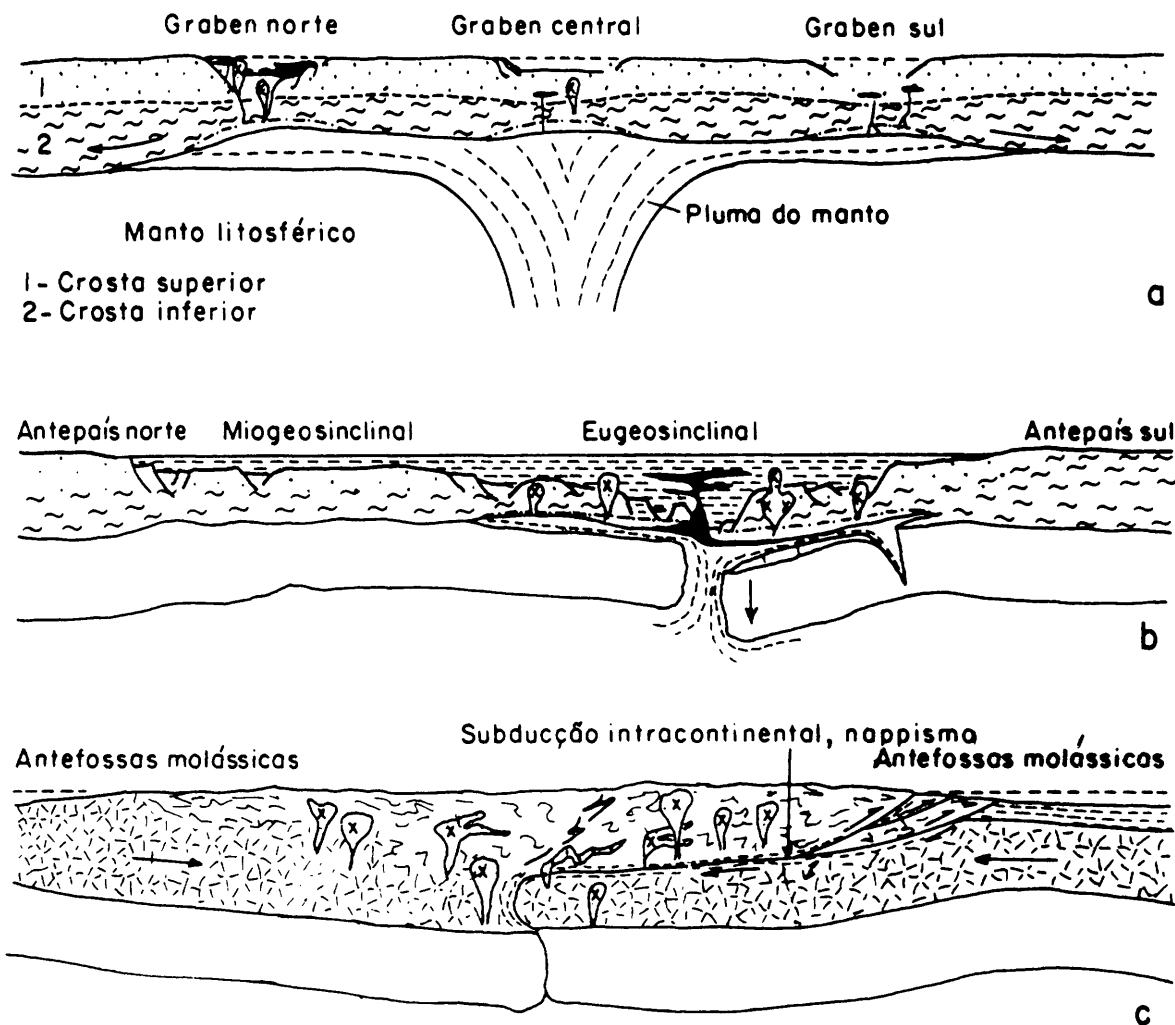


Fig. 12 - Evolução de cinturões móveis do Proterozóico Superior (Damara) como regime tectônico transitório ao atual, segundo Kröner, 1982.

- Ascensão de pluma do manto. Espalhamento dúctil da crosta inferior e fusão parcial na sua base. Afinamento e fraturamento da crosta superior, com formação de grabens, sedimentação de clásticos, etc. Vulcanismo e plutonismo.
- Inseminação de material astenosférico (mais leve) na base da crosta, com delaminação e afundamento do manto litosférico. Início de subducção continental. Magmatismo toleítico, intrusivo e extrusivo.
- A parte delaminada é arrastada para baixo, causando forte convergência dentro do manto litosférico. O encurtamento crustal é intenso, com subducção intracontinental, retrabalhamento do embasamento, plutonismo, empurrões, nappismo, etc. Formação no final de antefossas molássicas.

geológico, maior consistência de junção crosta/manto foi alcançada. A delaminação é considerada de ocorrências mais difícil (Hargraves, 1981), mas não impossível, conforme alguns exemplos já discutidos.

A inviabilidade de subducção da litosfera continental foi uma das premissas iniciais de Tectônica de Placas, contrastada à fácil subducção de litosfera oceânica. Assim, a colisão continente-continente foi sempre idealizado como cenário final do fechamento de bacias oceânicas.

Dewey e Burke (1973) na tentativa de explicar as atividades tectono-magmáticas intra-placas, ditas de reativação, apelaram para colisão continente-continente, citando exemplos no Variscano, no Tibete e no Grenville. O espessamento exagerado do continente colidente condicionaria a fusão parcial da crosta inferior (impelida para quadrijentes térmicos mais elevados), gerando magmatismo cálcio-alcalino; ao mesmo tempo fusões parciais seriam produzidas na parte oceânica da litosfera já consumida (anortositos, gabros, etc). A ascensão deste materiais responderiam por eventos magmáticos, tectônicos e isotópicos impostos às áreas relativamente distantes da zona de suturas.

Ainda hoje, este tipo de raciocínio é muito utilizado, no Brasil e fora deles, pelos "mobilistas", buscando zonas de suturas ("alucinossuturas") imaginárias, sempre que se deparam com zonas pré-cambrianas diversamente retrabalhadas e/ou acrescidas.

Como já mencionado em 1977, Kröner (1977 a e b) e Martin e Porada (1977) advogaram processos "ensialicos" de desenvolvimento tectono-orogênético, e estes últimos autores propuseram um modelo embrionário para o fenômeno, envolvendo subducção de litosfera continental (Fig. 10).

Neste mesmo ano, Toksöz e Bird (1977) modelaram colisão continental, com subducção, para observar os fenômenos associados de aquecimento e fusão. Definiram 3 estágios na evolução do processo (Fig. 13).

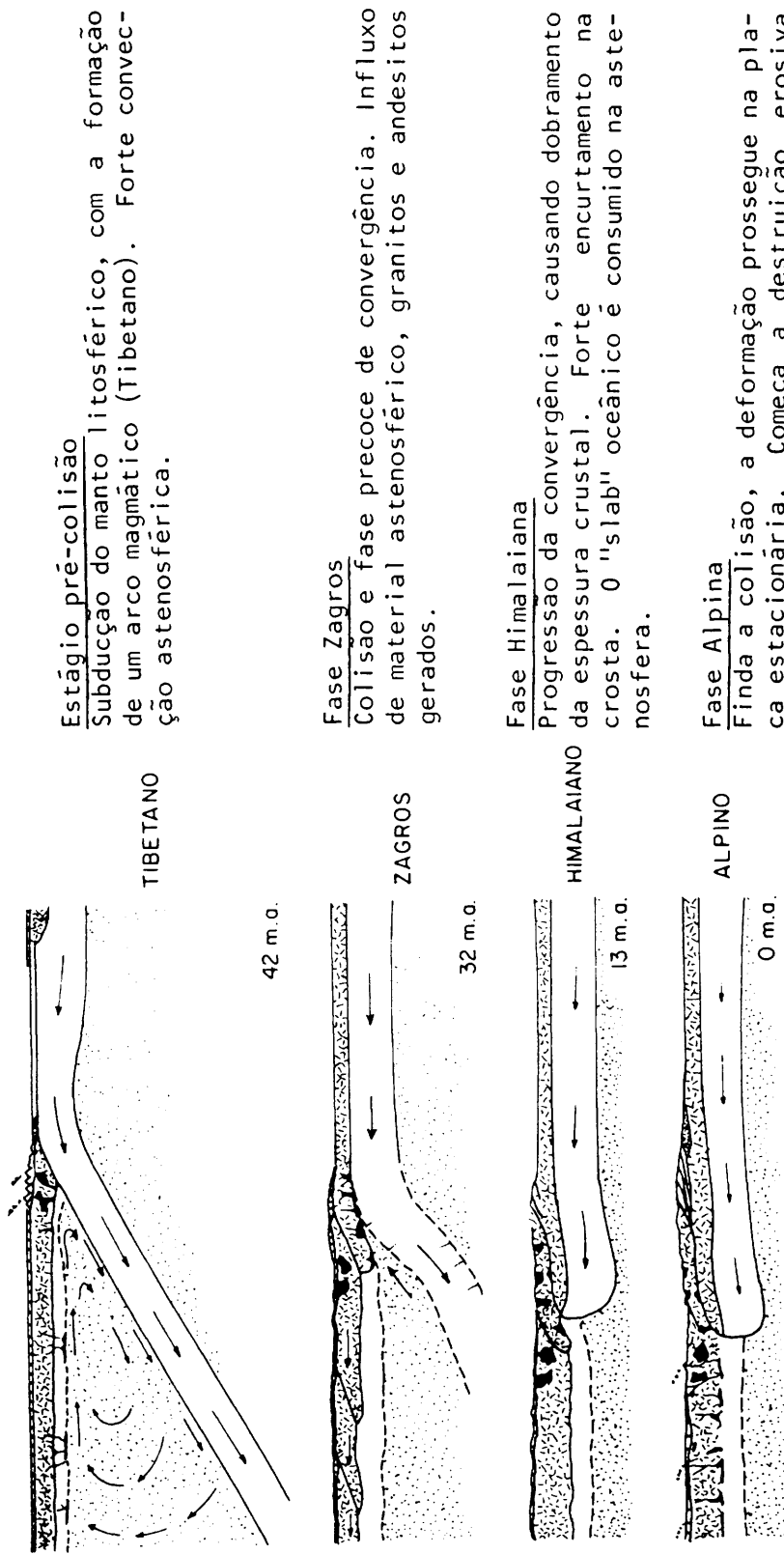


Fig. 13 - Seções esquemáticas mostrando as fases evolutivas de uma colisão continental, levando a subducção intracontinental (segundo Toksöz e Bird, 1977)

a) Zagros - começa com a subducção da placa oceânica e termina com o início da subducção continental. O calor de fricção pode gerar granitos. Começa a delaminação na placa convergente.

b) Himalaiano - desenvolve-se a subducção continental, consoante espessamento dos níveis crustais por cavalgamento de baixo ângulo. Delaminação completa do manto litosférico do continente convergente. Granitos formados com a ascensão astenosférica.

c) Alpino - termina a subducção, mas a deformação prossegue, e pode ocorrer ainda metamorfismo. A espessura da crosta é duplicada pelos processos de cavalgamento. Começa a destruição erosiva das zonas cavalgadas.

No ano de 1978, Bird, tendo o Himalaia como base, avançou com modelos (numéricos e analógicos) sobre o processo de delaminação e suas conseqüências mecânicas e termais, procurando vincular o encurtamento crustal (100-400 km), o metamorfismo, a formação de granitos e a velocidade da subducção (Fig. 8). Estabeleceu adicionalmente ainda diversas causas isoladas ou conjuntas para a delaminação, como a instabilidade expontânea do manto litosférico mais denso, a tensão exercida pela porção de litosfera oceânica em subducção, a torção causada pela rotação da litosfera oceânica, etc.

Molnar e Gray, em 1979, voltaram a analisar fisicamente a subducção continental. admitiram que a parte litosférica do manto é densa o suficiente para arrastar consigo a parte inferior da crosta; e que a força de uma placa oceânica em subducção é de ordem e magnitude suficiente para arrastar consigo margens continentais. Se em alguns casos a porção crustal pode permanecer intacta, em outros casos, penínsulas, pequenos continentes, saliências continentais, etc... podem ter sido submetidos à completa subducção (dezenas e centenas de quilômetros de crosta continental). Com ou sem subducção há forte retrabalhamento da crosta continental nestas circunstâncias.

7. EXCERTOS CONCLUSIVOS

a) A Geotectônica tem vivido, desde as suas mais remotas origens, e se revitalizado, sob o signo do debate das teorias e modelos versando sobre organização, sucessão e causas dos movimentos tectono-orogênicos. Este trato com teorias e modelos é considerado como passo inerente, importante e profícuo da pesquisa científica em Geotectônica, seu cultivo deve ser estimulado.

b) Em Geotectônica, o engajamento na cadeia "fato geológico - problema - hipóteses - leis científicas - teorias e modelos" raramente foi feito na ordenação sistemática pretendida pela Metodologia Científica. De um modo geral, também, nem sempre os elos estão com os pesos reais desejados, e o desequilíbrio entre eles, uma constante difícil de superar.

c) Todas as teorias (e seus modelos) na Geotectônica, ao seu tempo, modo, peso, nível e circunstâncias favoreceram (e/ou favorecem) o conhecimento geológico, no seu todo, ou numa seara particular de progresso. Em todas elas, o problema de encontrar a causa das várias feições geodinâmicas conhecidas permanece não resolvido, nem equacionado. E esta afirmação é válida nos dias atuais.

d) Há muitos problemas geológicos acima das hipóteses e teorias, das fases iniciais da Terra aos dias atuais. Por mais farta que seja a imaginação, e por maior que tenha sido o conhecimento técnico-científico acumulado, persiste uma série de problemas, não compreendidos de todo, não equacionados nem cercados com suficiência, sequer por uma hipótese substancial que se possa testar em futuro próximo.

e) Nenhuma teoria é completa ou explica com suficiên-

cia todos os fenômenos geológicos e movimentos tectônicos observados; nas margens como no interior dos continentes e oceanos. A predominância de um tipo de movimento não exclui os outros. Por outro lado, a observação dos fenômenos geotectônicos ao longo do tempo geológico torna imprescindível considerar modificações importantes e irreversíveis na seqüência das causas geodinâmicas.

f) Os aspectos ligados à teoria geossinclinal, nas suas diferentes escolas, subsidiaram o desenvolvimento formidável das disciplinas geológicas como um todo, ao longo de menos 100 anos. Ainda hoje, dentro deste conceito, existem méritos não substituíveis, quanto à ordenação de processos, nomenclatura, regionalização geotectônica, etc. Embora seja uma teoria do passado, de fato, a sua importância não está ultrapassada, e o reconhecimento dos seus méritos é tema irrecorrível.

g) O conceito de Tectônica das Placas, convergência de três teorias de tectônica global, revolucionou as Ciências da Terra, desde sua aparição em 1960. Nenhuma disciplina das geociências ficou indiferente a sua presença, e isto constitui um marco no conhecimento científico. Mas, não é um conceito completo e intocável. Mesmo no conceito atual dos processos geodinâmicos há dezenas de assunções básicas discutíveis, inclusive com alternativas francamente paradoxais.

h) As tentativas de conciliação entre a paleogeografia geossinclinal "imaginada" pelos autores clássicos e o atual cenário geográfico-geotectônico (continentes, oceanos, margens, etc.) constituem um exercício viável até certo ponto. Nos detalhes, as subdivisões geossinclinais passam a ser manipulação artificial, de prática discutível. A introdução de muitos termos compostos (prefixos e sufixos na velha raiz geossinclinal) torna o produto final complicado e de uso muito difícil.

i) Os modelos - de várias fontes - para a formação de cinturões móveis e orogenias em geral, são sempre aproximações simplistas de uma realidade complexa. Mesmo para os clássicos orógenos fanerozóicos (e neoproterozóicos), berço de todos os modelos, à medida que o conhecimento geológico cresce, maiores exigências se fazem necessárias. Composição de movimentos complexos e arranjos de história bem mais variadas são necessariamente evocados, modificando e remendando os modelos ditos paradigmas.

j) As dificuldades de ajuste entre os modelos em geral e o cenário geológico de campo crescem com o remontar no tempo geológico e com a escala de análise. Essencialmente, os modelos para os cinturões móveis eo-proterozóicos e para os terrenos "granito-greenstone" do Arqueano, por exemplo, permanecerão como matéria fértil de debate por um futuro muito extenso e indeterminado. As perspectivas de conciliação e entendimentos entre as propostas presentes são muito remotas.

l) No século atual, como problema a considerar, a retórica da discussão, o radicalismo de posições entre fixistas e mobilistas, e facções colaterais (válidos e compreendidos como fase da evolução dos conhecimentos) chegaram a postergar sobremaneira o reconhecimento de alguns caminhos/observações comuns, e mesmo a convergência de certos fatos geológicos. A partir de 1977, como tônica do tempo a advir, cada vez mais estes caminhos/observações consensuais devem ser percorridos.

m) Há uma terceira via emergente, que utiliza e concilia algumas interpretações ditas "fixista e mobilista" ou ainda "atualista" e "não atualista", reunindo vários aspectos consensuais desses conceitos em litígio. Adicionalmente considera-se que a composição e as condições físico-químicas da litosfera e do manto têm evoluído de forma irreversível e unidirecional atra

- BALLY, A.W. (1981) Thoughts on the tectonics of folded belts. In: K.R.McClay & N.J.Price (eds.) Thrust and nappe tectonics. Londres, Geol.Soc.London, p.13-22.
- BALLY, A.W. & SNELSON, S. (1980) Realms of subsidence. Can. Soc.Petrol.Geol.Mem., 6:1-94.
- BARAZANGI, M. & DORWIN, J. (1969) World seismicity map of coast and geodetic survey spicenter. Bull.Seismol.Soc.Am., 59:369-380.
- BELOUSSOV, V.V. (1965) Basic problems in Geotectonics. New York, McGraw Hill, 801p.
- BELOUSSOV, V.V. (1968) An oper letter to J.Tuzo Wilson.Geotimes, 13(10):17-19.
- BIRD, P. (1978) Initiation of intracontinental subduction in the Himalaya. Journ.Geoph.Res., 83:4975-4987.
- BIRD, P. (1979) Continental delamination and the Colorado Plateau. Journ.Geoph.Res., 84:7561-7571.
- BRANCAZIO, P.J. (1964) Convecion in the Earth's mantle. In: P.Cloud (ed.) Adventures in earth history. S.Francisco, W. H.Freeman, p.271-276.
- BRITO NEVES, B.B. & HASUI, Y. (1984) Tectonic regimes in the proterozoic of Brazil. Symp.L-10, 27? Intern.Geol.Congr., Moscou, 1984 (em impressão).
- BROSS, I.D.I. (1976) Los modelos. In: Documentos de Proyecto Panamá-Venezuela, OEA, 1976 (Circ.rest.).

vês do tempo geológico. Os fatos geológicos serão considerados nestas condições e acima de dogmas e postulados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLÈGRE, C. (1982) Les premiers jours de la terre. Pour la Science, 51:72-88.
- AMPFERER, O. (1906) Uber das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb.Geol.A.Anst., 56:539-622.
- ANDERSON, D.L. (1984) The earth as a planet: paradigms and paradoxes. Science, 223:347-355.
- ANHAEUSSER, C.R. (1975) Precambrian tectonic environments. Ann.Rev.of Earth Planet.Sci, Lett., 3:31-53.
- AUBOUIN, J. (1965) Geosynclines (development in geotectonics, 1). Amsterdam, Elsevier, 335p.
- AUBOUIN, J. (1980) De la tectonique des plaques à la gènese des chaines de montagens. Série Géologie de France, 10:163-180.
- AUBOUIN, J.; BROUSSE, R.; LEHMAN, J.P. (1968) Précis de Géologie, tome III tectonique, morphologie, le globe terrestre. Paris, Dunod, 550p.
- BALLY, A.W. (1980) Basins and subsidence - a summary. In: Dynamics of plate interior. Washington, Am.Geoph.Union, p.5-20.

- BUKHARIN, A.K. & PYATKOV, K.K. (1973) Eugeosynclinal, miogeosynclinal and transitional structures. *Geotectonics*, 2:86-89.
- CLOUD, P. (1970) *Adventures in the earth history*. S.Francisco, W.H.Freeman, 992p.
- CONDIE, K.C. (1982) *Plate tectonics & crustal evolution*. 2nd. ed., New York, Pergamon Press, 310p.
- COX, A. (1973) *Plate tectonics and geomagnetic reversals*. S.Francisco, W.H.Freeman, 702p.
- CROOK, K.A.W. (1969) Contrasts between Atlantic and Pacific geosynclines. *Earth Planet.Sci.Lett.*, 5:429-438.
- DALY, R.A. (1926) *Our mobile earth*. New York, Scribner's Sons, 342p.
- DENNIS, J.G. (1982) *Orogeny*. Pennsylvania, Hutchinson Ross Publ., 379p.
- DEWEY, J.F. (1969a) Continental margins: a model for conversion of Atlantic type to Andean type. *Earth Planet.Sci.Lett.*, 6: 186-197.
- DEWEY, J.F. (1969b) Evolution of the Appalachian / Caledonian orogen. *Nature*, 222:124-129.
- DEWEY, J.F. & BIRD, J.M. (1970a) Plate tectonics and geosynclines. *Tectonoph.*, 10:625-638.
- DEWEY, J.F. & BIRD, J.M. (1970b) Mountain belts and the new global tectonics. *Journ.Geoph.Res.*, 75:2625-2647.

- DEWEY, J.F. & BURKE, K. (1973) Tibetan, variscan and Precambrian basement reactivation, products of continental collision. J.Geol., 81:683-692.
- DICKINSON, W.R. (1971) Plate tectonics models of geosynclines. Earth Planet.Sci.Lett., 10:165-174.
- DICKINSON, W.R. (1974) Plate tectonics and sedimentation. In: Tectonics and sedimentation. Tulsa, Soc.Econ.Pal.Mineral. Sp.Publ., 22:1-27.
- DIETZ, R.S. (1961) Continent and ocean basin evolution by spreading sea floor. Nature, 190:854-857.
- DIETZ, R.S. (1963) Collapsing continental rises: an actualistic concept of geosynclines and mountain building. J.Geol., 71: 314-333.
- DIETZ, R.S. & HOLDEN, J.C. (1966) Miogeoclines in space and time. J.Geol., 74:566-583.
- DIETZ, R.S. & HOLDEN, J.C. (1974) Collapsing continental rises: actualistic concept of geosynclines - a review. In:R.H.Dott Jr. & R.H.Shaver (eds.) Modern and ancient geosynclinal sedimentation. Tulsa, Soc.Econ.Pal.Mineral.Sp.Publ., 19:14-25.
- DOLGINOV, Ye.A.; MORALOV, V.M.; PONIKAROV, V.P. (1973) Types of early precambrian structures geotectonics, 2:64-69.
- DRAKE, C.L. (1966) Recent investigations on the continental margin of eastern United States. Can.Geol.Surv.Paper, 66/15: 33-47.

- DRAKE, C.L.; EWING, J.I.; STOCKARD, H.P. (1968) The continental margin of the Eastern United States. Can.Journ.Earth Sci., 5:993-1010.
- DU TOIT, A.L. (1937) Our wandering continents. Londres, Oliver and Boyd, 366p.
- HARGRAVES, R.B. (1981) Precambrian tectonic style: a liberal uniformitarian interpretation. In: A.Kröner (ed.) Precambrian plate tectonics, Amsterdam, Elsevier, p.21-56.
- HESS, H.H. (1962) History of ocean basins. In: P.Cloud (ed.) Adventures in earth history. S.Francisco, W.H.Freeman, p.277-292.
- HOFFMAN, P.; DEWEY, J.F.; BURKE, K. (1974) Aulacogens and their genetic relation to geosynclines, with a proterozoic exemple from Great Slave Lake, Canada. In: R.H.Dott Jr. & R.H.Shaver (eds.) Modern and ancient geosynclinal sedimentation. Tulsa, Soc.Econ.Pal.Mineral. Sp.Publ., 19:38-55.
- HOLMES, A. (1931) Radioactivity and earth movement. Geol. Soc.Glasgow Trans., 18:559-606.
- HOLMES, A. (1944) Principles of physical geology. 1st.ed., Londres, Thomas Nelson, 532p.
- HOLMES, A. (1965) Principles of physical geology. 2nd.ed., New York, Ronald, 532p.
- HSU, K.J. (1979) Thin skinned plate tectonic during Neo-Alpine orogenesis. Am.Jour.Sci., 279:353-366.

- HURLEY, P.M. (1968) The confirmation of continental drift. *Scient.Am.*, 218(4):52-64.
- HURLEY, P.M. (1972) Can the subduction process of mountain building be extended to Pan-African and similar orogenic belts? *Earth Planet.Sci.Lett.*, 15:305-314.
- ISAAKS, B.L.; OLIVER, J.; SYKES, L.R. (1968) Seismology and the new global tectonics. *Journ.Geoph.Res.*, 73:5855-5900.
- KAY, M. (1951) North American geosynclines. *Geol.Soc.Am. Memoir*, 48, 143p.
- KHAIN, V.Ye. (1974) Modern ideas on cause and mechanism of tectogenesis. An experiment in critical analysis and conclusions. *Int.Geol.Rev.*, 16(2):169-179.
- KHAIN, V.Ye. & SHEYNMANN, Yu.M. (1962) Hundredth anniversary of the geosynclinal theory. *Int.Geol.Rev.*, 4(2):166-195.
- KOBER, L. (1921) *Der Bau der Erde*. Berlin, Gerbrüder Bornträger, 500p.
- KRÖNER, A. (1977a) Precambrian mobile belts of southern and eastern Africa. Ancient sutures or sites of ensialic mobility? A case for crustal evolution towards plate tectonics. *Tectonoph.*, 40:101-135.
- KRÖNER, A. (1977b) The precambrian geotectonic evolution of Africa: plate accretion versus plate destruction. *Precamb. Res.*, 4:163-213.
- KRÖNER, A. (1981) Precambrian plate tectonics. In: *Precambrian plate tectonics*. Amsterdam, Elsevier, p.21-56.

- KRÖNER, A. (1982a) Archean to early proterozoic tectonics and crustal evolution: a review. *Rev.Bras.Geoc.*, 12(1/3):15-31.
- KRÖNER, A. (1982b) Rb-Sr geochronology and tectonic evolution of the Pan-African Damara belt of Namibia, Southwestern Africa. *An.Journ.Sci.*, 282:1471-1507.
- LE PICHON, Y. (1968) Sea floor spreading and continental drift. *Journ.Geoph.Res.*, 73:3611-3697.
- LE PICHON, Y.; FRANCHETEAU, J.; BONIN, J. (1973) *Plate Tectonics*. New York, Elsevier, 300p.
- LEVIN, H.L. (1978) *The earth through time*. Philadelphia, W. B.Saunders, 529p.
- MARROV, M.S.; MOSSAKOVSKIY, A.A.; PUSHCHAROVSKIY, Yu.M.; KHOMIZURI, G.P.; SHTREYS, N.A. (1974) Main premises of the theory of geosynclines in the work of scientists at the USSR Academy of Sciences. *Geotectonics*, 3:137-141.
- MARTIN, H. (1983) Alternative geodynamic models for the Damara orogeny. A critical discussion. In: H.Martin & F.W.Eder (eds.) *Intracontinental Fold Belts*. Berlin, Springer Verlag, p.913-941.
- MARTIN, H. & EDER, F.W. (1983) *Intracontinental Fold Belts*. Berlin, Springer Verlag, 945p.
- MARTIN, H. & PORADA, H. (1977a) The intracratonic branch of the Damara orogen in South West Africa. I. Discussion of Geodynamic models. *Precambr.Res.*, 5:311-338.

- MARTIN, H. & PORADA, H. (1967b) The intracratonic branch of the Damara orogen in South West Africa. II. Discussion of relationships with the Pan-African Mobile Belt System. *Precambr.Res.*, 5:339-357.
- MASSON, H. (1976) Un siècle de géologie des Préalpes: de la recherche de leur dynamique. *Eclog.Geol.Helv.*, 69(2):527-575.
- McKENZIE, D.P. & PARKER, R.L. (1967) The North Pacific: an example of tectonics on a sphere. *Nature*, 216:1276-1280.
- MENARD, H.W. (1964) Marine geology of the Pacific. New York, McGraw Hill, 271p.
- MEYERHOFF, A.A. (1970) Continental drift: implications of paleomagnetic studies, meteorology, physical oceanography and climatology. *J.Geol.*, 78:1-51.
- MEYERHOFF, A.A. (1972) The new global tectonics, major inconsistencies. *Am.Assoc.Petrol.Geol.Bull.*, 56:269-336.
- MITCHELL, A.M. & READING, H.G. (1969) Continental margins, geosynclines and ocean floor spreading. *J.Geol.*, 77:629-646.
- MOLNAR, P. & GRAY, D. (1979) Subduction of continental lithosphere: some constraints and uncertainties. *Geology*, 7:58-62.
- MORET, L. (1967) Précis de géologie. 5^{ème} ed., Paris, Masson et Cie., 680p.
- MORGAN, W.J. (1968) Rises, trenches, great faults and crustal blocks. *Journ.Geoph.Res.*, 73:1959-1982.

- MYASHIRO, A.; KEITI, A.; SENGÖR, A.M.C. (1982) Orogeny. New York, J.Wiley, 242p.
- OXBURGH, E.Z. (1972) Flake tectonics and continental collision. Nature, 239:202-204.
- PAVLOVSKIY, Ye.V. (1976) Origin and evolution of the continental Crust. Geotectonics, 9(6):333-340.
- PIPER, J.D.A. (1976) Paleomagnetic evidence for a proterozoic super-continent. Royal Soc.London Phil.Trans.Serv., A-280: 469-490.
- RAFF, A.D. & MASON, R.G. (1961) Magnetic survey of the west coast North America, 40^oN to 52 1/2 N. Geol.Soc.Am.Bull., 72: 1259-1265.
- RAMON Y CAJAL, S. (1979) Regras e conselhos sobre a investigação científica. (Trad. Achilles Lisboa). 3ªed., São Paulo, T.A.Queiroz Ltda., 176p.
- REUTER, K.J. & CLOSS, H. (1980) Lithospheric split in the descending plate: observations from the Northern Apennines. Tectonoph., 64:T1-T9.
- SALOP, L.J. (1977) Precambrian of the Northern Hemisphere. Amsterdam, Elsevier, 360p.
- SHACKLETON, R.M. (1976) Pan-African structures. Phil.Trans. R.Soc., London, A-280:491-497.
- SOUZA, A.J.M. (1978) Iniciação à lógica e à metodologia da ciência. São Paulo, Ed.Cultrix, 180p.

- STAHL, M.M. (1977) Planejamento didático. Uma tentativa de modelo. Depto.Ed.PUC-RJ, Rio de Janeiro. Seminário pós-graduação, 33p. (datil.) (Circ.rest.).
- STAUB, R. (1924) Der Bau der Alpen. Beitr.Geol.Karte Schweiz, 52:2-72.
- STILLE, H. (1910) Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. Jahresb. Nierdersächs Geol.Ver., 3:141-170.
- STILLE, H. (1955) Recent deformations of the earth's crust in the light of these earlier epochs. Geol.Soc.Sp.Paper, 62:
- SYKES, L.R. (1966) The seismicity and deep structure of island arcs. J.Geoph.Res., 71(12):2981-3006.
- SYKES, L.R. (1967) Mechanism of earthquakes and nature of faulting on the mid-oceanic ridges. J.Geoph.Res., 72(8): 2131-2153.
- TAYLOR, F.B. (1910) Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan. Geol.Soc.Am.Bull., 21:179-226.
- TOKSÖZ, M.N. & BIRD, P. (1977) Modelling of temperatures in continental convergence zones. Tectonoph., 41:181-193.
- VINE, F.J. (1966) Spreading of the ocean floor - new evidence. Nature, 216:1276-1280.
- VINE, F.J. & MATHEWS, D.H. (1963) Magnetic anomalies over oceanic ridges. Nature, 199:947-949.

- WEBER, K. & BEHR, H.J. (1983) Geodynamic interpretation of the mid-european variscides. In: H.Martin & F.W.Eder (eds.) Intracontinental Fold Belts. Berlin. Springer Verlag, p427-458.
- WILSON, J.T. (1965a) A new class of faults and their bearing on continental drift. Nature, 207:343-347.
- WILSON, J.T. (1965b) Transform faults, oceanic ridges and magnetic anomalies southwest of Vancouver Island. Science, 150:482-485.
- WILSON, J.T. (1968) A revolution in earth sciences (with a reply to V.V.Belousov). Geotimes, 13:10-16 e 20-22.
- WINDLEY, B.F. (1979) The evolving continents. Chichester, J.Wiley, 385p.
- WINDLEY, B.F. (1981) Precambrian rocks in the light of the plate tectonics concept. In: A.Kröner (ed.) Precambrian plate tectonics. Amsterdam, Elsevier, p.1-20.
- WYLLIE, P.J. (1971) The dynamic earth. New York, J.Wiley, 416p.
- WYNNE-EDWARDS, H.R. (1972) The Grenville province. In: R.A. Price & R.W.Douglas (eds.) Variations in tectonic styles in Canada. Geol.Ass.Can.Sp.Paper, 11:263-334.
- WYNNE-EDWARDS, H.R. (1976) Proterozoic ensialic orogenesis: the millipede model of ductil plate tectonics. J.Sci., 276: 927-953.

ZONENSHAYIN, L.P. (1967) Tectonics of the folded regions of Central Asia (the structural patterns of geosynclinal regions). Geotectonics, 6:356-365.

ZONENSHAYN, L.P. (1968) Paleozoic structures of the folded belt of Central Asia and their comparison with middle european paleozoides. XXIII Int.Geol.Congr., Praga, Anais, 9:305-312.

ZWART, H.J. (1967) The duality of orogenic belts. Geol.en Minj., 46(8):283-309.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES - BOL.IG-USP, SÉRIE DIDÁTICA

VERSÃO PRELIMINAR

O trabalho poderá ser encaminhado ao Conselho Editorial, CE, para avaliação em três cópias datilografadas seguindo as normas rotineiras para trabalhos científicos. O trabalho, após aceitação pelo CE, deverá ser redatilografado conforme normas abaixo.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho deverá ser organizado da seguinte maneira: Título, nomes e sobrenomes do(s) autor(es), titulação e filiação (seguidos de endereçamento postal), o texto propriamente dito, agradecimentos e Referências Bibliográficas.

TEXTO

O trabalho deverá ser datilografado para reprodução pelo método "off-set", em máquina elétrica IBM (ou similar), fita de polietileno, esfera "artisan" (ou similar), pitch "10", intervalo entre linhas de 1,5 espaços, somente de um lado, em papel A4 (21x29,7cm), com margem na parte superior de 5,7 cm, na parte inferior de 2,5 cm, na margem esquerda de 3 cm e na margem direita de 2 cm. O texto deverá ter 16 cm de largura (cada linha com 63 toques) e 21,5 cm de altura (num total de 34 linhas). Entre os parágrafos, deverá ser usado intervalo idêntico de 1,5 linhas. Cada parágrafo deverá ter início no 11º intervalo (após 10 toques).

O texto deverá ter entre 50 e 200 folhas datilografadas, incluindo figuras, mapas, etc..

O texto enviado pelo correio deverá estar protegido por capa de papelão. Em sua versão final deverão ser enviados original e uma cópia.

INTRODUÇÃO E SUBTÍTULOS

Todo trabalho deverá iniciar-se com um INTRODUÇÃO (datilografada em letras maiúsculas), junto à margem esquerda, e será o item "1". Cada item adicional deverá ter numeração sequencial ("2", "3", etc.), com subtítulos ordenados da mesma maneira sequencial, até o máximo de 02 (dois) subtítulos. Exemplo:

1. INTRODUÇÃO
2. ESTUDOS PRÉVIOS
 - 2.1. Trabalhos geológicos regionais
 - 2.1.1. Evolução geológica

FIGURAS E TABELAS

Todas as figuras deverão ser apresentadas em seus originais (papel vegetal com tinta nanquin, ou impressão em papel opaco), numeradas a lápis. Cada figura deverá conter todas as informações necessárias e desenhadas para permitir, a critério do autor, 50% de redução máxima. As figuras poderão estar inseridas no texto, ou reunidas em folhas separadas. No primeiro caso, deixar espaço suficiente para a figura (reduzida ou não) e respectiva legenda. No segundo, datilografar a legenda (ou legendas, se a folha reunir mais de uma figura), em papel sulfite A4, deixando espaço para a figura (ou figuras), conforme modelo:

FIGURA 1. Mapa geral de localização da área pesquisada (conforme ELLERT et al., 1959).

Obs.: Deixar 1,5 espaços entre as linhas da legenda.

As tabelas deverão ser claras e auto-explicativas. Deverão apresentar o título centrado, na parte superior, conforme indicado:

TABELA 14. Quimismo de granitóides da Faixa Ribeira (em parte, segundo WERNICK et al., 1984).

Obs.: Deixar 1,5 espaços entre as linhas de legenda.

Informações ao final da tabela deverão ser resumidas ao máximo, com o objetivo de poupar espaço.

Tabelas compridas deverão ser datilografadas em duas, ou mais folhas, cada uma mostrando à margem esquerda superior a respectiva identificação. Ex.:

TABELA 2 - continuação.

As Tabelas poderão ser datilografadas com vistas à redução máxima de 36%, a critério do autor. Nesse caso, o tamanho já reduzido deverá corresponder ao mesmo do Texto.

Figuras e Tabelas deverão ser mencionadas no texto, como indicado:

"... como demonstrado na Figura 2 e pelos dados da Tabela 3 ..." ou "... dados e ilustrações já resumidos previamente (ex.: Figura 3, Tabela 4).

MAPAS

Serão apresentados com dimensão máxima de 32x43cm (para serem reduzidos até 50%), não sendo aceitos encartes. Os mapas devem ter obrigatoriamente escala gráfica. Mapas de localização (ex.: cidades, rios, etc.) devem conter referências a paralelos e meridianos. Os mapas devem ser auto-explicativos aparecendo com todas as legendas internas necessárias para sua compreensão. A critério do autor, mapas mais simples podem conter as informações nas legendas. Os mapas serão numerados sequencialmente como Figuras. (ex.: "FIGURA 4 - mapa de detalhe da região de São João Del Rei, MG.")

EQUAÇÕES

O primeiro símbolo da equação aparecerá cinco toques após a margem esquerda, e as equações serão numeradas sequencialmente, com números entre parêntesis; ex.: (2), (3). Usar espaços duplos antes e depois de cada equação. Mencionar as equações no texto, da seguinte maneira: "avaliação da densidade pela equação (2) fornece ..."

FOTOGRAFIAS

Fotografias de objetos (ex.: afloramentos de rochas, texturas, etc.) devem ser evitadas. Em caráter excepcional, o CE autorizará a inclusão de fotografias no texto e, nesse caso, enviará, após consulta aos autores, instruções para a sua preparação.

NOTAS DE RODAPÉ

Não serão aceitas notas de rodapé. Chamadas e explicações adicionais deverão aparecer no texto (ex.: colocadas entre parêntesis).

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos serão colocados após o texto, antes das Referências Bibliográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Deverão seguir as normas indicadas nos exemplos citados. No texto, as referências deverão aparecer da seguinte maneira: "... diferentes portanto dos basaltos oceânicos (Turner, 1971; Yoder & Tilley, 1962; Carmichael et al., 1974)" ou "... como sugerido por O'Hara (1967), Yoder e Tilley (1962) ...". Quando houver dois autores, usa-se "&" entre os nomes; quando dois ou mais, usa-se "et al."

Quando da relação final das Referências Bibliográficas (ao término do trabalho), todos os nomes deverão ser citados; quando dois autores, separados por "&"; quando três ou mais autores todos os nomes separados por ";" (inclusive o último). A primeira linha de cada referência deverá ser iniciada junto à margem esquerda e as demais linhas de uma mesma referência, abaixo da 4ª letra do nome do primeiro autor. Seguem alguns exemplos.

ARTIGOS

TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. (1979) Caracterização das províncias geocronológicas da Amazônia. An.Acad.brasil.Ciênc., 51:777-778.

RESUMOS

VALARELLI, J.V.; BELLO, R.M.S.; SCHULTZ, R.A.; COUTINHO, J.M.V. (1980) Partition des metaux bivalents entre minéraux manganésifères de deux protos métamorphiques brésiliens. XXVI Intern.Géol.Congr., Paris, França, Abstracts, 3:1025.

ARTIGOS PUBLICADOS EM EVENTOS CIENTÍFICOS

SVISERO, D.P.; HARALYI, N.L.E.; FEITOSA, V.M.N. (1982) Geologia e geofísica do kimberlito Sucuri, Monte Carmelo, Minas Gerais. XXXII Congr.Bras.Geol., Salvador, BA, Anais, 2:465-474.

LIVROS

SUGIIO, K. (1980) Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica. São Paulo, SP, Ed.Edgard Blücher Ltda./EDUSP, 500p.

CAPÍTULOS DE LIVROS

ROCHA CAMPOS, A.C. & HASUI, Y. (1981) Late Precambrian Salobro formation of Brazil. In: M.J.Hambrey & A.B.Harland (eds.) Earth's pre-Pleistocene glacial record, Cambridge Univ. Press, p.929-930.

TESES E TRABALHOS INÉDITOS

OLIVEIRA, S.M.B. (1980) Alteração intempérica das rochas ultrabásicas de Santa Fé, GO, e gênese de depósito níquelífero. [Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo]. 216p.