



Conceito de ciclo tectônico e questionamento do “Ciclo Transamazônico”

CONCEPT OF TECTONIC CYCLE AND A CRITICISM ON THE “TRANS-AMAZONIAN CYCLE”

BENJAMIM BLEY DE BRITO-NEVES

PROFESSOR SÊNIOR. INSTITUTO GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, S. PAULO, SP, BRASIL.

E-MAIL: BBLEYBN@USP.BR

Abstract: The discussion about tectonic cycles presents a long history of contributions from different thinking schools, as the mobilist vs. fixist models. This paper draws a brief summary of the complex history. Based on the revision, we consider a striking problem of the regional geology of the South American Platform basement, i.e., the adoption of the term Trans-Amazonian Cycle. Introduced in the history of the continent almost 60 years ago, the concept was supported by a few groups of Paleoproterozoic geochronological ages of reconnaissance scale (mostly K-Ar and Rb-Sr data). By that time, the number of geochronological ages was less than one thousand for the whole platform. Nowadays, based on a group of new and good geological facts and a better knowledge of the structural provinces, with a better geochronological support, we suggest that the Trans-Amazonian Cycle as proposed formerly must be discarded of the Brazilian geologic literature.

Resumo: O debate sobre ciclos tectônicos apresenta uma longa história de contribuições de diferentes escolas de pensamento, como os modelos mobilistas vs. fixistas. Este artigo traça um breve resumo da complexa história e, a partir da revisão, focaliza uma questão marcante da geologia regional do embasamento da Plataforma Sul-Americana: o problema da adoção do termo Ciclo Transamazônico. Ao ser introduzido na história do continente há quase 60 anos, o conceito baseou-se em alguns grupos de idades geocronológicas paleoproterozoicas, em escala de reconhecimento (principalmente dados K-Ar e Rb-Sr). Na época, o número de idades geocronológicas era inferior a mil para toda a plataforma. Hoje em dia, com base em um conjunto de novos e bons fatos geológicos e um melhor conhecimento das províncias estruturais, com melhor suporte geocronológico, sugerimos que o Ciclo Transamazônico, como originalmente proposto, deva ser descartado da literatura geológica brasileira.

Citation/Citação: Brito-Neves, B. B. (2022). Conceito de ciclo tectônico e questionamento do “Ciclo Transamazônico”. *Terra Didática*, 18 (Publ. Contínua), 1-24, e022002. doi: 10.20396/td.v18i00.8667074.

Keywords: Wilson Cycle, Intracontinental orogenies, Supercontinents Theory, Geosynclinal school, Mobilistics school.

Palavras-chave: Ciclo de Wilson, Orogenias intracontinentais, Teoria dos Supercontinentes, Escola Geossinclinal, Escola Mobilística.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 23/09/2021

Revised/Corrigido: 24/10/2021

Accepted/Aceito: 10/12/2021



Introdução

A discussão do tema ciclo tectônico atravessou o século passado, chega aos dias atuais, e promete alguns embates interessantes (já desenhados) para o futuro próximo. O tema obteve alocação frequente nos adeptos da Teoria Geossinclinal (várias escolas, norte-americanas, europeias e asiáticas), no século passado. E depois advieram novos embates com o advento da Tectônica de Placas (ciclo de Wilson, anos 1960-1970). E o tema promete ainda discussões para o futuro.

E. Suess, no seu clássico livro *Das Antlitz der Erde*, com a sua capacidade extraordinária de observador da Terra, previu o debate e sua continuidade (“*Essai de classification des Mouvements de L’Ecorce Terrestre*”: “...la diversité de las commotions terrestre est très grande, le phénomène, lui-même est très difficile”). Acrescente-se também, aqui, por ser oportuno, seu

descrédito precoce quanto aos geossinclinais (“eles não existem hoje, nem jamais existiram”).

As discussões sobre ciclo tectônico (e temas correlatos) apresentam história muito longa, com particularidades devido à existência de diferentes escolas de pensamento (mobilistas vs. fixistas). Neste artigo, o autor apresenta breve revisão sobre a história do conceito de *ciclo tectônico*, com a utilização remota do termo pelos geólogos da escola geossinclinal (1860 a 1990) e posteriormente pelos geólogos da escola mobilística (adeptos da Tectônica de Placas, 1960 em diante), ao se vincular “ciclo tectônico” ao chamado Ciclo de Wilson. Em seguida, daremos atenção a algumas propostas de revisões e modificações ao Ciclo de Wilson, tendo em vista novas observações sobre os processos de abertura e fechamento dos oceanos; ao mesmo tempo, chamaremos a atenção para recentes fatos

geológicos registrados sobre a presença de espécies intracontinentais de processos orogênicos (independentes dos domínios tectônicos oceânicos). Após as revisões e considerações adicionais ao tema, abordaremos um problema marcante da geologia regional do continente sul-americano, ao focalizar o problema do “Ciclo Transamazônico” para a discussão – o próprio termo e sua aplicação – dando-se destaque ao sentido de “Trans-Amazônico” implícito na denominação. O ciclo foi instituído na história paleoproterozóica do continente desde há 60 anos, com base, essencialmente, em um conjunto de idades geocronológicas, de escala de reconhecimento (o número total de idades existente era inferior a mil, para todo o continente). Hoje em dia, com base em uma série de novos e bons dados científicos, de bases geológicas e geocronológicas, podemos reconhecer que a designação desse ciclo extrapolou de longe o conceito e as pré-condições para consignação de um ciclo em Tectônica. Podemos concluir e comentar que a aplicação do termo deve ser descontinuada a partir de agora, pois provoca muitos problemas. O termo traz insinuações de correlações geológicas indevidas e outras questões de cronoestratigrafia. Enfim, é um termo cujo emprego deve ser descartado da literatura geológica brasileira. O que seria benéfico.

Certamente, a adoção de paradigmas muito diferentes (nas faixas dobradas dos continentes europeus e norte-americano sobretudo) foi uma causa de erros, mas não podemos deixar de falar na demanda de conhecimentos geológicos básicos e geocronológicos (naquela época e sempre). Além disso, os rigorosos requisitos do termo correlação (litologia, idade, posição na sequência, vide Krumbein & Sloss, 1963) não foram sempre seguidos, nem foram preocupação dos autores, muitas das vezes.

Neste trabalho, tentaremos confrontar as dissenções nas principais escolas de conhecimento que chegaram a ser consolidadas ao final do século. Depois discutiremos o problema sul-americano (geralmente importado de alhures), onde é (ainda) realmente flagrante a falta de dados (geológicos gerais, geocronológicos em particular), na apreciação de muitas faixas móveis. Buscaremos, rapidamente destacar e discutir sistematização dos ciclos tectônicos (pré-fanerozóicos) consignados na prática, em nosso continente. Devemos acrescentar aqui que, por várias razões, alguns dos ciclos tectônicos dantes criados/propostos (e.g. Ciclo “Minas”, “Uruçuano”, “Guriense”, “Jequié” etc.) – sem o respaldo de dados concretos – já foram descartados

com o avanço no conhecimento geológico, e porque o conceito de ciclo, quando evocado, é mais exigente do que a simples manipulação de números de procedência geocronológica preliminar (de pré-reconhecimento e/ou reconhecimento).

Devemos dizer que muitas das sistematizações anteriores (inclusive, algumas em uso) são marcadas pela falta de dados geológicos e geocronológicos seguros e ao apego desmedido a uma escola de conhecimento vigente. Aliás, essa não é característica única do problema de ciclos tectônicos. No mundo ocidental, no caso das associações litoestratigráficas, dispomos de um código internacional que, embora seja pouco conhecido e utilizado, é um recurso a ser perquirido nas dúvidas, embates e dissidências. No caso dos países europeus e da antiga União Soviética existe uma iniciativa de código pela Academia de Ciências, o que foi elogiável (Bogdanov et al., 1972, Bogolepov, 1974), mas que também não foi sempre obedecido, como teria sido de bom grado (mesmo nos tempos dos “geossinclinais”).

Adiantemos a definição de ciclo assumida naquelas oportunidades do século passado: Ciclo Tectônico, ou ciclo de tectogênese, como sendo o período decorrido durante a instalação, evolução de um geossinclinal até a cessação completa do processo em determinado segmento da crosta terrestre. No caso, o fim do ciclo seria caracterizado por um período de deformação importante (fases de dobramento ou tectogênese) usualmente dividido em fases, caracterizado pela posterior emergência tectônica (soerguimento). Observa-se e reitera-se enfaticamente, desde já, que: (a) nenhum ciclo foi proposto no passado apenas baseado em números geocronológicos, de qualquer ordem de valor; (b) os ciclos do Fanerozóico foram então (apenas) estimados em cerca de 150 Ma cada. As preocupações essenciais sempre foram os contextos vulcânico-sedimentares presentes, o magmatismo e os processos tectônicos causais.

Primeiramente, pleiteamos fazer uma discussão do conceito de ciclo tectônico, megaciclo e ciclo supercontinental, consoante seus pré-requisitos e tempos de aparecimento dos respectivos conceitos. Tentaremos rever o problema dos ciclos consoante diferentes escolas (clássicas) de pensamento, de diferentes continentes e países, no intuito de embasar uma discussão sobre Ciclo Transamazônico. Sobre este ciclo, no auge de sua concepção, destacamos Hurley et al. (1967), Almeida et al. (1973), Almeida (1971), Almeida (1978) Cordani (1968), Cordani et al. (1968), os quais não foram os úni-

cos, mas foram os trabalhos que mais amplamente disseminaram no nosso continente os termos/designações propostos. O proplado (indevido) uso do termo para todas as províncias estruturais brasileiras (pré-brasilianas e brasilianas, além de uso em países vizinhos) foi precipitado, e levou a erros. Reiteramos que isto baseou-se fundamentalmente em dados radiométricos de métodos de reconhecimento, com impressionante superestimação do fator tempo, então precariamente determinado. Percebemos que até hoje, mais de meio século depois das proposições e do advento da Tectônica de Placas, é muito difícil desfazer e erradicar (talvez até impossível) aquelas designações. Mesmo com a chegada de muitos dados novos, e mais confiáveis, de vários ramos das Geociências (radiométricos, inclusive).

Queremos chamar a atenção para que nosso continente é pós-Rodínia e pós-Gondwana, com muitas heranças paleoproterozoicas (do supercontinente Columbia). O estudo de sua evolução tectônica tem que ser iniciado e completado pelo estudo dos ciclos supercontinentais propostos para o final do Paleoproterozoico e tempos subsequentes. Depois, devemos pausadamente observar o final do Mesoproterozoico (Rodínia) e do Neoproterozoico (Gondwana), seus registros e marcas no continente.

No estudo das proposições supercontinentais existentes na bibliografia, há muitas dissensões e contraposições (e propostas alternativas). Por exemplo, na situação do Bloco Amazônico, Rio de La Plata (este, às vezes até nem sequer inserido nos esquemas), Cráton do São Francisco etc. É sempre bom lembrar que são propostas – hipóteses –, não são leis científicas (somente Pangea já poderia assim ser considerado). Ao falar das reconstituições de continentes/supercontinentes, é necessário vigiar a fonte de dados e o autor (pois nem sempre há consenso), além de lembrar que em todos eles há expressiva falta de dados geológicos, radiométricos, paleomagnéticos etc. Nesse tema, a atualização é sempre imprescindível.

É bom adiantar desde já que os ciclos propostos na escola geossinclinal (pré-1990) são extremamente discutíveis. Para paradigmas diferentes, certamente a noção de ciclo e sua concepção passaram a ser um pouco diferentes caso a caso, mas houve sempre respeito aos contingentes litoestratigráficos preservados, e o fator dado radiométrico vinha sempre em plano secundário.

O “Ciclo de Wilson” das escolas mobilistas/plaquistas (Burke & Dewey, 1975) foi e é um grande

passo, que agora está apresentando também alguns questionamentos (certo simplismo passou a ser reconhecido; vide Dalziel & Dewey, 2018). Entre estes, o fato que as faixas móveis intracontinentais passaram a ser identificadas desde o início deste século (na plataforma sul-americana, inclusive), e isto escapara à concepção inicial. Novos paradigmas estão sendo procurados, como o de ciclos de supercontinentes (geólogos norte-americanos), como já o fizera H. Stille (1936, 1940) com os ciclos megageossinclinais e megaciclos

Com estas observações, e com os subsídios hauridos de vários autores representantes de diferentes escolas (geossinclinal, fixistas), de Tectônica de Placas (mobilista) tentaremos uma síntese do conceito de ciclo tectônico e ciclos supercontinentais.

Considerações iniciais necessárias ao debate

A Geotectônica firmou-se como ciência de acordo com a definição de Naumann (1850), discriminando-a e separando-a de um contexto amplo do que se chamava *Geognósia*. Essa ciência tem uma história complexa e de muitos debates na sua evolução (vide Myashiro et al., 1982 e Brito Neves, 1985). O cenário de debates e de evolução continua vivificante em nossos dias. Na passagem do século XIX e XX, a contribuição e a visão global de E. Suess, no tocante à concepção de ciclo foram notáveis e sempre dignas de apreciação.

Não pode haver uma definição única e peremptória sobre Ciclo Tectônico, por várias razões: a grande variedade de interações, sítios, causas, tempos, estilos etc., e a evolução contínua e irreversível dos planetas (vide Worsley et al., 1984, 1986, Dewey, 2007). E porque houve um franco litígio científico (fixistas/geossinclinalistas versus mobilistas/aficionados da Tectônica de Placas) que sobreviveu muito ativo (de 1850 até a década de 1980, pelo menos). Em parte, o litígio foi motivado pelos paradigmas escolhidos pelos autores e, no caso dos fixistas, o paradigma (geossinclinal) era extremamente variável em forma e evolução, nos diferentes continentes. A Tectônica de Placas investiu muito no conhecimento científico imediato (que sempre foi deficitário) e deixou de lado algumas considerações importantes sobre a evolução do planeta (vide Dewey, 2007). Mas, a diversidade de opiniões foi um fator catalisador do progresso ao qual chegamos (os debates continuam).

Nos séculos passados, a ciência foi marcada pelas muitas escolas da Teoria Geossinclinal (original de Dana, em 1873) encravada nas diversas facções (“soviética”, “Kober-Stille Aubouin”/francesa e alemã, “norte americana” e outras isoladas). Este quadro foi muito proeminente ao longo de todo o século XX; a partir do último quartel do século passado começaram os embates com a Teoria da Tectônica de Placas ou Global (Dewey & Bird, 1970). Na verdade, sob este embate havia muitas razões também políticas filiadas à *guerra fria*. A escola geossinclinal feneceu em importância e circulação desde então, e foi colocada no ostracismo desde a última década do século passado. Por exemplo, no Congresso Geológico Internacional de 2000, no Rio de Janeiro, praticamente inexistiram trabalhos fundamentados nessa escola de conhecimento.

A escola da Tectônica de Placas ganhou foros mundiais, e tem progredido (e se enriquecido) enormemente, tendo eliminado uma série de incongruências; hoje, está bem longe daqueles passos iniciais (anos 1960-1980), e certamente mais bem evoluída e crível. Reconhecidamente, contudo, ainda há muito que investigar cientificamente e caminhar daqui para a frente. Há muitos conhecimentos novos e outros campos de conhecimento a serem incorporados (o que vem lentamente ocorrendo).

Para o conhecimento ser incrementado, há alguns gargalos e passos a serem vencidos ou mais bem conhecidos e que já foram preliminarmente inventariados por vários autores (vide Simpósio “*Plate Tectonics at 50*” realizado pela *Geological Society* em Londres em 2017, e vários outros artigos a respeito), a saber:

- a) A evolução irreversível dos processos tectônicos (e muitos outros) com o Tempo Geológico (críticas inteligentes ao Uniformitarismo têm evoluído).
- b) O número de placas continentais (o conhecimento delas ainda hoje é incompleto) e a condição de rigidez das placas litosféricas atuantes são temas em progresso (amplamente discutidos).
- c) O início da evolução de Tectônica de Placas clássica (Deweyriana). No Arqueano (ca. 3,0 Ga?) e no Paleoproterozoico Inferior, após o grande evento de oxidação conhecida como Revolução Global do Oxigênio (*Global Oxygen Revolution*, GOE). O debate é frequente e recorrente em muitos encontros científicos de geocientistas conceituados.
- d) Atualmente o regime de esforços predominantes é reconhecidamente resultado do confronto “*ridge push*” (empurrão a partir da crista) versus “*slab pull*” (puxada do *slab*), e toda evolução do conjunto é capitaneada pela evolução termal.
- e) Teriam sido as plumas o contexto/processo dominante antes do Mesozoico (ca. 3,0 Ga)? Daí para o Fanerozoico houve uma evolução sempre compatível com o espessamento gradativo da litosfera continental e com a perda de calor do manto? Qual a participação real das plumas nos processos e afins (em diferentes tempos e em nível de importância)?
- f) A pesquisa científica tem progredido muito, sem dúvida. Mas a velocidade com que isso se faz não tem conseguido acompanhar a realidade emanada cada vez mais das placas e das rochas (questão de relevância, ponto de vista exposto por Dewey, 2007).
- g) A complexidade das zonas de interação de placas (acrescionárias, colisionais, transformantes), em geral, que adquirem ao seu final uma linearidade intrigante, que rearranja muitos elementos e estruturas. A observação de sistemas com modelos muito complexos, não nos permite voltar para a simplicidade daqueles modelos originais (Dewey & Bird 1970), até mesmo de acordo com Dewey (2007), um dos baluartes daqueles esquemas simplistas originais.
- h) Os processos de adição de massa (do manto para o continente) são de diversos tipos e quantidades em diferentes casos, assim como os processos de subtração (do continente para o manto) são qualitativa e quantitativamente uma realidade, muito pouco conhecidos e avaliados ainda.
- i) *Despite the enormous advances in understanding present-day plate deformation over the past decades, to date there is no global plate model incorporating diffuse deformation for the geological past, even though a number of regional models have been published. This reflects that the data and computational methods needed to construct such a model through geological time are very different from present (14% of deformation only)* (consultar Gurnis et al., 2018, p. 32-41, para um resumo).
- j) A evolução tectônica do globo como um todo tem várias propostas, do Hadeano ao Fanerozoico, em discriminação de etapas e em número

consciente e coerente (e distinto em cada uma delas). A variação não pode ser encaixada num único modelo. Dewey (2007) propôs sete grandes etapas distintas, em causas e efeitos, mas há outras propostas diferentes a considerar (vide Murphy & Dorsal, 2011).

O leque acima de questionamentos, bem como outros, tem sido o motor que embala o percurso no desvendamento da Geotectônica.

Conceito de Ciclo Tectônico

Ciclo nos modelos geossinclinais (1860-1980/1990)

As primeiras discussões e tentativas de sistematização de ciclo tectônico (e/ou geossinclinal) foram promulgadas por H. Stille (1936, 1940) e Krynine (1951), cujos esquemas (copiados, evocados e seguidos em linhas gerais por vários autores da escola geossinclinal) estão representados abaixo (Figs. 1 e 2). Na verdade, praticamente todos os autores da escola geossinclinal, com algumas poucas diferenças, sempre se referiram ao ciclo tectônico consoante uma série de eventos (como aqueles propostos e esboçados por Stille): individualização do sítio, subsidência (acima da normalidade), subdivisão do sítio deposicional em vários outros (cada um com sua característica específica de mobilidade e de magmatismo), seguidos de deformação e soerguimento. Vide as sínteses de classificação dos ambientes do ciclo tectônico de Bogdanov et al. (1972), Bogolepov (1974).

Khain & Sheynmann (1962), no centésimo aniversário da teoria geossinclinal, consideraram a dificuldade de prescrever um só ciclo para uma região geossinclinal (muito complexa em constituição e comportamento das partes). Da subsidência à inversão, há muitos caminhos distintos para cada componente do conjunto. Entretanto, estabeleceram quatro estágios a serem considerados; i) A subsidência de amplas áreas; ii) a subdivisão da área em zonas individuais de soerguimentos (“*uplifts*” = “altos”, “geoanticlínios”) e de sulcos destacados (“*troughs*”, faixas, depressões); iii) inversão tectônica dos “*uplifts*” (“altos”) e “*troughs*” (depressões/bacias); iv) formação da cadeia de montanhas (a chamada inversão do domínio geossinclinal). Os autores deixaram claro nas sínteses que todos os movimentos podem ter histórico independente, e ser difícil marcar (com segurança) os momentos

de subsidência e os momentos de inversão. Em nenhum momento referiram-se ao fator tempo para os processos.

As colocações de Bogdanov et al. (1972) e de Khain & Sheynmann (1962) eram respeitadas, mas isto não deve ser entendido como “obediência” de todos os autores. Apenas um deles (V. Khain), em comunicação posterior à *internet* (já neste século) considerou que os ciclos do Fanerozoico duravam na ordem de 150-180 Ma, mas que os ciclos do Pré-Cambriano eram aparentemente bem mais longos, sem propor números. Para ciclos de muitas centenas de milhões de anos (e.g. Grenviliano, Baikaliano etc.) propôs que fosse usado o termo *megaciclo*.

Registre-se que o “Léxico Tectônico” (Delany, 1972), elaborado para a *Carta Tectônica do Mundo*, não abordou (como seria esperável) o termo ciclo tectônico.

Embora existissem bons parâmetros da paleontologia (para cronômetro, na falta de dados radiométricos), a maioria dos autores “geossinclinalistas” evitou a se referir incisivamente ao fator tempo (como precaução??). Igualmente, as causas do processo eram jogadas em diversas opiniões: teoria da contração, movimentos ondulatórios da crosta etc. Na verdade, a preocupação (de tempo e de causas), não foi jamais prioritária para qualquer autor dessa escola; sempre eram temas tratados *en passant*, junto com a forma, a expressão, as características estruturais e a subdivisão em tipos e formas diversos (consoante prefixos gregos abundantemente usados, para distinção de “altos” e “bacias”). Os eventos de magmatismo e metamorfismo, por sua vez, eram bem detalhados.

Proposições de Krynine (1951) e Hans Stille (1936, 1940)

No lado norte-americano, Krynine estabeleceu três estágios principais para evolução de um ciclo geossinclinal, cada uma delas com certo conjunto definido de condições controladoras da natureza do sedimento a ser formado e do magmatismo (*Krynine's tectonic cycle*). Interessante é a utilização de alguns minerais diagnósticos, variando na matriz dos arenitos, que seriam indicadores das condições reinantes ao longo do processo.

O estágio inicial (geossinclinal) é caracterizado pela deposição de sedimentos acompanhando a subsidência, com suas típicas associações litológicas (grauvacas predominantes). O estágio orogênico é

caracterizado pelo soerguimento, após o dobramento intenso e as intrusões magmáticas. O estágio de peneplanização é caracterizado por um ciclo de deposição muito expressivo e espalhado em superfícies já relativamente planas, estágio pois já de quiescência (Fig. 1).

Por seu turno, o Ciclo Geotectônico como visto e esquematizado por Stille (1936, 1940) – alemão de origem – teve enorme influência na América do Norte e na Europa, e muitos dos termos usados/criados por ele permaneceram por todo o século passado, e muitas vezes foram utilizados pelos geólogos sul-americanos. Seu ciclo tectônico pode ser esquematizado em 5 estágios evolutivos, como mostrado na Figura 2. De uma forma ou de outra os tectonistas europeus praticamente endossaram o pensamento (haurido no “fixismo”). Recentemente, Müller (2018) reverenciou Hans Stille por sua importância nos dois mundos:

Hans Stille (1876-1966) was an outstanding investigator of Tectonics, pioneer of the recognition, synthesis and correlation of global tectonic events – the mountain-forming (orogenic) stages... (Müller, 2018).

Embora já fossem conhecidas naquela época as hipóteses de deriva continental de A. Wegener (2012), Stille optou por modelos fixistas de fato. O modelo teve vários seguidores na Europa e na União Soviética, com algumas poucas observações e adendos, levados pela intenção de marcar detalhes dos paradigmas analisados. Nesse modelo, destacou (Fig. 2):

- Crosta continental consolidada antes dos processos (“regeneração”) entre crátons (*hochkratonnic areas*). Durante os processos, áreas negativas em relação ao nível do mar têm maior possibilidade de ser convertidas em geossinclinais.
- Fase preparatória da edificação de montanhas. Movimentos epirogênicos ainda iniciais dão origem às zonas geossinclinais (seta para baixo) e geoanticlinais (seta para cima). Magmatismo inicial toma lugar.
- Durante esta fase orogênica, os esforços ocorrem no globo, a crosta afundada tem sua base fundida e o magmatismo sinorogênico toma lugar.

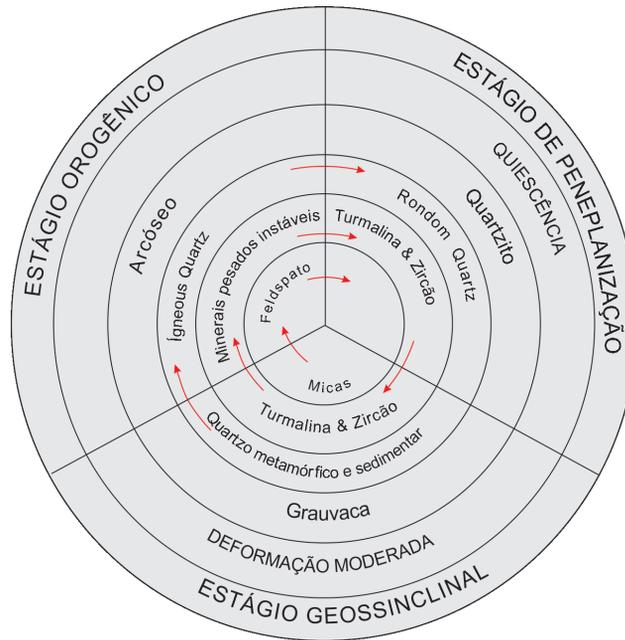


Figura 1. O Ciclo Tectônico em seus três diferentes estágios (e suas características e condições) controladoras da sedimentação formada (Krynine, 1943). Segundo Krumbain & Sloss (1963), o paralelismo com o decurso do ciclo erosivo evidente era intenção de Krynine .

- Segue-se uma fase realmente orogênica (“300.000” anos de acordo com ele). A epirogênese começa, assim como as bacias molásicas (*edge basins*) formadas e alimentadas pelo soerguimento do orógeno consolidado. O encurtamento orogênico é intenso.
- A crosta novamente se abate onde é mais fraca. Magmatismo final pode começar nas partes mais internas. Devido à consolidação, movimentos verticais atingem o orógeno (“germanótipo”). Eventualmente, a parte inteira entre os dois crátons será consolidada, e retorna à situação da primeira fase (a).

Certamente, há outros esquemas publicados (assemelhados, herdados etc.) de evolução de meados do século passado, como os de Cady (1950) e Belousov (1962), que merecem registro apenas *en passant* e devem ser consultados pela linhagem de geossinclinalistas. Evitamos discuti-los, pois os anteriores (Krynine e Stille) nos parecem suficientes, além do fato de que há uma parafernália de termos novos então criados (na época), com abuso de prefixos gregos (“mio”, “tafro”, “zeugo”, “auto”, “idio”, “epicu” etc.) e que foram adicionados (de forma livre e em parte prejudicial e inconsequente ao conceito) ao radical “geossinclinal” na tentativa de descrever as muitas diferenciações no modelo

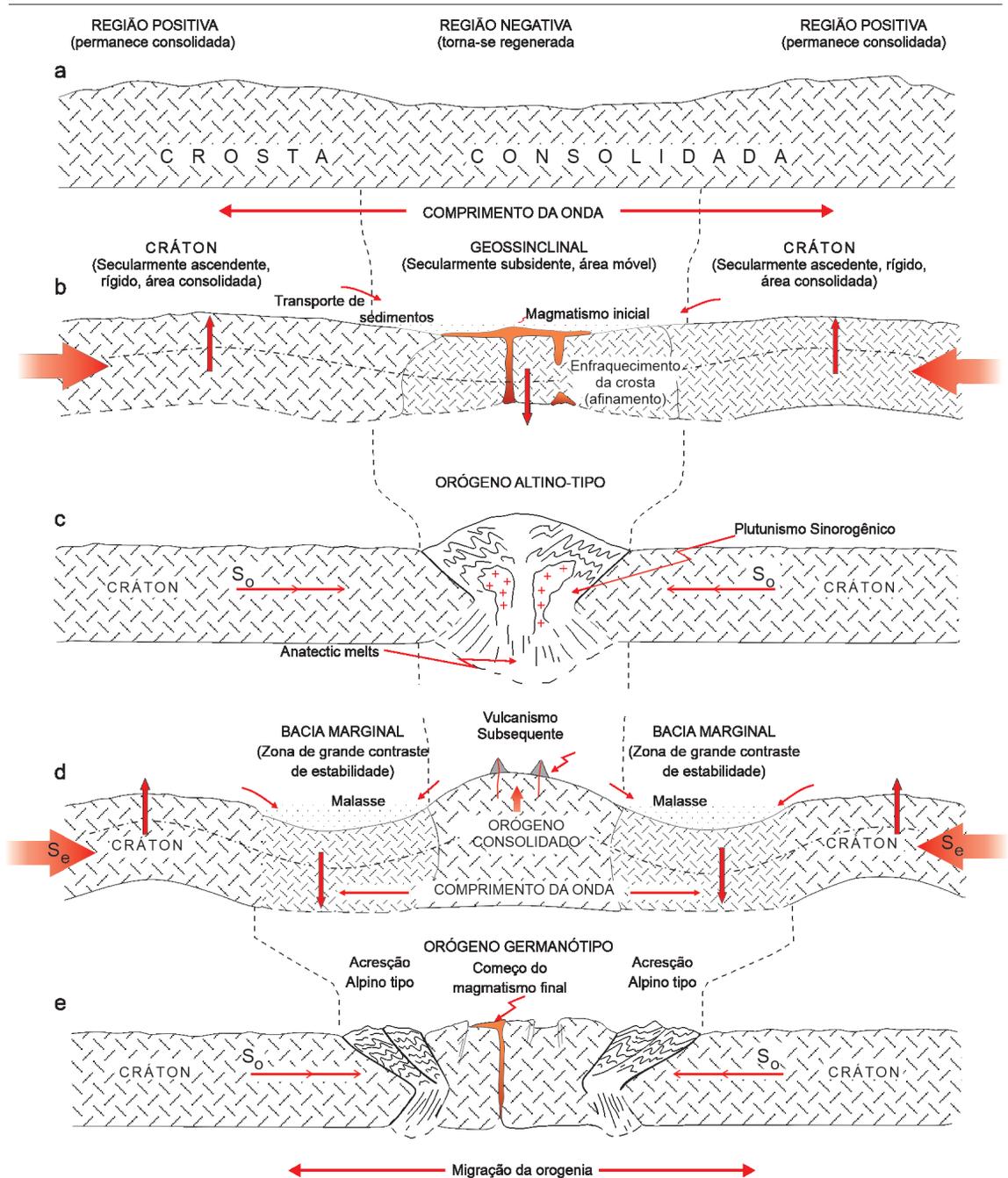


Figura 2. Seções selecionadas para ilustrar a concepção de H. Stille sobre o desenvolvimento de um Ciclo Geotectônico (orogênico) e os processos e fenômenos que o conformam, construídas graças a seus diversos esquemas e publicações (1936, 1940, 1955), revistas e sintetizados por Sengör (1982) (em Myashiro et al., 1982).

de desenvolvimento (os diversos tipos de zonas subsidentes, *troughs* e zonas de soerguimento diferenciado: geanticlínios/*highs*). Houve então um tempo em que designar era mais premente do que entender, responsável pela prolixidade lamentável da chamada (pejorativamente) “*Semantical Jungle*”. Alguns traços das demais proposições são tangenciados na Tabela 1. Há apanhados curiosos (e críticos) com cerca de 100 termos com o prefixo

geossinclinal (e, infelizmente com alguma aplicação alhures), na pretensa suposição de chegar a cobrir todos os detalhes da natureza.

Como visto acima todo ciclo geossinclinal – na concepção dos principais autores da linha geossinclinal – tem histórico de fases que inclui período inicial (predomínio da subsidência e sedimentação), períodos de dobramento principal, depois o período de formação dos complexos graníticos e

Tabela 1. Principais autores da teoria geossinclinal e do ciclo tectônico

Autores	Modelos principais	Etapas descritas e suas características
V. BELOUSSOV (1962)	O estudo das inconformidades angulares em várias regiões de dobramentos revela que as fases de dobramento não são aleatórias no tempo. Elas se concentram em certas épocas da história da Terra com as quais estas fases estão associadas. As épocas de dobramento contínuo (devido aos movimentos oscilatórios da crosta terrestre) correspondem aos ciclos geotectônicos. Isto não deve ser assumido de que não haveria dobramento entre as “ <i>phases of folding</i> ”; eles existem com intensidade menor e de forma menos frequente do que aquelas que fecham os ciclos geotectônicos. Foi marcante a associação que ele fez dos passos da evolução geossinclinal (ciclo) com as sequências sedimentares que iam passo a passo sendo formadas (a sequência é seguida até hoje por alguns tectonistas), a saber:	a) Sequência Terrígena Basal: Início do ciclo, sedimentos clásticos, predominantes. b) Sequência Calcária: Fim da primeira metade do ciclo, predomínio da subsidência. c) Sequência Terrígena Superior: Início do 2º estágio do ciclo, após dobramentos e falhas. Sedimentos clásticos voltam a predominar, muito variados. d) Sequência Lagunar: Nova fase de subsidência, ao nível do mar, dolomitos, anidrita, gipsita, após a 2ª fase de dobramentos. e) Sequência Molássica: Completa a sucessão do ciclo geossinclinal. Predomínio de “ <i>uplifts</i> ” sobre subsidência. Sedimentos clásticos diversos, de clásticos finos na base para grossos no topo.
V.MURATOV (1972)	As inconformidades podem estar espalhadas sobre uma de determinada região de dobramentos. Estas épocas de dobramento dividem a história em segmentos de tempo chamados de ciclos tectônicos (assim definidos por H. Stille (1936, 1940). O tempo de suas consecuições são muito importantes (a serem obtidos por determinações radiométricas) e com estas determinações poderemos delimitar o período de dobramentos que demarca o fim de um ciclo geotectônico.	Cada ciclo envolve a formação e o desenvolvimento de geração de estruturas de dobramento que são a marca do fim do processo geossinclinal. Estas épocas de dobramentos ocorrem em todo mundo, mas a sincronia destes episódios de dobramento não pode ser confirmada, e bem ao contrário, ocorreram em diferentes faixas dobradas com tempos amplamente diferentes.
KHAIN & SCHEYNMANN (1962, 50º aniversário da Teoria Geossinclinal)	Estes autores fizeram uma revisão de todos os autores e propostas sobre a teoria geossinclinal, movimentos tectônicos etc. (nos 50 anos anteriores). As principais conclusões são: a) Geossinclinais e Plataformas são as principais estruturas da crosta (continental). Geossinclinal é o elemento mais ativo da crosta (continental). b) Simplicidade não é característica dos geossinclinais, suas formas e seus ciclos de sedimentação e tectônica. O esquema tem que considerar: “sulcos”, “sistemas” “e regiões de diversas formas e contextos. Se deve rejeitar o simplismo sobre ciclismo e as sequências sedimentares. c) Ciclos sucessivos de desenvolvimento são esperáveis: simples; completo; incompleto; herdado; residual; repetitivo. Para estes dois últimos casos se deve/pode falar em “megaciclo”. d) A evolução dos geossinclinais (“sulcos”, “sistemas”, “regiões”) não pode estar ligada a nenhuma teoria (sic), como ocorre no caso da evolução biológica. Cada teoria deve ser baseada em um desenvolvimento geossinclinal conhecido. e) Todo ciclo geossinclinal inclui período inicial (predomínio da subsidência), períodos de dobramento principal e depois o período de formação dos complexos graníticos. Periodicidade é uma característica do desenvolvimento de qualquer parte da crosta terrestre. As épocas de grande reconstrução da crosta são muito mais longas que aquelas dos usuais ciclos geossinclinais. Assim, é preciso diferenciar os ciclos geossinclinais dos megaciclos. No conceito primário de geossinclinais devem estar incluídos: faixas individuais, sistemas (várias faixas separadas por “altos”) e regiões geossinclinais (diversos geossinclinais de evolução contigua), todos limitados por uma plataforma.	Na análise de ciclos sucessivos é necessário discriminar: i) desenvolvimento normal, completo; ii) desenvolvimento incompleto (abortado); iii) desenvolvimento residual; iv) desenvolvimento reativado; superposto. Nestes dois últimos casos, pode-se falar em megaciclos. Além de estarem entre os precursores da ideia de megaciclo (superposição de ciclos distintos no tempo), estes a autores reconheceram a limitação de estudo limitado só na crosta continental. No trabalho de 1962, saudaram a próxima fase do conhecimento geotectônico e a nova teoria (início de “ <i>plate tectonics</i> ”): “ <i>this new theory which has been coming to life in the course of approximately the last ten years is more comprehensive than the previous theories and just to this comprehensiveness it owes its vitality, significance for science and its greater role in the further study of the Earth</i> ”. Na fase final de desenvolvimento (fim do ciclo) todos os sedimentos iniciais se encontram dobrados e soerguidos. Todo ciclo geossinclinal inclui período inicial (predomínio da subsidência), períodos de dobramento principal e depois o período de formação dos complexos graníticos. Em tempo, processos, sedimentação e magmatismo, tectonismo são os mandantes na definição de ciclo e megaciclo.

<p>JEAN AUBOUIN (1965)</p>	<p>Foi o mais importante, muito divulgado, e seguido membro da escolar franco-germânica (“Kober-Stille-Aubouin school”). No Brasil foi seguido muito na década de 1960. Ele traçou um histórico da evolução geossinclinal e aplicou os termos preexistentes (ortogeossinclinal = eugeossinclinal + mioegeossinclinal) e enriqueceu a nomenclatura dos parageossinclinais (situados sobre as plataformas: criou para estes tipos plataformais os termos “auto”, “exo”, e “zeugo” geossinclinal). Aplicou seus esquemas no ciclo alpino nos Hellenides e na Zona Mediterrânea. Seus esquemas foram tão estéticos e simples, que tiveram muitas dificuldades de aplicação alhures (mesmo na Europa, nos desenvolvimentos pré-cambrianos, caledonianos e hercínicos, nas tentativas dele mesmo). Estabeleceu a seguinte sequência para o “ciclo geossinclinal”:</p> <p>a) Organização: do continente (<i>foreland</i>) para o interior mais remoto do sistema.</p> <p>b) Polaridade bem marcada (estruturação, magmatismo e metamorfismo do interior para o exterior do sistema, fases orogênicas, metamórficas e magmáticas.</p> <p>c) Estágios de desenvolvimento: geossinclinal (etapas pré-flysch e flysch).</p> <p>d) Estágio/fase tardigeossinclinal (individualização de bacias molássicas).</p> <p>e) Estágio pós-geossinclinal (várias bacias controladas por falhas diversas).</p>	<p>Estimou que o desenvolvimento completo (ciclo) – este conjunto ordenado de estágios – deveria durar em torno de 250 Ma, sem apresentar dados geocronológicos (que não os possuía). No caso dos Hellenides, seu paradigma, desdobrou os estágios em cerca de 13 etapas sucessivas, do Triássico Superior ao Mioceno. Reiterando o que foi dito acima, um autor muito didático e muito estético, que submeteu (tentou adaptar) uma realidade geológica bem mais complexa aos seus modelos. E ainda assim, foi muito seguido. Mais uma vez, a sequência ordenada de processos é que define o ciclo.</p> <p>Aubouin não discutiu causas da tectônica dos seus geossinclinais. Mas, no livro posterior de (Aubouin et al, 1968) aponta, surpreendentemente, sem detalhar, as falhas como responsáveis por tudo (papel essencial) na formação das cadeias de montanhas: “<i>nous avons vu que les failles jouent le rôle essentiel dans le genèse essentiel du relief des chaînes de montagnes</i>”. Interessante ressaltar seu ciclo geossinclinal (ciclo tectônico) fundamentado nas unidades litoestruturais (características sedimentares e tectônicas ordenadas no tempo relativo), sem se prender ao fator tempo absoluto.</p>
<p>M. KAY (1951)</p>	<p>Foi o mais importante geocientista norte-americano da escola geossinclinal, tendo sido discípulo de Stille, e foi, primeiramente, a partir dos seus discípulos (Dewey & Brird, 1970) foi que saíram os primeiros modelos de orogênese acoplados à Tectônica de Placas. Detalhou e copiou exaustivamente as classificações de seus conterrâneos anteriores e as ampliou. Na sua classificação de elementos tectônicos contam:</p> <p>i) Ortogeossinclinais (= eu e mio geossinclinal);</p> <p>ii) Parageossinclinais (= exo, auto e zeugeossinclinais, aqueles situados sobre os crátons);</p> <p>iii) Geossinclinais dos ciclos posteriores;</p> <p>iv) crátons e</p> <p>v) <i>rising areas</i> adjacentes ou intracrátônicas.</p>	<p>Seu conhecimento e desvelo com a litoestratigrafia foi elogiável, permitindo que os seus discípulos plaquistas pudessem concatenar seus dados com a Tectônica de Placas. Seus esquemas são muito parecidos com os de Aubouin (simples e estéticos), e ele os aplicou nas cordilheiras sul-oriental (Appalaches = “Magog belt”) e ocidentais (“Millard” e “Fraser belt”) da América do Norte. Sobre causas do tectonismo, sua única referência a ciclo está na identificação de geossinclinais dos ciclos posteriores (<i>fault bounded basins and other features that may develop after folding in orogenic belt</i>), tratos litoestruturais que se desenvolviam sobre os geossinclinais de desenvolvimento já encerrado.</p>

finalmente estágios póstumos de sedimentação (e magmatismo). Em todos esses autores, o tempo é considerado como uma referência lateral ao desenvolvimento dos processos vulcânico-sedimentares, magmáticos e deformacionais. O fator “tempo” foi respeitado sempre, mas não foi jamais uma prioridade na definição de ciclo. Mesmo porque, nas décadas consideradas (1950-1960), os dados geocronológicos eram escassos (e de poder discriminatório limitado). De todo modo, é importante registrar a participação secundária do fato tempo.

Na análise da ocorrência de ciclos sucessivos de desenvolvimento, é necessário observar e discrimi-

nar vários tipos de desenvolvimento quanto à sua completude ou não: (a) desenvolvimento normal; (b) desenvolvimento incompleto (abortado); (c) residual; (d) reativado superposto. Nos últimos casos, pode-se falar em megaciclos. Logicamente, existe a preocupação com valores de quantidade de anos dos ciclos, mas com posição subordinada. Os autores epigrafados, de uma forma ou de outra, foram seguidos de forma significativa no Brasil (por quase todo o século passado). É oportuno acrescentar aqui que a aplicação da Tectônica de Placas no Brasil só começou a ser feita, gradualmente, a partir da década de 1980.

Outras designações utilizadas (genéricas, informais) pinçando o caráter cíclico dos processos orogênicos

As ideias sobre desenvolvimento cíclico dos geossinclinais se estabeleceram em meados do século XIX, com vários autores, como aqueles considerados principais discutidos no Quadro 1 (já do século XX), foram tentativamente seguidos. O número de escolas da teoria geossinclinal era grande: europeia ou Kober-Stille-Aubouin; norte-americana (M. Kay e seus discípulos); soviética (Khain, Belousov, Muratov); chinesa (T. Huang, Chun-Fa, Yanshin etc.); os conceitos variaram um pouco, consoante o paradigma estudado. De certa forma, o acompanhamento e sistematização das fases e do desenvolvimento geral seguem o que está discutido no conceito de Ciclo Geotectônico, a seguir. A verdade é que tanto pela proximidade (várias escolas”, vários nomes, algumas adversidades entre autores) e pela falta de um embasamento científico (conceitos teóricos não dimensionáveis), foi surpreendente a duração por mais de um século (de 1860 a 1990) do conceito geossinclinal. Vide Brito Neves (2011).

a) O termo Ciclo Geotectônico (*Geotectonic Cycle*) foi amplamente aplicado e utilizado por diferentes geocientistas, em um exercício/designação vinculado à teoria geossinclinal, incluindo uma série de eventos e fases consorciados como já discutidas, a saber: geossinclinal (paleogeografia/subsidência), tectogênica (deformação, compressão) e orogênica (soerguimento e criação de relevos/formação de cadeias de montanhas). Cada uma destas fases com características estruturais e magmáticas próprias e distintas (diagnósticas). Reiteramos que isto são conceitos simplistas, pois a definição de fases muitas vezes é obscura, deficiente de dados conclusivos (vide Coney, já em 1970). O Ciclo Geotectônico, consoante o conhecimento moderno, abrange cenários e processos muito mais complexos e variados. Pela sua identificação com o ciclo tectônico, como acima discutido, o seu arquivamento abandono seria um bom caminho. Como mencionado, a definição acima, era esperada, mas não consta nem do Léxico de Termos geotectônicos da Carta Tectônica do Mundo, de 1972 (vide Delany, 1962).

b) A designação de “ciclo tectônico-magmático” tem sido usada aleatoriamente, sem compromissos e/ou formalidades, mas tão somente

baseado na concentração de dados geocronológicos numa determinada área ou região (dados provenientes de determinações de cunho de reconhecimento, metamorfismo, granitização etc.). Em geral, são designações locais, eventuais e até mesmo fortuitas, sem nenhuma preocupação adicional (de conceito, definição ou característica).

c) O termo “Ciclo Orogrênico” também tem sido usado com certa frequência, mas, em geral, também sem nenhuma preocupação, ou indício de caracterização do processo. Tem sido uma forma de não adentrar problemas de nomenclatura e códigos, e/ou designações formais do processo.

d) Ciclo Quelogênico ou Ciclos de “longa duração”. Em 1960, Gastil, baseado na chegada repentina de muitos dados geocronológicos (minerais de rochas ígneas e metamorfismo regional) observou uma certa periodicidade nos picos dos valores. Organizou então uma tabela confrontando dados de todos os continentes e os comparou, observando uma certa coerência de valores (dos picos e das depressões), e concluiu que não podia ser meramente fortuita a constatação, em diferentes continentes e circunstâncias. Identificou os seguintes picos de ocorrências de dados: 2.700-2.500 Ma, 2.100 Ma, 1.900-1.700 Ma, 1.500-1.300 Ma, 1.100-900 Ma, 400-300 Ma e 200-150 Ma. Então, passou a desafiar a pertinência do fenômeno. Esse foi um campo amplo para hipóteses de períodos orogênicos cíclicos (definida pelos picos), de longa duração alternando com períodos de estabilidade (as partes baixas das curvas, significando então “*withdraw of instability*”). Gastil levantou extensa bibliografia sobre o tema. Chegou a utilizar observações ditas semelhantes dos trabalhos de Wilson (1966 e outros), e concluiu:

Dados de rochas ígneas e metamórficas de todas as partes do mundo tendem a ocorrer nos mesmos intervalos de tempo de abundância cíclica. Isso sugere que a história da Terra é marcada por episódios durante os quais a distribuição de intensa atividade mineralogênica, isto resultando na conseqüente preservação de áreas estáveis entre elas (Gastil, 1960).

Seguindo a mesma linha de Gastil, Sutton (1963) fez uma apreciação da bibliografia precedente no tema e organizou também uma tabela de

comparação dos valores de idades de praticamente todos os continentes, onde enfatizou os dados pertinentes aos eventos 2.800-2.200 Ma, 1.700-1.300 Ma e 1.000-750 Ma, discriminando que o atual período ainda está em andamento (700 Ma →). Segundo Sutton, são períodos de longa duração (750-1.250 Ma), que se repetiram pelo menos quatro vezes ao longo da história da Terra. Discriminou então quatro grandes “ciclos”, do mais velho para o mais jovem, a saber: “Kola”, “Shamvaian”, “Sueco-Fennides” e “Grenville”. Para ele, este último ciclo começou entre 1.200 Ma e 1.100 Ma atrás, e tem continuidade nos dias presentes.

Ainda, segundo ele, a consecução dos ciclos (“quelogênicos”) seria o resultado de três grupos de fenômenos: distribuição das cadeias de montanha, mudanças no número e forma de massas continentais, e mais, mudanças no padrão de convecção do manto. Na sua discriminação de “ciclos quelogênicos” instituiu/ajustou 4 grandes estágios distintos de comportamentos dos grandes processos orogênicos, da situação dos continentes em número e extensão, e para os mesmos quatro esquemas, idealizou o possível estado do sistema de convecção no manto. Essencialmente sua hipótese postula que a periodicidade é comandada pelo sistema de convecção do manto. As pequenas e locais células de convecção crescem em dimensões, se fundem e dariam origem a um único sistema depois de um período de 750-1250 Ma. Finalmente, sugeriu que este tipo de ciclo tenha sido repetido no mínimo quatro vezes durante a história geológica da Terra. A contribuição de Sutton é muito respeitada e citada, mas seus ciclos quelogênicos devem ser compreendidos apenas como etapas de desenvolvimento da evolução global do planeta (vide Worsley et al., 1984, 1986, Murphy & Dostal, 2011), o que está sendo estudado hoje com um leque maior e mais substancial de dados geológicos (e de várias outras ciências auxiliares).

Sutton, em outras oportunidades e trabalhos voltou a se referir aos ciclos quelogênicos, refinando os valores de idades dos mesmos com os novos dados geocronológicos obtidos (estabeleceu um valor novo de idades (na ordem de 1.000 e 800 Ma). Reexaminou as possíveis causas da ciclicidade apontada pelos dados geocronológicos. Mas, daí em diante, o progresso da Geotectônica foi intenso – e sem demérito para Sutton – novos caminhos, padrões e termos de ciclicidade passaram a envolver muito mais esferas globais (vide Worsley et al., 1984, 1986); os chamados ciclos que-

gênicos passaram a figurar apenas no histórico da Geotectônica. Já no trabalho compartilhado com Watson (Sutton & Watson, 1974), os autores não mencionam mais os ciclos quelogênicos e passaram a tratar das diferenças significativas existentes no comportamento geotectônico dos continentes, principalmente ao longo do Paleoproterozoico. Destacaram a distinção de mobilidade para com o Arqueano (que o precedeu) e para com a tectônica presente na parte posterior do Proterozoico e ao longo do Fanerozoico.

e) Ciclo Tectônico/ “Proposta formal”: Diante do grande número de problemas e a inviabilidade de coalizão entre os mesmos, no tocante ao ciclo tectônico, a Sub-Comissão de Estratigrafia do Pré-Cambriano do IUGS (Plumb & James, 1986) tentou uma formalização. Tentaram incluir Ciclo Tectônico na confecção da coluna do tempo geológico, e propuseram formalizar uma definição (considerada pragmática, “oficial”), para Ciclo Tectônico, compreendendo os seguintes estágios: 1) Sedimentação /magmatismo precedendo orogênese e deformação; 2) transicional, tectonismo pós-orogênico, rochas vulcânicas e plutônicas, molassas; 3) formação de coberturas de plataforma.

Trata-se, pois, de uma constatação importante diante dos dados que eles tiveram à disposição. Mas, sem estender os comentários, é lamentável dizer que a sugestão da Sub-Comissão Internacional foi raramente seguida e, mais raramente ainda, tem sido citada.

O tratamento dos ciclos em livros-textos por mais de um século

Quando se procura nos livros textos de Tectônica, do final do século passado ao início do século atual, se encontra uma grande diversidade de conceituação e tratamento, sem a objetividade que estamos procurando. A influência (resiliente) dos “fixistas” e a derivação inescapável para o mobilismo, certamente perturbaram estes autores, e não é fácil encontrar respostas convincentes. São encontradas definições simplistas e incompletas de um lado, e do outro lado uma abrangência inaceitável, globais demais envolvendo interrelações dos ciclos das rochas com o ciclo hidrológico, e com o ciclo tectônico (subsidência, deformação e soergimento de áreas), e às vezes, ainda, incluindo o que ocorre no ciclo geoquímico.

co (dos processos intempéricos aos hidrotermais, e.g. Wyllie, 1991).

A maioria dos autores (mobilistas, certamente), desde o último quartel do século passado, simplesmente passa a assumir o Ciclo de Wilson (e/ou o Ciclo Supercontinental, a serem discutidos). As restrições ao fixismo eram muitas, mas também os autores não estavam ainda cientes de que há problemas também no tratamento/acolhimento total destes tipos de ciclos. A troca de nomes e/ou a troca de paradigmas não conseguiu afastar algumas dúvidas (questões) significativas. O panorama nem sempre é suficientemente claro. Muitas vezes emergem incertezas, ou se evidencia baixa preocupação com o tema. Os problemas por vezes perturbam os autores, e nem sempre são encontradas respostas concisas. No livro recente de Condie (2021) observa-se um grande esforço para conciliar o conceito de ciclo tectônico, recorrendo à história termal do planeta, a história tectônica, a evolução crustal, e ainda considerando onze (11) magnos eventos de evolução global que sempre precisam ser contabilizados. É um avanço no enfrentamento do problema, mas não é ainda um capítulo final.

O Ciclo de Wilson

O contingente voltado para Tectônica de Placas (pós-década de 1960), que também inicialmente não se devotou devidamente ao fator tempo, passaram a pensar diferente pós a proposta de J. Tuzo Wilson (1966) arquitetada na formação dos Apalaches (sobre o cinturão Transhudsoniano, do Paleoproterozoico) e Grenville (do Mesoproterozoico), no Paleozoico, em paralelo com a

abertura do Atlântico, no Mesozoico-Cenozoico. *Did the Atlantic closed and then reopened?* Questão importante discutida até hoje (vide Dalziel & Dewey, 2017), foi quando a ideia de herança tectônica tomou vulto. A concepção de abertura e fechamento de áreas orogênicas (nas mesmas áreas) ficou muito clara (embora até hoje haja críticas) e foi aplicada em todas as faixas móveis de todos os tempos e daí nasceu a concepção de que nenhum ciclo poderia ultrapassar 250 Ma, baseada no histórico das faixas móveis fanerozoicas e na consumação de Pangea), mas também na distribuição das isócronas atuais do substrato do Pacífico (perante seu desaparecimento gradativo) e do Atlântico (observando seu crescimento). Na verdade, o histórico das faixas fanerozoicas antecedentes de Pangea perfaz uma trajetória de cerca de 280 Ma, segundo dados recentes.

A partir da formalização por Burke & Dewey (1975), todos os livros textos de Geotectônica apresentam as seguintes fases/estágios para o Ciclo de Wilson (Kearey et al., 2009) (Tab. 2).

- a) Quebra de uma área cratônica (pós plumas, *hot spots*, outras atividades termo-tectônicas).
- b) Começa o afinamento da litosfera continental, esforços extensionais.
- c) Desenvolvimento de um rifte continental e eventualmente início de formação de litosfera oceânica, entre os blocos continentais antes separados. No presente momento da história do globo são apontados vários exemplos deste tipo de evolução (fase “C”) no Mar Vermelho, no golfo de Aden, no Rifte de Woodlark, e em várias partes do Oceano Atlântico.

Tabela 2. O clássico Ciclo de Wilson. Estágios de ciclo de vida e produtos dos processos tectônicos

Estágio	Exemplo	Movimento	Sedimentos	Magmatismo
1- Embrionário	Riftes Africanos	Soerguimento	Negligíveis	Basaltos toleíticos, centros alcalinos
2- Jovem	Mar Vermelho, Golfo de Aden	Soerguimento e subsidência, espalhamento	Plataformais, evaporitos	Toleítico, ilhas basálticas
3- Maduro	Oceano Atlântico	Espalhamento (spreading)	Plataformas amplas (“miogeossinclinal”)	Toleítico de fundo oceânico, ilhas de álcali-basaltos
4- Declinante	Pacífico Ocidental	Compressão	Arcos de Ilhas (“tipo eugeossinclial”)	Vulcânicas andesíticas, plutões granítico-granodioríticos
5- Terminal	Mar Mediterrâneo	Compressão e soerguimento	Evaporitos, “red beds”, cunhas clásticas	Vulcânicas andesíticas, plutões granodiorítico-gnaisses
6- Reliquiar	Himalaias	Compressão e soerguimento	“Red beds”	Negligível

- d) Uma das margens da bacia oceânica, pós expansão significativa, pode entrar em subdução (e encurtamento) sob um dos blocos continentais anteriores. Começa a formação de um arco magmático (vide Tab. 1, Fig. 3).
- e) A litosfera oceânica é encurtada significativamente pelo processo de subdução. A subdução pode inclusive se localizar sob os dois blocos continentais (“A” e “B”).
- f) A fase anterior prossegue até que os continentes venham a colidir, e a bacia oceânica seja completamente fechada.
- g) Fechada esta unidade de ciclo, processos similares podem passar a ocorrer alhures em ordem de manter constante a área do globo.

O conceito de Ciclo de Wilson foi usado sem ingerências contrárias por mais de quatro dezenas de anos. Algumas restrições e impedimentos, contudo, foram sendo levantados e colocados ultimamente, implicando revisão no conceito, ainda que de leve, sem grandes constrangimentos.

- a) Com o reconhecimento da tectônica dos supercontinentes, e os progressos do conhecimento geológico e paleomagnético (Dalziel & Dewey, 2018) o conceito de Wilson começou a ser tectonicamente revisado, ficando restrito a problemas de locais de interação de placas. Na verdade, não necessariamente as bacias oceânicas abrem e fecham nos mesmos sítios. Geralmente após a abertura ocorrem movimentos laterais – confirmadas por paleomagnetismo – das placas por dezenas e centenas de quilômetros. No caso apalachiano, a placa de Laurentia se deslocou significativamente para noroeste, ao norte do Oceano Iapetus. Mais recentemente, foram identificados insofismáveis fatos de que o Ciclo de Wilson, como imaginado inicialmente, tinha conotações adicionais a serem perquiridas, como por exemplo o fato de que na hora de fechamento do continente (que se separara) há uma nova posição espacial para essa fração continental (Dalziel & Dewey, 2018) e outras influências (advindas da litosfera espessada e do man-

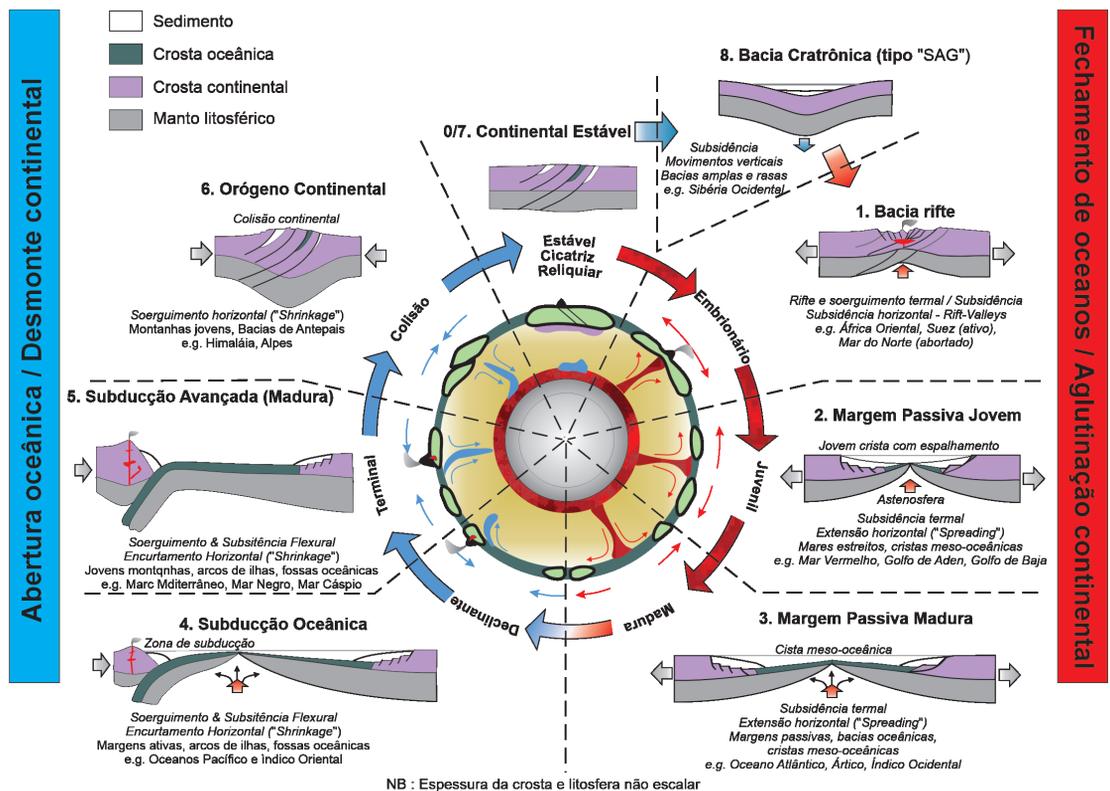


Figura 3. Os oito estágios do Ciclo de Wilson, da abertura oceânica ("rift basin") até a colisão continental e daí para a estabilidade cratônica e o desenvolvimento de bacias (cratônicas) tipo "sag". Consoante proposta recente de Wilson et al. (2019)

to litosférico, a serem consideradas); vide Bozkho (2008), Heron et al. (2016) e Wilson et al. (2019), a seguir (Tab. 3, Fig. 4 e Fig. 5).

b) Com o progresso do conhecimento geológico e geofísico das faixas móveis do Proterozoico de todo mundo (mas, também de alguns casos fanerozoicos), associado ao estudo dos processos vulcano-sedimentares, foram identificados ambientes/substratos tipicamente continentais (ILP/IUGS/UNESCO), ou seja, foram caracterizados vários tipos de construções orogênicas intracontinentais (sem necessidade de geração prévia de litosfera oceânica) – que dispensam as premissas do Ciclo de Wilson. De 1990 ao tempo presente há mais de duas dezenas de exemplos que já foram comprovados em todos os continentes (na América do Sul, inclusive) de orogenias intracontinentais. Já existem algumas sínteses interessantes sobre o tema (que raramente chegou aos livros textos de Geotectônica, com uma exceção: Condie, 2011, 2022); vide Raimondo et al., (2010), Brito Neves (2016, 2020). São fatos novos que necessitam ser conhecidos com mais profundidade, sem que isto venha tirar o brilho do conceito de Ciclo de Wilson, pilar da Tectônica

de Placas durante quase meio século, e que continua com sua validade preservada em muitos desenvolvimentos de abertura e fechamento de oceano, sem translação relativa importante dos segmentos das placas continentais.

É possível identificar, dentre tantas iniciativas, diferentes formas de encarar e descrever o Ciclo de Wilson. Desde a maneira mais primitiva e teórica, associada à designação original (Burke & Dewey, 1975) de fases isoladas (Tab. 2), como aquelas mais enriquecidas de Bozkho (2008, Tab. 3), Heron et al. (1916) (Fig. 4) e Wilson et al. (Fig. 5).

No caso de Bozkho (2008) temos a oportunidade de apreciar a visão de um cientista da antiga União Soviética (reduto antigo do fixismo), e o vemos perfeitamente integrado com a moderna Geotectônica em geral como em andamento em outros centros científicos do Ocidente. O autor prescreve um estágio inter-supercontinentes e outro eminentemente continental. E mais, trata desses processos de forma conjugada com a evolução de outras esferas globais (litosfera, astenosfera, hidrosfera), em diferentes fases. O autor assume para o ciclo completo um tempo de 400 Ma, sendo 250 Ma para o primeiro estágio, convergência (165 Ma) + *break up* continental (85 Ma) e 150 Ma

Tabela 3. Ciclo Supercontinental (Bozkho 2008)

Estágio	Fases	Duração (Ma)	
II Intersupercontinental (continentes e jovens oceanos)	CONVERGÊNCIA (coalescência) Relação mínima de espalhamento para subdução, baixo nível do mar, resfriamento climático, formação de margens continentais ativas, acumulação de <i>flysch</i> , molassa, complexos de arcos de ilhas, ocorrências de magmatismo silicoso colisional, formação de orogenias colisionais. Ocorrência de magmatismo de <i>trap</i> relacionado com plumas do manto devido a ação de <i>slabs</i> descendo abaixo do manto superior	165	250
	FRAGMENTAÇÃO (<i>breakup continental</i>) Máxima relação de espalhamento com subducção, aquecimento global, níveis mais elevados dos mares, formação de margens passivas com grandes acumulações sedimentares, decréscimo das áreas secas dos continentes devido às transgressões, formação de amplas bacias intraplacas e intensa formação de <i>traps</i> , complexos de intrusões acamadadas.	85	
I Supercontinental (um único continente)	DESTRUIÇÃO (<i>rifting continental</i>) Rifteamento continental contra um <i>background</i> crescente de atividade de plumas do manto	60	150
	INTEGRAÇÃO (amalgamento de continentes e acreção de fragmentos individuais de continentes) Ambientes continentais drásticos, elevações topográficas marcantes, baixo nível dos mares, regressões, formação de bacias isométricas e ocorrência de magmatismo anorogênico. O total cumprimento das zonas de cristas meso-oceânicas e a relação de espalhamento da subdução são as mínimas. Resfriamento climático e ocorrência de glaciação. Esta fase é marcada por extensas inconformidades na base dos sedimentos de plataforma, das acumulações de magmatismo anorogênico e importantes driftes glaciais.	90	
© <i>Terrae Didat.</i>			
Campinas, SP		v.18	1-24
		e022002	2022

para o estágio supercontinental propriamente dito (60 Ma + 90 Ma), como exposto.

Na concepção e diagramação recentemente proposta por Wilson et al. (2019) para o Ciclo de Wilson, há uma esquematização bastante rica de todas as fases fundamentais agora propostas/identificadas (8 fases) – com diagramação e texto – a partir daquela do Ciclo de Wilson original, desde a instalação do rifteamento inicial (fase 1) e daí gradativamente até a colisão continental (fase 6) subsequente a qual vem a fase de cráton estável (7) e a posterior de instalação de bacias plataformais (8).

O caso de Heron et al. (2016), apresentado na Figura 4, é muito interessante pela consideração inovadora de novos participantes influentes no Ciclo de Wilson, de novas variáveis não consideradas nas concepções anteriores do ciclo. Mesmo no esquema de Wilson et al. (2019), esses parâmetros não estavam incluídos no esquema global. Feições e características modernamente consignados na evolução do conhecimento da Tectônica Global passam a estar presentes, como: a possibilidade de desenvolvimento de bacias ensiálicas e faixas móveis (sem formação de litosfera oceânica) e as influências da litosfera continental (espaçada) e do manto litosférico, conforme expresso no diagrama por eles proposto (Fig. 4).

O Ciclo Supercontinental

A partir da última década do século passado, as faixas orogênicas clássicas (principalmente fanerozoicas e proterozoicas) passaram ser interpretadas como edifícios orogênicos empreendedores da arquitetura e formação de supercontinentes. Isto se deu já no âmbito da escola da Tectônica de Placas (completamente transformada e enriquecida), quando a tectônica geossinclinal já se tornara obsoleta (década de 1990). As reconstituições de ciclos de formação de supercontinentes em diferentes períodos da história da Terra passaram a ser resgatadas. A designação de Ciclo Supercontinental vem da hipótese, cada vez mais consolidada, de que as massas continentais periodicamente coalescem em grandes *landmasses* chamadas supercontinentes ($\geq 70\%$ de todas as massas dantes formadas, então em assembleia). Ou ainda, de forma mais completa: os processos de rifteamento e de quebramento de um supercontinente são seguidos por um estágio de re-assembly, na qual os crátons antes dispersos colidem para formar um novo supercontinente (Kearey et al., 2009, Condie, 2011, Bozkho, 2016). Isso aconteceu, presumivelmente, nos momentos finais do Arqueano (“Kenorland”), do Paleoproterozoico (“Paleopangea” / “NENA” / “NUNA”

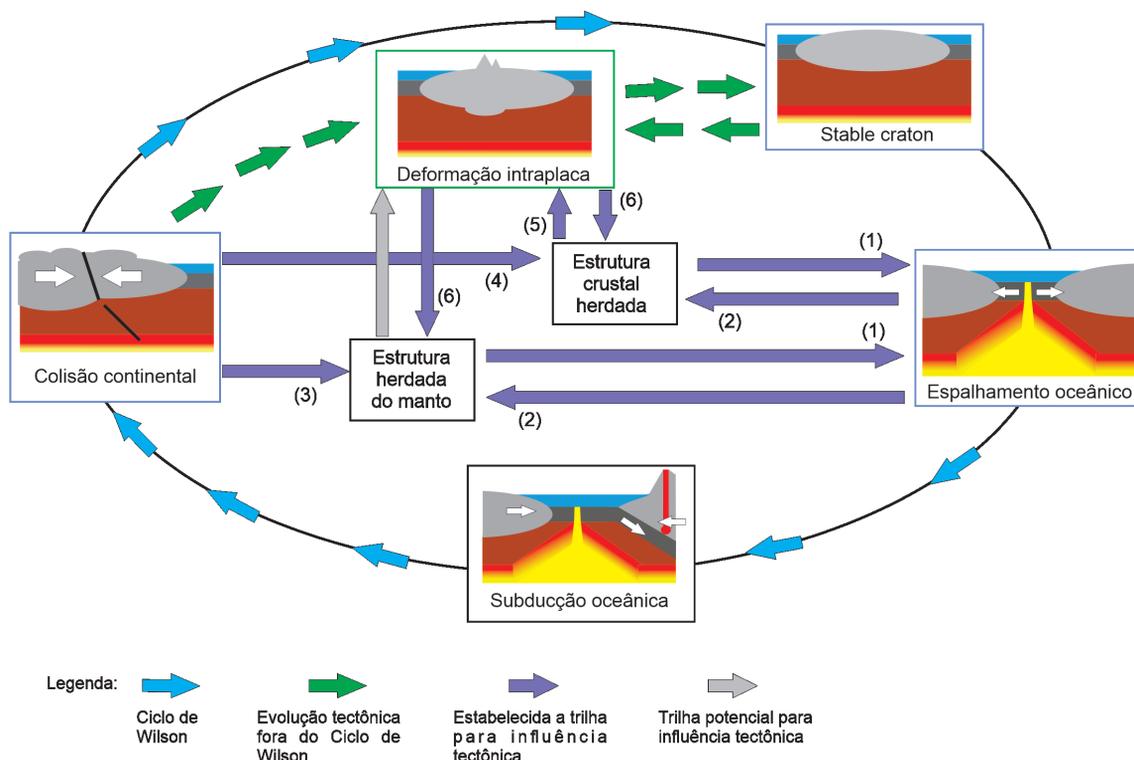


Figura 4. No presente esquema de Heron et al. (2015), os autores consideram como tramas inerentes ao Ciclo de Wilson as influências exercidas pela deformação de colisão continental, da deformação intraplaca e as estruturas herdadas do manto litosférico

/ “Columbia”), do Mesoproterozoico (Rodínia), do Neoproterozoico (Pannotia → Gondwana) e do Mesotriássico (Pangea). Há uma série inenarrável de trabalhos nesse tema, tratando dos ciclos de supercontinentes que, juntos, consolidam uma nova, substancial e rica etapa do desenvolvimento da Geotectônica. Trata-se de um passo à frente da revolução da Tectônica de Placas.

O conhecimento geológico incompleto dos países do terceiro mundo e a insuficiência geral de dados paleomagnéticos, diferenças em métodos de trabalho etc. fazem com que haja muitas hipóteses distintas (com problemas de reconciliação entre elas). Além disto, a maioria das reconstituições não tem levado em conta a presença significativa de terrenos tectono-estratigráficos, a presença de blocos cratônicos e faixas móveis sotopostos às grandes coberturas sedimentares, a forma e dimensão dos blocos litosféricos computados, muitas vezes distintos daquelas assumidas nas reconstituições. Há casos até (excepcionalmente) que importantes blocos litosféricos (e.g Rio de La Plata, Pâmnia, Madagascar, Zelândia, Mauritia e outros propostos, ainda em análise etc.) não estejam, não constem do arcabouço de alguns destes esquemas de supercontinentes “restituídos”, de grande divulgação (sobretudo no mundo norte-ocidental). Na verdade, muitos dos presentes tipos crustais oceânicos quando estudados mais acuradamente (incluindo sondagens profundas) têm revelado a presença de zircões de ciclos do Proterozoico. O que é um capítulo novo, ainda em andamento na Geotectônica, e um alerta para maior cuidado e precauções na reconstituição das fusões continentais. Há muito que se perscrutar ainda, e cuidado e precaução são conselhos a se considerar no andamento deste capítulo recém-gestado na evolução da Geotectônica.

O estudo do ciclo supercontinental traz exercícios interessantes (e incessantes) que às vezes podem mostrar que uma faixa móvel de um determinado continente tem continuidade em outro continente; dessa forma, a busca da sua integralidade pode ser perquirida e a faixa móvel pode vir a ser integral e verdadeiramente conhecida (livre de deficiências locais do conhecimento). Mas, repetindo, a falta de dados geológicos básicos, geocronológicos e paleomagnéticos pode induzir, algumas vezes, correlações (ilações) inexatas. Assim, a falta de precaução de alguns autores tem consignado mapas globais não confiáveis, incompletos. Os exigentes preceitos de correlação estipulados por

Krumbein & Sloss (1963), há mais de meio século, deveriam ser sempre rememorados.

A fusão (assembleia) e a fissão (dispersão) amplas de massas litosféricas têm obedecido – como já visto – a um esquema relativamente rítmico, sendo conduzidas por causas termais relacionadas com o manto. Embora não haja consenso em todos os casos, as reconstituições supercontinentais influenciam toda a história biológica, geoquímica e atmosférica do planeta. Ao final da reconstituição dos continentes têm sido consignados marcos importantes nesses contextos e histórias evolutivas acima assinalados, abrangendo desde o Arqueano (“Kenoran” / “Kenorland” e outras concepções e propostas (vide Bleeker, 2003), passando pelo Paleoproterozoico (“NENA”, “NUNA”, “Colúmbia!”), final do Mesoproterozoico (Rodínia), final do Neoproterozoico (Gondwana) e no Triássico Médio (Pangea). Embora sejam muitos os trabalhos publicados e investigações já consignadas, o caso de Pangea é especial: talvez seja o único que tem a quase unanimidade, podendo ser considerado, desde já, um fato científico.

Dois tipos de “padrões de ciclicidade” são reconhecidos por Condie (2011):

- i) Sequencial: no qual tem-se o break-up de um supercontinente e a formação posterior de um outro, como no caso da formação de Rodínia e de sua fissão posterior que veio formar Gondwana.
- ii) Não sequencial: aquele padrão no qual os fragmentos aglutinados não são de um supercontinente prévio, são de natureza mais diversa, como ocorreu nos casos da fusão de Columbia, Rodínia e Pangea, supercontinentes que foram formados por frações continentais de origem variada (alguns deles de fonte discutível, as peças chamadas de *puzzle peaces* (Bleeker, 2003).

Alguns supercontinentes não chegam a ser fissionados, por serem considerados pequenos demais e não capazes de armazenar calor (por tamponamento) suficiente no manto que venha produzir a sua respectiva posterior desarticulação. Uma duração variável entre 250 Ma a 500 Ma tem sido estipulada para o ciclo supercontinental, como já comentado.

Estes processos e estas propostas estão detalhados suficientemente nos muitos livros textos deste século (e.g. Der Pluijm & Marshak, 2004, Rogers & Santosh, 2004, Kearey et al., 2009, Condie, 2011, Condie, 2022 etc.), assim como há muitas sínteses

em publicações muito interessantes (vide Nance et al., 2014) de uma bibliografia muito rica e crescente. Outro trabalho, anterior a esses, mas muito interessante fora o de Worsley (1984, 1986), que mostrou uma grande interdependência (e influência global) de todas as variáveis do ciclo supercontinental. Nesta proposição, ele mostra o grau de interdependência com o ciclo supercontinental na evolução do nível dos mares (crescendo com a instalação de cristas oceânicas), da atmosfera, climáticas, da biologia (incluindo migração e formação de novas espécies) e na distribuição dos isótopos estáveis na plataforma continental, apresentando uma série de gráficos de correlação muito convincentes.

Muitos autores simplesmente passam a assumir o Ciclo de Wilson e/ou o Ciclo Supercontinental, já delineados acima (o ciclo clássico proposto por Burke & Dewey (1975), porque certamente não estavam ainda cientes de que há problemas no tratamento/acolhimento total dos dois tipos de ciclos (Heron et al., 2016, Dalziel & Dewey, 2018), como mostrado nos esquemas apresentados. Há interações adicionais a considerar quando se identificam outras heranças marcantes (ainda que não absolutamente quantificadas) da crosta e do manto litosférico que interferem no processo. E que, certamente, não serão as únicas a serem identificadas e consignadas com o progresso da investigação.

Notas sobre o caso do Ciclo Transamazônico na América do Sul

O histórico do “Ciclo” Transamazônico precisa ser revisto, com o objetivo de o colocar no devido lugar e status no seio de evolução das ciências geológicas no continente sul-americano, tendo em vista a falta de compreensão (que há muito perdura) do que verdadeiramente consigna um ciclo geotectônico, e de como foi instaurada e espalhada essa designação em nosso continente (efetivamente baseada em números). Há fatos a ressaltar:

a) Hurley et al. (1967): Em 1967, um grupo de trabalho (GT) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e do Massachusetts Institute of Technology (USA) fez uma apreciação dos dados geocronológicos (K-Ar e Rb-Sr) existentes nas porções norte-nordeste da América do Sul e oeste-noroeste da África (muito poucos e de baixa qualidade interpretativa). Os objetivos eram claros: comparar valores de idades para testar a deriva dos continentes,

sem subterfúgios ou qualquer pretensão de qualificação tectônica e afins.

Dois conjuntos de idades foram identificados com provável correspondência (geográfico-geológica) nos dois continentes: 2.000 ($\pm \Delta x$) Ma e 500 ($\pm \Delta x$) Ma. Assim, as observações reiteraram áreas geográfico-geológicas comparáveis (“correlacionáveis”) de um lado e do outro, em função dos dados de idades de reconhecimento disponíveis e utilizados. A extensão dos eventos de ca. 2.000 Ma no nosso continente foi, subsequentemente, considerada notável: em vários locais do norte (Escudo das Guianas, Cráton do São Luís), no Cráton do São Francisco, na Argentina e no Uruguai, todos baseados em poucos dados de pré-reconhecimento.

Diante do grande intervalo dos valores de idades citados na província (repetimos: “província de idades”), os autores que identificaram valores similares em outras localidades passaram a retirar nomes próprios locais e a substituí-los pelo nome por eles então proposto e adotado: *Transamazonian Orogenic Cycle*. É justo acrescentar que os autores reiteraram nas conclusões do trabalho terem empregado valores de idades de reconhecimento e de comparação vaga entre os dois continentes, com o propósito exclusivo de testar a deriva continental. Novamente, é preciso insistir, não fizeram qualquer alusão a itens/valores/contextos/ características de ciclo tectônico, ou “geossinclinal”, que era de fato a escola de conhecimento dominante na época (anos 1960).

b) Almeida (1967), (1968) (1969). No clássico e mais relevante trabalho da geologia do nosso continente (Almeida, 1967) aplicou a conceituação plena e correta de ciclo tectônico (localização geográfica e tectônica, paleogeografia, associações sedimentares, magmatismo e metamorfismo e, posteriormente, idades entre 780-490 Ma) para os diversos domínios brasileiros já conhecidos neste território, apresentando mapa esquemático da América do Sul, certamente com uso conjugado de dados geológicos e geocronológicos. Mas, apenas se referiu *en passant* aos tempos pretéritos, o que foi lamentável. No trabalho complementar de 1968, repetiu o tratamento das faixas brasileiras (no caso, a Borborema), e sobre as rochas de embasamento, com idades mais antigas (> 1.000 Ma), sendo incisivo: “*no interpretation can be made yet of their ages*”. Infelizmente, Almeida já não foi ouvido.

Já em 1969, Almeida reviu os dados geocronológicos do Pré-Cambriano de nosso continente, fazendo um exercício de comparação com aqueles dados e exemplos apresentados no Congresso Internacional de Praga (de Vinogradov & Tugarinov, inéditos). Centenas de determinações geocronológicas foram levantadas e consideradas por Almeida, por conta das quais assinalou dois marcos destacáveis: 500-600 Ma (denominado Brasileiro) e 1.800-2.000 Ma (denominado/ratificado como Transamazônico). Apontou ainda um terceiro marco definido e expressivo nas Guianas na ordem de 2.600 Ma (ali designado de Guriano e/ou Guriense). Considerou então que os três marcos fossem adotados como limites superiores do Pré-Cambriano superior, médio e inferior. Segundo o autor, esta seria uma proposição muito próxima daquela de Vinogradov & Tugarinov, acima comentada. Adiantou ainda que havia a possibilidade de reconhecer três “ciclos tectono-magmáticos” para o Proterozoico Superior (Brasiliano, Minas e Espinhaço, mas não foi além disto). Em trabalhos seguintes (e.g. Almeida et al., 1973) abandonou as propostas, e/ou tentou atualizá-las, como veremos.

c) Cordani (1968), Cordani et al. (1968). Este autor, em trabalho isolado e com coautores fez uma revisão e síntese no trabalho de Hurley et al. (1967, do qual fora um dos coautores), no qual discriminou as áreas cratônicas, caracterizando-as como áreas que sofreram eventos geológicos “bem definidos” a cerca de 2.000 milhões de anos, que pertenceriam ao ciclo orogênico Transamazônico, como “definido” por Hurley et al. (1967). Novamente, nada de considerações litoestruturais e/ou contextos geotectônicos. Para o Nordeste do Brasil, reiterou a presença de rochas com idade de 650 milhões de anos, “fase principal do chamado ciclo orogênico Caririano”. Pela sua importância no conhecimento da Geologia do Brasil, lamentamos as proposições acima de Cordani, reiterando Hurley et al. (1967), ou seja, voltou a considerar grupos de idades radiométricas de reconhecimento como “ciclos orogênicos”. Deveriam ter seguido os passos de Almeida (1968) acerca dos dados mais antigos.

d) Almeida et al. (1973). Na mais citada referência de Almeida et al. para os principais ciclos geotectônicos da Plataforma Sul Americana (chamada de “Brasileira à época), em capítulo do livro de Nairn & Stehli (1973), propuseram para o “Pré-Cambriano Médio” (2.200-

1.800 Ma) o “Ciclo Orogrênico Transamazônico”. Aludiram à presença do mesmo nos blocos das Guianas e Guaporé (Cráton Amazônico), Cráton do São Francisco e do Rio de La Plata. Rochas desse “ciclo” estariam sotopostas àquelas regiões colocadas no “*Upper Precambrian*”, “*Middle Precambrian*”, da proposição anterior.

Justo acrescentar as limitações confessas dos autores, citando honesta e nominalmente que estavam baseados em cerca de apenas 800 determinações geocronológicas, a saber: 600 valores K-Ar; 200 valores Rb-Sr; 60 valores U-Pb; algumas determinações, ainda, eram idades não publicadas e nem corrigidas.

Nenhuma referência foi feita às características e requisitos dos ciclos geotectônicos, embora circulasse amplamente uma bibliografia fixista no Brasil (vide Stille, Krynine, Khain & Scheynmann etc.). As referências e seus conceitos (antes discutidos) já haviam sido utilizados por Almeida em outros trabalhos e em suas aulas e conferências. No trabalho de 1973, os autores colocaram em um mesmo ciclo geotectônico diversas e distintas faixas metamórficas do embasamento dos ciclos mais jovens, distribuídas em entidades geotectônicas naturalmente distintas, crátons e faixas móveis, sem a necessária discriminação de contexto litoestrutural, posição e tempo etc.

Mais uma vez, neste trabalho clássico da geologia do continente, o cunho idade (valores geocronológicos de reconhecimento) se sobrepôs a todos os pré-requisitos esperados de um ciclo tectônico. Na verdade, um conjunto de idades de pré-reconhecimento foi o sustentáculo (indevido) do proposto ciclo. Só se pode aceitar isto em face da expectativa por dados geocronológicos que vivíamos (e que ainda vivemos). É justo adiantar e destacar aqui que no intervalo de tempo 1966-1973, infelizmente, várias heranças lamentáveis foram consignadas.

e) Almeida (1978). Em trabalho apresentado em Meeting da Subcomissão de Estratigrafia do Pré-Cambriano, na cidade do Cabo, África do Sul, 1978, Almeida pinçou os “time boundaries” considerados mais importantes da América do Sul, da seguinte forma: 2.600 Ma (→2.800 Ma), com referência às ocorrências no embasamento dos crátons e das faixas móveis; 1.800 Ma e 1.000 Ma. Ainda nesse trabalho colocou o Transamazônico como desenvolvido entre 2.600 e 1.800 Ma, e assinalou o valor de 1.000 Ma como marco inicial para o Ciclo Brasileiro. Na verdade, nenhum progresso se

detecta nesta proposta do Prof. Almeida, sendo mais apenas uma síntese de trabalhos passados.

Acreditamos que a pequena relação de trabalhos publicados acima discutidos (no intervalo de tempo 1966-1978) será suficiente para embasar a teia de designações “trans-amazônicas” no nosso continente, da Venezuela – a norte – aos países pampeanos – a sul. Esta açambarcação, verdadeiramente indevida e heterogênea, tem sido um dos percalços do desenvolvimento do conhecimento geológico do continente. Mesmo achando difícil erradicar as designações/concepções impróprias, pensamos que faz parte do bom senso encará-las e continuar tentando destituí-las da nossa bibliografia geológica.

- f) *Last not least*, Brito Neves et al. (1990) em uma pretensa síntese da geocronologia deste continente, solicitada, na oportunidade, pela Subcomissão de Estratigrafia do Pré-Cambriano do IUGS, utilizou a designação “Transamazônico” como um fato (como o que era usual naquela época), por desconhecimento da realidade e dos fatos e dados aqui discutidos, e porque esse era um conceito inescapável da literatura da época.
- g) A seguir, em 2011, Brito Neves retificou a designação, contando com cerca de 17.000 dados geocronológicos (estimativa disponível para o continente) e vários dados de mapeamentos geológicos regionais, então disponíveis. Na oportunidade, o autor considerou/concluiu que o uso do termo “Transamazônico” era indevido e obsoleto: “*the term transamazonian has naturally become obsolete and its usage is no longer advisable....*” A expressão contou com poucos seguidores e muitos opositores, tendo levantado discussões em diversos simpósios e congressos subsequentes, mas a obsolescência do termo ficou (desde então) cravada.

Proposição /tentativa oportuna para descartar doravante o uso do termo “Ciclo Transamazônico”

Os seguintes aspectos/fatos e circunstâncias do problema devem ser repensados ou encarados afim de que possa embasar o que achamos o bom combate de nossa parte:

- a) O termo “Transamazônico”, nas suas aplicações indeterminadas, variou constantemente em sua validade de aplicação: ciclo, orogenia, evento etc. ao longo do meio século que se passou. De fato, sempre se estava tentando, na verdade,

reunir aleatoriamente de fato e meramente de grupos de idades calcados por pouco dados (pouquíssimos, muitas vezes) provenientes de métodos de reconhecimento apenas. Isto seria o suficiente para dirimir o problema, mas queremos insistir em outros pontos. O Escudo das Guianas foi uma das áreas que mais registrou os pressupostos “marcos de tempo” (!), mas só agora o problema passa a ser dirimido.

- b) Os fundamentos da explanação, quando procurados, recaem simplesmente em grupos de idades assemelhadas, não com menos de 1.000 determinações, então existentes. Hoje existem mais de 30.000 determinações (estimativa cautelosa), inclusive com métodos de grande poder de resolução, e subsistem problemas a resolver sobre os ciclos tectônicos enfeixados na gama de idades de 1.800-2.200 Ma. Para enfrentar o problema, jamais foi dada alguma atenção às fases de desenvolvimento evolutivo, contextos vulcano-sedimentares ou assembleias litoestratigráficas hauridas etc., como é usual no mundo das Geociências.
- c) Na época das alusões /designações, já circulava entre nós farta bibliografia sobre o tema ciclo tectônico, ainda que ligada à escola fixista (na verdade, a única com penetração no Brasil até então). Já era bem conhecido que o termo ciclo tectônico possui diversas implicações: tectônicas, de associações litoestratigráficas, magmatismo, metamorfismo etc.; tínhamos conhecimento das definições de ciclos tectônicos e de sua “duração”, geralmente na ordem de 150-200 Ma, jamais na ordem de 400 Ma e, sobretudo, controlada de maneira insuficiente (2.000 ± 200 Ma).
- d) Somente mapas geológicos de detalhe, bem embasados em fundamentos geológicos e geocronológicos e com bom respaldo paleomagnético (do que estamos muito longe ainda) poderão dizer se estes dados “transamazônicos” persistem e se eles definem domínios suficientemente contínuos ligando as faixas (grupos) de forma relativamente contínua, distinguindo domínios de atuação dos mesmos motores tectônicos. Mas, até agora, pelo progresso que estamos palmilhando, pela chegada de novos e melhores dados de mapeamentos geológicos e de dados radiométricos (de boa qualificação), cada vez mais o termo dantes proposto e insistido se afasta de validade científica.

- e) Hoje em dia, quando se tenta elaborar a reconstituição dos supercontinentes do passado, temos enfrentado problemas para as “correlações” no mesmo continente e entre continentes, mesmo dispondo de quantidade bem maior de dados geológicos e geocronológicos e métodos mais eficazes de pesquisa. Para o final do Paleoproterozoico existe na bibliografia cerca de meia dúzia de propostas distintas e inconciliáveis.
- f) O “Ciclo Transamazônico” então preconizado por Almeida et al. (1973) reunindo todos os dados então existentes presumia idades entre 1.800-2.200 Ma (2.000 ± 200 Ma = 400 Ma). Ou seja, envolveria tempos dos períodos Riaciano e Orosiriano. Não há hoje, no mundo, processos similares tão prolongados. Na verdade, quando verificamos as áreas mais recentemente propostas como “trans-amazônicas”, elas apresentam valores de idades com erros grandes, na ordem de 150-200 Ma, como são os casos das faixas orientais da Amazônia (“Maroni-Itacaiúnas”), do leste do Cráton do São Francisco (Itabuna-Salvador-Curaçá), do embasamento das Faixas Brasileiras (terrenos gnáissicos-migmatíticos do embasamento) das províncias Borborema, Tocantins e Mantiqueira).
- g) O desenvolvimento dos estudos de ciclos tectônicos do Riaciano e Orosiriano está sendo gradativamente feito, e tem evoluído bastante. Em todos eles há *basement inliers* de idades arqueanas, jamais detectados nem presumidos por aqueles autores das décadas de 1960-1970 e que, se acaso tivessem sido detectados, como teriam sido interpretados? (há algumas referências locais de idades/ciclos entre 2.200 e 2.600 Ma, então mencionadas como *poorly characterized*, ou simplesmente jogados num “ciclo” anterior).
- h) Entre as faixas orosirianas (Paleoproterozoico) e as faixas brasileiras (parte superior do Neoproterozoico), têm sido identificadas rochas e ciclos tectono-magmáticos relativamente bem definidos. Na Amazônia temos bons exemplos desta constatação (vide Fraga et al., 2020, Reis et al., 2021, Fig. 5) e no embasamento das províncias brasileiras. Em todas elas, diferentes ciclos realmente tectono-magmáticos têm sido identificados, atendendo a todos os pré-requisitos (vide Bartorelli et al., 2020).
- i) Outro “ciclo” que os autores de décadas passadas propuseram fora o “Ciclo Uruçuano”, 900-1.400 Ma, que logo foi (feliz e completamente,

erradicado pelo progresso do conhecimento. O problema no caso (maior, mas não exclusivo) foi a crença em “grupo de idades”, que no caso “Uruçuano” foi logo percebido, e houve uma erradicação do mesmo sem resiliência.

- j) Na Amazônia houve progresso grande na evolução dos conhecimentos. Com muitas etapas vencidas, a designação “Trans-Amazônico” perdeu – a nosso ver – totalmente até o sentido etimológico (primeiramente, significando “além de”, “através de Amazônia” (Houaiss, 2007). O que existe de evolução bem marcada de Riaciano bem conhecido na Amazônia fica na franja/auréola este-nordeste (do oeste da Venezuela ao leste do Pará) do continente, abrangendo a região norte do Amazonas, sul da Venezuela, Roraima, Guiana Francesa e leste do Pará, até imediações de Marabá. Corresponde a uma parte apenas do que Cordani et al. (1979) e Tassinari & Macambira (2004) designaram “Província Maroni-Itacaiúnas” e que foi recentemente discriminada como um contexto de granito-greenstone e gnaisses TTG por Fraga et al. (2020), bem situada no Riaciano Superior.

Considerações Finais

Como exposto no mapa esquemático da Figura 5, o que era colocado (como dogma) sob a égide de “Transamazônico” – Província Maroni-Itacaiúnas – abriga, no mínimo, três contextos litoestruturais bastante distintos entre si quanto à origem, história, composição, deformação e idades, a saber, de leste (periferia nordeste do continente) para oeste:

- Faixa riaciana de gnaisses diversos (TTG) e granito-greenstone (2,11-2,08 Ga), contendo alguns *basement inliers* arqueanos (na porção mais oriental do nordeste da Amazônia).
- Complexo e largo contexto de rochas de origem acrescionária, graníticas e vulcânicas, do Tocantins à fronteira da Colômbia, orosirianas (1,99-1,96 Ga), de caráter cálcio-alcalino (provável SLIP, consoante Reis et al., 2021). Um contexto específico, distinto e eo-orosiriano, designado de Orocaima.
- Faixa de supracrustais de alto grau, paragnaisses e migmatitos, metapelíticos, a biotita, a sillimanita e cordierita, de idades ~2,0Ga, colocado na parte centro-sul do Orocaima (faixa Móvel (CCC = Cauarane-Curuni).

Nossas observações acima são absolutamente

impessoais, e sem outro sentido a não ser o de tentar aprimorar a nomenclatura geológica do continente. Era tempo e era necessário. As rochas e distintos contextos litoestruturais e idades, colocadas indevidamente em um único ciclo tectônico, foram inseridos em novas realidades geológicas, tectô-

nicas e geocronológicas, depois de devidamente mapeadas e com bom respaldo geocronológico; compreendem um conjunto de três ciclos distintos, em natureza e idades. Comportamentos com iguais diferenças e discrepâncias (de idades, inclusive) têm sido constatados no embasamento das províncias

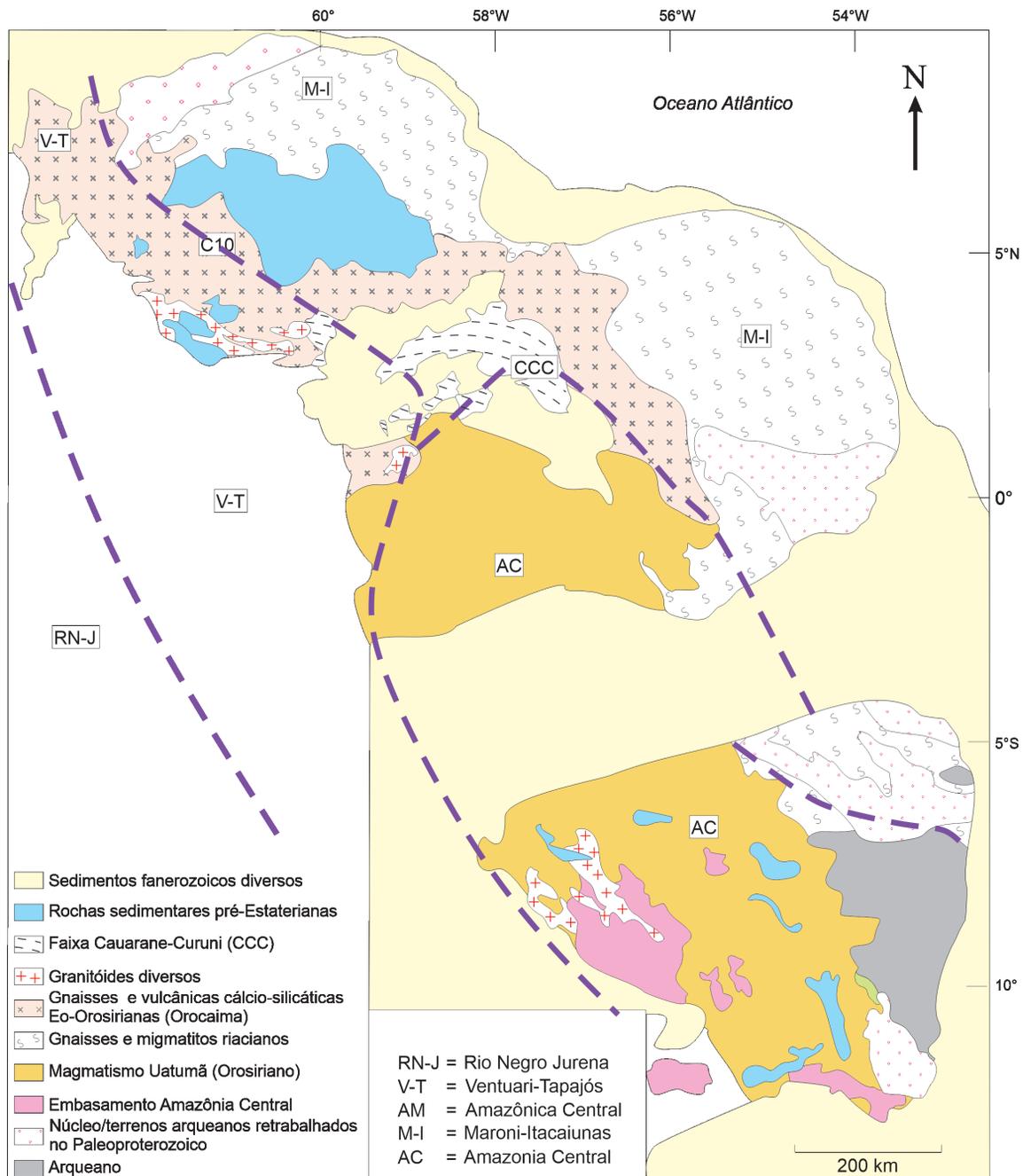


Figura 5. Sobreposição do mapa recente de Fraga et al. (2020) ao esquema anterior de Tassinari & Macambira (2004) para a porção oriental da Amazônia. A chamada “Província Maroni-Itacaiunas” (M-I) clássica do “Transamazônico”, na verdade abrange indevidamente três contextos absolutamente distintos em histórico tectônico-composicional e cronológico: o cinturão riaciano mais oriental, riaciano + a associação plutônica-vulcânica Orocaima (provável LIP) + a faixa de supracrustais orosirianas Cauarene-Curuni (CCC). (Vide discussão no item i, no texto)

brasilianas, nos crátons São Francisco, Rio de La Plata e São Luís etc., onde o “Transamazônico” fora indevidamente evocado.

Os autores mencionados (Almeida, Amaral, Cordani, Kawashita etc.) que assinam o capítulo clássico acima comentado (ano 1973) sempre foram professores admiráveis, reconhecidos amigos e colegas, que juntos construíram todo o alicerce das ciências geocronológicas no continente. São dignos de todo nosso respeito e admiração, sem quaisquer outras alternativas. Entretanto, como as novas gerações não acompanharam o desenrolar do conhecimento, achamos que era hora de clarificar alguns problemas com os quais temos lidado com frequência.

Agradecimentos

O autor agradece a vários colegas de seu departamento de origem (Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências da USP) pelas muitas discussões encetadas e pelo produtivo intercâmbio de referências bibliográficas. O trabalho é fruto de discussões com colegas dessa instituição e de outros departamentos, em São Paulo e alhures, incluindo ainda colegas da CPRM (Serviço Geológico do Brasil), que muito ajudaram. A todos eles, nosso reconhecimento. Agradecimentos são devidos ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisador 1B. O chefe da Biblioteca do IGc, Anderson Santana e o chefe do Setor de Desenhos, Marco Antonio, que foram colaboradores fundamentais. Os revisores anônimos de *Terrae Didática* e o editor principal da revista fecharam com brilhantismo este séquito de ajudas.

Referências

Almeida, F. F. M. (1967). *Origem e Evolução da Plataforma Brasileira*. Boletim DBPM-DGM, 241, 36p.

Almeida, F. F. M. (1969). *Divisão Crono-Estratigráfica do Pré-Cambriano da Plataforma Brasileira*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador-BA; Resumo das Comunicações, p. 17.

Almeida, F. F. M. (1971). Geochronological division of the Precambrian of South America. *Revista Brasileira de Geociências*, 1, 13-21.

Almeida, F. F. M. (1978). Chronotectonic Boundaries for Precambrian Time Division in South America. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 50, 527-335.

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U.G., & Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South America Cratonic Margin south of the Amazon River. In: Nairn, A. E., & Stehli, F. G. (Eds.). (1973). *The Ocean basins and margins*. New York, Plenum Publishers, 1, 411-446.

Almeida, F. F. M., Melcher, C., Cordani, U. G., Kawashita, K. & Vandomos, P. (1968). Radiometric age determinations from Northern Brazil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 17(1-3), 3-14.

Aubouin, J. (1965). *Geosynclines*. Amsterdam, Elsevier. 335p.

Aubouin, J., Brousse, R., & Lehman, J. P. (1968). *Precis de Geologi, tome III., tectonique, morphologie, le globe terrestre*. Paris, Dunod, 550p.

Bartorelli, A., Teixeira, W., & Brito Neves, B.B. (Eds.). (2020). *Geocronologia e evolução tectônica do Continente Sul-Americano; a contribuição de Umberto Cordani*. S. Paulo, Solaris Ed. Culturais. 727p.

Belousov, V. V. (1962). *Basic Problems in Geotectonics*. New York, Mc Graw Hill, 801p.

Bleeker, W. (2003). The Late Archean Record: a puzzle of ca. 35 pieces. *Lithos*, 71(2-4), 99-134.

Bogdanov, A. A. (1972). Tectonic nomenclature and classification of the principal structural elements of the continental crust. *Geotektonika*, 5, 3-21.

Bogolepov, K. V. (1974). Tectonic Nomenclature and Classification of the Principal Structural Elements of the Crust. *Geotektonika*, 4, 251-255.

Bozhko, N. A. (2008). Supercontinental cyclicality in the Earth's Evolution. *Moscow University Geology Bulletin*, 64(2), 75-91.

Bozhko, N. A. (2008). Supercontinental Cyclicality in the Earth's Evolution. *Faculty of Geology, Moscow State Universit Bulletin*, 64(2), 75-91

Brito Neves, B. B. (1985). Teorias e Modelos em Geotectônica. Introdução ao Problema. *Boletim IG-USP. Série Didática*, 1, 75p.

Brito Neves, B. B. de. (2011). The Paleoproterozoic in South American Continent. Diversity in the Geological Time. *Journal of South American Earth Sciences*, 32(4), 270-280. doi: 10.1016/j.sames.2011.02.004.

Brito Neves, B. B. de. (2016). Orogenias: das margens continentais ao interior remoto das placas, uma revisão do tema. *Terrae Didática*, 12(1), 19-55. doi: 10.20396/td.v12i1.8645964.

Brito-Neves, B. B. de. (2019). Terrenos tectonoestratigráficos e/ou “Maciços”. Evolução do conceito e aplicação na Zona Transversal da Província Borborema. *Terrae Didática*, 15(Publ. Contínua), 1-28, e019020. doi: 10.20396/td.v15i0.8655818.

Brito-Neves, B. B. de. (2020). Tectônica de Placas, 50 anos: as origens e a evolução do conhecimento. *Terrae Didática*, 16(Publ. Contínua), 1-20, e020043. doi: 10.20396/td.v16i0.8660244.

Brito Neves, B. B., Teixeira, W., Tassinari, C. C. G., & Kawashita, K. (1990). A contribution to the subdivision of the Precambrian of South America. *Revista Brasileira de Geociências*, 20, 267-276.

Burke, K. A. C. & Dewey, J. F. (1975). *The Wilson Cycle*. In: 10th Annual Meeting Geological Society of America, New York, Syracuse, Abstract with Programs, 48.

Cady, W. M. (1950). Classification of Tectonic Elements. *American Geophysical Union Transactions*, 31, 780-785.

Condie, K. C. (1982). *Plate Tectonics and Crustal Evolution*. 2 ed. Oxford, Pergamon Press. 280p.

Condie, K. C. (2001). *Mantle Plumes and their record in Earth History*. Cambridge, UK: Press Syndicate of the University of Cambridge. 326p.

Condie, K. C. (2011). *Earth as an Evolving Planetary Sys-*

- tem. 2 ed. Amsterdam, Netherlands, Elsevier. 574p.
- Condie, K.C. (2022). *Earth as an Evolutionary Planetary System*. 4 ed. Academic Press. 388p. doi: 10.1016/B978-0-12-819914-5.00004-4.
- Coney, P.J. (1970). The Geotectonic Cycle and the new Global Tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 739-748.
- Cordani, U. G. (1968). Esboço da Geocronologia Pré-Cambriana da América do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40(supl.), 47-51.
- Cordani, U. G. Tassinari, C. C. G. Teixeira, W., Basei, M. A. S., & Kawasdhita, K. (1979). Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: Congresso Geológico Chileno, 2- Arica Chile, *Actas*, p. 137-140
- Cordani, U. G., Melcher, G. C., & Almeida, F. F. M. de. (1968). Outline of the Precambrian geochronology of South America. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 5, 629-632.
- Dalziel, I. W. D. & Dewey, J. F. (2018). The classic Wilson Cycle revisited. In: Wilson, R. W., Houseman, G. A., McCaffrey, K. J. W., Doré, A. G., & Buiter, S. J. H. (Eds.). (2018). *Fifty years of the Wilson Cycle concept in Plate Tectonics*. London, Special Publication of the Geological Society of London, 470. doi: 10.1144/SP470.1.
- Dana, J. D. (1873). On some results of the Earth's contraction from cooling. Including a discussion of the origin of mountains and the nature of the Earth's interior. *American Journal of Science*, June 1873, s3-5(30), 423-443. doi: 10.2475/ajs.s3-5.30.423.
- Delany, F. (1972). *Essai de Lexique Tectonique*. Paris, Commission for the Geological Map of the World (CGI/USGS). 78p. Der Pluijm, B. V. A. & Marshak, S. (2004). *Earth Structure*. 2 ed. New York, USA, London, UK: Norton & Co.
- Dewey J. F., & Bird, J. M. (1970). Mountain belts and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 75(14), 2625-2647. doi: 10.1029/JB075i014p02625.
- Dewey, J. F. (2007). The secular evolution of plate tectonics and the continental crust. In: Hatcher Jr., R. D., Carlson, M. P., McBride, J. H., & Catalán, J. R. M. (Eds.). (2007). *4D Framework of Continental Crust*. Boulder, Colorado: The Geological Society of America Memoir, 200, 1-7.
- Fraga, L. M. B., Lafon, J. M., & Tassinari, C. C. G. (2020). Geologia e evolução tectônica das porções central e nordeste do Escudo das Guianas e sua estruturação em cinturões eo-orosirianos. In: Bartorelli, A., Teixeira, W., Brito Neves, B. B. de (Eds.). (2020). *Geocronologia e Evolução Tectônica do Continente Sul-americano; a contribuição de Umberto Cordani*. São Paulo, Solaris Edições Culturais. p. 92-121.
- Gastil, G. (1960). The distribution of mineral dates in the time and space. *American Journal of Science*, 258, 1-35.
- Gurnis, M., Yang, T., Cannon, J., Turner, M., & Williams, S. E. (2018). Global Tectonics reconstructions with continuously deforming and evolving rigid plates. *Computers and Geosciences*, 116, 32-41. doi: 10.1016/j.cageo.2018.04.007.
- Hatcher Jr., R. D., Carlson, M. P., McBride, J. H., & Catalán, J. R. M. (Eds.). (2007). *4D Framework of Continental Crust*. Boulder, Colorado: The Geological Society of America Memoir, 200, 641p.
- Heron, P., Pyskiywek, R., & Stephenson, R. (2016). Identifying mantle lithosphere inheritance in controlling intraplate orogenesis. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(90), 6966-6987.
- Hurley, P. M., Almeida, F. F. M., Melcher, G. E., Cordani, U. G., Rand, J. R., Kawashita, K., Vadoros, P., Pinson Jr., W. H., & Fairbarn, H. W. (1967). Test of continental Drift by means of radiometric ages. *Science*, 157(3788), 495-500.
- Kay, M. (1951). *North American Geosynclines*. Geological Society of America Memoir, 48, 143p.
- Kearey, P., Klepeis, A., & Vine, F. J. (2009). *Global Tectonics*. Chichester, Wiley-Blackwell, 482p.
- Khain, V. Ye., & Scheynmann, M. Yu. (1962). Hundredth Anniversary of the Gosynclinal Theory. *International Geology Review*, 4, 166-195.
- Krumbein, W. C., & Sloss, L. L. (1963). *Stratigraphy and Sedimentation*. 2 ed. San Francisco and London, W. H. Freeman and Co. 660p. Krynyne, P. D. (1951). A critique of geotectonic elements. *Transaction, American Geophysics Union*, 32, 743-747
- Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., & Brito-Neves, B. B. de. (Orgs.). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Ed. Beca. 673p.
- Mitchel, R. N., Kilian, N. T., Evans D. A. D. (2012). Supercontinents cycles and the calculation of absolute paleolongitude in deep time. *Nature*, 402, 208-211. doi: 10.1038/nature10800.
- Muller, A. (2018). Hans Stille (1876-1966). About relationships between global tectonics and magmatism. *Global Tectonics and Metallogeny*, 10(2-4), 109-120.
- Muratov, M. V. (1977). *The Origin of Continents ad Ocean Basins*. Moscow, Mir Ed. 191 p.
- Muratov, M. V. (1968). Geosynclinal folded belts and systems: stages of development and igneous activity. *International Geology Review*, 10, 1386-1400.
- Murphy, J. B. & Dostal, J. D. (2011). Secular variations in magmatism and tectonic implications. *Lithos Special Issue*, 123, IX-XII.
- Myashiro, A., Aki, K., & Sengör, A. M. C. (1982). *Orogeny*. Chichester, John Wiley & Sons, 242p.
- Nance, R. D. & Murphy, J. B. (2013). Origins of the supercontinent cycle. *Geoscience Frontiers*, 4, 439-448. doi: 10.1016/j.gsf.2012.12.007.
- Nance, R. D. & Murphy, J. B. (2013). Origins of the supercontinent cycle. *Geoscience Frontiers*, 4, 439-448. doi: 10.1016/j.gsf.2012.12.007.
- Naumann, C. F. (1850). *Jehrbuch der Geognosie*. Leipzig, Ed. Wilhelm Elgemon. 1.000p.
- Plumb, K. A & James, H.L. (1986). Subdivision of the Precambrian time: recommendations and suggestions by the Sub Commission of Precambrian Stratigraphy. *Precambrian Research*, 32, 65-92.
- Raimondo, T., Collins, A., Hand, M., Walker-Hallam, A., Smithies, R. H., Evins, P. M. & Howard, H. M. (2010). The anatomy of a deep continental orogen. *Tectonics*, 29, 1-31. doi: 10.1029/2009TC002504.
- Reis, N. J., Teixeira, W., D'Agrella Filho, M., Bettencourt, J. S., Ernst, R. E. & Goulart, L. E. (2021). *Large Igneous Provinces of the Amazonian Craton and*

- their metallogenic potential in Proterozoic times. Geological Society of London. Special Publ. 518p. doi: 10.1144/SP518-2021-7.
- Stille, H. (1936). The present tectonic state of the Earth. *American Association of Petroleum Geologists*, 20(7), 849-880.
- Stille, H. (1936). *Wege und Ergebnisse-tektonischen der geologisch-tektonischen Forschung*. In: Hartmann, M. Jahre Kaiser, Wilhelm Gesellschaft. Berlin, Springer. v. 2, p. 77-97
- Stille, H. (1940). Einführung in der Bau Amerikas. *Gebirghe Bonträger*. Berlin. 717p.
- Stille, H. (1955). Recent deformations of the Earth's crust in the light of those earlier epochs. *Geological Society of America Special Paper*, 62, 171-180.
- Suess, E. (1885). *Das Antlitz der Erde*. E. Trempsky. (4 v.).
- Sutton, J. & Wattson, J. (1974). Tectonic evolution of the continents in Early Proterozoic times. *Nature*, 274, 433-435.
- Sutton, J. (1963). Long-Term cycles in the evolution of the continents. *Nature*, 198, 731-736
- Tassinari, C. C. G., & Macambira, M. J. B. (2004). A Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., & Brito Neves, B. B. (Orgs.). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca Ed. p. 471-485.
- Wegener, A. (2022). *Die Entstehung der kontinente und Ozeane*. ISBN. LCN. Unk63068007. ISBN unk83068007. URL: <http://lcnn.Loc.gov/unk83068007>.
- Wilson, J. T. (1966). Did the Atlantic open and then reopen? *Nature*, 211, 676-681.
- Wilson, R. W., Houseman, C. A., McCaffrey, K. J. W., & Doré, A. G. (2019). Fifty years of the Wilson Cycle concept in Plate Tectonics, an overview. *Geological Society of London Special Publication*, 470(1), 1-17. doi: 10.1144/SP470-2019-58.
- Windley, B. F. (1986). *The Evolving Continents*. 2 ed. Chichester, J. Wiley & Sons. 399p.
- Windley, B. F. (1995). *The Evolving Continents*. 3 ed. Chichester, J. Wiley & Sons. 526p.
- Worsley, T R. (1984). Global Tectonics and Eustasy for the past 2 billion years. *Marine Geology*, 58, 373-400.
- Worsley, T. R., Nance, R. D., & Moody, J. B. (1986). Tectonic Cycles and the history of the Earth's biogeochemical and paleoceanographic records. *Paleoceanography*, 1, 233-263.
- Wyllie, P. J. (1991). *The Dynamic Earth: a textbook on Geosciences*. New York, J. Wiley. 416p.