

A Teoria dos Supercontinentes: discussão e crítica construtiva

Supercontinent Theory: discussion and constructive criticism

Benjamim Bley de Brito Neves¹ 

¹Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Geociências. Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, Butantã, CEP: 05505-080, São Paulo, SP, BR (bbleybn@usp.br)

Recebido em 30 de setembro de 2021; aceito em 19 de maio de 2022

Resumo

A Teoria dos Supercontinentes teve como seu instaurador principal Alfred Wegener, nos seus clássicos trabalhos nas primeiras décadas do século XX. Deve ser destacada a frente de contestação que lhe foi imposta de geocientistas dos dois mundos (então, todos “geossinclinalistas”). A retomada (e o crédito) só veio com Harry Hess, em 1962, quando este mostrou que os grandes empecilhos (fatores desconhecidos da deriva continental, não explicados devidamente), inibidores da teoria, passaram a ser cientificamente demonstráveis. Isso com suas pesquisas, com o conceito de convecção mantélica e mais ainda com proveito do ímpeto do surgimento da Tectônica de Placas (e o combate ao fixismo *sensu lato*). Seguindo Hess, alguns trabalhos foram acrescentados, com novas proposições, adendos, revisões, principalmente entre 1992 e 2005. Desde então, instalou-se fase notável de contribuições, publicações, livros e capítulos, todos com novos dados científicos. Temos que admitir que esse ramo das geociências ainda está em estágio de fluxo. A aplicação desses conceitos e conhecimentos, merecedora de um projeto internacional específico, foi estendida do Arqueano (no caso mais problemático de todos erátemas) até o fim do Mesoproterozoico (e.g. projetos “Gondwana”, “Rodínia” etc.). Concomitantemente a esses trabalhos e dados, já surgiram várias questões pendentes, para todos os casos de supercontinentes. Catalogamos uma série de problemas que queremos expor e as soluções que são demandadas. O conclusivo hoje é que o supercontinente Pangea, pelos seus dados geológicos gerais, geocronológicos e paleomagnéticos, é o único que pode ser colocado no *status* de fato científico. Todas as demais configurações propostas anteriores à Pangea são boas hipóteses de trabalho, a serem investigadas/exploradas de forma multidisciplinar.

Palavras-chave: Fissão; Fusão; Nuna; Nena; Gondwana; Pangea.

Abstract

The Supercontinent Theory had Alfred Wegener as its prime precursor along the first decades of the XX century. One should emphasize the front of contestations that arose from the geoscientists of that time, most of them engaged with the Geosynclinal Theory. The redivivation (and credit) came only with Harry Hess, in 1962, when he demonstrated that the great obstacles (unknown factors of the continental drift, unlawfully), inhibitors of the theory, were scientifically demonstrable with the research, and concept of mantlic convection, and even more so with the momentum o the emergence of the plate tectonics (and the fight agains *sensu lato* fixism). Following Hess, many other authors brough a series of new important information recorded by different publications such as a series of propositions, addenda, and reviews, specially between 1970 and 2005. Since then, a remarkable phase of contributions, publications, books, and chapters has been installed, all with new scientific data. It should be noted that this branch of geosciences is still in a flow stage. The application of these concepts and knowledge was extended to the Archean (in the most problematic case of all Eratemas), until the end of the Mesoproterozoic (e.g. “Gondwana”, “Rodínia” projects, etc.), deserving of a specific international project. Concomitant with these data, a series of pending issues have arisen for all cases of supercontinents. This paper has catalogued a number os problems to be exposed and their solutions. In conclusion, Pangea, by its general geological, geochronological, and paleomagnetic data is the only one that can be supported as a scientific fact. All other configurations proposed prior to Pangea, although very good hypotheses, are to be investigated/exploited in a multidisciplinary manner.

Keywords: Fission; Fusion; Nuna; Nena; Gondwana; Pangea.

INTRODUÇÃO

Nosso propósito inicial é chegar à discussão dos inúmeros (e incessantes) modelos de fusão supercontinental para as diferentes etapas da história do planeta: fins do Arqueano, das eras Proterozoicas e, ainda, *en passant*, do Meso-Triássico (da aglutinação final de Pangea), seguindo o modelo inicial de Wegener. Esses modelos/propostas de aglutinação de supercontinentes — resultado da conclusão do chamado Ciclo dos Supercontinentes — contêm acervo notável de dados geológicos gerais, litoestratigráficos, geocronológicos e paleomagnéticos (os menos abundantes). Porém todos apresentam alguns problemas, em parte de forma geral, em parte de forma exclusiva (específica do fim de era). Nesses problemas, a serem pinçados e discutidos, está a motivação de nosso trabalho.

Ainda que disponhamos de conjunto notável de dados, deparamo-nos frequentemente com as questões: o que é um supercontinente? Qual é o futuro do estudo de supercontinentes na tectônica global? Perguntas simples, mas de respostas nem sempre convincentes e/ou providas de unanimidade. Para alguns autores, essa definição deve ser aplicada nos contextos/circunstâncias geotectônicos globais que tenham estado aglutinando (fusão de) na ordem de 70% de toda litosfera continental (até então) produzida. Na verdade, valores estimados propostos variam entre 100 e 60%. Para outros autores, os supercontinentes correspondem a superplacas, mas essa proposição envolve contradições. Importante acrescentar que a aglutinação de supercontinentes impõe muitas condições distintas para o desenvolvimento de outras camadas globais, sublitosféricas (padrão de convecção, aquecimento mantélico), hidrosféricas, atmosféricas (climas, inclusive) e no registro bioestratigráfico. Há uma inter-relação notável entre este tema (Ciclo dos Supercontinentes) e essas demais geoesferas (vide Umbgrove, 1947; Worsley et al., 1982, 1984, 1985; entre outros). Porém isso é outro tema novo, em desenvolvimento.

Entre os objetivos de nosso trabalho estão as revisões do tema supercontinente e também de uma série de problemas que conseguimos perscrutar e apontar nas proposições até hoje apresentadas (por vezes presentes em mais de uma proposta sobre o mesmo supercontinente da era considerada). Alguns desses problemas já foram apontados por outros autores. Mas há algumas questões (imperfeições, imprecisões que se repetem e que não correspondem à realidade dos fatos). Num continente um pouco afastado da efervescência das discussões (como o nosso), alguns problemas são mais bem observados. Todas as reconstituições são dignas de méritos, mas também de observações críticas.

SÍNTESE DO HISTÓRICO

A história da tectônica dos Ciclos dos Supercontinentes dispõe de várias etapas de desenvolvimento, que têm variado desde o fim do século passado, as quais tentaremos esquematizar numa síntese. Lado a lado ao progresso dos conhecimentos científicos (geológicos, geofísicos etc.) aos poucos intensificados, cada vez em maior número, o conceito foi enriquecido. Nos últimos 16 anos (pós-2005), houve uma vitalização notável no desafio de desvendar os processos (causas e efeitos) dos Ciclos dos Supercontinentes, em embates científicos intensos, sobretudo aqueles de tempos pré-Cambrianos.

Da nossa análise e posterior síntese, destacam-se as seguintes fases:

- a fase de alguns predecessores de Alfred Wegener, baseados em motivos de suas especialidades e na qualidade de bons observadores. Bacon (1620 *apud* Romano e Cifelli, 2015), Suess (1901) e Taylor (1910 *apud* Romano e Cifelli, 2015) marcaram opiniões preliminares sobre a deriva continental. Provavelmente, Wegener chegou a ter conhecimento dessas ideias;
- a proposição de Wegener (1912, 1922), em duas publicações clássicas (entre muitas outras) e nos muitos debates científicos que empreendeu, inaugurou com brilhantismo um novo ramo das geociências, com muitos frutos;
- destaca-se a longa fase obscurecida (1912–1970) pelos tectonistas dos mundos ocidental e oriental, arraigados nos conceitos e modelos da Teoria Geossinclinal (“fixistas” e “verticalistas” por excelência). Em geral, esses cientistas não aceitavam a deriva continental e assediavam e criticavam Wegener clamando por explicações de natureza física para a deriva continental. Wegener morreu tentando obtê-las;
- na sombra dessas contestações, apareceram alguns defensores de Wegener; luzes pontuais, é verdade (chamados de “mobilistas”), que merecem ser exaltadas: as contribuições (livros excelentes publicados defendendo a deriva) de Du Toit (1927, 1937 — dois livros clássicos) e Holmes (1928 — um excelente livro texto). Além desses livros, Holmes esquematizou uma teoria da convecção do manto para a deriva continental (fato desconhecido por muitos);
- com os trabalhos geofísicos de Hess (1962), no estudo da crosta oceânica, após a Segunda Guerra Mundial, os processos de abertura e fechamento dos continentes começaram a ser desvendados em causa e efeito, junto ao advento da Teoria da Tectônica de Placas (cujos adeptos passaram a ser chamados de “mobilistas”). O livro e as publicações de Hess no fervor do nascimento da Tectônica de Placas (décadas de 1960–1970), e pelo fato de ser um cientista

do mundo ocidental, foram de importância extraordinária. A deriva dos continentes encontrou uma teoria consistente e comprovável com os estudos dos contextos dos fundos do mar, escudados no paleomagnetismo e na geocronologia;

- na última década do século passado (a partir de 1993), houve uma explosão preliminar sobre o tema no seio das geociências, com o aparecimento de vários condimentos científicos auxiliares. Nessa nova onda, vários modelos/propostas foram encetados/incentivados e várias comissões foram criadas para trabalho conjunto internacional — United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), International Geological Correlation Programme (IGCPS) 280 e 440, National Science Foundation (NSF) etc. Esses projetos de correlação geológica internacional contavam com a participação de dezenas de cientistas de diferentes continentes (inclusive dos continentes meridionais, o que não era usual), e, assim, grande incremento na pesquisa foi alcançado;
- entre 1993 (Reunião de Chapell Hill — Carolina do Norte, International Union of Geological Sciences – IUGS/NSF) e 2005 (reunião de Freemantle — Austrália, IUGS com a Geological Society of Australia), a Teoria dos Supercontinentes ganhou foros próprios, grande desenvolvimento, e as primeiras críticas veementes e saudáveis aos modelos. Essas reuniões foram muito produtivas, mostrando o estado da arte do tema, e traçaram os rumos e o progresso dos conhecimentos. Na prática, houve uma passagem da Teoria da Tectônica de Placas (em todos os continentes) para a Teoria dos Supercontinentes (mais abrangente, então mais chamativa), especialmente naquela segunda reunião, que foi de grande utilidade para a discussão dos dados paleomagnéticos e o alerta para a grande pobreza (em quantidade, também em qualidade) existente, a ser debelada. Nesta fase (1993–2005), incluem-se os primeiros livros tratando francamente do tema (*e.g.*: Moores e Twiss, 1995; Condie, 2002, 2011; Rogers e Santosh, 2004 etc.). A partir de então, temas como Supercontinente e Ciclo dos Supercontinentes figuraram como obrigatórios (e não mais *en passant*) nos livros textos, em Geotectônica e Geologia Geral;
- nas duas primeiras décadas do século atual, o acervo e a qualificação das publicações, em simples *papers* e/ou sínteses bem construídas, de vários autores de diferentes especialidades, demarcam novo tempo no tratamento científico. A Teoria dos Supercontinentes passou a ter vida relativamente própria e a influenciar outros escaninhos das geociências (*e.g.*, tectônica regional, magmatismo, recursos minerais, meio ambiente, clima, vida etc.).

REFLEXÕES NECESSÁRIAS SOBRE O TEMA SUPERCONTINENTE: A VARIAÇÃO SECULAR DAS CONDIÇÕES E PROCESSOS GLOBAIS: ADVERTÊNCIA AO PRINCÍPIO DO UNIFORMITARISMO

Importância do tema

As condições tectono-magmáticas e ambientais (atmosfera + hidrosfera) e os processos do passado (principalmente do Arqueano) são intrigantes e, na verdade, discutidos (e muito), mas não conhecidos de fato. Junte-se a isso as circunstâncias paleogeográficas, aos auspícios de vários ciclos de assembleias e dispersão de continentes.

As frações litosféricas existentes no Paleoproterozoico estão hoje distanciadas umas das outras e com dificuldades de restituições (por vezes, com controvertidas restituições), não sendo, portanto, sempre um porto seguro para as análises de conjunto. Apesar do progresso, essas reconstituições não podem ainda ser chamadas de conclusivas. Vários autores, e mesmo alguns seminários específicos, têm se dedicado ao tema dessas variações seculares dos ambientes e processos. As frações litosféricas preservadas do Arqueano são muitas e dispersamente distribuídas e de reconstituição difícil, sendo, pois, chamadas (merecidamente) de *puzzle pieces* (peças desafiadoras). Todas elas demandam novos turnos de pesquisas mais avançadas e revisão constante.

A teoria dos supercontinentes e os condicionamentos impostos

Coube a Umbgrove (1947) o pioneirismo sobre os pulsos da história da Terra ao elaborar precocemente um esquema que relacionava o tempo geológico, as fases orogênicas, a formação de bacias sedimentares, os ciclos magmáticos e o clima. Sobre essa temática, Worsley et al. (1982, 1984, 1985) foram também alguns dos pioneiros (após o despertar da Tectônica de Placas) e devem ser citados pelo aprofundamento específico que realizaram nos estudos dos elementos tectônico-biogeoquímicos ao longo dos últimos 2,5 Ga, todos com respaldo dos novos dados científicos.

Na esteira desses autores, seguindo esses e aferindo muitos outros trabalhos de observação e pesquisa, autores dos livros textos de geotectônica começaram a abordar a evolução do planeta com relação ao tempo (condições, processos, regimes tectônicos), do passado para o presente. Essas observações tiveram repercussão, como será visto a seguir.

Windley (1977, 1995) já antecipara muitos desses fatos no seu livro clássico *The evolving continents*, em que o autor trata das condições e processos (atmosfera, hidrosfera, biosfera, sedimentação, magmatismo, metalogênese, regimes tectônicos etc.) ordenados segundo o tempo geológico. O

sumário final de seu livro é uma aula inenarrável sobre o tema, em que chega a alertar os demais colegas sobre a aceitação precipitada do atualismo (*what about uniformitarianism?*).

Condie (1997), em seu clássico livro, seguiu trilha análoga a Windley, inclusive com um cartel de dados mais avançados, gerais, geoquímicos de preferência. No último capítulo, alinhou as particularidades dos diferentes períodos da história da Terra (*planetary evolution*), pinçando num sumário 17 itens fundamentais (sobre evolução do planeta) a serem sempre considerados. *Last not least*, deve-se destacar o simpósio específico realizado sobre as variações seculares no magmatismo e implicações tectônicas (*Secular variations in magmatism and tectonic implications*, 2011), em todos os períodos e ambientes, cujas contribuições são da elite da geologia deste século, representada e opinantes. Esses trabalhos foram editados por Murphy e Dostal (2011). Além de constatarem e adicionarem fertilidade aos problemas, apresentaram opiniões de suas diferentes especialidades e áreas de trabalhos.

Enfim, tomamos conhecimento que o estudo dos supercontinentes (e do passado geológico) não é mera motivação (veleidades) científica – existe um quadro importante de motivos para outras ciências e a humanidade em geral – e que a interpretação do uniformitarismo tem que obedecer a várias restrições.

BLOCOS/CRÁTONS E (SUPER) CRÁTONS ARQUEANOS

Arqueano/Passagem Arqueano-Proterozoico

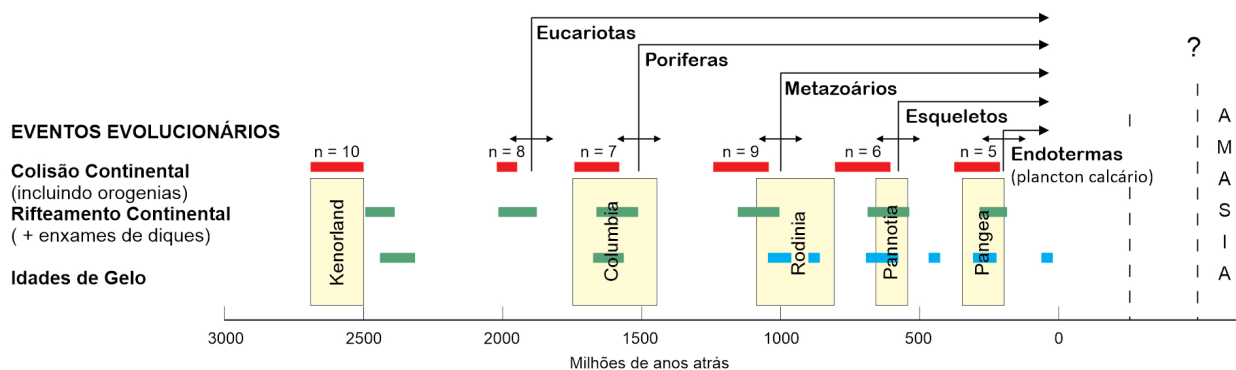
A discussão das aglutinações e dispersões continentais é cada vez mais interessante (problemática e confrontante) à

medida que adentra no passado geológico. Nas tentativas de arregimentações dos contextos/blocos arqueanos e início do Paleoproterozoico estão as propostas mais discutidas, mais diversificadas, com grande número de dados (sempre insuficientes), mas com dúvidas e falta de consenso.

As configurações completas e o arranjo de todos os núcleos arqueanos já identificados no mundo são, por enquanto, (ainda) pendentes e/ou incompletas. As reconstituições variam de autor para autor, traduzindo uma realidade, resistente a uma solução a curto prazo. Segundo Ernst et al. (2013), esse é um fator consistente (uma variável importante) que tem empacado a chamada revolução da Tectônica de Placas. As chamadas *puzzle pieces* (frações litosféricas e/ou crustais arqueanas já identificadas no mundo, designação original de Bleeker, 2003) têm sido encontradas e discutidas e merecem a designação de peças desafiadoras, como foram apelidadas. Para esses problemas/desafios em aberto, cabe aos métodos geológicos e geofísicos contribuírem (dentro do possível) para decifrá-los gradativamente (e a seus pretéritos encaixes).

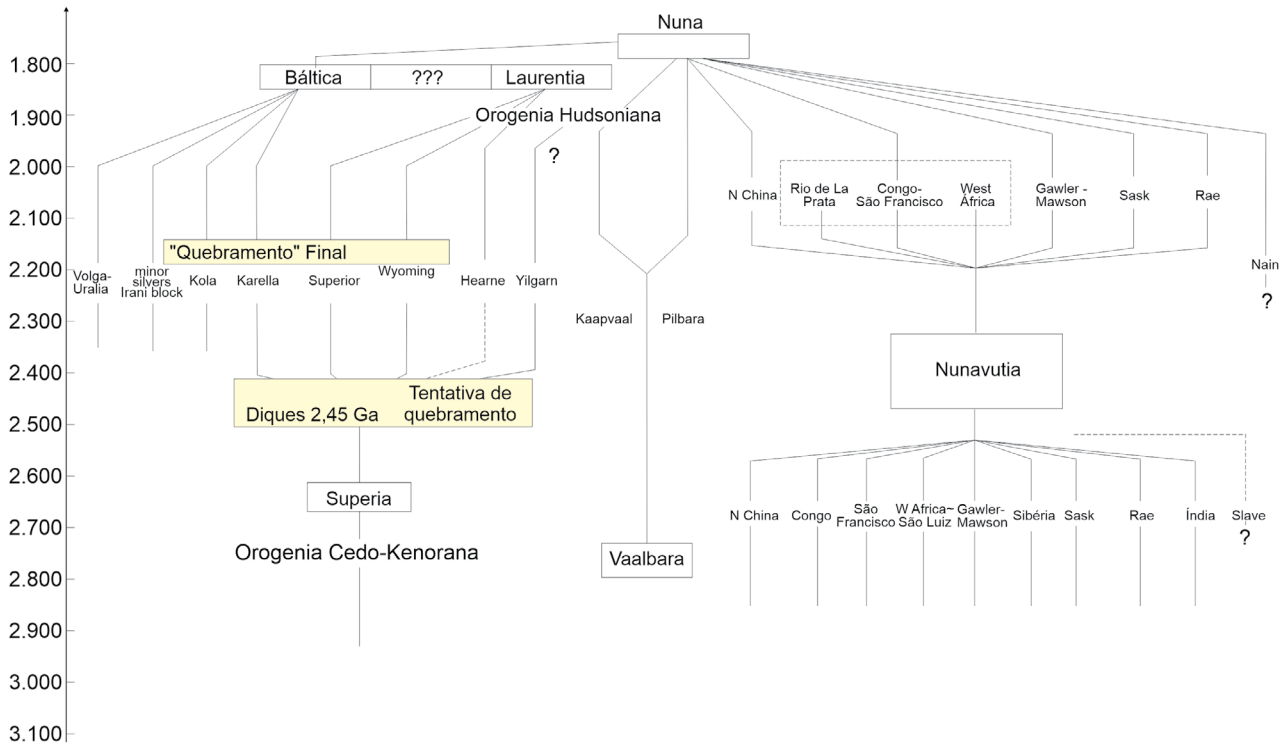
Nas identificações “aglutinações” do fim do Arqueano, o problema é mais repleto de incertezas, por várias razões (vide Figuras 1 e 2). Reconhece-se que durante o Arqueano (logo após o Hadeano) formou-se em contextos diversificados cerca de 75% da litosfera continental. Porém, menos de 30% dessa litosfera original se encontra aflorando ou é facilmente tangível (pela regeneração/retrabalhamento em ciclos posteriores, ou sua colocação sob coberturas proterozoicas e fanerozoicas etc). Igualmente, o trabalho com paleomagnetismo em contextos geológicos arqueanos apresenta várias questões pelos históricos litoestrutural e termo-tectônico sobrepostos (reciclagem, retrabalhamentos diversos).

Os estágios e as modificações pelas quais passaram esses “núcleos-semente”/“crátons/supercrátons” (as designações variam bastante) primordiais até a primeira aglutinação do



Fonte: Murphy e Nance (2003).

Figura 1. A reconstrução dos (super) continentes da passagem Arqueano – Paleoproterozoico, há cerca de 2,45 Ga, com base nos finais do Paleoproterozoico (Columbia), Mesoproterozoico (Rodínia), Neoproterozoico (Pannotia/Gondwana) e Paleozoico (Pangeia). Em paralelo, os eventos evolucionários e biológicos.



Fonte: Pehrsson et al. (2013).

Figura 2. Cladograma da evolução da litosfera continental por meio das sucessivas reuniões/fusões de *puzzle pieces*, primeiramente no Arqueano (Superia, Vaalbara, Nunavutia) e posteriormente no fim do Paleoproterozoico (NUNA, NENA, Colúmbia).

supercontinente de vulto (já no Arqueano?) defrontam-nos com incertezas e deficiências de dados, assim como com muitas sínteses e proposições relativamente distintas e com algumas controvérsias. Em se tratando das chamadas *puzzle pieces*, serão discutidas aqui apenas as propostas mais evocadas na bibliografia, deixando bastante claro as incompatibilidades preexistentes.

Kenorland de Williams et al. (1991). Este trabalho foi fundamentado no estudo das coberturas dos núcleos cratônicos arqueanos, principalmente da América do Norte, com estudos de fonte e natureza dos sedimentos (quartzitos, diferentes tipos; diamictitos, fontes etc.). Trata-se de um trabalho muito citado, aceito por alguns cientistas, mas rejeitado por outros. Foi originalmente proposto para incluir os núcleos cratônicos, apenas do atual continente norte-americano (Superior, Slave, Wyoming, Atlântico Norte e a Província Churchill). A figura de Kenorland está apresentada (Figura 3) conforme reconstituição posterior de Pesonen et al. (2003). A citação do Kenorland como “fato científico” foi usada algumas vezes, com ou sem modificações/restrições, o que é criticável.

Kenorland e Zimvaalbara (e outros segmentos do hemisfério sul) de Light (1982), Stanistreet (1993) e Aspler e Chiarenzelli (1998). No clássico trabalho de Rogers (1996),

ele traçou a união provável dos blocos mais antigos do que 3,0 Ga, do noroeste da Austrália (Pilbara, Yilgarn) e da parte central da África (Kalahari e Zimbabwe), designando esse grupo como “Ur” (\approx original). Por várias razões e falta de dados, essa tentativa foi gradativamente descartada.

Aspler e Chiarenzelli (1998), considerando os mesmos métodos de Williams et al. (1991) e os efeitos dos processos tectônicos na atmosfera, hidrosfera e clima, fizeram uma proposta suplementar: dois cratons neoproterozoicos.

O primeiro cráton, ratificando Kenorland (ainda que especulativo), no hemisfério norte, teria existido num intervalo de tempo entre 2,45 e 2,10 Ga, e o registro sedimentológico foi o grande suporte. Um segundo cráton foi proposto por esses autores, compreendendo a reunião de Kaapval, Pilbara (Vaalbara) e Zimbabwe (“Zimvaalbara”) e mais o cráton do São Francisco e alguns blocos da Índia (Dharwar). Esse reconhecimento no hemisfério sul de blocos semelhantes aos de Kenorland contou com o endosso de Light e Stanistreet. Nesse caso, o histórico poderia ter começado mais cedo (ca. 2,65 Ga *versus* 2,45 Ga de Kenorland) com registros magmáticos relacionados a superplumas. Segundo esses autores, o Kenorland tinha ainda alguns problemas relacionados à geocronologia, à falta de coerência de alguns dados entre os blocos europeu e norte-americano etc. e quanto à posição subequatorial. Eles

não apresentaram um esquema gráfico claro para estes “super-crátons” nem o tempo respectivo de atuação.

Pesonen et al. (2003) fizeram proposta similar (complementar) para um “supercontinente” do fim do Arqueano ao início do Proterozoico (ca. 2,45 Ga, que teria perdurado intacto até 2,15 Ga). Esse “supercontinente” foi inferido por dados geocronológicos, paleomagnéticos, enxames de diques e coberturas sedimentares do embasamento mais antigo. Esse “supercontinente” teria sido formado pela conjugação de Laurentia, Báltica (Karélia) e Kalahari — que estariam situados nas imediações do equador — e Austrália (Yilgarn) — que estaria próxima ao polo Sul (Figura 3). Proposição, esta, praticamente repetida por Pehrsson et al. (2013). Nesses dois esquemas, os demais continentes do hemisfério sul foram absolutamente esquecidos.

Bleeker (2003) fez um estudo genérico sobre a constituição dos principais núcleos arqueanos do mundo (crátons) e estudou suas composições e semelhanças litoestruturais *s.l.* e acrescentou duas possibilidades adicionais à ideia da existência do Kenorland (para o qual manteve a possibilidade). Essa proposta mantida seria

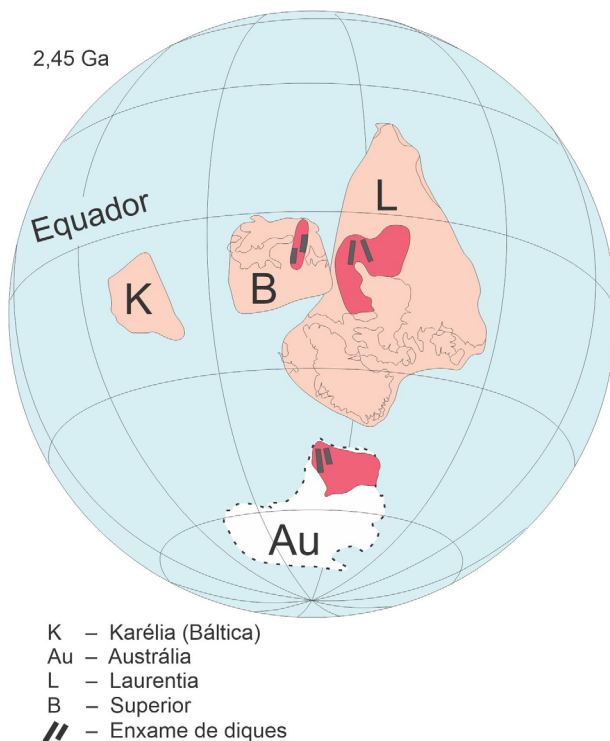


Figura 3. Uma das primeiras reconstituições/proposições para a distribuição da litosfera continental no Arqueano (2,54 Ga) de Pesonen et al. (2003), tentando aprimorar a proposta anterior de Williams et al. (1991), sendo muito utilizada e citada na bibliografia do Ocidente. Enxames de diques estão marcados com traços grossos (*sticks*).

a chamada por ele mesmo de “*single supercontinent solution*” (Kenorland). O trabalho de Bleeker (2003) é um dos mais citados. Consoante com esse autor, outra possibilidade é a de que o Arqueano teria sido constituído de três grandes “supercrátons” (Figura 4), a seguir assinalados, que foram considerados precursores/geradores por fissão dos crátons/núcleos mundialmente mais conhecidos, a saber:

- Sclavia = teria incluído previamente “Slave” + “Wyoming” – USA + “Darwhar” – Índia + “Zimbabwe” – África + diversos outros menores (por ele discriminada “*Slave clan*”);
- Vaalbara = teria incluído previamente “Kaalpval” (África) + “Pilbara” (noroeste da Austrália);
- Superia = teria incluído o “Superior” + “Nain” – USA, e outros assemelhados + “Hearne” e “Sask” – USA, não especificados; e “Kola” + “Karelia” + “Volga-Uralia” – Eurásia. Essa seria a designada por Bleeker (2003) como “*supercraton solution*”, e estes chamados “supercrátons” poderiam ser inicialmente grandes placas.

A terceira opção (designada por Bleeker (2003) de “*the unlike solution*”) admitiu um grande número (“*many supercratons*” *solution*) de blocos interagindo. Ao contrário do que ele classificou (*unlike*), estaria, a nosso ver (e de muitos outros autores), mais próxima da realidade arqueana. Essa possibilidade reuniria alguns dispersos supercrátons e outras *landmasses* menores, formando cerca de uma dezena de crátons (sem definir/adiantar nomes). Segundo ele, essa não seria uma opção plausível, porque somente grandes massas continentais teriam a possibilidade de tamponar, condicionar e provocar reações tectônico-magmáticas do manto (Schmitt et al., 2018).

Pehrsson et al. (2013) discutem a possibilidade da existência de dois supercontinentes no Arqueano. Considerou-se viável do ponto de vista paleomagnético o esquema de Williams et al. (1991) e de Pesonen et al. (2003) para o Kenorland (mas com restrições). Propuseram um “cladograma” amplo, com base na análise minuciosa daqueles blocos/crátons que vieram se amalgamar na constituição do supercontinente do Paleoproterozoico (Columbia de Rogers e Santosh, 2004), a que chamaram de Nuna (designação originada de Hoffman, 1988). Esquemmatizaram a formação do supercontinente Nuna, tendo como ponto de partida vários núcleos cratônicos primordiais, localizados antes no hemisfério norte (descendentes do Superia) e no hemisfério sul (+ menor parte).

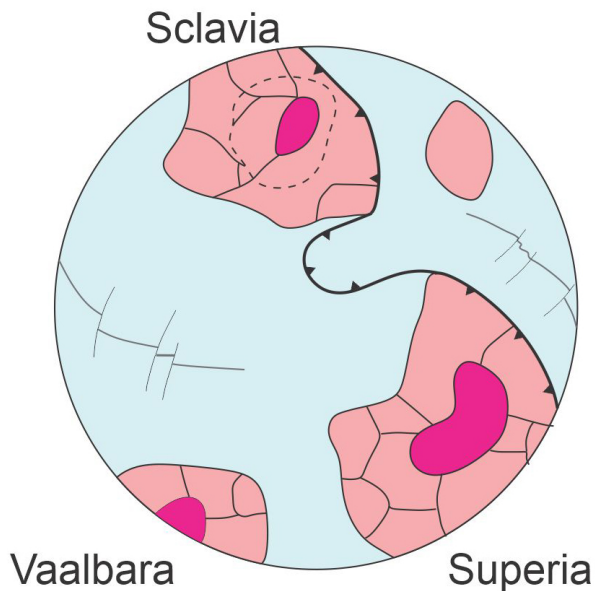
Outra tentativa de restituição desses blocos/peças no Arqueano, como já dito, pertence a Lubnina e Slabunov (2011, 2017), que, por serem russos, dificilmente são considerados por pesquisadores ocidentais, mas que se considera válido divulgar (Figura 5). Trata-se da mais

moderna versão de Kenorland, inclusive, como pode ser visto na Figura 5, várias *puzzle pieces* do atual hemisfério sul foram incorporadas (o que faltava nas reconstituições anteriores).

Enfim, as configurações de todos os núcleos arqueanos já identificados no mundo (nas reconstituições do fim do Arqueano), por enquanto, são um tema que ainda não atingiu um consenso. É um fato considerado como uma lacuna científica a ser mais explorada, que, de modo geral, tem dificultado em muito o desenvolvimento e o progresso da Tectônica Global como um todo (Condie, 2011; Ernst, 2013).

SUPERCONTINENTE DO PALEOPROTEROZOICO

Semelhanças conspícuas (cobertura e embasamento) e ensaios de correlação, desde a última década do século passado, moveram diferentes autores para a assunção de um supercontinente formado no Paleoproterozoico do hemisfério norte, abrangendo tratos da América, Europa e parte da



Alguns Crátons/Supercrátons

Figura 4. Bleeker (2003), trabalho muito citado, propõe para o fim do Arqueano três soluções: um continente (Kenorland), alguns continentes/crátons/supercrátons interagindo (Vaalbara, Superia e Sclavia) e uma terceira proposta de vários blocos (*puzzle pieces*), que para ele seria a mais improvável.

Ásia. Na verdade, a presença abundante de dados geológicos, litoestratigráficos, geocronológicos e paleomagnéticos (entre outros) levaram diferentes autores a uma proposição praticamente comum, embora com variados nomes e configurações em parte diferentes.

Destacamos: Gower et al. (1990 — NENA = Norte Europa + Norte América); Hoffman (1988, 1991 — NUNA = *United Plates of America*); Moores (1991 — SWEAT); Rogers e Santosh (2004 — Columbia); Zhao et al. (2002 — Columbia); Piper (1982, 2010 — Paleopangea); Lahtinen et al. (2012 — Hudsonia) etc. Os limites desse supercontinente estavam bem marcados, facilitados para o traçado desde então, em face das linhas das orogenias fanerozoicas, que o delimitam nos diferentes países do hemisfério norte.

Já Gower et al. (1990, como editor de um volume especial) dissertaram de maneira simples sobre a história da costura gradativa dessa supermassa continental: amálgama (fusão) de diferentes microcontinentes arqueanos e eo-paleoproterozoicos por orogenias acrescionárias e colisionais com excelente controle de idades 1,9 – 1,8 Ga (Penokeana, Makkovik, Ketidiliana, Sueco-Fennides):

- orogenias do início do Estateriano (c.a. 1,8 Ga) no meio-oeste americano, assim como a parte mais ao sul da orogenia Trans-Hudson, e a orogenia Yavapai (1,79 – 1,70 Ga) ao sul do Cráton de Wyoming, e a orogenia Mazatzal no sudoeste dos Estados Unidos (1,71 – 1,62 Ga);
- após esse intervalo de tempo houve períodos de estabilização crustal, sobretudo no Mesoproterozoico, com picos de quiescência (1,59 – 1,61 Ga e 1,43 – 1,26 Ga) e de magmatismo cratogênico (vulcanismo e plutonismo) diversificado, hoje distribuído e estudado nos vários países do hemisfério norte;
- esse supercontinente foi posteriormente incorporado ao supercontinente do fim do Mesoproterozoico pelas orogenias grenvillianas, como será destacado a seguir (Figura 6);
- Rio Negro-Juruena.

RODÍNIA

Os primeiros autores a se referirem a Rodínia foram McMenamin e McMenamin (1990), motivados por razões paleogeográficas e de distribuição paleontológica de espécies, mas também baseados em alguns esboços já existentes (Valentine e Moores, 1970; McMenamin, 1982; Piper, 1982; Donovan, 1987) sobre o provável continente do fim do Mesoproterozoico.

O termo Rodínia (do russo *rodit*, que significa *beget* = procriar/gerar) foi escolhido porque seria aquele que daria origem a todos os continentes subsequentes por nós conhecidos (e por sua paisagem biogeográfica única). Na geologia, os primeiros a usarem a designação foram Powell et al. (1993), e se irradiou de forma impressionante. Algumas

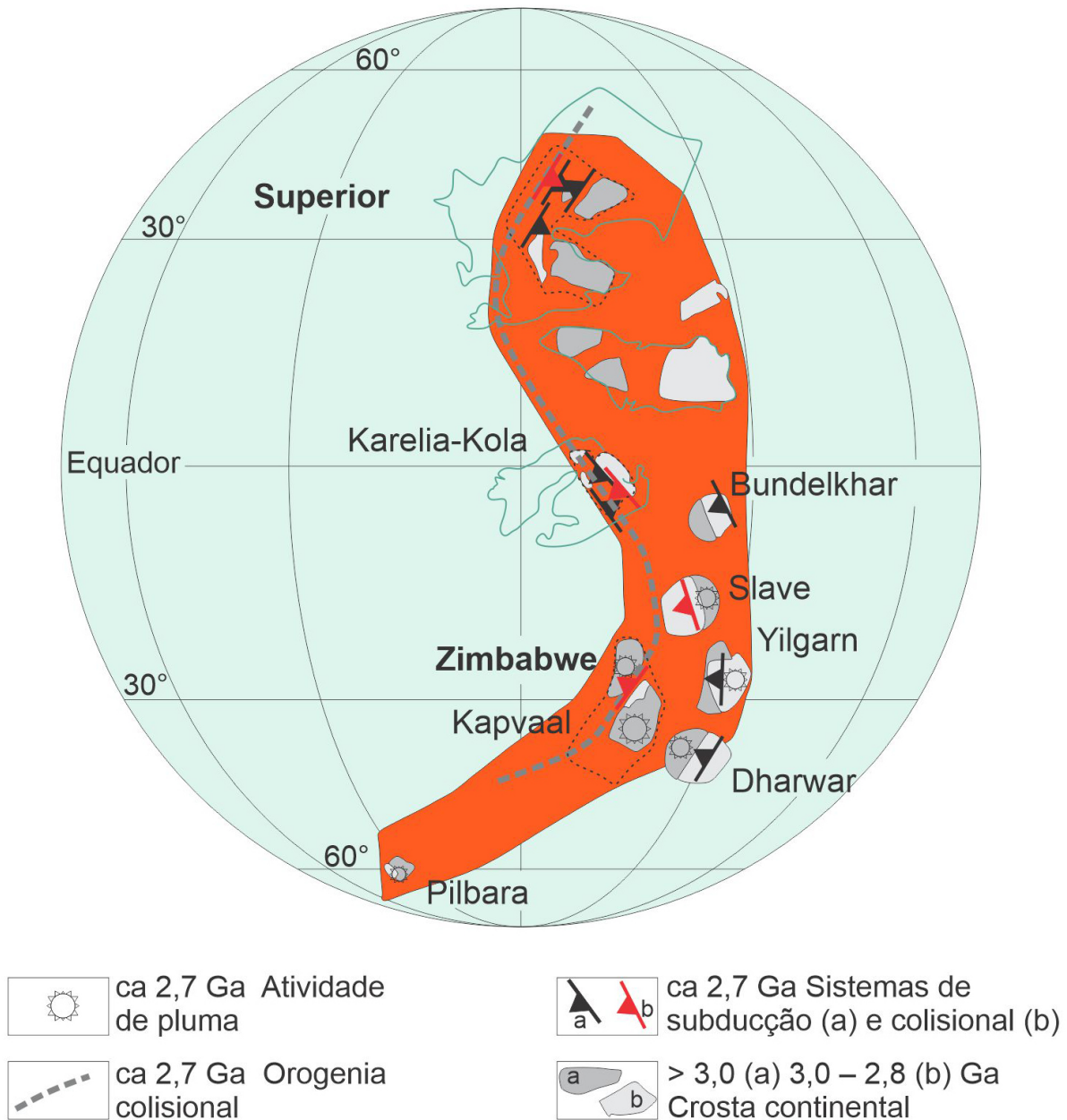


Figura 5. A reconstituição mais recente do “Kenorano” ou “Kenorlandia”, para o fim do Arqueano, sucessora (aprimorada) de várias outras anteriores, propostas por vários autores, consoante com Lubnina e Slabunov (2011, 2017).

outras designações foram utilizadas por diferentes autores. McMenamin e McMenamin (1990), baseados em esquemas anteriores de outros autores, esboçaram o primeiro mapa de Rodínia (com todos os continentes representados) (Figura 7).

Com o apoio do IUGS (projetos 288 e 440), após 1993, o tema e seus desafios foram fartamente discutidos em todos os congressos e simpósios nacionais e internacionais, e em

reuniões específicas então convocadas, conta bibliografia vasta, muito difícil de ser resgatada no seu total. O mapa trabalhado por cerca de uma dezena de anos pelos membros do International Geological Correlation Programme (IGCP) não foi a consecução ideal, mas foi aquela que foi possível, (publicado por Li et al., 2008, no *Precambrian Research*) (Figura 8).

No próprio mapa (em encaixes à parte) e no documento oficial do Projeto 440 (Precambrian Research), há quatro versões outras apresentadas, modelos considerados plausíveis/alternativos, em respeito aos dados precedentes incontestáveis (a saber, SWEAT, Missing links, AUSMUS e AUSMEX, vide Li et al., 2008), todas com excelente documentação geológica e paleomagnética, mas, de certa forma dissidentes da concepção oficial publicada.

A edificação do supercontinente teria se consumado ao longo de 400 Ma (1300 – 900 Ma) por meio de processos orogênicos (atribuídos ao nome Grenville, da América do Norte) e outros afins, consignados em vários continentes (América do Sul, inclusive). A estabilidade mais efetiva perdurou pelo menos 150 Ma, tendo em vista que vários pulsos de magmatismo e tectonismo intracontinental são registrados a partir de 825 Ma (rifteamento, plumas?), 780 Ma (rifteamento), 740 Ma (rifteamento, plumas mantélicas?). Ou seja, os processos de fusão e fissão foram claramente delongados

e diacrônicos. No Brasil, da Cordilheira do Espinhaço, suas congêneres vulcanossedimentares e até em unidades congêneres do Oeste do Cráton do São Francisco (Serra da Mesa, Araí, Natividade etc).

No Brasil e no mundo, antecedendo o Grenvilliano, há vários registros marcantes de atividade tectono-magmática intracratônica ao longo de todo o Mesoproterozoico, de diferentes matizes e natureza. Há também registros importantes da geocracia estabelecida pelo supercontinente paleoproterozoico, na forma de expressivos contingentes (volcano-) sedimentares, continentais e epicontinentais, moderadamente dobrados, com variado cartel metalogenético associado.

É difícil estipular uma data para a fissão de Rodínia, que certamente foi diacrônica e a partir do Toniano Superior (pós-750 Ma). Dessa dispersão (diacrônica), grande parte dos segmentos maiores foram compor (em reassembleia) o arcabouço dos supercontinentes subsequentes (W Gondwana + E Gondwana + Laurentia + Báltica + Sibéria + Leste-Austrália

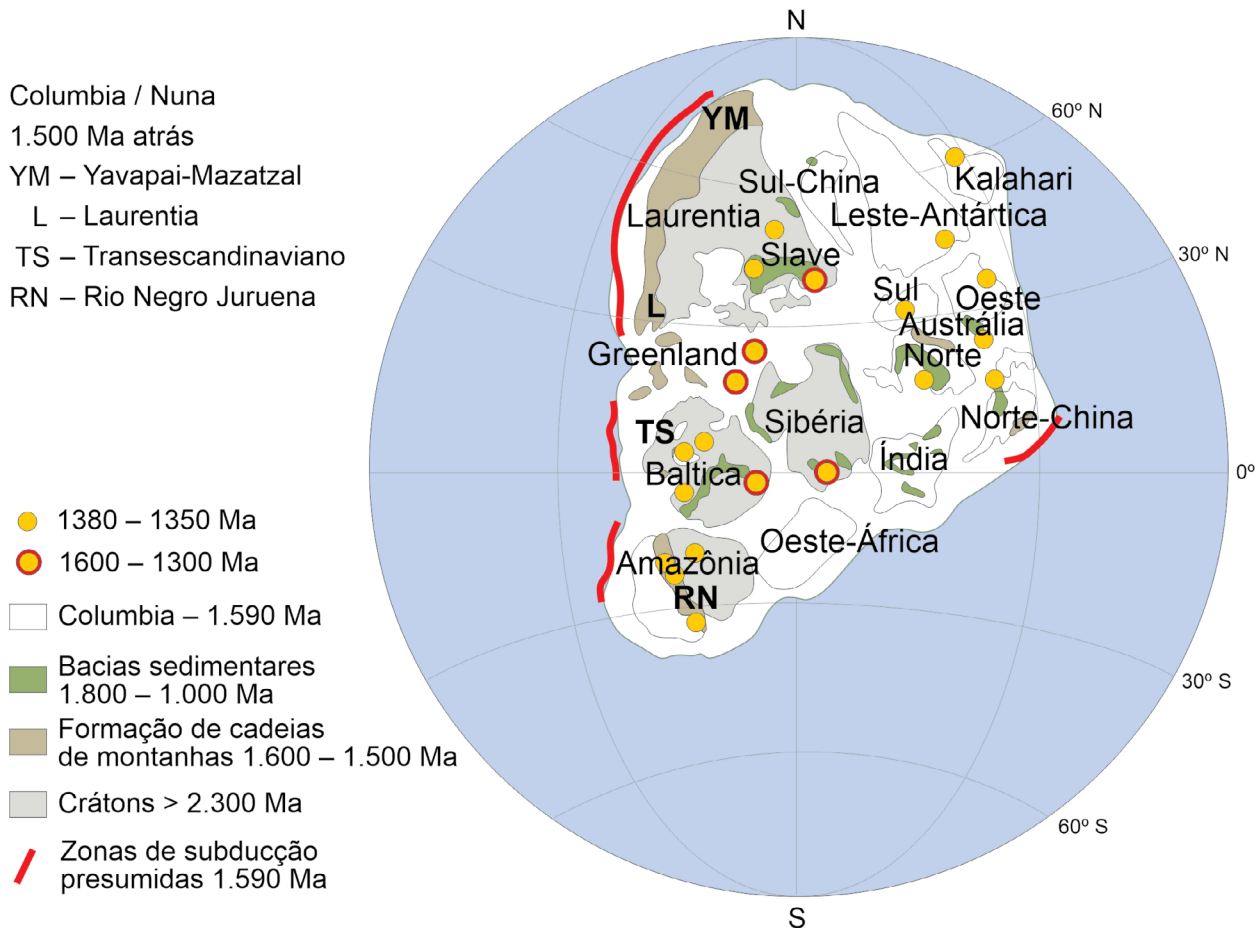


Figura 6. O supercontinente Columbia do fim do Paleoproterozoico, no pós-Estateriano, consoante às últimas reconstituições (Pesonen et al., 2003; Evans e Mitchell, 2011; Zhang et al., 2012).

+ Antártica). Outras porções menores foram englobadas na evolução posterior do interior e margem das faixas móveis neoproterozoicas, passando a constituir um panorama diversificado e marcante de *basement inliers*.

Há várias propostas e configurações para a formação dos domínios oceânicos formados, a partir do Toniano Superior, separando os grandes segmentos da fissão acima mencionada (e.g. Iapetus, Rheic, Mawson, *Proto-Tethis*,

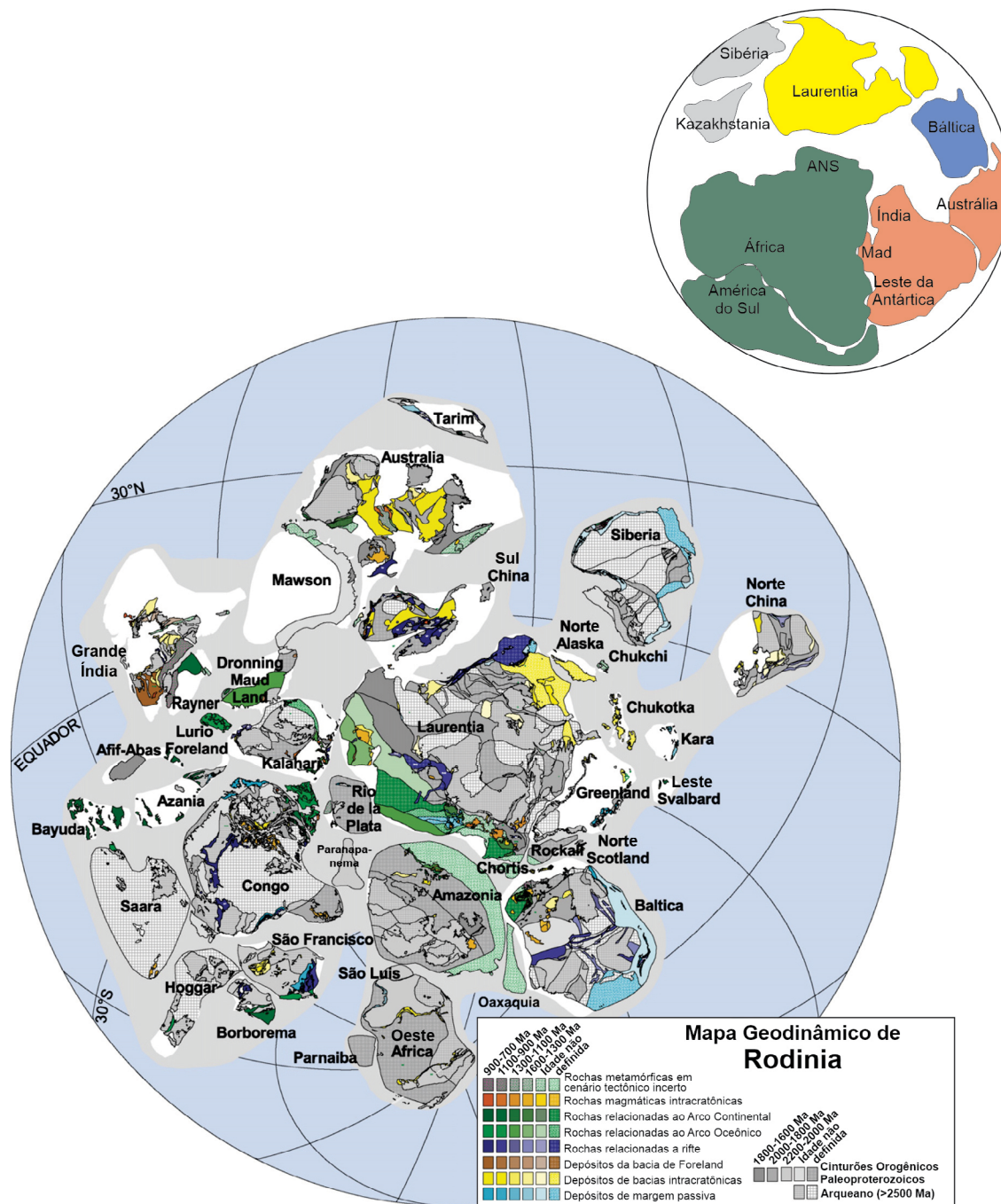


Figura 7. O supercontinente Rodinia, consoante publicação (oficial/formal) do Project IGCP 477 (Li et al., 2008). No alto, à direita, a proposta de McMenamin e McMenamin (1990), baseada em paleobiogeografia. Esse mapa “oficial” foi acompanhado de quatro outras propostas de soluções alternativas, um pouco diversas dele.

Tornquist etc.). Há também várias designações para braços oceânicos, intrassegmentos maiores, onde se desenvolveram, precedendo as orogenias neoproterozoicas (Adamastor, Rockelides/Goianides/Clymene, Árabe-Nubiano etc.). Mas, certamente, não há unanimidade nem nas configurações (geológicas, paleomagnéticas) desses blocos maiores (que formariam Gondwana) e menores dispersos (descendentes de Rodínia), nem no quadro dos domínios oceânicos formados a partir do Toniano.

GONDWANA-GONDWANALAND

A terra dos *gonds* já teria sido antevista/preconizada por E. Suess, por meio de observações e deduções preciosas

sobre as ciências geológicas e geográficas, nos primórdios do século passado. O ponto de partida ideal para entender a história de Gondwana é o fim assumido da fissão de Rodínia, no tocante às grandes frações continentais (Gondwana, Laurentia, Báltica, Sibéria e Ártica) então dispersadas. Os muitos e distintos blocos continentais remanescentes da fissão — de Rodínia — foram separados pelos oceanos gerados ao longo do Neoproterozoico ao Cambriano (Proto-Tethys, Tornquist, Iapetus, Rheic, Uraliano, Khanti-Mansi) (vide Raumer et al., 2003).

A história de Gondwanaland (designação de E. Suess) e de seus tratos oceânicos e orogênicos é muito complexa e ainda insuficientemente conhecida de fato. Essa história começou com a identificação e distribuição da flora de *Glossopteris* e de registros glaciais permo-carboníferos

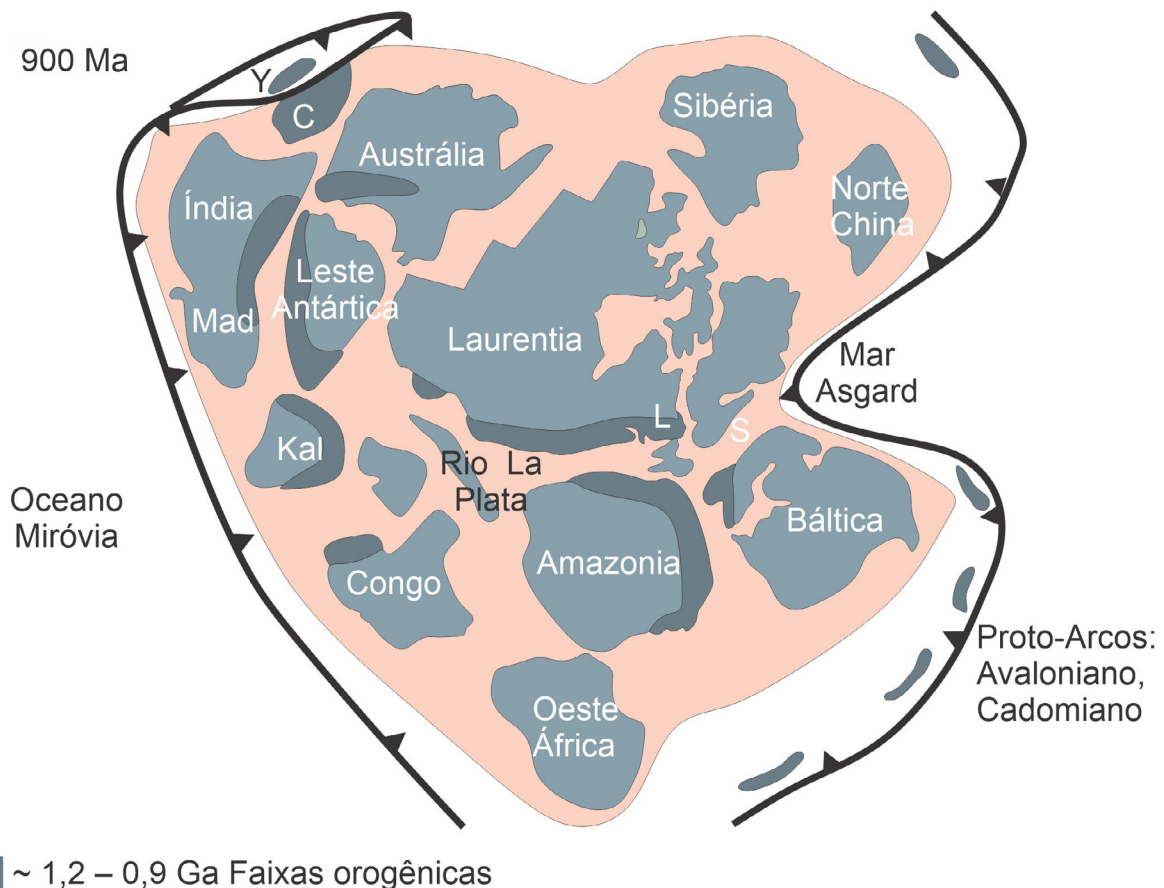


Figura 8. Esquema proposto, para a fusão de Rodínia para o início do Neoproterozoico (ca. 900 Ma) e da instalação do superoceano Miróvia, bem mais recente que aquele proposto por Li et al. (2008) (Project IGCP 477), Cawood et al. (2018). Notar completa ausência (falta de discriminação) dos terrenos tectono-estratigráficos de embasamento muito atuantes a partir desse período orogênico.

notórios, em todos os segmentos que compõem esse supercontinente, localizados preferencialmente hoje no hemisfério sul.

Do ponto de vista das orogenias, tem-se que considerar e discutir primeiro aquelas desenvolvidas do Neoproterozoico ao Cambriano (mais de um ciclo orogênico já consignado, mas não genericamente). A evolução dessas orogenias, incluindo processos acrescionários e também processos orogênicos acrescionários, colisionais e intracontinentais clássicos (esses em braços oceânicos envolvidos). E mais, a presença de *basement inliers* diversos (segmentos menores), descendentes de Rodínia, e envolvidos de diversas formas nos processos orogênicos. Adicionalmente, há exemplos notáveis de retrabalhamento de áreas cratônicas (deformações dúctil e rúptil, magmatismo), ocorridas geralmente nas margens dos crátons, mas também alguns casos de retrabalhamento intracratônico (aulacógenos, riftes e magmatismo, deformação orogênica intraplaca).

Na América do Sul (Brasiliano s. l.), na África (Pan-africano s. l.) — em Gondwana Ocidental —, mas também em Gondwana Oriental, na Europa (Laurentia e Báltica, virgílianios-cadomianos), Ásia (Sibéria-Baikaliano) e Índia (localmente, restritos, *Darling belt*/Pinjarra), há registros dos processos orogênicos que marcaram apenas uma parte do histórico de Gondwana (aquela conectada com suas faixas móveis e afins, neoproterozoicas).

A somatória de orogenias do Paleozoico Inferior (caledonianas) e Superior (famatianias, hercínicas, alleghanianas) é uma parte complementar do histórico de Gondwana no sentido de Pangea. O fecho desse histórico delongado e complexo teve seu fim na parte média do Triássico, embora essa não seja uma data sem muitas variações de valores, para a qual Veevers (1989) chegou a um valor básico de 235 ± 5 Ma. Certamente esses muitos e diversificados processos orogênicos trouxeram consigo, a seguir, muitos processos de reativações e “regenerações” (“descratonizações”).

Na mais recente versão esquemática (Cawood et al., 2021), o Gondwana apresenta uma forma geral ovalada e está delimitado por orogenias paleozoicas: Avaloniana-Cadomiana, a noroeste, Norte Indo-Australiana, a nordeste, e a Terra Australis, que ocupa toda a parte sul do referido continente. Essas orogenias paleozoicas, sobretudo que o contornam, são o resultado do fecho do ciclo daqueles oceanos que o circundaram. Destaca-se nesse mapa (Cawood et al., 2021) (Figura 9) a presença de muitos terrenos/blocos proterozoicos no interior desses orógenos periféricos. Destacam-se, ainda, segmentos menores da fissão de Rodínia, que aparecem no mapa da Figura 10, subseqüente.

As conexões paleogeográficas (se existiram) entre os oceanos neoproterozoicos do interior de Gondwana (Rokelides, Farusiano, Adamastor etc.) e aqueles que prosseguiram o

curso no Paleozoico (Rheic, Iapetus etc.) são questões intrigantes e em aberto, ainda.

PANGEA

No âmbito do estudo dos supercontinentes, há um único caso específico que, pela quantidade de dados geológicos (regionais, litoestratigráficos, geocronológicos) e geofísicos (paleomagnetismo, sísmica profunda), coaduna com a definição exigível (“fato científico”, concreto e consumado).

Não há como definir um ponto fixo, ou seja, não há como estabelecer um valor exato para formação final (fusão) e início da dispersão (fissão) de Pangea (certamente foram diacrônicas, de um ponto a outro). O valor proposto de 230 ± 5 Ma deve ser considerado como plausível, mas certamente isso varia de um ponto a outro, e possivelmente o fim de uma (fusão) e o começo da outra podem ser, inclusive, concorrentes alhures (Figura 11).

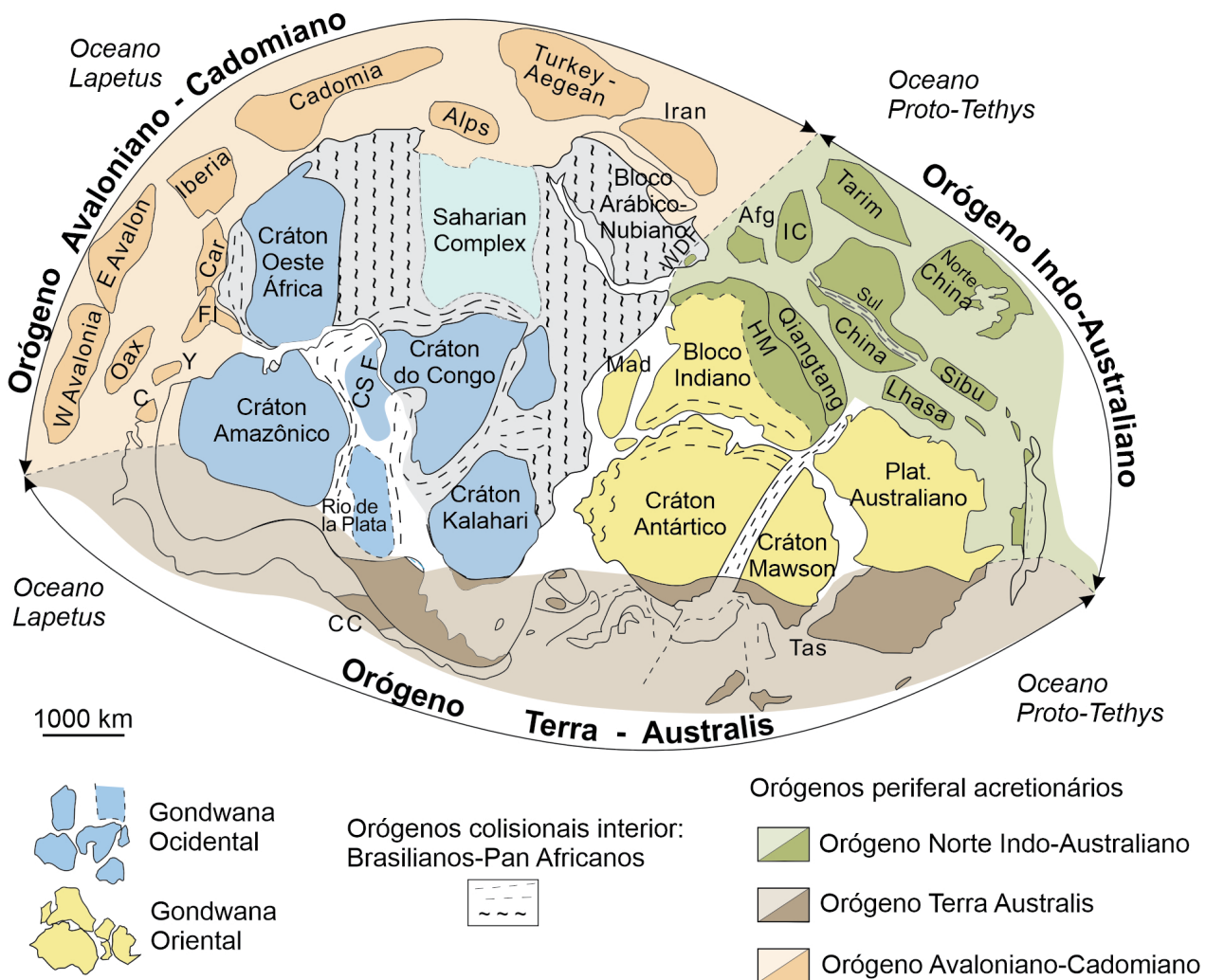
A distribuição das faixas móveis fanerozoicas que suturaram Pangea apresentam muitas heranças do substrato gondwânico e têm sido condicionadas pelas movimentações de blocos fracionados desse supercontinente. Aliás, como se costuma dizer e é fato, a Índia foi apenas o último bloco gondwânico a se chocar com a Eurásia (muitos outros o precederam) e estão envolvidos na orogenia himalaiana. O desenvolvimento de orogenias fanerozoicas sempre herdou, de alguma forma, feições estruturais de seu embasamento gondwânico, assim como englobou vários blocos de procedência gondwânica (hoje são *basement inliers*).

Há amplo e variado contexto de livros e publicações sobre modelos de evolução, estruturação, configuração etc. das faixas móveis fanerozoicas — muitos com boas análises descritivas —, principalmente das últimas duas décadas (e.g. Der Pluijm e Marshak, 2004; Rogers e Santosh, 2004; Hatcher Jr. et al., 2007; Kearey et al., 2009; Condie, 2011). Tudo isso nos dispensa de abordagem do tema neste artigo.

O histórico de Pangea chegou ao seu apogeu no Mesotriássico (Veevers, 1994). E este é seguido de imediato pelos processos de instalação das diversas cristas meso-oceânicas (*ridge push*), por um lado, e dos sítios de subdução das porções mais antigas (mais densas) de Pantalassa (precursores do *slab pull*), pelo outro lado, até que se chega ao quadro tectônico global atual.

AMASIA

Considerando o quadro global cíclico aqui discutido para os supercontinentes, na ordem de centenas de milhões de anos entre um e outro, é factível e esperado que alguém tenha pensado e se programado para o futuro geológico.



Fonte: Cawood et al. (2021).

Figura 9. Esquema proposto para a fusão de Gondwana, ao fim do Neoproterozoico. Importante observar que, além dos crátons registrados, aglutinados por faixas brasileiro-panafricanas, há muitos terrenos tectonoestratigráficos aglutinados pelas orogenias Avaloniana-Cadomiana e Himalaiana.

Hoffman (1992) fez um ensaio sobre essa possibilidade e imaginou um futuro fechamento do Oceano Pacífico e a fusão da América e Ásia, em cerca de 200 Ma, que denominou de Amasia. Essa sua alusão foi amplamente contestada em várias frentes.

Professores da Universidade de Yale (Mitchel et al., 2012), utilizando-se de supercomputadores e partindo do atual quadro de direções e velocidades dos movimentos das placas, nas interfaces de acreção (*ridge push*) e subducção (*slab pull*), chegaram a três modelos teóricos distintos para o supercontinente Amasia: com o fechamento do Atlântico (introevecção), com o fechamento do Pacífico

(extroversão) e com o fechamento do Ártico (ortoversão) (vide Figura 12).

Trata-se de exercícios teóricos interessantes e valiosos, mas que não consideram (não conseguem) várias outras observações dos tempos geológicos: a subducção de tratos continentais, associados com as irregularidades e mudanças de velocidades das placas, ainda a presença de novos tratos continentais (placas inclusive submersas), de platôs oceânicos e outros tipos crustais de subducção problemática (*hard to subduct*, frações oceânicas e continentais de baixa densidade), e a interposição de plumas do manto etc. Em síntese, são exercícios interessantes, elogiáveis, mas que

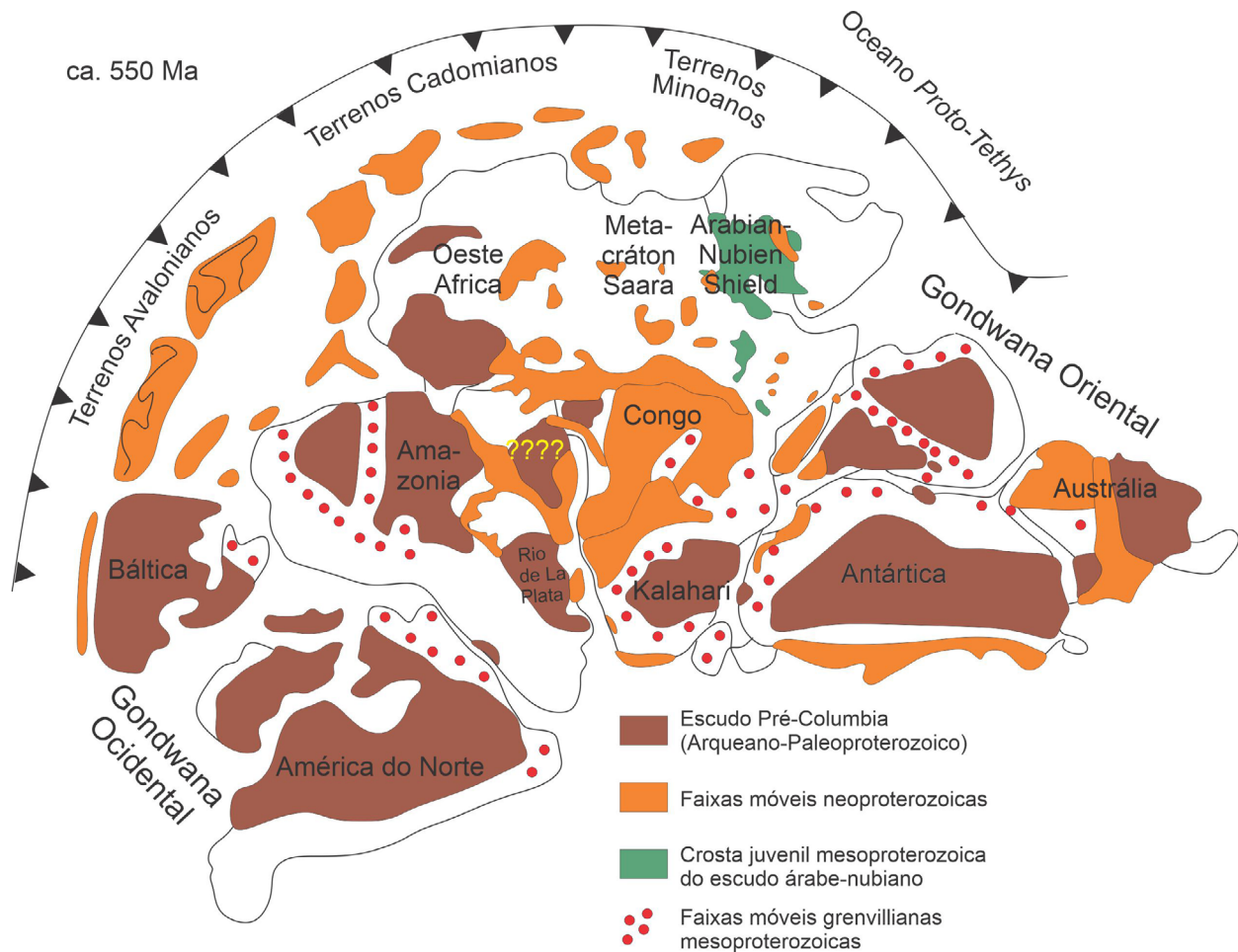


Figura 10. A fusão do Neoproterozoico (Zak et al., 2013). Observar o retrabalhamento no Gondwana Ocidental e Oriental.

não consideram a plenitude e a variabilidade dos contextos possíveis (e não equacionáveis, por antecipação).

CICLO DOS SUPERCONTINENTES

Os estudos desenvolvidos e as pesquisas enfrentadas para o reconhecimento do Ciclo dos Supercontinentes têm sido, sem favor, responsáveis pelos maiores avanços das ciências da terra, desde os primórdios da Tectônica de Placas (1960–1970). O estudo desses ciclos documenta aspectos fundamentais do interior do planeta (geosferas) e traz um suporte mais firme e mais coerente para a Tectônica de Placas (da qual é disciplina consorciada, mas com vida própria e fremente).

A história de episodicidade de assembleia e posterior dispersão de supercontinentes tem influenciado (e cobrado)

o conhecimento dos registros litoestruturais mais do que qualquer outro fenômeno conhecido. Igualmente, o ciclo aponta/discrimina os aspectos fundamentais da dinâmica do interior do planeta. O Ciclo dos Supercontinentes engloba o quebramento *rifting* de um supercontinente, seguido de um estágio de reaglutinação (por colisão) dos fragmentos/crátons dantes formados em outro supercontinente. Os processos de posterior aglutinação são geralmente mais delongados do que aquele de fragmentação prévia. Uma primeira observação: são os Ciclos dos Supercontinentes que controlam os registros de formação da crosta continental e sua redistribuição por meio da história da Terra. A aglutinação dos supercontinentes altera geralmente o manto sotoposto, tornando-o bem mais quente do que a normalidade. Os ciclos não são necessariamente completos, no sentido que todos os seus fragmentos se dispersam aleatoriamente. Há casos de alguns grandes fragmentos



Figura 11. Pangea e Panthalassa em reconstituição recente de Torsvik et al. (2013), já mostrando as futuras áreas de subducção (para a evolução dos orógenos mesozoicos-cenozoicos).

serem preservados na passagem de um ciclo a outro e aparecerem com certa completude no novo (posterior) supercontinente formado.

A periodicidade dos fenômenos, mesmo antes da Tectônica de Placas, já fora mencionada no início deste artigo. De Umbgrove (1947) até Dearnly (1966), com especial ênfase nas contribuições meritórias de Sutton (1963). Setenta anos

após Wegener, 40 anos após Umbrove, a periodicidade característica dos processos foi praticamente equacionada por Worsley et al. (1982, 1984, 1985). Worsley e colaboradores consideraram especialmente, de um lado, os dados de orogenias colisionais e, de outro, consideraram os conjuntos de dados indicadores de *break-ups* (enxames de diques, *sills*, desenvolvimento de riftes etc.) e concluíram pela presença

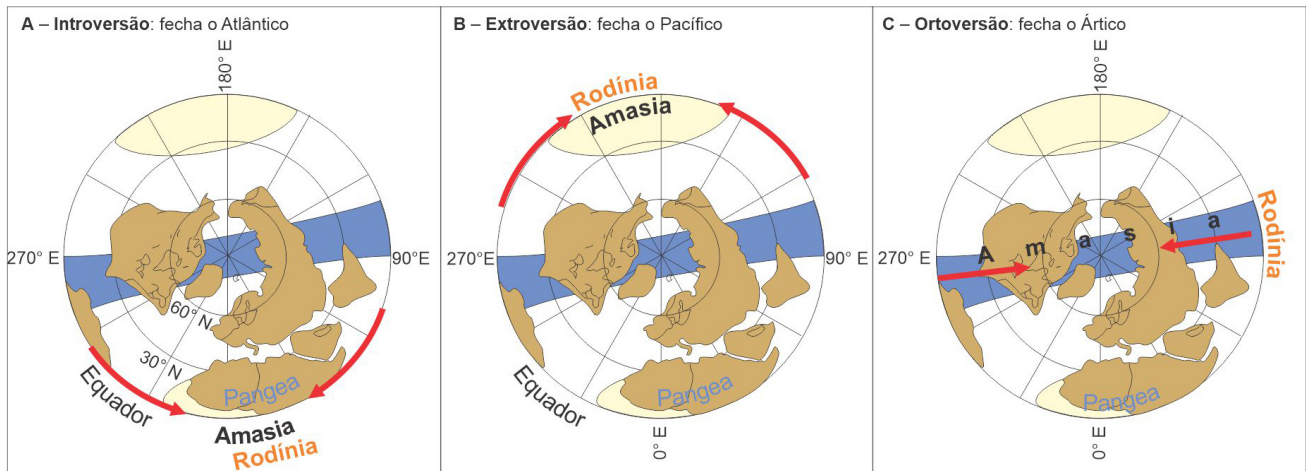


Figura 12. As possibilidades de evolução da tectônica global para o futuro destinadas à formação do supercontinente Amasia: por introversão (fechamento gradativo do Oceano Atlântico), extroversão (fechamento do Oceano Pacífico) e ortoversão (fechamento do Ártico).

de uma periodicidade regular de intervalos (ca. 500 Ma) na história da Terra, a saber: 0,6 Ga; 1,1 Ga; 1,8 – 1,6 Ga; 2,0 Ga e 2,6 Ga, e como indicadores de supercontinentes antecedendo Pangea.

Posteriormente, Worsley e colaboradores reconheceram a relação da assembleia dos continentes com idades de glaciações, evolução climática, níveis do mar, evolução biológica etc. Ainda estipularam as características gerais dos oceanos do tipo Pacífico (delimitado por zonas ativas) e aqueles do tipo de proporções oceânicas sempre crescentes (tipo “Atlântico”). Afirmaram ainda que a litosfera continental, acrescida, servia como um isolante termal de fluxo do calor manto, e assim os continentes teriam a vocação de ascensão (*uplift*), enquanto o calor se acumulava sob eles. Sugeriram valores de centenas de metros (ca. 400 m) de soerguimento. Uma síntese esquemática dos eventos episódicos da história da Terra associados com o Ciclo dos Supercontinentes foi traçada por Worsley e colaboradores de maneira elogiável (em geral, muito citados).

Esses esquemas de interrelação por Worsley e colaboradores para o Ciclo dos Supercontinentes foram notáveis (mas algo simplista) e demandam muitas frentes de contribuições adicionais. Ainda assim, foram eles os primeiros autores a propor a assembleia e dispersão episódica dos continentes, que depois ganharam as designações atuais. E, como já dito, aqueles que relacionaram esses fatos com nível do mar, clima, trends biogeoquímicos e outros que estão gradativamente sendo confirmados pelos dados mais recentes de maior qualificação. Há vários projetos internacionais modernos (e.g.: www.supercontinent.org) que estão gradativamente ratificando e aprimorando as observações de Worsley e coautores.

Extroversão e introversão

Os estágios de quebraamento e dispersão dos supercontinentes mostram processos distintos de estruturação e desenvolvimento no passado geológico. Na introversão, o crescimento dos fundos oceânicos mais antigos (exteriores) apresenta subducção mais elevada e promove a reassembleia das frações continentais. Ou seja, nesse caso, a crosta gerada pela recém-separação é consumida. Na extroversão, os oceanos recém-criados mostram acelerado desenvolvimento, conduzindo à nova e distinta reunião (alhores) das peças continentais dantes afastadas. Nesse segundo caso, é a crosta oceânica preexistente que é preferencialmente subductada. Segundo Murphy et al. (2009), há casos com a participação dos dois processos. Os autores usaram, consorciados a outros, os métodos radiométricos (Sm/Nd) para seus estudos. No trabalho recente de Mitchel et al. (2012) sobre o futuro das massas continentais, eles introduziram (sem maiores explicações) o processo da ortoversão, um movimento perpendicular às direções de movimentação global observadas.

EXCERTOS DA CRÍTICA CONSTRUTIVA

O autor deste artigo foi membro dos projetos do IUGS, 288 e 440, participou das reuniões de Chapell Hill, Freemantel, Helsinki e outras e tem procurado acompanhar o desenvolvimento do tema, por suas publicações. Vários problemas ainda persistem e vão alimentar as pesquisas para os próximos anos, assim como impor cobranças diversas aos pesquisadores envolvidos. As observações aqui pinçadas devem ser consideradas com os problemas de evolução do

globo, como um todo, e merecem destaque (e certamente são apenas parte de um conjunto).

O conhecimento do número e das dimensões das placas litosféricas ainda hoje não foi tema encerrado. Recentemente, observa-se o descasamento das placas da Austrália e da Índia (dantes consideradas unidas), assim como a descoberta de uma nova placa, Zelândia, em 2008, ao sul da placa australiana. Outros candidatos a serem identificados (como placas continentais) continuam a cobrar investimentos em pesquisas (e.g. Madagascar, Seicheles, Mauritius etc.).

Muitos dos blocos arqueanos (chamados crátons, supercrátons, blocos; as *puzzle pieces*) encontram-se recobertos por sedimentos (por vezes vulcanismo trapeano) proterozoicos e fanerozoicos. A inclusão de seus embasamentos (ou parte deles) como peças arqueanas é problemático. Vide os casos da Bacia do Parnaíba (uma ou três peças cratônicas?), Amazônico, Parapanama, Rio de La Plata, o caso do Kalahari e do Saara (metacrátão/*ghost craton?*), do Noroeste da Índia, entre outros. Serão eles unidades realmente unas ou incluem diferentes peças (cratônicas, *inliers*, *belts?*) de embasamento antigo?

Em contraposição ao anteriormente exposto, as formas e dimensões dos blocos cratônicos adotados nas tentativas de reconstituição têm sido mais geográficas (otimistas e cartográficas) do que geológicas de fato. Muitas dessas *puzzle pieces* foram definitivamente maiores e tiveram porções importantes (marginais e interiores) regeneradas completamente, quando da sobreposição das faixas móveis (mesoproterozoicas e neoproterozoicas). No continente sul-americano, os crátons Amazônico, São Francisco (antigo Paramirim), Rio de La Plata etc. eram bem maiores ao fim do Arqueano e do Paleoproterozoico do que como são retratados hoje. E, mais, quando vemos os vários ensaios de reconstituição, e de propostas de supercontinentes, o contorno geográfico atual de continentes tem sido considerado indevidamente (essas formas foram admitidas ao fim do Mesozoico ou do Cenozoico).

Verifica-se que em muitas das reconstituições propostas, nas formas dos continentes, são computadas um simulacro das formas atuais. As formas atuais são na verdade cenozoicas, com inerência de formação de margens continentais, sedimentação moderna, traçados erosionais etc. Não poderiam ser copiadas para ajustes pré-fanerozoico.

O Mesoproterozoico não foi exatamente “*the boring billion*”, como se costuma pensar. Na América do Sul, pelo menos (e.g. Juscelândia-Palmeiropolis, evolução ectasiana; Superterreno-Apiaí, evolução calimiana), e na África (Kibarides, evolução ectasiana) têm-se evidências de desenvolvimento orogênicos conspícuos, que não são nem mencionados nas proposições de supercontinentes pós-Paleoproterozoico. O mesmo pode e deve ser observado em outros continentes. Alguns desses orógenos apresentam evidências

contundentes de participação/contribuição oceânica; outros apresentam características de desenvolvimentos intracontinentais. Em todos esses casos e similares há um problema de como encaixá-los no histórico/quadro tectônico entre Columbia → Rodínia → Gondwana.

O pesquisador deve estar atento para um problema, ante os mecanismos dos processos de subducção, hoje mais bem conhecidos e acompanhados. A subducção de tratos continentais é um fato, e isso tem sido contabilizado (estimado devidamente, em algumas universidades). Scholl e Von Huene (2007) mostram que a reciclagem e subducção de sedimentos + subducção de erosão é importante, na ordem de 150 km³/Ma/km de arco, isso baseado em processos atuais. Certamente isso sempre aconteceu nas inúmeras faixas de ciclos wilsonianos na história da Terra. E isso é um fator a ser considerado e, se possível, acrescentado para futuro. Durante muito tempo, materiais continentais têm sido reciclados no manto. E diferentes tipos de terrenos têm sido alocados nas zonas de subducção.

Os terrenos litoestratigráficos (de contexto crustal ou litosférico), muitos deles com dimensões territoriais da ordem de até superiores a 100.000 km², ora de idade arqueana, ora de idade paleoproterozoica, são também *puzzle pieces*, só que essas jamais foram computadas nas reconstituições dos supercontinentes. Na América do Sul, pode-se citar aquelas longitudinais aos Andes (Cuyana, Pâmpia, Arequipa, Antofalla etc.) e as muitas outras encontradas rotineiramente no interior dos sistemas de dobramentos brasileiros, Cavalcanti-Natividade, Central de Goiás, Pernambuco-Alagoas, Atuba etc. (Brito Neves et al., 2021).

Nas reconstituições mais modernas, ao longo da evolução de Gondwana e de Pangea (este, com menos problemas paleomagnéticos e geológicos pendentes), têm sido identificados vários terrenos tectonoestratigráficos de diversos tipos, frações dos crátons, tomando parte (de certa forma precoce) nos sistemas cordilheranos e colisionais. Certamente, esses não foram terrenos (*suspeitos exóticos*, *hard to subduct*, *platôs oceânicos*)/fenômenos exclusivos a partir do Mesoproterozoico. A identificação e a caracterização são resultantes do melhor conhecimento desses sistemas orogênicos. Aqueles que funcionaram como terrenos tectonoestratigráficos, e outros similares, devem ter ocorrido antes do Neoproterozoico (a serem perscrutados). A reconstituição dos supercontinentes não pode ser descasada da geologia regional básica.

Nos continentes do hemisfério sul (mas não exclusivamente), uma das características marcantes é a presença frequente de grandes lineamentos (alguns deles de caráter transcontinental e litosférico, sem dúvidas). Alguns são entidades de milhares de quilômetros de extensão (eg. Pernambuco, Patos, Transbrasiliano, Sarandi Del Yi, Sierra Ballena, Lancinha-Cubatão, Taxaquara, Além Paraíba etc.) (Sadowski e Campanha, 2004), de simples *slivers* até de

extrusão de microcontinentes (similar a Anatólia). Alguns desses lineamentos foram responsáveis pela extrusão de importantes frações da litosfera continental. Jamais se constatou que essas zonas de “*keyrogen*” foram computadas nas reconstituições mais divulgadas.

A pobreza em número de dados (ausência até, em alguns casos) e as limitações do método paleomagnético devem ser enfatizadas (tem que se ter conhecimento disso e considerar sempre o problema). O número global é muito pequeno e a distribuição muito irregular, com privilégio para os continentes setentrionais. Evans e Pisarevski (2008) fizeram um balanço dos dados paleomagnéticos disponíveis e mostraram claramente as deficiências. Para o caso da América do Sul, por exemplo, o número de dados considerados de primeira qualidade é ínfimo.

Como já mencionado, a produção científica no tema é intensa e difícil de ser acompanhada. E, quando se analisam duas proposições distintas para um mesmo supercontinente (Paleoproterozoico e Mesoproterozoico, por exemplo), verifica-se que as zonas/campos de interação das peças são diferentes. No caso sul-americano, por exemplo, têm-se zonas de interação do bloco amazônico, ora com noroeste da África, ora com a Báltica e ora com a Laurentia. Essa variação de posição e localização ocorre com o Kalahari, com o Rio de La Plata e o sul da China, entre muitos outros exemplos que podem ser constatados. Considera-se necessário que, de alguma forma, as interpretações alternativas sejam atestadas.

No caso de Rodínia, quando um grupo de cerca de 40 profissionais estiveram envolvidos (3 deles do Brasil), após quase uma década de trabalho coletivo, foi publicado um mapa geral (escala 1/20.000.000) (Li et al., 2008). Mas isso só foi aceito quando opções distintas (e possíveis) foram salvaguardadas (quatro opções possíveis: SWEAT, AUSMUS, AUSMEX, MISSING LINK) no rodapé do mapa de “consenso”. Não se chegou ao mapa ideal para o fim do Mesoproterozoico, mas somente ao mapa possível nessa oportunidade. Isso demonstra e deixa claro como um mapa de supercontinentes, mesmo feito por diferentes grupos e instituições, pode apresentar problemas de execução e uso. Certamente problemas maiores existirão, quando se trata de um autor e/ou apenas grupo restrito de autores.

De forma otimista, esperam-se progressos, com abrangência maior de identificação de domínios (*puzzle pieces*) de continentes distintos e de agrupamento maior de pesquisadores. Reconhece-se, vendo a bibliografia, que os melhores trabalhos, na sua maioria, enquadram maior número de especialistas. Sem dúvida a disciplina sobre supercontinentes tem sido benéfica para a Tectônica s. l., e estimulante, e hoje é capítulo de todos os livros textos. Assim como o investimento em dados geológicos e geofísicos venha a ser feito para demover aquele quadro pessimista traçado por Evans e Pisarevski (2008).

Ainda que diferindo em detalhes, há consenso numa síntese global. O conhecimento da evolução geológica, geocronológica, paleomagnética, geoquímica e geofísica do planeta tem evoluído e traçado uma correlação da evolução desses eventos com a produção de calor do interior da Terra. A escala global de orogênese, da evolução da vida, das transformações evolutivas da hidrosfera e da atmosfera têm sido aclaradas, assim como a distribuição seletiva e temporal dos depósitos minerais. Tudo isso são resultados colaterais de excelência, em parte, graças à preocupação com o Ciclo dos Supercontinentes. Reconhecer que há problemas/pendências é necessário e incentivo para o progresso a advir.

As considerações anteriores são válidas e a grande maioria tem caráter de crítica construtiva. Uma espécie de alerta, tendo em vista a prodigalidade das publicações científicas, sem considerar esses fatos anteriormente comentados, até mesmo os tendo desconsiderado. A quantidade de publicações (muitas vezes repetidas, rearranjadas) é grande, incessante, de difícil acompanhamento, e todas com uma marca indelével do país/hemisfério e desconhecimento do outro. Esses atravessamentos são merecedores de crítica, mas quase todos eles trazem uma contribuição para o progresso do conhecimento.

Conhecer o problema, sua evolução e seus conhecimentos é um fato importante. Ter ciência que há problemas, há limitações e muitos percalços a serem gradativamente vencidos é mais importante ainda.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o fruto de anos lecionando a disciplina Geotectônica no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP), com a presença e o debate constante com os corresponsáveis Ginaldo Campanha, Antonio Romalino Cesar, Mario Campos Neto, Claudia Passarelli, e também dos muitos questionamentos dos alunos. A todos, meu agradecimento. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Pesquisador 1, Processo nº 303576/2019-7, ao chefe da nossa biblioteca, Anderson de Santana, e à Seção de Ilustração Geológica (Marco Antonio Netto Chamadoira) e à Seção de Publicações (Daniel Machado), pela ajuda constante e preciosa, meus adicionais agradecimentos.

REFERÊNCIAS

Aspler, L. B., Chiarenzelli, J. P. (1998). The New Archean supercontinents? Evidence from Early Paleoproterozoic. *Sedimentary Geology*, 120(1-4), 75-104. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(98\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(98)00028-1)

- Bleeker, W. (2003). The late Archean Record: a puzzle in ca. 35 pieces. *Lithos*, 71(2-4), 99-134. <https://doi.org/10.1016/J.LITHOS.2003.07.003>
- Brito Neves, B. B., Fuck, R. A., Campanha, G. A. (2021). Basement inliers of the Brasiliano Structural Provinces. *Journal of South American Earth Sciences*, 110, 103392. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103392>
- Cawood, P. A., Hawkesworth, C. J., Pisarevsky, S. A., Dhuime, B., Capitanio, F. A., Nebel, O. (2018). Geological archive of the onset of plate tectonics. *Philosophical Transactions Royal Society A*, 376(2132), 20170405. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0405>
- Cawood, P. A., Martin, E., Murphy, J. B., Pisarevsky, S. A. (2021). Gondwana's interlinked peripheral orogens. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 568, 117057. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.117057>
- Condie, K. C. (1997). Plate tectonics and crustal evolution. 4. Ed. Oxford: Butterworth/Heinemann, 282 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-3386-4.X5000-9>
- Condie, K. C. (2002). Break up of a Paleoproterozoic supercontinent. *Gondwana Research*, 5(1), 41-43. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70886-8](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70886-8)
- Condie, K. C. (2011). Earth as an evolving planetary system. Amsterdam: Elsevier, 574 p. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-65818-4>
- Dearnly, R. (1966). Orogenic fold belts and the hypothesis of Earth evolution. *Physics and Chemistry of the Earth*, 7, 1-24. [https://doi.org/10.1016/0079-1946\(66\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0079-1946(66)90002-4)
- Der Pluijm, B. V. A., Marshak, S. (2004). *Earth Structure*. 2. Ed. Londres: Norton & Co., 673 p.
- Donovan, S. K. (1987). The fit of the continents in the late Precambrian. *Nature*, 327, 139-141. <https://doi.org/10.1038/327139a0>
- Du Toit, A. L. (1927). A geological comparison of South America with South Africa. Washington: Carnegie Institution of Washington. Disponível em: <https://paleoarchive.com/literature/DuToit1927-GeologicalComparisonSouthAmericaSouthAfrica.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.
- Du Toit, A. L. (1937). *Our wandering continents: an hypothesis of continental drifting*. Edinburgh: London, Oliver and Boyd.
- Ernst, R. E., Bleeker, W., Söderlund, U., Kerr, A. C. (2013). Large Igneous Provinces and supercontinent: toward completing the plate tectonics revolution. *Lithos*, 174, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.02.017>
- Evans, D. A. D., Mitchell, R. N. (2011). Assembly and breakup of the core of Paleoproterozoic–Mesoproterozoic supercontinent Nuna. *Geology*, 39(5), 443-446. <https://doi.org/10.1130/G31654.1>
- Evans, D. A. D., Pisarevsky, S. (2008). Plate tectonics on early Earth? Weighing the paleomagnetic evidences. *The Geological Society of America, Special Publication*, 440, 249-264. [https://doi.org/10.1130/2008.2440\(12\)](https://doi.org/10.1130/2008.2440(12))
- Gower, C. F., Ryan, A. B., Rivers, T. (1990). Mid-Proterozoic Laurentia-Baltica: an overview of its geological evolution and a summary of the contributions made by this volume. In: C. F. Gower, T. Rivers, A. B. Ryan (Eds.). *Mid Proterozoic Laurentia Baltica*. Geological Association of Canada Special Paper, 38, p. 1-20. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313082013_Mid-Proterozoic_Laurentia-Baltica_An_overview_of_its_geological_evolution_and_a_summary_of_the_contributions_made_by_this_volume. Acesso em: 23 set. 2021.
- Hatcher Jr., R. D., Carlson, M. P., McBride, J. H., Catalán. J. R. M. (2007). 4-D framework of the continental crust. Colorado: Boulder. (Geological Society of America Memoir, 200.)
- Hess, H. H. (1962). History of ocean basins. In: A. E. J. Engel, H. L. James, B. F. Leonard (Eds.). *Petrologic studies: a volume in honor of A. F. Buddington*. P. 599-620. Disponível em: <http://www.mantleplumes.org/WebDocuments/Hess1962.pdf>. Acesso em: 23 set. 2021.
- Hoffman, P. F. (1988). United Plates of America, the birth of a craton. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 16, 543-603. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.16.050188.002551>
- Hoffman, P. F. (1991). Did the breakout of Laurentia turn Gondwana inside out? *Sciences*, 252(5011), 1409-1412. <https://doi.org/10.1126/science.252.5011.1409>
- Hoffman, P. F. (1992). Rodinia, Gondwanaland, Pangea and Amasia; alternating tectonics scenarios of supercontinental fusion. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 73(14), 282.

- Holmes, A. (1928). Theory of continental drift: a symposium on the origin and movement of land masses, both inter-continental and intra-continental, as proposed by Alfred Wegener. *Nature*, 122, 431-433. <https://doi.org/10.1038/122431a0>
- Kearey, P., Klepeis, A. K., Vine, F. J. (2009). *Global tectonics*. 3. Ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 496 p.
- Lahtinen, R., Korja, A., Nironen, M. (2012). Assembly of the Supercontinent Hudsonia (Columbia) a 1.64-1.79. In: *Supercontinent Symposium 2012*. Oral presentation.
- Li, Z. X., Bogdanova, S. V., Collins, A. S., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R. E., Fitzsimons, I. C. W., Fuck, R. A., Gladkochub, D. P., Jacobs, J., Karlstrom, K. E., Lu, S., Natapov, L. M., Pease, V., Pisarevsky, S. A., Thrane, K., Vernikovskiy, V. (2008). Assembly, configuration and break up of Rodinia: a synthesis. *Precambrian Research*, 160(1-2), 179-210. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
- Light, M. P. R. (1982). Limpopo Mobile belt: a result of continental collision. *Tectonics*, 1(4), 325-342. <https://doi.org/10.1029/TC001i004p00325>
- Lubnina, N. V., Slabunov, A. (2011). Reconstruction of the Kenorland supercontinent in the Neoproterozoic based on paleomagnetic and geological data. *Moscow University Geology Bulletin*, 66(4), 242. <https://doi.org/10.3103/S0145875211040077>
- Lubnina, N. V., Slabunov, A. (2017). The Karelian craton in the Structure of the Kenorland supercontinent in the Neoproterozoic: New Paleomagnetic and Isotope Geochronology Data on Granulites of the Onega Complex. *Moscow University Geology Bulletin*, 72(6), 377-390. <https://doi.org/10.3103/S0145875217060072>
- McMenamin, M. A. S. (1982). A case for two late Proterozoic-earliest Cambrian faunal province loci. *Geology*, 10(6), 209-292. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236000351_A_case_for_two_late_Proterozoic-earliest_Cambrian_faunal_province_loci. Acesso em: 29 set. 2021.
- McMenamin, M. A. S., McMenamin, D. L. S. (1990). *The emergence of animals: the Cambrian breakthrough*. Nova York: Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/mcme93416>
- Mitchel, R. N., Kilian, T. M., Evans, D. A. (2012). Supercontinent cycles and the calculation of absolute paleolongitude in deep time. *Nature*, 482, 208-211. <https://doi.org/10.1038/nature10800>
- Moores, E. M. (1991). Southwest US-East Antarctic (SWEAT) connection: a hypothesis. *Geology*, 19(5), 425-428. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)019<0425:SUSEAS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0425:SUSEAS>2.3.CO;2)
- Moores, E. M., Twiss, R. J. (1995). *Tectonics*. Nova York: W. H. Freeman and Company, 415 p.
- Murphy, J. B., Dostal, J. D. (2011). Secular variation in magmatism and tectonic implication. *Lithos*, 123(1-4), IX-XII. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.01.008>
- Murphy, J. B., Nance, R. D. (2003). Do supercontinent introvert or extrovert?: Sm-Nd isotope evidence. *Geology*, 31(10), 873-876. <https://doi.org/10.1130/G19668.1>
- Murphy, J. B., Nance, R. D., Cawood, P. A. (2009). Contrasting modes of supercontinent formation and the conundrum of Pangea. *Gondwana Research*, 15(3-4), 408-420. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.09.005>
- Pehrsson, S. J., Berman, R. G., Eglinton, B., Rainbird, R. (2013). The Neoproterozoic supercontinent revisited: the case of the Rae family of cratons. *Precambrian Research*, 232, 27-43. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.02.005>
- Pesonen, L. J., Elming, S. Å., Mertanen, S., Pisarevskiy, S., D'Agrella-Filho, M. S., Meert, J. G., Schmidt, P. W., Abrahamsen, N., Bylund, G. (2003). Paleomagnetic configuration of continents during the Proterozoic. *Tectonophysics*, 375(1-4), 289-324. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00343-3)
- Piper, J. D. A. (1982). The Precambrian paleomagnetic record: the case of the Proterozoic supercontinent. *Earth and Planetary Science Letters*, 59(1), 61-89. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(82\)90118-2](https://doi.org/10.1016/0012-821X(82)90118-2)
- Piper, J. D. A. (2010). Protopangea: Paleomagnetic definition of Earth's oldest (mid-Archean-Paleoproterozoic) supercontinent. *Journal of Geodynamics*, 50(3-4), 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2010.01.002>
- Powell, C. McA., Li, Z. X., MacElhinny, M. W., Meert, J. G., Park, J. K. (1993). Paleomagnetic constraints on timing of the Neoproterozoic breakup of Rodinia and the Cambrian formation of Gondwana. *Geology*, 21(10), 898-892. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1993\)021<0889:PCOTOT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1993)021<0889:PCOTOT>2.3.CO;2)
- Raumer, J. F., Stampfli, G. M., Bussy, F. (2003). Gondwana-derived microcontinents – the constituents of Variscan and alpine collisional orogens. *Tectonophysics*, 365(1-4), 7-22. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00015-5)

- Rogers, J. J. W. (1996). A history of continents in the last past three billions or years. *The Journal of Geology*, 104(1), 91-107. <https://doi.org/10.1086/629803>
- Rogers, J. J. W., Santosh, M. (2004). *Continents and supercontinents*. Nova York: Oxford University Press, 289 p.
- Romano, M., Cifelli, R. L. (2015). 100 Years of continental drift. *Science*, 350(6263), 915-916. <https://doi.org/10.1126/science.aad6230>
- Sadowski, G. R., Campanha, G. A. C. (2004). Grandes falhas do Brasil continental. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. D. R. Carneiro, B. B. Brito Neves (Eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 407-422.
- Schmitt, R. S., Fragoso, R. A., Collins, A. S. (2018). Suturing Gondwana in the Cambrian: the orogenic events of the final amalgamation. In: S. Siegesmund, M. A. S. Basei, P. Oyhantçabal, S. Oriolo (Eds.). *Geology of Southwest Gondwana: regional geology reviews*. Cham: Springer International Publishing, p. 411-232. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68920-3_15
- Scholl, D. W., Von Huene, R. (2007). Crustal recycling at modern subduction zones applied to the past: issues of growth and preservation of continental basement crust, mantle geochemistry, and supercontinent reconstruction. In: R. D. Hatcher Jr., M. Carlson, J. H. McBride, J. R. M. Catalán (Eds.). *4-D framework of the continental crust*. Boulder, Colorado: The Geological Society Memoir, 200. [https://doi.org/10.1130/2007.1200\(02\)](https://doi.org/10.1130/2007.1200(02))
- Stanistreet, I. G. (1993). Ancient and modern examples of tectonic escape basins: the A witwatersrans Basin compared with the Cenozoic Maracaibo basin. *Tectonic Controls and Signatures in Sedimentary Successions*, 20, 363-376. <https://doi.org/10.1002/9781444304053.ch19>
- Suess, E. (1901). *Das Antilitz der Erde*. Paris: Colin.
- Sutton, J. (1963). Long-term cycles in the evolution of the continents. *Nature*, 198, 731-735. <https://doi.org/10.1038/198731b0>
- Torsvik, T. H., Amudsen, H., Hartz, E. A., Corfu, F., Kusznire, N., Gaina, C., Doubrovine, P. V., S. B., Aswall, L. D., Jamtveit, B. (2013). A Precambrian microcontinent in the Indian Ocean. *Nature Geoscience*, 6(3), 223-227. <https://doi.org/10.1038/ngeo1736>
- Umbgrove, J. M. F. (1947). *The pulse of the Earth*. The Hague, Netherlands: Martinus Nijhoff, 380 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-3017-5>
- Valentine, J. W., Moores, E. M. (1970). Plate tectonics regulation of faunal diversity and sea level. *Nature*, 228, 657-659. <https://doi.org/10.1038/228657a0>
- Veevers J. J. (1989). Middle/Later Triassic (230 ± 5Ma) singularity in the stratigraphic and magmatic history of the Pangean heat anomaly. *Geology*, 17(9), 784-787. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<0784:MLTMSI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<0784:MLTMSI>2.3.CO;2)
- Veevers, J. J. (1994). Pangea: evolution of a supercontinent and its consequences for Earth's paleoclimate and sedimentary environments. *Special Paper of the Geological Society of America*, 288, 13-23. <https://doi.org/10.1130/SPE288-p13>
- Wegener, A. (1912). Die Entstehung der Kontinent. *Geologische Rundschau*, 3, 276-292. <https://doi.org/10.1007/BF02202896>
- Wegener, A. (1922). *Die Entstehung der kontinente und Ozeane*. Berlin: Gebrüder Borntraeger.
- Williams, H., Hoffman, P. F., Lewry, J. F., Monger, J. W., Rivers, T. (1991). Anatomy of North America: thematic geological portrayals of the continent. *Tectonophysics*, 187(1-3), 117-134. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(91\)90416-P](https://doi.org/10.1016/0040-1951(91)90416-P)
- Windley, B. F. (1977). *The evolving continents*. Chichester: John Wiley & Sons, 399 p.
- Windley, B. F. (1995). *The evolving continents*. 3. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 526 p.
- Worsley, T., Moody, J. B., Nance, R. D. (1985). Proterozoic to recent tectonic tuning of biogeochemical cycles. In: E. T. Sundquist, W. S. Broecker (Eds.). *The carbon cycle and atmospheric CO₂: natural variations Archean to present*, 32, p. 561-572. <https://doi.org/10.1029/GM032p0561>
- Worsley, T., Nance, D., Moody, J. B. (1982). Plate tectonic episodicity: a deterministic model for periodic Pangeas. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 65(45), 1104.
- Worsley, T., Nance, D., Moody, J. B. (1984). Global tectonics and eustasy for the past 2 billions years. *Marine Geology*, 58(3-4), 373-400. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90209-3](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90209-3)
- Zak, J., Zulauf, G., Röhling, H. G. (eds.). (2013). *Crustal evolution and geodynamic process in Central Europe*.

Proceedings of the Joint Conference of the Czech and German Geological Societies Held in Plzen (Pilsen). *Schriftenreihe der Deutschen für Geowissenschaften*, 82, 201 p.

Zhang, S., Zheng-Xiang, L., Evans, D. A. D., Wu, H., Li, H., Dong, J. (2012). Pre-Rodinia supercontinent Nuna shaping up: A global synthesis with new paleomagnetic results from North China. *Earth and Planetary Science*

Letters, 353-354, 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.07.034>

Zhao, G., Cawood, P. A., Wilde, S. A., Sun, M. (2002). Review of global 2.1-1.8 Ga collisional orogens and accreted cratons: a pre-Rodinia supercontinent? *Earth-Science Reviews*, 59(1-4), 125-162. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00073-9)