31. AS SUPERFÍCIES DE EROSÃO DO "BRASIL ORIENTAL"

César Augusto Chicarino Varajão
Engenheiro Geólogo. Professor aposentado pela UFOP; cesarvarajao@gmail.com.

Resumo: As superfícies de erosão do sudeste do Brasil têm sido abordadas desde o início do século XX por diferentes autores influenciados pelos fundamentos teóricos dominantes da época. Os primeiros trabalhos, sob inspiração de Davis procuraram identificar superfícies de aplainamento, que teriam sido desenvolvidas sob clima úmido. Posteriormente, inspirados em King 1953, procuraram identificar superfícies de pediplanação, desenvolvidas sob clima quente e árido. O trabalho de King de 1956, indubitavelmente, pode ser considerado um marco na geomorfologia brasileira. Deve-se ressaltar a contribuição de Almeida que, em 1964, ao descrever o relevo do estado de São Paulo, identificou superfícies de erosão sem as classificar como peneplanos ou pediplanos, procurando ressaltar o controle litoestrutural e, sobretudo, as informações climáticas do registro geológico. Segundo Georges Millot as "superfícies de aplainamento continentais" seriam consequência de variações climáticas ao longo do tempo geológico. A confrontação das superfícies de King com o refinamento do conhecimento geológico do Cenozóico brasileiro nos últimos 50 anos (estratigrafia, tectônica e geocronologia), associado ao detalhamento das variações climáticas, revelou que a Superfície Sul-Americana ficaria restrita "apenas" ao Paleoceno. Consequentemente, a superfície Sul-Americana deve ser considerada como equivalente à superfície Japi, de Almeida 1964, formada durante o intervalo Cretáceo-Paleoceno. Recentemente, as datações geocronológicas dos perfis lateríticos sobre as superfícies de erosão, confirmaram as idades das superfícies Pós-Gondwana e Sul-Americana. Entretanto, revelaram uma divisão das superfícies atribuídas ao ciclo Velhas, sendo as suas porções situadas no interior mais antigas (Mioceno) que as litorâneas associadas aos sedimentos do Grupo Barreiras (Plioceno).
Palavras-Chave: Superfícies de erosão, variações climáticas, manto de alteração

Abstract: The erosion surfaces of southeastern Brazil have been investigated since the beginning of the 20th century by different authors influenced by the dominant theoretical foundations of the time. The first works, inspired by Davis, sought to identify planning surfaces which would have been developed under humid weather. Later, inspired by King, they sought to identify pediplanation surfaces. In fact, King's 1956 work can undoubtedly be considered a milestone in Brazilian geomorphology. King's erosion surfaces became mandatory citations and have naturally been rooted in landscape descriptions in different domains of the natural sciences. It is worth mentioning the contribution of Almeida who,

in 1964, when describing the relief of the state of São Paulo, identified erosion surfaces without opting for peneplans or pediplans, seeking to emphasize the lithostructural control and, above all, the climatic information of the geological record. Georges Millot presented a new paradigm: "continental planing surfaces" as a consequence of climatic variations over geological time. King's erosion surfaces when confronted with the refinement of the geological knowledge of the Brazilian Cenozoic in the last 50 years (stratigraphy, tectonics and geochronology), associated with the detailing of climatic variations, reveal that the South American Surface would be restricted "only" to the Paleocene. Consequently, the Sul-Americana surface would be equivalent to the Japi, from Almeida 1964, surface, formed during the Cretaceous-Paleocene interval. Recently, geochronological data of lateritic profiles on erosion surfaces confirmed the age of the South-American surface. However, for the Velhas surface, they showed that the portions located in the back country are older than the coastal ones associated with the Barreiras Group sediments.
Keywords: Erosion surfaces, climate change, weathering mantle

Tema: Geomorfologia Regional

---

1. INTRODUÇÃO

Na primeira metade do século XX, a percepção das superfícies de erosão no sudeste do Brasil foi fundamentada na Teoria de Peneplanação (Davis 1899), segundo a qual ocorre a suavização progressiva das vertentes sob condições de clima úmido. Primeiramente, ainda que em posse de parcos recursos cartográficos, James (1933) observou superfícies de erosão elevadas tais como no Maciço de Itatiaia (RJ). Além disso, identificou no sudeste de Minas Gerais, planaltos cristalinos que correspondiam a três níveis de superfícies de erosão: Superior (1000-1100 m), Médio (800 m) e Inferior (500m); relacionando-as a três estágios de peneplanação em consequência de pulsos de soerguimentos epirogenéticos. Analogamente, De Martone (1943) denominou-as de Superfície dos Campos, Superfície das Cristas Médias (Paleogênica) e Superfície Neogênica; ou ainda, segundo Freitas (1951), Nível B (Primeiro Ciclo) Nível A (Segundo Ciclo) e Terceiro Ciclo.

King (1953) propôs uma mudança de paradigma, a Teoria da Pediplanação, baseada na retração paralela das vertentes (Bryan 1922, Penck 1924) sob condições de clima semiárido (Bryan 1940). Pouco tempo depois, após visitar o Brasil, King (1956) publicou "A Geomorfologia do Brasil Oriental" que, indubitavelmente, pode ser considerada um marco na geomorfologia brasileira. Suas superfícies de erosão (pediplanos) passaram a ser citações obrigatórias e, naturalmente, se arraigaram às descrições das paisagens nos diferentes domínios das ciências naturais. Nas descrições das paisagens do "Brasil Oriental", este autor reconheceu as superfícies Gondwana, Pós-Gondwana, Sul-Americana, Velhas e Paraguaçu; bem como, assinalou os "níveis altimétricos"

correspondentes. Analogamente, Bigarella e Ab'Saber (1964) reconheceram pediplanos, denominando-os Pd3, Pd2 e Pd1. Paralelamente, deve-se ressaltar a contribuição de Almeida (1964), que ao descrever o relevo do estado de São Paulo e adjacências, com ênfase no controle lito-estrutural, optou por não fazer uso das teorias de peneplanação e pediplanação. Almeida (1964) identificou três superfícies de erosão: Itapeva, base da Formação Furnas (Devoniano Inferior); Itaguá, correspondente à peneplanação glacial existente na base do Grupo Tubarão (Eo-Paleozóico) e; Japi, correspondente a deposição do Grupo Bauru (Cretáceo Inferior). Além disso, relacionou a superfície Japi à superfície das Cristas Médias (De Martone 1943) e ao Nível B (Freitas 1951), sem, entretanto, correlacioná-la à superfície Sul-Americana de King (1956).

Conforme salientado por King (1956), a articulação de duas superfícies de erosão se dá por escarpas erosivas, descartando eventuais controles lito-estruturais. Por outro lado, Almeida (1964) descartou a superfície Dos Campos (De Martone 1943), argumentando tratar-se da superfície Japi (Cristas Médias) alçada a diferentes níveis altimétricos por falhamento; conforme ilustrado no mapa topográfico (Fig. 2, p. 272) de Zálan *et al.* (2005). Assim sendo, a investigação regional de superfícies de aplainamento não deve se restringir a níveis altimétricos; apesar de serem de grande utilidade regional, localmente são de difícil compreensão (Braun 1971, Ross 1991, Varajão 1991). Deve-se salientar que ao aplicar a Teoria da Pediplanação no leste do Brasil, King (1956) fundamentou-se em observações de campo e nos conhecimentos geológicos disponíveis à época. Tal fato, levou-o a conclusões equivocadas, como por exemplo, a idade dos sedimentos Botucatu que o levou a posicionar a Superfície Gondwana no Triássico. Posteriormente, através da datação dos basaltos contidos nestes sedimentos, foram reveladas idades entre o Jurássico e o Cretáceo Inferior (Braun 1971).

A articulação das superfícies de erosão no sudeste do Brasil passou a ser progressivamente melhor compreendida a partir de 1965, após o recobrimento aerofotogramétrico do Brasil na escala 1:60.000 (DNPM-USAF); com as imagens de radar (RADAMBRASIL; 1970-1985), bem como, as Imagens de Satélite (LANDSAT 1972-93). Contudo, deve-se salientar que o grande salto se deu após o radar estereoscópico (Projeto SRTM – NASA 2000), que foi disponibilizado gratuitamente a partir de 2014, através do qual pode-se observar o relevo, mesmo em smartphones, e visualizar facilmente a articulação dos níveis altimétricos regionais. Além disso, a superposição dos mapas geológicos às imagens SRTM permitiu identificar facilmente, a influência de eventuais controles lito-estruturais às escarpas de erosão.

Paralelamente, entre 1960 e 1980 pesquisadores franceses e associados, estudaram detalhadamente a formação e as transformações do manto de alteração nas regiões intertropicais da Terra, bem como, suas implicações na evolução da paisagem. Neste contexto, baseando-se em farta documentação geológica, Millot (1983) concluiu que as superfícies de aplainamento continentais seriam consequência da sucessão de variações climáticas ao longo do tempo geológico; analogamente ao modelo da teoria da Bio-Resistasia proposta, sem comprovação, por Erhart (1951). Adicionalmente, deve-se

ressaltar que em certos continentes as mudanças climáticas cenozóicas foram potencializadas pela deriva continental (Parrisch *et al.* 1982, Tardy *et al.* 1991); ou seja, durante o Cenozóico alguns continentes, além de sofrerem as transformações climáticas globais (Zachos *et al.* 2001), sofreram transformações climáticas em decorrência de suas variações de latitude impostas pela deriva continental (Parrish *et al.* 1982). Assim sendo, as variações climáticas atuariam como "motor" da pediplanação; ou seja, sob condições de clima semi-árido ocorreria a erosão do manto de alteração, formado anteriormente sob condições de clima quente e úmido.

As principais contribuições à literatura sobre as superfícies de aplainamento no Brasil, vieram por intermédio de datações (geocronológicas e paleontológicas) das formações sedimentares correlativas, bem como, do aprimoramento dos conhecimentos sobre a evolução tectônica da plataforma Sul-Americana. Ademais, a evolução dos conhecimentos do clima durante o Cenozóico permitiu precisar a alternância entre períodos quentes e áridos, com períodos quentes e úmidos e, por consequência, permitiu aprimorar o entendimento da evolução da paisagem. Nos últimos quinze anos, a geomorfologia passou a contar com uma ferramenta poderosa: a datação geocronológica de minerais componentes do regolito, ou formações superficiais (saprolito e solo). Assim sendo, neste capítulo, apresentamos uma revisão da literatura das superfícies de aplainamento no sudeste do Brasil, face ao grande avanço representado pelas idades das formações superficiais nelas contidas.

2. A EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS

2.1 Clima, Tectônica e estratigrafia

Considerando o longo período predominantemente quente e árido, a Megadesertificação Mesozóica (Almeida et al. 2012), que se estendeu do final do Permiano ao Paleoceno (Almeida 1964; Zachos et al. 2001), a conjunção clima-tectônica foi responsável pelas superfícies de aplainamento do sudeste do Brasil. Findo o Estágio de Estabilidade, que permaneceu do Neo-Ordovinciano ao Eotriássico, iniciou-se a Ativação Mesozóica ou Estágio de Ativação, como consequência da ascensão da pluma mantélica de Trindade, provocando o reavivamento tectônico (Carneiro et al. 2012). O Estágio de Ativação iniciou-se no norte da América do Sul, com a etapa Rifteamentos I. Posteriormente, no sul da América do Sul, durante o intervalo Neo-Jurassico ao Eo-Cretáceo, ocorreu a etapa Rifteamentos II, quando se formou a superfície de erosão Gondwana; representada pelos depósitos correlativos da Formação Botucatu. Ao final do Cretáceo Inferior, durante o intervalo Apitiano-Albiano, ocorreu um novo pulso de instabilidade tectônica, a etapa Rifteamentos III, durante a qual desenvolveu-se a superfície de Erosão Póst-Gondwana, tendo como sedimentação correlativa a Formação Três Barras (Grupo Areado).

A etapa seguinte denominada Deriva Continental, permaneceu do Cretáceo Superior ao Mioceno. Durante este período, segundo Zalán e Oliveira (2005), após cessado o rifteamento iniciou-se o soerguimento isostático da crosta, que permaneceu

atuante durante um longo intervalo de tempo (89-65 M.a.). Nestes termos, a formação da superfície Sul-Americana, de idade "Terciário Inferior" (King 1956), ficaria restrita ao Paleoceno; uma vez que as recentes precisões sobre as variações climáticas asseguram que durante o Eoceno o clima foi predominantemente quente e úmido. A questão que se coloca é: teriam sido os 10 M. a. do Paleoceno suficientes para desenvolver a maior superfície de aplainamento da América do Sul? E o Cretáceo Superior? Nestes termos, optamos pela superfície de aplainamento Japi (Almeida 1964, 1983), formada durante todo o Cretáceo Superior até o final do Paleoceno. Considerando a contemporaneidade parcial das superfícies Japi e Sul-Americana, tal como originalmente propostas, podemos denominá-las como superfície de aplainamento Japi/Sul-Americana, tendo como sedimentos correlativos dos grupos Bauru e Urucuia.

Resumindo, as superfícies de aplainamento do "Brasil Oriental" (King 1956), confrontadas ao posterior detalhamento do registro geológico por meio de datações paleontológicas e geocronológicas (Almeida et al. 2012) e, principalmente, às variações climáticas desde o Mesozóico (Parisch et al. 1981, Zachos et al. 2001), teriam sido formadas sob condições de clima quente e árido, durante os seguintes intervalos: do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (Gondwana), ao final do Cretáceo Inferior (Pós-Gondwana); do Cretáceo Superior ao Paleoceno (Japi/Sul-Americana) e durante o Plioceno (Velhas). Durante o Pleistoceno, sob condições de clima ameno, iniciou-se o ciclo de erosão Paraguaçu.

2.2 Superfícies de erosão, variações climáticas e solos

Estudos relacionando solos e superfícies de aplainamento efetuados no oeste da Austrália (Anand e Paine, 2002) e no sudeste do Brasil (Carmo e Vasconcelos, 2004), assinalaram que as superfícies de aplainamento mais antigas apresentam perfis de alteração mais espessos. A idade das formações superficiais foi utilizada para a datação relativa das superfícies de aplainamento, por exemplo, no Quadrilátero Ferrífero (Varajão *et al.* 2009; Varajão *et al.* 2020a) e na Serra do Espinhaço Meridional (Varajão *et al.* 2020b); ou seja, formações superficiais (saprólito e solo) desenvolvidas sob clima tropical nas superfícies de aplainamento, previamente formadas, sob condições de clima quente e árido.

Durante o Eoceno, sob condições extremas de clima quente e úmido ("aberração climática"; Zachos *et al.* 2005), formaram-se couraças ferruginosas (canga) e aluminosas (bauxita) sobre as partes altas do relevo, ou seja, nos restos das superfícies Gondwana, Pós-Gondwana e Japi/Sul-Americana; que foram datadas por Spier *et al.* (2006), Carmo e Vasconcelos (2012), Monteiro *et al.* (2014) e, Vasconcelos e Carmo (2018). Cabe registrar a jazida de bauxita do Batatal, situada a 1850 m de altitude na serra de Capanema, superfície Gondwana (Quadrilátero Ferrífero).

Posteriormente, o clima permaneceu ameno, por um longo período (Eoceno-Mioceno) no qual a superfície Japi/Sul-Americana desenvolveu um relevo mamemolar meias-laranjas, caracterizado por *summital surface* ou os mar-de-morros dos planaltos

cristalinos. Durante este período os solos previamente formados, submetidos a mudanças climáticas, sofreram transformações pedogenéticas (Millot 1983). No Oligoceno (34 Ma.) a superfície Japi/Sul-Americana foi fraturada por uma tectônica gravitacional (Ricomini *et al.* 2004; Zalán e Oliveira 2005), formando planaltos escalonados. Durante o Mioceno, o clima volta a ficar quente e úmido ("ótimo climático do Mioceno"; Zachos et al. 2005) e localmente formaram-se depósitos de bauxita: Faria e Macaquinho no Quadrilátero Ferrífero (Varajão e Varajão 2020), Cataguases (Lopes, 1987) e Espera Feliz (Soares, 2013, Mateus *et al.* 2016).

No Plioceno, ocorreu uma nova variação climática (Clima quente e árido; Zachos *et al.* 2005), iniciando-se o ciclo Velhas, que apresenta como sedimentação correlativa, os sedimentos do Grupo Barreiras (King 1956; Arai 2006; Nunes *et al.* 2011). Finalmente, com o contínuo soerguimento da plataforma, a superfície Velhas sofreu incisões da rede de drenagem caracterizando o ciclo denominado Paraguaçu.

2.3 A datação geocronológica dos perfis de alteração e as superfícies de erosão

Dados geocronológicos de perfis lateríticos desenvolvidos sobre as superfícies de aplainamento entre Belo Horizonte e Rio de janeiro, por meio do método $^{40}Ar/^{39}Ar$ em óxidos de Mn (Vasconcelos e Carmo 2018), mostraram que o modelo de King (1953) de retração paralela das escarpas foi o processo dominante; assegurando a preservação dos perfis de intemperismo mais antigos. Este modelo de evolução da paisagem é capaz de explicar as diferenças de idade dos perfis; ou seja, os perfis mais antigos e mais espessos, encontram-se nas superfícies mais altas.

Como exposto neste trabalho e representado esquematicamente na Figura 1, as superfícies de aplainamento, geradas sob condições quentes e áridas, após serem soerguidas, foram intemperizadas sob condições quentes e úmidas. Deste modo, as superfícies Gondwana (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior), Pós-Gondwana, (Cretáceo Inferior) e a Superfície Japi/Sul-Americana (Cretáceo Superior-Paleoceno), foram soerguidas (65-60 Ma.) e fortemente intemperizadas no Eoceno (55 Ma.). Portanto, ambas podem conter couraças ferruginosa (canga) e aluminosa (bauxita). Estas superfícies encontram-se bem preservadas no interior do Cráton São Francisco, seja no Quadrilátero Ferrífero (Spier *et al.* 2006, Monteiro *et al.* 2014); na Serra do Espinhaço Meridional, ou na Chapada Diamantina (Carmo e Vasconcelos 2012).

Os dados geocronológicos e geotectônicos também permitiram um refinamento das idades das superfícies de erosão, como por exemplo, ao sul do Quadrilátero Ferrífero, sobre o embasamento granito-gnáissico da Faixa Araçuaí, onde se dá a articulação das bacias dos Rios Paraná, São Francisco, Doce e Paraíba do Sul. Nessa região, no mapa de King (1956) são encontrados apenas fragmentos da superfície Japi/Sulamericana. Provavelmente, esta região tenha se tornado mais instável durante os pulsos tectônicos ocorridos no Oligoceno (38 Ma.) e Mioceno (20-15 Ma). Por consequência, foram gerados patamares escalonados definidos por James (1933) como Superior e Médio; que foram englobados por King (1956) como pertencentes ao Ciclo Velhas. Deve-se ressaltar,

conforme assinalado por James (1933), que esses patamares constituem um exemplo clássico de articulação de superfícies de erosão através de escarpas desprovidas de controle lito-estrutural, bem como, apresentam evidências de retração paralela (Cherem *et al.* 2012, 2013). Recentemente, estes patamares foram aglutinados por Vasconcelos e Carmo (2018), denominando-os como Platô Brasil Atlântico, no qual descreveram perfis lateríticos de idade miocênica (12 Ma). Assim sendo, o refinamento geocronológico mostrou que esses patamares não se encaixam no modelo de King (1956), uma vez que são mais jovens que a superfície Sul-Americana (Cretáceo Superior-Paleoceno), bem como, mais antigos que a superfície Velhas (Plioceno), como demonstrado na Figura 1.

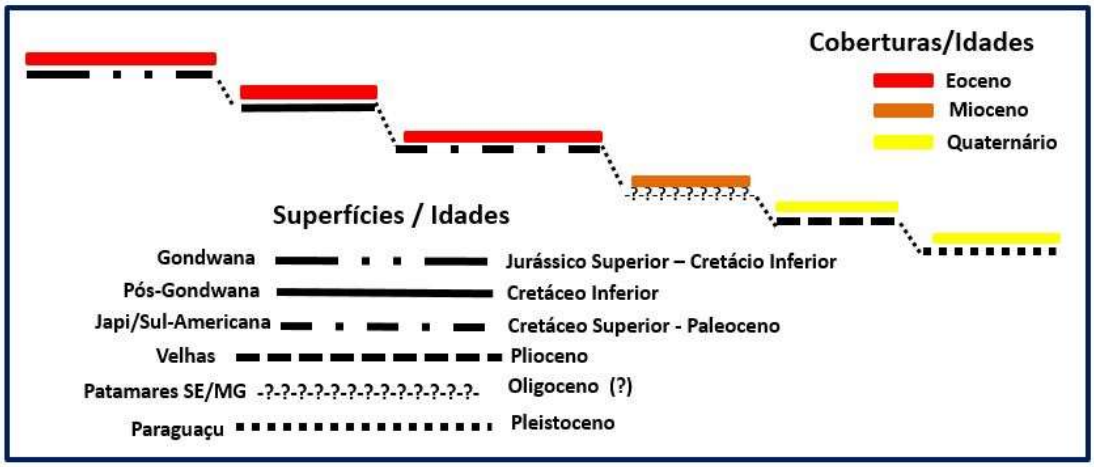

Figura 1. Desenho esquemático mostrando a relação entre as idades das superfícies de aplainamento e as idades das coberturas lateríticas.

3. CONCLUSÃO

A questão das superfícies de erosão desde os primeiros trabalhos do início do século passado permaneceu em discussão devido às novas teorias geomorfológicas, aos produtos de sensoriamento remoto e a evolução do conhecimento geológico. Estes avanços propiciaram um bom conhecimento da idade das superfícies de erosão, calcado em datações dos respectivos depósitos correlativos. Adicionalmente, no início deste século, com o imageamento 3D do terreno (SRTM) e as datações geocronológicas das formações superficiais, obteve-se um grande avanço na compreensão da evolução da paisagem.

Considerando o longo soerguimento da plataforma Sul-Americana do Cretáceo superior (89-65 M.a.), as condições de clima desértico reinantes do Cretáceo Superior até o final do Paleoceno (89-57 M.a.), o refinamento do conhecimento geológico do Cenozóico e o detalhamento das variações climáticas; a evolução dos estudos das superfícies de erosão do sudeste do Brasil revelou a contemporaneidade entre a Superfície Sul-Americana (Terciário Inferior) e a superfície Japi (Cretáceo Superior-Paleoceno). Desta forma, pode-se admitir que a contemporaneidade das superfícies Japi e Sul-Americana se deu durante todo o intervalo Cretáceo Superior-Paleoceno, originando assim uma superfície de aplainamento continental.

Nos últimos cinquenta anos as idades relativas das Superfícies de erosão Pós-Gondwana e Japi-Sul-Americana foram confirmadas através do refinamento dos dados paleontológicos, estratigráficos e tectônicos; bem como, recentemente, por meio das datações geocronológicas de seus perfis lateríticos. Entretanto, nos patamares erosivos no sudeste de Minas Gerais essas datações revelaram uma incongruência, uma vez que sua idade Miocênica (Vasconcelos e Carmo 2018), não se coaduna com idade Pliocênica da superfície Velhas (King 1956).

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. DE. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim IGG,** v. 41, p. 167-263, 1964.

ALMEIDA, F. F. M. DE. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, n. 3, p. 139-158, 1983.

ALMEIDA, F. F. M. DE; ASSINE M.L.; CARNEIRO C.D.R. A megadesertificação Mesozóica. In: HASUI Y.; CELSO D.R.C.; ALMEIDA F.F.M. DE; BARTORELLI A. (Org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 419-429.

ARAI, M. A. Grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP**, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ANAND, R. R.; PAINE, M. Regolith geology of the Yilgarn Craton, Western Australia: implications for exploration. **Australian Journal Earth Science**, v. 49, p. 3-162, 2002.

BIGARELLA, J. J. ; AB'SÁBER, A. N. Paläogeographische und Paläoklimatische Aspekte des Känozoikums in Südbrasilien. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Berlim, v. 8, n. 3, p. 286-312, 1964.

BRAUN, O. P. G. Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 32, n.3, p. 3-39, 1971.

BRYAN, K. Erosion and sedimentation in the Papago Country, Arizona, U. S. **Geological Survey Bulletin,** v. 730, p. 19-90, 1922.

BRYAN, K. The retreat of slopes. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 30, p. 254-268, 1940.

CARMO, I. O.; VASCONCELOS, P.M. Geochronological evidence for pervasive Miocene weathering, Minas Gerais, Brazil. **Earth Surface Process Landforms**, v. 29, n. 11, p. 1303–1320, 2004. Doi:10.1002/esp.1090

CARMO, I. O.; VASCONCELOS, P. M. $^{40}Ar/^{39}Ar$ weathering geochronology on manganese oxides from Bahia NE/Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS UNEARTHING OUR PAST AND FUTURE – RESOURCING TOMORROW, 2012, Brisbane. **Anais**… Brisbane: 2012. p. 3504.

CARNEIRO, C. D. R; ALMEIDA, F. F. M. DE; HASSUI, I.; ZALÁN, P. V.; TEIXEIRA J. B. G. Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozóico. In: HASUI Y.; CELSO D.R.C.; ALMEIDA F.F.M. DE; BARTORELLI A. (Org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 131-136.

CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 173–174, p. 118–127, 2012.

CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; MAGALHÃES Jr A. P.; VARAJÃO, A. F. D. C.; SALGADO, A. A. R.; OLIVEIRA L. A. F. de; BERTOLINI W. Z. O Papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299-308, 2013.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.

DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 4, p. 523-550; v. 6, n. 2, p. 155-178, 1943.

ERHART, H. **La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhéxistasie**. Paris: Masson, 1951.

FREITAS, R.O. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras**, Universidade de São Paulo, v. 130 (Geologia 6), p. 1-120, 1951.

JAMES, P. E. The surface configuration of southearstern Brazil. **Annals of Association of American Geographers**, Albany, v. 33, n. 3, p. 165-193, 1933. Tradução: JAMES, P. E. A configuração da superfície do sudeste do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 45, p. 1105-1121, 1946.

KING, L. C. Canons of landscape evolution. **Bulletin Geological Society of America**, v. 64, p. 721-752, 1953. DOI:10.1130/0016-7606(1953)64(721:COLE)2.0.CO;2.

KING, L. C. Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 2, p. 147-256, 1956.

LOPES, L. M. **A evolução mineralógica, micromorfológica e geoquímica da bauxita e materiais correlatos da região de Miraí**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo.

MATEUS A. C. C.; OLIVEIRA, F. S.; VARAJÃO A. F. D. V; SOARES C. C. S.; SCHÜNEMANN A. L. Gênese de depressões fechadas em vertentes associadas à couraça aluminosa na porção sul da Serra do Caparaó, Minas Gerais/Espirito Santo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 369-387, 2016. DOI:10.20502/rbg.v17i2.816

MILLOT, G. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenic process. In: MELFI, A. J.; CARVALHO, A. (Eds): **Proceedings of the II Seminar on**

Laterization Process. São Paulo, Brazil: IGCP-IUGS UNESCO USP, July 4-12, 1983, p. 53-63.

MONTEIRO, H. S.; VASCONCELOS, P.M.; FARLEY, K.A.; SPIER, C.A.; MELLO, C.M. (U/Th) He geochronology of goethite and the origin and evolution of cangas. **Geochimica Cosmochimica Acta**, v. 131, p. 267-289, 2014.

NUNES, F. C.; SILA, E. F. da; VILAS BOAS, G. da S. Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo. EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 194, p. 1-31, 2011.

PARRISH, J. T.; ZIRGLER, A. M.; SCOTESE, C. R. Rainfall patterns and the distribution of the Mesozoic and Cenozoic. **Paleogeography, Paleoclimate and Paleoecology**, v. 40, p. 67-101, 1982.

PENCK, W. **Die Morphologische Analyse**. Sttutgart: 1924. (Tradução: PENCK, W. Morphological Analysis of Land Forms: A Contribution to Physical Geology. London: Macmillan, 1953.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B. B. (Ed.). **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

ROSS, J. L. S. O Relevo Brasileiro, as Superfícies de Aplainamento e os Níveis Morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 5, p.7-24, 1991.

SOARES, C. C. V. **Gênese e Evolução Mineralógica, Micromorfológica e Geoquímica da Bauxita de Espera Feliz, MG**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.

SPIER, C. A.; VASCONCELOS, P. M.; OLIVEIRA, S. M. B. 40Ar/39Ar geochronological constraints on the evolution of lateritic iron deposits in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Chemical Geology**, v. 234, n. 1-2, p. 79–104, 2006. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.04.006.

TARDY, Y.; KOBILSEK, B.; PAQUET, H. Mineralogical composition and geographical distribution of African and Brazilian laterites. The influence of continental drift and tropical paleoclimates during the last 150 million years and implications for India and Australia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 12, p. 283-295, 1991. DOI: 10.1016/0899-5362(91)90077-C

VARAJAO, A. F. D. C.; MATEUS, A. C. C.; SANTOS, M. C.; VARAJAO, C. A. C.; OLIVEIRA F.S.; YVON J. The Cenozoic deposits of the ancient landscapes of Quadrilátero Ferrífero highlands, Southeastern Brazil: Sedimentation, pedogenesis and landscape evolution. **CATENA**, v. 195, 104813, 2020a. DOI; 10.1016/j.catena.2020.104813

VARAJÃO, C. A. C. A questão da ocorrência das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, p. 131-145, 1991.

VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; NALINI JÚNIOR H. A. Estudo da Evolução da Paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (10Be) e da pedogênese. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 33, p. 1409-1425, 2009.

VARAJÃO, C. A. C.; VARAJÃO, A. F. D. C.; OLIVEIRA, F.S.; BARRETO, H.N.; SALGADO, A. A. R. Solos e superfícies de erosão: uma contextualização da evolução da paisagem na Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 1, p. 17-42, 2020b.

VARAJÃO, C. A. C.; VARAJÃO, A. F. D. C. Bauxitas do Quadrilátero Ferrífero. In: CASTRO P. T. A.; ENDO I.; GANDINI A.L. (Eds.). **Quadrilátero Ferrífero: Avanço dos conhecimentos nos últimos 50 anos**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020, p. 342-359.

VASCONCELOS, P. M.; CARMO, I. DE O. 2018. Calibrating denudation chronology through $^{40}Ar/^{39}Ar$ weathering geochronology. **Earth Science Reviews**, v. 179, p. 411-435, 2018. doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.01.003

ZACHOS, J.; PAGANI, M.; SLOAN, L.; THOMAS E.; BILLUPS, K. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. **Science**, v. 292, p. 686-693, 2001. DOI: 10.1126/science.1059412

ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim Geociências Petrobras**, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.