

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE GEOGRAFIA
(RECIFE)

<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia>

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

FORMAÇÕES CONCRECIONÁRIAS E ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MACIÇO DO QUINCUNCÁ, NORDESTE DO BRASIL

Abner Monteiro Nunes Cordeiro¹; Frederico Holanda Bastos²; Rubson Pinheiro Maia³

¹ Universidade Estadual do Ceará. E-mail: abnermncordeiro@gmail.com

² Universidade Estadual do Ceará. E-mail: fred.holanda@uece.br

³ Universidade Federal do Ceará. E-mail: rubsonpinheiro@yahoo.com.br

Artigo recebido em 11/12/2017 e aceito em 09/03/2018

RESUMO

Fragmentos de laterita encontram-se distribuídos na porção setentrional do Província Borborema, constituindo feições residuais de um antigo capeamento laterítico, parcialmente dissecado, pelo atual sistema de drenagem. O presente trabalho propõe analisar as diferentes situações nas quais se apresentam as formações lateríticas, permitindo, assim, compreender a gênese dessas formas em função da evolução da própria paisagem na qual está inserida. O método empregado para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica detalhada sobre condições necessárias para o desenvolvimento de perfis lateríticos, seguido do levantamento de informações geológicas e climáticas, além da interpretação de mapas em escalas diversas e de trabalhos de reconhecimento de campo. Com base na pesquisa foi proposto um modelo laterização em parte da Província Borborema, onde condições de umidade superior às atuais, durante o Paleógeno, favoreceram à evolução de perfis de laterita in situ.

Palavras-chave: Geomorfologia; Laterita; Maciço Residual.

CONCRETE FORMATIONS AND GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS OF QUINCUNCÁ MASSIF, NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

Laterite fragments are spread in the northern portion of Borborema Province, comprising residual features of an old lateritic cape, partially scrutinized, by the current drainage system. The present work aims to examine the different situations in which the lateritic formations are presented, allowing, thus, to understand the genesis of these forms in function of the landscape evolution in which it is inserted. The method used for the development of this work consisted of a detailed bibliographical review on the necessary conditions for the development of lateritic profiles, followed by the geological and climatic information survey, as well as the interpretation of maps in several scales and field investigation work. Based on the research, a lateralization model was proposed in part of the Borborema Province, where higher moisture conditions during the Paleogene, favored the evolution of laterite profiles in situ.

Keywords: Geomorphology; Laterite; Residual Massif

INTRODUÇÃO

Mantos de alteração laterítica, muitas vezes, constituindo couraças (duricrust) ferruginosas e/ou aluminosas (TARDY, 1993; ALEVA, 1994; ESPINDOLA; DANIEL, 2008; OLIVEIRA et al., 2009), são produtos do intenso intemperismo do material litológico subjacente. Essas coberturas são compostas, principalmente, de óxidos e hidróxidos de ferro

(Fe) e alumínio (Al) hidratados, e de argilossilicatos, como, por exemplo, a caulinita (SCHELLMANN, 1980; ALLABY, 2008).

As formações lateríticas com enriquecimento supergênico de Fe, Al, Mn, Ti e outros elementos residuais (BOURMAN, 1996; AUGUSTIN; LOPES; SILVA, 2013; PRADO et al., 2014) constituem indicadores confiáveis de longos períodos de condições paleoclimas (NAHON, 1991; TARDY, 1993; VASCONCELOS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2009), que teriam gerado condições, principalmente, de umidade e temperatura elevadas, favoráveis à sua gênese (SCHWARZ, 1997; CUI et al., 2001). Essas couraças possibilitam compreender a evolução geomorfológica das paisagens onde estão localizadas, através do controle morfoestrutural que exercem, uma vez que estas formações conservam níveis de antigas superfícies de erosão (PENTEADO, 1983; NUNES; ESPINDOLA, 1993; CABRAL; PRADO, 2008).

Atualmente, existem relatos de perfis lateríticos em áreas hoje semiáridas e temperadas, fato atribuído à atuação de paleoclimas, que teriam gerado condições, principalmente de umidade e temperatura elevada, que condicionaram suas gêneses e evolução (TAYLOR, et al., 1990; THOMAS, 1994; CUI et al., 2001; BÉTARD; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2005). As sucessões climáticas verificadas, nos continentes sul-americano e africano, nos últimos 100 milhões de anos, em parte, devido à deriva continental, foram as grandes responsáveis pela distribuição geográfica e composição mineralógica das diversas coberturas lateríticas da África e do Brasil (TARDY; MELFI; VALETON, 1988; TARDY et al., 1990; TARDY; KOBILSEK; PAQUET, 1991; PORTO, 2010).

Perfis lateríticos, degradados, encontram-se disseminados no cinturão intertropical, particularmente, nas massas continentais situadas entre as latitudes 35°N e 35°S. Perfis com características semelhantes também foram observados em latitudes mais altas, por exemplo, 35-42°S no SE da Austrália (Victoria e Tasmânia), 40-45°N nos EUA (Oregon e Wisconsin) e 55°N na Europa (Irlanda do Norte e Alemanha), embora não sejam regionalmente extensos (BUTT; LINTERN; ANAND, 2000).

No Brasil, formações lateríticas são recorrentes na paisagem (GONTIJO-PASCUTTI et al., 2002; PADRO et al., 2014) e, embora sejam menos espessas que no continente africano (OLIVEIRA et al., 2009), cobrem quase 65% do seu território (MELFI et al., 1988). Condições climáticas, morfológicas e morfotectônicas necessárias para viabilizar a formação de laterita existiram e ainda existem em algumas regiões do território brasileiro. Os

perfis lateríticos encontram-se delimitados pelos paralelos 3°N e 27°S, escassos no Nordeste brasileiro e ausentes no Estado do Rio Grande do Sul (MELFI et al., op. cit.). Na porção setentrional da Província Borborema, fragmentos de laterita foram identificados compondo superfícies aplainadas recobertas ou não por fina camada de solo, como, por exemplo, nos Maciços de Portalegre e Martins (arenito fluvial laterizado) (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2004; BÉTARD; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2005; MAIA; BÉTARD; BEZERRA, 2016), e na Formação Barreiras (ROSSETTI et al., 2011).

Particularmente, o Maciço do Quincuncá, localizado no sul do Estado do Ceará, apresenta superfícies com recobrimento laterítico, situadas entre as cotas 680 e 720m, e embasadas por rochas Paleo-Neoproterozoicas das Suítes Granitoides Itaporanga e Serra do Deserto, o que torna oportuno o estudo dessas formações, a partir dos dados de trabalhos que atestam sua gênese e fragmentação, já que as lateritas e o substrato geológico que as mantêm, desempenham um papel fundamental na evolução geomorfológica desse relevo residual.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada nesse trabalho consistiu primeiramente em uma revisão bibliográfica detalhada sobre condições necessárias para o desenvolvimento de perfis lateríticos. Em seguida procedeu-se o levantamento de informações geológicas, geomorfológicas e climáticas que pudessem embasar os aspectos geomorfológicos do Maciço do Quincuncá, seguido de aquisição e processamento de imagens de satélite (Landsat) e modelo de elevação digital (MDE), disponibilizadas na página Earth Explore <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Dessa forma, foi utilizado o MDE referente a quatro cenas: s07_w040_1arc_v3, s07_w041_1arc_v3, s08_w040_1arc_v3 e s08_w041_1arc_v3. Essas cenas da missão Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) apresentam resolução espacial de ~30m a partir da qual foi possível a obtenção de informações referentes à hipsometria, declividade, rugosidade/modelo de sombra e a extração das curvas de nível.

As informações geológicas foram obtidas a partir das cartas geológicas SB.24-Y-B, na escala de 1:250.000 (VASCONCELOS; PRADO; GOMES, 1997) e SB.24- Y, na escala de 1:500.000 (GOMES, VASCONCELOS e TORRES, 2000), e do mapa geológico do Estado do Ceará, na escala de 1:500.000 (BRASIL, 2003). A partir dessas bases geológicas, foram realizadas correlações entre os limites das unidades litológicas e suas relações com as principais feições de relevo.

O levantamento bibliográfico foi precedido de reconhecimento de campo, que permitiu a identificação de exposições de perfis lateríticos, em corte de estradas, possibilitando o entendimento da situação morfológica das formações supergênicas no Maciço do Quincuncá, e a influência do substrato geológico na sua manutenção. As feições geomorfológicas, em escala de detalhe, foram individualizadas e combinadas com dados de mapa geológico, hipsométrico e declividade.

Além disso, foram realizadas reinterpretações das informações existentes nos mapas geomorfológicos produzidos por Peulvast e Claudino Sales (2003) e Peulvast e Bétard (2015). A avaliação das condições paleoclimáticas foi realizada tomando como base os dados disponibilizados nos trabalhos de Tardy, Melfi e Valetton (1988); Tardy et al. (1990); Tardy, Kobilsek e Paquet (1991); Vasconcelos et al. (1994); Morais Neto, Hegarty e Karner (2005); Peulvast e Bétard (2015), dentre outros.

Para a integração dos dados utilizou-se o software Quantum GIS 2.14, que possibilitou todo o tratamento dos dados vetoriais e matriciais, permitindo a criação de um banco de dados georreferenciados, sendo todos os arquivos submetidos à projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando-se o Datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000 (SIRGAS-2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

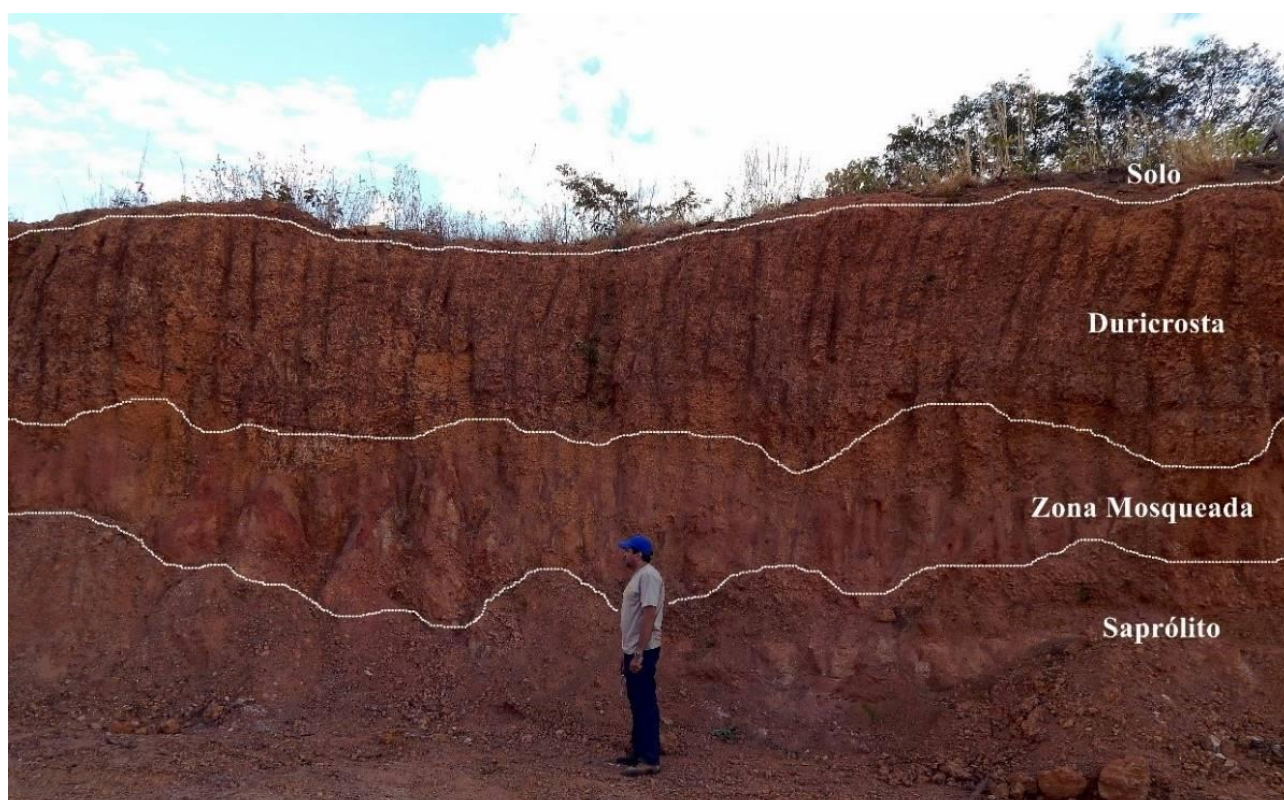
O Maciço do Quincuncá é constituído de um corpo granítico com eixo principal de 52,25km, sugerindo uma evolução ligada à tendência NE-SW do sistema de zonas de cisalhamento transcorrente dextral, datadas do Neoproterozoico. Portanto, o controle do alojamento e a forma alongada, sigmoidal, do Maciço do Quincuncá mostram boa concordância com sistema de zonas de cisalhamento transcorrente de cinemática dextral NE-SW, associadas ao Lineamento de Patos.

Os granitos e granodioritos, da Suíte Itaporanga (NP3γ2i), que sustentam o Maciço do Quincuncá, por serem mais jovens (~650 a 540 Ma) (BRASIL, 2003) e ainda não terem passado por um intenso processo de metamorfismo, oferecem maior resistência aos processos denudacionais, sustentando feições elevadas, onde estão localizadas coberturas lateríticas de espessura variável, oriundas de alterações supergênicas.

Do ponto de vista meramente morfológico, esses platôs ocorrem como superfícies aplainadas circundadas por vertentes abruptas em todos os sentidos, sendo bastante similares aos relevos de chapadas. No decorrer do Eoceno, os granitos, granodioritos e

augenortognaisses que compõem o Maciço do Quincuncá, foram submetidos a longo período de intenso intemperismo químico e lixiviação, que originaram mantos de alteração de espessura métrica e formações supergênicas autóctones, de idade pré-neógena, representadas por diferentes fases de formação de perfis lateríticos, responsáveis pelo recobrimento da superfície de cimeira do maciço (Figura 1).

Figura 1 - Aspecto de perfil laterítico com aproximadamente 4 (quatro) metros de espessura, localizado no município de Altaneira, Ceará



Fonte: Os autores (2018).

Entretanto, no decorrer do Mioceno, a progressiva aridificação de um clima anteriormente úmido proporcionou o desmantelamento da cobertura laterítica, por backwearing, e a consequente exposição da antiga frente de intemperismo (etch surface), com mais vigor onde o substrato geológico é menos resistente à erosão mecânica, sobretudo, nos setores modelados por dioritos, gabros, noritos e granodioritos, da Suíte Gabroide (NP382), onde a topografia encontra-se significativamente rebaixada.

Portanto, os fragmentos de laterita no setor SW do Maciço do Quincuncá e na área situada a NW da Bacia do Araripe, constituem feições residuais de um antigo capeamento

laterítico contínuo, parcialmente dissecado, pelo atual sistema de drenagem, restando apenas alguns testemunhos desconectados (Figura 2).

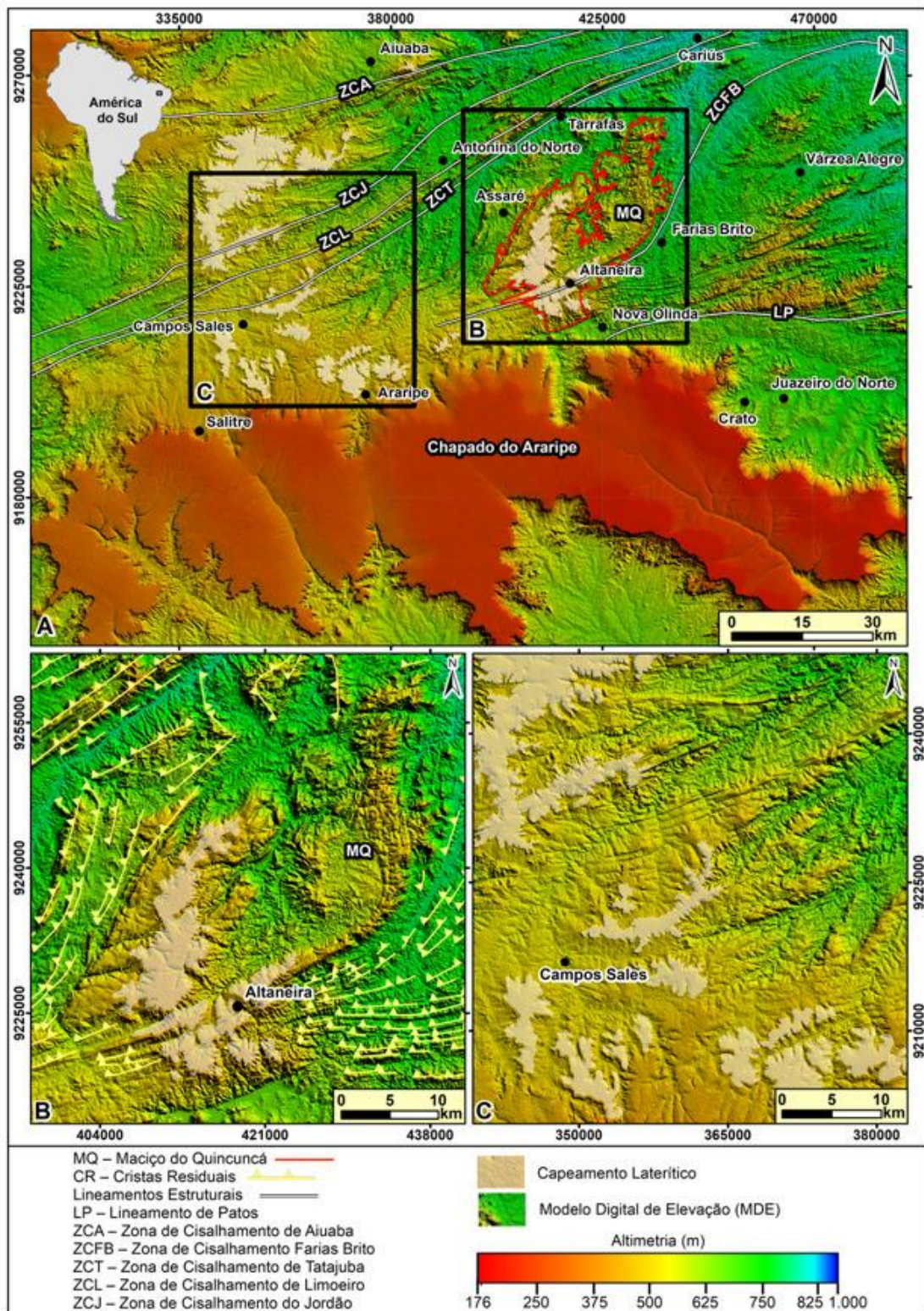
Essas lateritas desenvolveram-se a partir das rochas cristalinas do embasamento Pré-Cambriano, podendo ser consideradas como equivalentes das “lateritas autóctones” de Widdowson e Gunnell (1999), envolvendo o desenvolvimento *in situ* de perfis lateríticos (BÉTARD; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2005).

O desenvolvimento *in situ* de perfis lateríticos, no Maciço do Quincuncá, especificamente, pode ser confirmado em função da presença de veios de quartzo preservados nos perfis. Ou seja, não há evidência de material coluvial e/ou aluvial nos perfis lateríticos, ao contrário das informações constantes no mapa geológico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais- CPRM, onde as coberturas lateríticas foram tratadas como coberturas colúvio- aluviais e colúvio-eluviais, datadas do Plio-Pleistoceno (~1,75 Ma), localmente laterizadas, de constituição essencialmente areno-síltico- argilosa.

A duricrosta ferruginosa, assentada sobre granitos e augenortognaisses graníticos contribuiu para manutenção geomorfológica dos topos aplainados, níveis topográficos residuais, situados entre 680 e 720m, com ausência de cursos d’água, onde estão localizadas as maiores altitudes do Maciço do Quincuncá.

A diferença de altitude entre as coberturas lateríticas e a *etch surface* (frente de alteração) reflete as diferenças de resistência do material litológico subjacente, aos ciclos de erosão sucessivos ligados a paleoclimas contrastantes entre o Paleógeno e o Neógeno. No material litológico menos resistente, a erosão progrediu tanto pelo ataque da rocha sã ao nível da frente de meteorização quanto pela remoção do material alterado pelo escoamento superficial.

Figura 2 - Remanescentes de cobertura laterítica (A) localizados na porção SW do Maciço do Quincuncá (B) e no setor NW da Bacia do Araripe, nos municípios de Campos Sales e Araripe (C)



Fonte: Os autores (2018).

A presença de um clima quente e úmido em uma determinada região, mas sazonalmente seco, pelo menos durante certo período, proporcionando a oscilação do nível freático e a conseqüente acumulação residual dos precipitados de Fe_2O_3 e/ou Al_2O_3 , e a concomitante lixiviação vertical de cátions metálicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) e de sílica em solução (H_4SiO_4), é essencial para a formação e evolução da laterita (MELFI et al., 1988; BOURMAN, 1996; MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, 2005; PIERINI; MIZUSAKI, 2007; AUGUSTIN; LOPES; SILVA, 2013).

O Nordeste do Brasil, a África Ocidental e o Sul da Índia compartilharam seqüências paleoclimáticas semelhantes que se sucederam depois do Cretáceo Superior (TARDY; ROQUIN, 1998; BÉTARD, 2007). Após um longo período de umidade e intemperização profunda, iniciado no Paleógeno, favorável à evolução de lateritas *in situ*, observou-se uma aridificação progressiva do clima regional no Neógeno, com predomínio dos processos de remoção mecânica dos materiais do solo, interpretados por diversos autores como favoráveis aos fenômenos de pediplanação (BARDOSSY, 1994; VASCONCELOS et. al., 1994; BOURGEON; GUNNEL, 1998).

No setor setentrional do Nordeste do Brasil uma longa fase de condições continentais climáticas, progressivamente, mais úmidas, iniciada no Cretáceo Inferior, levou ao desenvolvimento de uma espessa cobertura laterítica, que contribui com a manutenção de platôs com altitudes em torno de 700m, com expressiva ocorrência entre as bacias interiores do Iguatu, ao norte, e do Araripe, ao sul, no sudoeste do Estado do Ceará. Está fase de meteorização química pré-Eoceno (PEULVAST; BÉTARD, 2015) alterou o substrato geológico ao longo do perfil, levando à perda de elementos móveis e o enriquecimento de oxihidróxidos de Fe e/ou Al, *in situ*, gerando mantos de alteração laterítica que ultrapassam 10m, muitas vezes constituindo couraças (duricrust).

A retração da Chapada do Araripe, no pós-Cenomaniano, proporcionou a exumação, meteorização e conseqüente laterização do embasamento cristalino, situado ao norte da bacia (PEULVAST; BÉTARD, *op. cit.*), que se encontrava recoberto, pelo menos em parte, por uma extensa, porém fina camada de sedimentos albiano-cenomanianos da Formação Exu (100 metros ou menos) (BÉTARD; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2005; ASSINE, 2007).

Após uma fase úmida, durante o Cretáceo Superior e Paleógeno, que conduziu a formação de mantos de laterita, no embasamento cristalino situado ao norte da Chapada do Araripe, uma acentuada mudança para aridez, que começou no Mioceno (~13 Ma)

(VASCONCELOS et al., 1994; HARRIS; MIX, 2002), favoreceu a remoção dos mantos de intemperismo e a fragmentação da laterita. Hoje, os remanescentes de cobertura laterítica encontram-se, apenas, no setor localizado a noroeste (NW) da Bacia do Araripe, nos municípios de Campos Sales e Araripe (PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2004; PEULVAST; BÉTARD, op. cit.), e na porção sudoeste (SW) do Maciço do Quincuncá.

O embasamento cristalino exumado e meteorizado, provavelmente entre o Paleoceno (BÉTARD; PEULVAST; CLAUDINO SALES, op. cit.) e o Eoceno (MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, 2005), situado ao norte da Bacia do Araripe, foi sendo dissecado, em função de reativações tectônicas a partir do Eocampaniano, responsáveis pelo soerguimento aparentemente regional das bacias sedimentares interiores e do embasamento adjacente, por flexura marginal (HARMAN et al., 1998; MORAIS NETO; HEGARTY; KARNER, op. cit.; PEULVAST; CLAUDINO SALES, 2007).

A partir desse soerguimento, a erosão diferencial e regressiva consecutiva deu-se por escoamento superficial livre e fluxos fluviais do alto curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, além de movimentos de massa, formando uma superfície de piso relativamente acidentada, com topos com recobrimento laterítico, compondo feições semelhantes a mesas baixas, expostas, principalmente nos arredores das sedes municipais de Altaneira, Araripe, Assaré e Campos Sales.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições favoráveis para a formação de coberturas lateríticas no sul do Estado do Ceará teriam ocorrido durante o Eoceno, enquanto que em períodos secos, pós-Oligoceno, ocorreu o seu fracionamento, comandado por processos erosivos subsequentes, escoamento superficial livre e fluxos fluviais do alto curso da bacia do rio Jaguaribe. O Maciço do Quincuncá apresenta topos trucados e aplainados, conservados por coberturas lateríticas, o que seria um indicativo de que foram recobertos por essas formações superficiais e que processos erosivos mecânicos em condições climáticas mais secas foram responsáveis pela fragmentação dessa cobertura e pela consequente exposição da etch surface.

Esse dismantelamento da cobertura laterítica, provavelmente ocorreu por colapso do material litológico subjacente, menos resistente, provocando desagregação da camada superior. O retrabalhamento do recobrimento laterítico do Maciço do Quincuncá, durante o Neógeno e Quaternário, comandado por níveis de base locais com maior gradiente

topográfico, deu origem ao seu fracionamento em várias unidades espaciais com características morfológicas e grau de dissecação semelhante, determinado pelo comportamento do substrato litológico frente ao intemperismo, à pedogênese e à morfodinâmica. As interpretações aqui apresentadas possibilitaram compreender a influência do substrato geológico e do clima na manutenção e no desmantelamento das coberturas lateríticas.

REFERÊNCIAS

- ALLABY, M. (Ed.). A dictionary of earth sciences. 3. ed. Oxford: **Oxford University Press**, 2008. 654p.
- ALEVA, G. J. J. Laterites: concepts, geology, morphology and chemistry. Wageningen: **International Soil Reference and Information Centre-ISRIC**, 1994. 169p.
- ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 223-232, 1994.
- _____. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; LOPES, M. R. S.; SILVA, S. M. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, p. 241-257, 2013.
- BARDOSSY, G. Carboniferous to Jurassic bauxite deposits as paleoclimatic and paleogeographic indicators. **Canadian Society of Petroleum Geologists**, Memoir v. 17, p. 283-293, 1994.
- BEAUVAIS, A; RUFFET, G; HÉNOCQUE, O; COLIN, F. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: the ³⁹Ar-⁴⁰Ar dating of supergene K-Mn oxides. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, 2009, 15p.
- BÉTARD F.; PEULVAST, J-P; CLAUDINO SALES, V. Laterite preservation and soil distribution in the Araripe-Campos Sales área, Northeastern Brazil: consequences of uplift, erosion and climatic change. VI Conference International on Geomorphology, **Zaragoza**, Abstracts Volume, p. 69, 2005.
- BÉTARD, F. Montagnes humides au coeur du nordeste brésilien semi-aride: Le cas du massif de Baturité (Ceará). Thèse (Doctorat). Université de Paris IV, École Doctorale de Géographie de Paris, Sorbonne, 2007. 442p.
- BIONDI, J. C. Sistema mineralizador supergênico. p. 439-484. In: BIONDI, João Carlos. Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros. 2. ed. São Paulo **Oficina de**

Textos, 2015. 552p.

BOURGEON, G.; GUNNEL, Y. Rôle du régime tectonique et du taux de dénudation sur la répartition géographique et les propriétés des sols tropicaux. C. R. Acad. Sci, Paris, **Sciences de la Terre et des Planètes**, 326, p.167-172, 1998.

BOURMAN, R. P. Towards distinguishing transported na in situ ferricrete: data from Southern Australia. **Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 16, n. 3, p. 231-241, 1996.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapa na escala de 1:500.000. Fortaleza: **Serviço Geológico do Brasil/Ministério das Minas e Energia**, 2003.

BUTT, C. R. M.; LINTERN, M. J.; ANAND, R. R. Evolution of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain: implications for geochemical exploration. **Ore Geology Reviews**, n. 16, p. 167-183, 2000.

CABRAL, I. de L. L.; PADRO, R. J. Aspectos geomorfológicos e caracterização química e estrutural de formações concrecionárias da depressão periférica (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 2, p. 39-51, 2008.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos: mesorregião do sul cearense. Fortaleza: **FUNCEME**, 2012b. 98p.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.

CUI, Z.; LI, D.; LIU, G.; FENG, J.; ZHANG, W. Characteristics and planation surface formation environment of the red weathering crust in Hunan, Guangxi, Yunnan, Guizhou and Tibet. **Science in China, Series D**, v. 44, p. 162-175, 2001.

ESPINDOLA, C. R.; DANIEL, L. A. Laterita e solos lateríticos no Brasil. **Boletim Técnico da FATEC-SP**, n. 24, p. 21-24, 2008.

GOMES, J. R. de C.; VASCONCELOS, A. M.; TORRES, P. F. M. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha SB.24-Y, Jaguaribe-SW. Carta Geológica, Escala 1:500.000, Anexo I. Fortaleza: **CPRM/Serviço Geológico do Brasil**, 2000.

GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F.; BORGES, M. da S.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; COSTA, J. B. S.; HASUI, Y.; MORALES, N. Perfis lateríticos bauxíticos e a fragmentação da superfície Sul-Americana: um exemplo na Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Geociências, UNESP, v. 21, n. 1/2, p. 03-11, 2002.

HARMAN, R.; GALLAGHER, K.; BROWN, R.; RAZA, A. Accelerated denudation and tectonic/geomorphic reactivation of the cratons of northeastern Brazil during the late Cretaceous. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n. B11, p. 91-105, 1998.

HARRIS, S. E.; MIX, A. C. Climate and tectonic influences on continental erosion of tropical South America, 0–13 Ma. **Geology**, v. 30, p. 447–450, 2002.

MAIA, R. P.; BÉTARD, F.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia dos Maciços de Portalegre e Martins-NE do Brasil: inversão do relevo em análise. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 273-285, 2016.

McFARLANE, M. J. Laterite and landscape. London and New York: **Academic Press**, 1976. 151p.

MELFI, A. J.; PEDRO, G.; VOLKOFF, B. Natureza e distribuição dos compostos ferríferos nos solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 47-54, 1979.

MELFI, A. J.; TRESCASES, J-J.; CARVALHO, A.; OLIVEIRA, S. M. B. de; RIBEIRO FILHO, E.; FORMOSO, M. L. L. The lateritic ore deposits of Brazil. **Geological Science Bulletin**, v. 41, n. 1, p. 5-36, 1988.

MORAIS NETO, J. M. de; HEGARTY, K.; KARNER, G. D. Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 14, n. 1, p. 113-119, 2005.

NAHON, D. B. Introduction to the petrology of soils and chemical weathering. New York: **John Wiley and Sons Ltd**, 1991. 336p.

NAHON, D. B; TARDY, Y. The ferruginous laterites. p. 41-79. In: GOVETT, G. J. S (Ed.). Handbook of exploration geochemistry. Regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains. v. 4. **Edited by C.R.M. Butt and H. Zeegers**, 1992. 607p.

NUNES, E.; ESPINDOLA, C. R. Morfologia, granulometria e química dos solos de superfícies terciárias do Rio Grande do Norte. **Geociências**, v. 12, n. 2, p. 493-502, 1993.

OLIVEIRA, F. S. de; VARAJÃO, A. F. D. C.; VARAJÃO, C. A. C.; BOULANGÉ, B.; COSTA, J. L. G.; VESSANI, L. A. Alteração supergênica e morfogênese tropical no complexo máfico-ultramáfico acamado de Barro Alto, Go. **Geociências**, UNESP, v. 28, n. 3, p. 255-272, 2009.

PENTEADO, M. M. Fundamentos de geomorfologia. 3. ed. Rio de Janeiro: **IBGE**, 1983. 186p.

PEULVAST, J-P; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a Keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015.

PEULVAST, J-P; CLAUDINO SALES, V. Mapa morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba. In: Brasil. Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: **Serviço Geológico do Brasil**, 2003.

PEULVAST, J-P; CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and paleolandforms in the northern Brazilian “Nordeste”: constraints on models of morphotectonic evolution. **Geomorphology**, v. 62, n. 1-2, p. 89-122, 2004.

PEULVAST, J-P; CLAUDINO SALES, V. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos da Geografia**, v. 7, n. 20, p. 1-21, 2007.

PEULVAST, J-P.; VANNEY, J-R. Géomorphologie structural: terre, corps plane taires solides. Tome 2: Relief et géodynamiques. Paris, **Gordon and Breach Science Publishers, et Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières**, 524p. 2002.

PIERINI, C.; MIZUSAKI, A. M. P. Significados paleoambientais e paleoclimáticos dos paleossolos: uma revisão. *Revista Pesquisas em Geociências*, v. 34, n. 01, p. 45-61, 2007.

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. p. 25-57. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 396p.

PRADO, R. J.; CABRAL, I. de L. L.; SILVA, A. P. M.; SOLORZANO, P. E. M.; ALBUQUERQUE, A. P. A. de. Caracterização de material lateríticos do planalto e chapada dos Guimarães-MT por EDX, XRD e espectroscopia Mössbauer. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, p. 619-637, 2014.

ROBB, L. J. Surficial and supergene ore-forming processes. p. 219-245. In: ROBB, L. J. Introduction to ore-forming processes. **Oxford: Blackwell Publishing**, 2005. 373p.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; GÓES, A. M.; VALERIANO, M. M.; ANDRADES-FILHO, C. O.; MITTANI, J. C. R.; TATUMI, S. H.; BRITO NEVES, B. B. Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 300, p. 191-204, 2011.

SCHELLMANN, W. Considerations on the definition and classification of laterites. In: International Seminar on Lateritization Processes, 1, 1979. Trivandrum. Proceedings...,

Trivandrum: **Oxford and IBH**, 1980, p. 1-10.

SCHWARZ, T. Lateritic bauxite in central Germany and implications for Miocene paleoclimate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 129, n. 1-2, p. 37-50, 1997.

TANNER, L. H.; KHALIFA, M. A. Origin of ferricretes in fluvial-marine deposits of the Lower Cenomanian Bahariya Formation, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt. **Journal of African Earth Sciences**, v. 56, p. 179-189, 2010.

TARDY, Y. *Pétrologie des latérites et des sols tropicaux*. Paris: **Elsevier Masson**, 1993. 459p.

TARDY, Y.; MELFI, A. J.; VALETON, I. Climats et paléoclimats tropicaux périallantiques. Rôle des facteurs climatiques et thermodynamiques: température et activité de l'eau, sur la répartition et la composition minéralogiques des bauxites et des cuirasses ferrugineuses, au Brésil et en Afrique. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Série 2, v. 306, n. 4, p. 289-295, 1988.

TARDY, Y.; KOBILSEK, B.; ROQUIN, C.; PAQUET, H. Influence of periatlantic climates and paleoclimates on the distribution and mineralogical composition of bauxites and ferricretes. In: II International Symposium, Geochemistry of the Earth's Surface and of Mineral Formation, 1990, France. Proceedings..., France: Aix en Provence, 1990. p. 179-182.

TARDY, Y.; KOBILSEK, B.; PAQUET, H. Mineralogical composition and geographical distribution of African and Brazilian periatlantic laterites. The influence of continental drift and tropical paleoclimates during the past 150 million years and implications for India and Australia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 12, n. 1/2, p. 283-295, 1991.

TARDY, Y.; ROQUIN, C. *Dérive des continents. Paléoclimats et altérations tropicales*. Orléans: **Editions du BRGM**, 1998. 473p.

TAYLOR, R. G.; HOWARD, K. W. F. Post-Palaeozoic evolution of weathered landsurfaces in Uganda by tectonically controlled deep weathering and stripping. **Geomorphology**, v.25, p. 173-192, 1998.

VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; NALINI JÚNIOR, H. Á. 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 de Ciências do Solo**, n. 33, p. 1409-1425, 2009.

VASCONCELOS, P. M.; BRIMHALL, G. H.; BECKER, T. A.; RENNE, P. R. ⁴⁰Ar/³⁹Ar analysis of supergene jarosite and alunite: implications to the paleoweathering history of the

western USA and West Africa. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, n. 1, p. 401-420, 1994.

VASCONCELOS, A. M.; PRADO, F. da S.; GOMES, F. E. M. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Iguatu, SB.24-Y-B. Carta Geológica, Escala 1:250.000, Anexo II. Fortaleza: **CPRM/Serviço Geológico do Brasil**, 1997.

WIDDOWSON, M.; GUNNELL Y. Lateritization, geomorphology and geodynamics of a passive continental margin: the Konkan and Kanara coastal lowlands of western peninsular India. p. 245-274. In: THIRY, M.; SIMON-COINÇON, R. (Eds.). Palaeoweathering, palaeosurfaces and related continental deposits. **International Association of Sedimentologists**, Special Publication, n. 27, Oxford: Blackwell Science, 1999. 406p.