



Caracterização Petrográfica dos Calcários Ornamentais da Formação Caatinga (BA) Petrographic Characterization of the Ornamental Limestones of the Caatinga Formation (BA)

Rafael Martins de Oliveira Santos¹;
Amanda Goulart Rodrigues² & Patrick Führ Dal' Bó¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed), Av. Athos da Silveira Ramos 274, 21941-916, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Mineralogia e Petrologia, Av. Bento Gonçalves 9500, 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS, Brasil

E-mails: rafaelmosg@gmail.com; rodriguesag.geo@gmail.com; patrickdalbo@geologia.ufrj.br

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_2_139_149; Recebido: 09/02/2020 Aceito: 12/05/2020

Resumo

Os calcários da Formação Caatinga (Paleógeno-Quaternário, Bacia de Irecê), conhecidos popularmente como Bege Bahia ou Travertino Nacional, estão amplamente distribuídos pelo centro-norte do estado da Bahia e consistem em importantes rochas ornamentais no Brasil. Apesar da relevância comercial, esses carbonatos carecem de estudos geológicos detalhados sobre suas características macro e microscópicas de modo a contribuir com o entendimento dos aspectos evolutivos dessa unidade. A partir do estudo detalhado de placas ornamentais adquiridas em diferentes marmorarias do estado do Rio de Janeiro, pôde-se identificar que estes carbonatos consistem em calcretes desenvolvidos em um substrato original majoritariamente carbonático, com pouca influência de aporte siliciclástico e com diferentes feições macro e microscópicas resultantes de processos bióticos e abióticos formados em condições vadosas e freáticas. As principais texturas e estruturas identificadas são: (1) nódulos; (2) vênulas; e (3) brechas. Além disso, observa-se uma contribuição siliciclástica (areia média a grânulo) organizada em níveis horizontais, que por vezes preenchem vênulas oblíquas, além de ocorrerem dispersos na matriz micrítica. Os nódulos, vênulas e brechas se formaram a partir de processos essencialmente abióticos enquanto que a presença de grãos siliciclásticos com envelopes micríticos sugerem que processos bióticos foram atuantes. A ocorrência de bioclastos de ostracodes e carófitas indicam um paleoambiente com disponibilidade de água, porém as fraturas de dessecação, brechas e os argilominerais fibrosos autigênicos sugerem momentos de exposição associados a períodos mais secos. As feições macro e microscópicas descritas indicam que os calcretes da Formação Caatinga possuem uma evolução complexa e dinâmica formada sob condições de sazonalidade entre períodos secos e úmidos.

Palavras-chave: Bacia de Irecê; Quaternário; Calcretes

Abstract

The carbonates of the Caatinga Formation (Paleogene-Quaternary, Irecê Basin), popularly known as Bege Bahia or Travertino Nacional, are widely distributed in the north-central of the state of Bahia and consist of important ornamental rocks in Brazil. Despite the commercial relevance, these carbonates require detailed geological studies of its macro and microscopic characteristics in order to contribute to the understanding of the evolutionary aspects of this unit. From the detailed study of ornamental plaques acquired in different marble shops in the state of Rio de Janeiro, it was possible to identify that these carbonates consist of calcretes developed on a host rock mostly carbonatic, with little influence of siliciclastic input and with different macro and microscopic features resulting from biotic and abiotic processes formed in vadose and phreatic conditions. The main textures and structures identified are: (1) nodules; (2) venules; and (3) breccias. In addition, there is a siliciclastic contribution (medium-grained sand to granule) that is organized in horizontal levels and sometimes fills oblique venules, also occurring dispersed in the micritic matrix. Nodules, venules and breccias were formed from essentially abiotic processes, while the presence of siliciclastic grains with micritic envelopes suggests that biotic processes were active. The occurrence of bioclasts of ostracods and charophytes indicate a paleoenvironment with water availability, but the desiccation cracks, breccias and authigenic fibrous clay minerals suggest moments of exposure related to drier periods. The described macro and microscopic features described indicate that the calcretes of the Caatinga Formation have a complex and dynamic evolution formed under conditions of seasonality between dry and wet periods.

Keywords: Irecê Basin; Quaternary; Calcretes

1 Introdução

O Brasil tem se consolidado como um importante produtor mundial de rochas ornamentais (ABIROCHAS, 2019). O estado da Bahia consiste no quarto maior produtor do país, cuja principal rocha ornamental é conhecida como mármore Bege Bahia ou Travertino Nacional. Essas rochas carbonáticas se distribuem entre os municípios de Ouro-lândia, Campo Formoso, Mirangaba, Jacobina e Umburanas, no centro-norte do estado da Bahia e têm sido utilizadas como revestimento na construção civil brasileira (Ribeiro *et al.*, 2002). Na literatura geológica, esses carbonatos são conhecidos como calcários Caatinga ou Formação Caatinga, cuja idade é paleógena-quaternária e ocorrem sobrepostos as rochas da Formação Salitre (Neoproterozoico) da Bacia do Irecê (Borges *et al.*, 2016).

A extração do Bege Bahia teve início nos anos 1950's para utilização como calçamentos (pedra portuguesa), porém ao final dessa década, passou a ser extraído em blocos para recorte de placas para revestimento (Magalhães, 2007). A denominação mármore Bege Bahia foi dada por sua cor dominante e o estado do país onde é feita a sua extração (Ribeiro *et al.*, 2002). As reservas do Bege Bahia oficialmente reconhecidas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 2001, totalizavam, em metros cúbicos, 6,8 milhões como reserva medida, 36,6 milhões como reserva indicada e 42,2 milhões como reserva inferida. Dessa maneira, o somatório destas reservas oficiais ultrapassa 85 milhões de metros cúbicos (Coury *et al.*, 2018).

Apesar da extensa exploração desses carbonatos para fins ornamentais, há poucos estudos abordando as características geológicas desse material. Diante disso, o objetivo deste trabalho é caracterizar as feições macro e microscópicas dos calcários da Formação Caatinga, a fim de extrair

informações das condições de suas formações e seus contextos paleoambientais.

2 Contexto Geológico

A Bacia de Irecê é classificada como epicontinental cratônica (Souza *et al.*, 1993) e está localizada no centro-norte do estado da Bahia, constituindo-se como a principal ocorrência de cobertura sedimentar neoproterozoica na porção norte do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977). A sedimentação da bacia é composta por depósitos glaciais (diamictitos e tilitos, Formação Bebedouro) na base, que foram sobrepostos por uma espessa sequência carbonática do tipo *cap carbonates* (grainstones, mudstones e dolomitos, Formação Salitre, Hoffman *et al.*, 1998), ambos depositados em contextos de maré.

Os carbonatos da Formação Caatinga, objeto desse estudo, ocorrem como coberturas paleógenas-quaternárias sobrepostas ao Grupo Una (Bacia de Irecê). A Formação Caatinga aflora amplamente no centro-norte da Bahia na margem direita da bacia do rio São Francisco e está distribuída nos vales dos rios Verde, Jacaré e Salitre (Figura 1). Esses carbonatos apresentam como características principais espessuras que variam de poucos centímetros a 5 metros, coloração branca e aspecto pulverulento (Pedreira *et al.*, 1985). Os principais polos extrativos dos calcários Caatinga são os de Ouro-lândia, Mirangaba e Curral Velho, todos localizados no vale do rio Salitre (Ribeiro *et al.*, 2002). O primeiro estudo com viés geológico dessas rochas foi realizado por Branner (1910) que o denominou calcário Caatinga. Neves (1967) resgatou a nomenclatura proposta por Branner *op.cit.* e formalizou essa unidade como Formação Caatinga. Segundo Pedreira *et al.* (1975), os carbonatos da Formação Caatinga originaram-se a partir da dissolução e re-precipitação de rochas carbonáticas

da Formação Salitre (Neoproterozoico, Bacia Irecê). Décadas mais tarde, Penha (1994) classificou essas rochas como calcretes de origem poligenética com base nas características macro e microscópicas descritas em testemunhos de sondagem, identificando uma predominância de calcretes freáticos na base e calcretes pedogênicos no topo, desenvolvidos sob a Formação Salitre. Contrariando esse modelo, Auler (1999) propôs uma origem palustre para esses carbonatos, sem a necessidade da alteração direta da Formação Salitre. Em relação a idade dessa unidade, Auler *et al.* (2003) propuseram uma idade paleógena ou pleistocênica superior baseados em

taxas de denudação fluvial, espessura dos perfis de calcretes e dados de U/Th. Além disso, esses autores reconhecem três unidades de rochas e sedimentos carbonáticos na região dos vales dos rios Salitre e Jacaré: i) calcários esbranquiçados heterogêneos da Formação Caatinga; ii) tufos calcários fossilíferos; e iii) “areias” carbonáticas no leito das drenagens. Borges *et al.* (2016) interpretaram os calcretes da Formação Caatinga, que se desenvolveram em fraturas, falhas e entre camadas dos carbonatos neoproterozoicos da Formação Salitre, como produto de múltiplos episódios de dissolução e precipitação ocorridos em estações úmidas e secas na região.

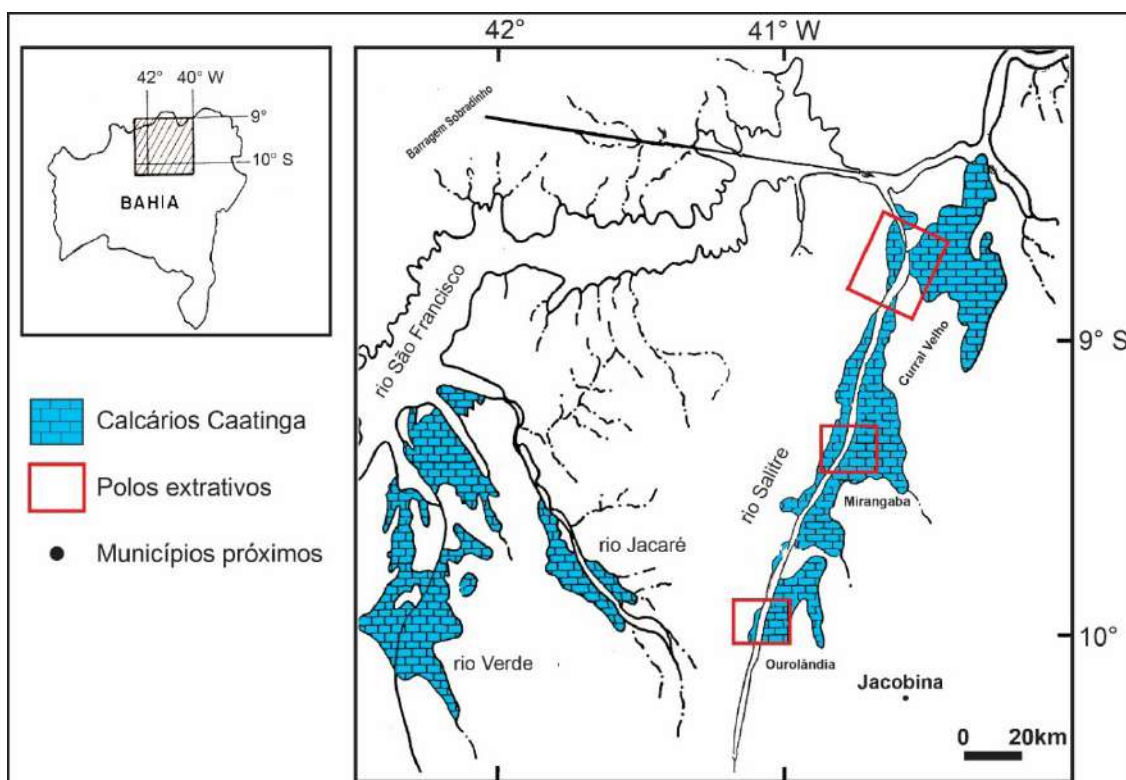


Figura 1 Distribuição dos carbonatos da Formação Caatinga nos vales dos rios Verde, Jacaré e Salitre. Em destaque (vermelho) estão os principais polos extrativos de rochas ornamentais próximos aos municípios de Ourolândia, Mirangaba e Curral Velho (BA). Modificado de Penha (1994).

3 Material e Métodos

As amostras utilizadas nesse trabalho (total de 16) consistem em placas ornamentais com dimensões de até 38 cm e espessura de 2 cm, doadas por diferentes marmorarias localizadas no estado do Rio de Janeiro. A descrição macroscópica foi realizada com auxílio de uma lupa de 10x de aumento

e resultou na identificação das texturas com base em suas formas, distribuição e composição, segundo os critérios descritos em Wright (2007) e Alonso-Zarza & Tanner (2010a).

Foram analisadas sistematicamente 10 lâminas delgadas com auxílio de um microscópio Zeiss modelo Axio Scope.A1 com câmera digital

AxioCam MRc acoplada. Além disso, foram adquiridos mosaicos fotomicrográficos por meio do microscópio Zeiss modelo Imager.M2m dotado de uma câmera digital AxioCam HRc, a fim de auxiliar a análise textural e o estabelecimento das relações paragenéticas entre os constituintes. Para realizar a diferenciação entre calcita e dolomita foi aplicada sobre as lâminas uma solução hidroclorídrica de Alizarina-S e ferrocianeto de potássio (Dickson, 1965).

4 Resultados

As placas ornamentais estudadas apresentam zonas com características distintas uma das outras, marcadas pela predominância de texturas como nódulos micríticos, brechas e vênulas de calcita sub-horizontais desenvolvidas sob um substrato original carbonático de granulometria fina. Em níveis com abundância de siliciclásticos

(quartzo, feldspatos e fragmentos de rochas) observa-se que o desenvolvimento dessas texturas é incipiente, apresentando um aspecto maciço e intensa cimentação por calcita. Essas características já haviam sido reportadas por Penha (1994), que também identificou, em testemunhos de sondagem, feições associadas a raízes, como *root casts* e *root moulds*, que a levaram a identificar esses carbonatos como calcretes majoritariamente pedogênicos. Dessa forma, os carbonatos da Formação Caatinga serão tratados nesse estudo como calcretes e serão classificados em morfotipos (cf. Wright & Tucker, 1991; Wright, 2007) baseados na predominância das texturas descritas. Os morfotipos identificados são nodular, venular, brechado e maciço (Figuras 2 e 3). A seguir serão detalhadas as principais características macro e microscópicas das placas ornamentais da Formação Caatinga.

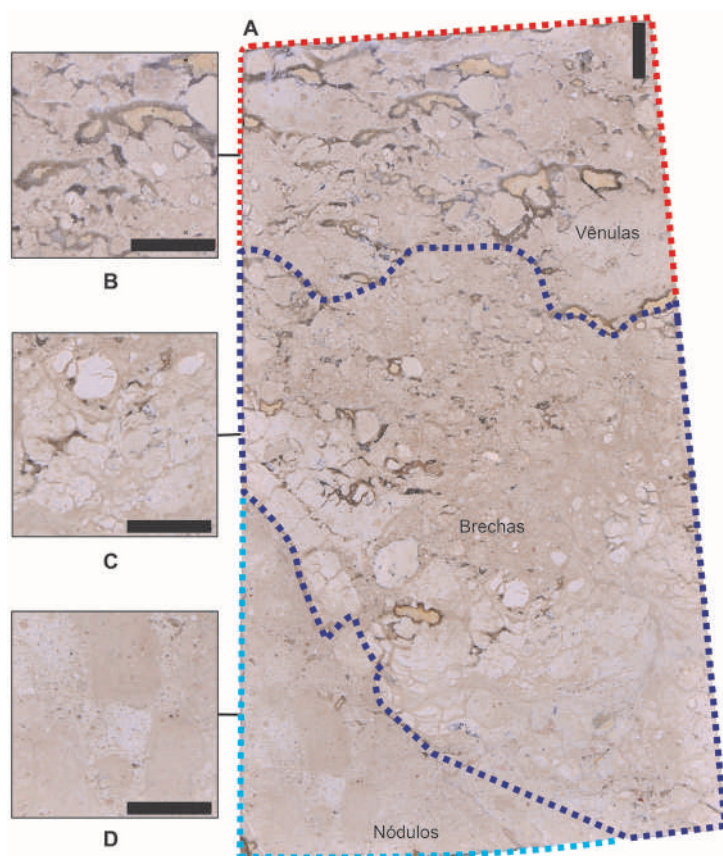


Figura 2 A. Distribuição dos morfotipos nodular, brechado e venular em uma placa ornamental da Formação Caatinga; B. Vênulas sub-horizontais de calcita cortam a matriz micrítica; C. Blocos angulares micríticos de coloração mais clara compõem o morfotipo brechado. Material intersticial composto por micrita e grãos siliciclásticos; D. Nódulos micríticos prolatos com material internodular de origem siliciclástica cimentada por calcita. Escala= 2 cm.

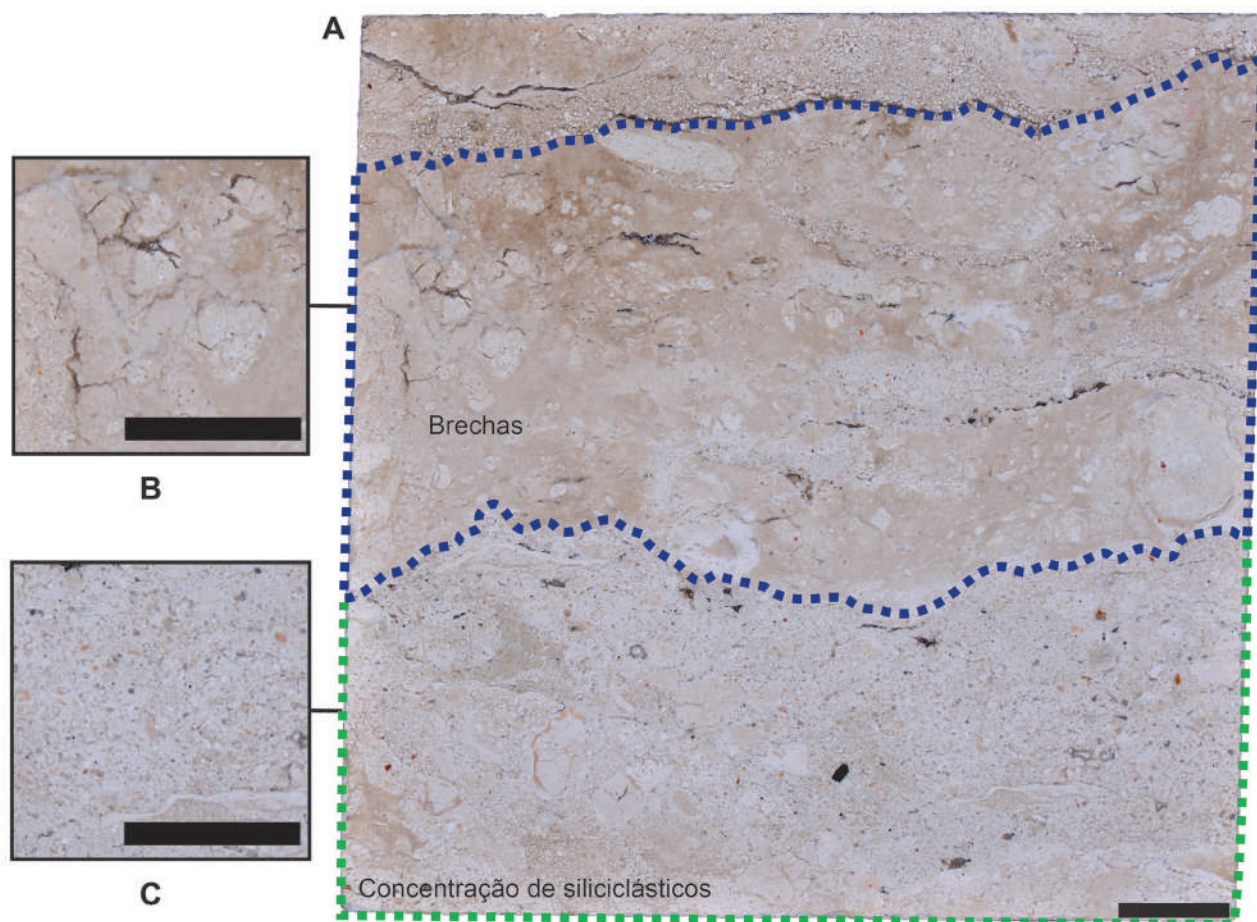


Figura 3 A. Distribuição do morfotipos brechado e maciço em uma placa ornamental da Formação Caatinga; B. Detalhe do morfotipo brechado composta por blocos angulares $< 1\text{ cm}$ que são cortados por vênulas milimétricas de calcita. Próximo as vênulas observam-se uma concentração de grãos siliciclásticos e carbonáticos; C. Concentração siliciclástica caracterizada pela abundância de grãos de quartzo, feldspatos e fragmentos de rochas no morfotipo maciço. Observar a cimentação por calcita distribuída de forma irregular. Escala = 2 cm.

4.1 Grãos Siliciclásticos

Quartzo mono e policristalino, microclínio, plagioclásio, chert e micas (muscovita e biotita) são os principais constituintes primários, variando de 0,5 a 2 mm, por vezes estão parcialmente ou totalmente substituídos por micrita a microespatita. É comum apresentarem múltiplos envelopes micríticos (Figura 4A) e ocorrem concentrados em níveis no morfotipo maciço. Além disso, podem ocorrer dispersos na matriz micrítica ou no interior de fraturas de dessecação cimentadas por calcita mosaico grosso nos morfotipos brechado, venular e nodular (Figura 4B).

4.2 Nódulos

Os nódulos variam de 1 a 70 mm e apresentam coloração branca a bege, aspecto homogêneo e formatos esféricos a prolatos (Figura 4C). As margens desses nódulos podem ser gradacionais ou abruptas em relação a matriz micrítica. Na microscopia, foi possível observar que esses nódulos são compostos por micrita e que geralmente são circundados por vênulas poligonais de calcita (Figura 4D), siliciclásticos (principalmente quartzo) podem ocorrer dispersos.

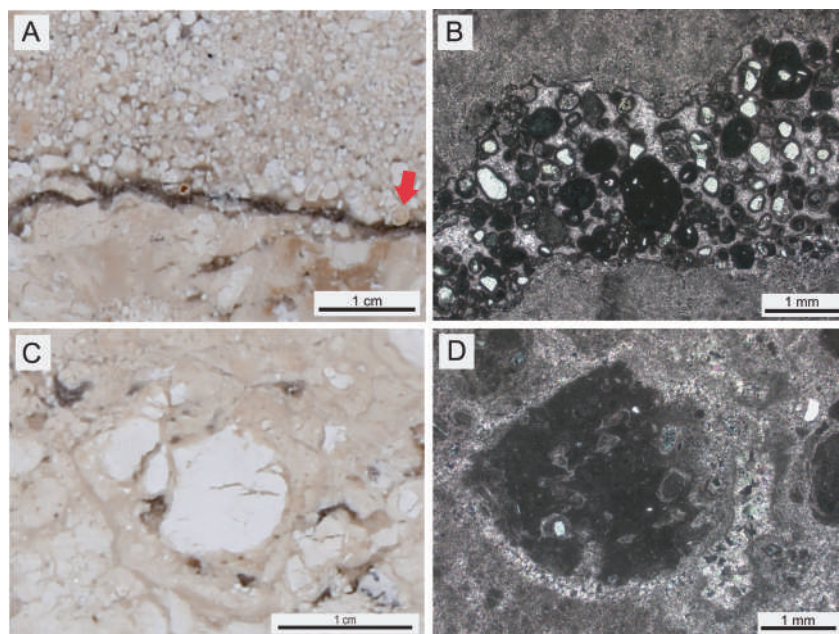


Figura 4 Características macro e microscópicas da Formação Caatinga. Grãos siliciclásticos e carbonáticos concentrados em níveis (A) e em vênulas (B) (polarizadores paralelos, //P). Por vezes observam-se finas películas micríticas (coloração branca) que cobrem principalmente os grãos siliciclásticos (seta); C. Nódulo micrítico a microespatítico, levemente prolato, parcialmente quebrado; D. Nódulo micrítico com grãos siliciclásticos dispersos, circundado por calcita mosaico grosso (polarizadores cruzados, XP).

4.3 Matriz

A matriz (Figura 5A) é constituída principalmente por cristais de micrita e microespatita e argilominerais detríticos e sua distribuição é comum em todos os morfotipos, exceto no morfotipo maciço, no qual domina os grãos siliciclásticos de tamanho areia. Grãos de tamanho areia fina a

média e de composição quartzo-feldspática ocorrem dispersos na matriz. Entretanto, em alguns locais foi observado que a matriz foi substituída por cristais romboédricos de dolomita com cerca de 0,1 mm (Figura 5B) e por sílica microcristalina (Figura 5C). Argilominerais fibrosos autigênicos (sepiolita e palygorskita) ocorrem raramente preenchendo poros de dissolução da matriz (Figura 5D).

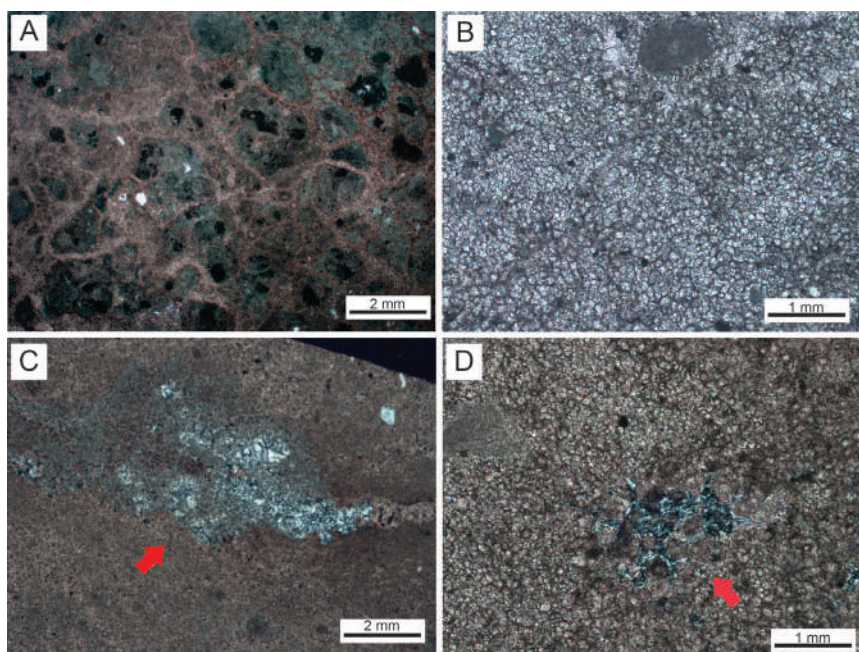


Figura 5 Características microscópicas da Formação Caatinga; A. Fraturas de dessecação em matriz micrítica (XP); B. Romboedros pequenos de dolomita substituem a matriz micrítica (//P); C. Matriz micrítica substituída por sílica microcristalina (seta, XP); D. Argilomineral fibroso preenche poros de dissolução da matriz (seta, XP).

4.4 Vênulas Planares e Poligonais

As vênulas planares chegam a medir 80 mm de comprimento e até 15 mm de espessura e estão orientadas preferencialmente paralelas entre si. Entretanto, orientações oblíquas também são observadas, variando em até 90° em relação a orientação principal. Essas estruturas cortam diferentes texturas, como os nódulos e as brechas. O principal preenchimento das vênulas é de calcita em mosaico grosso, por vezes drusiforme

(Figuras 6A e B). É possível identificar a presença de grãos de quartzo e feldspato com envelopes de micrita e bioclastos de ostracodes e carófitas ocorrendo no interior dessas feições (Figuras 6C e D). As vênulas poligonais de calcita microespática a espática individualizam porções da matriz micrítica, resultando em uma textura brechada. É comum as fases calcíticas serem substituídas por calcedônia em estágios avançados do desenvolvimento do calcrete.

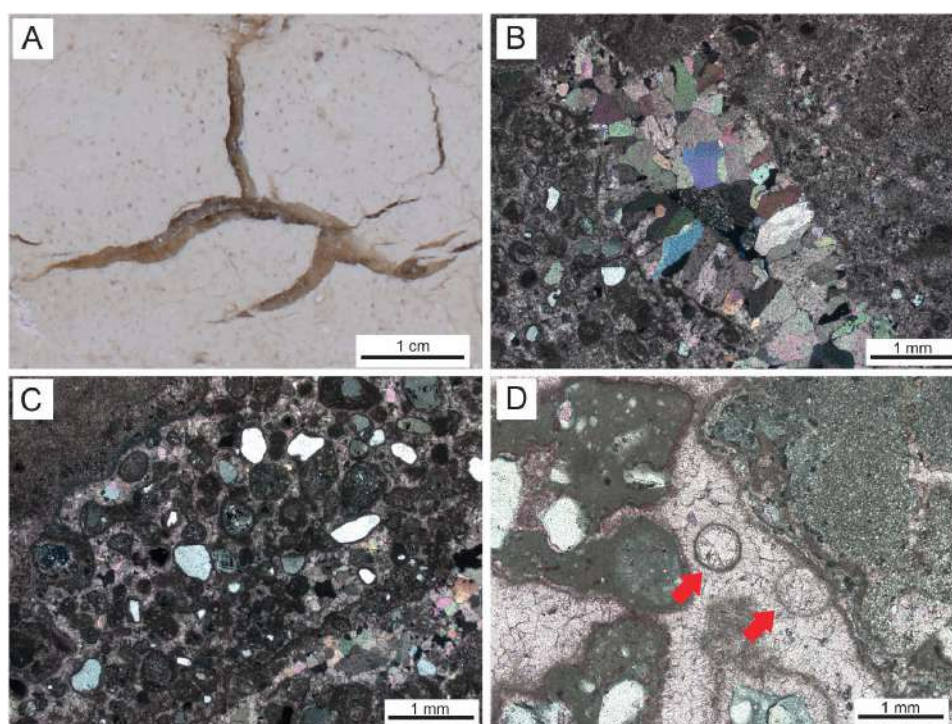


Figura 6 Características macro e microscópicas da Formação Caatinga; A. Fraturas de dessecação preenchidas por calcita drusiforme; B. Vênulas preenchidas por calcita drusiforme (XP); C. Grãos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha parcialmente micritizados preenchem uma fratura de dessecação (XP); D. Carófitas parcialmente preservadas (setas) ocorrem na região internodular (//P).

5 Discussão

5.1 Modelo Evolutivo dos Calcretes da Formação Caatinga

O modelo de evolução dos calcretes da Formação Caatinga (Figura 7) foi baseado nas relações texturais e mineralógicas entre as principais feições macro e microscópicas e está dividido em cinco estágios simplificados. O estágio I é caracterizado pela presença de matriz micrítica, o que corresponde ao material hospedeiro principal no qual se desenvolveram as diferentes texturas observadas.

No estágio II são formados os nódulos, seguido pelo início do fraturamento do material carbonático resultante de ciclos de dessecação e expansão condicionados por flutuações no nível freático, gerando vênulas planares e poligonais. O estágio III é caracterizado pelo neomorfismo da matriz micrítica para microespática. A formação do envelopamento de grãos siliciclásticos por películas micríticas está associada a ação bacteriana na superfície dos perfis de calcrete, sendo remobilizados para dentro das fraturas (estágio IV). No estágio V, com a subida do nível freático, ocorre a cimentação das fraturas por

calcita do tipo mosaico e drusiforme. A flutuação do nível freático também pode ter resultado na dissolução de alguns elementos presentes nesse material, como a matriz e os nódulos culminando na geração poros secundários. Devido a condições de aridez mais acentuadas, houve o preenchimento de poros secundários por argilominerais fibrosos, o que corresponde a uma das últimas fases evolutivas desses carbonatos.

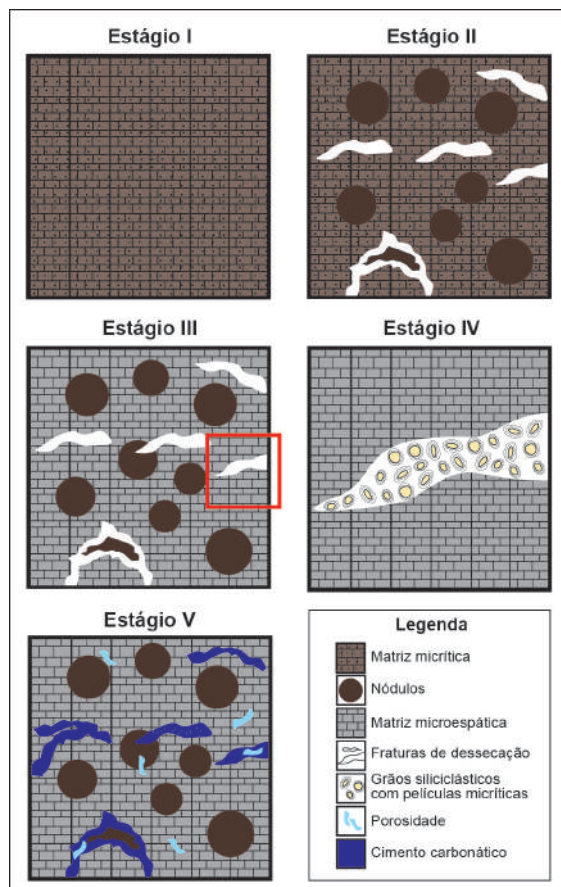


Figura 7 Estágios evolutivos dos calcários da Formação Caatinga.

5.2 Tipo de Substrato Original e Inversão

Textural

As características macro e microscópicas, observadas nas placas ornamentas estudadas permitem interpretá-las como calcários de origem majoritariamente vadosa/pedogênica, desenvolvidos em um substrato carbonático de granulometria fina que foi continuamente exposto a condições subaéreas (Penha, 1994). A organização das feições macroscópicas em zonas ou horizontes de maior abundância, como uma sequência relativa de desenvolvimento morfológica é típica de calcários pedogênicos (Gile *et al.*, 1966; Esteban & Klappa,

1983). Apesar do Auler (1999) ter associado essas feições a uma origem palustre, é difícil associá-las a calcários pedogênicos ou a carbonatos palustres (margem de lagos rasos pedogeneticamente modificados), pois algumas características, como fraturas de dessecação e inversão textural, ocorrem em ambas situações (Wright & Tucker, 1991). O critério de diferenciação dos calcários pedogênicos e dos carbonatos palustres está relacionado ao contexto no qual eles se inserem, a distribuição vertical das feições, se estão organizados em horizontes ou não, bem como a associação com outras fácies (Alonso-Zarza, 2003), o que não é possível verificar em placas ornamentais sem controle estratigráfico.

Estágios avançados de calcificação mascararam quaisquer vestígios de estruturas do substrato original, entretanto, a extensiva inversão textural indica que a formação desses calcários se deu um substrato litificado (Wright, 1990). A ocorrência de grãos siliciclásticos com envelopes micríticos no interior das vênulas caracterizam um *grainstone* diagenético, formado pelo processo de inversão textural, que consiste em uma textura matriz dominante convertida em outra textura com pouca ou sem matriz, geralmente granular, por processos subaéreos de exposição (Wright & Tucker, 1991). Existem evidências que indicam que os grãos siliciclásticos foram retrabalhados antes de se infiltrarem nesses espaços, como a seleção granulométrica e a forma arredondada dos clastos (Freytet, 1973). A irregularidade dos envelopes e as pontes micríticas que conectam alguns desses grãos indicam uma origem biogênica para esses envelopamentos (Wright, 1990; Alonso-Zarza *et al.*, 1992). Após o processo de infiltração desse material siliciclástico, as fraturas foram cimentadas por calcita do tipo mosaico grosso a drusiforme sob condições de variação do freático (Wright & Tucker, 1991). No substrato siliciclástico (predominante no morfotipo maciço) não se desenvolveram nódulos, vênulas e brechas, indicando que a ocorrência dessas texturas é controlada fortemente pelo tipo de substrato no qual se desenvolvem.

5.3 Matriz

A ocorrência de matriz micrítica e fraturas de dessecação são comuns em sistemas palustres e em calcários de origem pedogênica desenvolvidos em substratos carbonáticos (Alonso-Zarza &

Tanner, 2010b). A presença de matriz microespática está associada à transformação de micrita para microespatita por processos de neomorfismo agradacional (*sensu* Folk, 1965). A variação da razão Mg/Ca dos fluidos intersticiais permitiu a substituição da micrita para dolomita, em processos diagenéticos rasos de dolomitização (Land & Epstein, 1970). Além disso, a matriz foi substituída por sílica microcristalina, como produto da dissolução e substituição dos constituintes siliciclásticos e das flutuações nos valores de pH ~9 (Siever, 1962). Além disso, variações de temperatura e P_{CO_2} também contribuem para que esse processo ocorra, sendo comum em áreas subaéreas expostas e sob a influência de plantas (Alonso-Zarza & Tanner, 2010b).

5.4 Nódulos

A gênese dos nódulos está associada a dessecação e subsequente formação de fissuras planas a curvas que, posteriormente, são preenchidas por carbonato de cálcio sob condições vadasas e freáticas oxidantes (Chadwick *et al.*, 1987; Wright & Tucker, 1991). Nas fraturas de dessecação, o processo de evaporação é mais efetivo, pois esses espaços relativamente grandes irão secar mais rapidamente e terão valores menores de P_{CO_2} , ambos os fatores que promovem a precipitação (Chadwick *et al.*, 1987). Além disso, Wieder & Yaalon (1982) determinaram que a geração de nódulos pode ocorrer sem necessariamente haver influência biológica, sendo mais dependente da porosidade e da textura da rocha matriz, da mineralogia dos grãos de fração fina da matriz e da densidade da rocha original.

5.5 Vênulas e Brechas

Segundo Harrison & Steinen (1978), nos calcretes a formação de vênulas e brechas ocorre tanto em escala macroscópica quanto microscópica e é favorecido por processos químicos e mecânicos. Os principais fatores são: (1) expansão decorrente da precipitação de carbonato que pode produzir quebra (Watts, 1978); (2) repetidos ciclos de dissolução/cimentação levando ao surgimento de brecha litoclástica flutuante em meio a massa sólida do calcrete; (3) fraturamento pela ação de raízes (Semeniuk, 1986) e, por fim, (4) a alternância entre ciclos úmidos e secos em um perfil rico em micrita e argila, resultando em episódios de expansão e

contração em regiões de clima árido a semiárido. A presença de argilominerais fibrosos permite inferir que as condições de aridez eram acentuadas (Bustillo & García Romero, 2003). Esses ciclos podem ser reflexo também da flutuação do nível freático. Sendo assim, o brechamento é comum em climas semiáridos com estação marcadamente secas, dando origem a diferentes episódios de faturamento (Braithwaite, 2005).

5.6 Carófitas e Ostracodes

Carófitas são algas verdes comuns em domínios não-marinhos (García, 1994) tanto em ambientes de água doce quanto salgada (De Deckker, 1988). As carófitas fossilizam facilmente por meio da biomineralização da cobertura protetora dos órgãos reprodutivos e das hastes por carbonato de cálcio (Gierlowski-Kordesch, 2010). A utilidade das carófitas reside na sua sensibilidade a mudanças ambientais e também no fato de que esses organismos necessitam de condições específicas em seu habitat como a necessidade de habitarem as zonas fóticas de rios e lagos, auxiliando na reconstrução paleoambiental (Gierlowski-Kordesch, 2010).

Os ostracodes são artrópodes crustáceos de dimensões milimétricas a centimétricas que ocorrem em quase todos os ambientes aquáticos (Flügel, 2004). Podem prover informações sobre a salinidade, química da água, oxigenação, profundidade do substrato e da água, taxa de sedimentação e nível dos nutrientes (Carbonel *et al.*, 1988; Palacios-Fest *et al.*, 1993; Flügel, 2004). A ocorrência desses bioclastos nas fraturas indica momentos de maior disponibilidade de água, possivelmente associado a períodos mais úmidos do desenvolvimento desses calcretes.

6 Conclusão

Os calcretes da Formação Caatinga têm sido amplamente utilizados como rochas ornamentais, sendo assim estudar suas ocorrências podem auxiliar no entendimento de sua origem bem como na obtenção de informações em relação a distribuição e aplicabilidade desse material para fins comerciais. Esses calcretes, formados a partir de um substrato carbonático litificado, possuem uma variedade de morfotipos (nodular, venular, brechado e maciço) que se sobrepõem e que sugerem uma evolução complexa e dinâmica formada sob condições de

sazonalidade, marcada por períodos secos e úmidos. Além disso, feições abióticas e bióticas que ocorrem sob domínio pedogênico/vadoso ou freático foram identificadas. Dentre as feições bióticas se destacam os envelopes micríticos que cobrem siliciclásticos e estão relacionados a ação de micro-organismos, bem como a ocorrência de carófitas e de ostracodes em fraturas, que estão associados a condições de maior disponibilidade de água no desenvolvimento desses calcretes. Entre as feições abióticas destacam-se os nódulos e as vênulas planares e poligonais, que estão associadas as variações sazonais de clima e flutuações do lençol freático. A presença de argilominerais fibrosos (sepiolita/palygorskita) sugere momentos de maior aridez em estágios finais da evolução desse material.

7 Agradecimentos

Este trabalho é parte do projeto de P&D (ANP 20225-9) “PRESAL - Caracterização geológica de reservatórios carbonáticos do intervalo Pré-sal da Bacia de Santos, correlatos (Bacia de Sergipe-Alagoas) e análogos”, financiado pela Shell Brasil como parte do “Compromisso com Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento” da ANP - Agência Nacional Brasileira de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. P.F.D agradece também ao CNPq (processo 310164/2017-6) pela bolsa de produtividade em pesquisa.

8 Referências

- ABIROCHAS 2019. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, Informe 01/2019, São Paulo, São Paulo (Brasil). Disponível em: < http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Informes/Informe_01_2019_Balanco_2018.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- Alonso-Zarza, A.M.; Calvo, J.P. & García Del Cura, M.A. 1992. Palustrine sedimentation and associated features to grainification and pseudo-microkarst in the Middle Miocene (Intermediate Unit) of the Madrid Basin, Spain. *Sedimentary Geology*, 76: 43-61.
- Alonso-Zarza, A.M. 2003. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews*, 60(3-4): 261-298.
- Alonso-Zarza, A.M. & Tanner, L.H. 2010a. *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes*. Amsterdam, Elsevier, 369p.
- Alonso-Zarza, A.M. & Tanner, L.H. 2010b. *Carbonates in Continental Settings: Geochemistry, Diagenesis and Applications*. Amsterdam, Elsevier, 336p.
- Auler, A.S. 1999. *Karst Evolution and Palaeoclimate in Eastern Brazil*. University of Bristol, Ph.D. Thesis, 268p.
- Auler, A.S.; Smart, P.L.; Wang, X.; Cristalli, P.S. & Edwards, R.L. 2003. O calcário Caatinga e os carbonatos secundários superficiais do norte da Bahia: Geocronologia e significado paleoambiental. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9, Recife. 2003. Anais.
- Borges, S.V.F.; Balsamo, F.; Vieira, M.M.; Iacumin, P.; Srivastava, N.K.; Storti, F. & Bezerra, F.H.R. 2016. Pedogenic calcretes within fracture systems and beddings in Neoproterozoic limestones of the Irecê Basin, northeastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 341: 119-133.
- Braithwaite, C.J.R. 2005. *Carbonate Sediments and Rocks. A Manual for Earth Scientists and Engineers*. Dunbeath, Whittles Publishing, 164p.
- Branner, J.C. 1910. Aggraded limestone plains of the interior of Bahia and the climatic changes suggested by them. *Geological Society of American Bulletin*, 22: 187-206.
- Bustillo, M.A. & García Romero, E. 2003. Arcillas fibrosas anómalas en encostramientos y sedimentos superficiales: características y génesis (Esquivias, Cuenca de Madrid). *Boletín Sociedad Española Cerámica y Vidrio*, 42: 289-297.
- Carbonel, P.; Colin, J.P.; Danielopol, D.L.; Loeffler, H. & Neustrueva, I. 1988. Paleoecology of limnic ostracodes: a review of some major topics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62: 413-461.
- Chadwick, O.A.; Hendricks, D.M. & Nettleton, W.D. 1987. Silica in duric soils: I. A depositional model. *Soil Science Society of America Journal*, 51(4): 975-982.
- Coury, R.L.M.; Rocha, A.M.; Silva, M.S. & Rodrigues, C.C. 2018. Mármore Bege Bahia: atual fonte econômica ao saber fazer do futuro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 9, Aracaju, 2018, p. 930-946.
- De Deckker, P. 1988. Biological and sedimentary facies of Australian salt lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62: 237-270.
- Dickson, J. 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205: 587.

- Esteban, M. & Klappa, C.F. 1983. Subaerial exposure environments. In: SCHOLLE, P.A.; BEBOUT, D.G. & MOORE, C.H. (eds.). *Carbonate Depositional Environments*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists Memoir 33, p. 1-96.
- Flügel, E. 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Berlin, Springer, 976p.
- Folk, R.L. 1965. Some aspects of recrystallization in ancient limestones. In: PRAY, L.C. & MURRAY, R.C. (eds.). *Dolomitization and Limestone Diagenesis*. Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 13, p.14-48.
- Freytet, P. 1973. Petrography and paleo-environment of continental carbonate deposits with particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc (Southern France). *Sedimentary Geology*, 10: 25–60.
- García, A. 1994. Charophyta: their use in paleolimnology. *Journal of Paleolimnology*, 10: 43-52.
- Gierlowski-Kordesch, E. L. 2010. Lacustrine carbonates. In: ALONSO-ZARZA, A.M. & TANNER, L.H. (eds.). *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes*. Amsterdam, Elsevier, p. 1-101.
- Gile, L.H.; Peterson, F.F. & Grossman, R.B. 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science*, 101: 347-360.
- Harrison, R.S. & Steinen, R.P. 1978. Subaerial crusts, caliche profiles and breccia horizons Comparison of some Holocene and Mississippian exposure surface, Barbados and Kentucky. *Geological Society of American Bulletin*, 89(3): 385-396.
- Hoffman, P.F.; Kaufman, A.J.; Halverson, G.P. & Schrag, D.P.A. 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth. *Science*, 281: 1342-1346.
- Land, L.S. & Epstein, S. 1970. Late Pleistocene diagenesis and dolomitization, North Jamaica. *Sedimentology*, 14: 187-200.
- Magalhães, A.C.F. 2007. Mármore Bege Bahia: dos tempos pretéritos ao panorama atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 3, Natal, 2007, Anais, Natal, p. 288-293.
- Neves, B.B.B. 1967. *Geologia das folhas de Upamirim e Morro do Chapéu, Bahia*. Recife, Sudene/Conesp, 17, 53p.
- Palacios-Fest, M.R.; Cohen, A.S.; Ruiz, J. & Blank, B. 1993. Comparative paleoclimatic interpretations from nonmarine ostracodes using faunal assemblages, trace elements, shell chemistry, and stable isotope data. In: SWART, P.K.; LOHMANN, K.C.; MCKENZIE, J. & SAVIN, S. (eds.). *Climate Change in Continental Isotopic Records*. Washington, American Geophysical Union Geophysical Monograph, 78, p. 179-190.
- Pedreira, A.J.; Arcanjo, B.A.; Pedroza, C.J.; Oliveira, J.E. & Silva, B.C. 1975. Projeto Bahia — Geologia da Chapada Diamantina. DNPM/CPRM. Ministério das Minas e Energia. República Federativa do Brasil, Brasília.
- Pedreira A.J.; Rocha, A.J.D.; Guimarães, J.T.; Morais Filho, J.; Bonfim, L.F.C. & Tesch, N. 1985. Folha SC. 24-Y-C-Irecê. Carta geológica 1:100.000. Projeto Bacia de Irecê-CPRM. CBPM, Salvador - BA.
- Penha, A.E.P.P. 1994. *O Calcário Caatinga de Ourolândia, Bahia: Feições diagnósticas, gênese e evolução de um perfil calcrete*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 114p.
- Ribeiro, A.F.; Pereira, C.P. & Magalhães, A.C.F. 2002. *Mármore Bege Bahia em Ourolândia-Mirangaba-Jacobina, Bahia: geologia, potencialidade e desenvolvimento sustentável*. Salvador, CBPM, Série Arquivos Abertos, 52p.
- Semeniuk, V. 1986. Calcrete breccia floatstone in Holocene sand developed by stormuprooted trees. *Sedimentary Geology*, 48(3): 183-192.
- Siever, R. 1962. Silica solubility 0–200°C and the diagenesis of siliceous sediments. *Journal of Geology*, 70: 127–150.
- Souza, S.L.; Brito, P.C.R. & Silva, R.W.S. 1993. Estratigrafia, Sedimentologia e Recursos Minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia. 2. Salvador, CBPM, Série Arquivos Abertos, 36p.
- Watts, N.L. 1978. Displacive calcite: evidence from recent and ancient calcretes. *Geology*, 6(11): 699-703.
- Wieder, M. & Yaalon, D.H. 1982. Micromorphological fabrics and developmental stages of carbonate nodular forms related to soil characteristics. *Geoderma*, 28(3): 203-220.
- Wright, V.P. 1990. A micromorphological classification of fossil and recent calcic and petrocalcic microstructures. In: DOUGLAS, L.A. (ed.). *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science*. Amsterdam, Elsevier, p. 401-407.
- Wright, V.P. & Tucker, M.E. 1991. *Calcretes*. Oxford, Blackwell Publishing Ltd, 347p.
- Wright, V.P. 2007. Calcretes. In: NASH, D.J. & MCLAREN, S.J. (eds.). *Calcretes in geochemical sediments and landscapes*. Oxford, Blackwell Publishing, p. 10-45.