



## C A P Í T U L O 1

# GEOLOGIA DO ESTADO DO MARANHÃO

**Elem Cristina dos Santos Lopes**

Pesquisadora - Serviço Geológico do Brasil

A geologia do Estado do Maranhão é predominantemente composta por rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados, no extremo noroeste do estado afloram pequenas porções de rochas ígneas e metamórficas. Essas pequenas janelas são denominadas de Fragmento Cratônico São Luiz (Klein et al., 2008 e Cinturão Gurupi (Klein et al., 2005a). Para o melhor entendimento da geologia do Maranhão este será subdividido em domínios tectônicos, onde são agrupadas as rochas com base em critérios como idade, tipologia, ambiente de formação/deposição e significado tectônico.

O Domínio das Rochas Pré-Cambrianas é onde estão agrupadas as rochas mais antigas, a consolidação dos primeiros grandes continentes, passando de um regime tectônico de pequena para grandes placas tectônicas com intensa movimentação vertical e horizontal. O Domínio das Bacias Sedimentares Fanerozoicas é onde ocorrem as grandes mudanças na superfície terrestre, são agrupadas as rochas onde se registra a grande explosão e adaptação de fauna e flora, com a formação de paleo supercontinentes e grandes mares epicontinentais. O Domínio das Coberturas Superficiais Cenozoicas é a fase das grandes transgressões e regressões marinhas, com forte intemperismo das rochas pré-cambrianas e paleozoicas, e mantém uma configuração dos continentes até os dias atuais.

## 1. DOMÍNIOS TECTÔNICOS DO ESTADO DO MARANHÃO

### 1.1. Domínio das Rochas Pré-Cambrianas

No extremo noroeste do estado afloram pequenas porções de rochas pré-cambrianas, como janelas tectônicas e erosivas, em meio à cobertura sedimentar (Figura 1). Essas janelas são divididas em duas associações: Fragmento Cratônico São Luís e Cinturão Gurupi.

## - Fragmento Cratonico São Luís

Foi designado por Klein et al. (2008) e faz parte de um orógeno maior, localizado no Cráton oeste Africano, com evolução no Riachão (entre 2.240 e 2.050 Ma). Esta associação tectônica é composta por rochas metavulcanossedimentares e rochas vulcânicas que constituem as bacias de arcos de ilha e/ou magmáticos, e por conjuntos de granitoides que se distribuem nas suítes plutônicas pré-, sin- e pós-colisionais (Klein et al., 2008; 2009). Esta associação tectônica está dividida nas seguintes unidades geológicas: Grupo Aurizona, Granófiro Piaba, Suíte Intrusiva Tromai, Suíte Intrusiva Rosário, Unidade Vulcânica Serra do Jacaré, Formação Rio Diamante, Granito Negra Velha e Unidade Vulcânica Rosilha.

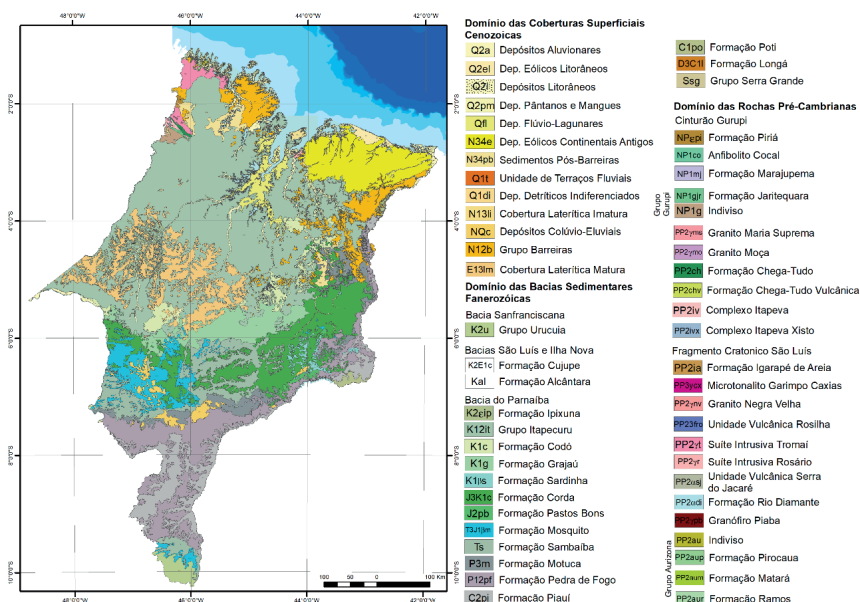


Figura 1: Mapa geológico do Estado do Maranhão, com a divisão dos domínios tectônicos (simplificado de Klein; Sousa, 2012).

O Grupo Aurizona é formado por rochas metavulcanossedimentares, originadas em arco de ilhas (Klein, 2004), com idade de  $2.240 \pm 5$  Ma (Klein; Moura, 2001), que aparece indiviso no mapa devido a escala. Este conjunto litológico aflora desde o norte da vila Areal até a porção a nordeste da cidade de Luís Domingues. Klein et al. (2008) propuseram a subdivisão do grupo em três formações denominadas Matará, Pirocaua e Ramos.

A Formação Matará é composta por rochas metavulcânicas básicas e ultrabásicas, com xistossidade e coloração cinza-escuro a preto, com tons esverdeados frequentes. A Formação Pirocaua engloba um conjunto de rochas piroclásticas e vulcânicas ácidas metamorfizadas, como metatufo félsico/riolítico, tufo cinerítico e aglomerados vulcânicos. A Formação Ramos são rochas metassedimentares como quartzito (puro, ferruginoso ou manganesífero), xistos com quartzo e/ou muscovita e/ou clorita, filito, filito grafitoso, metachert puro ou ferruginoso ou grafitoso, metarenito e grauvaça lítica.

O Granófiro Piaba é composto por granitoides finos com textura granofírica e composição granodiorítica a tonalítica que intrudem e assimilam parcialmente a sequência do Grupo Aurizona, e apresentam idade de  $2.214 \pm 3$  Ma (Klein et al., 2008).

A Unidade Vulcânica Serra do Jacaré foi informalmente definida por Klein et al. (2008) para descrever as seguintes rochas vulcânicas e subordinadas rochas vulcanoclásticas de composição ácida a predominantemente intermediária: dacito pórfiro, andesito/basalto, tufo e brecha vulcânica. Esta unidade possui idade de  $2.164 \pm 3$  Ma.

A Suíte Intrusiva Tromai é um conjunto vulcano-plutônico constituído por tonalitos, trondhjemitos, granodioritos, granitos, quartzo-andesitos, riolitos e dacitos. As idades variam entre  $2.147 \pm 3$  a  $2.168 \pm 4$  Ma (Klein; Moura, 2001; Klein et al., 2005a, 2008; Klein; Lopes, 2011).

A Suíte Intrusiva Rosário é um conjunto de granitoides que aflora em uma pequena janela ao sul da Ilha de São Luís. Gorayeb et al. (1999) descreveram tonalitos e granodioritos, e possuem características similares à Suíte Intrusiva Tromai. Idades com erros analíticos relativamente altos variam de  $2.079 \pm 48$  Ma a  $2.139 \pm 22$  Ma.

A Formação Rio Diamante é predominantemente constituída de derrames e secundariamente depósitos vulcanoclásticos compostos por riolito, dacito e tufo dacítico, com idade de  $2.160 \pm 8$  Ma (Klein et al., 2009).

O Granito Negra Velha (Klein et al., 2008), por sua vez, é predominantemente constituída composto por monzogranito, ocorrendo também sienogranito e quartzo-monzonito. Dados geocronológicos (Klein et al., 2008), embora pouco precisos, indicam claramente que a intrusão do Granito Negra Velha ocorreu entre 2.056 e 2.076 Ma.

Klein et al. (2008) denominaram a Unidade Vulcânica Rosilha, e são descritos riolitos, dacitos, tufos líticos e de cristal. Klein et al. (2009) em uma tentativa preliminar de datação desta unidade obtiveram idades entre  $1.920 \pm 9$  Ma e  $2.068 \pm 7$  Ma.

Klein et al. (2008) cartografaram o corpo denominado de Microtonalito Garimpo Caxias, que é uma rocha equigranular e maciça, possui cor cinza azulada ou esverdeada, quando afetado por hidrotermalismo em larga escala. Klein et al. (2002) determinaram idade de  $1.985 \pm 4$  Ma para esta unidade.

A Formação Igarapé de Areia, definida por Abreu et al. (1980), compõe-se de arenitos depositados sobre a Formação Chega Tudo que devido a processos tectônicos foram juntamente deformadas, originando metarenitos (Klein; Lopes, 2014). Teixeira et al. (2007) relataram idades maiores do que 2.110 Ma.

### **- Cinturão Gurupi**

A designação Cinturão é dada a uma faixa estreita e alongada de idade neoproterozoica ( $< 1100$  Ma) que fica na borda sul-sudeste do Cráton São Luís, de orientação NNW-SSE (Almeida et al., 1976), caracterizada por um conjunto de rochas metamórficas e ígneas formadas a partir da colisão de duas placas tectônicas pretéritas. Este Cinturão apresenta fragmentos retrabalhados do Cráton São Luís e de porções do embasamento sobre o qual as rochas do Cinturão se desenvolveram. O Cinturão Gurupi é composto pelo Complexo Itapeva, Formação Chega Tudo, Formação Igarapé de Areia, Granito Maria Suprema, Granito Moça, Grupo Gurupi (Formação Jaritequara), Formação Marajupema, Anfíbolito Cocal e Formação Piriá.

O Complexo Itapeva, definido por Klein et al. (2005a), é composto por rochas ígneas (tonalitos e granodioritos) metamorfizadas gerando gnaisses, às vezes são identificados xistos grossos derivados de rochas sedimentares, chamados de Itapeva Xisto (Klein; Lopes, 2014). Estas rochas têm idade  $2.167 \pm 2$  Ma (Klein et al., 2005b).

A Formação Chega Tudo definida por Abreu et al. (1980) e Klein et al. (2005b) é formada pela alternância de variadas rochas vulcânicas (ígneas) como dacitos, andesitos e tufos com rochas sedimentares que foram metamorfizadas e datadas com idade entre  $2.148 \pm 1$  e  $2.160 \pm 3$  Ma (Klein; Moura, 2001).

O Granito Maria Suprema, definido por Pastana (1995), é formado por pequenos corpos de muscovita granito intrusivos no Complexo Itapeva e possui de idade de  $2.100 \pm 12$  Ma (Klein; Moura, 2001).

O Granito Moça foi definido por Klein e Lopes (2011) para designar corpos de granitos (sienogranito e monzogranito) intrusivos no Complexo Itapeva, com idade de  $2.099 \pm 19$  Ma (Klein; Lopes, 2014).

A Formação Jaritequara (Grupo Gurupi), definida por Costa et al. (1996), é composta por sedimentos finos de uma bacia marinha marginal que foram metamorfizados gerando xistos micáceos e quartzosos (Costa e Ricci, 2000).

A Formação Marajupema, definida por Pastana (1995) e reclassificada por Klein et al. (2005a), engloba arenitos depositados em margem continental que, metamorfizados, geraram um quartzito feldspático (Klein, 2004), com idade variando de 2.635 Ma a 1.100 Ma (Klein et al., 2005a), indicando que rochas de idades variadas foram fontes para estas rochas. Outra porção indivisa do Grupo Gurupi composta por xistos alterados, sem identificação de seu protólito, ígneo ou sedimentar, foi cartografada por Klein e Lopes (2014).

O Anfibolito Cocal definido por Klein e Lopes (2011), corresponde a anfibolitos cinza-escuros e cinza-esverdeados, com idade de 1 Ga (Klein; Lopes, 2014).

A Formação Piriá (Abreu et al., 1980) é composta por arenitos arcoseanos, pelitos, na porção basal por conglomerados e, subordinadamente grauvas e subarcóseos (Truckenbrodt et al., 2005). Lopes et al. (2016) atribuem esta formação a um ambiente fluvial, incluindo leques aluviais, planície de inundações e canais fluviais. Para Lopes et al. (2016), a idade da sedimentação da unidade basal (conglomerados) da Formação Piriá é de 1.500 Ma e para a porção superior a idade máxima de sedimentação é de 591 Ma.

## 1.2. Domínio das Bacias Sedimentares Fanerozoicas

Este domínio ocupa 98% do estado do Maranhão, englobando as Bacias do Parnaíba, Sanfranciscana e São Luís. A evolução destas Bacias como uma sinéclise ocorreu durante o Paleozoico (Bacia do Parnaíba), mas se estendeu até o Mesozoico (Bacias Sanfranciscana e São Luís), com registros de sedimentação e magmatismo entre o Triássico e Cretáceo.

A subsidência e deposição dos sedimentos na ampla depressão intracratônica da Bacia do Parnaíba iniciou no final do Ordoviciano e começo do Siluriano (Góes et al., 1993), dando início a primeira sequência sedimentar da bacia.

### - Bacia do Parnaíba

Esta bacia é composta por 5 grandes sequências sedimentares: Siluriana (Grupo Serra Grande), Mesodevoniana-Eocarbonífera (Grupo Canindé), Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas), Jurássica-Eocretácea (formações Pastos Bons e Corda) e Cretácea (formações Grajaú, Codó, IPIXUNA e Grupo Itapecuru) (Figura 2). Intercaladas ou cortando estas sequências sedimentares ocorrem rochas básicas toleíticas triássico-jurássicas da Formação Mosquito e cretáceas da Formação Sardinha.

## - Sequência Siluriana (Grupo Serra Grande)

O Grupo Serra Grande (Carozzi, 1975), com idade entre 443 a 416 milhões de anos (Período Siluriano), é composto pelas rochas das Formações Ipú, Tianguá e Jaicós. Caputo e Lima (1984) incluíram o Arenito Guamá como fácies distal da Formação Ipu, mas somente uma área pequena (0,025%) deste grupo aflora no noroeste do estado do Maranhão sobre as rochas do Fragmento Cratonico São Luís, sem a subdivisão em outras unidades. É tratado como Grupo Serra Grande Indiviso no mapa, e é composto por quartzo-arenitos esbranquiçados, maciços, indicativo de fácies proximal (Klein e Lopes, 2011).

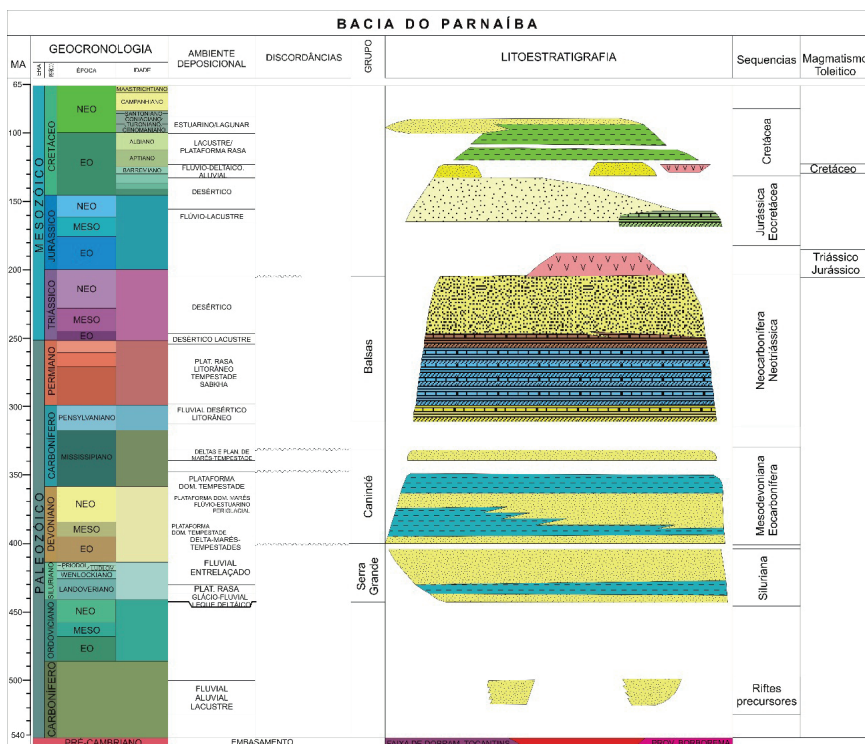


Figura 2: Coluna litoestratigráfica da Bacia do Parnaíba (adaptada de Vaz *et al.*, 2007).

## - Sequência Mesodevoniana-Eocarbonífera (Grupo Canindé)

As rochas do Grupo Canindé possuem idade de 374 milhões de anos (Período Devoniano) a 345 milhões de anos (Período Carbonífero) (Lima e Leite, 1978; Melo *et al.*, 1998; Loboziak *et al.*, 2000). As unidades que compõem este grupo são as formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti; porém somente as formações Longá e Poti afloram em pequenas áreas do nordeste e oeste do estado do Maranhão.

A Formação Longá é constituída por folhelhos cinza-escuros, pretos a roxos; siltitos argilosos; arenitos e siltitos cinza-claros a esbranquiçados (Lima e Leite, 1978), depositados em ambiente costeiro-deltaico dominado por ondas e tempestades (Lobato e Borghi, 2007).

A Formação Poti é composta por arenitos cinza esbranquiçados, beges (Figura 3), com intercalações de siltito cinza claro e por arenitos finos a médios, cinzas, com camadas de siltitos e folhelhos carbonosos (Lima e Leite, 1978). Estas rochas foram depositadas em ambiente de origem marinha, de água rasas, ambiente fluvial e ambiente fluvio-deltaico, com influência marinha (Lima e Leite, 1978). De acordo com Melo e Loboziak (2000) esta formação tem idade variando de 345 a 326 milhões de anos (Período Carbonífero).



Figura 3: aspecto dos arenitos com estratificação cruzada e plano-paralela (BR-230 próximo a São João dos Patos).

#### **- Sequência Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas)**

O Grupo Balsas, nome proposto por Góes *et al.* (1993) e Rossetti *et al.* (1989) para reunir rochas clástico-evaporíticas, é composto pelas rochas das formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba. Estas formações afloram na porção central e sul do estado do Maranhão.

A Formação Piauí (Duarte, 1936) é composta por arenitos com intercalações de siltitos e argilitos, e folhelhos contendo intercalações lenticulares de calcário de origem marinha (Lima; Leite, 1978). O ambiente deposicional desta Formação é fluvial, com contribuição eólica, clima semiárido a desértico, com breves incursões marinhas (Lima e Leite, 1978). De acordo com os trabalhos de Muller (1962) estas rochas possuem idade variando de 318 a 299 milhões de anos.



A Formação Pedra de Fogo (Plummer, 1946), é composta por uma variedade de rochas como siltitos, folhelhos, calcários e silexitos (Figura 4), depositados em ambiente marinho raso a litorâneo, com planícies do tipo sabkha, sob ocasional influência de tempestades (Góes e Feijó, 1994). Esta formação possui idade entre 299 a 253 milhões de anos segundo Dino *et al.* (2002).



Figura 4: Aspectos dos siltitos intercalados com níveis de silexitos da Formação Pedra de Fogo (cidade de Timom).

A Formação Motuca (Plummer *et al.*, 1948), aflorante nas porções centro-sul e sudeste-este do estado do Maranhão, engloba siltitos, arenitos e subordinadamente folhelhos, depositados num sistema desértico, com lagos associados (Góes; Feijó, 1994). Esta unidade possui idade variando de 253 a 251 milhões de anos.

A Formação Sambaíba (Plummer *et al.*, 1948) é uma sequência de arenitos avermelhados (Figura 5) e esbranquiçados, depositados em ambiente continental desértico com contribuição fluvial (Lima e Leite, 1978). Aflorante principalmente no extremo sudeste e região central do estado do Maranhão, com idade variando de 251 a 199 milhões de anos (Klein e Sousa, 2012).





Figura 5: Aspectos dos arenitos eólicos da Formação Sambaíba (BR-010, próximo de Carolina).

#### **- Magmatismo Toleítico Triássico-Jurássico**

A primeira referência a rochas básicas na Bacia do Parnaíba é de Lisboa (1914). O primeiro evento ocorreu no limite Triássico-Jurássico (200-190 Ma), corresponde à Formação Mosquito e estaria relacionado à abertura do Oceano Atlântico Equatorial e Norte (Marzoli et al., 1999). O segundo evento (130-120 Ma) corresponderia à Formação Sardinha, limitada à porção leste da Bacia do Parnaíba (Piauí e Maranhão) e relacionada à abertura do Oceano Atlântico Sul (Marzoli et al., 1999; Milani e Zalán, 1999).

A Formação Mosquito (Aguiar, 1971) é constituída por derrames basálticos aflorantes principalmente na região centro-oeste do estado do Maranhão (Figura 6) que ocorrem em faixas descontínuas, geralmente alinhadas nas direções E-W e NE-SW. Os basaltos são de coloração cinza-escuro a marrom-avermelhada, maciços, com textura afanítica a microporfirítica e em algumas regiões mostram estruturas vesiculares e amigdaloidais preenchidas por zeólita, carbonato e esmectita (Lima e Leite, 1978; Costa Neto et al., 2012).



Figura 6: Lajeiros de basaltos da Formação Mosquito (Rio Clementino, Ribamar Fiquene)

#### **- Sequência Jurássica-Eocretácea (formações Pastos Bons e Corda)**

Esta sequência é composta pelas formações Pastos Bons (Lisboa, 1914; Lima e Leite, 1978) e Corda (Campbell, 1949). A Formação Pastos Bons é aflorante em áreas contínuas na região centro-oeste do estado do Maranhão, estendendo-se desde São Domingos do Azeitão e Pastos Bons até norte de Buriti Bravo. É composta, na seção inferior, por conglomerados polimíticos com seixos de sílex e quartzo, arenitos esverdeados, amarelo-pálidos e esbranquiçados e argilosos. Em alguns locais como Buriti Bravo e Barro Duro, ocorrem camadas lenticulares de calcário. A seção superior é constituída predominantemente de arenitos róseos a avermelhados, siltitos argilosos arroxeados a marrom-avermelhados e folhelhos cinza e esverdeados, calcíferos e fossilíferos (Lima e Leite, 1978). Os sedimentos são de ambiente lacustrino, com contribuição fluvial, e foram depositados em clima semiárido a árido em depressões continentais entre os altos dos derrames basálticos (Lima e Leite, 1978).

A Formação Corda aflora em uma faixa relativamente contínua na porção central do estado do Maranhão, estendendo-se de leste a oeste do estado, sendo constituída predominantemente por arenitos (Figura 7) e, subordinados, argilitos e folhelhos. O ambiente deposicional desta unidade é interpretado como sistema desértico (Vaz et al., 2007) com contribuição lacustre interdunas e fluvial (Caputo, 1984; Rezende, 2002). Segundo Santos e Carvalho (2009), a idade deposicional desta unidade é do Jurássico Superior até o Eocretáceo (Buracica).



Figura 7: Arenitos eólicos da Formação Corda (BR-135, próximo de Colinas)

### **- Sequência Cretácea (formações Grajaú, Codó, Grupo Itapecuru e Formação Ipixuna)**

Esta é a última sequência deposicional da Bacia do Parnaíba composta pelas formações Grajaú (Aguiar, 1971), Codó (Mesner e Wooldridge, 1964), Grupo Itapecuru (Campbell, 1949; Rossetti, 1996; Rossetti e Truckenbrodt, 1997) e Formação Ipixuna (Francisco et al., 1971).

A Formação Grajaú aflora ao longo da região central do estado do Maranhão, ao norte da estrutura Arco Xambioá-Teresina, sendo constituída essencialmente de arenitos esbranquiçados a amarelo-pálidos. Intercalam-se aos arenitos, raras camadas de argilitos vermelhos, arroxeados, marrons e amarelo-pálidos. Na seção basal, ocorre conglomerado polimítico com seixos de quartzo, sillexito, arenito silicificado, basalto e material proveniente do retrabalhamento de litologias da Formação Corda. De origem fluvio-deltaica e eólica, de acordo com Mesner e Wooldridge (1964) e Lima e Leite (1978), esta Formação é considerada do Aptiano/Albiano por sua relação de contemporaneidade com a Formação Codó (Lima e Leite, 1978; Rezende, 2002; Vaz et al., 2007). Costa Neto et al. (2012), entretanto, colocam a Formação Grajaú no intervalo Barremiano/Aptiano, baseados na relação estratigráfica com a Formação Corda.

A Formação Codó foi subdividida em três associações de fácies, que sugerem deposição em sistema predominantemente lacustre (Lima e Leite, 1978; Paz e Rossetti, 2001). A seção inferior é composta por arenitos calcíferos, cinza-claros a esbranquiçados, com intercalações de folhelhos e siltitos argilosos. A seção média

possui gipsita e calcários, às vezes do tipo coquina de ostracoda, e folhelhos cinza e escuros. A seção superior é iniciada por arenitos finos a conglomeráticos, calcíferos, micáceos e piritosos. Os dados palinológicos de Lima et al. (1980) indicaram idade Alagoas Superior (EoAlbiano). A análise palinológica feita por Rossetti e Góes (2004), na região de Codó, registrou duas unidades com idades distintas: a Unidade Inferior, possui idade Neoptiana e a Unidade Superior, idade Meso/Nealbiana.

O Grupo Itapecuru representa um conjunto de formações compostas por variados tipos de rochas como arenitos, argilitos, siltitos e folhelhos intercalados com arenitos (Figura 8) depositados em vários ambientes como fluviais, deltaicos e lagunares (Lima e Leite, 1978; Gonçalves e Carvalho, 1996; Anaisse Júnior, 1999), com idade variando do Albiano ao Cenomaniano (Cretáceo Superior) (Rossetti et al., 2001). Essa variedade de rochas não pôde ser individualizada no mapa geológico e ocupa toda a porção centro-norte do estado do Maranhão.



Figura 8: Folhelhos variegados intercalados com arenitos de ambiente fluvial do Grupo Itapecuru (BR-135, próximo de Peritoró).

A Formação Ipixuna (Francisco et al., 1971) aflora desde 60 km ao sul de São Miguel do Guamá (PA) até 31 km ao norte de Imperatriz (MA). É composta por arenitos brancos, finos, caulínicos, e restritamente por siltitos e argilitos vermelhos, ritmitos de argilitos e arenitos brancos, e bancos de caulim. Estudos realizados na região do Rio Capim-PA, Santos Jr. (2002) reconheceu duas associações de fácies siliciclásticas atribuídas a ambientes deposicionais representativos de complexo fluvial e complexo estuarino. Quanto à idade, a unidade é posicionada no Cretáceo

Superior-Paleógeno Inferior, com base em estudos paleontológicos e correlação estratigráfica (Jupiassú, 1970; Santos Jr. e Rossetti, 2003; Santos Jr., 2006).

#### **- Magmatismo Toleítico Cretáceo**

A Formação Sardinha (Aguiar, 1971) é constituída por basaltos de ocorrência restrita no estado do Maranhão, aflorantes próximos à Aldeia Sardinha, a sudoeste da cidade de Barra do Corda e sudeste de Grajaú. A Formação Sardinha corresponde ao evento mais jovem da atividade ígnea toleítica da Bacia do Parnaíba, sendo contemporânea ao magmatismo da Bacia do Paraná (Góes et al., 1993). É composta por soleiras e diques de diabásio e mais raramente gabros. As idades dessas rochas variam de 149,5 a 87 Ma, com média de 124 Ma, de acordo com Vaz et al. (2007).

#### **- Bacia Sanfranciscana (Sub-bacia Urucuia)**

A Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989) localiza-se no interior do Brasil sobre o Cráton do São Francisco, englobando grandes áreas dos estados de Minas Gerais e Bahia e pequenas partes de Goiás, Tocantins, Maranhão e Piauí.

O Grupo Urucuia (Cretáceo) representa a unidade de maior distribuição regional da Bacia Sanfranciscana, mas no Maranhão aflora apenas no extremo sul do estado, onde se sobrepõe aos sedimentos da Bacia do Parnaíba (Lima e Leite, 1978; Campos e Dardenne, 1997). No mapa de geologia do Maranhão esse Grupo é abordado de forma indivisa, pois nunca foram descritas e formalizadas no estado do Maranhão. O grupo Urucuia é composto pelas rochas cretáceas dos grupos Areado (formações Abaeté, Quiricó e Três Barras); Mata da Corda (formações Patos e Capacete) e Urucuia (formações Posse e Serra das Araras).

#### **- Bacias de São Luís e Ilha Nova**

As Bacias de São Luís e Ilha Nova localizam-se no litoral noroeste do estado do Maranhão e constituem grábens desenvolvidos sobre o Fragmento Cratônico São Luís. Apenas as formações Cujupe e Alcântara (Grupo Itapecuru), pertencentes à Bacia de São Luís, afloram no noroeste do Maranhão, ao longo das falésias do litoral e em cortes de estradas (Rossetti e Truckenbrodt, 1997; Rossetti, 1998).

A Formação Alcântara (Cunha, 1968; Rossetti e Truckenbrodt, 1997), é constituída por arenitos, pelitos e, subordinadamente, por calcários e conglomerados. Aflora principalmente em falésias costeiras localizadas no município de Alcântara (Figura 9) e São Luís, ou em cortes de estrada situados nos trechos Pinheiro-Guimarães, Bacuritiba-Cajapió e Santa Inês-Bom Jardim (Rossetti, 1997). É considerada de idade eocenomaniana (Aguiar, 1971; Pedrão et al., 1994, 1996).



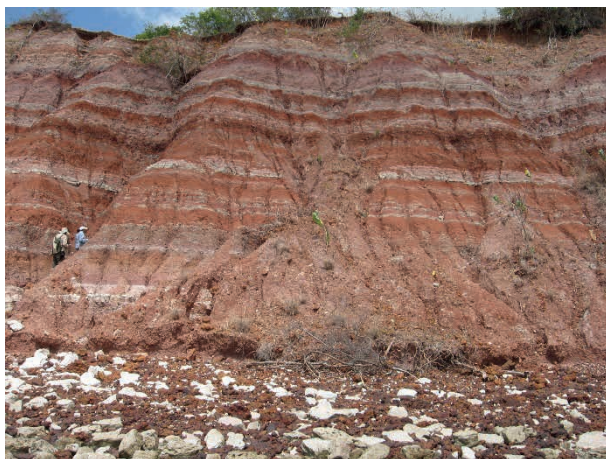


Figura 9: arenitos intercalados com níveis argilosos (falésia da praia da Baronesa – Alcântara).

A Formação Cujupe (Rossetti e Truckenbrodt, 1997) tem como área-tipo a estrada que liga a rodovia Pinheiro-Alcântara (MA-106) ao Porto de Cujupe (Figura 10). É composta litologicamente por arenitos caulínicos intercalados a argilitos e, subordinadamente, por conglomerados. A Formação Cujupe não possui registro fóssil (Santos e Carvalho, 2009) e considera-se que a deposição da mesma ocorreu em um tempo incerto entre o eocretáceo e o Paleógeno, com base no seu posicionamento estratigráfico (Rossetti, 1996; Rossetti e Truckenbrodt, 1997).



Figura 10: arenitos intercalados com folhelhos da Formação Cujupe (Porto Cujupe).

### 1.3. Domínio das Coberturas Superficiais Cenozoicas

As rochas deste domínio foram depositadas durante a expansão do Oceano Atlântico, num período aparentemente de calmaria, sem grandes eventos geológicos, porém evidenciam fase de aplainamento das superfícies antigas e marcam eventos climáticos importantes com grandes flutuações do nível do mar. Fazem parte deste domínio as Coberturas Lateríticas Matura, Grupo Barreiras, Depósitos Colúvio-Eluviais, Cobertura Laterítica Imatura, Depósitos Detríticos Indiferenciados, Unidade de Terraços Fluviais, Sedimentos Pós-Barreiras, Depósitos Eólicos Continentais Antigos, Depósitos Fluvio-lagunares, Depósitos de Pântanos e Mangues, Depósitos Litorâneos, Depósitos Eólicos Litorâneos, Depósitos Aluvionares.

As Coberturas Lateríticas Maturas (Costa, 1991) são as que apresentam um perfil laterítico completo, constituído da base para o topo pelos horizontes pálido ou transicional, argiloso, bauxítico e/ou fosfático e crosta ferruginosa (Figura 11). É relacionada à Superfície de Aplainamento Sul-Americana (King, 1956), do Cretáceo Superior ao Terciário Inferior. Geralmente define um relevo tabular, fortemente dissecado. No estado do Maranhão, esta unidade está bem representada na porção centro-oeste. Segundo Costa et al. (2005) os estágios finais de evolução do perfil laterítico ocorreram em torno de 26-24 Ma, com base em datações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  em hidróxidos de manganês e material argiloso esferolítico de lateritas da região do depósito de manganês do Azul (Serra dos Carajás-PA).



Figura 11: Falésia na Praia do Panaquatira com horizontes bem desenvolvidos das Lateritas Maturas.



O Grupo Barreiras é considerado a unidade geológica de ocorrência mais significativa do litoral brasileiro (Oliveira e Leonardos, 1943; Araújo et al., 2006). No estado do Maranhão, a unidade aflora no nordeste e noroeste e recobre discordantemente o Grupo Itapecuru. O Grupo Barreiras é composto litologicamente por arenitos mal selecionados, finos a grossos, variegados, em geral argilosos, com numerosas intercalações de folhelhos, além de fácies conglomeráticas. Trabalhos realizados nos estados do Pará e Maranhão comprovaram influência marinha na unidade. Considera-se que a sedimentação do Grupo ocorreu no intervalo que vai do Mioceno Inferior ao Plioceno (Oliveira e Silva, 2011; Arai, 2006; Rossetti e Góes, 2004; Rossetti, 2006).

Os Depósitos Colúvio-Eluviais (Rodrigues et al., 1994) abrangem os depósitos coluvionares e eluvionares, pois na escala do mapa não é possível mostrá-los separadamente. Localizam-se no topo dos platôs e chapadões, como resultado do intemperismo in situ das rochas, com pouco ou nenhum transporte significativo. São constituídos por areias finas, às vezes argilosas, e saprólito de arenitos, sem estruturas. A eluviação pode ter ocorrido desde o Neógeno até os dias atuais, necessitando de estudos mais detalhados sobre este processo.

Costa (1991) utiliza o termo Cobertura Laterítica Imatura para designar coberturas lateríticas formadas pelos horizontes pálido ou transicional, argiloso e ferruginoso, da base para o topo. Nesta unidade o horizonte bauxítico e/ou fosfático não ocorre, o que a diferencia da Cobertura Laterítica Matura. Sua área de ocorrência abrange as porções centro-leste e centro-oeste do estado, englobando áreas nos municípios de Esperantinópolis, Coroatá, Bacabal e Codó (centro-leste) e Grajaú (centro-oeste), dentre outros.

Os Depósitos Detríticos Indiferenciados (Costa Neto et al., 2012) afloram nas proximidades da cidade de Imperatriz e extremo oeste do estado do Maranhão. Estes sedimentos são constituídos por matacões de arenitos silicificados, silexitos e arenito ferruginoso e formam pacotes inconsolidados de sedimentos angulosos, mal selecionados, que sofreram algum tipo de transporte e se alojaram nas planícies de origem fluvial e lagunar. Consistem em depósitos de sedimentos clásticos inconsolidados modernos, de idade holocênica, relacionados a colúvios.

A Unidade de Terraços Fluviais (Lima e Leite, 1978; Costa Neto et al., 2012) possuem até 12 m de espessura e compreendem depósitos que ocorrem em uma faixa que acompanha o rio Tocantins, no extremo oeste do Maranhão, atualmente distante 5 km a leste de seu leito atual. É representada por cascalhos semiconsolidados, que recobrem discordantemente as formações Corda, Codó e Grajaú.

Klein e Sousa (2012) admitem como Sedimentos Pós-Barreiras os depósitos que recobrem discordantemente o Grupo Barreiras e horizontes de perfis das Coberturas Lateríticas Imaturas e Maturas. Sua área de ocorrência abrange as porções noroeste e centro-leste do estado, englobando parte dos municípios de Maranhãozinho, Centro do Guilherme, Maracaçumé, Turilândia, Santa Helena, São João do Sóter, São Luís, Codó e Caxias. É composta por areias amareladas, marrons e avermelhadas, de espessura média em torno de 2 m a 5 m, bem selecionadas, de granulometria fina a média, principalmente maciças. Lopes e Anjos (2019) identificaram na ilha de São Luís dois episódios de sedimentação dos Sedimentos Pós-Barreiras, ocorridos no Meso/Neo Pleistoceno (Figura 12A) e Holoceno (Figura 12B). Essas idades são compatíveis com as demais encontradas em diversos trabalhos realizados nos litorais do Pará e Noroeste do Maranhão (Tatumi et al., 2008; Oliveira e Silva, 2011 e Rossetti et al., 2013).

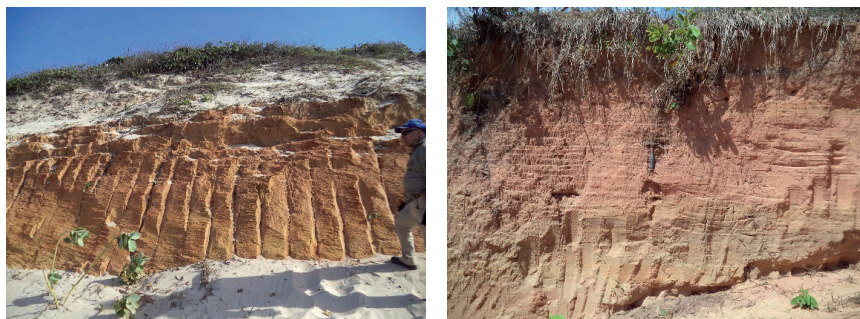


Figura 12: (A) sedimentos arenosos avermelhados (Pós-Barreiras 1) e dunas eólicas da Unidade Depósitos Litorâneos no topo (São Luís, Av. Litorânea); (B) sedimentos arenosos ocre, inconsolidados (Pós-Barreiras 2) (Praia do Panaquatira- São Luís).

Os Depósitos Eólicos Continentais Antigos referem-se aos depósitos de dunas fixas, vegetadas, inativas, caracterizando paleodunas, localizados a sul do campo de dunas livres que constituem os Lençóis Maranhenses. Recobrem uma grande área da região nordeste do estado do Maranhão, chegando a ocorrer, no continente, a cerca de 160 km de distância do litoral, e apresentam o mesmo sentido de migração das dunas móveis (NE-SW) (Santos e Silva, 2009). Segundo Santos e Silva (2009) e Gastão *et al.* (2009), a gênese desta unidade está relacionada a diferentes estágios de deposição de campos de dunas, desde o Pleistoceno Médio (cerca de 123 mil anos, quando ocorre o máximo da última transgressão marinha) até os dias atuais.

Os Depósitos fluviolagunares (Barbosa e Pinto, 1973) estão localizados no extremo norte do estado do Maranhão, na região do Golfão Maranhense, e

compreendem a área rebaixada e alagada dos estuários afogados dos rios Pindaré (Figura 13), Mearim, Itapecuru e Munim. Esta região é caracterizada por apresentar numerosas lagoas fluviais, áreas colmatadas, extensas várzeas inundadas e/ou sujeitas a inundações sazonais. Os depósitos são constituídos por argilas adensadas com areia fina disseminada, maciça, localmente bioturbada, de coloração cinza e plástica (Rodrigues et al., 1994). Estes depósitos estão associados a um evento transgressivo que ocorreu no final do Pleistoceno, que provocou o afogamento dos baixos cursos dos rios da região.



Figura 13: areias inconsolidadas dos Depósitos Fluviolagunares (cidade de Viana-MA).

Os Depósitos de Pântanos e Mangues fazem parte da costa de manguezais de macromarés da Amazônia (Souza Filho, 2005). Estendem-se da Baía de Marajó (PA) até a Baía de São José (MA) e são caracterizados pela presença de inúmeros estuários, com uma série de ilhas, baías e canais controlados pelas macromarés que são semidiurnas e que atingem amplitudes de até 6,54 m na Baía de São Marcos, no Maranhão (DHN, 2025). Constituem extensas planícies lamosas de até 27 km de largura e ficam situados entre os limites de maré alta e baixa. São constituídos predominantemente por sedimentos lamosos (argila e silte) de coloração cinza, plásticos, não adensados, maciços e bioturbados (Rodrigues et al., 1994).

A Unidade Depósitos Litorâneos engloba os depósitos holocênicos de dunas costeiras, praias, planície arenosa e cordões litorâneos antigos, distribuídos por toda a costa do Maranhão, porém apresentando maior expressão em área na porção oeste da Ilha do Maranhão.

Os Depósitos Eólicos Litorâneos correspondem ao campo de dunas livres, ativas, que incluem os Lençóis Maranhenses (Figura 14), localizados no litoral leste do Maranhão, que segundo Gonçalves et al. (2003) representam o maior registro de sedimentação eólica do Quaternário da América do Sul. Apresentam sentido de migração NE-SW e se estendem por até 25 km para o continente, avançando gradativamente sobre os Depósitos Eólicos Continentais Antigos.



Figura 14: Aspecto das dunas eólicas dos Depósitos Eólicos Litorâneos (campo de duas dos Lençóis Maranhenses).

Os Depósitos Aluvionares são constituídos pelos sedimentos clásticos inconsolidados atuais (holocênicos) relacionados às planícies aluvionares atuais dos rios maiores, como Tocantins, Itapecuru e Pindaré, e dos igarapés de pequeno porte, de origem estritamente fluvial, constituídos por sedimentos clásticos arenosos (Figura 15) e argilosos inconsolidados, com raros níveis de cascalho e matéria orgânica.



Figura 15: Areias e argilas dos Depósitos Aluvionares (rio Pindaré-cidade de Viana).

## REFERÊNCIAS

- ABREU, F. A. M.; VILLAS, R. N. N.; HASUI, Y. Esboço estratigráfico do Pré-Cambriano da região do Gurupi: estados do Pará e Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. *Resumos...* Camboriú: SBG, 1980. v. 2, p. 647-658.
- AGUIAR, G. A. Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1971. v. 3, p. 1.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. The Upper Precambrian of South América. *Boletim Instituto de Geociências USP*, v. 7, p. 45-80, 1976.
- ANAISSE JÚNIOR, J. Fácies costeiras dos depósitos Itapecuru (Cretáceo), região de Açailândia, Bacia do Grajaú. 1999. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.
- ARAI, M. A Grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP: Série Científica*, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- ARAÚJO, V. D.; REYES-PERES, Y. A.; LIMA, R. O.; PELOSI, A. P. M.; MENEZES, L.; CÓRDOBA, V. C.; LIMA FILHO, F. P. Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, litoral oriental do Rio Grande do Norte. *Geologia USP: Série Científica*, v. 6, n. 2, p. 43-49, 2006.

BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. Geomorfologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SA.23 – São Luís e parte da folha SA.24 – Fortaleza: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1973. p. II/7-II/21. (Levantamentos de Recursos Naturais, 3).

CAMPBELL, D. F. Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão basin. Belém: Petrobrás, 1949. 117 p. (Rept. 7).

CAMPOS, J. E. G.; DARDENE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 3, p. 269-282, set. 1997.

CAROZZI, A. V. Análise ambiental e evolução tectônica sinsedimentar da seção siluro-eocarbonífera da Bacia do Maranhão. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1975. (Série Ciência Técnica do Petróleo, 7).

CAPUTO, M. V. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil. 1984. 583 f. Tese (Doutorado em Geologia) – University of California, Santa Barbara, 1984.

CAPUTO, M. V.; LIMA, E. C. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 2, p. 740-753.

COSTA NETO, M. C.; LOPES, E. C. S.; ANJOS, G. C.; MELO, A. F. F. Geologia e recursos minerais da Folha Imperatriz: SB.23-V-C-V, estado do Maranhão. Escala: 1:100.000. Belém: CPRM, 2012.

COSTA, J. L.; ALMEIDA, H. G. G.; RICCI, P. S. F. Metamorfismo e divisão tectono-estratigráfica do Grupo Gurupi no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., 1996, Belém. *Resumos...* Belém: SGB-Núcleo Norte, 1996. p. 110-112.

COSTA, J. L.; RICCI, P. S. F. Estratigrafia. In: COSTA, J. L. (Org.). *Castanhal: folha SA. 23-V-C: estado do Pará, escala 1:250.000*. Brasília, DF: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).

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

COSTA, M. L.; FERNANDEZ, O. J. C.; REQUELME, M. E. R. O depósito de manganês do Azul, Carajás: estratigrafia, geoquímica e evolução geológica. In: MARINI, O. J.; QUEIROZ, E. T.; RAMOS, B. W. (Ed.). *Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia*. Brasília, DF: DNPM-CT/Mineral-ADIMB, 2005. p. 227-333.

CUNHA, F. M. B. Fotointerpretação da Bacia de São Luiz, Maranhão. Belém: Petrobrás, 1968. 22 p. (Relatório RENOR, 318/68).

DHN. Tábuas de marés para 2025: Porto de Itaqui (MA). 2025. Disponível em: [https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/dados\\_de\\_mare/14\\_-\\_porto\\_de\\_itaqui\\_-\\_ma\\_50-52.pdf](https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/dados_de_mare/14_-_porto_de_itaqui_-_ma_50-52.pdf). Acesso em: 25 ago. 2025.

DINO, R.; ANTONIOLI, L.; BRAZ, S. M. Palynological data from the Trisidela Member of Upper Pedra de Fogo Formation ("Upper Permian") of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, n. 3, p. 24-35, 2002.

DUARTE, A. Fósseis da sondagem de Terezina: estado do Piauí: notas preliminares e estudos. Rio de Janeiro: SGM, 1936.

FRANCISCO, B. H. R.; LOEWENSTEIN, P.; SILVA, O. F. da; SILVA, G. G. Contribuição à geologia da folha de São Luís (SA-23), no estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, n. 17, 45 p., 1971. (Nova Série Geologia).

GASTÃO, F. G. C.; MAIA, L. P.; SIQUEIRA, A. C. A. Estágios da gênese e evolução dos depósitos eólicos e as mudanças climáticas do Quaternário. In: CONGRESSO ARGENTINO DO CUATERNÁRIO Y GEOMORFOLOGIA, 4.; CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 12.; REUNIÓN SOBRE EL CUATERNÁRIO DE AMÉRICA DEL SUR, 2., 2009, La Plata. *Anais...* La Plata, 2009. p. 133-138. 1 CD-ROM.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 8, n. 1, p. 57-67, jan./mar. 1994.

GASPAR, M. T. P. *Caracterização climática do Estado do Maranhão*. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2002.

GASPAR, M. T. P.; MARTINS, E. S. Zoneamento agroecológico e aptidão agrícola das terras do Maranhão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 594-602, 2011.

GASTAL, C. V. S.; SILVA, E. M. Solos do Nordeste: gênese, classificação e aptidão agrícola. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 1997.

GIAROLLA, A.; LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, L. G. Desertificação no Brasil: conceitos, processos, causas e propostas de mitigação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 2, n. 1, p. 39-51, 2009.



GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L. *Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2005.

GOMES, M. A. F.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, J. B. Desertificação no Nordeste: uma análise dos núcleos de maior sensibilidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 695-702, 2016.

GOMES, M. A. F.; OLIVEIRA, R. S. Manejo e conservação dos solos tropicais. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 2010.

GONÇALVES, A. O.; COSTA, L. M.; FERREIRA, M. M. Erosão dos solos e degradação ambiental: uma abordagem geográfica. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 65-78, 2008.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 54-64, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de pedologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema de Contas Nacionais: Brasil 2010-2018*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. *Atlas do Maranhão*. São Luís: IMESC, 2021.

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. *Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão*. São Luís: IMESC, 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Monitoramento da cobertura e uso da terra no Brasil: 2000–2020*. São José dos Campos: INPE, 2021.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JUPIASSÚ, A. M. S. Madeira fóssil – Humiriaceae de Irituia, estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 17, p. 1-12, 1970.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 18, n. 2, p. 247-265, 1956.

KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S. Geologia e recursos minerais da Folha Santa Luzia do Pará SA.23-V-C-VI, estados do Maranhão e do Pará: escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2014. (Programa Geologia do Brasil – PGB).

KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. (Org.). Geologia e recursos minerais do estado do Maranhão: texto explicativo. Belém: CPRM, 2012. 150 p. Escala 1:750.000. Sistema de Informações Geográficas – SIG; Programa Geologia do Brasil – PGB.

KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S. Geologia e recursos minerais da Folha Centro Novo do Maranhão SA.23-Y-B-I, estados do Pará: escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2011. (Programa Geologia do Brasil – PGB).

KLEIN, E. L.; LUZARDO, R.; MOURA, C. A. V.; LOBATO, D. C.; BRITO, R. S. C.; ARMSTRONG, R. Geochronology, Nd isotopes and reconnaissance geochemistry of volcanic and metavolcanic rocks of the São Luís Craton, northern Brazil: implications for tectonic setting and crustal evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 27, p. 129-145, 2009.

KLEIN, E. L.; LARIZZATTI, J. H.; MARINHO, P. A. C.; ROSA-COSTA, L. T.; LUZARDO, R.; FARACO, M. T. L. Geologia e recursos minerais da Folha Cândido Mendes, SA.23-V-D-II: estado do Maranhão: escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2008. 146 p. (Programa Geologia do Brasil – PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB).

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V.; KRYMSKY, R. S.; GRIFFIN, W. L. The Gurupi belt in northern Brazil: lithostratigraphy, geochronology, and geodynamic evolution. *Precambrian Research*, v. 141, p. 83-105, 2005a.

KLEIN, E. L.; PALHETA, E. S.; PINHEIRO, B. L. S.; MOURA, C. A. V.; ABREU, F. A. M. Sistematização da litoestratigrafia do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 3, p. 415-418, set. 2005b.

KLEIN, E. L. Evolução geológica Pré-Cambriana e aspectos da metalogênese do ouro do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi, NE-Pará/NW-Maranhão, Brasil. 2004. 303 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

KLEIN, E. L.; KOPPE, J. C.; MOURA, C. A. V. Geology and geochemistry of the Caxias gold deposit, and geochronology of the gold-hosting Caxias Microtonalite, São Luís Craton, northern Brazil. *Journal of South American Earth Science*, v. 14, p. 837-849, 2002.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. Age constraints on granitoids and metavolcanic rocks of the São Luís Craton and Gurupi Belt, northern Brazil: implications for lithostratigraphy and geological evolution. *International Geology Review*, v. 43, p. 237-253, 2001.

LIMA, M. R.; FULFARO, V. J.; BARTORELLI, A. Análise palinológica de sedimentos cretáceos da região de Marabá, estado do Pará. *Geodiversitas – USP*, São Paulo, n. 11, p. 155-161, 1980.

LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: integração geológico-metalogenética: relatório final, etapa III. Belém: DNPM; CPRM, 1978. 190 p. v. 1.

LISBOA, M. A. R. The Permian geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, New Haven, v. 37, n. 221, Série 4, p. 425-443, maio 1914.

LOBATO, G.; BORGHI, L. Análise estratigráfica de alta resolução do limite formacional Longá/Poti, Bacia do Parnaíba: um caso de investigação de possíveis corpos isolados de arenito. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas, SP. *Anais...* Campinas, SP: ABPG; PDPETRO, 2007. p. 1-10.

LOBOZIAK, S.; CAPUTO, M. V.; MELO, J. H. G. Middle Devonian-Tournaisian miospore biostratigraphy in the southwestern outcrop belt of the Parnaíba Basin, northcentral Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, v. 43, n. 4, p. 303-318, 2000.

LOPES, E. C. S.; ANJOS, G. C. Caracterização geológica. In: ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA ILHA DE SÃO LUÍS, MA: subsídios para o uso sustentável dos recursos hídricos: relatório final, volume I. Brasília: ANA; CPRM, 2019.

LOPES, E. C. S.; KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V.; LUCAS, F. R. A.; PINHEIRO, B. L. S.; RODRIGUES, J. B.; SIMAS, M. W. U-Pb (LA-ICP-MS) of detrital zircon and whole rock Nd and geochemical constraints on the provenance, depositional age and tectonic setting of the metasedimentary Piriá Basin, northern Brazil: implications for the evolution of the Gurupi Belt. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, suppl. 1, p. 123-144, 2016.

MARZOLI, A.; RENNE, P. R.; PICCIRILLO, E. M.; ERNESTO, M.; BELLINI, G.; DE MIN, A. Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, v. 284, p. 616-618, 1999.

MELO, J. H. G.; LOBOZIAK, S.; STREEL, M. Latest Devonian to early Late Carboniferous biostratigraphy of northern Brazil: an update. *Bulletin du Centre de Recherches Elf Exploration Production*, v. 20, n. 1, p. 13-33, 1998.

MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, L. C. P. Estratigrafia das bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. *Boletim Técnico da Petrobrás*, v. 7, n. 2, p. 137-164, abr./jun. 1964.

MILANI, E. J.; ZALÁN, P. V. An outline of the geology and petroleum systems of the paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, v. 22, n. 3, p. 199-205, 1999.

MULLER, H. Report palynological results of samples examined from wells in Maranhão. Salvador, BA: Petrobrás, 1962. (Relatório, 500).

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. Geologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1943. 809 p. il. (Série Didática, 2).

OLIVEIRA, J. G. F.; SILVA, R. C. S. Geologia e recursos minerais da folha Belém, SA.22-X-D-III: estado do Pará. Escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2011. 91 p. (Programa Geologia do Brasil – PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).

PASTANA, J. M. do N. (Org.). Turiaçu: folha SA.23-V-D, Pinheiro SA.23-Y-B, estados do Pará e Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 1995. 205 p., il. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).

PAZ, J. D. S.; ROSSETTI, D. F. Reconstrução paleoambiental da Formação Codó (Aptiano), borda leste da Bacia do Grajaú, MA. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.). *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 264. (Coleção Friedrich Katzer).

PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I. S.; FERREIRA, C. S. Palinomorfos de sedimentos Albianos (Formação Itapecuru) da Bacia do Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 118, mar. 1994. Resumo das comunicações.

PEDRÃO, E.; CARVALHO, I. S.; MARTINS, F. J. C.; SANTOS, M. H. B. Palinoestratigrafia e análise quantitativa de amostras de superfície (Formação Itapecuru, Bacia de São Luís). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 268, 1996.

PLUMMER, F. B.; PRICE, L. I.; GOMES, F. A. Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo: *Relatório de 1946*. Rio de Janeiro: [s. n.], 1948. p. 87-134.

PLUMMER, F. D. Geossinclíneo do Parnaíba. Relatório Conselho Nacional do Petróleo. Rio de Janeiro, 1946.

REZENDE, N. A. G. M. A zona zeolítica da Formação Corda, Bacia do Parnaíba. Dissertação (Mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002. 142 p. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, T. L. N.; ARAUJO, C. C.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G. E. (Org.). São Luís, Folha SA.23-Z-A, Cururupu Folha SA.23-X-C: estado do Maranhão: escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 1994. 185 p. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB).

ROSSETTI, D. F. Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão. *Geologia USP: série científica*, v. 6, n. 2, p. 7-18, 2006.

ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (coord.). *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 31-46. (Coleção Friedrich Katzer).

ROSSETTI, D. F.; ROCCA, R. R.; TATUMI, S. H. Evolução dos sedimentos pós-Barreiras na zona costeira da Bacia de São Luís, Maranhão, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 8, p. 11-25, jan./abr. 2013.

ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. Geologia. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. (Ed.). *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 13-52. (Coleção Friedrich Katzer).

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W. Classificação estratigráfica para o Albiano-Terciário Inferior (?) na Bacia de São Luís, MA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Série Ciências da Terra*, v. 9, p. 31-43, 1997.

ROSSETTI, D. F. Facies architecture and sequential evolution of an incised-valley estuarine fill: the Cuijue formation (Upper Cretaceous to? Lower Tertiary), São Luís Basin, northern Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, v. 68, n. 2, p. 299-310, 1998.

ROSSETTI, D. F. Fácies analysis of the lower succession of the Upper Itapecuru Formation, São Luís Basin, northern Brazil. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Ed.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém: Falângola, 1997. p. 241-284.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Série Ciências da Terra*, v. 1, p. 25-74, 1989.

SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís: reconstituição paleobiológica. Rio de Janeiro: CPRM, 2009. 215 p.

SANTOS, J. H. S.; SILVA, J. X. Datação e evolução dos campos de dunas eólicas inativas dos Lençóis Maranhenses. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa, MG. *Resumos Expandidos...* Viçosa, MG: [s.n.], 2009. v. 1, p. 1-17.

SANTOS JR., A. E. Análise integrada dos depósitos de caulim na região do Rio Capim: fácies, estratigrafia, petrografia e isótopos estáveis. 2006. 107 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SANTOS JR., A. E. Reconstrução paleoambiental e estratigráfica de depósitos cretáceos e terciários expostos na borda sudeste da Sub-bacia de Cametá, Norte do Brasil. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

SANTOS JR., A. E.; ROSSETTI, D. F. Paleoambiente e estratigrafia da Formação Ipixuna, área do Rio Capim, leste da Sub-bacia de Cametá. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 3, p. 313-324, set. 2003.

SGARBI, G. N. C. Geologia da Formação Areado, Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, oeste do estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: UFRJ, 1989. 324 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação do maior cinturão contínuo de manguezais do mundo. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

TATUMI, S. H.; SILVA, L. P.; PIRES, E. L.; ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; MUNITA, C. S. Datação de sedimentos pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 3, p. 514-524, 2008.

TEIXEIRA, K. S.; MOURA, C. A. V.; TRUCKENBRODT, W.; KLEIN, E. L. K.; CHEMALE JÚNIOR, F. Petrografia, geoquímica e geocronologia da Formação Igarapé de Areia, NE-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 11., 2007, Atibaia, SP. *Anais...* Atibaia, SP: SBG, 2007. 1 CD-ROM.

TRUCKENBRODT, W.; NASCIMENTO, M. S.; GÓES, A. M. Distribuição de minerais pesados em arenitos de formações fanerozóicas no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. In: GOES, A. M.; NASCIMENTO, M. S.; TRUCKENBRODT, W. (Org.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém: SBG, 2005. v. 4, p. 180-189.

VAZ, P. T.; REZENDE, V. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 15, n. 2, p. 253-264, 2007.