

Assinatura isotópica (Sm-Nd) e faciológica da Formação Barra de Tabatinga: novas considerações sobre o registro de um paleonível marinho pleistocênico no Nordeste brasileiro

Facies and isotopic signature (Sm-Nd) of Barra de Tabatinga Formation: new insights on the registration of a pleistocenic marine paleolevel in northeastern Brazil

José Guilherme Filgueira¹ , Helenice Vital¹ , Leandson Roberto Fernandes de Lucena¹ 

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Caixa Postal 1596, CEP: 59078-970, Natal, RN, BR (filgueiraguilherme@gmail.com; helenicevital2004@yahoo.com.br; leandson@geofisica.ufrn.br)

Recebido em 3 de março de 2021; aceito em 7 de fevereiro de 2023.

Resumo

Este artigo representa a integração e interpretação de dados pretéritos, atividades de campo — com posterior análise laboratorial —, realizados na região costeira, litoral oriental do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Baía Formosa e Natal, acerca do registro estratigráfico de um paleonível marinho pleistocênico. A variação da linha de costa e suas feições morfológicas estão associadas diretamente a interferências tectônicas e paleoclimáticas. Essas variações modelam os sistemas deposicionais localmente atuantes, empilhando unidades litoestratigráficas com assinaturas únicas, no que diz respeito ao litotipo, estruturas sedimentares, diagênese, idades deposicionais e cristalização da rocha fonte. Avaliações sedimentológicas e granulométricas apontam ambientes de baixa energia de deposição, correlatos a sistemas de intermarés. Para tal foram descritos afloramentos, confeccionadas lâminas e realizada análise em granulômetro. Análises isotópicas Sm-Nd, incluindo sedimentos adjacentes a linha de costa, foram realizadas objetivando a caracterização das assinaturas isotópicas e identificação de suas prováveis áreas-fonte. Após o processamento das informações, foi possível caracterizar e inserir, na estratigrafia regional, a Formação Barra de Tabatinga, depositada possivelmente durante o pulso transgressivo pleistocênico, com granulometria de areia média à grossa, e assinatura isotópica concentrada no Paleoproterozoico inferior (Sideriano); diferente das unidades sotoposta e sobreposta, respectivamente, Grupo Barreiras (granulometria bem heterogênea e assinatura isotópica distribuída ao longo de todo Paleoproterozoico) e os Depósitos Eólicos Litorâneos (granulometria de areia fina à média).

Palavras-chave: Pulso transgressivo; Pleistoceno; Análises sedimentológicas; Análises isotópicas; Barra de Tabatinga.

Abstract

This paper represents the integration and interpretation of past data, field geology, with subsequent laboratory analysis, carried out in the coastal region, eastern coast of Rio Grande do Norte, between Baía Formosa and Natal, regarding the stratigraphic record of a marine level pleistocene. The relative variation of the shoreline and its morphological features are directly associated to tectonic and paleoclimatic interferences. These variations model the locally acting depositional systems, stacking lithostratigraphic units with single signatures, with respect to lithotype, sedimentary structures, diagenesis, depositional age and crystallization age of the source rock. Sedimentological and granulometric evaluations indicate low energy environments of deposition, correlated to intermarine systems. For this purpose outcrops were described, slides were prepared, and a granulometry analysis was carried out. Sm-Nd isotopic analyses, including sediments adjacent to the shoreline, were performed with the aim of characterizing isotopic signatures and identifying their probable source areas. After information processing, it was possible to characterize and insert in the regional stratigraphy, Barra de Tabatinga Formation, deposited possibly during a transgressive pleistocene pulse, with medium to coarse sand granulometry, and isotopic signature concentrated in the lower Paleoproterozoic (Siderian), different from the units under and superimposed, respectively, Barreiras Group (very heterogeneous granulometry and isotopic signature distributed throughout the entire Paleoproterozoic) and Coastal Eolic Deposits (fine to medium sand granulometry).

Keywords: Transgressive pulse; Pleistocene; Sedimentological analysis; Isotopic analysis; Barra de Tabatinga.

INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados a variações recentes no nível do mar no Brasil, em sua maioria, foram realizados no litoral das regiões Sul e Sudeste, onde se encontram os registros mais completos sobre os diferentes níveis de terraços marinhos (e.g. Tomazelli et al., 2000; Tomazelli e Dillenburg, 2007; Angulo et al., 2008; Dillenburg et al., 2009, 2014, 2020; Mahiques et al., 2011; Hein et al., 2013; Ângulo, 2014; Cohen et al., 2014; Lopes et al., 2014; Cooper et al., 2018). Na região Norte e Nordeste do Brasil, os registros de variação do nível do mar são raros (e.g. Tatum et al., 2008; Suguio et al., 2011), em virtude da escassez de idades absolutas. Desta forma, a tentativa de reconstrução desses registros ao longo da costa do Brasil baseia-se principalmente em datações relativas a partir de dados geomorfológicos e sedimentológicos, não sendo associados diretamente a idades numéricas, devido às ausências ou inconsistências. Em relação a trabalhos específicos e com idades absolutas para a área aqui estudada, têm-se como referência os trabalhos de Suguio et al. (2001, 2011), Barreto et al. (2002, 2004) e Bezerra et al. (2003), que utilizam análises para datação através de termoluminescência (TL). Embora a utilização dessas idades deva ser vista com ressalvas (e.g. protocolo utilizado na publicação deve ter as idades tomadas como mínimas) tendo em vista que a idade de 200 mil anos muito provavelmente encontra-se na saturação da amostra. A datação TL atualmente não é mais indicada para datar sedimentos, estas foram aqui consideradas por serem as únicas disponíveis para os estratos estudados.

Adicionalmente, os estudos existentes sobre geologia de sedimentos quaternários plataformais no litoral oriental do Rio Grande do Norte, com raras exceções, enfatizam uma única unidade depositada durante o Mioceno, o Grupo Barreiras. A maior parte dos trabalhos existentes destaca a descrição de dois sistemas deposicionais: fluviais e lacustrinos, sistemas onde se depositou o Grupo Barreiras, além de alguma caracterização geomorfológica. Entretanto, estudos como: Lucena (1995, 1997), Suguio et al. (2001, 2011), Barreto et al. (2002, 2004) mostram que, através de análises geocronológicas, sedimentológicas, de sistemas deposicionais atuantes e correlações estratigráficas, é possível inferir a caracterização de um tipo de deposição diferente da clássica, aqui denominada de Barra de Tabatinga, depositada sobreposta ao Grupo Barreiras. A Barra de Tabatinga foi caracterizada e nomeada, informalmente, primeiro por Lucena (1995) como “Unidade”, e posteriormente como “Formação” por Suguio et al. (2001) e Barreto et al. (2002), composta por arenitos quartzosos, argilosos ou não, a conglomeráticos, com estratificações cruzadas de baixo ângulo e espinha de peixe (*herring-bone*), características de ambientes de intermarés.

No presente trabalho, a Formação Barra de Tabatinga foi revisitada, e estudos de isótopos Sm-Nd adicionados, associados aos estudos sedimentológicos e estratigráficos descritos na seção Materiais e Métodos. Tal associação trouxe novas informações e desempenhou um papel fundamental na análise de sucessões sedimentares siliciclásticas, permitindo assim a reconstituição dos parâmetros tectônicos, estratigráficos e geográficos, ao longo do processo evolutivo/deposicional da porção norte da Bacia Pernambuco-Paraíba.

Neste sentido, este trabalho pretende minimizar a lacuna de dados nessa região do país, bem como aprimorar de forma significativa a caracterização da Formação Barra de Tabatinga, inserindo a mesma nas cartas cronoestratigráficas do litoral oriental do Nordeste do Brasil, a partir da associação dos diversos dados sedimentares levantados e analisados durante a pesquisa.

A área em estudo está localizada na região costeira, litoral oriental do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Baía Formosa e Natal, com aproximadamente 80 km de linha de costa, com orientação N-S (Figura 1).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Síntese da estratigrafia regional

A área em estudo encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, localizada na porção mais setentrional da costa oriental brasileira (Mabesoone e Alheiros, 1991). É constituída por duas sub-bacias, de Pernambuco (também conhecida como Bacia do Cabo, a sul) e da Paraíba (a norte). O limite dessas sub-bacias é posicionado ao longo do extremo leste do Lineamento Pernambuco, com base na assinatura gravimétrica em *offshore* e nas diferenças nas colunas estratigráficas das porções emersas delas. O alto que limita a sub-bacia da Paraíba com a Bacia Potiguar corresponde à Plataforma de Touros; a sul, o Alto de Maragogi limita a sub-bacia de Pernambuco com a Bacia Sergipe-Alagoas (Córdoba et al., 2007), caracterizada por uma sequência de rochas cretáceas, terciário-quaternária e por sedimentos quaternários.

A cronoestratigrafia da região inicia com um embasamento cristalino deformado, de idade pré-cambriana, composto principalmente por gnaisses, xistos, mármore, quartzitos, migmatitos e granitos (Bezerra et al., 2001; Lima e Dantas, 2016). De forma geral, o embasamento cristalino compreende as rochas do Complexo Caicó e da Faixa Seridó. Repousando sobre as rochas do embasamento cristalino, encontra-se a sub-bacia da Paraíba, que é constituída na base por uma sequência (fase *rift*) de clásticos grosseiros (Formação Beberibe) migrando lateralmente e verticalmente para clásticos grosseiros a finos (Formação

Itamaracá), sendo as unidades mais antigas posicionadas no Turoniano-Campaniano.

A sequência pode ser descrita como correlacionável à porção superior da Formação Açú e da Formação Quebradas (Bacia Potiguar), interpretada como um sistema de leques costeiros, passando à fácies marinhas de mar raso (Córdoba et al., 2007).

Com o avanço do nível do mar, tem-se a deposição da plataforma carbonática (Formação Gramame), que verticalmente sobrepõe as formações descritas acima, quando se atingiu a superfície de máxima inundação marinha, e a deposição da plataforma carbonática que estava restrita às águas mais profundas migrou em direção ao continente.

Na sequência da evolução estratigráfica da sub-bacia, tem-se os depósitos da sequência *drift*, marcada por ambientes de mar aberto (continente → mar raso → águas profundas). Essa sequência é constituída pelas formações Marituba, Maria Farinha e Calumbi (Paleoceno-Plioceno) (Córdoba et al., 2007).

Por fim, a seção emersa é recoberta, em partes, por coberturas neocenoicas do Grupo Barreiras, Formação Barra de

Tabatinga e Depósitos Eólicos Litorâneos (Córdoba et al., 2007; Lima e Dantas, 2016). A caracterização da Formação Barra de Tabatinga é o objetivo principal deste trabalho. Essa unidade litoestratigráfica está associada à deposição em sistemas siliciclásticos costeiros.

Sobrepostos às unidades mencionadas acima, quando não aflorantes, encontram-se os sedimentos holocênicos, os quais são representados por *beachrocks*, depósitos eólicos, depósitos aluvionares e depósitos praias (Lima e Dantas, 2016; Filgueira, 2021).

Variações do nível do mar e aspectos da estruturação regional

As variações do nível relativo do mar decorrem das oscilações reais, no nível do mar em si, associadas às modificações nas plataformas continentais, sendo necessário entender a tectônica a nível local, principalmente eventos recentes, que afetaram as unidades sedimentares depositadas durante o Neogeno, tendo em vista que a maior parte dos estudos de variação do nível do mar são direcionados

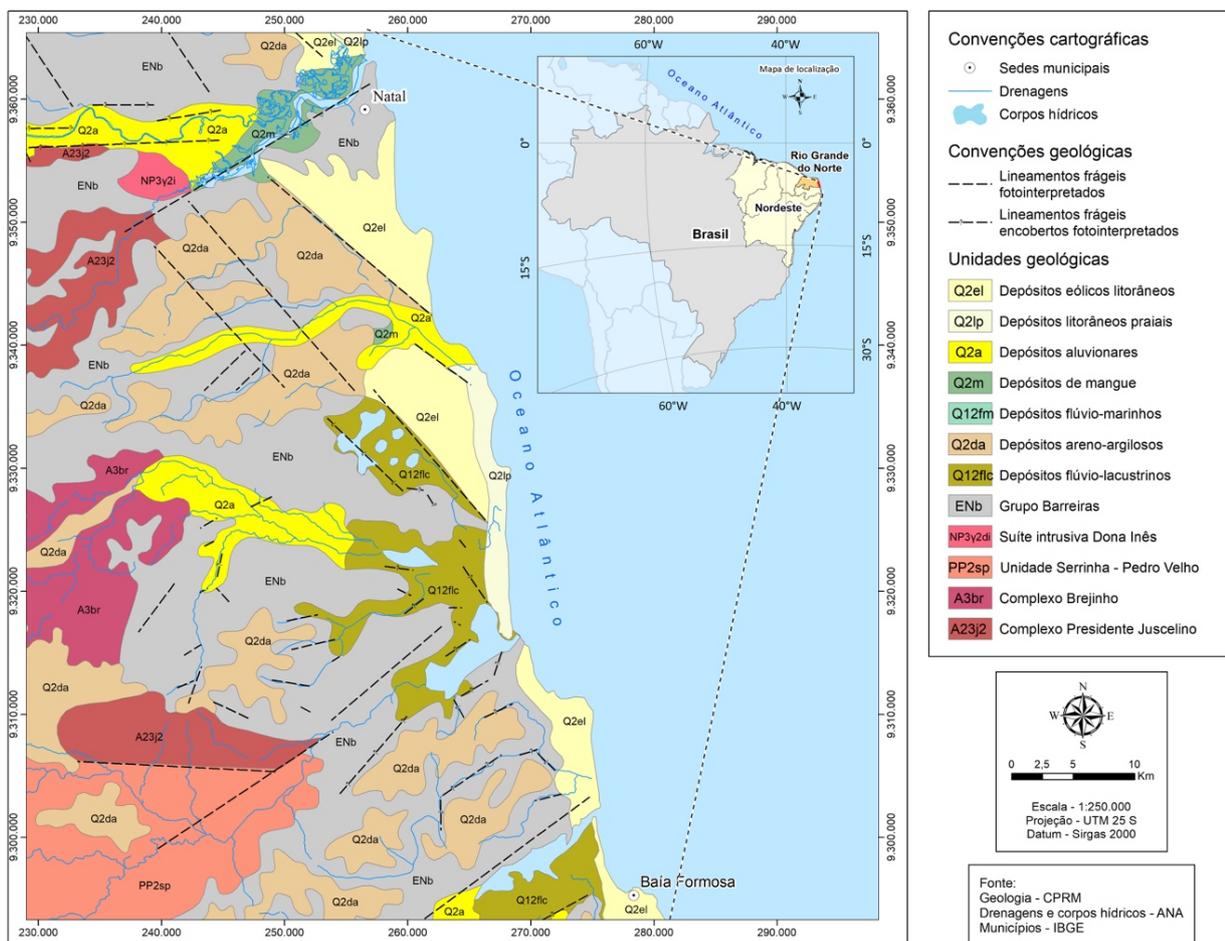


Figura 1. Localização e Geologia da área em estudo.

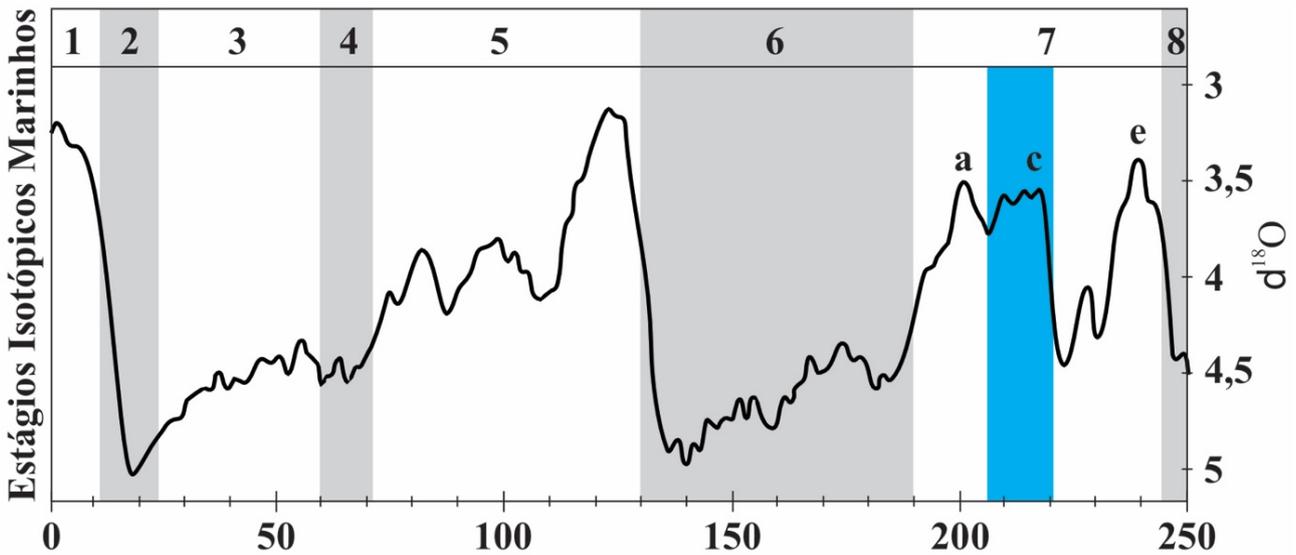
ao Holoceno, que por ser mais recente, é mais simples de remontar às paleocondições.

Em relação a trabalhos específicos e com idades absolutas para a área e época aqui estudada, respectivamente, costa do Nordeste do Brasil e Pleistoceno, têm-se como referência, para a variação do nível relativo do mar, os trabalhos de Suguio et al. (2001, 2011) e Barreto et al. (2002, 2004), que utilizam as mesmas análises de termoluminescência (TL), as quais caracterizam o evento deposicional como pleistoceno médio e inferior (Figura 2).

As variações do nível relativo do mar decorrem de vários aspectos, dentre os quais destacam-se: variação real no nível do mar; variação na cota das massas continentais (tectonismo); deformações em razão das tensões aplicadas ao longo de todo o globo (deformação no “geóide continental”); e temperatura global, que influencia diretamente no congelamento ou degelo das calotas. Desta forma, deformações aplicadas por tensores na crosta continental influenciam diretamente em variações no nível relativo do mar, além de criar possíveis espaços de acomodação para deposição de sedimentos. Bezerra et al. (2001) estudaram o controle de falhas

plioceno-quaternárias na sedimentação e morfologia da planície costeira no Nordeste do Brasil, incluindo a área proposta para o presente trabalho, com isso, utilizou-se a pesquisa como base para os conceitos estruturais, as correlações com a variação do nível relativo do mar e a criação de espaço de acomodação para a deposição das unidades quaternárias. As evidências das observações propostas pelos autores vêm de sensoriamento remoto, registros de perfuração e mapeamento de campo de características geológicas e geomorfológicas.

A área é caracterizada por dois conjuntos de zonas de cisalhamento, um de tendência NE e outro NW, que exibem componentes dextral e sinistral, relacionados à deformação extensional e transtraccional, respectivamente. No interior do continente, parte dessa reativação frágil pode anteceder a deposição da cobertura sedimentar cenozoica, uma vez que a mesma se acha confinada a manchas delimitadas por zonas de cisalhamento remobilizadas. Ao longo da planície costeira, no entanto, pronuncia-se falhas posteriores ou correlatas com a deposição cenozoica, o que criou o ambiente propício para a deposição das unidades quaternárias (Bezerra et al., 2001).



Amostra	Localização (UTM)	Idade TL (mil anos)	Idade OSL (mil anos)	Altitude base (m) aNM	Altitude corrigida (m) aNM	Fonte
5-97	258440; 9351300	213±2	220±2	0,8	1,8±1,5	(1)
6-97	258440; 9351300	215±4	207±4	0,8	1,8±1,5	(1)
15-98	266601; 9330000	206±5	210±2	2,5	3,5±1,5	(1)

Figura 2. Curva de isótopos de oxigênio em testemunhos do oceano Atlântico (Lisiecki e Raymo, 2005) com estágios de isótopos marinhos (MIS na sigla em inglês) correspondentes. As áreas cinzas são fases glaciais; a área azul representa a datação de um pulso transgressivo (MIS 7, subestágio 7c) no litoral oriental do Rio Grande do Norte. Dados TL e OSL (1) Suguio et al. (2001, 2011).

Foram constatados três *sets* principais de falhas: NE (040 – 060°), NW (300 – 320°) e N (330 – 010°), onde os *sets* de tendência NE e NW são predominantes. Esses *sets* exibem relações transversais sistemáticas, sugerindo que são contemporâneas e agiram como pares conjugados. Os planos de falha são superfícies polidas relativamente lisas, mas às vezes também irregulares ou lítricas, os quais geralmente exibem mergulhos superiores a 80°. Esses planos constituem o principal limite entre o Grupo Barreiras e as unidades quaternárias. Ao longo da linha de costa, várias falhas formam os contatos entre os *grabens* e os *horsts*, responsáveis pela compartimentação estrutural. Na área existem quatro *grabens* principais, que são os “ambientes” onde as unidades quaternárias devem ter depositado (Lucena, 1995; Bezerra et al., 2001).

Formação Barra de Tabatinga: aspectos gerais

A Formação Barra de Tabatinga, proposta inicialmente como “Unidade” por Lucena (1995), encontra-se sobreposta ao Grupo Barreiras, em discordância com a mesma, correspondente a pequenas superfícies aflorantes e a horizontes pouco espessos nas falésias, devido ao capeamento das coberturas arenosas e dunas móveis e ao retrabalhamento em zonas neotectonicamente ativas. Tal formação é composta por areias quartzosas de coloração variando entre amarelada e alaranjada, com isso, podendo ser confundida com solos do Grupo Barreiras. Observa-se certo teor de argila, porém, quando presente é incipiente, não sendo expressivo a ponto de mudar a caracterização litológica. Estruturas típicas são as estratificações cruzadas de baixo ângulo e espinha de peixe (*herringbone*), que indicam um ambiente de deposição intermaré, ou seja, inversões no fluxo e refluxo de maré. A seção tipo da unidade encontra-se na praia homônima. Os dados referentes à datação através de termoluminescência foram compilados do trabalho realizado por Suguio et al. (2001, 2011), onde foram coletadas três amostras que mostram idades de deposição correlatas ao penúltimo pulso transgressivo observado na costa brasileira (Figura 2).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor compreensão e organização do trabalho, a metodologia seguiu o fluxo apresentado na Figura 3, com três etapas principais: pré-campo, campo e pós-campo.

A etapa pré-campo consistiu da revisão bibliográfica relacionada ao nível relativo do mar, à geologia regional, caracterização da Formação Barra de Tabatinga (estruturas sedimentares, sistemas deposicionais e análises faciológicas), proveniência de sedimentos, datação de deposição e cristalização das rochas fontes, além de compilação/modificação, confecção e interpretação de mapas e imagens.

Na etapa de campo foram levantados dados sedimentológicos e estratigráficos, por meio da descrição de afloramentos, ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte, entre as praias de Sagi (divisa com a Paraíba) e Ponta Negra (Natal), que apresentavam sedimentos/rochas da Formação Barra de Tabatinga, de forma a ser realizada a caracterização das fácies em seções típicas (três) da unidade foco do trabalho (Formação Barra de Tabatinga), além da coleta de 25 amostras para posterior diferenciação granulométrica e isotópica. Os pontos escolhidos para amostragem em campo foram selecionados a partir dos dados levantados na etapa pré-campo, de forma a caracterizar melhor toda a área de estudo.

Na etapa pós-campo, as amostras coletadas na fase anterior foram processadas em laboratórios da UFRN/MCC e UFC/LOG-LABOMAR para análises granulométricas, seguindo procedimentos padrões da literatura (e.g. Loring e Rantala, 1992). Dez amostras para análise isotópica foram selecionadas entre as coletadas nos afloramentos das praias de Barra de Tabatinga e Via Costeira (Natal), consideradas seções características da Formação Barra de Tabatinga; essas amostras foram pulverizadas em moinho, acondicionada em potes de PVC e enviadas ao Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (Geocron/IG/UnB), que utilizou a técnica de diluição isotópica para a determinação das

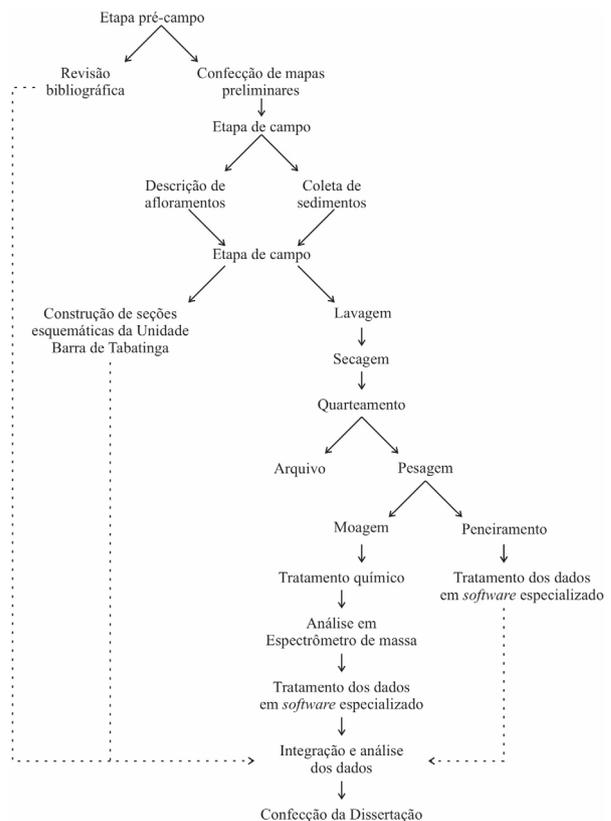


Figura 3. Fluxograma de atividades aplicado ao estudo.

concentrações de Samário e Neodímio. Após a separação, o Samário e o Neodímio concentrados foram colocados sobre um filamento, normalmente de Tântalo (Ta), e inseridos no espectrômetro de massa termo-iônico (TIMS). Os dados isotópicos obtidos através do processamento no espectrômetro foram interpretados no *software* “Isoplot00” para cálculo da idade-modelo das amostras.

A partir da determinação das razões isotópicas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ numa rocha crustal, é possível calcular a idade-modelo de uma amostra qualquer, refletindo o tempo em que a rocha foi extraída do manto (Faure, 1986). A idade modelo (T_{DM}) é calculada segundo o modelo proposto por Ben Othman et al. (1984) para o manto empobrecido (DM). As idades-modelo “Sm-Nd” podem ser interpretadas como o tempo decorrido desde que o Nd foi separado do reservatório de origem, o manto empobrecido. Pode-se fazer uma analogia das idades-modelo como sendo idades de “residência crustal”, e assim utilizá-las para o estudo da interação entre o manto e a crosta através do tempo geológico. As relações entre idade-modelo e idade de deposição permitem o estudo de modelos de crescimento da crosta continental pela adição de material derivado do manto (Faure, 1986).

A geração de crosta continental a partir de um reservatório mantélico depletado causa empobrecimento em elementos leves e também dos ETR’s leves, resultando no que se convencionou como manto empobrecido (DM). Assim, calcula-se a idade-modelo em relação à isócrona para a evolução do manto empobrecido (Faure, 1986), segundo a Equação 1:

$$T_{DM} = \frac{t}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{\left(\frac{Nd^{143}}{Nd^{144}} \right)_{rocha}^{hoje} - I_{CHUR}^0}{\left(\frac{Sm^{147}}{Nd^{144}} \right)_{rocha}^{hoje} - \left(\frac{Sm^{147}}{Nd^{144}} \right)_{CHUR}^0} \right) \quad (1)$$

A idade-modelo e o parâmetro épsilon têm significados pretrogenéticos, indicando a possível idade do protólito, ou seja, a idade máxima da rocha (idade-modelo), e o tipo de fonte.

A conclusão da etapa pós-campo se deu em função da apresentação dos argumentos que caracterizam a Formação Barra de Tabatinga, com vistas a inseri-la na estratigrafia regional, bem como caracterização do evento transgressivo local (Pleistoceno).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização sedimentológica levou em consideração os seguintes parâmetros: composição, textura e estruturas sedimentares, que em conjunto atribuíram o sistema deposicional atuante na época da sedimentação. Associado aos dados de sedimentologia, foi empregado o método Sm-Nd para caracterizar a assinatura isotópica das rochas fontes da unidade estudada.

Após a realização da análise granulométrica, classificou-se, simplificada, os litotipos encontrados nos afloramentos visitados ao longo da costa do litoral oriental do Rio Grande do Norte, entre as praias de Sagi e Ponta Negra. A partir do resultado da análise das 25 amostras foi possível a elaboração de um diagrama utilizando a classificação textural de Folk (1974), que se baseia no diagrama triangular, cujos vértices são cascalho, areia e lama, e as amostras são plotadas em função dos percentuais dessas frações. Ressalta-se que, ao propor essa classificação, Folk utilizou alguns princípios sedimentológicos, sobretudo associados ao transporte dos grãos entre a área-fonte e a bacia de deposição. Resumidamente, a classificação exhibe a quantidade de material grosso em relação aos finos.

A distribuição das 25 amostras analisadas mostrou o seguinte padrão: lama com cascalho esparsos (8%), areia lamosa com cascalho esparsos (8%), areia com cascalho esparsos (72%) e areia com cascalho (12%). Ao analisar as amostras de uma forma mais abrangente, observa-se que as amostras da Formação Barra de Tabatinga são maioria (80%), e predominantemente areia com cascalho esparsos (Figura 4).

No presente trabalho, a caracterização isotópica foi utilizada para correlacionar os dados obtidos por meio das ferramentas geocronológicas às análises granulométricas e, assim, determinar a assinatura da Formação Barra de Tabatinga, além de relacioná-la com as unidades adjacentes, de forma a reconstruir as condições durante a deposição dos sedimentos, a partir da caracterização das rochas-fontes.

Com os resultados obtidos após o processamento das amostras, foi possível caracterizar as assinaturas isotópicas de sedimentos das três possíveis unidades encontradas. As amostras seguem o seguinte padrão de distribuição: quatro amostras do Grupo Barreiras, cinco amostras da Formação Barra de Tabatinga e uma amostra de Depósitos Eólicos Litorâneos (Tabela 1).

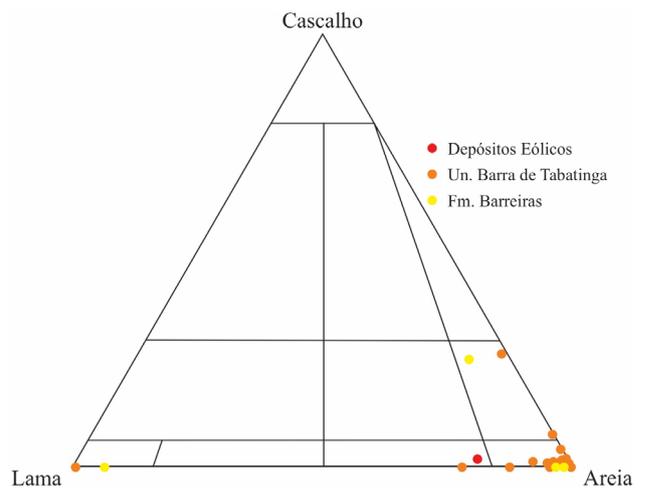


Figura 4. Classificação de Folk para as amostras analisadas (sedimentos grossos).

As amostras da Formação Barra de Tabatinga são em sua maioria arenitos (COGS 03, COGS 05a, COGS 05b, COGS 06 e COGS 07), coletados ao longo da linha de costa, com variação granulométrica entre silte e areia média. As concentrações de Sm variam entre 0,258 e 6,025 ppm, e as concentrações de Nd variam entre 1,333 e 32,818 ppm. Apresentam valores de $\epsilon\text{Nd}(0)$ variando entre -20,52 e -30,78, e com as idades-modelo TDM entre 2,06 e 2,35. Em relação à idade-modelo TDM, as amostras apresentam uma distribuição pontual, em torno do período Sideriano, do Paleoproterozoico, com um valor médio de 2,27 Ga. Dessa forma, pode-se indicar fontes restritas para a deposição da unidade (Figura 5, em vermelho).

Embora em conjunto as assinaturas mostrem uma homogeneidade, é possível identificar algumas diferenças, como citado anteriormente. As amostras da Formação Barra de Tabatinga estão em maior parte agrupadas no período Sideriano (aproximadamente 2,30 Ga), onde pode-se destacar das amostras do Grupo Barreiras, que possuem uma maior variação em relação às idades-modelo (TDM), distribuídas ao longo de todo o Paleoproterozoico.

A Formação Barra de Tabatinga ocorre ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Baía Formosa e Natal, com o afloramento tipo na praia homônima, e excelente exposição também nas praias de Ponta Negra e Via Costeira (Figura 6). A referida Formação é sistematicamente caracterizada em patamares superiores ao nível do mar atual (N.M.A.). A reativação quaternárias de estruturas que foram responsáveis pela ruptura do Gondwana e posterior abertura do Atlântico Sul, ocasionaram a subsidência de alguns blocos, sistema de *horsts* e *grabens*, originando-se, dessa forma, o espaço de acomodação necessário para a deposição da unidade — espaço esse na superfície de abrasão do topo do Grupo

Barreiras (regressão pré-pleistoceno), depositado em discordância erosional, onde essa superfície é constituída por seixos quartzosos e fragmentos subangulosos do próprio Grupo Barreiras, demarcando o início da Formação Barra de Tabatinga (Figura 7). Sua litologia é caracterizada por arenitos amarelo-alaranjados de composição essencialmente quartzosa com cimentação silicosa (Figura 8) e apresenta granulometria média a fina, moderadamente selecionada, com estruturas marcantes e bem preservadas (Figura 9), normalmente estratificações cruzadas de baixo ângulo ou espinha de peixe (*herringbone*) — podendo variar de acordo com o processo estrutural formador do espaço de acomodação — indicando uma deposição em ambiente de intermaré, o que é de se esperar, devido ao fato de todos os afloramentos da unidade serem observados somente em patamares superiores em torno de três metros em relação ao N.M.A. e em falésias vivas, correspondendo a pequenas superfícies aflorantes e a horizontes pouco espessos. A referida amplitude em relação ao N.M.A. apresenta variações, particularmente decorrentes de reativações neógenas.

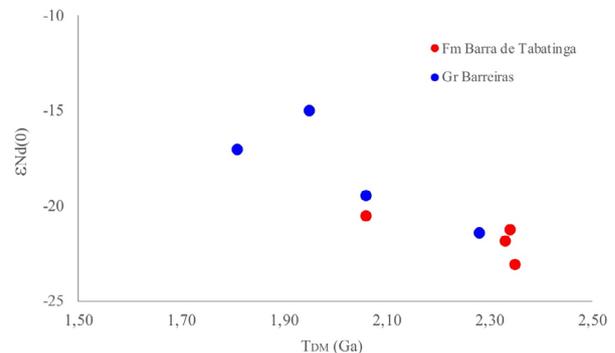


Figura 5. Gráfico TDM versus $\epsilon\text{Nd}(0)$, caracterizando a assinatura das amostras analisadas.

Tabela 1. Assinaturas isotópicas Sm-Nd para as amostras analisadas.

Amostra	UTM N	UTM E	Unidade	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2\text{SE}$	$\epsilon\text{Nd}(0)$	$T_{\text{DM}}(\text{Ga})$
COGS01	258537	9351964	Gr. Barreiras	0,597	2,938	$0,511870 \pm 21$	-14,98	1,95
COGS02	258537	9351964	Gr. Barreiras	0,295	1,568	$0,511541 \pm 15$	-21,39	2,28
COGS03	258537	9351964	Fm. Barra Tabatinga	0,668	4,269	$0,511083 \pm 8$	-30,33	
COGS04	266621	9330732	Gr. Barreiras	0,782	4,279	$0,511641 \pm 24$	-19,45	2,06
COGS05a	266621	9330732	Fm. Barra Tabatinga	0,313	1,654	$0,511520 \pm 13$	-21,81	2,33
COGS05b	266621	9330732	Fm. Barra Tabatinga	0,258	1,333	$0,511549 \pm 7$	-21,25	2,34
COGS06	266621	9330732	Fm. Barra Tabatinga	6,025	32,812	$0,511455 \pm 9$	-23,08	2,35
COGS07	266621	9330732	Fm. Barra Tabatinga	1,393	7,888	$0,511586 \pm 7$	-20,52	2,06
COGS08	261589	9342262	Gr. Barreiras	0,478	2,711	$0,511765 \pm 18$	-17,04	1,81
COGS10	261589	9342262	Dep. Eólicos	0,780	3,572	$0,511060 \pm 24$	-30,78	

Gr: grupo; Fm: formação; Dep: depósito.

A Figura 10 apresenta um exemplo dessa variação, com registro nas proximidades norte da falésia Barra de Tabatinga, a qual um basculamento do registro da Formação

e do topo do Grupo Barreiras é caracterizado no sentido norte, sob influência falha dos rios Pitimbu e Pirangi ao norte (Lucena, 2005).

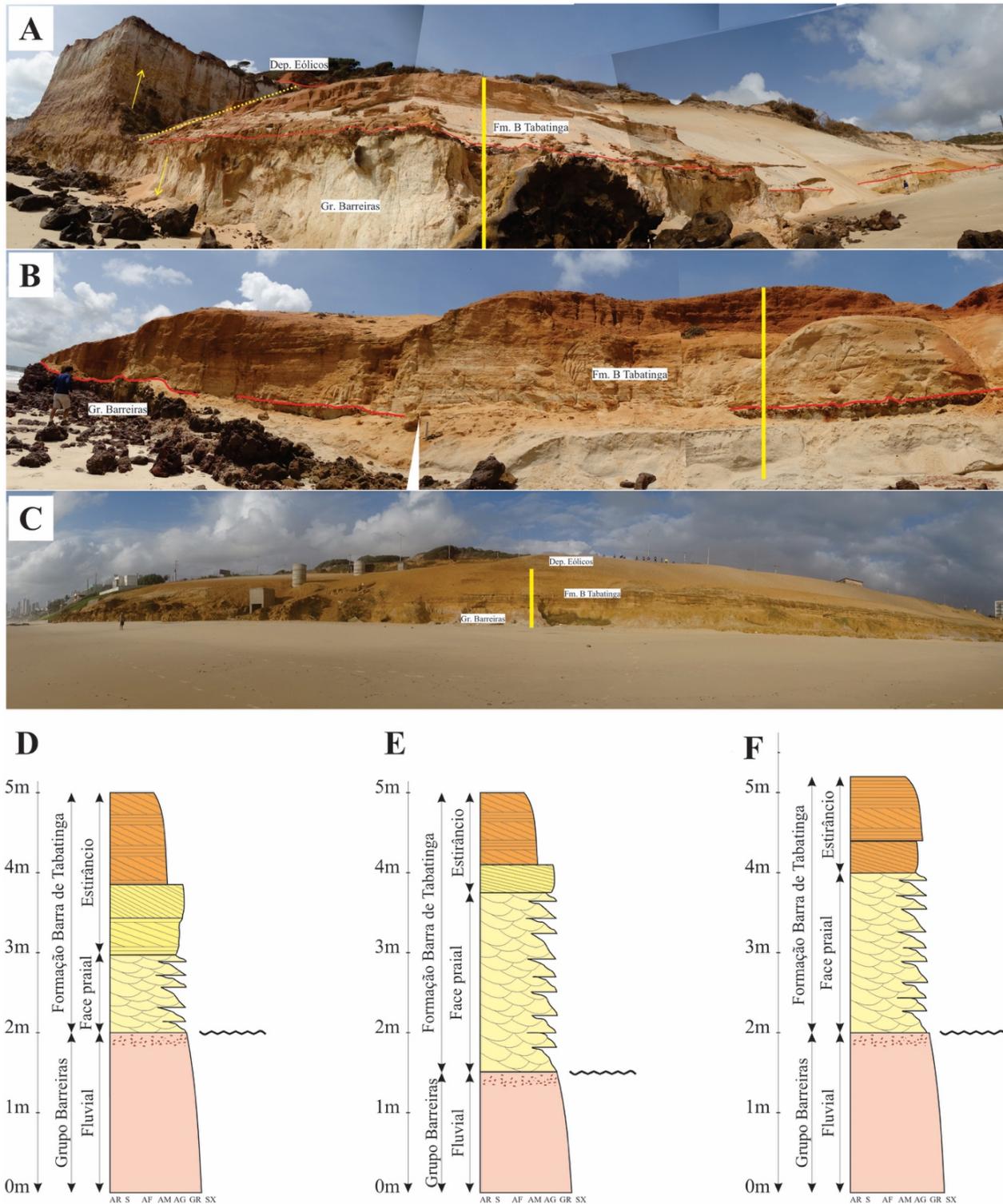


Figura 6. Esboço da (A, D) seção tipo da Formação Barra de Tabatinga, (B, E) seção da Formação Barra de Tabatinga na praia de Cotovelo e (C, F) seção da Formação Barra de Tabatinga na praia da Via Costeira.

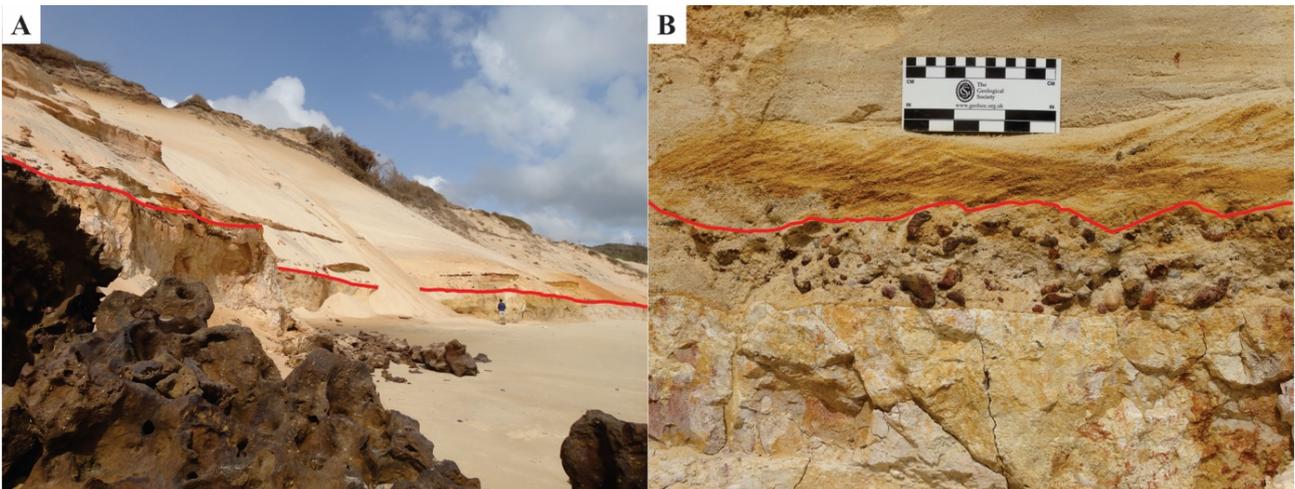


Figura 7. Contato entre o Grupo Barreiras (inf.) e a Formação Barra de Tabatinga (sup.), destacando o contato erosional, superfície de abração, que é constituída por seixos quartzosos e fragmentos subangulosos do próprio Grupo Barreiras.

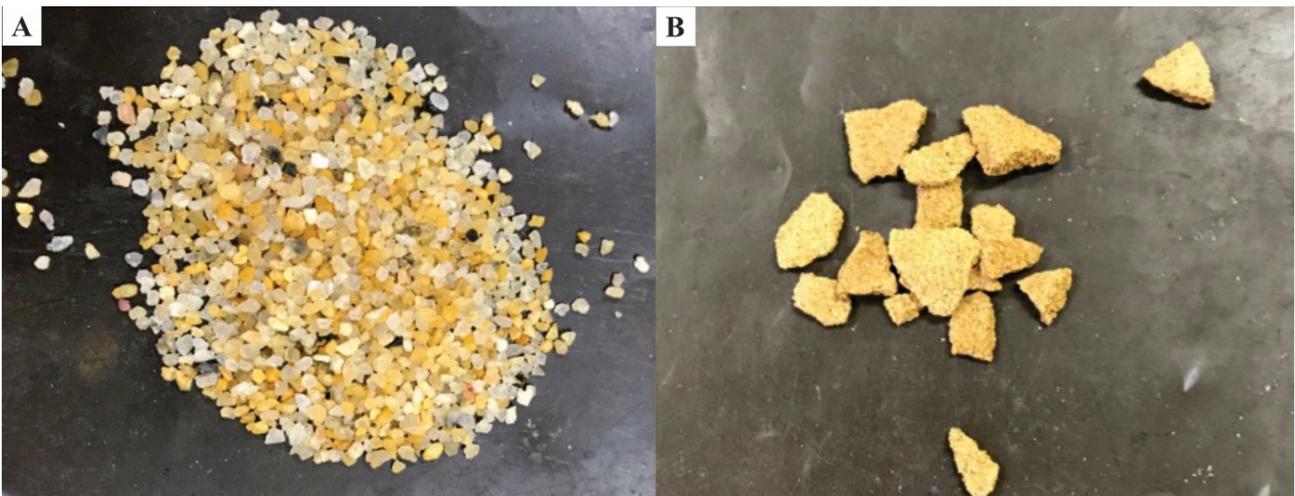


Figura 8. (A) Arenito de composição predominantemente quartzosa e (B) arenito de composição quartzosa e cimento silicoso.

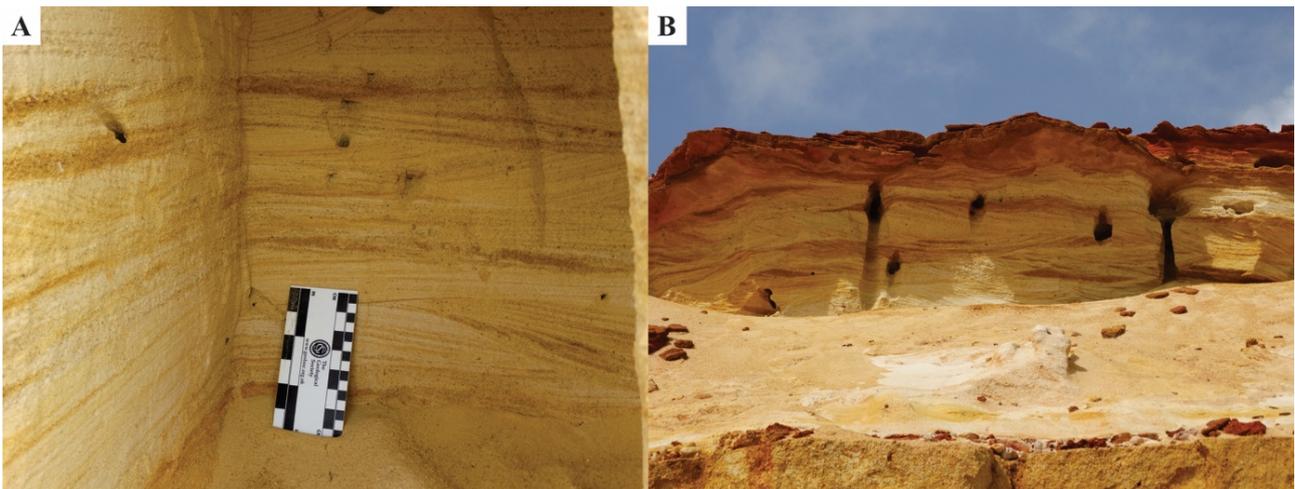


Figura 9. Estratificação cruzada espinha de peixe, em afloramentos na praia de Barra de Tabatinga.



Figura 10. Aspecto do basculamento do registro da Formação Barra de Tabatinga (depositada sobre a superfície de abração do topo do Grupo Barreiras), decorrente de reativações neógenas e modificando a caracterização de sua amplitude em relação ao N.M.A.; norte da falésia homônima.

Ressalta-se a incipiência ou mesmo ausência de conteúdo fóssilífero na Formação Barra de Tabatinga, decorrente da percolação de águas do sistema aquífero regional Dunas-Barreiras (Lucena, 2005), estas de características predominantemente ácidas. Esse aspecto é decisivo na impossibilidade de datações outras, sendo então aceito o intervalo de sedimentação ora proposto.

Ao interpretar os dados obtidos através do método da datação Sm-Nd, observa-se que a deposição da Formação Barra de Tabatinga ocorreu em pulsos e em pequenos espaços de acomodação, onde existiu uma fonte individual de aporte, que foi erodida e transportada durante pequenos eventos em bacias hidrográficas locais. Esse contexto é corroborado com as exposições da Formação nos afloramentos descritos em campo, e com a datação através de termoluminescência, que marca a deposição como um evento transgressivo, com idade aproximada de 210 mil anos, o que configura o mesmo como pleistocênico (MIS 7, subestágio 7c).

CONCLUSÕES

As análises sedimentológicas e isotópicas realizadas permitem, além de incrementar a caracterização da Formação Barra de Tabatinga, mostrar evidências que a distingue das unidades adjacentes ao Grupo Barreiras na base e aos depósitos eólicos do topo.

Os diagramas de classificação sedimentológica mostraram que os litotipos da Formação Barra de Tabatinga são facilmente agrupados em torno de uma única classe: areia média à fina, amarelo-alaranjada, moderadamente

selecionada, além de uma análise mais precisa mostrar que a composição é estritamente quartzosa com cimentação silicosa e apresenta estruturas sedimentares marcantes. Características essas bem diferentes dos litotipos do Grupo Barreiras, que podem ser arenitos e/ou conglomerados envolvidos por uma matriz argilosa e, frequentemente, possuindo níveis ou intercalações de siltitos e argilitos, sempre aglutinado em litotipos variados, sem estruturas sedimentares definidas. Apresenta um vasto leque de colorações (vermelho, roxo, creme, amarelo, verde) em virtude de processos de laterização, não observado na Formação Barra de Tabatinga, que chegam a formar concreções ferruginosas centimétricas a métricas. Os depósitos eólicos são, também, bem caracterizados, porém muito distintos em relação às características da Formação Barra de Tabatinga. São constituídos por areia fina e silte, de coloração alaranjada, provavelmente por causa da cimentação ferruginosa, além de moderadamente a bem selecionadas. Os depósitos eólicos são marcados, ainda, pela ausência de vegetação e/ou presença de uma vegetação rasteira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, através do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA-PPGG), pela infraestrutura disponibilizada; à Universidade Federal do Ceará, através do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), pela utilização do Laboratório de Oceanografia Geológica; e à Universidade de Brasília, através do Laboratório de Geocronologia (GEOCRON-IG). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro (processos PQ 311413/2016-1 e 315742/2020-8). Esta é uma contribuição aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), AmbTropic II (CNPq/FAPESB/CAPES) e Rede Amazônia Azul RN.

REFERÊNCIAS

- Angulo, R. J., Souza, M. C. (2014). Revisão conceitual de indicadores costeiros de paleoníveis marinho quaternários no Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 5(2), 1-32. <https://doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36533>
- Angulo, R. J., Souza, M. C., Assine, M. L., Pessenda, L. C. R., Disaró, S. T. (2008). Chronostratigraphy and radiocarbon age inversion in the Holocene regressive barrier of Paraná, southern Brazil. *Marine Geology*, 252(3-4), 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.03.006>

- Barreto, A. M. F., Bezerra, F. H. R., Suguio, K., Tatumi, S. H., Yee, M., Paiva, R. P., Munita, C. S. (2002). Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179(1-2), 57-69. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00408-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00408-4)
- Barreto, A. M. F., Suguio, K., Bezerra, F. H. R., Tatumi, S. H., Yee, M., Giannini, P. C. F. (2004). Geologia e geomorfologia do Quaternário costeiro do Estado do Rio Grande do Norte. *Geologia USP. Série Científica*, 4(2), 1-12. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2004000200001>
- Ben Othman, D., Polvé, M., Allègre, C. (1984). Nd-Sr isotopic composition of granulites and constraints of the evolution of the lower continental crust. *Nature*, 307, 510-515. <https://doi.org/10.1038/307510a0>
- Bezerra, F. H. R., Amaro, V. E., Vitafinzi, C., Saadi, A. (2001). Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(1), 61-75. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00009-8)
- Bezerra, F. H. R., Barreto, A. M. F., Suguio, K. (2003). Holocene sea level history on the Rio Grande do Norte State Coast, Brazil. *Marine Geology*, 196(1-2), 73-89. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(03\)00044-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(03)00044-6)
- Cohen, M. C. L., França, M. C., Rossetti, D. F., Pessenda, L. C. R., Giannini, P. C. F., Lorente, F. L., Buso Junior, A. A., Castro, D., Macario, K. (2014). Landscape evolution during the late Quaternary at the Doce River mouth, Espírito Santo state, southeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 415, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.12.001>
- Cooper, J. A. G., Meireles, R. P., Green, A. N., Klein, A. H. F., Toldo, E. E. (2018). Late Quaternary stratigraphic evolution of the inner continental shelf in response to sea-level change, Santa Catarina, Brazil. *Marine Geology*, 397, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.11.011>
- Córdoba, V. C., Antunes, A. F., Jardim de Sá, E. F., Sousa, Debora do Carmo, Cruz, L. R. (2007). Bacia Pernambuco-Paraíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 391-403.
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Hesp, P. A., Rosa, M. L. C. C., Angulo, R. J., Souza, M. C., Giannini, P. C. F., Sawakuchi, A. O. (2014). Discussion: "Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change" by Hein, et al. (2013), *Sedimentology* 60, 469-502: A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka? *Sedimentology*, 61(7), 2205-2212. <https://doi.org/10.1111/sed.12132>
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Rosa, M. L. C. C., Caron, F., Cancelli, R., Santos-Fischer, C. B., Lopes, R. P., Ritter, M. N. (2020). Sedimentary records of Marine Isotopic Stage 3 (MIS 3) in southern Brazil. *Geo-Marine Letters*, 40, 1099-1108. <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00574-2>
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Tomazelli, L. J., Hesp, P. A., Clerot, L. C. P., Zouain, R. N. A. (2009). The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. In: Dillenburg, S. R., Hesp, P. A. (eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil*. Heidelberg: Lecture Notes in Earth Sciences, p. 53-91. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-44771-9>
- Faure, G. (1986). *Principles of Isotope Geology*. Nova York: Wiley.
- Filgueira, J. G. (2021). *Análises isotópica e faciológica aplicadas à caracterização da Formação Barra de Tabatinga: o registro de um pulso transgressivo marinho pleistocênico no litoral oriental do Rio Grande do Norte*. Dissertação (Mestrado). Natal: Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN.
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publishing Company.
- Hein, C. J., Fitz Gerald, D. M., Cleary, W. J., Albernaz, M. B., Menezes, J. T., Klein, A. H. F. (2013). Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex coastal response to environmental change. *Sedimentology*, 60(2), 469-502. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2012.01348.x>
- Lima, M. G., Dantas, E. P. (2016). *Geologia e Recursos Minerais da Folha São José de Mipibu SB.25-A-I-II e III*. Recife: Serviço Geológico do Brasil-CPRM.
- Lisiecki, L. E., Raymo, M. E. A. (2005). Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 20(1), PA1003. <https://doi.org/10.1029/2004pa001071>
- Lopes, R. P., Dillenburg, S. R., Schultz, C. L., Ferigolo, J., Ribeiro, A. M., Pereira, J. C., Holanda, E. C., Pitana, V. G., Kerber, L. (2014). The sea-level highstand correlated to marine isotope stage (MIS) 7 in the coastal plain of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4), 1573-1595. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130274>
- Loring, D. H., Rantala, R. T. T. (1992). Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Sciences Reviews*, 32(4), 235-283. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(92\)90001-a](https://doi.org/10.1016/0012-8252(92)90001-a)

- Lucena, L. R. F. (1995). Unidade Barra de Tabatinga: caracterização e ocorrência no pacote sedimentar quaternário sub-recente na região sul de Natal-RN. *I Simpósio sobre Processos Sedimentares e Problemas Ambientais na Zona Costeira Nordeste do Brasil*, 1, 136-138. Recife: SBG.
- Lucena, L. R. F. (1997). Unidade Barra de Tabatinga, novas evidências de um paleodépósito Quaternário de praia no litoral potiguar. *XVII Simpósio de Geologia do Nordeste*, 15, 168-171. Fortaleza: SBG.
- Lucena, L. R. F. (2005). *Implicação da compartimentação estrutural no Aquífero Barreiras na área da bacia do Rio Pirangi-RN*. Tese (Doutorado). Curitiba: Setor de Ciências da Terra – UFPR. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/4664>. Acessado em: 16 fev. 2023.
- Mabesoone, J. M., Alheiros, M. M. (1991). Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Parte do Rio Grande do Norte. In: Mabesoone, J. M. (coord.), *Estudos Geológicos*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, p. 77-78.
- Mahiques, M. M., Sousa, S. H. M., Burone, L., Nagai, R. H., Silveira, I. C. A., Figueira, R. C. L., Soutelino, R. G., Ponsoni, L., Klein, D. A. (2011). Radiocarbon geochronology of the sediments of the São Paulo bight (southern Brazilian upper margin). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(3), 817-834. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000028>
- Suguió, K., Barreto, A. M. F., Bezerra, F. H. R. (2001). Barra de Tabatinga and Touros Formations: evidence for Pleistocene high sea-level stillstands of the Rio Grande do Norte coast. *Pesquisas em Geociências*, 28(2), 5-12. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.20264>
- Suguió, K., Bezerra, F. H. R., Barreto, A. M. F. (2011). Luminescence dated Late Pleistocene wave-built terraces in northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(3), 907-920. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000010>
- Tatumi, S. H., Silva L. P., Pires, E. L., Rossetti, D. F., Góes, A. M., Munita, C. S. (2008). Datação de sedimentos pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(3), 514-524. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2008383514524>
- Tomazelli, L. J., Dillenburg, S. R. (2007). Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. *Marine Geology*, 244(1-4), 33-45. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2007.06.002>
- Tomazelli, L. J., Dillenburg, S. R., Villwock, J. A. (2000). Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3), 474-476. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2000303474476>