

SUMÁRIO

4.	Diagnóstico Ambiental.....	1/36
4.1.	Meio Físico	1/36
4.1.1.	Meteorologia.....	1/36
4.1.1.1	- Clima	2/36
4.1.1.2	- Temperatura do Ar.....	3/36
4.1.1.3	- Umidade Relativa do Ar.....	5/36
4.1.1.4	- Precipitação	7/36
4.1.2.	Parâmetros Oceanográficos	9/36
4.1.2.1	- Temperatura da Água.....	9/36
4.1.2.2	- Salinidade	11/36
4.1.2.3	- Massas d'Água	13/36
4.1.2.4	- Correntes Marinhas.....	14/36
4.1.2.5	- Ondas	15/36
4.1.2.6	- Marés	16/36
4.1.2.7	- Vento.....	18/36
4.1.3.	Geologia.....	20/36
4.1.3.1	- Origem e Evolução	20/36
4.1.3.2	- Estratigrafia.....	23/36
4.1.3.3	- Fisiografia	27/36
4.1.3.4	- Faciologia.....	32/36
4.1.4.	Referências Bibliográficas	33/36

Lista de Figuras

Figura 4.1-1 – Mapa de climas que ocorrem no território brasileiro.....	2/36
Figura 4.1-2 – Temperatura média anual (°C) registrada para o estado do Maranhão	4/36
Figura 4.1-3 – Umidade relativa do ar anual (%) registrada para o estado do Maranhão	6/36
Figura 4.1-4 – Precipitação pluviométrica (mm) registrada em três estações no estado do Maranhão (Turiaçu – 1980 a 2003; São Luís – 1966 a 2001; e Barro Duro – 1984 a 2000).....	7/36
Figura 4.1-5 – Precipitação pluviométrica anual (mm) registrada para o estado do Maranhão	8/36
Figura 4.1-6 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada nos oceanos localizados no hemisfério ocidental	9/36
Figura 4.1-7 - Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada na costa brasileira	10/36
Figura 4.1-8 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada na costa do Maranhão durante a estação seca (esquerda) e chuvosa (direita).....	11/36
Figura 4.1-9 – Salinidade da Superfície do Mar (SSM) registrada no oceano Atlântico	12/36
Figura 4.1-10 - Salinidade da Superfície do Mar (SSM) registrada na costa do Maranhão durante a estação seca (esquerda) e chuvosa (direita).....	13/36
Figura 4.1-11 – Correntes marinhas superficiais na costa brasileira.....	14/36
Figura 4.1-12 – Correntes marinhas identificadas na região do Atlântico Equatorial, incluindo a costa norte e nordeste brasileira (SEC – Corrente Sul Equatorial; NBC – Corrente Norte do Brasil; BC – Corrente do Brasil; NECC – Contracorrente Norte Equatorial; SEUC – Subcorrente Sul Equatorial; NEUC – Subcorrente Norte Equatorial	15/36
Figura 4.1-13 – Marés na costa brasileira (amplitude média de sizígia)	17/36
Figura 4.1-14 – Campo de ventos a 10 m de altitude registrado para a costa brasileira durante a estação de inverno.....	19/36

Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D - Bacia de Barreirinhas**Estudo Ambiental de Sísmica – EAS**

Figura 4.1-15 – Geologia estrutural da Bacia de Barreirinhas.....	21/36
Figura 4.1-16 – Formações geológicas no estado do Maranhão.....	22/36
Figura 4.1-17 - Carta Estratigráfica da Bacia de Barreirinhas.....	26/36
Figura 4.1-18 – Seção geológica esquemática da Bacia de Barreirinhas	27/36
Figura 4.1-19 - Área em detalhe do Campo de Bancos de Cururupu.	29/36
Figura 4.1-20 - Detalhe do complexo recifal de Manuel Luiz, onde as áreas sombreadas representam os pináculos que ficam expostos durante a baixa-mar.	30/36

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O diagnóstico ambiental foi realizado através do levantamento de dados primários e secundários da área de estudo, abrangendo o meio físico, o meio biótico, o meio socioeconômico e as unidades de conservação. Sendo assim, todos os aspectos utilizados terão abrangência nacional e regional. A abrangência mais específica será realizada para a Bacia de Barreirinhas, tendo em vista que é a única bacia marítima completamente abrangida pela área de estudo.

4.1. MEIO FÍSICO

A Bacia de Barreirinhas está localizada na margem equatorial brasileira, abrangendo parte da costa do estado do Maranhão e a plataforma continental adjacente (MOHRIAK, 2003). Essa bacia é delimitada a leste pelo Alto de Tutóia, representando o marco geográfico que a separa da Bacia do Ceará, e a oeste pela Plataforma de Ilha de Santana, que a separa da Bacia do Pará-Maranhão (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

A área de estudo em questão tem sido objeto de poucas pesquisas geológicas, principalmente devido ao insucesso do esforço exploratório empreendido nas décadas de 60, 70 e 80. Em função disso, a exploração da bacia encontra-se suspensa há mais de 20 anos (FEIJÓ, 1994; MOHRIAK, 2003).

A Bacia de Barreirinhas tem aproximadamente 46.000 km², sendo 8.500 km² emersos e 37.500 km² submersos. A porção marítima dessa bacia se estende até a cota batimétrica de 3.000 m. A posição geográfica encontra-se entre os meridianos 44 O e 42 O e os paralelos 0 S e 3 S (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

4.1.1. Meteorologia

A análise dos parâmetros meteorológicos na área de estudo foi realizada através dos dados registrados pela Estação Meteorológica Convencional de São Luís (82280), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essa estação foi aberta em 18/11/1924, posicionada na latitude -2.53, longitude -44.22 e altitude de 51 m. Os dados analisados compreendem o período de 01/01/1978 a 19/03/2014. Além disso, também foram utilizados os resultados apresentados pelos seguintes trabalhos: IBGE (2002), Cohen *et al.* (1995), Molion & Bernardo (2002), El-Robrini *et al.* (2006) e Silva & Portela (2006).

4.1.1.1 - Clima

Devido a sua grande extensão territorial, tanto latitudinal quanto longitudinalmente, o Brasil possui uma grande diversidade de climas (**Figura 4.1-1**). Na área de estudo, podemos observar a predominância de três tipos de clima: tropical semiárido, tropical semiúmido e equatorial úmido.

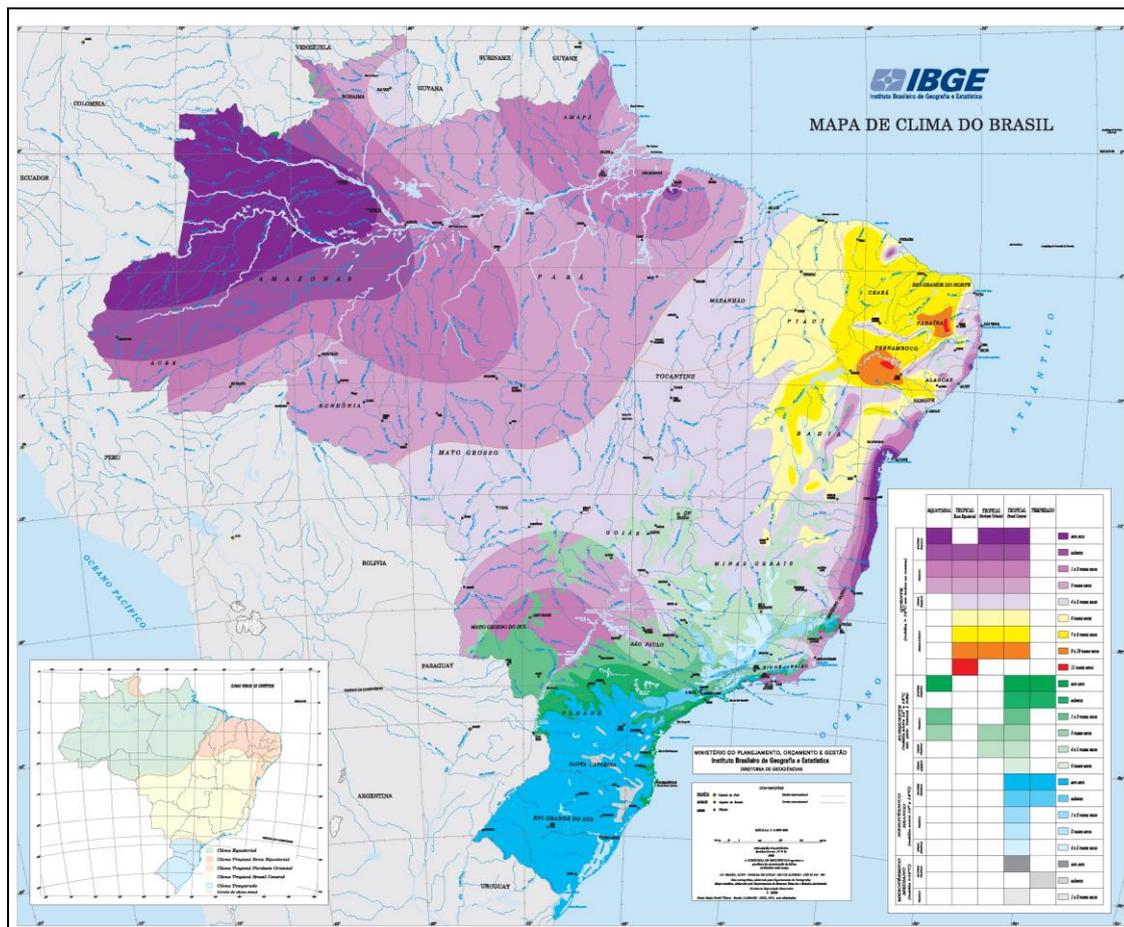


Figura 4.1-1 – Mapa de climas que ocorrem no território brasileiro

O regime meteorológico do litoral norte/nordeste brasileiro (N-NEB), e região oceânica contígua, é influenciado por sistemas de várias escalas que interagem entre si, como por exemplo:

As zonas de convergências ligadas a circulações térmicas diretas que migram sazonalmente de noroeste para sudeste, provocando o aquecimento diabático no verão do hemisfério sul, responsável pela formação da Alta da Bolívia (AB) e do vórtice ciclônico do nordeste brasileiro (sistemas de grande escala) (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

A formação de aglomerados convectivos associados à Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (sistemas de escala sinótica) (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Os aglomerados de cumulonimbus (CB) associados às linhas de instabilidade (LI), tipicamente surgindo na costa atlântica, forçadas pela circulação da brisa marítima e propagando-se para sudoeste (sistemas de escala sub-sintótica) (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

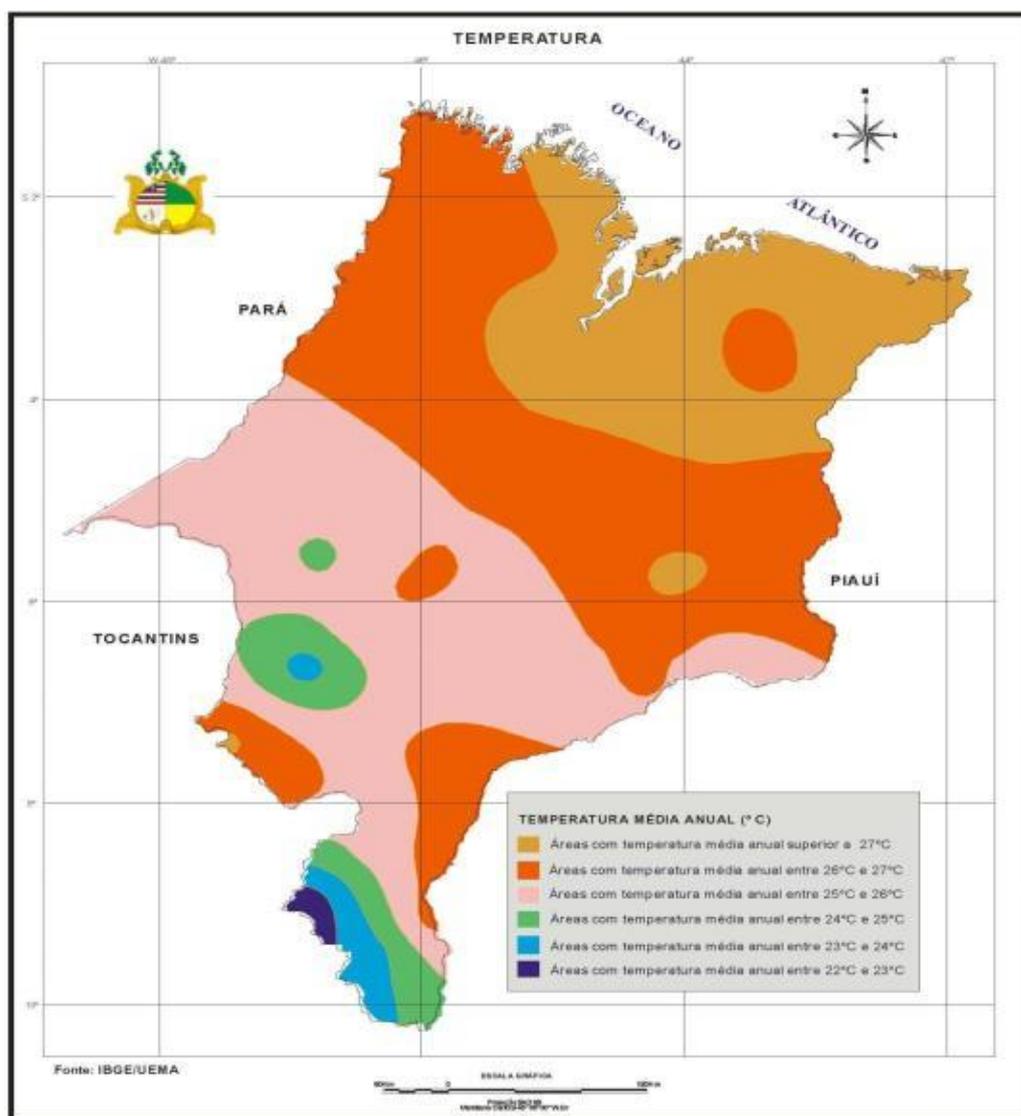
Aglomerados de cumulonimbus (CB) com aproximadamente 100 km e célula isolada de cumulonimbus (CB) com 10 a 20 km (sistemas de meso-escala e pequena escala) (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

4.1.1.2 - Temperatura do Ar

Na zona costeira do estado do Maranhão, variação das temperaturas médias ocorre entre as estações do ano, onde os valores mínimos são registrados durante o período chuvoso (janeiro a junho), com valores médios em torno de 24°C. Entretanto, os valores mínimos absolutos são registrados no período outono-inverno (abril a agosto), devido à influência de sistemas frontais nesta região. Os valores máximos são registrados no período primavera-verão (setembro a março). Contudo, os valores máximos absolutos são registrados entre novembro e janeiro, com valores médios de 38,5°C (EL-ROBRINI, 2006).

Segundo os dados consultados no INMET, a temperatura do ar (°C) na área de estudo apresenta baixa amplitude de variação temporal, sendo uma região marcada por temperaturas elevadas ao longo de todo ano. A temperatura média diária registrada na área variou de 23°C a 31°C. Em geral, o mês de novembro é o mais quente e o mês de julho é o mais frio.

O registro da temperatura média anual (°C) no estado pode ser observado na **Figura 4.1-2**. De acordo com essa figura, podemos visualizar que a porção terrestre contígua a Bacia de Barreirinhas apresenta as maiores temperaturas registradas, com média anual superior a 27°C.



(Fonte: IBGE/UEMA).

Figura 4.1-2 – Temperatura média anual (°C) registrada para o estado do Maranhão

4.1.1.3 - Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar na área de estudo apresenta amplitude de variação mais expressiva, porém a região também é marcada pela alta umidade ao longo de todo ano. De acordo com os dados consultados no INMET, a umidade relativa média diária na área de estudo variou de 70% a 93%, possuindo uma média anual superior a 82%. O período com ocorrência de menor umidade corresponde ao período mais quente do ano, principalmente nos meses de outubro e novembro.

O registro da umidade relativa do ar anual (%) no estado pode ser observado na **Figura 4.1-3**. De acordo com essa figura, podemos visualizar que a porção terrestre contígua a Bacia de Barreirinhas apresenta os maiores valores de umidade relativa do ar. Destaca-se a região em torno da capital São Luís, localizada entre as baías de São Marcos e São José, que apresenta valores anuais de umidade relativa superiores a 82%.



(Fonte: IBGE/UEMA).

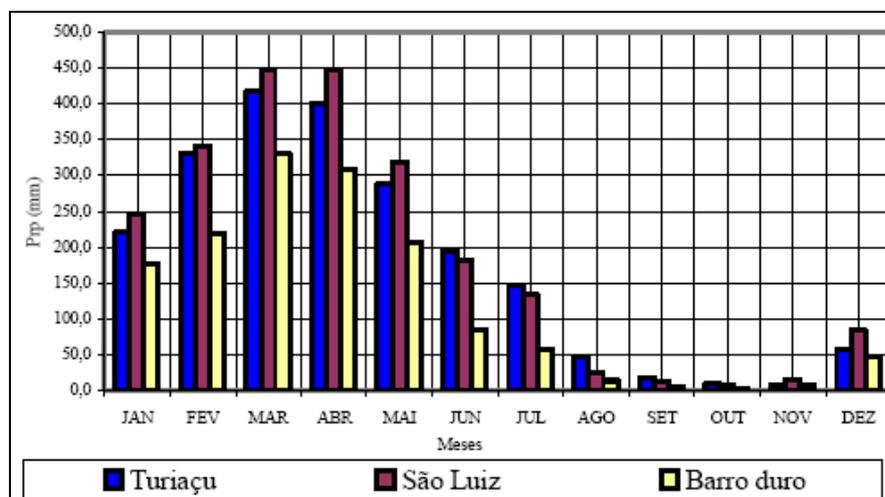
Figura 4.1-3 – Umidade relativa do ar anual (%) registrada para o estado do Maranhão

4.1.1.4 - Precipitação

A precipitação média anual (mm) na área de estudo é de aproximadamente 1.600 mm, podendo ocorrer máximas superiores a 2.500 mm por ano. A precipitação apresenta heterogeneidade com ciclo anual bem distinto, marcado por uma estação de estiagem e outra chuvosa (EL-ROBRINI *et al.*, 2006). Esse ciclo pode ser atribuído ao efeito do posicionamento da Zona Convergente Intertropical (ZCIT) próximo ao litoral, caracterizada por uma confluência de ventos alísios com elevada nebulosidade capaz de aumentar a precipitação entre janeiro e maio (**Figura 4.1-4**).

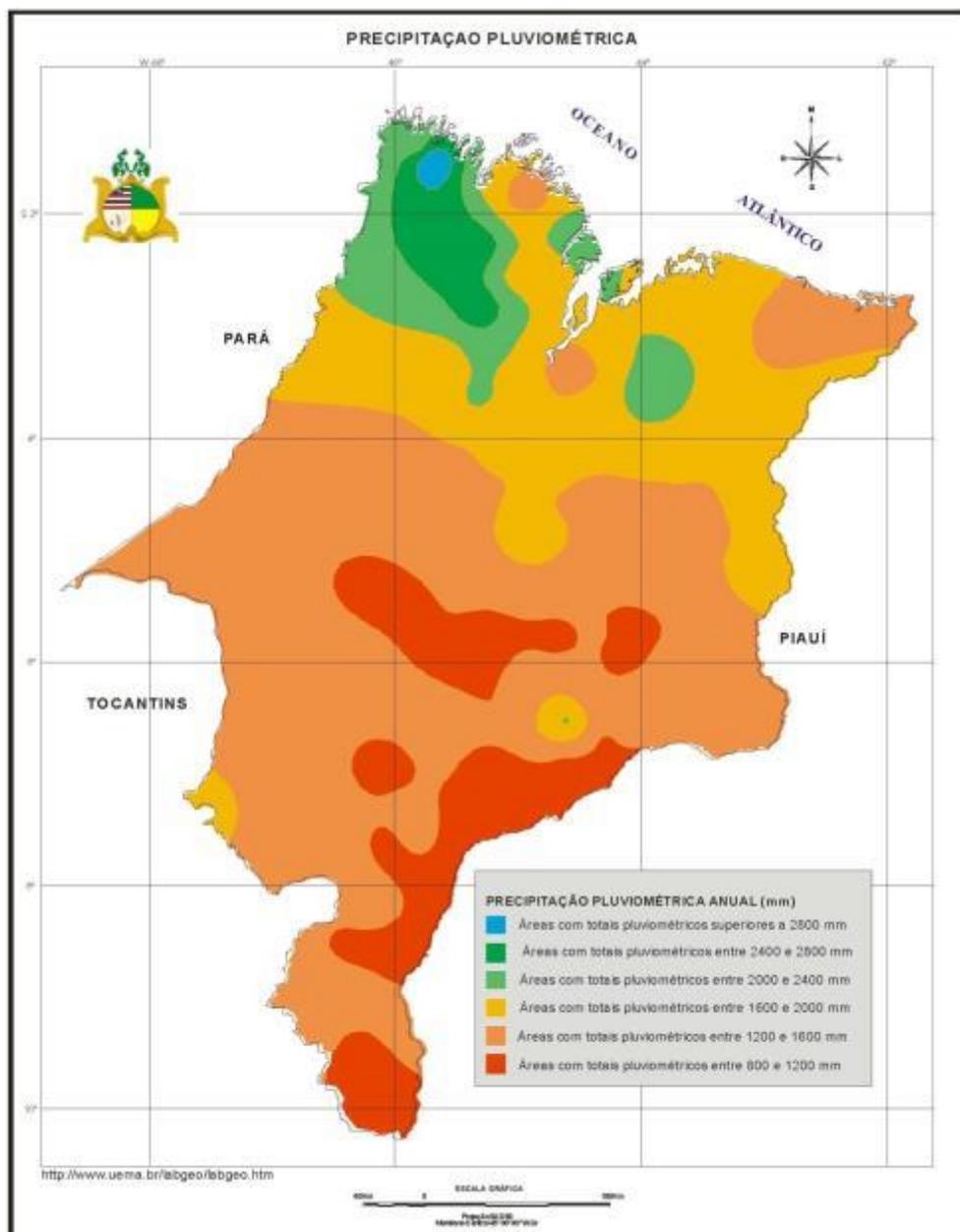
Além disso, durante todo o ano, sistemas precipitantes são formados a partir de Linhas de Instabilidade (LI) que surgem devido à circulação de brisa marítima ao longo da costa atlântica da Guiana Francesa até o norte do Maranhão (COHEN *et al.*, 1995; MOLION & BERNARDO, 2002).

O registro da precipitação pluviométrica anual (mm) no estado pode ser observado na **Figura 4.1-5**. De acordo com essa figura, podemos visualizar que a precipitação é bem distribuída por todo o território. No entanto, destaca-se a região próxima as reentrâncias maranhenses, que apresenta valores de precipitação muito superiores ao restante do estado. Nessa região, a precipitação é superior a 2.000 mm.



(Fonte: Silva e Portela, 2006).

Figura 4.1-4 – Precipitação pluviométrica (mm) registrada em três estações no estado do Maranhão (Turiaçu – 1980 a 2003; São Luís – 1966 a 2001; e Barro Duro – 1984 a 2000)



(Fonte: IBGE/UEMA).

Figura 4.1-5 – Precipitação pluviométrica anual (mm) registrada para o estado do Maranhão

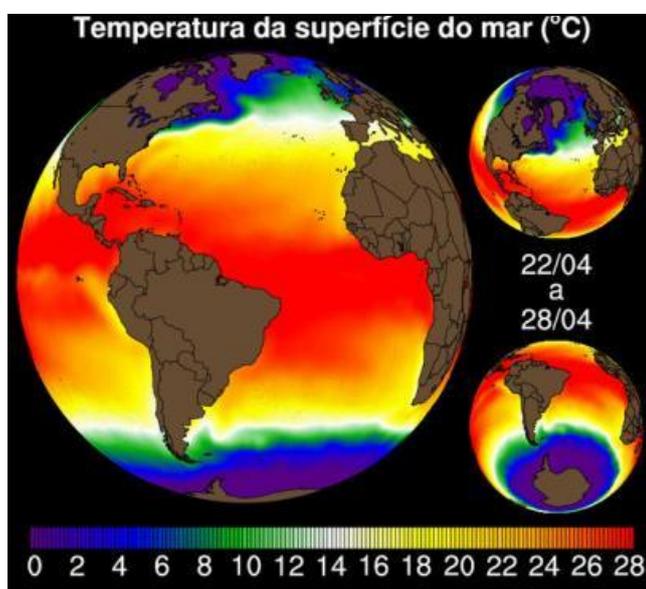
4.1.2. Parâmetros Oceanográficos

A caracterização dos parâmetros oceanográficos na área de estudo foi realizada através do levantamento dos resultados encontrados nos seguintes trabalhos: Feitosa (1989), Miguens (1996), Innocentini *et al.* (2000), Innocentitni *et al.* (2005), Schouten *et al.* (2005), Ross (2005), El-Robrini *et al.* (2006), Pontes (2007), Silva *et al.* (2007), Pontes & El-Robrini (2008) e IBGE (2011).

4.1.2.1 - Temperatura da Água

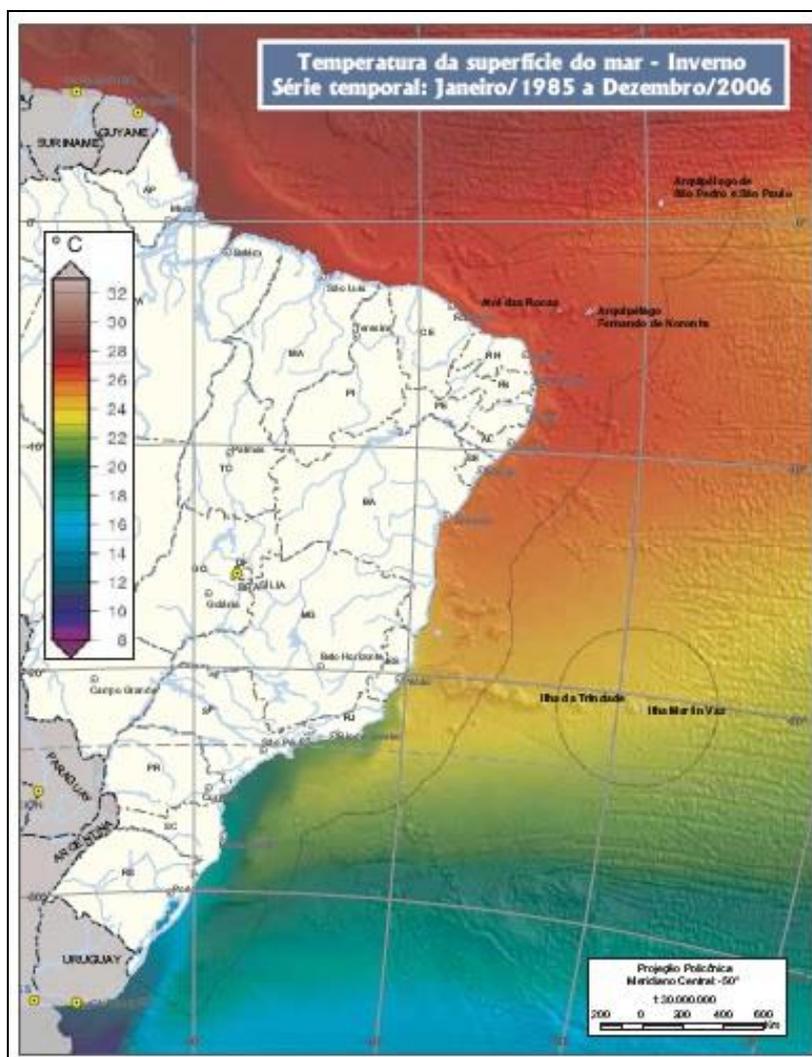
A temperatura da superfície do mar (TSM) tem sido estudada como uma importante variável para compreender a troca de calor na interface oceano-atmosfera e, conseqüentemente, para prever as variações climáticas. A variabilidade da TSM pode exercer influência sobre a ocorrência de tempestades e tormentas tropicais, a duração de estiagens e a distribuição de flora e fauna marinha (SILVA *et al.*, 2007).

Na **Figura 4.1-6**, pode ser observada a TSM registrada para os oceanos localizados no hemisfério ocidental. Na **Figura 4.1-7**, pode ser observada em detalhe a TSM registrada para a costa brasileira durante o inverno, estação do ano em que será realizada a atividade de pesquisa sísmica marítima.



(Fonte: NOAA).

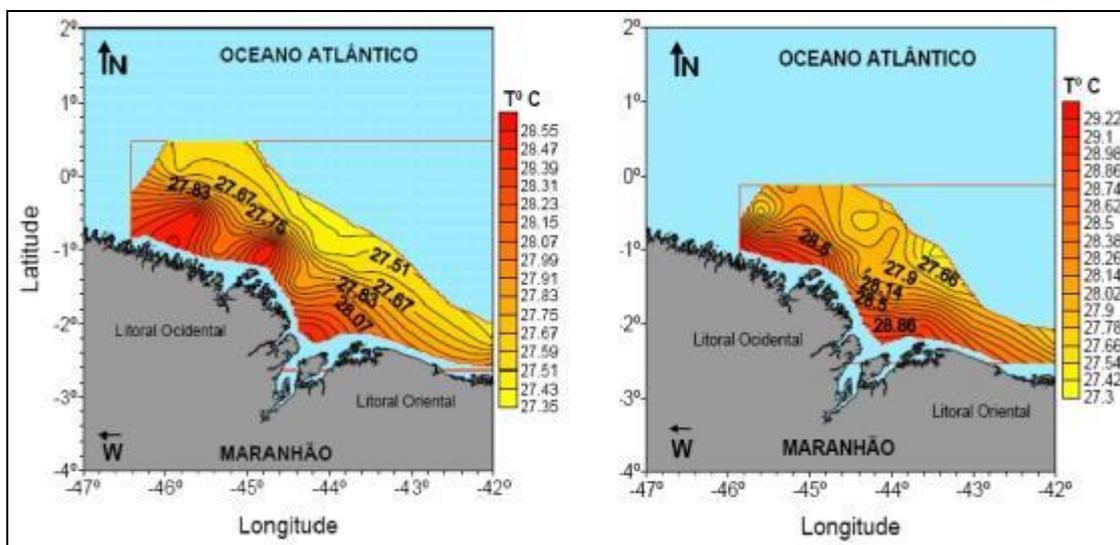
Figura 4.1-6 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada nos oceanos localizados no hemisfério ocidental



(Fonte: IBGE, 2011).

Figura 4.1-7 - Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada na costa brasileira

A TSM registrada na Plataforma Continental do Maranhão mostra que a área próxima à costa apresenta as temperaturas mais elevadas, diminuindo conforme a profundidade aumenta, tornando-se praticamente uniforme a partir dos 40 m (**Figura 4.1-8**). O padrão de distribuição da TSM na costa do Maranhão indica que ocorre influência das águas costeiras, carreando uma grande concentração de material em suspensão e propiciando maior absorção de luz e calor nas camadas superficiais. Segundo Silva *et al.* (2007), durante o período seco, a TSM oscila entre 27,35 °C e 28,55 °C, e durante o período chuvoso, a TSM oscila entre 27,4 °C e 29,2 °C.



(Fonte: Pontes, 2007).

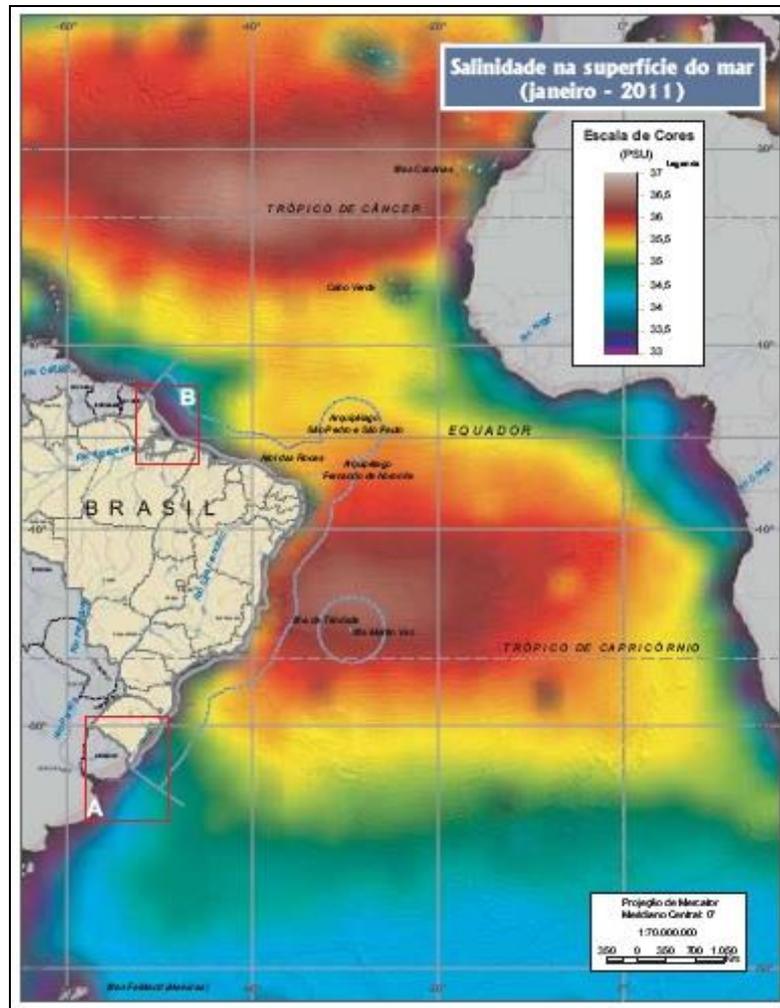
Figura 4.1-8 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM) registrada na costa do Maranhão durante a estação seca (esquerda) e chuvosa (direita)

4.1.2.2 - Salinidade

Assim como a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), a Salinidade da Superfície do Mar (SSM) tem sido estudada como uma importante variável para compreender a troca de calor na interface oceano-atmosfera e, conseqüentemente, para prever as variações climáticas (SILVA *et al.*, 2007).

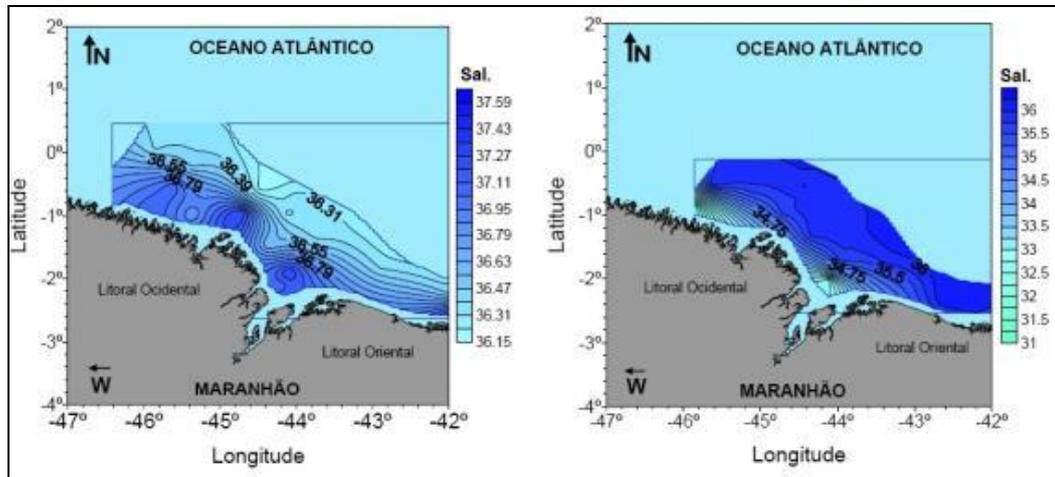
Na **Figura 4.1-9**, pode ser observado a SSM registrada no oceano Atlântico. Destaca-se a diminuição da salinidade na costa norte brasileira, provavelmente associada ao aporte da água doce dos rios caudalosos que deságuam na região.

Durante o período seco (novembro), a SSM registrada na Plataforma Continental do Maranhão apresenta valores maiores na região próxima à costa, diminuindo conforme aumenta a profundidade. Esse padrão se inverte durante o período chuvoso (junho), quando a SSM apresenta valores menores na região próxima à costa, aumentando conforme a profundidade (**Figura 4.1-10**). Segundo Pontes (2007), durante a estação seca, a SSM oscila entre 36,15 ppm e 37,59 ppm, e durante o período chuvoso, a SSM oscila entre 31 ppm e 36,2 ppm.



(Fonte: IBGE, 2011).

Figura 4.1-9 – Salinidade da Superfície do Mar (SSM) registrada no oceano Atlântico



(Fonte: Pontes, 2007).

Figura 4.1-10 - Salinidade da Superfície do Mar (SSM) registrada na costa do Maranhão durante a estação seca (esquerda) e chuvosa (direita)

4.1.2.3 - Massas d'Água

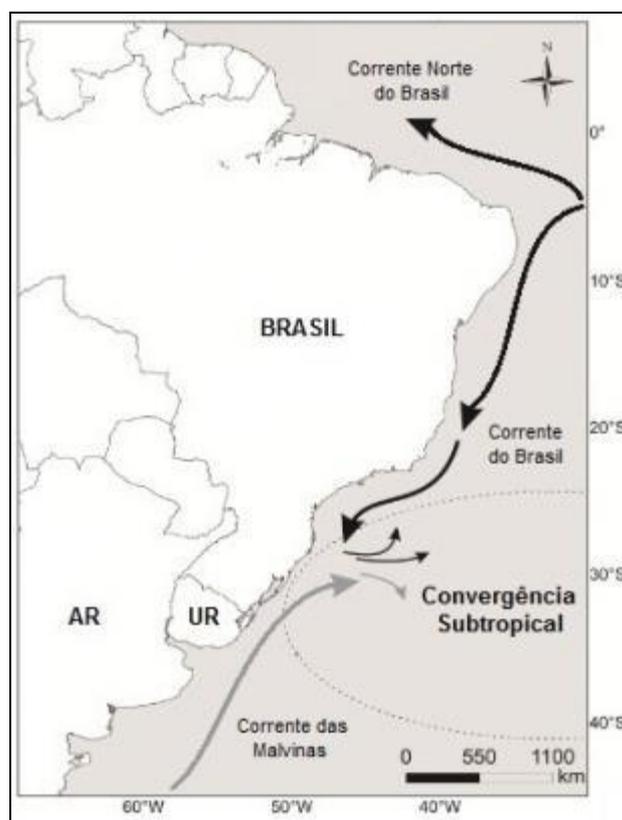
No oceano Atlântico Sul ocorrem várias massas de água, as quais proporcionam uma estratificação bem acentuada da coluna d'água. As seguintes massas de água podem ser identificadas nessa região: Água Central do Atlântico (Água Tropical, Água de Mistura, Água Costeira e Água Central do Atlântico Sul), Água Antártica Intermediária, Água Antártica Circumpolar Superior, Água Antártica Circumpolar Inferior, Água Profunda do Atlântico Norte e Água Antártica de Fundo (PONTES & EL-ROBRINI, 2008).

No litoral do Maranhão, durante o período seco (novembro), pode ser identificada a Água Tropical (AT), que se estende por até 80 km da costa e alcança a profundidade de 60 m. Essa massa de água é conhecida por ser tipicamente oceânica com temperatura entre 26,6 °C e 28,7 °C, salinidade entre 36,15 ppm e 37,35 ppm e densidade entre 23,44 kg/m³ e 24,04 kg/m³ (PONTES, 2007).

Durante o período chuvoso (junho), podem ser identificadas quatro massas de água: Água Costeira (AC), Água de Mistura (AM), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A AC apresenta características físicas de águas continentais, com temperatura alta e salinidade relativamente baixa. A AM é formada pela intensa mistura entre as águas continentais (AC) e oceânicas (AT). A AT apresenta características físicas puramente oceânicas, sendo encontrada somente a grandes distâncias da costa. A ACAS só foi verificada em frente ao rio Itapecuru, longe da costa e abaixo da camada de mistura (PONTES, 2007).

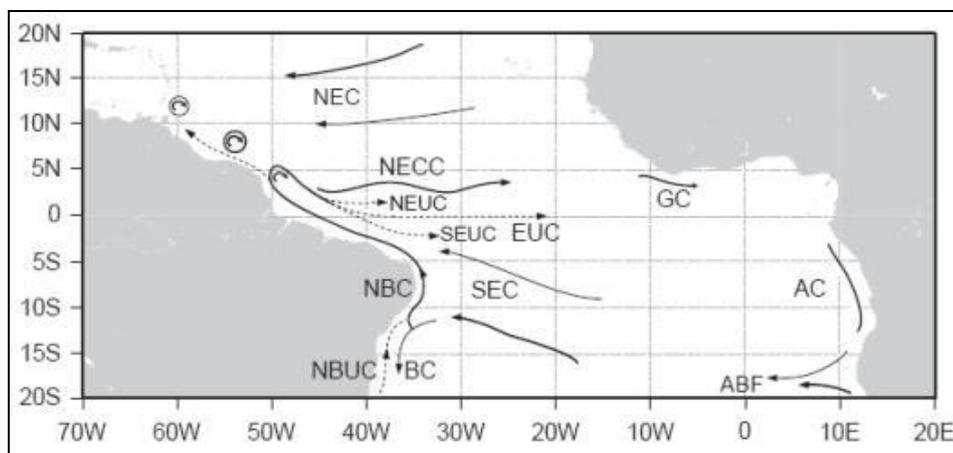
4.1.2.4 - Correntes Marinhas

A circulação oceânica no Atlântico Equatorial é caracterizada por uma complexidade de correntes e contracorrentes que escoam tanto no plano vertical quanto no plano horizontal. Ao sul da linha do equador, as camadas de água superiores são dominadas pela deriva da Corrente Sul Equatorial (CSE), na direção oeste. Após alcançar a costa brasileira, essa corrente sofre uma bifurcação, formando a Corrente Norte do Brasil (CNB), que flui para o norte, e a Corrente do Brasil (CB), que flui para o sul (**Figura 4.1-11**). Dependendo da estação do ano, a CNB retroflete e abastece o fluxo para leste da Contracorrente Norte Equatorial (CCNE) e de um conjunto complexo de fluxos superficiais, incluindo a Subcorrente Equatorial (SCE), Subcorrente Norte Equatorial (SCNE) e Subcorrente Sul Equatorial (SCSE) (PONTES, 2007) (**Figura 4.1-12**).



(Fonte: www.ufrgs.br).

Figura 4.1-11 – Correntes marinhas superficiais na costa brasileira



(Fonte: Schouten *et al.*, 2005).

Figura 4.1-12 – Correntes marinhas identificadas na região do Atlântico Equatorial, incluindo a costa norte e nordeste brasileira (SEC – Corrente Sul Equatorial; NBC – Corrente Norte do Brasil; BC – Corrente do Brasil; NECC – Contracorrente Norte Equatorial; SEUC – Subcorrente Sul Equatorial; NEUC – Subcorrente Norte Equatorial)

Segundo Pontes (2007), a Plataforma Continental do Maranhão é parcialmente influenciada pela CNB. Essa corrente apresenta direção noroeste, aumentando a velocidade em direção às águas oceânicas durante o período chuvoso. Estima-se que a corrente alcance 100 cm/s na região da quebra do talude continental. Além disso, perto do litoral do Maranhão existe uma corrente costeira que flui de noroeste para sudeste, apresentando maiores velocidades à medida que se aproxima da costa.

Segundo El-Robrini *et al.* (2006), a CNB apresenta velocidade que varia entre 25 e 200 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, verificando-se velocidades instantâneas maiores, as quais dependem de padrões de ventos e da localização desses padrões no trajeto da corrente. Em geral, o limite mais interno da corrente situa-se dentro de uma faixa distante 20 a 40 km da linha da costa, enquanto que as velocidades máximas desenvolvem-se em uma faixa que dista entre 150 e 200 km da costa.

4.1.2.5 - Ondas

Parte do litoral da região nordeste do Brasil está exposta a ação direta dos ventos alísios ao norte e ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Extensas e duradouras pistas produzem agitação marítima caracterizada por ondas locais, definidas como vagas ou *wind-sea*, propagando-se predominantemente de leste para o litoral. Além disso, outra parte do nordeste está voltada para o hemisfério norte, sendo suscetível a receber ondas geradas em áreas distantes do Atlântico Norte,

sendo denominadas marulhos ou *swell*. As ondas formadas por ação dos ventos alísios na região nordeste apresentam alturas abaixo de 1 m e 1,5 m em mar aberto (INNOCENTINI *et al.*, 2005; EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Na área de estudo, podem ser registradas ondas com altura entre 1 m e 4 m. Eventualmente, quando ocorrem tempestades formadas no extremo norte do oceano Atlântico, as ondas chegam nessa região com período de intervalo entre 15 a 20 s. As direções predominantes das ondas são norte e leste, sendo que as ondas com direção leste são significativamente maiores. A variação na altura das ondas segue um padrão sazonal, sendo as maiores registradas durante a primavera e o verão.

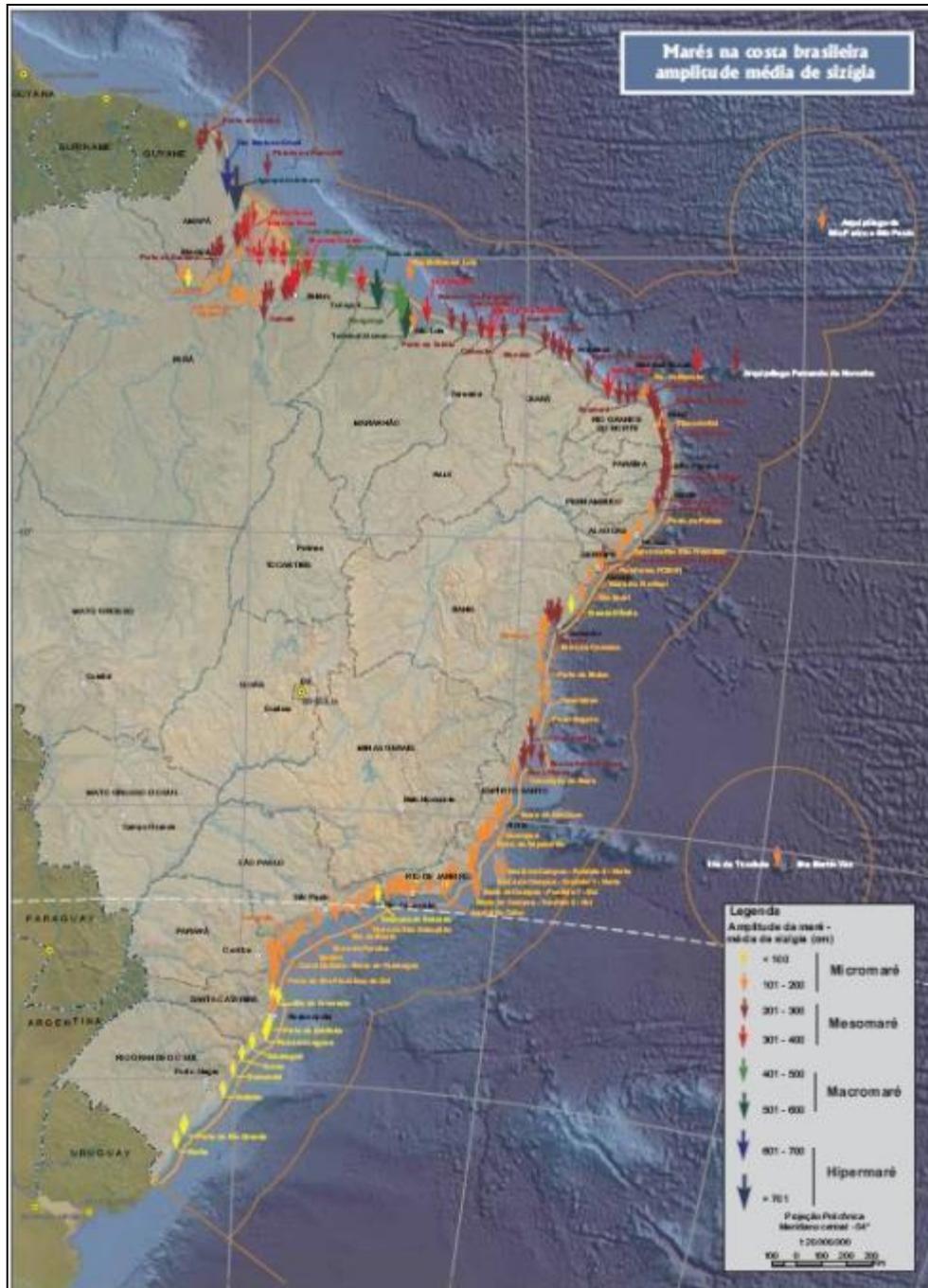
4.1.2.6 - Marés

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada principalmente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra. Os movimentos relativos Sol-Terra-Lua fazem com que as marés sejam movimentos harmônicos compostos que podem, conseqüentemente, ser decompostos em vários movimentos harmônicos simples, expressos por equações matemáticas. As marés de sizígia são aquelas que ocorrem durante a Lua Cheia e a Lua Nova, ocasionando preamares muito altas e baixa-mares muito baixas. As marés de quadratura são aquelas que ocorrem durante a Lua Minguante e a Lua Crescente, ocasionando preamares mais baixas e baixa-mares mais altas (MIGUENS, 1996).

A região do Atlântico Equatorial sofre influência predominante das marés semidiurnas (PONTES, 2007). Nesse tipo de maré há a ocorrência de duas preamares e duas baixa-mares no período de um dia lunar (24h50 m). O intervalo de tempo entre uma preamar e a baixa-mar consecutiva é pouco superior a 6 horas (MIGUENS, 1996).

O litoral do Maranhão possui uma das maiores amplitudes de maré da costa brasileira e do mundo (**Figura 4.1-13**). Na região do Golfão Maranhense, Feitosa (1989) mostrou que a amplitude de maré pode oscilar entre 4,9 m e 7,2 m, com média de 6,6 m. Durante a sizígia, a amplitude alcança a altura de 7,2 m, porém, na maioria do tempo, as amplitudes de marés são inferiores a 5,5 m.

A previsão da maré no Porto de Itaqui (MA) para o mês de julho de 2015, período em que será realizada a atividade, mostra que a maior altura de maré será de 6,1 m e a menor de 0,1 m, com média de 3,1 m (Marinha do Brasil – mar.mil/dhn).



(Fonte: IBGE, 2011).

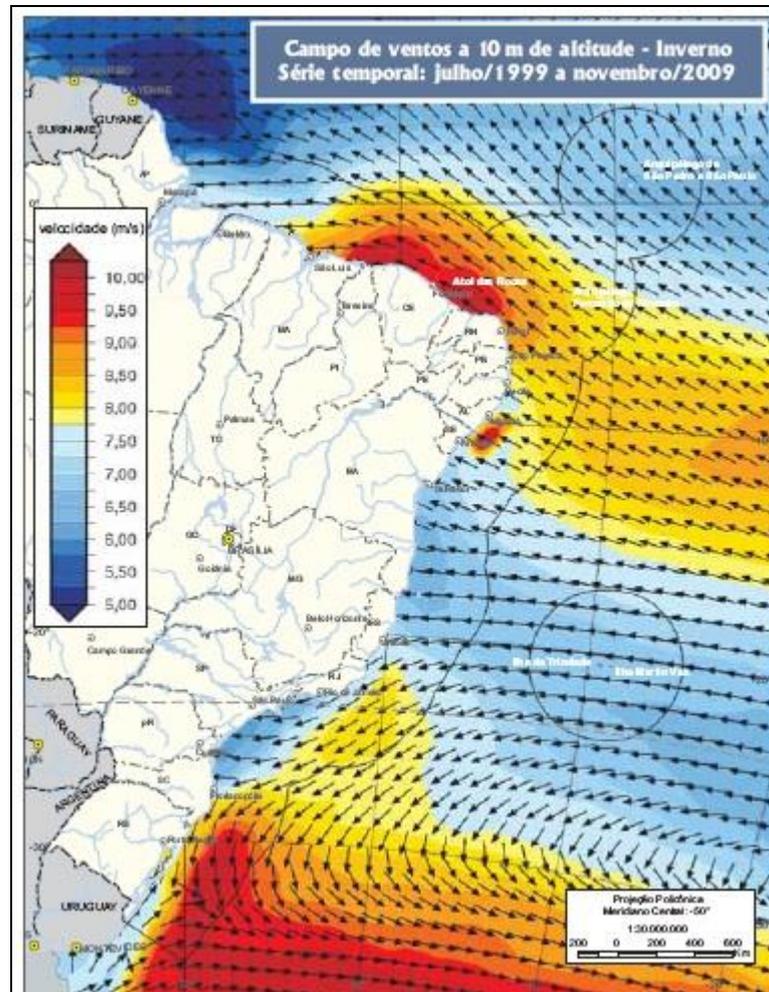
Figura 4.1-13 – Marés na costa brasileira (amplitude média de sizígia)

4.1.2.7 - Vento

O ar atmosférico está sempre em movimento na forma de massa de ar ou de vento, influenciando as condições de tempo e clima no local de ocorrência, de acordo com as suas características. Quando diferentes massas de ar se encontram, forma-se uma zona de instabilidade meteorológica, chamada de frente. No Brasil, destaca-se a influência de cinco massas de ar: Massa Equatorial Atlântica – mEa (quente e úmida), Massa Equatorial Continental – mEc (quente e úmida), Massa Tropical Atlântica – mTa (quente e úmida), Massa Tropical Continental – mTc (quente e seca) e Massa Polar Atlântica – mPa (fria e úmida) (ROSS, 2005).

O vento no litoral norte brasileiro segue essencialmente a circulação de grande escala com predominância de fluxo zonal de leste, atingindo uma velocidade média em torno de 5 m/s. Ressalta-se que a velocidade do vento aumenta com a proximidade do litoral, devido ao efeito de brisa acentuado. Com a chegada da primavera e o início do verão, a velocidade do vento aumenta significativamente em função da influência dos ventos alísios, que passam a soprar mais sobre a região tropical (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Na **Figura 4.1-14**, pode ser observado o campo de ventos na costa brasileira durante a estação de inverno, período de realização da atividade de pesquisa sísmica marítima. Destaca-se a intensidade dos ventos na região nordeste, relacionada à influência dos ventos alísios e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).



(Fonte: IBGE, 2011).

Figura 4.1-14 – Campo de ventos a 10 m de altitude registrado para a costa brasileira durante a estação de inverno

De acordo com os dados consultados no INMET, a velocidade média do vento diária na área de estudo variou entre 0 m/s e 5 m/s. O período com maior velocidade de vento corresponde ao período mais quente do ano, principalmente nos meses de outubro e novembro, devido à influência dos ventos alísios que passam a soprar mais sobre a região tropical. Sendo assim, o período de verão é considerado o mais propício para ocorrência de ventos intensos, podendo alcançar velocidade superiores a 8,33 m/s. Na maior parte do ano, há predominância de ventos com direção nordeste e leste com velocidade variando entre 2,1 a 5,9 m/s. No mês de julho, mês de realização da atividade, ocorre uma mudança na direção dos ventos alísios que passam a soprar de nordeste para sudeste (EL-ROBRINI *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007).

4.1.3. Geologia

Segundo Feijó (1994), a Bacia de Barreirinhas tem sido objeto de poucos estudos geológicos, tendo vista ao insucesso do esforço exploratório empreendido nas décadas de 60, 70 e 80. A caracterização geológica da área de estudo foi realizada através do levantamento dos resultados encontrados nos seguintes trabalhos: Damuth & Palma (1979); Kowsmann & Costa (1979); Palma (1979); Palma (1984); Regali *et al.* (1985); Feijó (1994); Rocha & Rosa (2001); Mohriak (2003); Trosdorf-Jr *et al.* (2007); Silva (2011); Ferreira (2013).

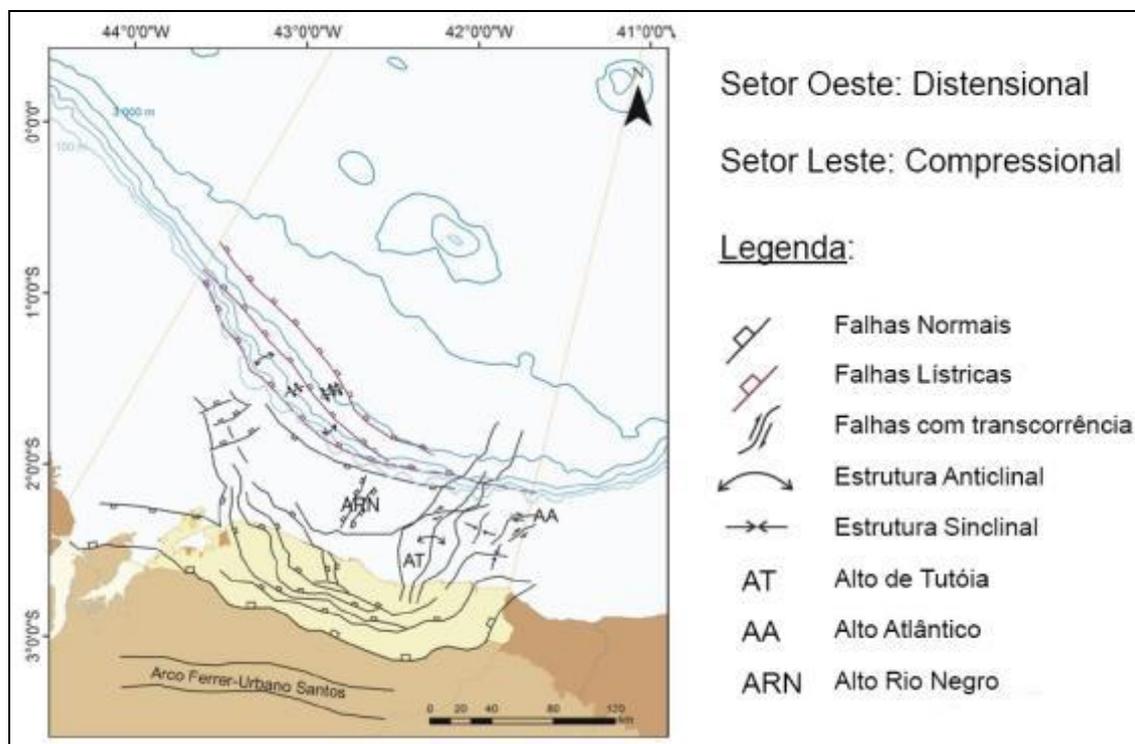
4.1.3.1 - Origem e Evolução

A origem e evolução da Bacia de Barreirinhas estão associadas à separação transformante dos continentes sul-americano e africano. A bacia tem sido considerada como um clássico exemplo de bacia transtensional rômbrica associada à movimentação dextral e projeção em crosta continental da Zona de Fratura Oceânica Romanche, que a corta pela metade, estendendo-se para oeste até a Ilha de São Luís (TROSDFORF-JR *et al.*, 2007; SILVA, 2011).

Na **Figura 4.1-15**, pode ser observada a geologia estrutural da Bacia de Barreirinhas, e na **Figura 4.1-16**, podem ser observadas as formações geológicas identificadas no estado do Maranhão, sendo considerada a porção terrestre contígua à bacia em questão.

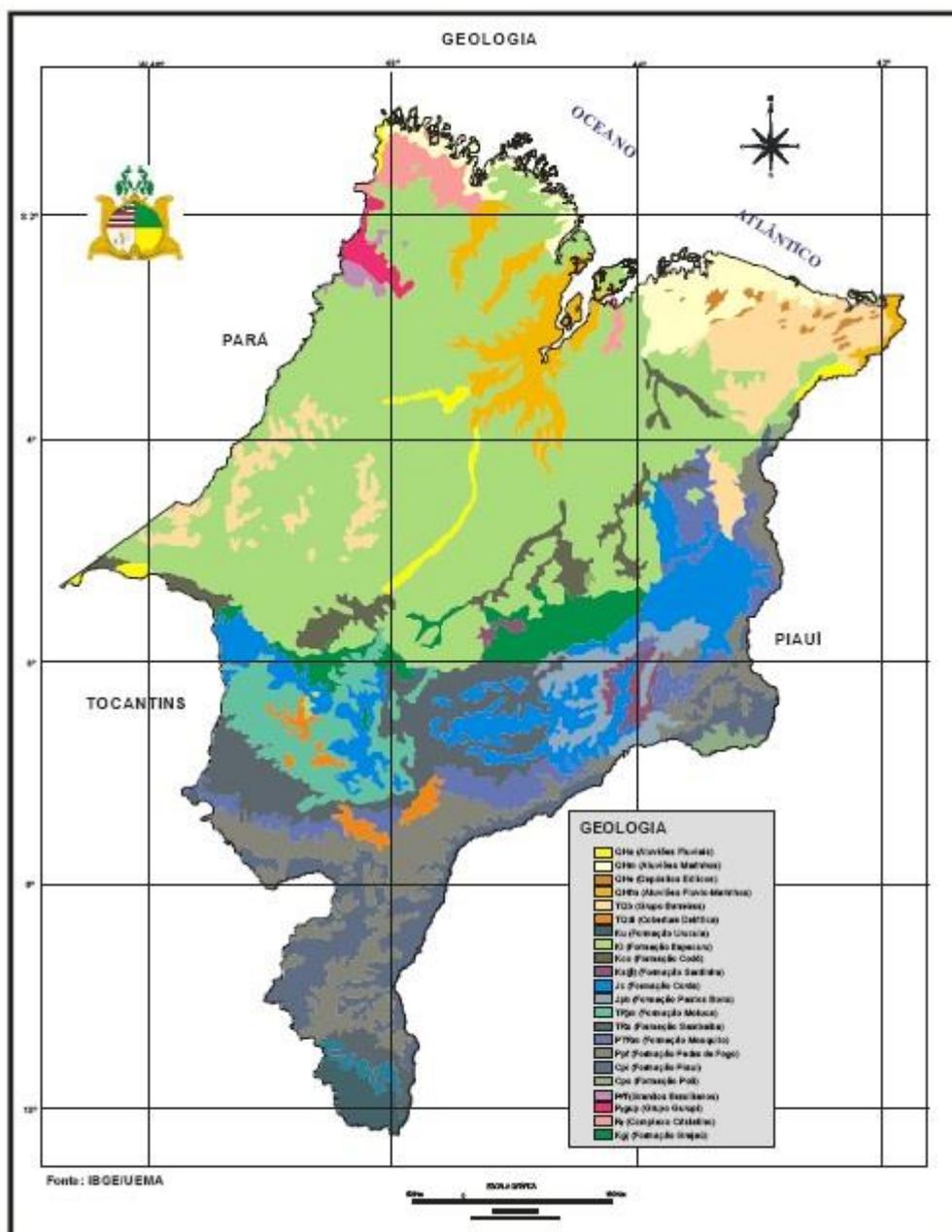
A Bacia de Barreirinhas iniciou-se onde hoje é a sua porção marítima através de rifteamento de idade aptiana. Durante o Albiano, o rifteamento propagou-se para oeste/sudoeste, em padrão *backstepping*, formando a porção terrestre da bacia e as adjacentes bacias de Ilha Nova, São Luís e Bragança-Viseu. Entre esses dois eventos, caracterizados por depocentros bem nítidos e camadas de crescimento, ocorre uma seção de espessura homogênea constituída por refletores plano-paralelos, sem tectônica *sin-sedimentar*, de idade aptiana, atribuíveis a Formação Codó. Por suas características tectono-sedimentares, esta sequência indica uma interrupção no processo de rifteamento e pode ser interpretada como tendo sido depositada em uma bacia do tipo *sag* pós-rifte II ou *sag* pós-rifte III (TROSDFORF-JR *et al.*, 2007).

Uma particularidade da Bacia de Barreirinhas é a espessa seção drifte depositada sobre a crosta oceânica (>10 km), que pode ser encontrada na porção de águas profundas e ultra-profundas da bacia. A fase drifte inicia-se no final do Neo-Albiano e estende-se até o Recente (TROSDFORF-JR *et al.*, 2007).



(Fonte: Ferreira, 2013).

Figura 4.1-15 – Geologia estrutural da Bacia de Barreirinhas



(Fonte: IBGE/UEMA).

Figura 4.1-16 – Formações geológicas no estado do Maranhão

4.1.3.2 - Estratigrafia

De acordo com Feijó (1994), a Bacia de Barreirinhas está dividida litoestratigraficamente em três grupos (**Figura 4.1-17**):

Grupo Canárias: Compreende leques deltáicos de ambiente marinho, de idade eo/mesoalbiana, datados com base em foraminíferos planctônicos e palinomorfos (REGALI *et al.*, 1985). É composto por rochas de origem siliciclástica, incluindo arenito lítico imaturo, cinza claro, fino a grosso; siltito cinza a castanho avermelhado; e folhelho cinza médio a esverdeado. Este grupo é formado pelas seguintes formações:

Formação Arpoador – folhelhos escuros;

Formação Bom Gosto - arenitos grossos;

Formação Tutóia - folhelhos escuros;

Formação Barro Duro – arenitos médios cinzentos.

Grupo Caju: Corresponde a um ambiente nerítico de alta e baixa energia, datado como Neoalbiano com base em foraminíferos planctônicos e palinomorfos (REGALI *et al.*, 1985). O Grupo Caju é composto por rochas de origem marinha, incluindo calcarenitos, calcilutitos e folhelhos subordinados e inclui as seguintes formações:

Formação Bom Fim – calcarenitos bioclásticos e oncolíticos;

Formação Preguiças – calcilutitos creme;

Formação Peria – folhelhos cinza e calcarenitos subordinados, correspondendo a um ambiente marinho raso de idade Neoalbiana.

Grupo Humberto de Campos: Equivale a um ambiente marinho profundo, batial e abissal, datado com base em palinomorfos pertencentes ao intervalo Turoniano -Oligoceno (REGALI *et al.*, 1985). O Grupo Humberto de Campos é composto por rochas de origem marinha, incluindo carbonatos de alta energia, folhelhos escuros, clásticos grossos e arenitos finos, que inclui as seguintes formações:

Formação Areinhas – clásticos grossos;

Formação Ilha de Santana – carbonatos de alta energia;

Formação Travosas – folhelhos escuros e arenitos finos.

Em relação às sequências sedimentares, são reconhecidas três megassequências para a Bacia de Barreirinhas, segundo Mohriak (2003):

Megassequência pré-rifte – Rochas sedimentares e ígneas da subjacente Bacia do Parnaíba e, também, sedimentos jurássicos e eocretácicos, além de rochas ígneas da Formação Sardinha;

Megassequência sinrifte – De idade Eo-Cretácea ao Albo-Aptiano, iniciou com a tectônica extensional, sendo representada pelos sedimentos clásticos de um complexo flúviodeltáico correspondentes ao Grupo Canárias;

Megassequência pósrifte - Inclui as rochas dos grupos Caju e Humberto de Campos, sendo o primeiro composto por clásticos e carbonatos de alta e baixa energia albocenomanianos e o último correspondente a uma seção progradante nerítica e batial de idade turoniana oligocênica.

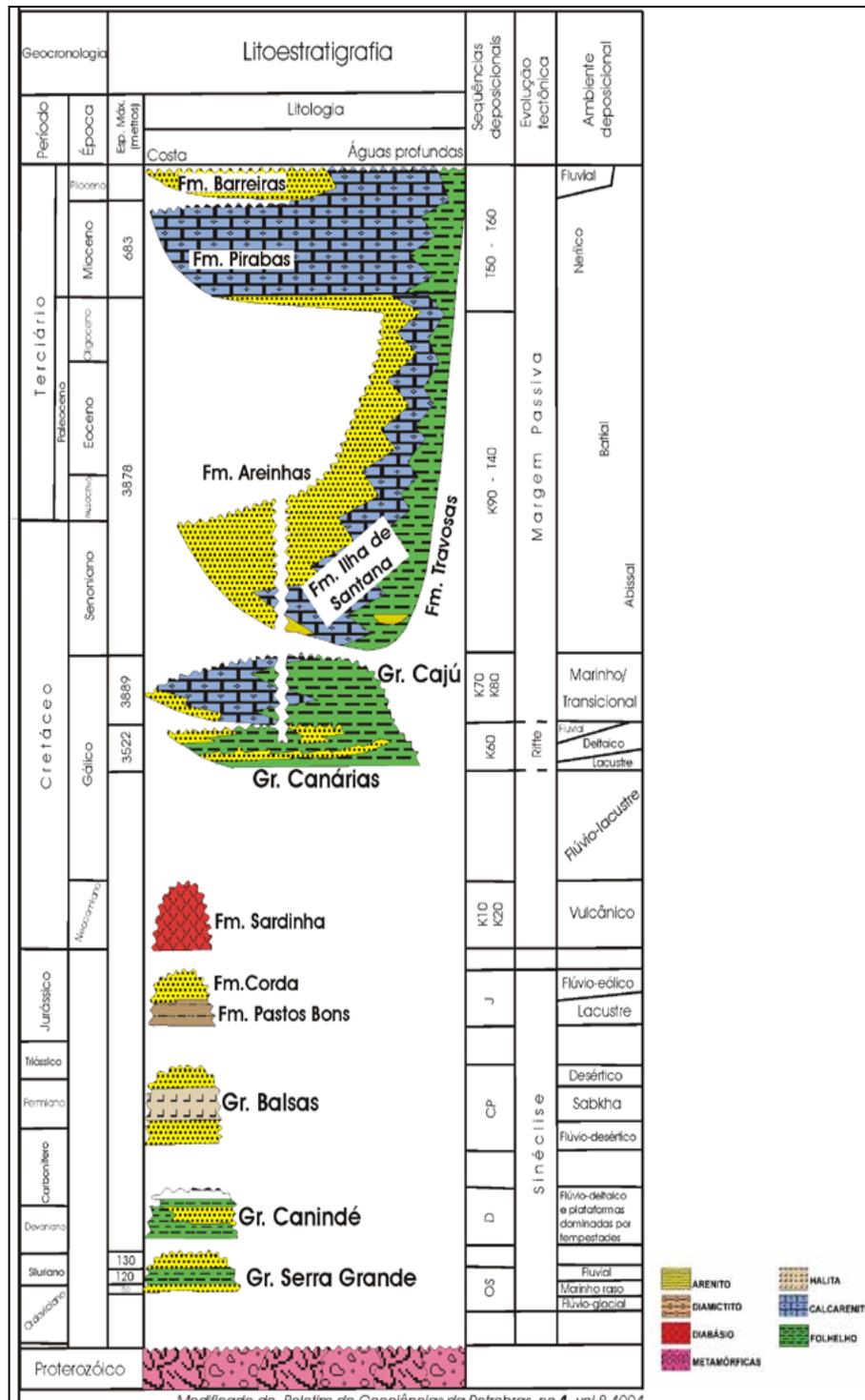
A Bacia de Barreirinhas desenvolveu-se sobre três grandes elementos: Cráton de São Luís, Faixa Gurupi e Província Borborema. A Zona de Fratura Oceânica Romanche, que está relacionada à formação da bacia, nucleou-se no contato entre a parte arqueana do Cráton de São Luís e a Faixa Gurupi (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

Na porção sul da Zona de Fratura Oceânica Romanche, a bacia encontra-se fortemente deformada por estruturas transpressionais de idade cenomaniana. Por outro lado, na porção norte, a Bacia de Barreirinhas adquire um formato típico de bacia de margem passiva, passando quase que imperceptível para a Bacia do Pará-Maranhão (**Figura 4.1-18**) (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

A Supersequência Intracratônica é representada por uma espessa sequência de refletores plano-paralelos que pode ser vista na parte inferior das seções sísmicas que cortam a Bacia de Barreirinhas, tanto em terra quanto no mar. Poços perfurados em terra e o conhecimento sobre a margem continental africana indicam que essa sequência apresenta idade devoniana. No entanto, devido à espessura sísmica significativa apresentada por essa unidade, não se pode descartar a possibilidade de ocorrência de rochas sedimentares ou vulcânicas, mais velhas ou mais novas que o Devoniano, correlacionadas ao preenchimento sedimentar da Bacia do Parnaíba (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

A Supersequência Rifte é constituída por três sequências: K40, K50 e K60. A sequência K40 corresponde a arenitos e folhelhos de idade aptiana que ocorrem somente na parte marítima da Bacia de Barreirinhas. A sequência K50 ou Formação Codó foi identificada pela associação litológica de calcilitos e folhelhos lagunares. A sequência K60 corresponde a sedimentos siliciclásticos continentais a parálicos na parte sul da bacia, passando a carbonatos, folhelhos e arenitos marinhos nas porções centrais e distais (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).

A Supersequência Drifte é constituída por 12 sequências: K70, K82, K84-K86, K88-K90, K100-K120, K130-E20, E30-E50, E60-E70, E80-N10, N20-N30, N40-N50 e N60. Nessa seção, inicialmente ocorreu sedimentação carbonática, seguida por sedimentação siliciclástica e, novamente, por sedimentação carbonática (TROSDTORF-JR *et al.*, 2007).



(Fonte: Feijó, 1994 - adaptado).

Figura 4.1-17 - Carta Estratigráfica da Bacia de Barreirinhas

Na parte ocidental da costa do Maranhão, no trecho entre a baía de São Marcos e a de Turiaçu encontram-se as falésias, situadas na área dos tabuleiros das formações cretácicas e terciárias. Essas falésias podem ocorrer à retaguarda das rias e das planícies fluviomarinhas ou, ainda, junto ao litoral, diretamente expostas ao ataque das ondas (PALMA, 1979).

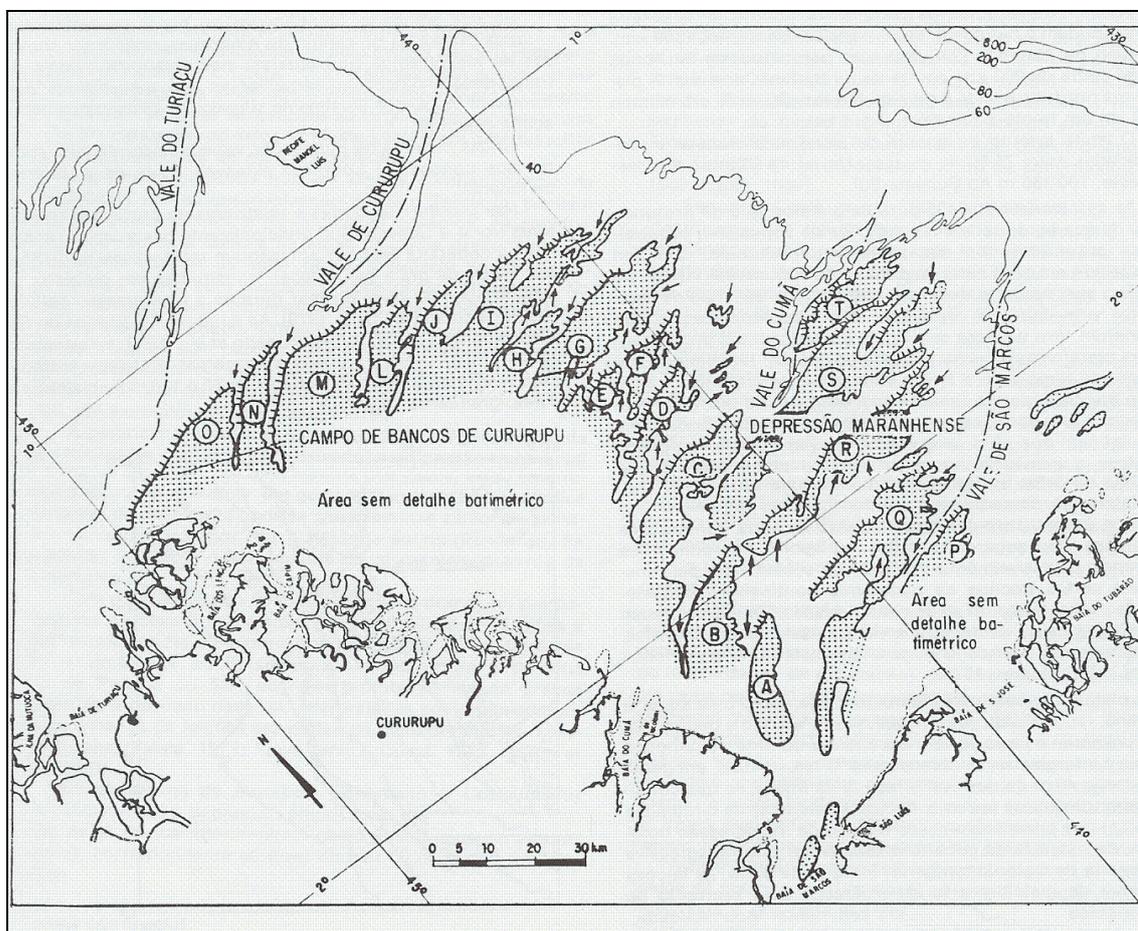
As baías de São Marcos e São José formam o Golfão Maranhense, encontrando-se separadas pela ilha de São Luís, que se funde com a planície fluviomarinha. Essa planície representa uma área de terrenos rebaixados e inundáveis por ação das marés altas. A baía de São Marcos apresenta bancos arenosos, associados à maré de vazante que se estendem da entrada da baía até dezenas de quilômetros em direção ao oceano. Já na baía de São José, diferentemente da baía de São José, esporões ou bancos assimétricos com orientação ENE-OSO, oblíquos à costa, sugerem pouco desenvolvimento de um canal de maré (PALMA, 1979).

As planícies costeiras, com predomínio de processos marinhos e eólicos, destacam-se no trecho entre o Golfão Maranhense e o rio Parnaíba. Essas avançam em direção ao interior pela ação, principalmente, de processo eólico, através do avanço dos campos de dunas ativas, que na região podem ser transversais, barcanóides e barcanas, como no campo de dunas dos Lençóis Maranhenses, pequenos Lençóis e na planície costeira, próximo a Luís Corrêa. Essas planícies encontram-se bordejadas pelos tabuleiros da Formação Barreiras ou recobrimdo superfícies aplainadas de rochas sedimentares (PALMA, 1979).

Em direção mar adentro, a plataforma continental acompanha as características apresentadas pela zona costeira. A largura da plataforma continental é de cerca de 200 km ao largo da cidade de São Luís, reduzindo-se para 70 km ao largo da cidade de Tutóia, coincidindo com a ascensão do relevo costeiro. A profundidade de quebra da plataforma mantém-se praticamente constante, variando de 77 m a 80 m. A declividade da plataforma diminui com o aumento da largura, apresentando gradiente de 1:3.100-3.200, diante o Golfão Maranhense, e 1:1.150, na baía do Tubarão (PALMA, 1979).

Na área entre a baía de Iriiaçu e o Golfão Maranhense, a plataforma interna é adjacente a Depressão Maranhense. Essa apresenta uma área de relevo complexo, formado por bancos dispostos paralelamente, com direção ENE-OSO, perpendiculares ou oblíquos a direção regional da linha de costa e paralelos a direção das correntes de maré. As características desse conjunto são: a presença de bancos assimétricos, face escarpada com flancos voltados para noroeste, alongados, comprimentos entre 14 km e 70 km, largura em torno de 7 km, altura entre 8 m e 20 m, separados por sistema de canais descontínuos, que formam depressões alongadas e profundidades entre 28 m e 32 m, podendo atingir 56 m (PALMA, 1979).

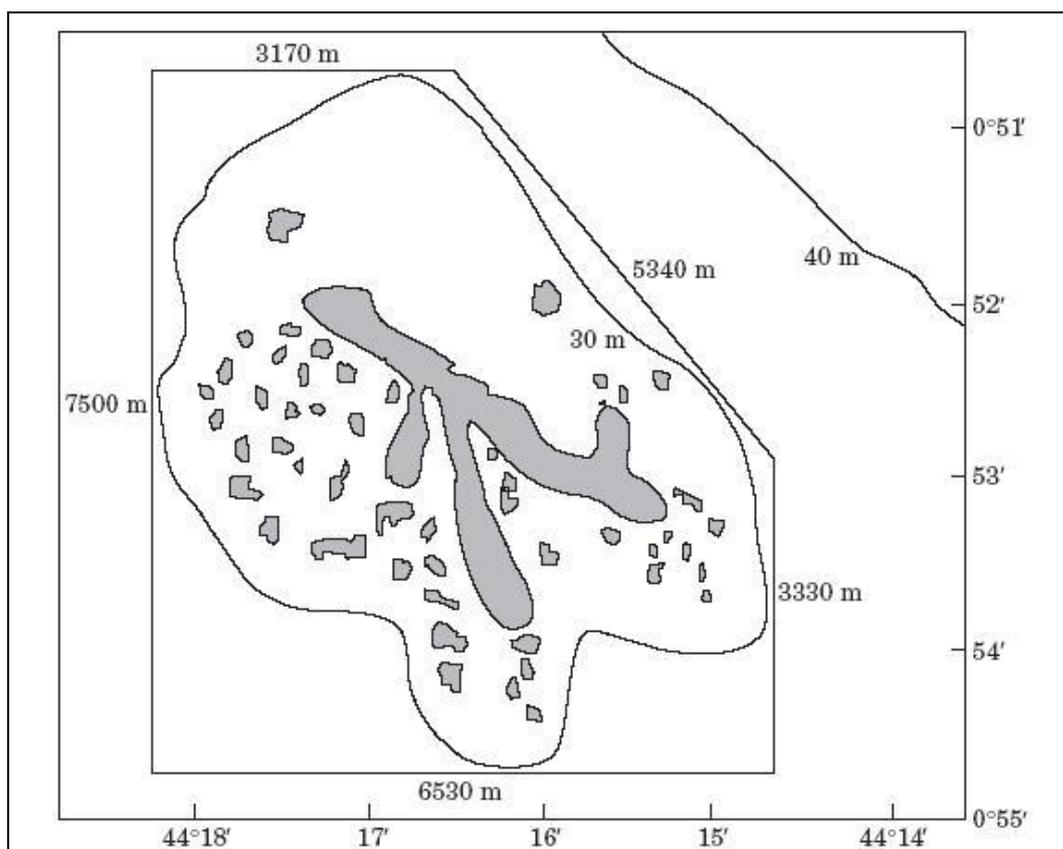
A plataforma interna apresenta vales relacionados às linhas de drenagem nas áreas costeiras. O conjunto forma a Depressão Maranhense. Entre os mais importantes estão o vale de São Marcos e o vale do Cumã. Tais canais atravessam a plataforma desde a área próxima às embocaduras das baías homônimas, apresentando forma do perfil transversal em “V”, com profundidade de respectivamente de 15 m e 10 m. Material sedimentar coletado nessas áreas mostraram a presença de cascalho biodetrítico e material terrígeno, com a presença de fragmentos de arenitos de praia (*beach rock*). Sobre o interflúvio, localizado a noroeste da Depressão, situa-se outro conjunto de bancos denominado de campo de Cururupu (PALMA, 1979) (Figura 4.1-19).



(Fonte: Palma, 1984 - adaptado).

Figura 4.1-19 - Área em detalhe do Campo de Bancos de Cururupu.

O recife do Parcel Manuel Luís (**Figura 4.1-20**), com uma área de cerca de 40 km², está situado sobre o interflúvio de Cururupu, na plataforma média, apresentando uma forma quase circular. Na parte central do recife estão presentes vários “cabeços”, que afloram quando em período de meia-maré vazante (PALMA, 1979).



(Fonte: Rocha & Rosa, 2001).

Figura 4.1-20 - Detalhe do complexo recifal de Manuel Luiz, onde as áreas sombreadas representam os pináculos que ficam expostos durante a baixa-mar.

A ação da Corrente Equatorial que flui para oeste resulta em um ambiente de águas claras e salinas gerando um ambiente propício ao desenvolvimento de recifes de algas calcárias, apesar da proximidade da desembocadura dos rios. Esses recifes servem como alicerce para os corais, que ocorrem esparsamente (PALMA, 1979).

No trecho entre o Golfão Maranhense e o rio Parnaíba, a plataforma continental interna e média, dá continuidade às características da área litorânea. A ação dos ventos e das correntes litorâneas atua como maior agente transportador de sedimentos sobre a plataforma. Na plataforma interna, ao largo do delta do rio Parnaíba, um vale amplo e raso, com largura superior a 10 km e profundidade de cerca de 6 m, é parcialmente preenchido. Na plataforma externa não são verificados vales em superfície ou soterrados (PALMA, 1979).

No talude continental, entre as longitudes de 45°W a 46°W, ocorrem cerca de 26 cânions. Feições erosivas sugerem a existência de movimentos de massa no talude. Os tipos de movimentos de massa sugeridos para a área são os rotacionais no talude superior e longos no talude inferior, onde estes estariam associados a movimentos ocorridos ao longo de planos de acamamento (DAMUTH e PALMA, 1979).

Sobre o sopé continental situa-se uma espessa cunha de sedimentos que se prolonga a partir do talude continental por centenas de quilômetros mar adentro. As profundidades, em geral, estão compreendidas entre 2.200 m e 4.550 m, ao longo da borda superior do sopé, e passam para 4.300 m a 5.600 m, ao longo da borda inferior. O mesmo é formado de colinas, cavas e de planícies lisas. As colinas e cavas se restringem à área do sopé superior. Já as planícies lisas ocorrem no sopé inferior, sendo caracterizadas por ausência de ondulações. Excepcionalmente, podem ocorrer grandes regiões com morfologia ondulada (DAMUTH e PALMA, 1979).

O sopé continental, entre o 45°W e 40°W, atinge de 450 km a 330 km de largura, inclinando-se em direção ao oceano, com profundidades que variam, respectivamente, de 4.130 m a 4.430 m. Esse é interrompido em zonas mais profundas pela topografia irregular e rugosa dos montes submarinos da cadeia Norte Brasileira, que ocorre paralelamente a base do talude continental. Muitos canais de mar profundo, com profundidades de até 80 m e larguras quilométricas, atravessam a parte interna do sopé (área entre o talude e a cadeia Norte Brasileira), sugerindo conexões com vários cânions submarinos provenientes do talude continental (DAMUTH e PALMA, 1979).

Localizada na área do sopé continental, a cadeia Norte Brasileira, representa uma crista estreita do embasamento e se constitui numa feição topográfica contínua (35°W a 39°W) e descontínua (40°W em direção para oeste). Abrange uma área de cerca de 1.300 km, na direção E-O, a uma distância de 150 km a 200 km do talude continental e possui uma largura na base, geralmente, de até 45 km, atingindo 75 km na área dos picos, sendo as suas encostas muito íngremes e desnudas. Essa estrutura desempenha papel importante para o transporte de sedimentos, pois a sua porção sul funciona como

uma barragem aos sedimentos provenientes da plataforma continental e talude que se dirigem ao sopé continental, fazendo com que a espessura do lado sul seja 750 m maior que a espessura do lado norte (DAMUTH e PALMA, 1979).

4.1.3.4 - Faciologia

A cobertura sedimentar da plataforma continental na região norte se caracteriza pelo predomínio de deposição terrígena sobre a carbonática resultante da descarga fluvial dos sistemas de drenagem. A plataforma exhibe fácies modernas, retrabalhadas desde o Holoceno; fácies não retrabalhadas durante o Holoceno até o presente; e fácies residual com ocorrência restrita até a quebra da plataforma. Dentro deste contexto, estão lamas fluviais, areias fluviais, areias com fontes indeterminadas, recifes de algas calcárias, areias ou cascalhos de moluscos, areias de foraminíferos bentônicos e de areias e/ou cascalhos de algas coralíneas (KOWSMANN & COSTA, 1979).

Entre as longitudes de 45°W e 41°W, surge um domínio extenso e homogêneo da fácies arenosa, as quais se diferem das areias amazônicas devido às características petrográficas. Esse sedimento apresenta assembleia mineralógica pesada e madura, sendo os sedimentos leves ortoquartzíticos. Ao largo da foz do rio Parnaíba, os grãos se apresentam angulosos sugerindo uma origem fluvial. A maturidade das areias da fácies arenosa, associada à ausência de óxidos de ferro capeando os grãos, aponta para um alto nível de retrabalhamento destas fácies, mostrando que a contribuição fluvial foi bastante reduzida nessa área (KOWSMANN & COSTA, 1979).

A plataforma externa apresenta sedimentos carbonáticos com teores de CaCO₃ acima de 95%, onde predominam fácies de recifes algais, areias e/ou cascalhos, de algas coralíneas ramificantes (*maerl*), de foraminíferos bentônicos e de moluscos. Ao largo do rio Gurupi, as fácies de algas coralíneas ramificantes e de foraminíferos bentônicos destacam-se na área da plataforma externa. Tais fácies estão relacionadas às feições morfológicas e características dos sedimentos terrígenos de origem fluvial. Os moluscos, que ocorrem em manchas isoladas no domínio terrígeno, constituem-se nos principais integrantes dos sedimentos ao largo de Salinópolis (KOWSMANN & COSTA, 1979).

Na plataforma continental, desde leste do cone do Amazonas até a baía de São Luís, predominam argilominerais dos tipos montmorilonita, hilita e caulinita, que se estendem até 200 m de profundidade. As fácies sedimentares de oceano profundo, a partir do talude continental em direção ao oceano, se sucedem em termos de redução do tamanho dos sedimentos, processos hidrodinâmicos

e morfologia. Na área do talude predominam as fácies de sedimentos mascarados por afloramentos rochosos, a qual segue seu delineamento, sendo mais efetiva a partir da isóbata de 300 m. Tal fácies ocorrem de maneira contínua, com orientação NO-SE, estendendo-se até ao largo de Tutóia. Essa fácies volta a ocorrer nas áreas do sopé continental (áreas elevadas dos montes submarinos) (KOWSMANN & COSTA, 1979).

As fácies hemipelágica e de canais e diques marginais ocorrem, predominantemente, a partir dos 2.000 m até cerca de 4.000 m, entre a base do talude e o sopé continental. Na direção do oceano, desde o cabo Gurupi até Tutóia, ocorrem as fácies de desmoronamento e de deslizamento, que coincidem com o aumento do gradiente e estreitamento da margem continental. As fácies turbidítica e hemipelágica concentram-se ao longo de toda a área da planície abissal, com orientação NO-SE, acompanhando a configuração do fundo marinho. Os turbiditos ocorrem, geralmente, intercalados com sedimentos hemipelágicos (KOWSMANN & COSTA, 1979).

4.1.4. Referências Bibliográficas

Cohen, J. C. P.; Silva-Dias, M. A.; Nobre, C. 1995. Environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study. **American Meteorological Society** **123**(11): 3143.

Damuth, J. E. & Palma, J. J. C. 1979. Geomorfologia do Fundo Atlântico Equatorial Oeste. *IN*: Chaves, H. A. F. (ed.). **Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes (Relatório Final)**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/ DINTEP, p. 53-88 (Série Projeto REMAC 7).

El-Robrini, M.; Marques-Jr, V.; Silva, M. A. M. A.; El-Robrini, M. H.; Feitosa, A. C.; Tarouco, J. E. F.; Santos, J. H. S.; Viana, J. R. 2006. Maranhão. *IN*: Muehe, D. (org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília, MMA. 476 p.

Feijó, F. J. 1994. Bacia de Barreirinhas. **B. Geoci. Petrobras** **8**(1): 103-109.

Feitosa, A. C. 1989. **Evolução morfogenética do litoral norte da Ilha do Maranhão**. Dissertação de mestrado. UNESP. 210p.

IBGE. 2002. **Mapa de Clima do Brasil**. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf. Acessado em: 23 de julho de 2014.

IBGE. 2011. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências. 176p.

Innocentini, V.; Arantes, F. O.; Ferreira, R. J.; Micheleto, R. G. 2005. A agitação marítima no litoral nordeste do Brasil associado aos distúrbios africanos de leste. **Rev. Bras. Meteorol.** **20**(3): 367-374.

Innocentini, V.; Prado, S. C. S.; Pereira, C. S.; Arantes, F. O.; Brandão, I. N. 2000. Marulhos no litoral norte do Brasil gerados por furacões: caso 24 de outubro de 1999. **Rev. Bras. Meteorol** **16**(2): 177-186.

Kowsmann, R. O. & Costa, M. P. A. 1979. **Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**. Projeto REMAC 8. CENPES, Rio de Janeiro, 35 p.

Miguens, A. P. 1996. Marés e correntes de marés; correntes oceânicas. *IN*: Miguens, A. P. **Navegação: a ciência e a arte. Volume I – navegação costeira, estimada e em águas restritas**. Rio de Janeiro: DHN.

Mohriak, W. U. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. *IN*: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M.; Gonçalves, J. H. (eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPMR, Brasília.

Molion, L. C. B. & Bernardo, S. O. 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia** **17**(1): 1-10.

Palma, J. J. C. 1979. Geomorfologia da Plataforma Continental Norte Brasileira. **Série Projeto REMAC 7**: 25-51.

Palma, J.J.C. (1984). Fisiografia do fundo oceânico. *IN*: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, B.R.; Asmus, H.E. (eds.). **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro, DNPM, p. 429-441.

Pontes, P. H. P. 2007. **Identificação e caracterização das massas d'água da plataforma continental do Maranhão, durante os períodos seco (novembro, 1997) e chuvoso (junho, 1999)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

Pontes, P. H. P. & El-Robrini, M. 2008. Massa d'água da plataforma continental do Maranhão, durante o período seco (novembro, 1997). **B. Lab. Hidrobio.** **21**: 17-24.

Regali, M. S. P.; UESUGUI, N.; Lima, E. C. 1985. Palinoestratigrafia e paleoambiente da Bacia de Barreirinhas, Maranhão, Brasil. *IN: Congr. Bras. Paleont.* 8. Rio de Janeiro, DNPM. **Geol. 27, Paleont. Estrat. 2:** 461-470.

Rocha, L. A. & Rosa, I. L. 2001. Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luís Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. **Journal of Fish Biology 58:** 985–998.

Ross, J. L. S. (org.). 2005. **Geografia do Brasil.** 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Schouten, M. W.; Matano, R. P.; Strub, T. P. 2005. A description of the seasonal cycle of the equatorial Atlantic form altimeter data. **Deep-Sea Research I 52:** 477-493.

Silva, A. C.; Araujo, M.; Pinheiro, L. S. 2007. Caracterização hidrográfica da plataforma continental do Maranhão a partir de dados oceanográficos medidos, remotos e modelados. **Rev. Bras. Geofísica 25(3):** 281-294.

Silva, C. P. 2011. **Bioestratigrafia e paleoecologia de foraminíferos da bacia de Barreirinhas, Cretáceo, margem Equatorial Brasileira.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 132p.

Silva, L. M. & Portela, B. T. T. 2006. **Um estudo da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na costa norte-nordeste do Brasil.** *IN: XIV Congresso Brasileiro da Meteorologia.* Florianópolis, SC.

Trosdorf-Jr, I.; Zalán, P. V.; Figueiredo, J. J. P.; Soares, E. F. 2007. Bacia de Barreirinhas. **B. Geoci. Petrobras 15(2):** 331-339.