



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MASSAS
D'ÁGUA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MARANHÃO,
DURANTE OS PERÍODOS SECO (NOVEMBRO, 1997) E
CHUVOSO (JUNHO, 1999)**

Dissertação apresentada por:

PAULO HENRIQUE PARENTE PONTES

**BELÉM
2007**



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MASSAS
D'ÁGUA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO
MARANHÃO, DURANTE OS PERÍODOS SECO
(NOVEMBRO, 1997) E CHUVOSO (JUNHO, 1999).**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

PAULO HENRIQUE PARENTE PONTES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **26/10/2007**

Comitê de Dissertação:

MAAMAR EL-ROBRINI (Orientador)

JOÃO ANTONIO LORENZETTI

PAULO SIMIONATTO POLITO

Belém



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Pontes, Paulo Henrique Parente

P814i Identificação e caracterização das massas d'água da
Plataforma Continental do Maranhão, durante os períodos
seco (Novembro, 1997) e chuvoso (Junho, 1999) / Paulo
Henrique Parente Pontes. – 2007

134 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-
Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

Orientador, Maamar El-Robrini; Co-orientador, Milton
Kampel.

1. Temperatura. 2. Salinidade. 3. Densidade. 4. Massa
d'água. 5. Sazonalidade. 6. Plataforma Continental do
Maranhão. I.Universidade Federal do Pará II. El-Robrini,
Maamar, Orient. III. Kampel, Milton, Co-orient. IV. Título.

CDD 20º ed.:551.4601098121

RESUMO

A Plataforma Continental do Maranhão (PCM), entre a foz dos rios Gurupi e Parnaíba, possui 203 km de largura em frente ao litoral ocidental e 72 km a partir da baía do Tubarão em direção sudeste. A costa do Maranhão é diversificada: a NW, as Reentrâncias Maranhenses, a leste, o litoral de dunas, sendo separados pelo Golfão Maranhense, onde o rio Mearim descarrega suas águas com uma vazão de 770 m³/s. Outros rios com menor descarga hídrica deságuam no litoral: Gurupi, Maracaçumé, Turiaçú, Itapecuru e Parnaíba. Os parâmetros de temperatura, salinidade e densidade serviram para identificar e caracterizar as massas de água, durante os períodos: seco (novembro de 1997), e chuvoso (junho de 1999), com o intuito de observar a variabilidade sazonal das massas d'água. As imagens AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de alta resolução (1,1 km) de temperatura da superfície do mar (TSM) dos satélites NOAA 14 e 15 serviram para verificar a variação deste parâmetro durante o período em estudo e identificação de feições oceanográficas. A série temporal de médias mensais de imagens AVHRR Pathfinder de TSM com resolução de 4 km (1985 até 2001), fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), permitiu a observação da variabilidade temporal e espacial da TSM através do cálculo de médias climatológicas e respectivas anomalias mensais de TSM em 3 pontos na PCM para verificar se há mudanças significativas das características físicas das águas da PCM em anos de El-Niño/La-Niña, pois estes fenômenos podem ou não ocasionar grandes mudanças no comportamento das massas d'água superficiais e na circulação local. Observou-se que no período seco (1997), ocorreu apenas a Água Tropical, que é uma massa d'água oceânica, provando que durante este período as águas continentais não atuam sobre a PCM e no período chuvoso (1999), foi observado a Água Costeira, Água de Mistura, Água Tropical e a Água Central do Atlântico Sul. A Água Costeira é uma massa d'água proveniente dos rios que deságuam na PCM e a Água de Mistura é uma massa d'água que apresenta características oceânica e costeira. Logo, a presença destas duas massas de água na PCM prova que neste período ocorrem águas continentais na área de estudo.

As massas de água da PCM possuem as seguintes características físicas: (i) Água Tropical: salinidade maior que 36, temperatura entre 26,6° e 28,7° C e densidade entre 23 kg/m³ e 23,8 kg/m³, que durante o período seco ocorre desde a superfície até mais de 60 m de profundidade, enquanto no período chuvoso só foi observada a 40 km da costa, da superfície até mais de 60 m; (ii) Água Costeira: salinidade inferior a 33, temperatura entre 28° e 29,4° C e densidade entre 19 kg/m³ e 21,4 kg/m³, que se estendeu até 10 km da costa, sendo encontrada da superfície até 28 m; (iii) Água de Mistura: salinidade entre 33 e 36, temperatura entre 25,8° e 28,75° C e densidade entre 21,8 kg/m³ e 23,8 kg/m³, podendo ser observada até 60 km da costa, se estendendo da superfície até 60 m; (iv) Água Central do Atlântico Sul: salinidade oscilando entre 35,6 e 36, temperatura inferior a 18° C e densidade entre 23,9 kg/m³ e 25,8 kg/m³, encontrada somente a partir de 31 km da costa e em profundidade superior a 50 m. As imagens AVHRR/NOAA revelam pouca variação do campo de TSM sobre a PCM. Nas imagens de novembro de 1997, a variação máxima da TSM foi de 2,5° C (mínimo de 27° C e máximo de 29,5° C), praticamente os mesmos valores obtidos *in situ*, em que o máximo de TSM foi de 28,6° C e o mínimo de 27,1° C. Nas imagens de junho de 1999, a oscilação deste parâmetro ficou entre 27° e 29° C, assemelhando-se com os valores adquiridos durante o cruzeiro oceanográfico do mesmo ano, que foram de 27,4° C (mínimo) e 29,2° C (máximo). Os gráficos de anomalia de TSM em 3 pontos geográficos da PCM mostram ínfima oscilação de anomalia de TSM na área de estudo durante o evento El-Niño de 97/98. A anomalia de TSM é maior na PCM no ano de 1998, isto é, entre os cruzeiros oceanográficos deste trabalho, logo não houve influência significativa deste fenômeno sobre as características de temperatura das massas de água superficiais da PCM durante os períodos de coleta. A ocorrência de diferentes massas de água na PCM está relacionada principalmente à sazonalidade da região de estudo, que apresenta maior influência estuarina durante o período chuvoso e pouca ou nenhuma influência no período seco, como pode ser comprovado pela predominância da água oceânica (Água Tropical) no período seco e presença da Água Costeira e Água de Mistura no período chuvoso, determinando maior estratificação das águas.

Palavras-chave: Temperatura. Salinidade. Densidade. Massa d'água. Sazonalidade. Plataforma Continental do Maranhão.

ABSTRACT

The Maranhão Continental Shelf (MCS) between the mouths of Gurupi and Parnaíba rivers is 203 km wide on the occidental coast and 72 km from Tubarão Bay toward southeast. The Maranhão coast is distinct: there are Maranhenses Reentrances in the Northwest; the dunes coast in the eastern side, being separated by the Golfão Maranhense, where the Mearim river, whose discharge is about $770 \text{ m}^3/\text{s}$, discharges its fresh water. Other small rivers like Gurupi, Maracaçumé, Turiaçu, Itapecuru and Parnaíba discharge fresh water on the shore. The parameters of temperature, salinity and density were used to identify and characterize the water masses during dry season (november, 1997) and rainy season (june, 1999) in order to study seasonal variability of the local water masses. Images of Sea Surface Temperature (SST) obtained from Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) from NOAA satellites were used to observe its variation and verify some oceanographic features. The time series of monthly averages of images from AVHRR Pathfinder of SST with 4 km resolution (from 1985 to 2001), obtained from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), was used to study the temporal and spatial SST variability through the calculation of climatological mean and its monthly SST changes in three points of the MCS to see if there are substantial changes in the features of the MCS waters during El-Niño/La-Niña seasons, since those phenomena can provoke (or not) great changes in the superficial water masses and in the local circulation. During the dry season (1997), it was observed that only Tropical Water, which is a water mass occurred, proving that at this season the continental water does not act on the MCS. However, during rainy season (1999) there were Coastal Water, Mixture Water, Tropical Water and South Atlantic Central Water. The Coastal Water is a water mass that comes from the rivers that discharge in the MCS. Mixture Water is a mixture of oceanic and continental water. So the presence of these two masses in the MCS proves that continental water occurred in the field of study during that period.

The MCS water masses have the following physical characteristics: (i) Tropical Water: salinity over 36, temperature between $26,6^\circ$ and $28,7^\circ\text{C}$ and density between 23 kg/m^3 and $23,8 \text{ kg/m}^3$, which during the dry season occurs since the surface until more than 60 m of depth, while during rainy season it only

occurs 40 km from the coast, from the surface until deeper 60 m; (ii) Coastal Water: salinity under 33, temperature between 28° and 29,4°C and density between 19 kg/m³ and 21,4 kg/m³, it occurs along 10km from the coast being also found from the surface until 28 m; (iii) Mixture Water: has salinity values between 33 and 36, temperature between 25,8° and 28,75°C and density between 21,8 kg/m³ and 23,8 kg/m³, and can be observed until 60 km from the coast along surface until 60 m; (iv) South Atlantic Central Water has salinity between 35,6 and 36, temperature under 18°C and density between 23,9 kg/m³ and 25,8 kg/m³ that can be found 31 km from the coast and over 50 m depth. In the MCS, the AVHRR/NOAA images has shown low variation the SST field over the MCS. In November, 1997 maximum SST variation was 2,5°C (minimum of 27°C and maximum of 29,5°C) almost the same data obtained *in situ* where the maximum of SST was 28,6°C and minimum of 27,1°C. In the images of june, 1999, the oscillation of this parameter was between 27° and 29°C, similar to the data obtained during the ocean cruse of the same year that were of 27,4°C (minimum) and 29,2°C (maximum). The graphics of SST anomaly in three different geographical sites of the MCS show a slight SST anomaly oscillation during the 1997/98 El-Niño event. The SST anomaly is higher in the MCS during 1998, which is between this work's oceanographic expeditions. Therefore there was no significant influence of this phenomenon on the water masses of the MCS temperature characteristics during the data acquisition period. The occurrence of different water masses in the MCS region is related mainly to the seasonality on the area of study, which presents larger estuarine influence during the rainy season and little or no influence during the dry period, as can be confirmed through the predominance of oceanic waters (Tropical Waters) during the dry period and the presence of coastal waters and mixture water in the rainy season, determining clearer water stratification.

Key-words: Temperature. Salinity. Density. Water mass. Sazonality. Maranhão Continental Shelf.