

5.1.4. Qualidade da Água e Sedimento

5.1.4.1. Qualidade da Água

Para caracterização da qualidade da água marinha da Bacia do Pará-Maranhão, foram utilizados dados primários do Relatório de Caracterização Ambiental dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17 (OGX/PIR2/FUGRO, 2009). Tais dados por serem recentes e se localizarem exatamente na área de estudo, permitem uma avaliação local específica e precisa das condições físico-químicas dos blocos em questão.

A malha amostral implementada na campanha OGX/PIR2\FUGRO (2009), foi composta por 11 estações, sendo cinco estações situadas no bloco BM-PAMA-17 (estações de 1, 2, 3, 4 e 11) e seis estações no Bloco BM-PAMA-16 (estações 5, 6, 7, 8, 9 e 10), distribuídas de maneira aproximadamente uniforme. Aonde foram coletadas amostras em três estratos da coluna d'água (na sub-superfície, a 60m de profundidade e próximo ao fundo) em 8 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) estações.

O Mapa 5.1.4.1-1 apresenta a localização das estações de coleta de água do estudo OGX/PIR2/FUGRO (2009).

Mapa 5.1.4.1-1. Apresenta a localização das estações de coleta. (A3)

Mapa 5.1.4.1-1. Apresenta a localização das estações de coleta (A3)

As metodologias de coleta, preparo e análises utilizadas na campanha de caracterização ambiental estão descritas nos Quadros 5.1.4.1-1 e 5.1.4.1-2, abaixo.

Quadro 5.1.4.1-1. Procedimentos adotados na amostragem de água e no tratamento das alíquotas destinadas às análises dos diferentes parâmetros físico-químicos.

FRASCARIA E PRESERVAÇÃO/CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS					
AMOSTRA	AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	FRASCARIA	PRESERVAÇÃO/ FIXAÇÃO	CONSERVAÇÃO
Água	Garrafa <i>Niskin</i>	COD e COT	garrafa plástica de 1L	-	Refrigeração, 4 ± 2oC
	Garrafa <i>Niskin</i>	TSD, TSS nítrito, nítrato, mônia, fosfato e silicato	garrafa plástica de 1L	-	congelamento
	Garrafa <i>Niskin</i>	sulfetos	frasco de DBO	2mL de acetato de zinco	Refrigeração, 4 ± 2oC
	Garrafa <i>Niskin</i>	BTEX	vial	2mL de ácido clorídrico	Refrigeração, 4 ± 2oC
	Garrafa <i>Niskin</i>	fenóis totais	garrafa plástica de 1L	2mL de ácido sulfúrico	Refrigeração, 4 ± 2oC
	Garrafa <i>Niskin</i>	HTP e HPA	garrafa de vidro âmbar de 1L com batoque de teflon	-	Refrigeração, 4 ± 2oC
	Garrafa <i>Niskin</i>	pigmentos clorofilianos	filtro GF/F	-	congelamento

Quadro 5.1.4.1-2. Metodologia de análise, limites de detecção e de quantificação alcançados dos diferentes parâmetros físico-químicos. (continua...)

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE ANÁLISE	LIMITE DE DETECÇÃO ALCANÇADO	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO ALCANÇADO
transparência	Visual – disco de Secchi	não se aplica	
pH	pH-metro	não se aplica	
Turbidez	turbidímetro	-	-
Fenóis Totais	EPA 6010 / SM 3500 Cr-B	0,002 mg.L ⁻¹	0,02 mg.L ⁻¹
Óleos e Graxas	SM 4500P	2,0 mg.L ⁻¹	10,0 mg.L ⁻¹
Oxigênio Dissolvido	Oxíméto	0,10 mg.L ⁻¹	0,30 mg.L ⁻¹
Sólidos em Suspensão (TSS)	Gravimetria	1,0 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹
Sólidos Dissolvidos (TSD)	SM 2540	4,0 mg.L ⁻¹	12,0 mg.L ⁻¹
Nitrogênio Amoniacal	SM 4500 NH3-F	0,1 mg.L ⁻¹	0,2 mg.L ⁻¹
Fósforo Total	SM 4500.P	0,009 mg.L ⁻¹	-
Nitrato	SM 4500.NO3-E	0,0007 mg.L ⁻¹	0,021 mg.L ⁻¹
Nitrito	SM 4500.NO2.B	0,0007 mg.L ⁻¹	0,021 mg.L ⁻¹

Quadro 5.1.4.1-2. Metodologia de análise, limites de detecção e de quantificação alcançados dos diferentes parâmetros físico-químicos. (continuação)

PARÂMETROS	METODOLOGIA DE ANÁLISE	LIMITE DE DETECÇÃO ALCANÇADO	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO ALCANÇADO
COD (Carbono Orgânico Dissolvido)	SM 5310B	0,70 mg.L ⁻¹	2,00 mg.L ⁻¹
COT (Carbono Orgânico Total)	combustão catalítica	0,70 mg.L ⁻¹	2,00 mg.L ⁻¹
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	Colorimetria e Titimetria	0,002 mg.L ⁻¹	0,006 mg.L ⁻¹
Hidrocarbonetos poliaromáticos	EPA 8270	0,001 µg.L ⁻¹	0,003 µg.L ⁻¹
BTEX	EPA 8021	0,30	0,90
HTP (com n-alcanos e MCNR)	EPA 8015	5,00	15,00
HPA (16 compostos prioritários)	EPA 8270	0,05	0,15

Numa descrição, em ampla escala, do padrão circulatório das correntes na região *offshore* da costa Norte/Nordeste brasileira, temos a influência da Corrente Norte do Brasil (CNB), em direção Norte-Noroeste e a Corrente Sul Equatorial (CSE), em direção Oeste. A CNB torna-se evidente perto do Cabo Norte, fluindo através da plataforma continental, inclinando-se posteriormente sobre a margem continental com velocidades superiores a 100 cm.s⁻¹, da superfície até a profundidade de 200m abaixo da superfície. A CSE aproxima-se da margem continental, tornando-se parte da CNB na bacia o Ceará, contribuindo assim para o fluxo em direção Norte (Richardson *et al.*, 1994; Castro & Miranda, 1998).

Perfis de CTD foram obtidos nas 8 estações originais previstas no *baseline*, os resultados obtidos nos perfis de CTD apresentados no diagrama T-S (Figura 5.1.4.1-1), mostram que a coluna d'água nas estações amostradas, foi caracterizada principalmente pela presença de uma massa d'água, Água Tropical (AT). Somente na estação 1 foi possível observar a presença da massa d'água Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Nas outras estações 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 um padrão similar e em consonância com os resultados esperados para a região foi encontrado, considerando-se a profundidades dos blocos.

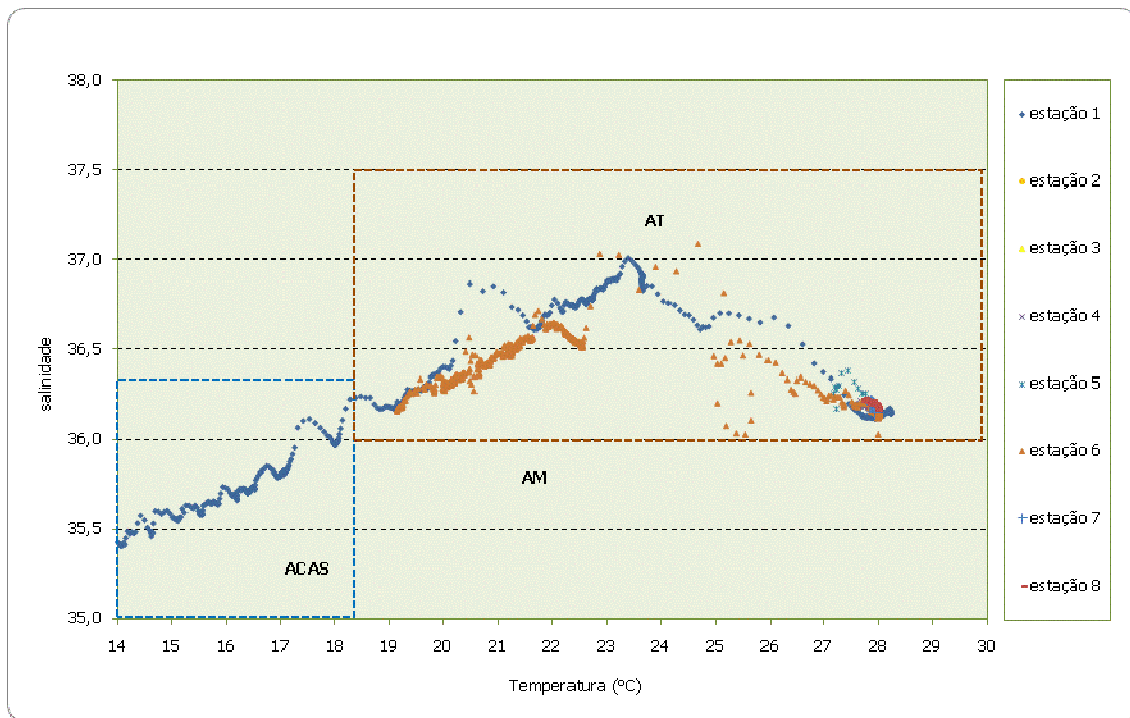


Figura 5.1.4.1-1. Diagrama T-S dos dados obtidos nas perfilagens de CTD na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão. Fonte: OGX\PIR2\FUGRO (2009).

a) Oxigênio Dissolvido e pH

O potencial hidrogeniônico (pH) da água do mar tende a ser levemente alcalino pela presença de CO_2 e dos íons CO_3^{2-} , sódio, potássio e cálcio altamente alcalinos, desta maneira os valores de pH normalmente se encontram entre 7,5 e 8,4 (Aminot & Chaussepied, 1983; Soares-Gomes & Figueiredo, 2002). Modificações nas concentrações de CO_2 , devido às atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano, ou de CO_3^{2-} , devidas às precipitações, podem modificar os valores de pH (Aminot & Chaussepied, 1983).

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos oceanos é afetada por fatores físicos e biológicos, assim, estes fatores também devem ser considerados ao se analisar o conteúdo de oxigênio dissolvido nas massas de água, já que, por si só, as concentrações de oxigênio na água são insuficientes para uma caracterização do ecossistema (Niencheski *et al.*, 1999). As camadas de água mais próximas da superfície tendem a apresentar maiores concentrações de oxigênio pelo contato da superfície da água com o oxigênio da atmosfera, sendo este, um importante fator para sua dissolução (Redfield *et al.*, 1963), além disto, na zona eufótica a atividade fotossintética do fitoplâncton contribui para o aumento da concentração de oxigênio (Soares-Gomes & Figueiredo, 2002).

A ocorrência de variações na concentração de oxigênio dissolvido pode ser atribuída a fatores físicos como diferenças de pressão, temperatura e salinidade da água (Hayward & Mantyla, 1990), entretanto, outras características físicas também devem ser levadas em consideração, tais como, velocidade do vento, hidrodinamismo e mistura das camadas de água. Do ponto de vista biótico, o balanço dos processos biológicos de produção de oxigênio (fotossíntese) e de consumo por organismos pelágicos pode determinar a concentração de oxigênio dissolvido em determinadas profundidades (Aidar *et al.*, 1993).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, os parâmetros pH e oxigênio dissolvido foram analisados nas amostras coletadas em três estratos da coluna d'água (na superfície, no meio da coluna d'água e próximo ao fundo) nas 8 estações de coleta previstas em projeto.

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) variaram de 8,00 a 8,20 na superfície, de 7,85 a 8,10 no meio e de 7,80 a 7,90 próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-3 e Figura 5.1.4.1-2). Já, as concentrações de oxigênio dissolvido na água variaram de 7,90 a 8,10 mg.L⁻¹ na superfície, de 7,80 a 7,90 mg.L⁻¹ no meio e de 7,60 a 7,80 mg.L⁻¹ próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-4 e Figura 5.1.4.1-3).

Quadro 5.1.4.1-3. Potencial hidrogeniônico (pH) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	8,10	7,85	7,80
	2 (50)	8,12	7,95	7,90
	3(50)	8,08	8,01	7,85
	4 (70)	8,20	8,10	7,80
BM-PAMA-16	5 (70)	8,00	8,10	7,85
	6 (180)	8,01	8,05	7,90
	7 (55)	8,14	8,01	7,80
	8 (60)	8,18	8,08	7,90
Média		7,85	8,10	8,02
Desvio Padrão		0,05	0,07	0,09

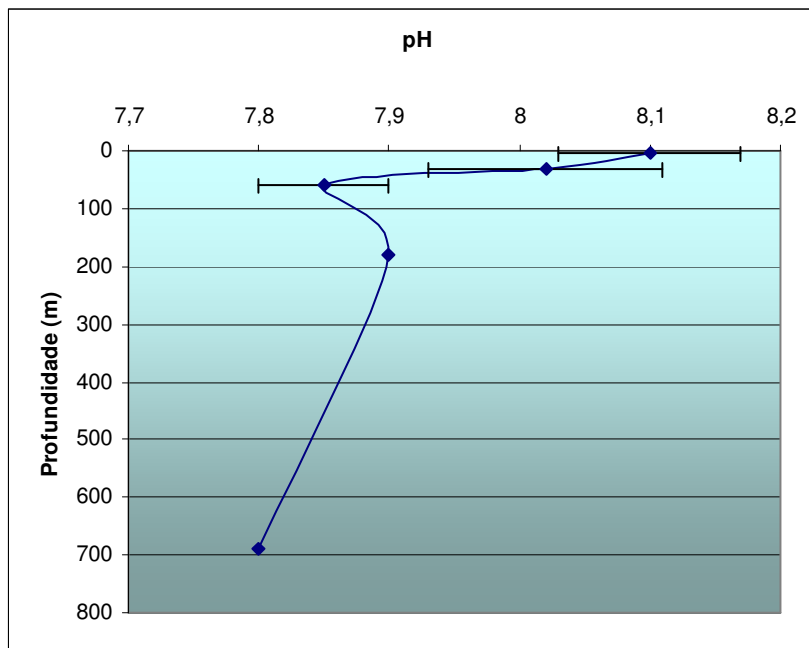


Figura 5.1.4.1-2. Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

O pH não demonstrou qualquer padrão de distribuição espacial, tanto horizontal (entre estações) quanto batimétrico. A pequena variação de pH, encontrada entre as estações, está de acordo com estudos prévios realizados ao longo do litoral brasileiro (Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Mais que isto, os resultados de pH situam-se entre os valores mínimos e máximos relatados para a água marinha, pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas salinas de classe 1 ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).

Quadro 5.1.4.1-4. Concentração de oxigênio dissolvido (OD), em mL.L⁻¹, observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação. (continua...)

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	5,67	5,53	5,46
	2 (50)	5,53	5,46	5,32
	3(50)	5,67	5,46	5,39
	4 (70)	5,56	5,46	5,46

Quadro 5.1.4.1-4. Concentração de oxigênio dissolvido (OD), em mL.L⁻¹, observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Baía do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação. (continuação)

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-16	5 (70)	5,6	5,53	5,46
	6 (180)	5,67	5,46	5,39
	7 (55)	5,6	5,46	5,46
	8 (60)	5,67	5,53	5,39
Média		5,62	5,45	5,40
Desvio Padrão		0,08	0,05	0,07

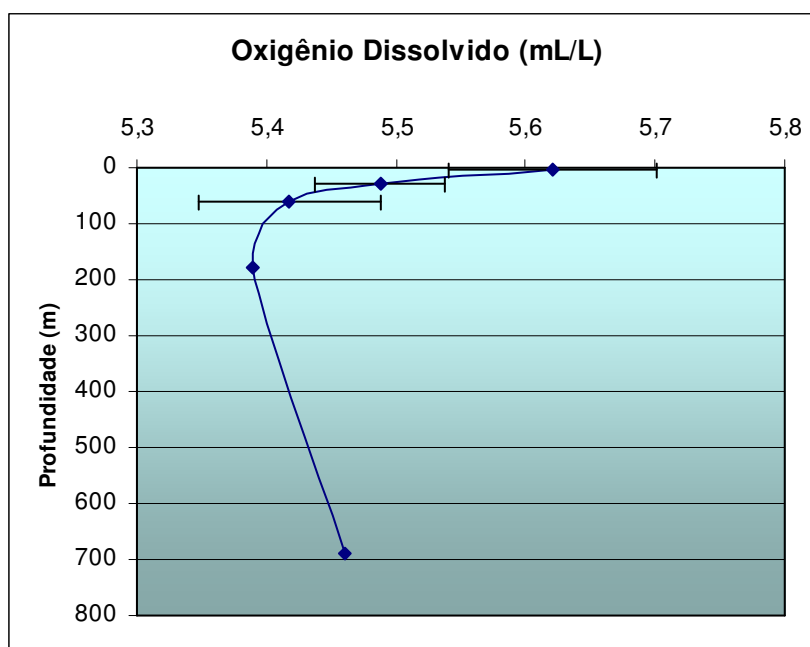


Figura 5.1.4.1-3. Valores médios de Oxigênio Dissolvido (mL.L⁻¹), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Baía do Pará-Maranhão.

As variações na concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos três estratos da coluna d'água, analisados na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, mostraram uma homogeneidade espacial com valores muito próximos entre as estações amostradas (distribuição horizontal em cada estrato). Uma tendência de maiores concentrações de oxigênio dissolvido na superfície foi observada, quando comparada ao demais estratos analisados (Quadro 5.1.4.1-4). Este padrão batimétrico da concentração de oxigênio dissolvido é

conhecido e descrito por diversos autores (Redfield *et al.*, 1963; Soares-Gomes & Figueiredo, 2002).

Todos os resultados de oxigênio dissolvido observados nos três estratos analisados foram mais elevados do que o valor mínimo estabelecido, pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas salinas de classe 1 ($OD > 6,0 \text{ mg.L}^{-1}$), indicando que os teores encontrados estão de acordo com a legislação vigente para águas salinas de classe 1.

b) Turbidez e Transparência

A turbidez é uma medida do espalhamento que a luz sofre ao atravessar a água, enquanto que, a transparência é a extinção da luz a partir da superfície da água. Ambas as propriedades estão relacionadas à presença de sólidos em suspensão na água que refletem a luz, dificultando a sua passagem pela solução (Ballesteros & Larroque, 1975). Portanto, a turbidez e a transparência da água oferecem informações indiretas sobre algumas propriedades físicas da água além de servir como estimativa da amplitude da zona eufótica.

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, a turbidez foi analisada nas amostras de água dos três estratos da coluna d'água (superfície, meio e próximo ao fundo) nas 8 estações de coleta. A turbidez variou de 0,56 a 0,81 NTU na superfície, de 0,54 a 0,92 NTU no meio e de 0,64 a 1,20 NTU próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-5 e Figura 5.1.4.1-4), já a transparência variou de 9,0 a 11,0 m (Quadro 5.1.4.1-6 e Figura 5.1.4.1-5).

Quadro 5.1.4.1-5. Turbidez (NTU), observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.
*Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,75	0,83	1,20
	2 (50)	0,76	0,54	0,85
	3 (50)	0,81	0,61	0,72
	4 (70)	0,56	0,82	0,64
BM-PAMA-16	5 (70)	0,57	0,86	0,76
	6 (180)	0,81	0,92	1,10
	7 (55)	0,68	0,61	0,73
	8 (60)	0,63	0,54	0,68
Média		0,70	0,72	0,84
Desvio Padrão		0,10	0,16	0,21

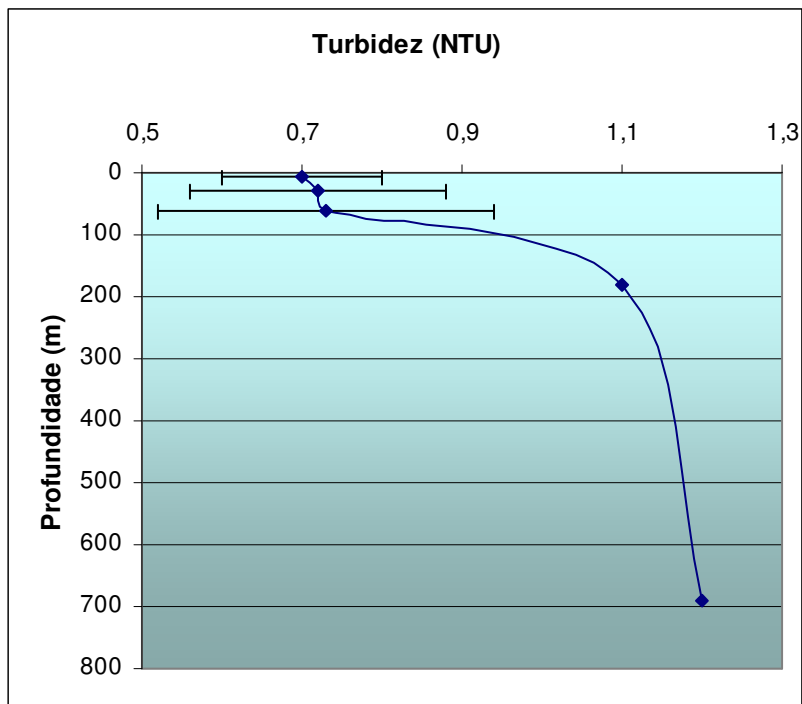


Figura 5.1.4.1-4. Valores de Turbidez (NTU), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

Quadro 5.1.4.1-6. Transparência por disco de Secchi (m), mensuradas nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	DISCO DE SECCHI (m)
BM-PAMA-17	1 (690)	11,0
	2 (50)	11,0
	3(50)	9,0
	4 (70)	10,0
BM-PAMA-16	5 (70)	11,0
	6 (180)	10,0
	7 (55)	11,0
	8 (60)	10,0
Média		10,38
Desvio Padrão		0,74

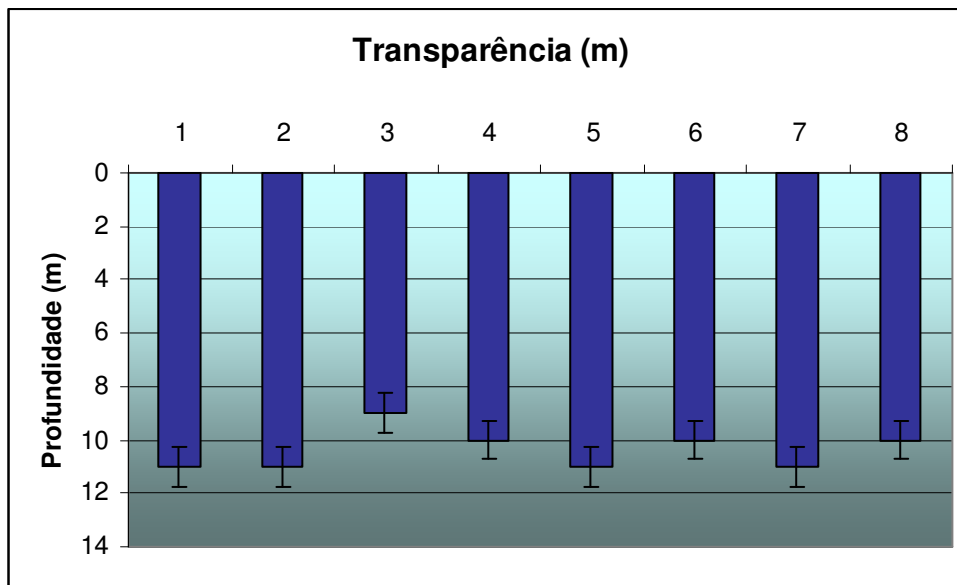


Figura 5.1.4.1-5. Valores de Turbidez (NTU), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

Os baixos valores de turbidez registrados na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, são comuns para água oceânicas, que normalmente apresentam uma elevada transparência, permitindo que a luz chegue a regiões mais profundas. Além da tendência da turbidez aumentar com a profundidade, nenhum outro padrão espacial foi distinguido para os valores de turbidez e transparência observados.

c) Total de Sólidos em Suspensão (TSS) e Total de Sólidos Dissolvidos (TSD)

Os sólidos em suspensão e os sólidos dissolvidos são geralmente originados pelo carregamento de solos pelas águas devido a processos erosivos, do lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais, ressuspensão causada pelas atividades perfuratórias, dentre outros (MMA, 2002). A concentração do total de sólidos suspensos (TSS) é um importante indicador do meio aquático. As partículas em suspensão diminuem a transparência da água, o que pode reduzir a produção primária fotossintética, sendo capaz de alterar, em última análise, os recursos pesqueiros de determinada área. Além disso, partículas presentes na água formam uma sub-superfície de contato importante para trocas físico-químicas, químicas e biológicas com a água do mar (Aminot & Chaussepied, 1983). Os totais de sólidos dissolvidos (TSD) são compostos principalmente por sais inorgânicos presentes como íons (Soares-Gomes & Figueiredo 2002) e as variações na concentração de TSD normalmente estão relacionados a fatores

climáticos, tais como temperatura, pluviosidade e ventos. As concentrações de TSS também estão sujeitas a variações, principalmente em regiões mais próximas a costa, que podem ser sazonais e com origem biológica, intempérica ou proveniente de aporte terrígeno ou antrópico. Assim, podem ser observados valores de TSS muito variáveis (Aminot & Chaussepied, 1983).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, o TSS e o TSD foram analisados nas amostras dos três estratos da coluna d'água, nas 8 estações de coleta previstas em projeto. O total de sólidos suspensos (TSS) variou de 0,48 a 0,87 mg.L⁻¹ na superfície, de 0,28 a 0,64 mg.L⁻¹ no meio e de 0,35 a 0,63 mg.L⁻¹ próximo ao fundo. Já, o total de sólidos dissolvidos (TSD) variou de 39,89 a 42,04 mg.L⁻¹ na superfície, de 39,98 a 42,36 mg.L⁻¹ no meio e de 40,58 a 41,26 mg.L⁻¹ próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-7 e Figura 5.1.4.1-6).

Quadro 5.1.4.1-7. TSS e TSD (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE		MEIO		FUNDO	
		TSS	TSD	TSS	TSD	TSS	TSD
BM-PAMA-17	1 (690)	0,66	40,71	0,54	41,35	0,35	40,88
	2 (50)	0,63	41,11	0,43	39,98	0,57	40,89
	3(50)	0,87	41,22	0,64	42,36	0,50	40,96
	4 (70)	0,61	41,23	0,61	41,52	0,62	40,93
BM-PAMA-16	5 (70)	0,63	40,15	0,60	40,55	0,63	41,19
	6 (180)	0,52	39,89	0,50	41,26	0,39	40,58
	7 (55)	0,48	40,23	0,59	41,35	0,35	40,86
	8 (60)	0,61	42,04	0,28	41,79	0,36	41,26
Média		0,63	40,82	0,52	41,27	0,47	40,94
Desvio Padrão		0,11	0,71	0,12	0,73	0,12	0,21

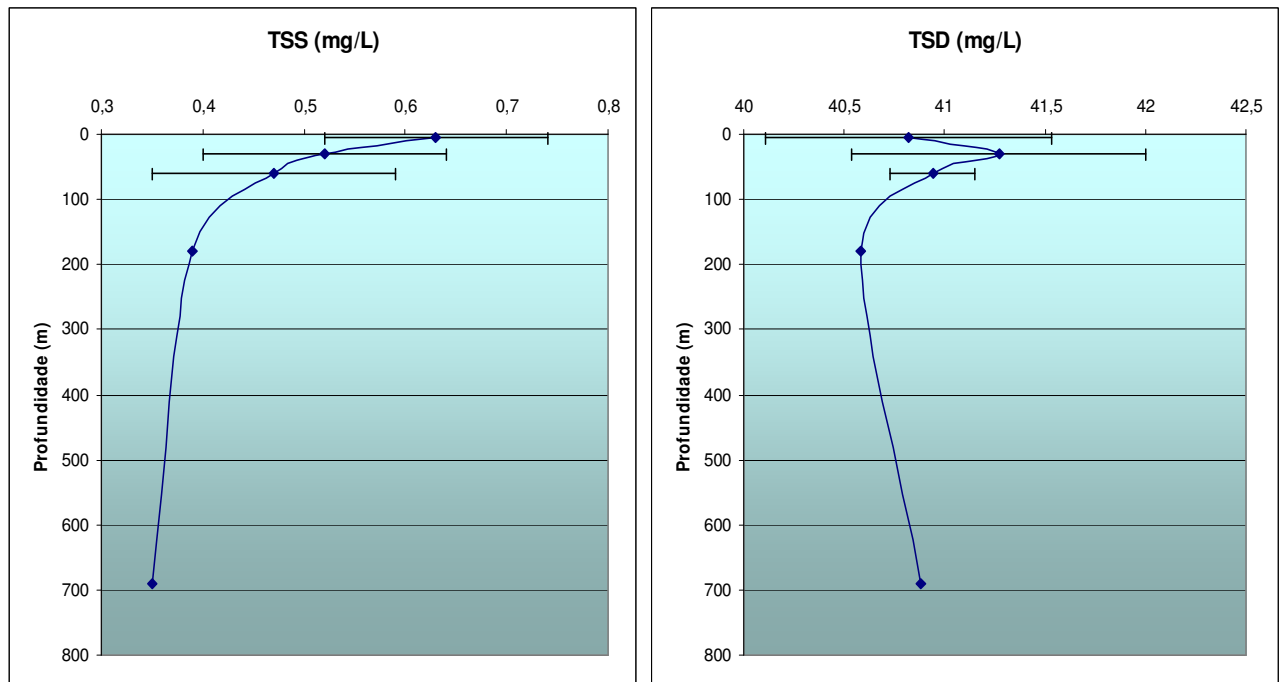


Figura 5.1.4.1-6. Valores médios de concentração de totais de sólidos em suspensão (TSS) e totais de sólidos dissolvidos (TSD), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Não foram distinguidas variações espaciais relevantes para o total de sólidos suspensos ou para o total de sólidos dissolvidos, tanto horizontalmente (entre estações) quanto verticalmente (em relação aos estratos amostrados da coluna d'água).

d) Carbono Orgânico Total (COT)

A dinâmica do carbono no mar é afetada por processos físicos como a difusão de CO₂ e advecção e processos biológicos como a produtividade primária e a abundância e composição do zooplâncton (Lourenço & Marques-Junior, 2002). O carbono orgânico total (COT), tem sido reconhecido como importante constituinte do ciclo do carbono nos oceanos fornecendo informações sobre a distribuição, composição e dinâmica sazonal da produtividade nos oceanos (Hansell & Carlson, 2001). O carbono orgânico total (COT) é constituído pelo carbono proveniente dos organismos autotróficos e heterotróficos além dos detritos suspensos na água (Strickland, 1960).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, o carbono orgânico total (COT) foi analisado nas amostras dos três estratos

da coluna d'água, nas 8 estações de coleta previstas em projeto. Os totais de carbono orgânico total variaram de 1,00 a 1,80 mg.L⁻¹ na superfície, de 0,90 a 1,10 mg.L⁻¹ no meio e de 0,80 a 1,10 mg.L⁻¹ próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-8 e Figura 5.1.4.1-7). Todas as concentrações observadas estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, para águas classe 1, que é de 3,0 mg.L⁻¹.

Quadro 5.1.4.1-8. COT (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	1,10	0,90	0,80
	2 (50)	1,00	1,00	1,00
	3(50)	1,00	1,00	1,00
	4 (70)	1,10	1,00	1,00
BM-PAMA-16	5 (70)	1,20	1,00	1,00
	6 (180)	1,10	0,90	0,90
	7 (55)	1,80	1,10	1,00
	8 (60)	1,00	1,00	1,10
Média		1,16	0,99	0,98
Desvio Padrão		0,27	0,06	0,09

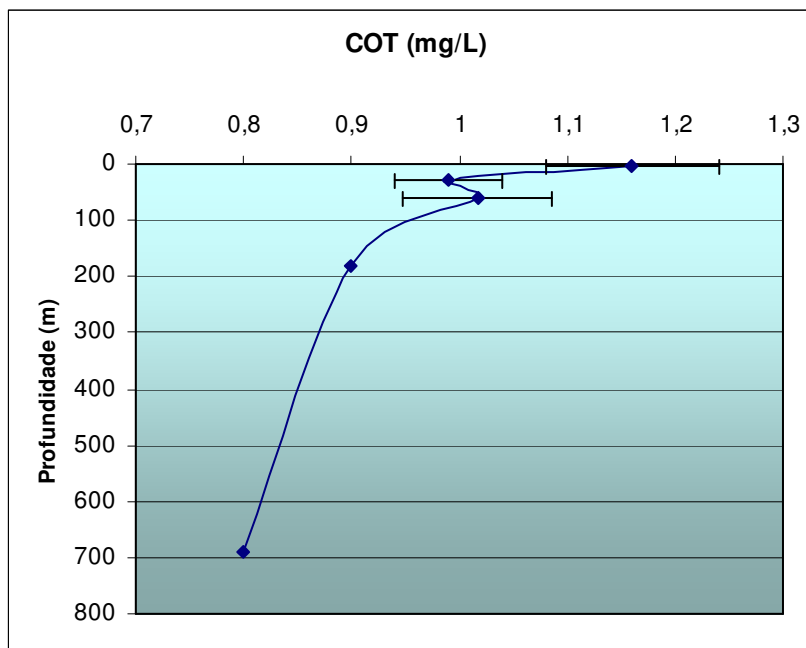


Figura 5.1.4.1-7. Valores médios de carbono orgânico total (COT), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Os valores de COT encontrados na presente campanha de *baseline* estão em consonância com uma região oceânica que não apresenta influências continentais e características eutrofizantes e abaixo do limite máximo estipulado pela resolução CONAMA 357/2005 que é de $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas marinhas de classe 1.

e) Nutrientes

◆ Nitrito, Nitrato e Amônia

Os nutrientes, como o nitrogênio, o fósforo e a sílica, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica no meio marinho uma vez que são necessários para as funções metabólicas realizadas pelo fitoplâncton. A razão entre as concentrações molares do nitrogênio, fósforo e silício na camada eufótica das águas marinhas, assim como os processos determinantes do seu enriquecimento por esses elementos, são capazes de induzir alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas além de dar subsídios para explicar a composição taxonômica

dessas comunidades (Dugdale & Holm Hansen, 1967; Ryther & Dunstan, 1971; Mann, 1982; Ramirez *et al.*, 2006). Portanto, estes fatores se comportam de forma não conservativa, apresentando dependência direta dos processos de demanda biológica, pela biomassa fitoplanctônica na zona eufótica, e dos aportes oriundos de processos físicos (advecção, intrusão de águas mais ricas), biológicos (regeneração), climáticos (chuvas e ventos) e drenagem continental (Aidar *et al.*, 1993).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, os nutrientes e a amônia foram avaliados em três estratos da coluna d'água, nas 8 estações de coleta previstas em projeto.

As concentrações de amônia variaram de 0,0036 a 0,0058 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,0034 a 0,0074 mg.L⁻¹ nas amostras de meio, e de 0,0049 a 0,0092 mg.L⁻¹ nas amostras próximas ao fundo (Quadro 5.1.4.1-9 e Figura 5.1.4.1-8).

Quadro 5.1.4.1-9. Concentrações de amônia (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,0040	0,0056	0,0049
	2 (50)	0,0041	0,0045	0,0056
	3(50)	0,0047	0,0052	0,0077
	4 (70)	0,0047	0,0034	0,0052
BM-PAMA-16	5 (70)	0,0058	0,0074	0,0070
	6 (180)	0,0052	0,0063	0,0092
	7 (55)	0,0045	0,0034	0,0049
	8 (60)	0,0036	0,0047	0,0061
Média		0,0046	0,0051	0,0063
Desvio Padrão		0,0007	0,0014	0,0016

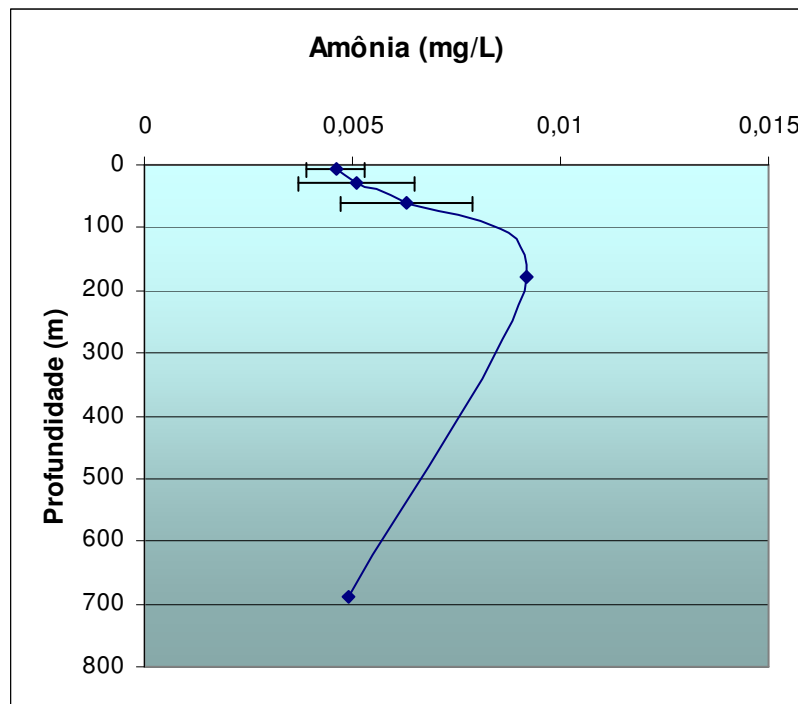


Figura 5.1.4.1-8. Valores médios de Amônia ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Os resultados mostraram diferenças muito pequenas na concentração de amônia entre estações, pela reduzida amplitude de variação e desvio padrão, e entre profundidades pela pequena diferença entre as concentrações médias dos estratos. As concentrações de amônia observadas nas amostras analisadas foram bastante baixas, todas muito abaixo do valor máximo estabelecido para águas salinas de classe 1 pela resolução CONAMA Nº 357/2005 que é de $0,40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Este resultado é esperado, pois o nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida e em sistemas aeróbicos tende a se oxidar em nitrito e depois em nitrato, através do ciclo do nitrogênio, principalmente, nas camadas superiores.

No ciclo do nitrogênio, o nitrato é o principal elemento de suporte ao desenvolvimento fitoplanctônico (Niencheski, 1999). Em oceanos abertos, o nitrato geralmente é encontrado em maiores concentrações que amônia e nitrito, o que foi verificado nesta campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, em todas as estações. Isso ocorre porque nestes ambientes aeróbicos o nitrito tende a se oxidar a nitrato rapidamente. Os valores encontrados estão em consonância com os observados por outros autores para a região sul-sudeste do Brasil (Brandini, 1990; Aidar *et al.*, 1993, Metzler *et al.*, 1997,

Moser, 1997), sendo todos os valores observados inferiores ao limite máximo para este nutriente, estabelecido pela resolução CONAMA Nº 357/2005, para águas salinas de classe 1, que é de 0,40 mg.L⁻¹.

As concentrações de nitrito foram baixas, bem inferiores ao limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas salinas de classe 1, que é de 0,07 mg.L⁻¹. Este fato é usual ao meio marinho, uma vez que o nitrito é uma forma intermediária entre a amônia e o nitrato no ciclo do nitrogênio, e em ambientes aeróbicos tende a se oxidar a nitrato. No oceano aberto, as concentrações de nitrito geralmente são muito baixas, podendo ser observado um pequeno aumento nas águas mais próximas da costa (Aminot & Chaussepied, 1983).

Para os nutrientes, o nitrito apresentou concentrações que variaram de 0,0037 a 0,0064 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,0041 a 0,0087mg/L nas amostras de meio, e de 0,0055 a 0,0106 mg.L⁻¹ nas amostras de próximo ao fundo, enquanto que, o nitrato variou de 0,054 a 0,084 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,056 a 0,0117 mg.L⁻¹ nas amostras de meio, e de 0,117 a 0,171 mg.L⁻¹ nas amostras de fundo (Quadro 5.1.4.1-10 e Figura 5.1.4.1-9).

Quadro 5.1.4.1-10. Nitrato e Nitrito (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE		MEIO		FUNDO	
		NITRATO	NITRITO	NITRATO	NITRITO	NITRATO	NITRITO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,058	0,0037	0,117	0,0041	0,126	0,0055
	2 (50)	0,055	0,0041	0,084	0,0064	0,123	0,0078
	3(50)	0,060	0,0046	0,084	0,0041	0,137	0,0064
	4 (70)	0,084	0,0064	0,087	0,0060	0,171	0,0106
BM-PAMA-16	5 (70)	0,054	0,0041	0,084	0,0069	0,138	0,0087
	6 (180)	0,075	0,0046	0,086	0,0060	0,122	0,0064
	7 (55)	0,059	0,0055	0,056	0,0074	0,117	0,0069
	8 (60)	0,066	0,0060	0,070	0,0087	0,129	0,0106
Média		0,064	0,0048	0,084	0,0062	0,133	0,0078
Desvio Padrão		0,011	0,0098	0,017	0,0015	0,017	0,0019

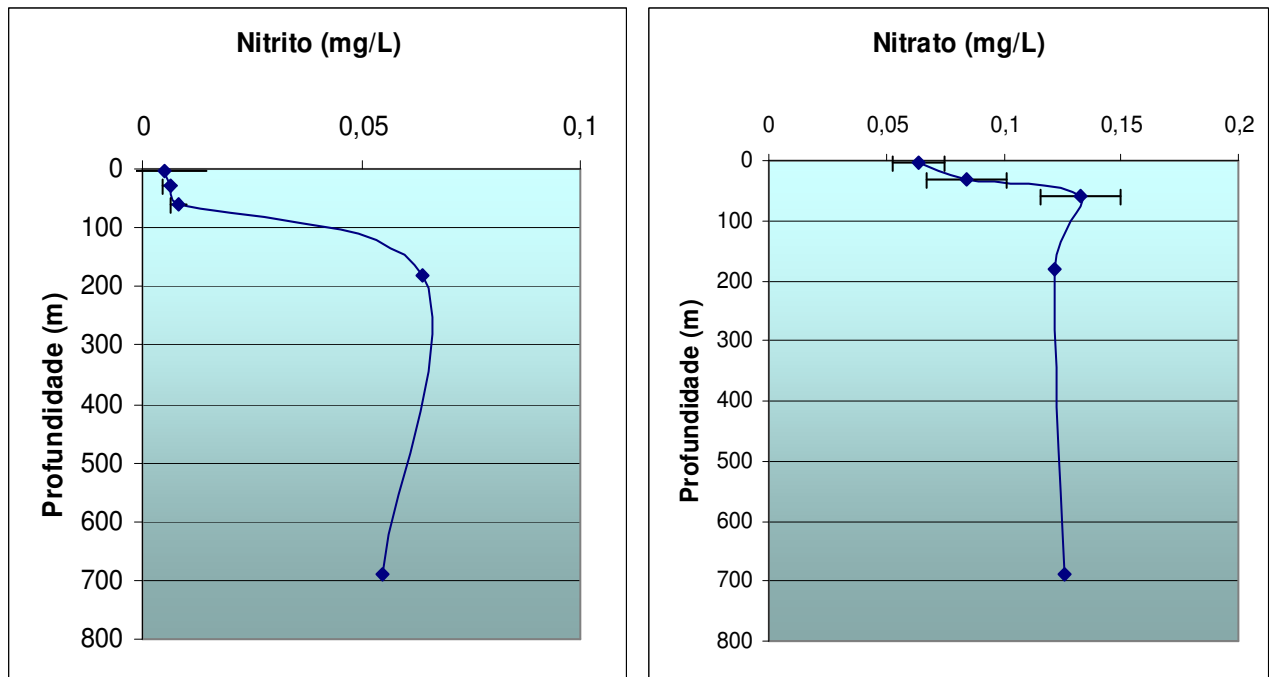


Figura 5.1.4.1-9. Valores médios de nitrito e nitrato (mg.L^{-1}), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

◆ Fosfato e Fósforo Total

O fosfato possui suas principais fontes de origem nos continentes e nos sedimentos de fundo e, em oceanos abertos, se mantêm graças à ciclagem de nutrientes pela decomposição de biomassa (Soares-Gomes, 2002). É rapidamente absorvido pelos produtores primários, o que quase sempre ocasiona baixas concentrações deste íon em águas superficiais. No sedimento, o processo de regeneração do íon fosfato é muito intenso e, dependendo da profundidade, movimentos advectivos podem disponibilizar este fosfato para a coluna d'água, o que explica as maiores concentrações nas amostras de fundo. Da mesma forma, existe uma tendência de aumento do silicato em direção ao fundo, o que efetivamente ocorreu nas amostras obtidas nesta campanha. Esta estratificação com maiores concentrações de fosfato e silicato próximo ao fundo indicam a influência da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) neste estrato.

O fósforo total é o somatório de todas as formas de fósforo (dissolvido e particulado) presentes na água. Para o fósforo total, os valores encontrados estão em consonância com os valores observados por outros autores para a região sul-sudeste, sendo as concentrações observadas nas amostras em todas estratos de profundidade com exceção da amostra de fundo da estação 8, todas foram inferiores ao valor máximo estabelecido pela resolução CONAMA

Nº 357/2005 para águas salinas de classe 1, que é de 0,062 mg.L⁻¹. Segundo Valiella (1984), os processos de regeneração do íon fosfato através da remineralização do fosfato orgânico dissolvido e da excreção do zooplâncton, bem como os processos de sua absorção pelo fitoplâncton são muito rápidos. Desta forma, o fosfato dissolvido seria convertido rapidamente e principalmente para a forma particulada, o que em águas oligotróficas pode ocorrer na grandeza de minutos. Assim, as concentrações de fósforo total, com valores próximos ao do fosfato dissolvido estão possivelmente ligadas à baixa produtividade primária.

O fosfato apresentou uma variação de 0,006 a 0,018 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,016 a 0,036 mg.L⁻¹ nas amostras de meio, e de 0,026 a 0,062 mg.L⁻¹ nas amostras próximas ao fundo. O fósforo total apresentou concentrações de 0,009 a 0,022 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,019 a 0,040 mg.L⁻¹ nas amostras de meio, e de 0,027 a 0,064 mg.L⁻¹ nas amostras de próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-11 e Figura 5.1.4.1-10).

Quadro 5.1.4.1-11. Fosfato e Fósforo Total (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE		MEIO		FUNDO	
		FOSFATO	FÓSFORO TOTAL	FOSFATO	FÓSFORO TOTAL	FOSFATO	FÓSFORO TOTAL
BM-PAMA-17	1 (690)	0,008	0,010	0,021	0,024	0,029	0,037
	2 (50)	0,010	0,013	0,024	0,025	0,044	0,045
	3(50)	0,007	0,009	0,022	0,025	0,037	0,039
	4 (70)	0,013	0,016	0,018	0,020	0,026	0,027
BM-PAMA-16	5 (70)	0,006	0,009	0,036	0,040	0,041	0,046
	6 (180)	0,018	0,022	0,029	0,033	0,056	0,059
	7 (55)	0,009	0,011	0,016	0,019	0,042	0,046
	8 (60)	0,007	0,010	0,022	0,025	0,062	0,064
Média		0,010	0,012	0,024	0,026	0,026	0,045
Desvio Padrão		0,004	0,005	0,006	0,007	0,007	0,012

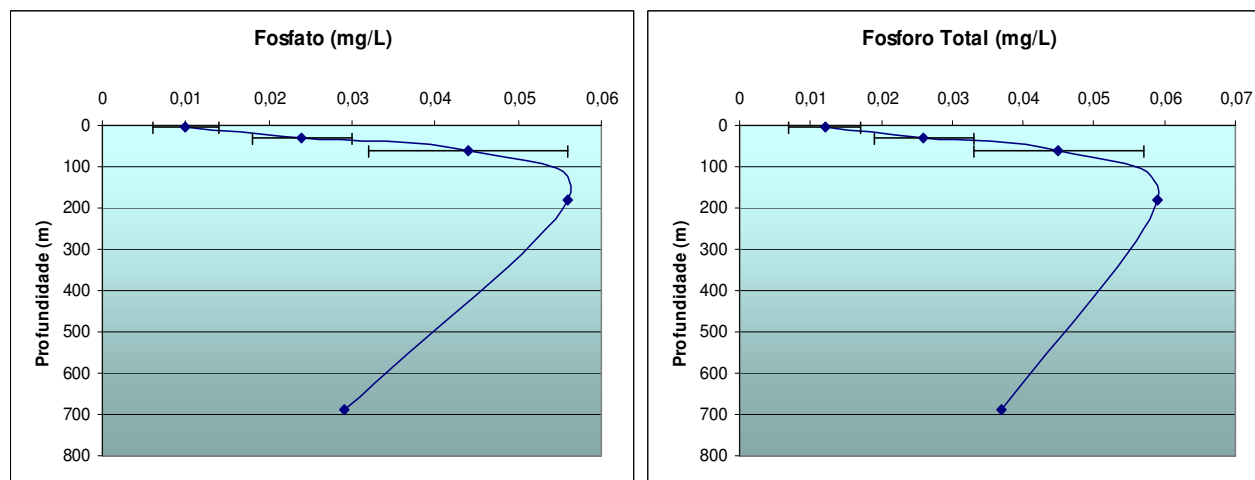


Figura 5.1.4.1-10. Valores médios de fosfato e fósforo total (mg.L^{-1}), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Para a razão N:P, as principais implicações da relação entre nitrogênio e fósforo estão na camada eufótica, visto que nela, o fitoplâncton não sofre limitação da luz, sendo os nutrientes, seu principal limitante de produtividade (Soares-Gomes & Figueiredo, 2002). A razão molar entre o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fósforo inorgânico dissolvido (N:P) apresentou uma variação de 8,42 a 21,33 nas amostras de superfície, de 5,05 a 10,36 nas amostras de meio, e de 4,08 a 12,15 nas amostras de fundo (Quadro 5.1.4.1-12 e Figura 5.1.4.1-11).

Quadro 5.1.4.1-12. A razão molar entre o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fósforo inorgânico dissolvido (N:P) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	15,38	10,36	7,84
	2 (50)	10,91	6,96	5,36
	3(50)	19,00	7,57	7,13
	4 (70)	12,50	9,11	12,15
BM-PAMA-16	5 (70)	21,33	5,05	6,51
	6 (180)	8,42	6,00	4,42
	7 (55)	14,67	7,41	5,25
	8 (60)	19,86	6,87	4,08
Média		15,26	7,42	6,59
Desvio Padrão		4,56	1,68	2,59

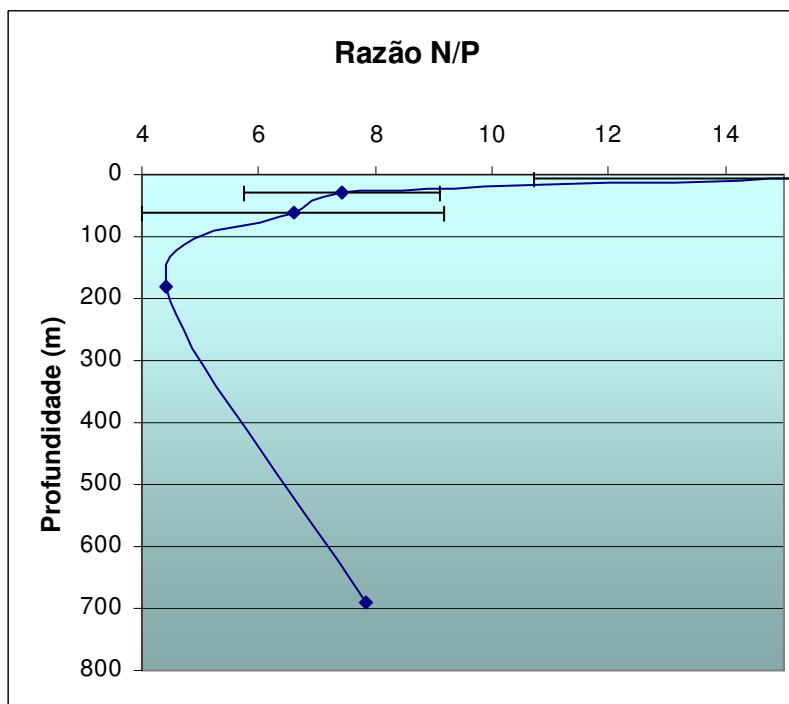


Figura 5.1.4.1-11. A razão molar entre o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fósforo inorgânico dissolvido (N:P), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

◆ Silicato

Embora o Silicato não seja considerado como nutriente limitante na fotossíntese fitoplanctônica, baixas concentrações deste composto ou a sua ausência podem comprometer a existência de microalgas, como as diatomáceas, que têm esqueleto composto por sílica (Laws, 1997). As altas concentrações de Silicato (sílica) são associadas ao aporte de águas continentais e a ressurgências (FUNDESPA, 1994).

O nutriente silicato variou de 0,033 a 0,053 mg.L⁻¹ nas amostras de superfície, de 0,039 a 0,100 mg.L⁻¹ nas amostras de meio, e de 0,076 a 0,139 mg.L⁻¹ nas amostras de próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-13 e Figura 5.1.4.1-12).

Quadro 5.1.4.1-13. Concentrações de silicato (mg.L^{-1}) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação.

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,046	0,049	0,076
	2 (50)	0,037	0,039	0,095
	3(50)	0,041	0,056	0,094
	4 (70)	0,033	0,100	0,112
BM-PAMA-16	5 (70)	0,052	0,053	0,128
	6 (180)	0,035	0,065	0,124
	7 (55)	0,053	0,058	0,139
	8 (60)	0,040	0,073	0,099
Média		0,042	0,062	0,108
Desvio Padrão		0,007	0,018	0,021

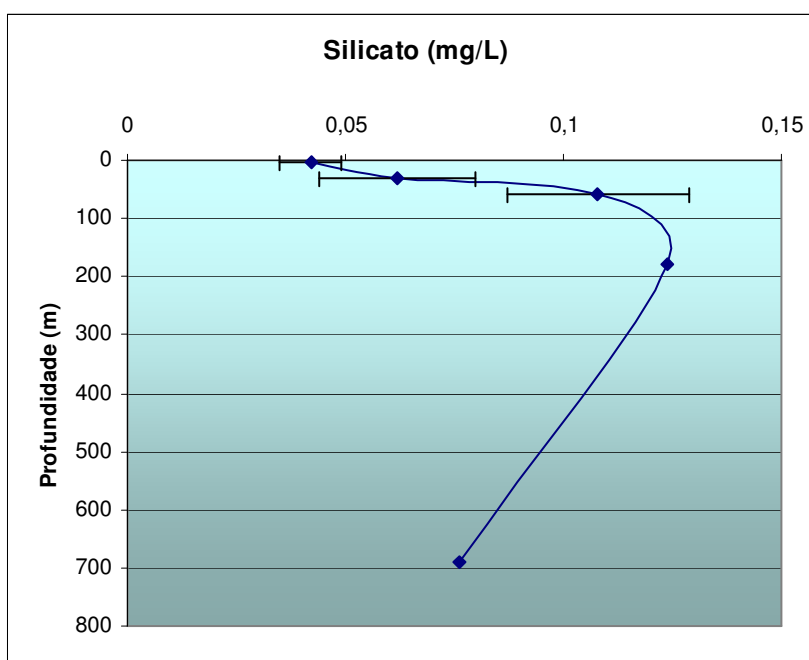


Figura 5.1.4.1-12. Valores médios de silicato (mg.L^{-1}), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Nas estações mais rasas foi observado um padrão geral para as concentrações de nutrientes em relação à profundidade, a estratificação vertical mostra que as concentrações médias dos nutrientes aumenta com a profundidade assim como as amplitudes de variação. A

estação 1 (690 m de profundidade) divergiu deste padrão, devido à diferente massa d'água predominante, a ACAS, que apareceu nesta estação a partir dos 162m até a profundidade máxima de amostragem; e pela forma de como os nutrientes se distribuem ao longo da coluna d'água.

Para o nitrito, assim como para a amônia não foi observado nenhum padrão de estratificação. Também não foi distinguido qualquer padrão de distribuição espacial horizontal (entre as estações) e as concentrações dos nutrientes e da amônia. Sendo todos os valores de nutrientes encontrados para a região em consonância com a compilação realizada por Niencheski *et al.* (1999) para várias regiões da costa brasileira e abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para as águas salinas de classe 1.

◆ Pigmentos Fotossintéticos

A Clorofila *a* é um pigmento presente em todos os organismos fotoautotróficos, constituindo-se em um parâmetro bioquímico mais freqüentemente utilizado em oceanografia devido à sua função fotossintética, tornando-a um indicador da biomassa fitoplanctônica. As intrusões industriais na região do oceano profundo, como a prospecção de petróleo, envolvem amplas atividades que podem resultar em graves impactos ambientais. A cada estágio, os impactos devem ser profundamente avaliados (Ahnert & Borowski, 2000).

As concentrações de Clorofila *a* foram inferiores a $0,45 \mu\text{g.L}^{-1}$, próprias de uma região considerada como altamente oligotrófica (Moser 1998; Cupelo 2000), sendo que as maiores concentrações foram sempre obtidas nas amostras de superfície e meia profundidade e as menores nas de fundo (Figura 5.1.4.1-13). Especialmente, as maiores concentrações de pigmentos foram observadas nas estações 4, 7 e 8. A estação 4 está situada na região norte do quadrante de amostragem sul, e as estações 7 e 8 situam-se no quadrante de amostragem norte. Enquanto à porcentagem de Cla-ativa, as amostras de superfície apresentaram o maior valor médio (79%), indicando possivelmente um bom estado fisiológico do fitoplâncton, enquanto que nas de meia profundidade essas porcentagens foram em média inferiores a 65% (Quadro 5.1.4.1-14).

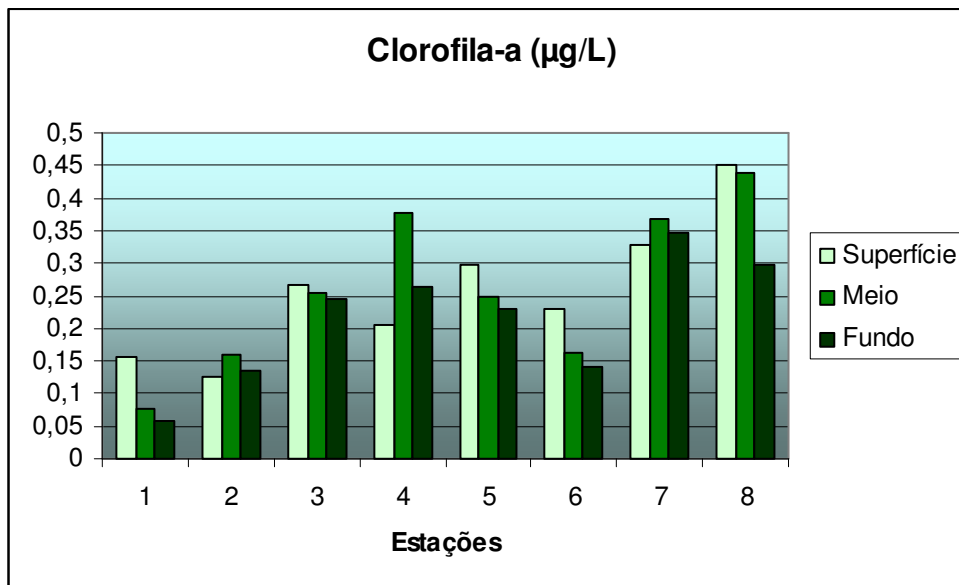


Figura 5.1.4.1-13. Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidas na água (superfície, meio e fundo), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

Quadro 5.1.4.1-14. Concentrações médias de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila b ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila c ($\mu\text{g.L}^{-1}$), feopigmentos a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), carotenóides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e porcentagem de clorofila a ativa, observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

TIPOS	SUPERFÍCIE		MEIO		FUNDO	
	MÉDIA	dp	MÉDIA	dp	MÉDIA	dp
Clorofila a	0,257	0,104	0,260	0,126	0,215	0,096
Clorofila b	0,055	0,041	0,112	0,116	0,078	0,023
Clorofila c	0,101	0,055	0,132	0,163	0,121	0,059
Feopigmentos a	0,086	0,066	0,124	0,049	0,100	0,051
Carotenóides	n.d.	n.d.	0,023	n.d.	0,038	n.d.
%Clorofila a ativa	79	26	62	23	71	26

Nas amostras de superfície, as concentrações máximas de Cla foram observadas nas estações 7 e 8, enquanto que as menores concentrações foram observadas nas estações 1 e 2 (Quadro 5.1.4.1-15 e Figura 5.1.4.1-13). As maiores porcentagens de Cla-ativa foram observadas nas estações 1 e 3 e de 6 à 8. As menores porcentagens foram obtidas na estação 2. As maiores concentrações de feopigmentos a foram registradas nas estações 2 e 5. Por outro lado, não foram registrados valores de carotenóides superiores ao limite de detecção do método.

Quadro 5.1.4.1-15. Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila b ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila c ($\mu\text{g.L}^{-1}$), feopigmentos a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), carotenóides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e porcentagem de clorofila a ativa, obtidas nas amostras de superfície. (n.d. = valor inferior ao limite de detecção de $0,001 \mu\text{g.L}^{-1}$). Campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Baía do Pará-Maranhão.

ESTAÇÃO	Cl a	Cl b	Cl c	Feo a	Carot.	%Cl ativa
	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-
1	0,155	0,058	0,046	n.d.	n.d.	100
2	0,126	0,001	n.d.	0,115	n.d.	32
3	0,268	0,051	0,154	n.d.	n.d.	100
4	0,204	0,015	0,047	0,064	n.d.	71
5	0,299	0,092	0,175	0,187	n.d.	50
6	0,230	0,125	n.d.	n.d.	n.d.	100
7	0,328	0,032	0,072	0,043	n.d.	87
8	0,450	0,066	0,113	0,021	n.d.	95

Nas amostras de meia profundidade, as concentrações máximas foram observadas nas estações 4, 7 e 8, enquanto que a menor concentração foi observada na estação 1 (Quadro 5.1.4.1-16 e Figura 5.1.4.1-13). As maiores porcentagens de Cla-ativa foram observadas nas estações 2 e 8. As menores porcentagens foi obtida na estação 1. As maiores concentrações de feopigmentos a foram registradas nas estações 3 e 4. Concentrações de carotenóides acima do limite de detecção somente foram detectados na estação 7.

Quadro 5.1.4.1-16. Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila b ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila c ($\mu\text{g.L}^{-1}$), feopigmentos a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), carotenóides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e porcentagem de clorofila a ativa, obtidas nas amostras de meia-profundidade. (n.d. = valor inferior ao limite de detecção de $0,001 \mu\text{g.L}^{-1}$). Campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Baía do Pará-Maranhão.

ESTAÇÃO	Cl a	Cl b	Cl c	Feo a	Carot.	%Cl ativa
	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-
1	0,077	0,041	0,007	0,086	n.d.	24
2	0,160	n.d.	0,020	n.d.	n.d.	100
3	0,256	0,061	0,106	0,158	n.d.	50
4	0,376	0,369	0,513	0,219	n.d.	55
5	0,248	0,033	0,050	0,094	n.d.	67
6	0,162	0,102	0,144	0,099	n.d.	52
7	0,367	0,102	0,150	0,118	0,023	71
8	0,438	0,077	0,066	0,094	n.d.	80

Nas amostras de fundo, as concentrações máximas de Cla foram observadas nas estações 7 e 8, enquanto que as menores concentrações foram observadas na estação 1 (Quadro 5.1.4.1-17 e Figura 5.1.4.1-13). As maiores porcentagens de Cla-ativa foram observadas nas estações 2, 7 e 8. As menores porcentagens foram obtidas na estação 1. As maiores concentrações de feopigmentos a foram registradas nas estações 3 e 5. Concentrações de carotenóides acima do limite de detecção somente foram detectados nas estação 7, assim como nas amostras a meia-profundidade.

Quadro 5.1.4.1-17. Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila b ($\mu\text{g.L}^{-1}$), clorofila c ($\mu\text{g.L}^{-1}$), feopigmentos a ($\mu\text{g.L}^{-1}$), carotenóides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e porcentagem de clorofila a ativa, obtidas nas amostras de fundo. (n.d. = valor inferior ao limite de detecção de $0,001 \mu\text{g.L}^{-1}$). Campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

ESTAÇÃO	Cl a	Cl b	Cl c	Feo a	Carot.	%Cl ativa
	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	-
1	0,058	n.d.	0,009	0,048	n.d.	36
2	0,135	n.d.	0,121	n.d.	n.d.	100
3	0,246	0,049	0,091	0,139	n.d.	54
4	0,265	0,087	0,187	0,086	n.d.	71
5	0,231	0,088	0,151	0,166	n.d.	45
6	0,141	0,076	0,114	0,061	n.d.	63
7	0,348	0,057	0,102	n.d.	0,038	100
8	0,297	0,111	0,192	n.d.	n.d.	100

◆ Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP), n-Alcanos e MCNR

Hidrocarbonetos são os constituintes majoritários do petróleo e, por essa razão, são considerados contaminantes potenciais em áreas de exploração e produção, assim como em áreas de tratamento, transporte e transferência do óleo. Os hidrocarbonetos do petróleo compreendem os n-alcanos, os isoalcanos, os cicloalcanos e os aromáticos. Dentre os compostos aromáticos, a maioria é formada por monoaromáticos: benzeno, tolueno e outros alquilbenzenos (UNEP, 1991). Petróleo também contém uma mistura complexa de alcanos ramificados e cíclicos, que normalmente não são encontrados em organismos. Essa mistura complexa não é separada cromatograficamente e, portanto, é denominada mistura complexa não resolvida (MCNR). A presença e a quantidade de MCNR em amostras ambientais podem indicar a contaminação por petróleo (Kennicutt II, 1995; Elias, 2000).

A maior fonte de hidrocarbonetos no ecossistema marinho é a antrópica, envolvendo a contribuição de efluentes urbanos e industriais, transporte e acidentes marítimos. Em geral, as fontes naturais contribuem em menor proporção com hidrocarbonetos. Mas, em áreas abertas como os oceanos, onde a influência antrópica é mínima, as fontes naturais têm importância primordial e são as principais responsáveis pelos níveis de background observados. Apesar das diminutas concentrações, o conhecimento dos níveis de background é muito importante, uma vez que permite avaliar e monitorar os impactos que as atividades antrópicas exercerão no meio ambiente.

Embora os hidrocarbonetos estejam largamente espalhados nos ambientes marinho e terrestre, por aportes de várias fontes, há algumas maneiras de se reconhecer e diferenciar os de origem petrogênica (que podem ser de origem natural e antropogênica) e os de origem biogênica (Elias, 2000).

Os hidrocarbonetos lineares (n-alcanos) sintetizados por organismos marinhos (plâncton) e terrestres incluem uma série de alcanos lineares com número ímpar entre 15 e 33 átomos de carbono, embora em alguns casos n-alcanos com número par de carbonos também já tenham sido observados (Elias *et al.*, 1997). Os de origem planctônica são constituídos principalmente de n-C15, n-C17, n-C19 e pristano, enquanto os de origem de plantas terrestres apresentam predominantemente os n-alcanos com número ímpar de carbono como o n-C25, n-C27, n-C29 e n-C31 (Elias *et al.*, 1997; Elias *et al.*, 2000). No petróleo não há preferência de n-alcanos ímpares ou pares, havendo uma distribuição equilibrada destes alcanos (Brassel *et al.*, 1978; Philip, 1985; Boehm & Requejo, 1986; Kennicutt II, 1995; Phillips, 1995; Elias *et al.*, 1997).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, os n-alcanos, a mistura complexa não resolvida (MCNR) e os HTP foram avaliados em três estratos da coluna d'água (na superfície, no meio e próximo ao fundo) nas 8 estações de coleta previstas em projeto (Quadro 5.1.4.1-18).

As análises realizadas não detectaram a presença de n-alcanos, mistura complexa não resolvida (MCNR) ou hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) em nenhuma das amostras de água coletadas, sendo o limite de detecção do método de análise para os HTP de 145 µg.L⁻¹.

Quadro 5.1.4.1-18. Concentrações de n-alcanos ($\mu\text{g.L}^{-1}=\text{ppb}$), de mistura complexa não resolvida (MCNR; $\mu\text{g.L}^{-1}=\text{ppb}$) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP; $\mu\text{g.L}^{-1}=\text{ppb}$) nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 11 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão.

ESTRATO	BLOCOS	ESTAÇÃO	n-Alcanos	MCNR	HTP total
Superfície	BM-PAMA-17	1	<5,0	<5,0	<145,0
		2	<5,0	<5,0	<145,0
		3	<5,0	<5,0	<145,0
		4	<5,0	<5,0	<145,0
	BM-PAMA-16	5	<5,0	<5,0	<145,0
		6	<5,0	<5,0	<145,0
		7	<5,0	<5,0	<145,0
		8	<5,0	<5,0	<145,0
Meio	BM-PAMA-17	1	<5,0	<5,0	<145,0
		2	<5,0	<5,0	<145,0
		3	<5,0	<5,0	<145,0
		4	<5,0	<5,0	<145,0
	BM-PAMA-16	5	<5,0	<5,0	<145,0
		6	<5,0	<5,0	<145,0
		7	<5,0	<5,0	<145,0
		8	<5,0	<5,0	<145,0
Fundo	BM-PAMA-17	1	<5,0	<5,0	<145,0
		2	<5,0	<5,0	<145,0
		3	<5,0	<5,0	<145,0
		4	<5,0	<5,0	<145,0
	BM-PAMA-16	5	<5,0	<5,0	<145,0
		6	<5,0	<5,0	<145,0
		7	<5,0	<5,0	<145,0
		8	<5,0	<5,0	<145,0

◆ Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA)

Os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) são considerados parâmetros muito importantes devido ao impacto ambiental e a toxicidade elevada. A distribuição de HPAs alquilados vem sendo reportada em estudos como indicadores do destino do óleo no meio ambiente e como marcador da fonte do derrame, ou do óleo contido nos sedimentos (Wang & Fingas, 1997).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, os 16 hidrocarbonetos poliaromáticos foram avaliados em três estratos da coluna d'água (superfície, no meio e próximo ao fundo) nas 8 estações de coleta previstas em projeto. As análises realizadas não detectaram a presença de nenhum dos 16 HPAs prioritários, em nenhuma das amostras de água coletadas, sendo o limite de detecção do método de análise de $0,050 \mu\text{g.L}^{-1}$ para cada HPA e de $0,800 \mu\text{g.L}^{-1}$ para os 16-HPA.

◆ BTEX (benzeno, tolueno, etileno e xileno)

Assim como os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), os compostos BTEX são considerados parâmetros muito importantes devido à toxicidade elevada e ao potencial impacto ambiental. Os *fingerprints* de distribuição de compostos BTEX e alquil-benzenos podem ser usados para identificação de diferentes tipos de óleo e os compostos aromáticos têm se mostrado bastante úteis para análises de resíduos de óleo.

Os compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e isômeros dos Xilenos (BTEX) estão entre os compostos orgânicos mais voláteis e mais tóxicos presentes na gasolina. Dentre os quatro compostos, o benzeno é o mais volátil e o mais perigoso. Trata-se de uma substância comprovadamente carcinogênica. O etilbenzeno e o tolueno, quando inalados, são rapidamente absorvidos pelas vias respiratórias, enquanto os isômeros do xileno afetam o cérebro. Devido a esses problemas, é muito importante a avaliação e monitoramento desses compostos em amostras de águas marinhas, de classe 1, ou não.

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, os compostos BTEX foram avaliados em três estratos da coluna d'água (na superfície, no meio e próximo ao fundo) nas 8 estações de coleta previstas em projeto. As análises realizadas não detectaram a presença de nenhum dos compostos BTEX, em nenhuma das amostras de água coletadas, sendo de $0,300 \mu\text{g.L}^{-1}$ o limite de detecção do método de análise de para cada composto.

◆ Fenóis

Os principais componentes de matéria orgânica encontrados na água são proteínas, aminoácidos, carboidratos, gorduras, além de uréia, surfactantes e fenóis. Os fenóis são compostos orgânicos que contêm um grupo hidróxi (-OH) ligado diretamente a um átomo de carbono num anel de benzeno. Ao contrário dos álcoois normais, os fenóis são ácidos devido à

influência dos anéis aromáticos. Os fenóis constituem uma categoria de compostos que têm ação bactericida.

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, localizados na Bacia do Pará-Maranhão, as concentrações de fenóis presentes na água foram avaliados em três estratos da coluna d'água, nas 8 estações de coleta previstas em projeto. Nas amostras analisadas foram observadas concentrações de fenóis em algumas estações, sendo que nas amostras de superfície variaram de não detectável a 0,059 mg.L⁻¹, no meio de não detectável a 0,270 mg.L⁻¹ e para as amostras de fundo de não detectável a 0,120 mg.L⁻¹ (Quadro 5.1.4.1-19). A maioria das concentrações de fenóis observadas encontrou-se abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 1, que é de 0,060 mg.L⁻¹, contudo no meio e no fundo algumas concentrações foram encontradas acima deste limite (Figura 5.1.4.1-14).

Quadro 5.1.4.1-19. Concentrações de fenóis (mg.L⁻¹) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação. Concentrações em vermelho indicam valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (águas salinas – classe 1) para este parâmetro (Fenóis = 0,060 mg.L⁻¹).

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,057	<0,010	<0,010
	2 (50)	0,059	0,041	0,040
	3(50)	<0,010	<0,010	0,067
	4 (70)	0,036	0,125	0,103
BM-PAMA-16	5 (70)	<0,010	<0,010	<0,010
	6 (180)	<0,010	0,270	<0,010
	7 (55)	<0,010	<0,010	0,019
	8 (60)	<0,010	0,020	0,120
Média		0,051	0,091	0,044
Desvio Padrão		0,013	0,111	0,052

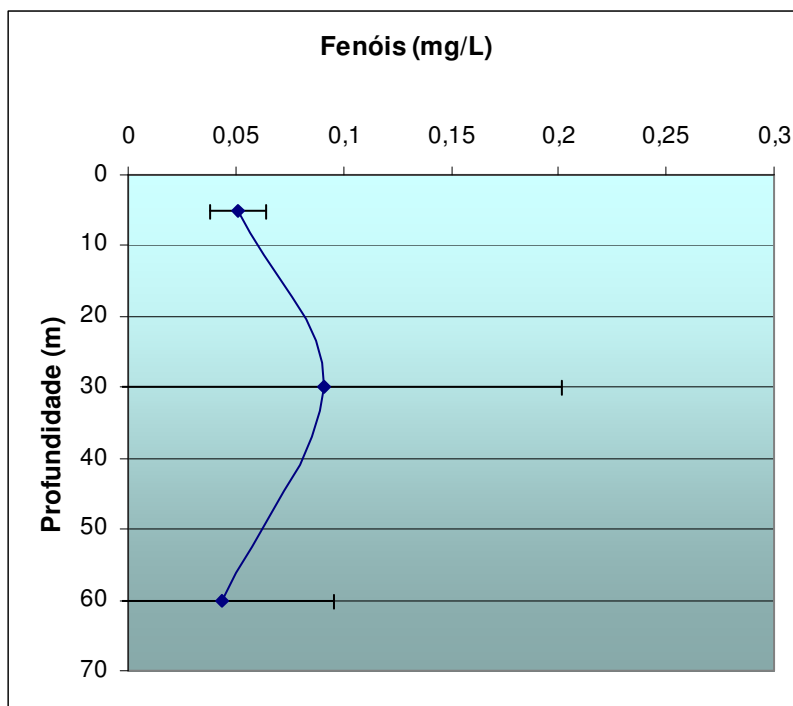


Figura 5.1.4.1-14. Valores médios de fenóis (mg.L^{-1}), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Não foram detectados.

As concentrações de fenóis encontradas acima do limite aceitável pela Resolução CONAMA 357/2005 para as águas salinas de classe 1, podem ser consideradas anômalas, no sentido de que não eram esperadas para uma região onde não existem atividades de origem antrópica em andamento. Liberações de fenóis ao ambiente, são mais comuns em ambientes costeiros, pois os mesmos compõem os subprodutos de várias atividades industriais, assim como em áreas de operação de atividades de O&G. Assim, apenas um monitoramento mais detalhado, permitirá identificar se as concentrações de fenóis encontradas na água fazem parte do background natural ou se foram causadas, por um fenômeno local de ressuspensão de sedimentos na área que pode ter contribuído para as concentrações encontradas nos estratos mais profundos. Contudo, como mencionado acima, uma vez que não existem atividades de origem antrópica localizadas na área de estudo, tais resultados devem ser tratados com parcimônia e apenas as campanhas futuras poderão esclarecer se podem ser considerados usuais para essa área ou se correspondem apenas a valores anômalos pontuais que provavelmente não serão mais encontrados no futuro na área em questão.

◆ Sulfetos

O enxofre na água pode ser encontrado como: S enxofre molecular; S íon sulfeto; SO_4 íon sulfato; SO_3 íon sulfito; H_2S gás sulfídrico; SO_2 dióxido de enxofre; H_2SO_4 ácido sulfúrico e FeS nas formas associado ao metal. Em meio aquático aeróbio, o enxofre é mineralizado como sulfato (SO_4), sendo a forma mais comum de enxofre encontrada na água. Em água salgada as concentrações de sulfatos são de cerca de 2710 mg.L^{-1} (Drever, 1982 *apud* Sadiq, 1992; Parker, 1972 *apud* Sadiq, 1992; Riley & Shirrow, 1975 *apud* Sadiq, 1992).

Na indústria do petróleo, o H_2S (dióxido de enxofre) poderá estar presente nos reservatórios de petróleo e nos campos onde há injeção de água do mar. Pode ser resultante de mecanismos de dissolução de sulfetos minerais, da decomposição de compostos orgânicos sulfurados etc. Outra fonte de H_2S é a atividade das bactérias redutoras de sulfato (BRS). A água do mar apresenta altas concentrações de sulfatos e a atuação dessas bactérias redutoras de sulfato resultará na geração de sulfeto, no interior do reservatório, trazendo prejuízos econômicos e ambientais (o dióxido de enxofre é tóxico para o ser humano e o meio ambiente). Entretanto, em águas oligotróficas o sulfeto é rapidamente convertido a sulfato (Ledyard & Dacey, 1996; Marvin-DiPasquale *et al.*, 2003) o que tende a dificultar sua detecção.

O método utilizado para análise de sulfetos determina o teor total de sulfetos, que equivale ao somatório das concentrações de HS^- , $\text{S}^=$ e H_2S presentes na amostra. O teor de H_2S pode ser estimado a partir de cálculos de equilíbrio, considerando o pH do meio. Para águas salinas, cujo pH é na faixa de oito, a concentração de H_2S corresponde a 10% do sulfeto total (APHA, 1998 *apud* PETROBRAS, 2001).

Na campanha de *baseline* dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, os sulfetos foram analisados nas amostras de água obtidas nos três estratos da coluna d'água, nas 8 estações de coleta previstas em projeto. As concentrações de sulfetos variaram de $0,004$ a $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ na superfície, de $0,004$ a $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ no meio e de $0,004$ a $0,011 \text{ mg.L}^{-1}$ próximo ao fundo (Quadro 5.1.4.1-20 e Figura 5.1.4.1-15). Com exceção da concentração de sulfetos em cinco amostras, todas as concentrações observadas estiveram acima do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, para águas classe 1, que é de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$.

Quadro 5.1.4.1-20. Concentrações de sulfeto (mg.L^{-1}) observadas nas amostras de água coletadas na sub-superfície, meio e fundo nas 8 estações da campanha OGX/PIR2/FUGRO (2009) nos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. *Em negrito a profundidade máxima (m) de cada estação. Concentrações em vermelho indicam valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (águas salinas – classe 1) para este parâmetro (sulfeto = $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$).

BLOCOS	ESTAÇÕES	SUB-SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO
BM-PAMA-17	1 (690)	0,0080	0,0004	0,0004
	2 (50)	0,0004	0,0080	0,0060
	3(50)	0,0070	0,0070	0,0050
	4 (70)	0,0010	0,0050	0,0110
BM-PAMA-16	5 (70)	0,0050	0,0060	0,0040
	6 (180)	0,0070	0,0050	0,0060
	7 (55)	0,0060	0,0050	0,0040
	8 (60)	0,0010	0,0040	0,0040
Média		0,0044	0,0051	0,0051
Desvio Padrão		0,003	0,002	0,003

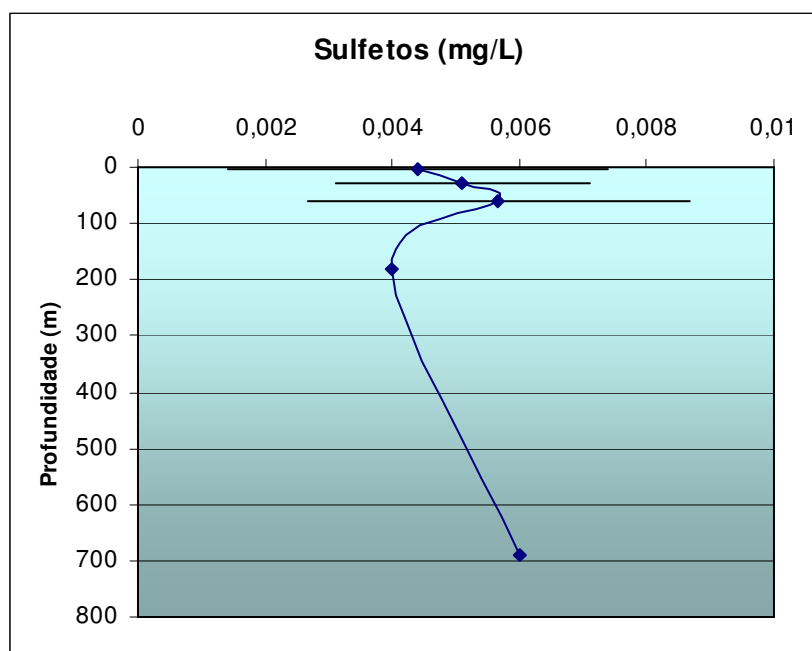


Figura 5.1.4.1-15. Valores médios de sulfetos (mg.L^{-1}), para a região dos Blocos BM-PAMA-16 e BM-PAMA-17, Bacia do Pará-Maranhão. Os pontos em 180 e 690 m, são valores absolutos referentes às amostras de fundo das estações 6 e 1, respectivamente.

Como não existe atualmente na área qualquer atividade de origem antrópica que possa estar causando o aumento das concentrações de sulfeto na água ao longo do tempo, é provável que esses resultados correspondam ao *background* natural da área.