

Oceanografia Geológica

Sedimentologia

PROF. ALEX CARDOSO BASTOS, PROF. VALÉRIA DA S. QUARESMA, CAROLINE FIORIO GRILO, DANIELE PERON D'AGOSTINI, ESTEFÂNIA GODINHO, GEANDRE C. BONI, MARCOS DANIEL LEITE, RENATA CAIADO CAGNIN, RICARDO BISI JR.

1 - INTRODUÇÃO

Entre os dias 27/01/2016 e 02/02/2016 foi realizada uma expedição oceanográfica com o navio Soloncy de Moura, pertencente ao ICMbio. O objetivo da expedição foi a coleta de dados na plataforma do Espírito Santo entre a APA Costa da Algas/ Foz do Rio Doce/Barra Nova e a Plataforma de Abrolhos para identificação e caracterização do material sedimentar que estava aportando a região, devido ao desastre de rompimento da barragem de rejeito em Mariana-MG, e como fator comparativo entre expedições realizadas anteriormente.

Foram realizados um total de 21 pontos amostrais (Fig.1) onde foram coletados além de dados biológicos e de coluna d'água, sedimento superficial para análise granulométrica, para análise de densidade e mineralogia de argila, além de coleta d'água para determinação de concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS).

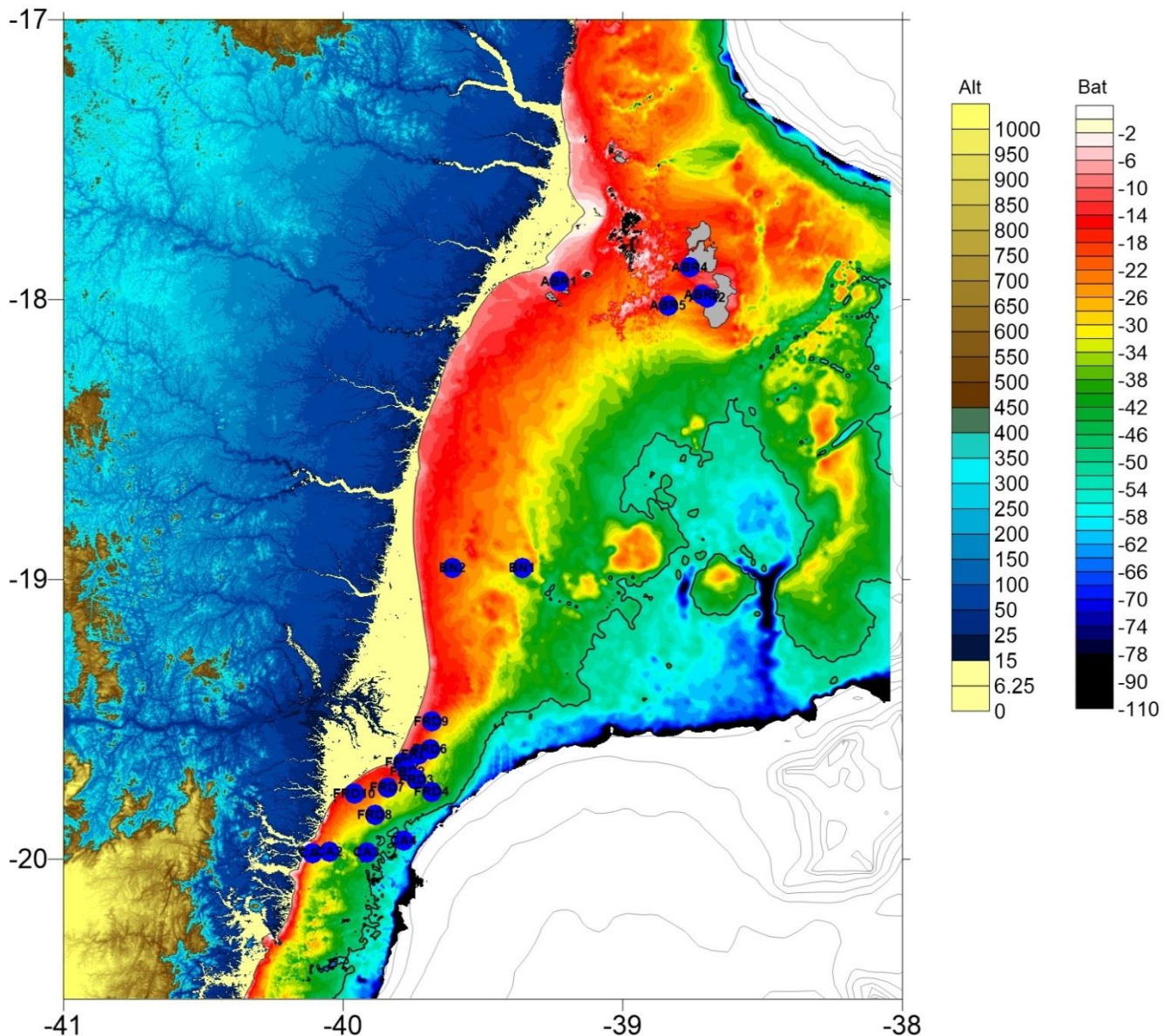


FIGURA 1: Mapa com localização das estações amostrais.

2 - METODOLOGIA

2.1 -MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

Foram coletados em cada estação, 3 amostras de água de 1 litro: superfície (0,5m), meio (determinado pela profundidade local) e fundo (cerca 0,5m acima do fundo). Para tal foi utilizado uma garrafa horizontal do tipo Van Dorn.

Em laboratório a água foi filtrada para determinação da concentração de MPS por método gravimétrico em filtros de 0,7 e 0,22 micras. No entanto, o filtro de 0,22 micras está retendo material diferente do MPS. Aparentemente sal. Assim, esses resultados estão sendo descartados mantendo-se apenas os resultados retidos no filtro de 0,7micras.

2.2 - SEDIMENTO

Após a retirada de sal, uma porção de cerca de 20g de amostra de sedimento total foi peneirada a úmido em peneira de 0,63 µm para separação das frações areia e lama. Após esse procedimento a fração areia foi submetido a peneiramento a seco e a fração lama a análise em granulômetro a laser após retirada de matéria orgânica (de ½ em ½ FI).

Para determinação de densidade total molhada superficial do sedimento, o material superficial foi coletado em um recipiente, de peso e volume conhecido, e refrigerado imediatamente para evitar a perda de água. Em laboratório o mesmo foi pesado e a densidade total molhada foi determinada pelo razão entre o peso da massa e o volume do recipiente. (soulsby, 1997)

Os minerais de argila estão sendo determinados pela técnica de difratometria de Rx, mas os resultados ainda não foram liberados pelo laboratório responsável.

3 - RESULTADOS

Os resultados serão apresentados de forma comparativa com outras expedições e separando por área. Assim, será apresentado e discutido os resultados da área imediatamente adjacente a foz do Rio Doce, a área da Costa das Algas (Sul da foz), Barra Nova (Norte da foz) e Abrolhos.

3.1 - Material Particulado em Suspensão (MPS)

3.1.1 - Área adjacente a desembocadura do Rio Doce

A figura 2 apresenta um perfil transversal em frente ao Rio Doce com as estações SDS1, 2, 3 e 4. Observa-se que a estação de maior concentração de MPS se encontra imediatamente em frente ao rio, próximo a batimétrica de 10m (estação SDS1) e próximo ao fundo. A partir deste ponto em direção as áreas mais profundas da plataforma, as concentrações diminuem consideravelmente como pode ser observado na figura 2.

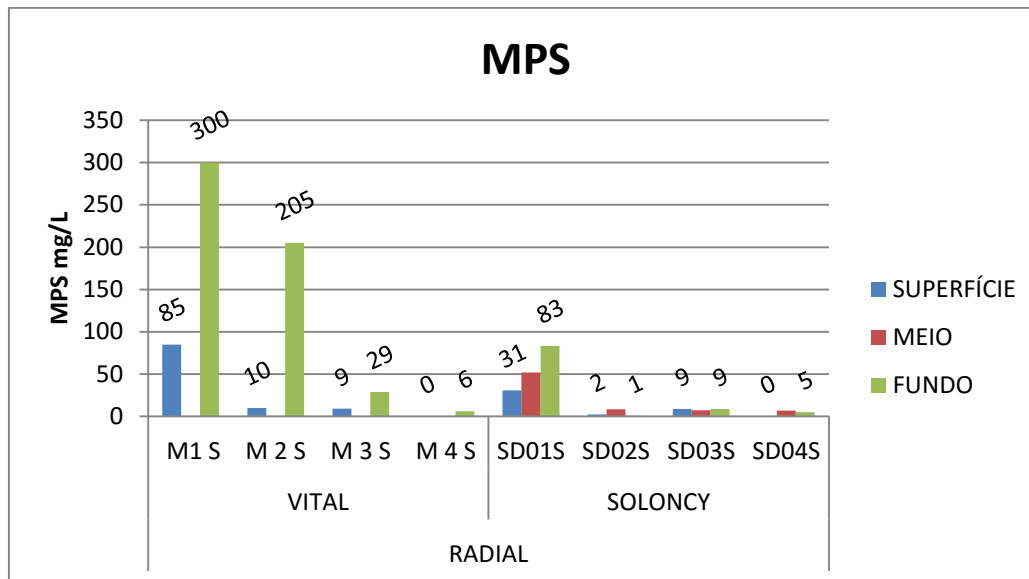


Figura 2: Gráficos com resultados de material particulado em suspensão em Mg/L, das expedições realizadas pelos navios Soloncy de Moura e NOc Vital de Oliveira. As estações estão em um perfil transversal a linha de costa em direção offshore.

Os dados coletados no Soloncy de Moura (SM) estão aqui apresentados como superfície, meio e fundo e os dados do NOC Vital de Oliveira (NVO) apenas de superfície e fundo, devido a limitações de coleta. No entanto, as estações são as mesmas e podem ser comparadas. O que se observa é uma diferença muito grande entre os valores medidos nas duas ocasiões. Apesar de apresentarem escalas diferentes, os valores estão discriminados no gráfico e estão ambos em mg/L. Os valores encontrados durante a expedição do Soloncy de Moura estão cerca de 400% menores do que a expedição NVO (estação 1 próximo ao fundo). Dessa forma, as duas situações não podem ser tratadas e analisadas da mesma forma. Apesar da diminuição do aporte, o momento da expedição do NVO com certeza provocou a deposição de uma quantidade muito grande de material junto ao fundo e esse depósito continua sendo alimentado pela situação que se manteve.

Em termos gerais as maiores concentrações de MPS ficam nas áreas mais rasas (-10m), no meio da coluna d'água e próximo ao fundo. Em termos de distribuição e expansão espacial, isso dependerá do vento dominante no momento de amostragem. Como parte das amostras da mesma área foram realizadas em momentos diferentes esse "espalhamento" pode variar de um dia para o outro, como já vem sendo documentado pelo monitoramento via satélite e sobrevoos. Os maiores valores de MPS ficam entre 30 e 83mg/L e ocorrem principalmente em frente a desembocadura do rio e próximo aos -10m. (Fig 2) A partir desta profundidade os valores não ultrapassam a casa de 10mg/L com exceção da estação SDN 30 que apresentou valores na casa dos 30mg/L. (Fig3)

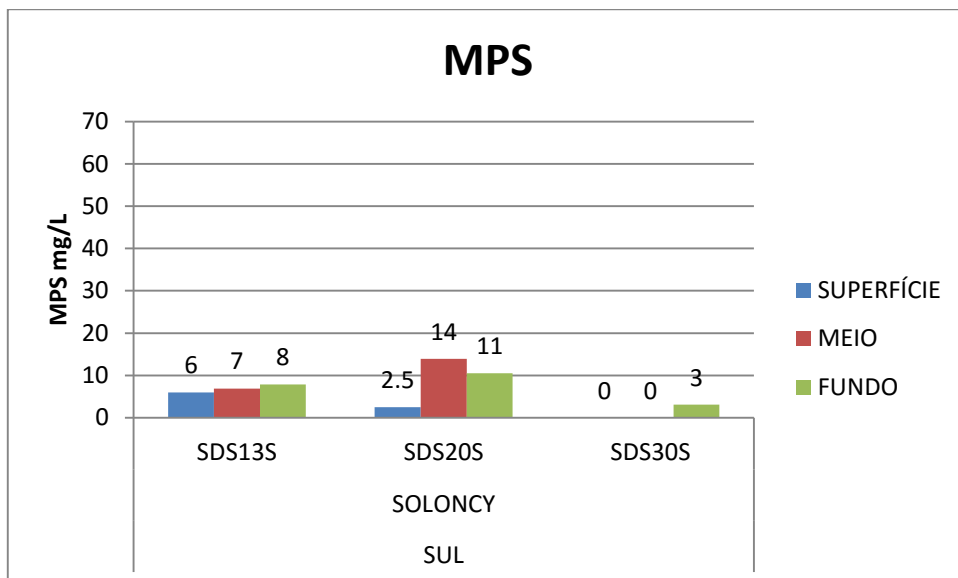
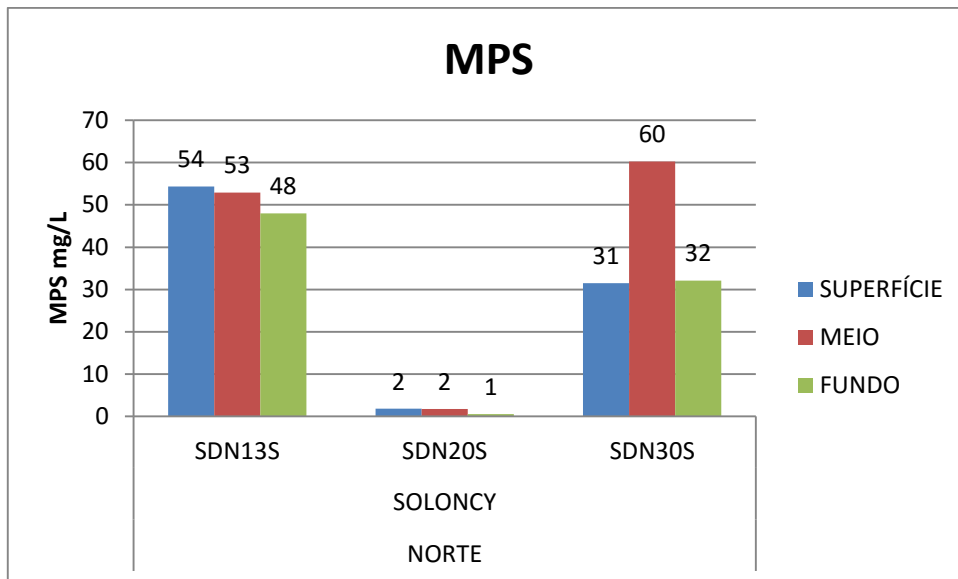


FIGURA 3: Gráficos apresentando os valores de MPS para 6 estações localizadas na plataforma adjacente a desembocadura do Rio Doce. A denominação das estações está relacionada ao local, a profundidade do local onde a amostra foi coletada e se foi a coleta foi a superfície, meio ou fundo. Por exemplo SDN13 significa estação ao Norte do rio a 13m de profundidade.

3.1.2 - Costa das Algas

Na área da APA Costa das Algas (fig.3) o MPS apresentou um comportamento interessante. Foram observados os maiores valores nas estações mais profundas (CA 03 e CA 04). Nesse caso todas as amostras foram realizadas em um mesmo dia e de acordo com as imagens de satélites do site da governança pelo Doce a pluma naquele dia (02/02/2016) se deslocava justamente em direção sul-offshore. (Fig. 4) Esse comportamento é bem registrado pelo MPS medido.

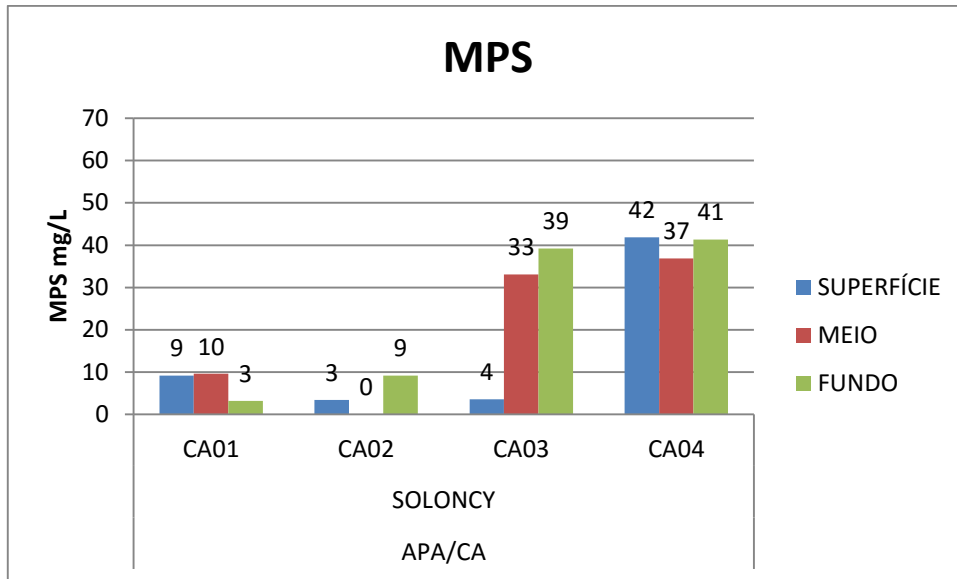


FIGURA 4: Gráficos apresentando os valores de MPS para 4 estações localizadas na APA Costa das Algas. As estações estão organizadas em um perfil transversal a costa em direção offshore. A denominação das estações está relacionada se a coleta foi a superfície (S), meio (M) ou fundo (F).

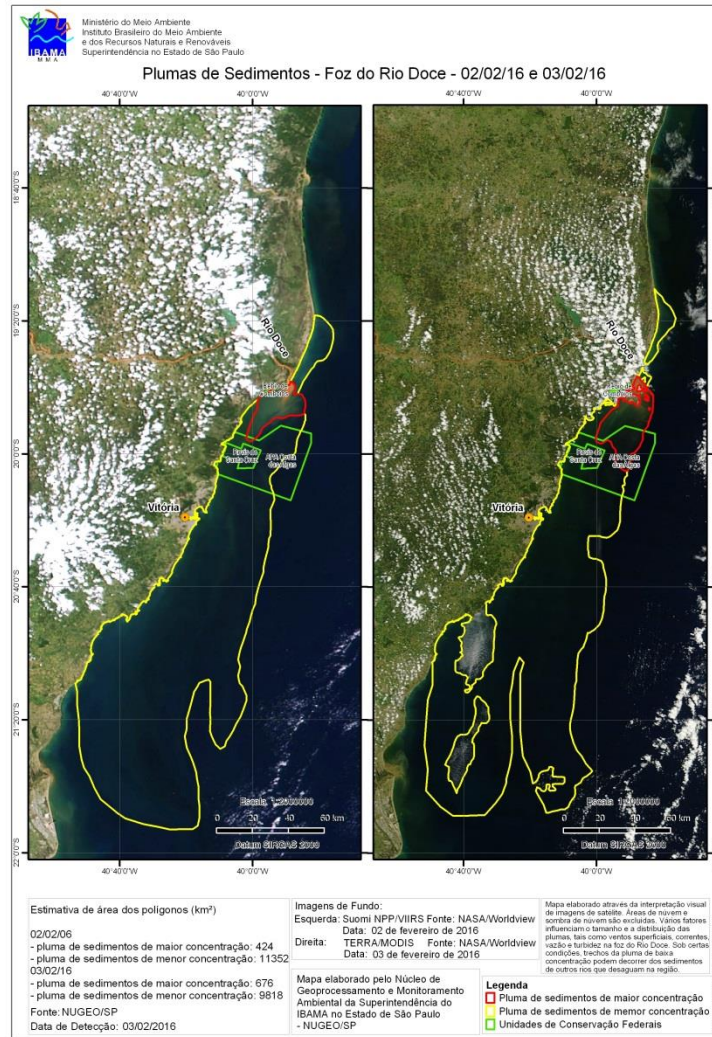


FIGURA 4: Mapa resultante de análise de imagens de satélite no dia 02/02/2016 na área de estudo. Fonte: <http://www.governancapelodoce.com.br/pluma/02022016/>

3.1.3 - Barra Norte

A região da Barra Norte (fig.5) apresentou valores bem baixos de MPS, não ultrapassando os 2,5 Mg/L. Nesse caso, a área mais profunda de -30m apresentou valores mais elevados, mas nada que causasse algum tipo de alerta ou preocupação.

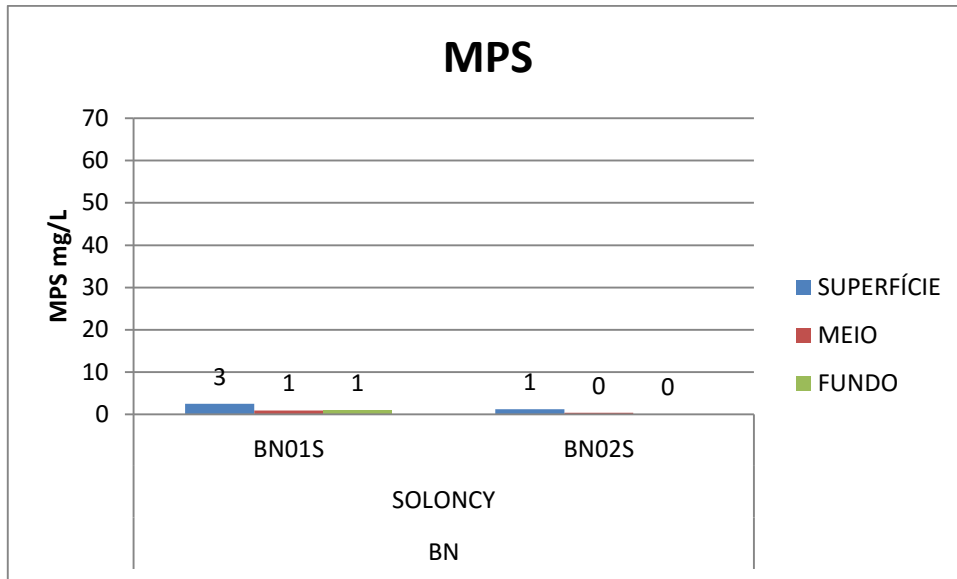


FIGURA 5: Gráficos apresentando os valores de MPS para 2 estações localizadas na Barra Norte. A denominação das estações está relacionada se a coleta foi a superfície (S), meio (M) ou fundo (F).

3.1.4 – Plataforma de Abrolhos

A plataforma de Abrolhos, apresentou valores entre 3 e 36 mg/L. No caso desta área de investigação os maiores valores foram encontrados próximo ao arquipélago. Provavelmente em função de uma dinâmica local.

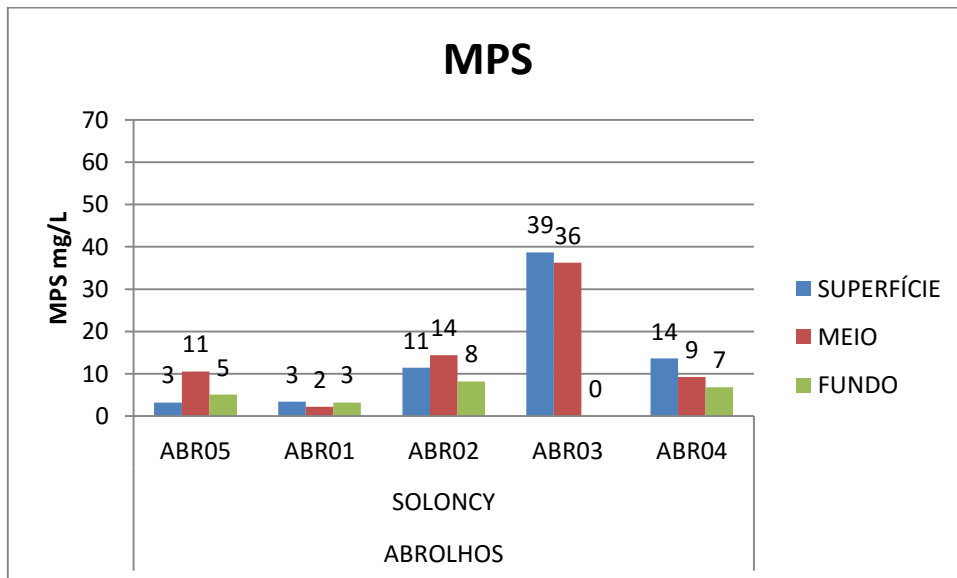


FIGURA 6: Gráficos apresentando os valores de MPS para 5 estações localizadas na Plataforma de Abrolhos. A denominação das estações está relacionada se a coleta foi a superfície (S), meio (M) ou fundo (F).

3.2 - Análise granulométrica

3.2.1 - Área adjacente a desembocadura do Rio Doce

A distribuição granulométrica encontrada na expedição SM tem como característica principal a presença de um material muito nas estações SD01 e SD02, nas estações SD03 e SD 04 de maior profundidade (-30 e -40m respectivamente) essa fração fina diminui passando a um domínio arenoso. (Fig.6)

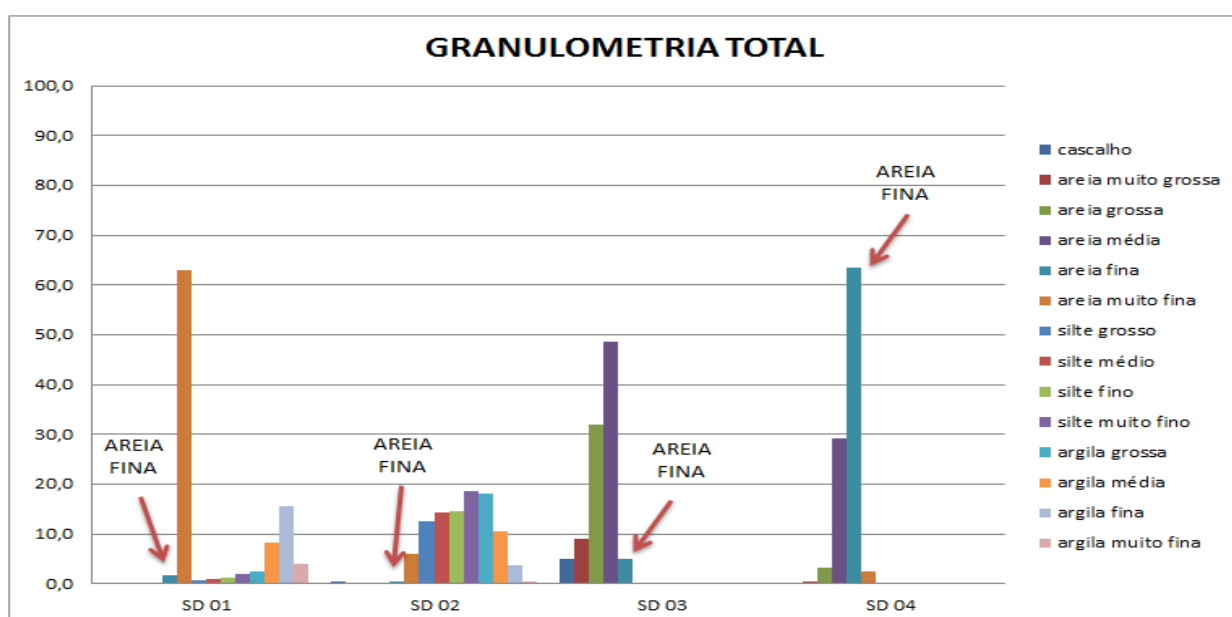


FIGURA 6: gráficos apresentando a distribuição granulométrica total em um perfil transversal a linha de costa em frente a desembocadura do Rio Doce em direção offshore.

Em função dessas características optou-se por fazer uma distribuição granulométrica dos finos comparando as expedições NVO e SM. (Fig.7) Quando destacamos essa fração do sedimento o que se observa é que ocorreu um afinamento considerável, principalmente nas estações 01 e 02.

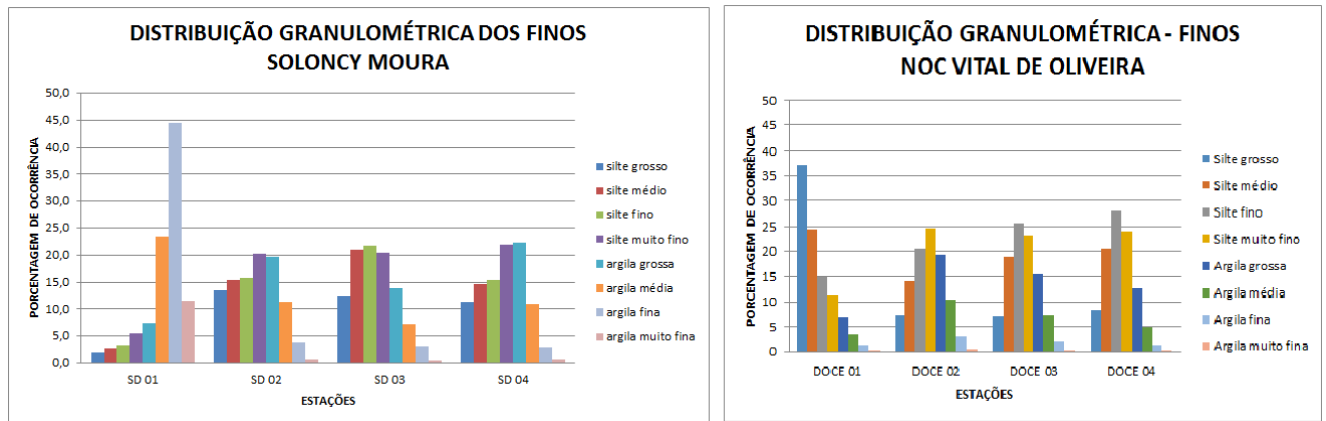


FIGURA 7: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica da porção de finos (silte grosso à argila muito fina) nas expedições dos navios Soloncy de Moura e NOc Vital de Oliveira, em um perfil transversal a linha de costa em frente a desembocadura do Rio Doce em direção offshore.

A estação SDS01 se mostra muito argilosa na expedição SM, o que não seria esperado devido a profundidade dessa estação que é de -10m. A essa profundidade é muito comum o processo de resuspensão do depósito por ondas e normalmente o material seria mais grosso com tendência a arenoso. Mesmo quando se analisa a distribuição total (incluindo a fração arenosa), nota-se a presença marcante da fração areia muito fina (fig 6). De uma forma geral se observa um aumento nos teores de argila em todas as estações, e uma diminuição na proporção de silte muito fino (Fig. 6 e 7). Observa-se então um deslocamento do pico da curva granulométrica em direção as frações mais finas.

Em termos espaciais além do controle batimétrico na distribuição granulométrica também se destaca que em direção sul o material se mantém na tendência de mais fino. Essa tendência já foi discutida em Quaresma et al 2015, onde os autores destacam a presença de um depocentro de lama ao sul da desembocadura próximo a profundidade de 15m. A deposição desse material mais a sul se dá em função do vento de NE que é dominante na região. O vento desloca a pluma sedimentar que chega a plataforma e com o processo normal de decantação das partículas esse material se deposita. (Fig.8)

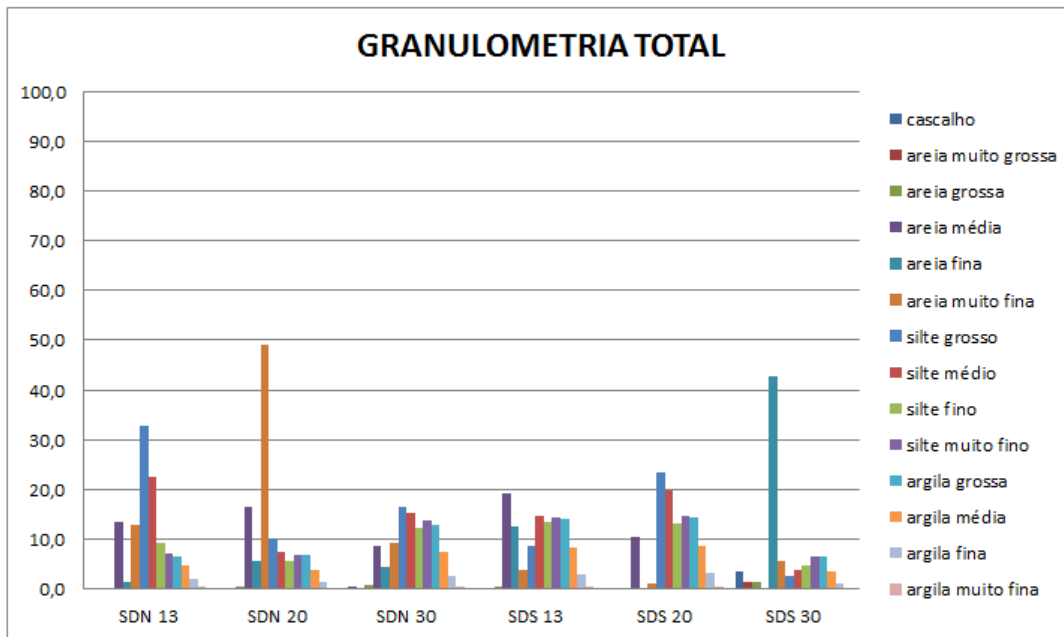


FIGURA 8: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica total, de amostras coletadas na plataforma adjacente a desembocadura do Rio Doce. A denominação das estações indica a localização da mesma, e sua profundidade. Exemplo SDN13 indica estação ao norte do Rio Doce e a 13 m de profundidade.

As estações SDN 20 e SDS20 da expedição SM correspondem as estações 16 e 19 da expedição NVO e nessas estações a tendência de afinamento do depósito também é observada. (Fig.9)

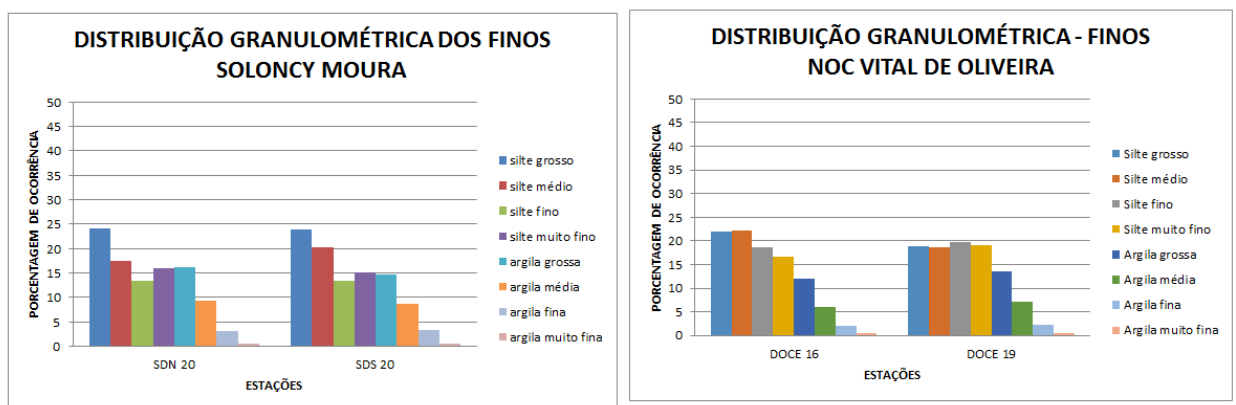


FIGURA 9: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica da porção de finos (silte grosso à argila muito fina) nas expedições dos navios Soloncy de Moura e NOc Vital de Oliveira, em estações correspondentes.

3.2.2 - APA Costa das Algas

Na região da Costa das Algas não temos um padrão comparativo no momento, mas se observa que na estação CA 01 a distribuição granulométrica está concentrada na fração de finos a partir da areia muito fina com altos teores de argila. (Fig.10) Na estação CA 02 observa-se uma distribuição bimodal concentrada na fração areia fina e muito fina e na fração silte muito fino e argila. Na estação CA 03 os teores siltosos e argilosos diminuem, mas continuam existentes. A estação CA04 não está no gráfico pois só foi recuperado rodolitos.

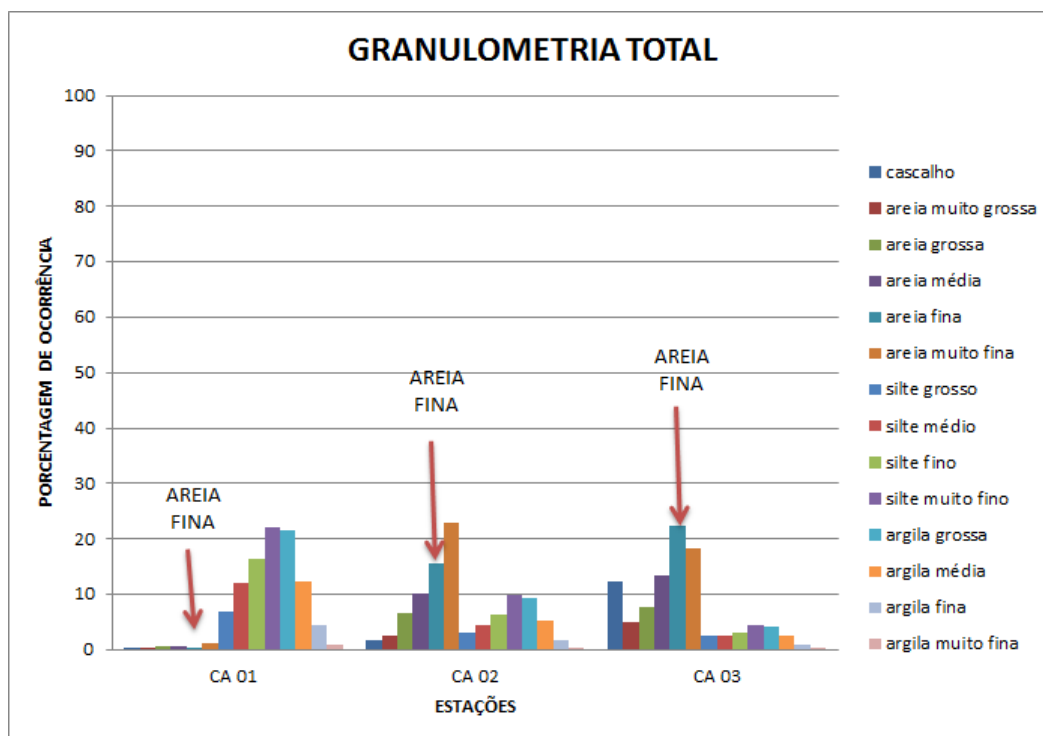


FIGURA 10: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica total, de amostras coletadas na APA Costa das Algas.

Cabe lembrar que a região em questão é uma APA com grande importância ambiental e econômica para a região com alta concentração de algas calcárias. Dessa forma, a presença de um material fino e principalmente argiloso de origem terrígena pode comprometer o equilíbrio da área.

Levantamentos pretéritos ainda estão em fase de análise o que poderá nos dar uma boa base para entender como a área está sendo afetada.

3.2.3 - Barra Nova

Nos dirigindo em direção Norte podemos observar que as duas estações localizadas em Barra Nova tem características bem diferenciadas em termos de distribuição granulométrica. (Fig.11) A estação BN 02 (-20m) apresenta um material mais fino concentrado na fração areia fina e muito fina, e a BN 01 (-30m)

totalmente arenoso. Nessa área específica, o controle batimétrico da distribuição granulométrica é bem evidente.

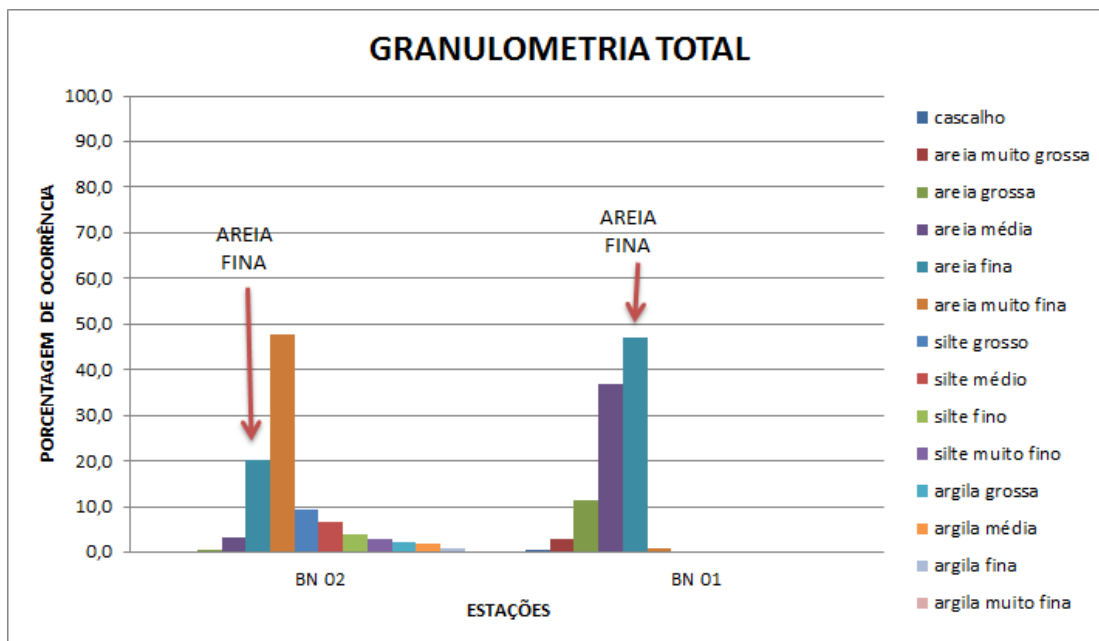


FIGURA 11: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica total, de amostras coletadas na APA Costa das Algas.

3.2.4 - Plataforma de Abrolhos

Na região de Abrolhos o predomínio é cascalho/arenoso e apenas algumas estações observa-se pequenos teores de material mais fino. (Fig.12) A presença de cascalhos nessa área está diretamente ligada a atividade biológica com grande produção de bioclóstos. Os teores de CaCO_3 ainda não foram determinados, mas segundo D'Agostini et al, 2015 a cobertura sedimentar superficial na área é mista com presença de sedimento terrígeno próximo a costa e carbonático a partir dos 12m de profundidade, inclusive com presença de sedimento lamoso carbonático.

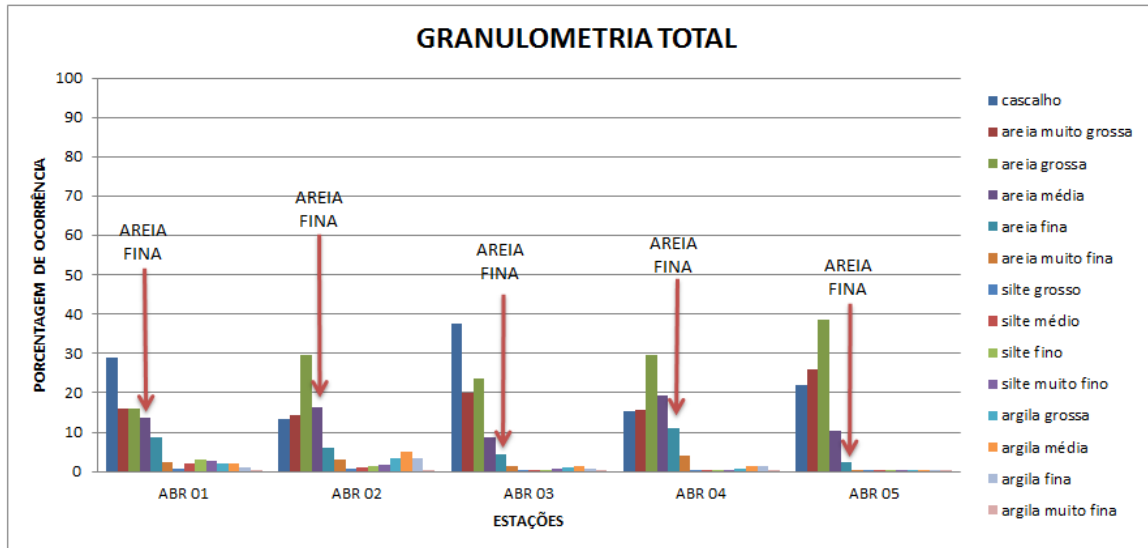


FIGURA 12: Gráficos apresentando a distribuição granulométrica total, de amostras coletadas na Plataforma de Abrolhos.

3.3 - Densidade do sedimento superficial

A densidade do sedimento superficial é um bom indicador de tempo de deposição e consolidação do depósito. Quanto maior a densidade do depósito mais estável e resistente ao transporte ele fica. Normalmente só se avalia a densidade para um depósito lamoso, assim só serão apresentados aqui os resultados de algumas estações.

Observa-se que as menores densidades superficiais se encontram em áreas mais rasas e ao sul, no caso entre as profundidades de 13 e 20m (SDS13 e SDS20). (Fig.13) Essa tendência está de acordo com o que foi observado em termos de distribuição granulométrica, onde se observa uma tendência de deslocamento de material em direção Sul. As maiores densidades foram observadas ao Norte da desembocadura e na Costa das Algas (SDN30 e CA02).

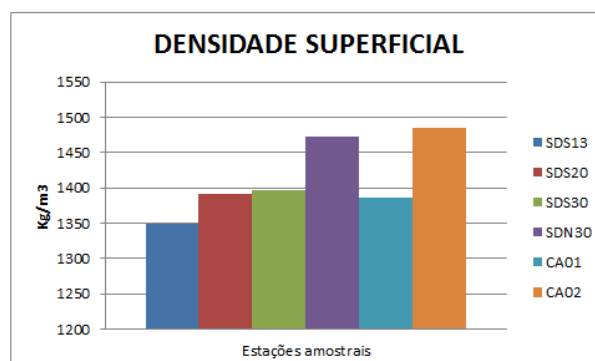


FIGURA 13: Densidade do sedimento superficial (primeiros 2 cm).

4 - CONCLUSÃO

De forma geral o comportamento observado durante a expedição do NOC Vital de Oliveira continua se mantendo, mas com uma grande alteração em termos de valores de MPS e distribuição granulométrica. A granulometria do sedimento se altera em direção offshore com aumento dos teores de cascalho e areia e em sentido sul ocorre um maior afinamento da granulometria com domínio de silte e argila, principalmente em regiões mais rasas.

A grande diferença entre essas duas expedições está na concentração de MPS. Podemos considerar que durante a expedição do NOC Vital de Oliveira tínhamos uma situação crítica e aguda, uma vez que a expedição foi realizada imediatamente após a chegada da “onda” de rejeitos na plataforma continental do Espírito Santo. Após esse momento agudo, o que se observou é uma diminuição na concentração do MPS mais um aparente aumento de material fino junto ao fundo, formando depósitos sedimentares com características diferenciadas de registros pretéritos. Outro ponto a destacar é que o Rio também passava por uma condição hidrológica diferente entre as duas expedições. Em Novembro/dezembro (27/11 a 02/12) período de expedição do NOC Vital de Oliveira a bacia hidrográfica passava por um período de seca histórica e durante o levantamento do Soloncy de Moura a bacia já recebia chuvas intensas. Então precisamos também manter em mente essa diferenciação. Durante o período de chuvas o material aportado provavelmente estaria mais diluído do que durante a expedição do Vital de Oliveira.

Assim pode-se concluir que a plataforma em questão continua em processo de busca de equilíbrio em função do que ocorreu e do que continua ocorrendo (aporte de rejeito). Isso se dá devido as características do material que é muito mais fino do que o material que originalmente aportaria a região, mesmo em momentos de cheia do Rio. A observação principal é justamente o afinamento da granulometria do depósito de fundo. O material mais fino, dependendo das condições físicas locais, pode continuar sendo resuspenso e disponibilizado na coluna d'água durante muito tempo. Além disso pode estar alterando as características dos habitats da região em questão, podendo levar a soterramento de organismos ou mesmo afastamento dos mesmos, o que causará um grande impacto do ponto de vista ecológico nas regiões atingidas ou influenciadas pelo aporte do rejeito. Não podemos deixar de destacar ainda que a região da foz do Rio Doce é uma área de pesqueiro de camarão e que sofre arrasto durante as épocas de pesca. Assim esse material poderá continuar sendo levado para a coluna d'água e redistribuído na plataforma pelas correntes.

Uma outra grande preocupação com o afinamento da granulometria está no fato de que os poluentes de uma forma geral se associam a granulometria de silte a argila, devido as características de ligações químicas que essas partículas propiciam.

Assim, vemos esse afinamento com grande preocupação e com poucas chances práticas de ser revertidas, e de extrema importância o controle da fonte desse material, ou seja, que o “vazamento” do rejeito seja interrompido o mais rápido possível, para que o impacto (já observado) não se torne maior.

5 – BIBLIOGRAFIA

D'AGOSTINI, D. P. ; BASTOS, A. C. ; DOS REIS, A. T. The Modern Mixed Carbonate-Siliciclastic Abrolhos Shelf: Implications For A Mixed Depositional Model. *Journal of Sedimentary Research* **JCR**, v. 85, p. 124-139, 2015.

QUARESMA, V.S.; G.M. CATABRIGA ; BOURGUINON, S.C. ; GODINHO, E. ; BASTOS, A. C. . Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, p. 635-644, 2015.

SOULSBY, R. Dynamics of Marine Sands, 1997.