

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da  
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região  
Marinha e Costeira Adjacente**

**RELATÓRIO SEMESTRAL – SEÇÃO 3:**

**Anexo 3 – Marinho Sedimentologia**

**RT-07C RRDM/JUN19**

**Coordenação Geral**

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Junho de 2019

## COORDENAÇÕES

### COORDENAÇÕES POR ANEXO

#### **Anexo 3**

Fabian Sá (UFES)

#### **Subprojeto Sedimentologia**

Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando (UFES)

Caio Vinícius Gabrig Turbay Rangel (UFSB)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>SUBPROJETO SEDIMENTOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
1.1	OBJETIVO .....	28
1.1.1	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>28</b>
1.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
1.2.1	<b>Dados 2016/2017 .....</b>	<b>28</b>
1.3	CONCLUSÃO.....	169
1.3.1	<b>Material particulado em suspensão e sedimento superficial.....</b>	<b>169</b>
1.3.2	<b>Mineralogia.....</b>	<b>178</b>
1.4	REFERÊNCIAS.....	180
	<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>181</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) em um transecto em frente à desembocadura do Rio Doce (Setor Central). As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. Note que a escala desta figura é única com máximo do eixo Y no valor de 600 mg/L. ....	30
Figura 2: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Sul. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. ....	31
Figura 3: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Costa das Algas. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. ....	32
Figura 4: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Norte. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. Note que o valor máximo do eixo Y é de 160 mg/L.....	34
Figura 5: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Degredo. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. ....	35
Figura 6: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Barra Nova. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. ....	35
Figura 7: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Abrolhos. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. ....	36
Figura 8: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Foz Central na foz do Rio Doce. ....	36
Figura 9: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Central. ....	37
Figura 10: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Sul na foz do Rio Doce. ....	38
Figura 11: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Central. ....	39
Figura 12: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial do Setor Costa das Algas. ....	40
Figura 13: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Costa das Algas. ....	41
Figura 14: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Foz Norte. ....	42
Figura 15: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Norte. ....	43

Figura 16: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Degredo.....	44
Figura 17: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região de Degredo.....	44
Figura 18: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região de Barra Nova.....	45
Figura 19: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região de Barra Nova.....	45
Figura 20: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial do Setor Abrolhos.....	46
Figura 21: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Abrolhos.....	47
Figura 22: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Norte. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. ....	48
Figura 23: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Central. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. ....	48
Figura 24: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Sul. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. ....	49
Figura 25: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Costa das Algas. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. ....	49
Figura 26: Foto retirada in situ de uma emulsão na interface ar/água durante alguns embarques realizados para a coleta de água e sedimento.....	51
Figura 27: Imagem em câmera de alta resolução (50x) da emulsão na interface ar/água. As imagens em cor original da amostra, mostram micelas de coloração amarelada que não se unem e não se rompem mesmo quando agitadas. ....	52
Figura 28: Imagem em microscopia ótica do sobrenadante da amostra coletada na interface ar/água que foi retido em membrana de 45 $\mu\text{m}$ . ....	52
Figura 29: Material particulado em suspensão (MPS; em $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Abrolhos. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....	53

Figura 30: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....53

Figura 31: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....54

Figura 32: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....54

Figura 33: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....55

Figura 34: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....55

Figura 35: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Norte. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. .....56

Figura 36: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação DEG 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que para essa estação o eixo Y da CVS teve que ser ajustado. ....56

Figura 37: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação DEG 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas;

À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....57

Figura 38: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ITA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.....58

Figura 39: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ITA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....58

Figura 40: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação BN 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.....59

Figura 41: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação BN 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....59

Figura 42: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....60

Figura 43: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....60

Figura 44: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é

apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....61

Figura 45: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....62

Figura 46: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....62

Figura 47: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.....63

Figura 48: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. O gráfico apresenta um comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para as estações SD 01 e SD 02. Os números 1 e 2 após o nome da estação indicam a sequência de amostragem de acordo com a data.....64

Figura 49: Perfil comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para a estação SD 01 registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Na parte superior: perfil registrado no dia 6/11/2018, antes do aumento da vazão do Rio Doce. Na parte inferior: perfil registrado no dia 14/11/2018, após o aumento de vazão do Rio Doce. Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado para o gráfico do dia 14.....65

Figura 50: Perfil comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para a estação SD 02 registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Na parte superior: perfil registrado no dia

6/11/2018, antes do aumento da vazão do Rio Doce. Na parte inferior: perfil registrado no dia 14/11/2018, após o aumento de vazão do Rio Doce.....66

Figura 51: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) para as estações nas porções interna (SDPd) e externa (SDPf) da pluma alaranjada e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce. ....67

Figura 52: Perfil comparativo entre os pontos amostrais dentro e fora da pluma alaranjada registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Parte superior: perfil no ponto Interno (SDPd) da interface e de coloração alaranjada; Parte inferior: perfil no ponto Externo (SDPf) da interface e de águas claras em superfície. ....68

Figura 53: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado. ....69

Figura 54: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . ....69

Figura 55: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . ....70

Figura 56: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . ....71

Figura 57: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.....71

Figura 58: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....72

Figura 59: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Costa das Algas. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....73

Figura 60: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Sul. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....73

Figura 61: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação GUA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....74

Figura 62: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação GUA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....74

Figura 63: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação VIX 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....75

Figura 64: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação VIX 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é

apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....75

Figura 65: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Abrolhos. B): teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C): teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.....77

Figura 66: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Abrolhos. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia:  $>2000=$  cascalho;  $2000-1000=$  areia muito grossa;  $1000-500=$  areia grossa;  $500-250=$  areia média;  $250-125=$  areia fina;  $125-62,50=$  areia muito fina. Fração lama:  $62,50-31,25=$  silte grosso;  $31,25-15,63=$  silte médio;  $15,60-7,81=$  silte fino;  $7,81-3,91=$  silte muito fino;  $3,91-1,95=$  argila grossa;  $1,95-0,98=$  argila média;  $0,98-0,49=$  argila fina;  $0,49-0,24=$  argila muito fina;  $0,24-0,120=$  coloide.....78

Figura 67: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Abrolhos. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....78

Figura 68: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Norte. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ....79

Figura 69: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Norte. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....80

Figura 70: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Norte. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia:  $>2000=$  cascalho;  $2000-1000=$  areia muito grossa;  $1000-500=$  areia grossa;  $500-250=$  areia média;  $250-125=$  areia fina;  $125-62,50=$  areia muito fina. Fração lama:  $62,50-31,25=$  silte grosso;  $31,25-15,63=$  silte médio;  $15,60-7,81=$  silte fino;  $7,81-3,91=$  silte muito fino;  $3,91-1,95=$  argila grossa;  $1,95-0,98=$  argila média;  $0,98-0,49=$  argila fina;  $0,49-0,24=$  argila muito fina;  $0,24-0,120=$  coloide. ....80

Figura 71: A): teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ....82

Figura 72: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia:  $>2000=$  cascalho;  $2000-1000=$  areia

muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide. ....83

Figura 73: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Foz. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. As estações SD 01-1 e SD 02-1 foram amostradas no dia 6/11/2018 enquanto que as estações SD 01-2 e SD-02-2 foram amostradas dia 14/11/2018, durante o evento de cheia do Rio Doce.....84

Figura 74: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em %; Comparativo dia 06 e 14/11/2018. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ....85

Figura 75: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial para os dias 6 e 14/11/2018. As estações que são numeradas como “1” após o nome foram coletadas durante um período de menor vazão do Rio Doce. As estações numeradas como “2” após o nome são as mesmas estações, mas com coleta durante um aumento de vazão do Rio Doce. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide. ....86

Figura 76: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Costa das Algas. Meio: teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. Não houve recuperação de sedimento na estação CA9.....87

Figura 77: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Costa das Algas. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....88

Figura 78: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Costa das Algas. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81=

silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.....89

Figura 79: A): teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Sul. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ....90

Figura 80: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Sul. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide. A estação GUA 02 não apresentou obscuração suficiente para análise granulométrica.....91

Figura 81: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Sul. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....91

Figura 82: Difratoograma com os minerais principais encontrados nos sedimentos de fundo da foz do Rio Doce em ocasião anterior ao rompimento da barragem de Fundão. ....92

Figura 83: Difratoograma com os minerais principais encontrados na fração lamosa do sedimento associado ao rejeito de minério da Barragem de Fundão, na região de Paracatu de Baixo. ....95

Figura 84: Difratoograma com os principais minerais encontrados nos sedimentos de fundo da foz do Rio Doce em ocasião posterior ao rompimento da barragem (2016). ....95

Figura 85: Difratoograma com os minerais principais encontrados nos sedimentos de fundo da foz do Rio Doce em ocasião posterior ao rompimento. Período 2018/2019. ....96

Figura 86: Difratoograma com os minerais principais encontrados nos sedimentos de fundo na região da costa das algas na campanha 2018/2019.....96

Figura 87: Dispersão de minerais contendo ferro na Foz do Rio Doce de e Costa das Algas. ....97

Figura 88: Dispersão de hematita na Foz do Rio Doce de e Costa das Algas. ....98

Figura 89: Dispersão de magnetita/magmha na Foz do Rio Doce de e adjacências. ....100

Figura 90: Dispersão de goethita na Foz do Rio Doce de e adjacências. ....101

Figura 91: Diagrama de correlação em três eixos para sedimentos. Cruz: amostras de resíduo de minério; Círculos vermelhos: amostras da foz (2016); Círculos azuis: Amostras da foz (2019); Triângulo

verde: amostras da Costa das Algas; Losango preto: amostras de dentro do rio. Observar os maiores valores de  $FeO_{total}$  para o resíduo e o empobrecimento à medida que se distancia da fonte, nos sedimentos do rio e plataforma. As quantidades dos elementos nas possíveis áreas afetadas formam concentração de pontos amostrais na porção centro-mediana do diagrama, com alguns pontos dispersos. O triângulo verde na extrema-esquerda representa a amostras de referência na Costa das Algas. Os valores de  $SiO_2$  para os sedimentos dos rios são nulos devido a problemas analíticos no ano de 2016.....101

Figura 92: Diagrama de correlação em três eixos para o MPS de fundo. X: amostras de resíduo de minério; Círculos pretos: amostras da foz (2019); Cruz vermelha: Amostras da foz (2016); Triângulo verde: amostras do Banco de Abrolhos; Triângulo azul: amostras referência para o banco de Abrolhos. Observar o aumento de  $FeO_{total}$  para a Foz em 2019, comparado ao ano de 2016. ....102

Figura 93: Dispersão de  $FeO_{total}$  nos sedimentos de fundo na Foz do Rio Doce. ....103

Figura 94: Dispersão de  $FeO_{total}$  no MPS de águas de fundo na Foz do Rio Doce e Banco de Abrolhos. ....104

Figura 95: Distribuição de valores de susceptibilidades magnéticas em minerais contidos em sedimentos da plataforma dos Setores Foz do Rio Doce, Costa das Algas e Abrolhos. ....108

Figura 96: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....109

Figura 97: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu l/L$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu m$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu m$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu m$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu m$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....110

Figura 98: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu l/L$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu m$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu m$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu m$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu m$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....110

Figura 99: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu l/L$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu m$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu m$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu m$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu m$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....111

Figura 100: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....112

Figura 101: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....113

Figura 102: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....113

Figura 103: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....114

Figura 104: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....115

Figura 105: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....115

Figura 106: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.....116

- Figura 107: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para os pontos Interno e Externo da pluma de alta turbidez. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce.....116
- Figura 108: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para os pontos Interno e Externo da pluma de alta turbidez. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Parte superior: perfil no ponto Interno da interface e de coloração alaranjada; Parte inferior: perfil no ponto Externo da interface e de águas claras em superfície. ....118
- Figura 109: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e o respectivo percentual de matéria orgânica (MO; em %) da amostra coletada na interface ar/água. MPS representado em barra e MO representada em ponto. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração. ....119
- Figura 110: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para p Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.....120
- Figura 111: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para p Setor Foz. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....121
- Figura 112: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do p Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= colóide.....122
- Figura 113: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para p Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.....123

Figura 114: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....124

Figura 115: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....125

Figura 116: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....125

Figura 117: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....126

Figura 118: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....126

Figura 119: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....127

Figura 120: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....128

Figura 121: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....128

Figura 122: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....129

Figura 123: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....130

Figura 124: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....130

Figura 125: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para p Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.....132

Figura 126: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para p Setor Foz. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....133

Figura 127: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide. ....134

Figura 128: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Norte. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....135

Figura 129: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação DEG 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....136

Figura 130: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação DEG 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....136

Figura 131: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação ITA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....137

Figura 132: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação ITA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....137

Figura 133: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação BN 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....138

Figura 134: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação BN 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....139

Figura 135: Fotos dos filtros utilizados para filtrar o material particulado em suspensão das camadas superficial, meio e fundo da coluna d'água das estações BN 01 (à esquerda) e BN 02 (à direita). Note a coloração dos filtros. ....139

Figura 136: Gráfico à esquerda: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. Ressalta-se que a estação SD 01 teve que ser apresentada separadamente (gráfico à direita) devido ao seu elevado valor de MPS em superfície. Note que o eixo Y teve que ser ajustado em seu valor máximo. ....140

Figura 137: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....141

Figura 138: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) de amostras coletadas na interface ar/água. MPS representado em. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração. ....141

Figura 139: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....142

Figura 140: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....143

Figura 141: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....144

Figura 142: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é

apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....144

Figura 143: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....145

Figura 144: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....146

Figura 145: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....147

Figura 146: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....147

Figura 147: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....148

Figura 148: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Costa das Algas. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....149

Figura 149: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA3. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\text{ml/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é

apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....149

Figura 150: em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....150

Figura 151: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA7. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....151

Figura 152: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA11. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....151

Figura 153: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Sul. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....152

Figura 154: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação VIX 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....153

Figura 155: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação VIX 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....153

Figura 156: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para o Setor Norte. Meio: teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ..155

Figura 157: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Norte. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não

apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....156

Figura 158: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para o Setor Foz. Meio: teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. ..157

Figura 159: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Foz. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....158

Figura 160: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Costa das Algas. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....158

Figura 161: Material particulado em suspensão (MPS; em  $\text{mg/L}$ ) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. ....159

Figura 162: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\text{ml/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....160

Figura 163: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\text{ml/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . ....161

Figura 164: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\text{ml/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....161

Figura 165: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\text{ml/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas;

À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....162

Figura 166: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . .....163

Figura 167: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....163

Figura 168: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....164

Figura 169: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....164

Figura 170: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....166

Figura 171: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....166

Figura 172: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas;

À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$  .....167

Figura 173: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce.....168

Figura 174: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) da amostra coletada na interface ar/água. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração. ....168

Figura 175: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. ....169

Figura 176: Série temporal de Vazão da Estação Fluviométrica em Colatina (Código da Estação: 56994510) (a). Séries temporais de dados do Fundeio 3 (latitude:-19,6042° ; longitude:-39,7333°) fornecidos pelo Sub-Projeto Modelagem/Anexo 3 Marinho Integrado: Altura Significativa da onda (m) (b), Período de Pico da onda (s) (c), Direção de Pico da onda (°) (d), Velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (m/s) (e), Direção da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (°) (f). Série temporal da Tensão de Reynolds calculada a partir das componentes de velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (Pa) (g). Séries temporais de velocidade (m/s) e direção do vento (°) à 10 m da superfície (h). Os dados de Vento foram extraídos da Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)-National Centers for Environmental Prediction (NCEP), para o ponto de latitude: -19,72742 e longitude: -39,8864. ....172

Figura 177: Série temporal de Vazão da Estação Fluviométrica em Colatina (Código da Estação: 56994510) (a). Séries temporais de dados do Fundeio 2 (latitude:-19,7152'; longitude:-39,8473') fornecidos pelo Sub-Projeto Modelagem/Anexo 3 Marinho Integrado: Altura Significativa da onda (m) (b), Período de Pico da onda (s) (c), Direção de Pico da onda (°) (d), Velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (m/s) (e), Direção da corrente medida a 1,20 m acima do fundo (°) (f). Série temporal da Tensão de Reynolds calculada a partir das componentes de velocidade da corrente medida a 1,20 m acima do fundo (Pa) (g). Séries temporais de velocidade (m/s) e direção do vento (°) à 10 m da superfície (h). Os dados de Vento foram extraídos da Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)-National Centers for Environmental Prediction (NCEP), para o ponto de latitude: -19,72742 e longitude: -39,8864. ....173

Figura 178: Série temporal discreta de teor de lama (barra azul) e mediana (D50 - linha pontilhada vermelha) das estações SD N20, SD 04, SD 01, SD 03. Os dados são referentes às Campanhas de Novembro de 2015, Janeiro/2016 (UFES), Fevereiro/2016 (UFES), Abril/2016 (UFES), Novembro/2016 (UFES), Dezembro/2016 (UFES), Junho/2017 (UFES), Setembro/2017 (UFES), Dezembro/2017 (UFES), Campanha 1, Campanha 2 e Campanha 3. ....175

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Setorização das estações amostradas ao longo das campanhas. ....	50
Quadro 2: Mineralogia e volumes relativos por difração de raios-X nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas. As células em amarelo são as estações que apresentaram valor de magnetismo acima do valor de referência.....	93
Quadro 3: Geoquímica obtida por fluorescência de raios-X (% peso) nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas. ....	99
Quadro 4: Susceptibilidade magnética nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas. As células em verde são aquelas que apresentaram o mesmo valor de magnetismo que o valor de referência encontrado para os dados pretéritos. As células em amarelo são as estações que apresentaram valor de magnetismo acima do valor de referência.....	105

## **1 SUBPROJETO SEDIMENTOLOGIA**

### **1.1 OBJETIVO**

Investigar e monitorar os processos de aporte, dispersão e sedimentação na foz do Rio Doce e plataforma continental adjacente, tanto do Material Particulado em Suspensão (MPS) quanto do depósito sedimentar de fundo.

#### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Amostrar, caracterizar e quantificar o MPS em estações pré-definidas;
- Investigar e determinar o padrão de aporte, dispersão e sedimentação do MPS sob influência de diferentes forçantes meteoceanográficas e fluvial;
- Caracterização do sedimento de fundo do ponto de vista granulométrico, composicional e mineralógico (cristalografia e mineralogia das argilas);
- Identificar áreas preferenciais de acúmulo do rejeito.

### **1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **1.2.1 Dados 2016/2017**

Os resultados serão apresentados de forma comparativa considerando somente as estações coincidentes amostradas nas diferentes expedições. A análise é feita com base em estações amostrais nas proximidades da foz do Rio Doce e amostras distribuídas ao norte (Abrolhos, Degredo e Barra Nova) e ao sul (APA Costa das Algas) da foz do Rio Doce. Para facilitar o entendimento, as amostras serão definidas por setor (devido ao padrão de distribuição natural da pluma de sedimento antes do rompimento da barragem ser em direção ao norte ou ao sul), mês e ano de coleta.

##### **1.2.1.1 Concentração de material particulado em suspensão (MPS)**

As estações na região Central apresentaram os maiores valores de MPS durante o período inicial de aporte da lama de rejeito no ambiente marinho em Nov/2015, atingindo valores próximos de 600 mg/L em algumas estações (Figura 1). Vale destacar que o maior valor de concentração de MPS medido na foz do Rio Doce corresponde a estações amostradas em 22 e 24 de Novembro de 2015 e que não foram amostradas nas expedições seguintes (Quaresma et al., submetido), sendo portanto não apresentadas neste relatório. Estes valores chegaram a 9000 mg/L.

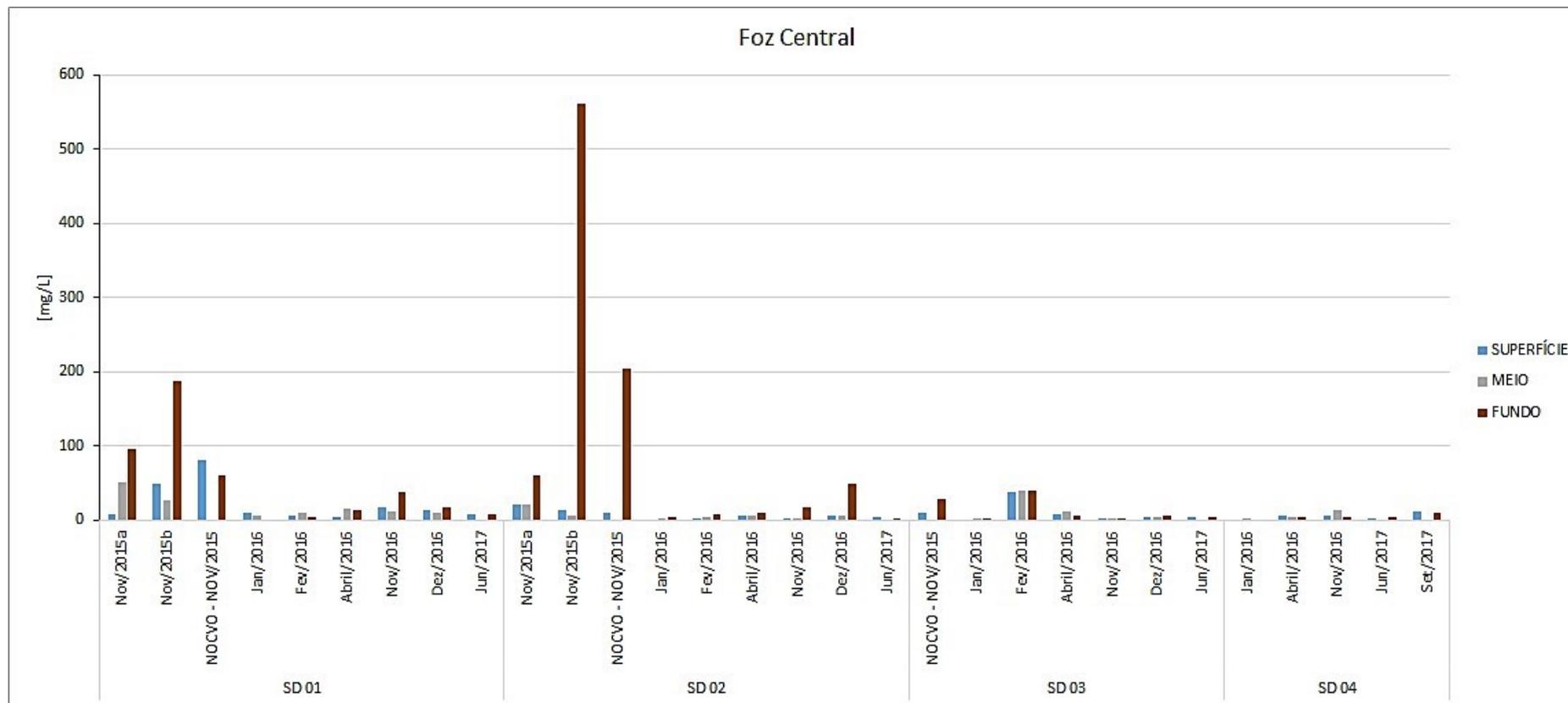
As estações amostradas em Nov/2015 para a região Central apresentaram os maiores valores de concentração de MPS nas amostras junto ao fundo, sendo este padrão mantido para as estações rasas (até 20 m de batimetria) mesmo após a diminuição dos valores de MPS após o momento crítico e inicial

de aporte do rejeito. A estação SD 03 (30 m de batimetria) foi a única estação no Setor Central que apresentou uma elevação dos valores (40mg/L) de MPS Fev/2016. Em Nov/2016 e Dez/2016 os valores de MPS para as estações rasas (principalmente na SD 01) voltam a ter uma suave elevação (máximo de 50mg/L; SD 02 em Dez/2016) principalmente junto ao fundo, enquanto que os valores obtidos em Junho/2017 se apresentaram baixos e não ultrapassaram 10mg/L.

Elevados valores de MPS foram observados para as expedições de Nov/2015 (NOC Vital de Oliveira), Fev/2016, Nov/2016 e Set/2017 no Setor Sul (Figura 2), principalmente nas estações RDS-13,5, R-15 e SD S20. Novamente se observa a predominância de maiores valores próximo ao fundo para a maioria das estações e em todas as expedições. O maior valor de MPS para este setor foi encontrado na estação RDS-13,5 junto ao fundo em Fev/2016 (84,4mg/L).

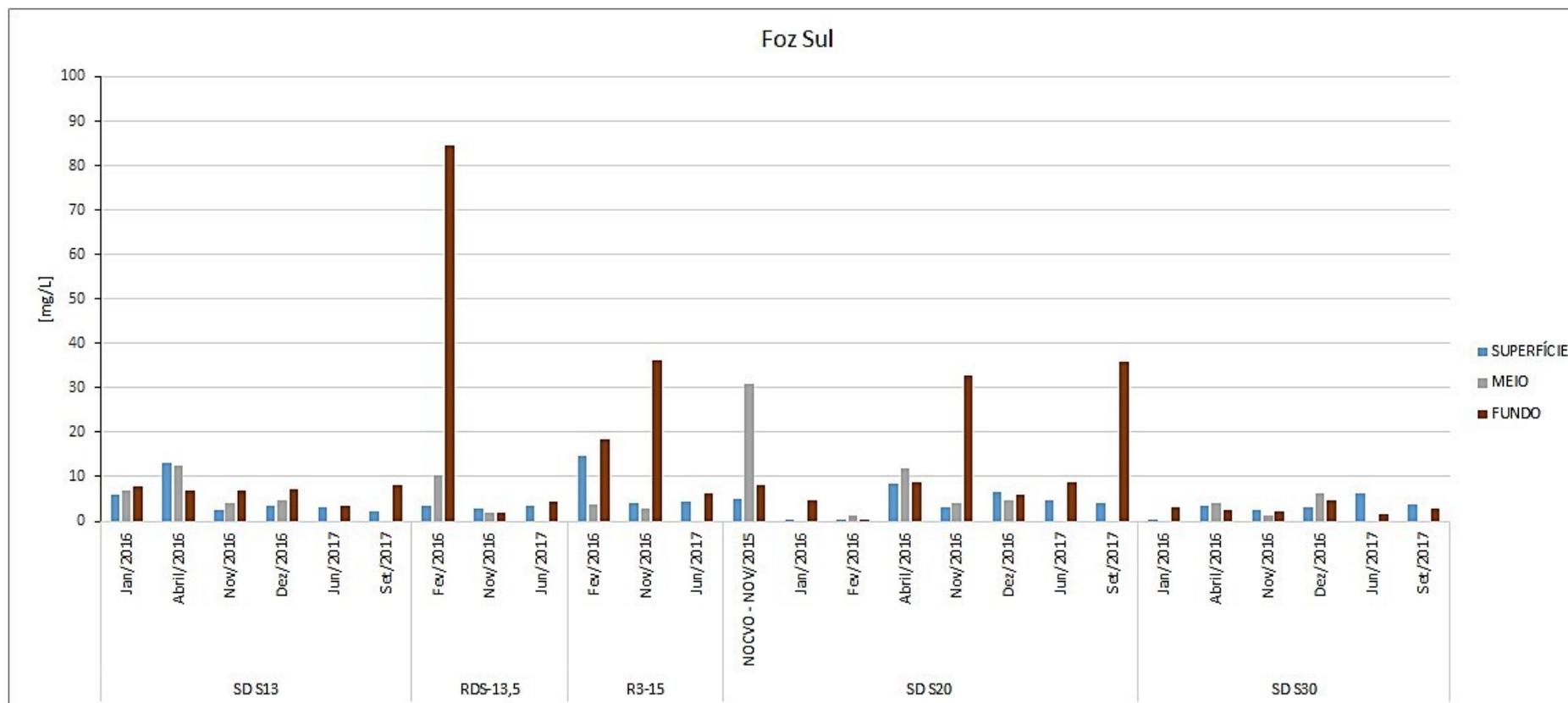
A área que abrange a APA Costa das Algas, cerca de 35 km ao sul da foz do Rio Doce, também foi amostrada afim de se verificar a presença e influência da lama de rejeito de minério de ferro. No Setor Costa das Algas, valores de MPS próximos de 40mg/L foram encontrados em Jan/2016 para as estações mais profundas (CA 03 e CA 04; batimetrias de 30 e 40 m, respectivamente) e um valor de MPS de 62,2 mg/L foi encontrado em Dez/2016 na estação mais rasa (CA 01) (Figura 3). Nos meses de pico de MPS a estação CA 04, particularmente, se apresentou homogênea ao longo da coluna d'água enquanto que nas outras estações os maiores valores foram junto ao fundo. A diferenciação neste setor se dá pela homogeneidade do MPS da coluna d'água ao longo das campanhas, onde não se observa predomínio de concentração do MPS junto ao fundo como foi observado para as regiões Central e Sul.

Figura 1 Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) em um transecto em frente à desembocadura do Rio Doce (Setor Central). As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. Note que a escala desta figura é única com máximo do eixo Y no valor de 600 mg/L.



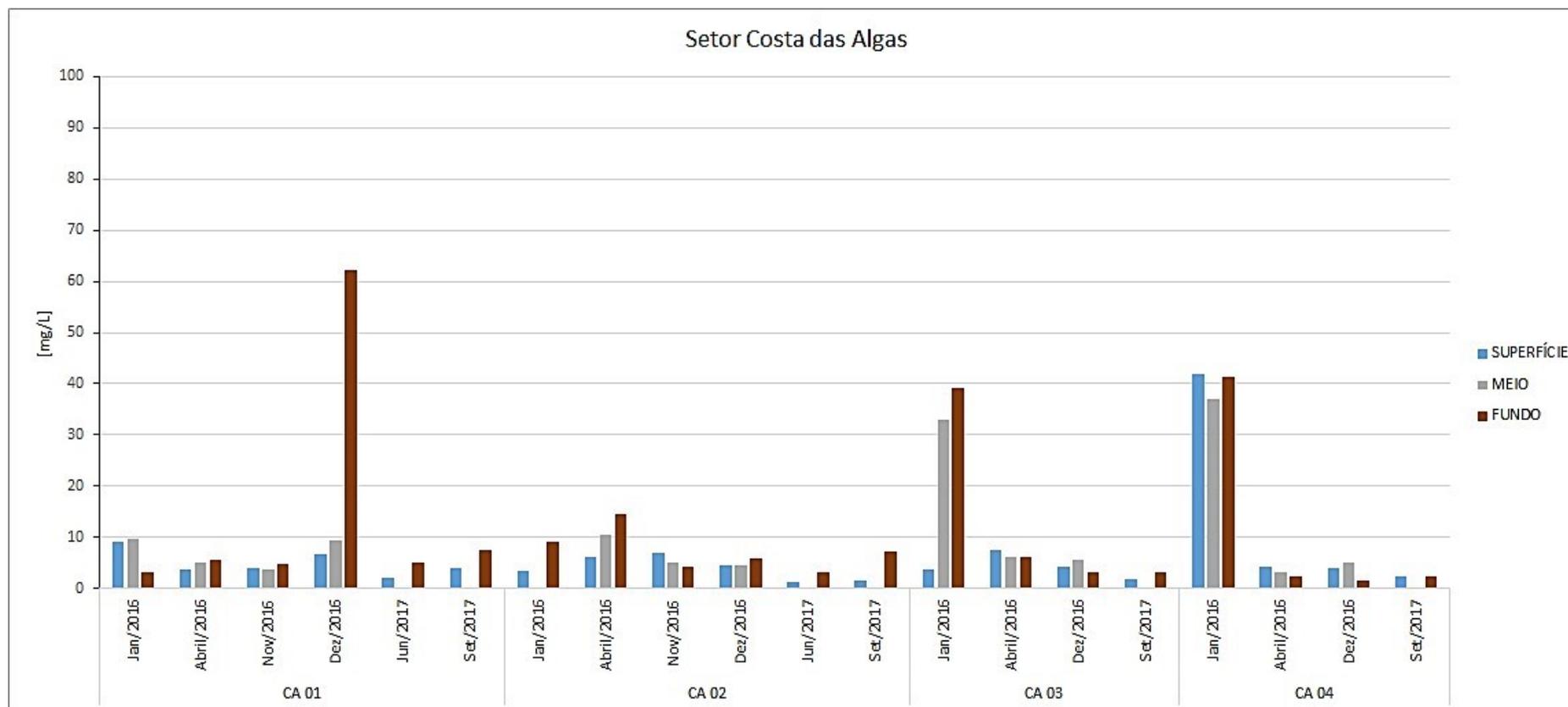
Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Sul. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Costa das Algas. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria.



Fonte: Autoria própria.

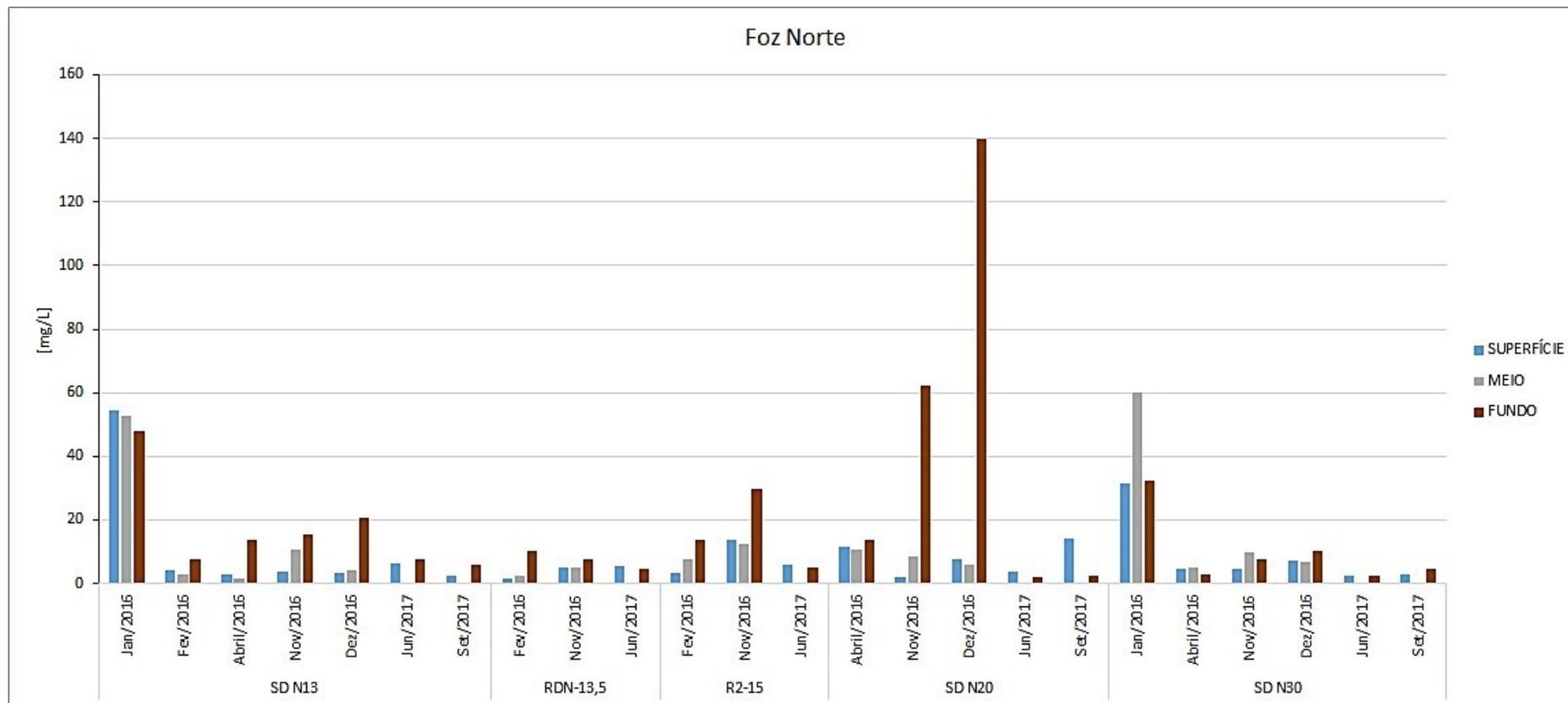
Na região Norte, os maiores valores de MPS foram observados em Jan/2016 para as estações SD N13 e SD N30, em Nov/2016 para R2-15 e SD N20 e Dez/2016 apenas para a estação SD N20 (Figura 4). A estação RDN-13,5 não apresentou valores de MPS acima de 10,13mg/L durante o período amostrado. Assim como no Setor Central, as estações do Setor Norte apresentaram maiores concentrações junto ao fundo mesmo quando os valores de MPS se encontraram próximo a 10mg/L, exceto para as campanhas de Jan/2016 para as estações SD N13 e SD N30 (quando foram os máximos das estações).

Mais ao norte encontram-se as estações DEG 01 e DEG 02. A região é conhecida como Degredo e se localiza a cerca de 45 Km ao norte da foz do Rio Doce. Cabe ressaltar que essas estações só foram amostradas em Abril/2016, Dezembro/2016 e Set/2017 (Figura 5). Neste setor os maiores valores de MPS ficaram restritos à estação mais rasa (DEG 01; batimetria de 12 m) e próximo ao fundo, onde se deu o máximo de concentração em Abril/2016 (71,6mg/L).

Seguindo em direção norte tem-se a região de Barra Nova (Figura 6), a 78 km ao Norte da foz do Rio Doce. É importante ressaltar que as estações neste setor foram amostradas apenas em Jan/2016 e Abril/2016, dificultando uma análise temporal. Para este setor os valores mais altos de MPS distribuem-se em superfície e junto ao fundo, sendo os maiores valores observados em Abril/2016 para as duas estações, com o máximo na estação mais rasa (BN 01; 11,4mg/L).

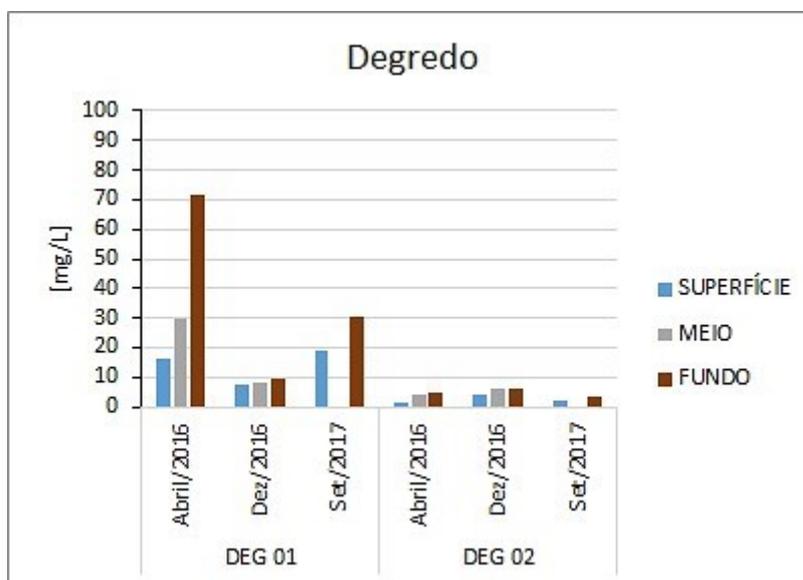
A região mais ao norte amostrada foi o Setor Abrolhos (Figura 7), localizado na Plataforma Continental de Abrolhos, é onde se dá o maior alargamento da plataforma continental estudada. Os resultados do Setor Abrolhos abrangem apenas as expedições Jan/2016, Abril/2016 e Set/2017. As outras expedições não se estenderam até a região dos parcéis e do arquipélago de Abrolhos. Assim como para a região de Barra Nova, o Setor Abrolhos apresentou valores de MPS bem inferiores aos encontrados na plataforma continental adjacente a foz do Rio Doce (Figura 1, Figura 2 e Figura 4). As estações ABR 02 e ABR 04 em Janeiro/2016 apresentaram o mesmo padrão de distribuição de MPS em superfície e fundo que na região de Barra Nova (apesar de em períodos diferentes). De qualquer forma estes máximos não ultrapassaram 14 mg/L.

Figura 4: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Norte. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria. Note que o valor máximo do eixo Y é de 160 mg/L.



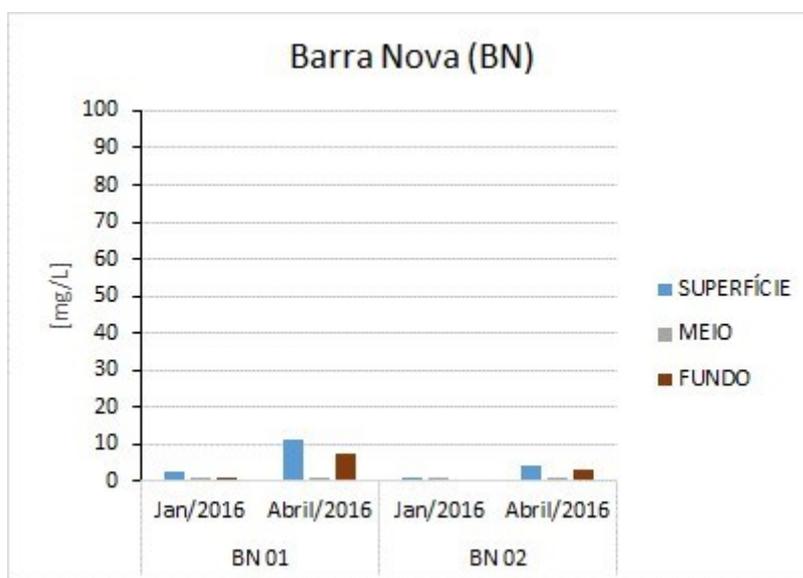
Fonte: Autoria própria.

Figura 5: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Degredo. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Barra Nova. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria.



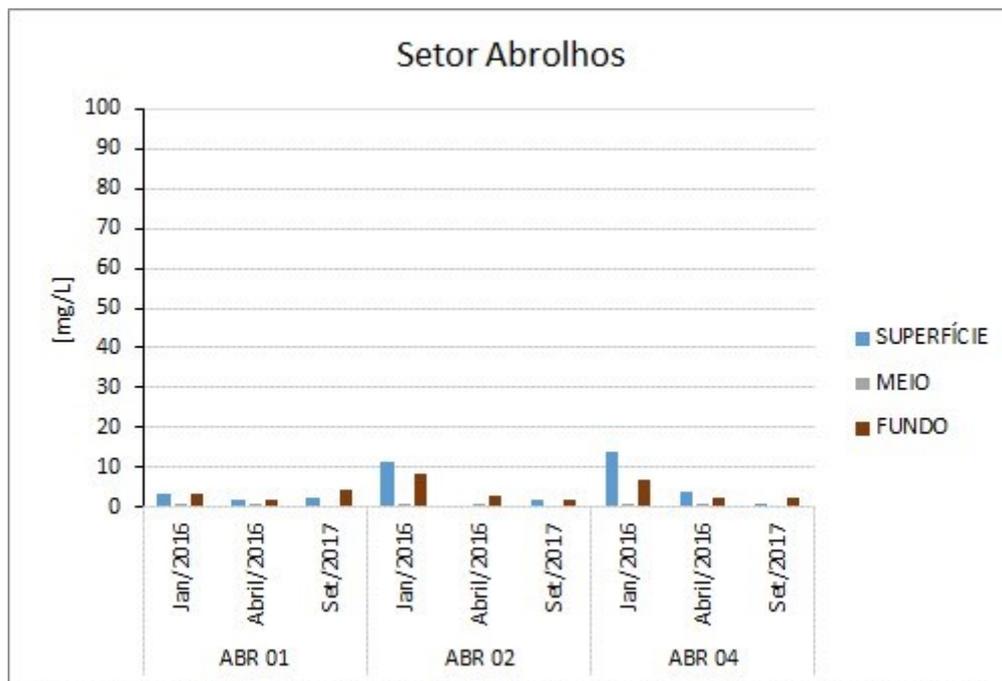
Fonte: Autoria própria.

### 1.2.1.2 Granulometria do sedimento superficial

Uma variação temporal nos teores de areia e lama nas estações SD 01 e SD 03 do perfil transversal à linha de costa e em frente à foz do Rio Doce (Foz Central) foi observada. Já as estações SD 02 e SD 04 mantiveram uma certa constância nos teores de areia e lama (Figura 8). Na estação SD 01 observa-se um aumento considerável no teor de lama a partir de Jan/2016 e novamente uma redução desses valores a partir de Nov/2016, exceto em para a campanha de Set/2017 (teor de lama próximo de 90%). Um teor de lama > 30% foi encontrado na estação SD 03 em Nov/2015, porém em Jan/2016 e

Fev/2016a o teor de lama reduziu para valores próximos de zero. Um subsequente aumento crescente da fração lamosa ocorre entre Fev/2016a a Nov/2016 para esta mesma estação. O máximo do teor de lama é encontrado em Jun/2017 (= 54%) com uma subsequente redução em Set/2017 (< 1%), indicando uma sazonalidade entre a deposição de areia e lama. A estação SD 04 é a mais homogênea do setor, apresentando teores de areia acima de 80% para todas as campanhas.

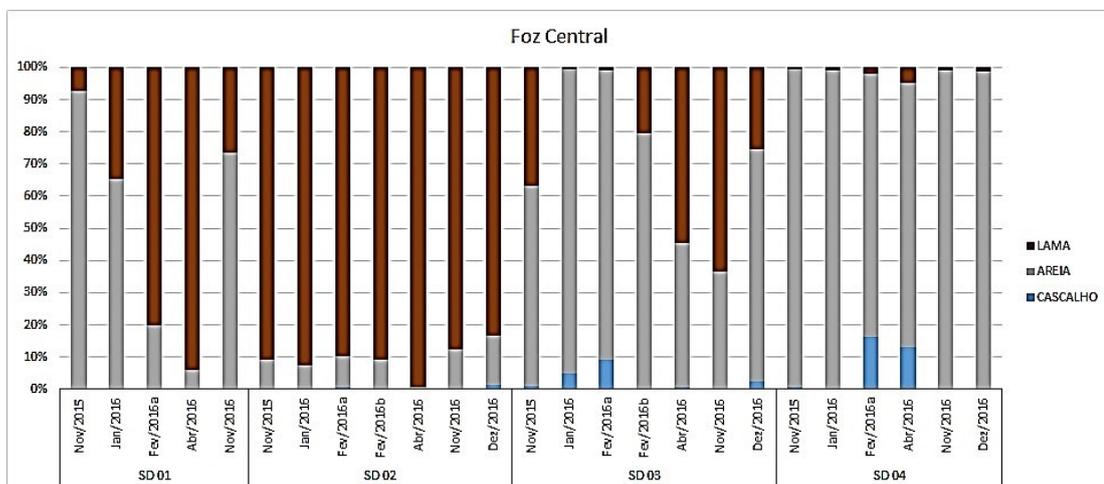
Figura 7: Concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS) no Setor Abrolhos. As estações encontram-se ordenadas da menor batimetria para a maior batimetria.



Fonte: Autoria própria.

Assim com indicado pela Figura 8, a distribuição de classes granulométricas da Foz Central (Figura 9) confirma uma deposição preferencial de areia fina e muito fina na estação SD 01 logo após o rompimento da barragem (campanha Nov/2015).

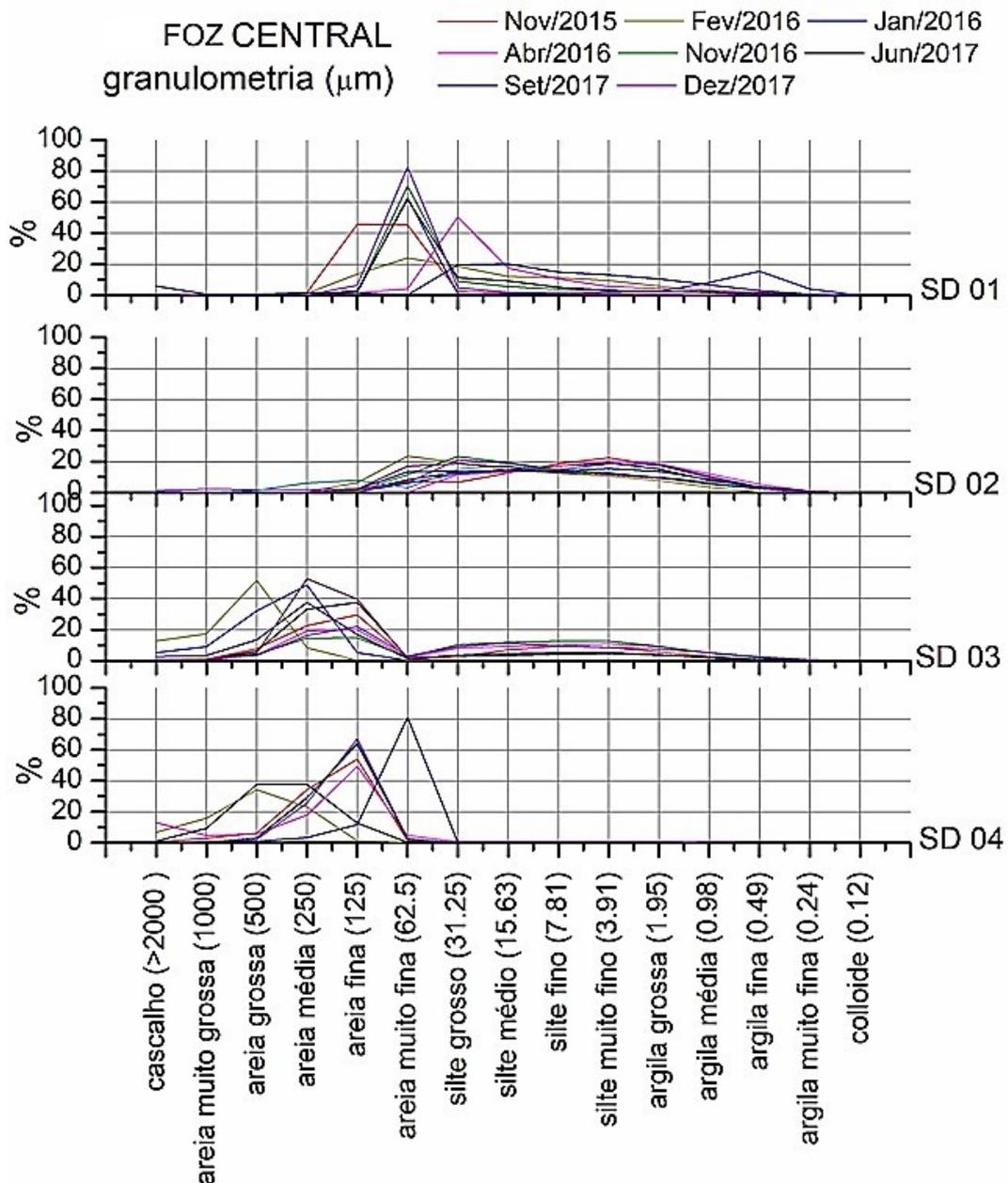
Figura 8: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Foz Central na foz do Rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Após, nota-se uma deposição predominante de areia muito fina em Jan/2016, Nov/2016, Jun/ 2017 e Dez/2017 e um predomínio de silte grosso em Abril/2016. A estação SD 02 não apresentou preferência de deposição de uma classe granulométrica específica, demonstrando uma curva platicúrtica entre as classes de areia fina e argila fina. Já a estação SD 03 apresentou um comportamento bimodal com predominância de deposição de classes arenosas. Enquanto que as classes lamosas apresentaram um padrão platicúrtico e sem sazonalidade, as classes arenosas apresentaram um padrão leptocúrtico com variação de dominância ao longo das campanhas. O padrão deposicional da estação SD 04 corrobora com a predominância arenosa da estação, apresentando maiores frequências das classes arenosas.

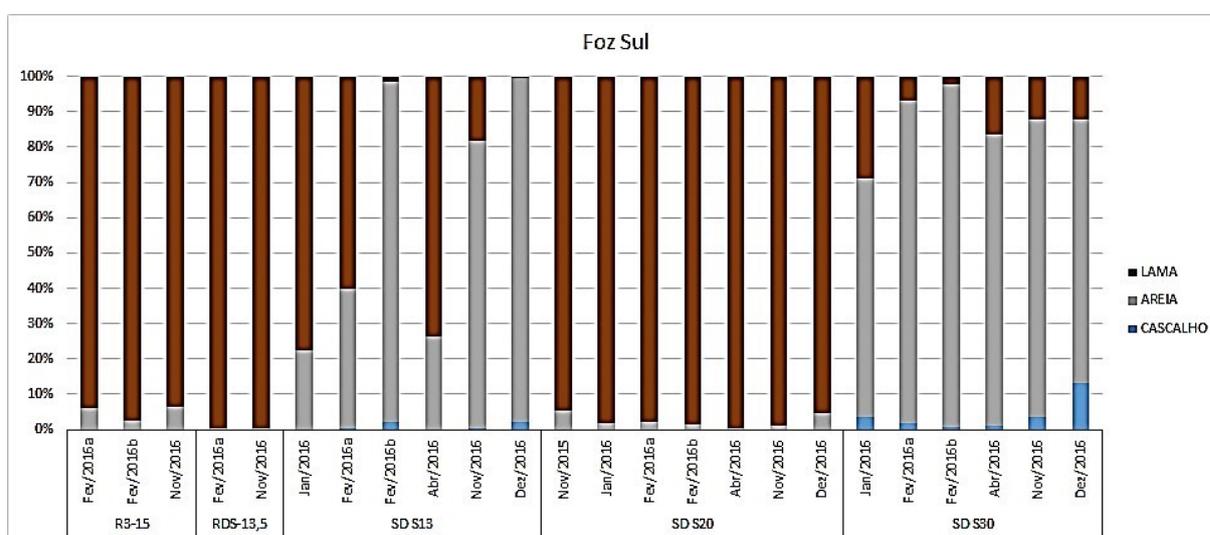
Figura 9: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Central.



Fonte: Autoria própria.

Em direção ao sul da foz do Rio Doce (Foz Sul), observa-se um comportamento mais homogêneo da distribuição dos teores granulométricos, com exceção da estação SD S13 (Figura 10). De forma geral os teores de lama observados para 3 estações (R3 15, RDS -13,5 e SD S20) se mantêm próximos de 100%. A estação SD S13 tem um comportamento mais variável, apresentando variações nos teores de areia e lama em mais de 50% (ex: 1,6% de lama em Fev/2016b e 85% de lama em Set/2017). A estação SD S30 é majoritariamente arenosa, com aumento nos teores de lama nos meses de Jan/2015 (30%) e entre Abril/ e Dez/2016 (< 30%). Um ponto a destacar nessa estação é a presença da fração cascalhosa, com sua maior contribuição em Jun/2017 (51%).

Figura 10: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Sul na foz do Rio Doce.



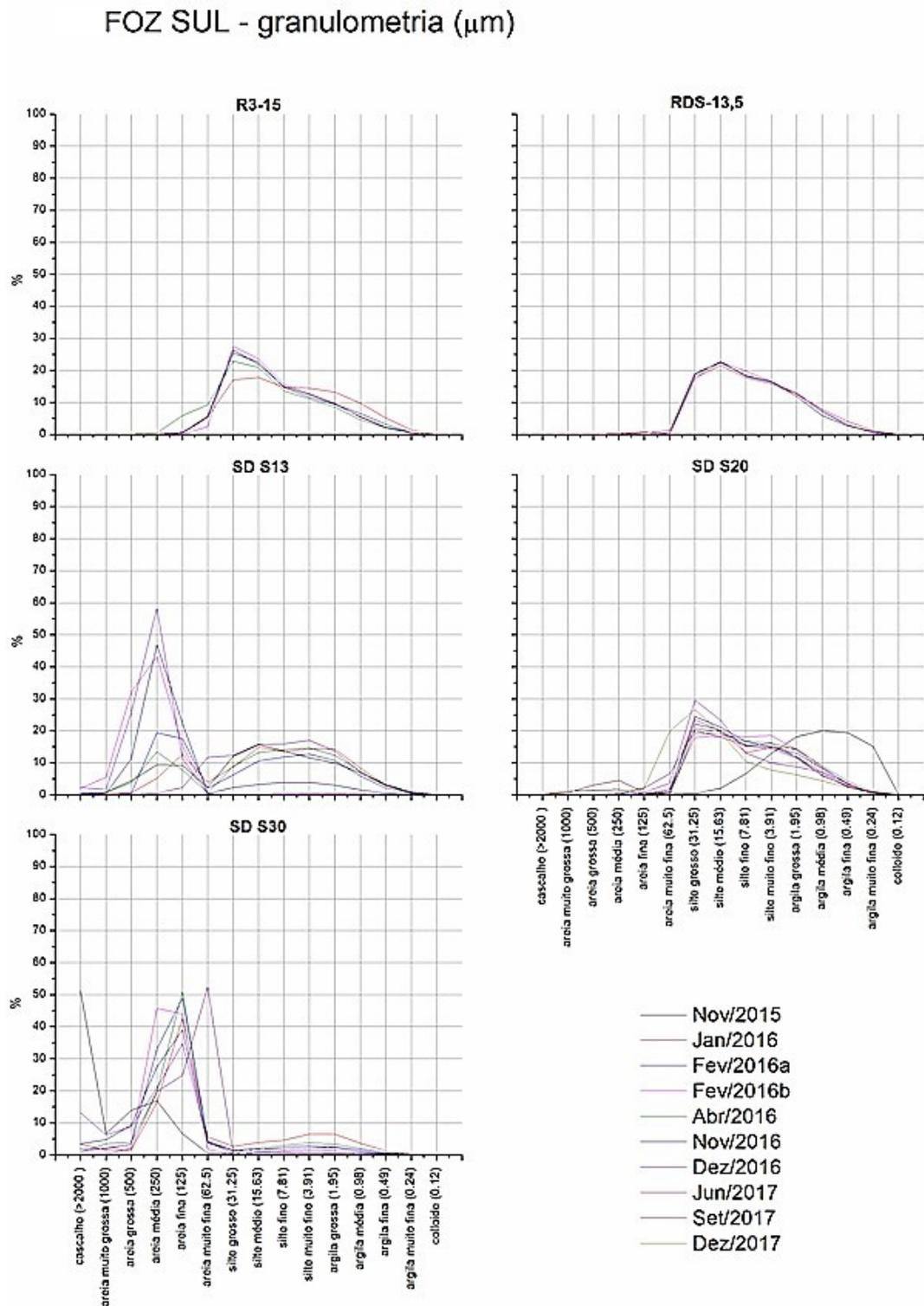
Fonte: Autoria própria.

A partir da Figura 11 nota-se uma clara distribuição bimodal para a estação SD S13, enquanto que as estações R3-15 e RDS-13,5 apresentam uma distribuição unimodal com uma cauda que se estende principalmente para as classes do silte até argila média. Apesar da estação SD S20 também apresentar este padrão unimodal com cauda em direção às classes mais finas da lama, nota-se tendências bimodais em algumas campanhas, ora com pico no silte muito fino e ora com pico na argila grossa. Para esta mesma estação é importante destacar uma distribuição unimodal clara nas classes entre argila grossa e argila muito fina na campanha de Nov/2015, quando um padrão similar ao da estação SD 01 também foi evidente: deposição da fração fina em Nov/2015 e uma subsequente deposição da fração mais grossa a partir de Jan/2016. Mesmo que a estação SD S30 tenha apresentado uma distribuição bimodal, o predomínio da moda na areia fina é evidente, enquanto que a moda nas classes lamosas apresenta frequência abaixo de 10%.

Mais ao sul, no Setor Costa das Algas, foi observado que nas duas estações mais rasas (CA 01 e CA 02) ocorreu uma variação dos teores de areia e lama durante o período amostrado (Figura 12). Pode-se observar a presença de dois domínios na estação CA 01: um lamoso entre Jan/2016 e Abril/2016, e um arenoso em Nov/2016 e Jun/2017. Em Set/2017 o teor de lama volta a aumentar. Nesta estação se

observa uma clara distribuição bimodal das classes granulométrica com uma moda na areia grossa e outra no silte muito fino (Figura 13).

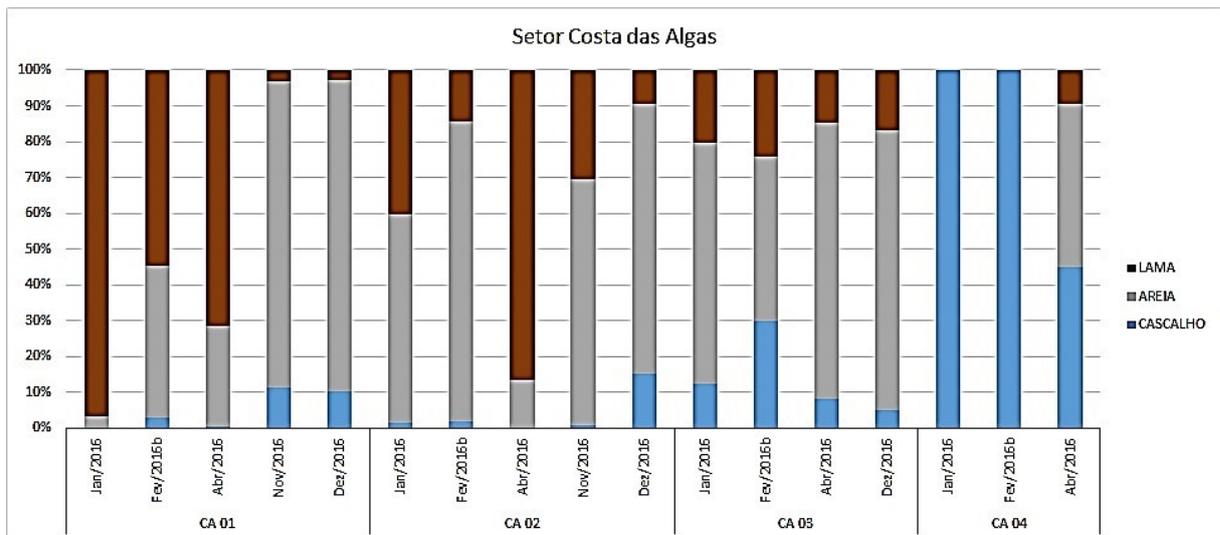
Figura 11: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Central.



Fonte: Autoria própria.

Na estação CA 02 o domínio lamoso foi encontrado apenas em Abril/2016 (86%), quando a classe do silte grosso é a mais abundante (Figura 12 e Figura 13). Nas outras campanhas as classes mais abundantes variaram entre si, mas com um predomínio das mais arenosas sobre as lamosas. As estações mais profundas apresentaram maior homogeneidade com um predomínio da fração areia na CA 03 e da fração cascalho na CA 04 (exceto em Abril/2016 na CA 04: presença de areia e lama) (Figura 12).

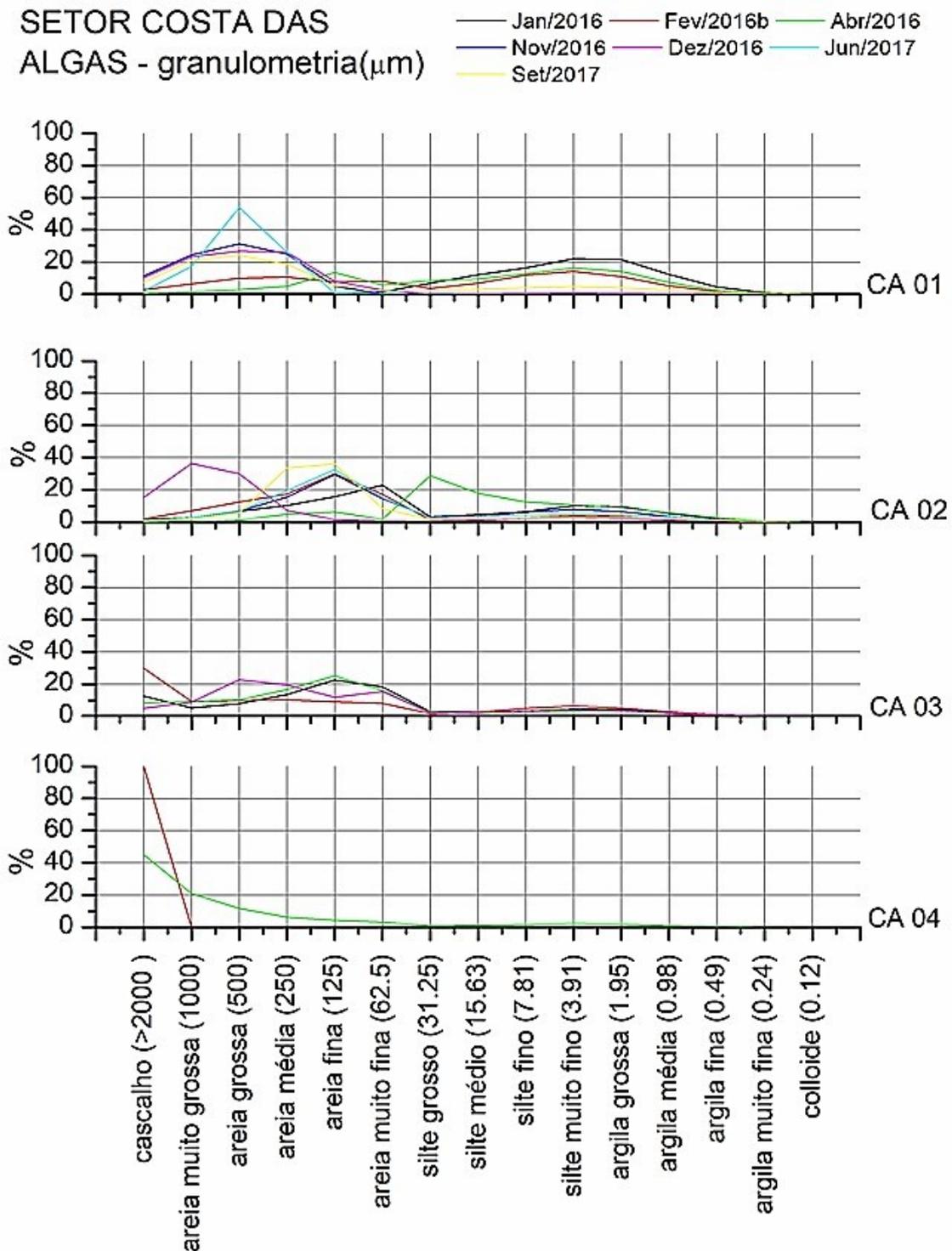
Figura 12: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial do Setor Costa das Algas.



Fonte: Autoria própria.

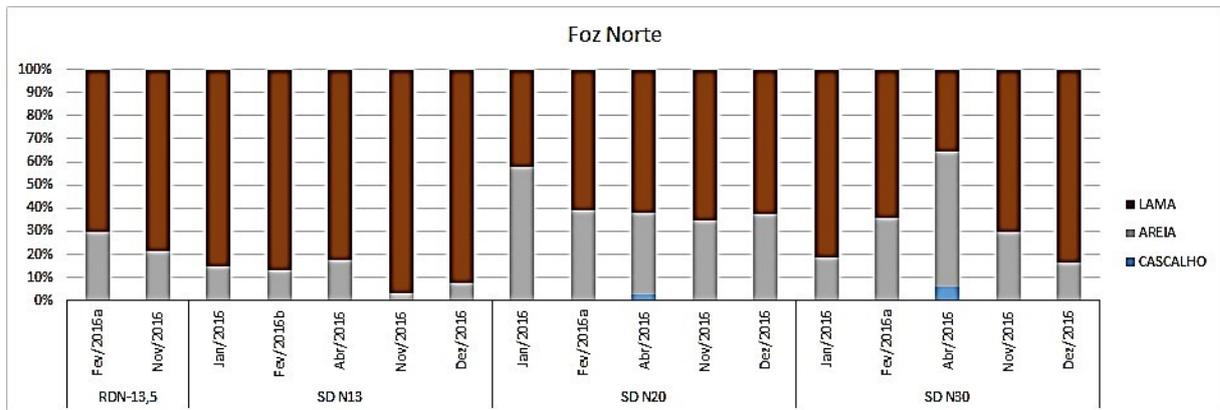
No Setor Norte (ao norte da desembocadura do Rio Doce), observa-se grande domínio lamoso durante todo o período amostrado (Figura 14). Também se observa um predomínio do teor lamoso nas estações até a batimetria de 13 m quando comparadas com estações mais profundas. Na batimetria de 20 m (estação SD N20) nota-se um afinamento do sedimento entre Fev/2016a e Dez/2016. Um pico no teor de areia (58%) juntamente com a presença de um sedimento cascalhoso (6%) é observado em Abril/2016 na estação SD N30, quando a granulometria mais grossa é encontrada para o Setor Norte (Figura 15).

Figura 13: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Costa das Algas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região Foz Norte.

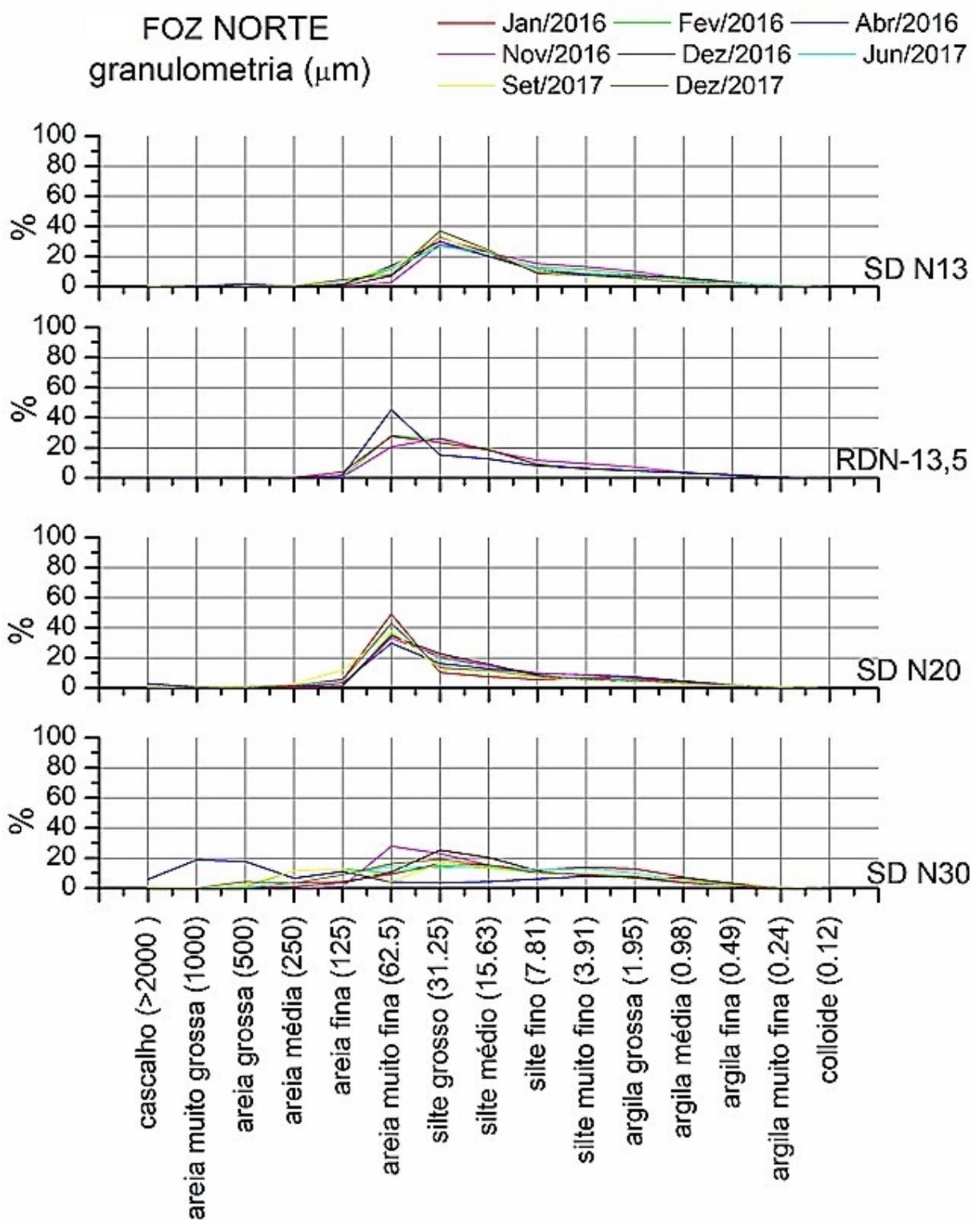


Fonte: Autoria própria.

A partir da análise da distribuição das classes granulométricas para o Setor Norte (Figura 15) nota-se que as frequências se mantiveram uniformes e unimodais ao longo das campanhas até a batimetria de 20 m, exceto na campanha de Jan/2016 para a estação RDN-13,5, quando ocorreu um aumento da frequência de areia muito fina e diminuição de todas as outras classes.

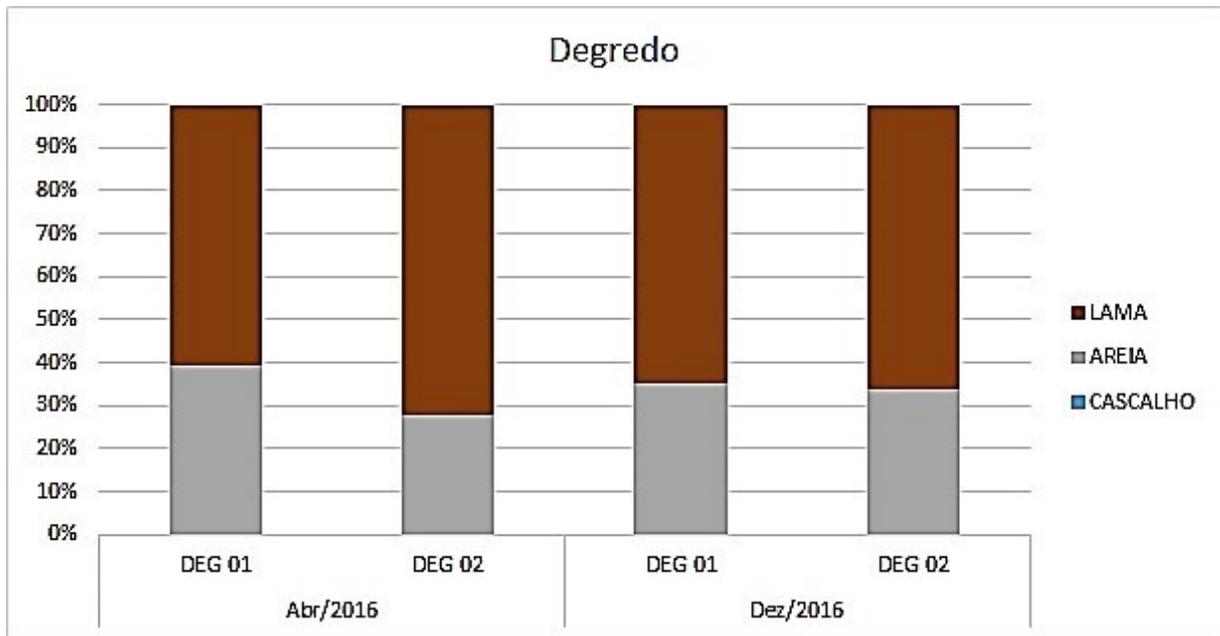
Seguindo mais ao Norte da desembocadura encontra-se o Setor Degredo (estações DEG 01 e DEG 02). Para este setor houve coleta de amostras sedimentares apenas em Abril/2016 e Dez/2016. Durante o período amostrado a região se apresentou homogênea quanto aos teores de areia e lama, com um predomínio da fração lamosa nas duas estações (Figura 16). A distribuição das classes granulométricas (Figura 17) se mostrou unimodal nas duas estações, ora com moda na areia muito fina, ora com moda no silte grosso.

Figura 15: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Foz Norte.



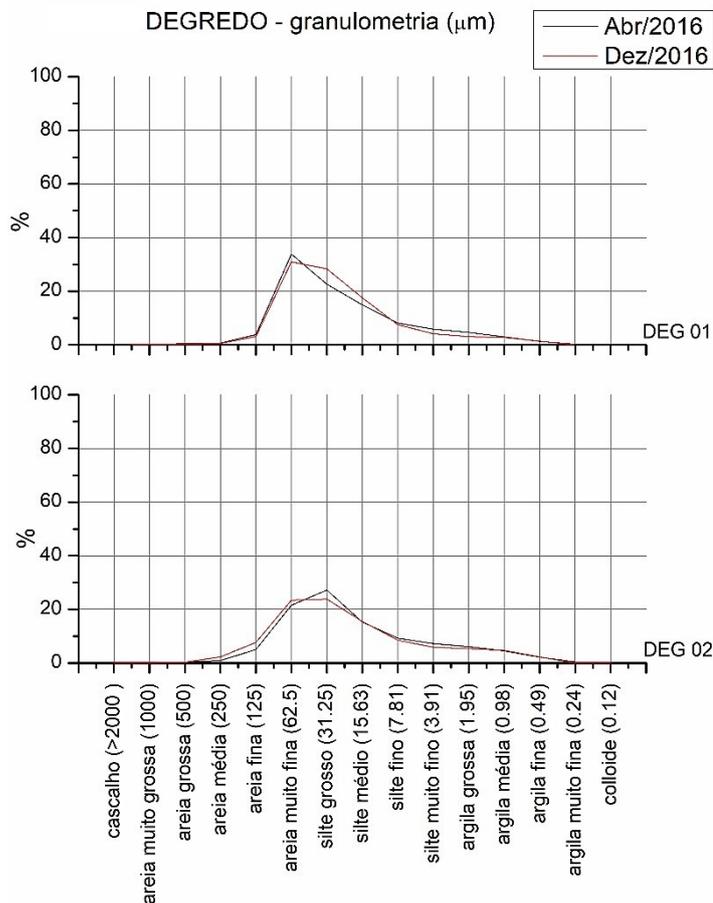
Fonte: Autoria própria.

Figura 16: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região Degredo.



Fonte: Autoria própria.

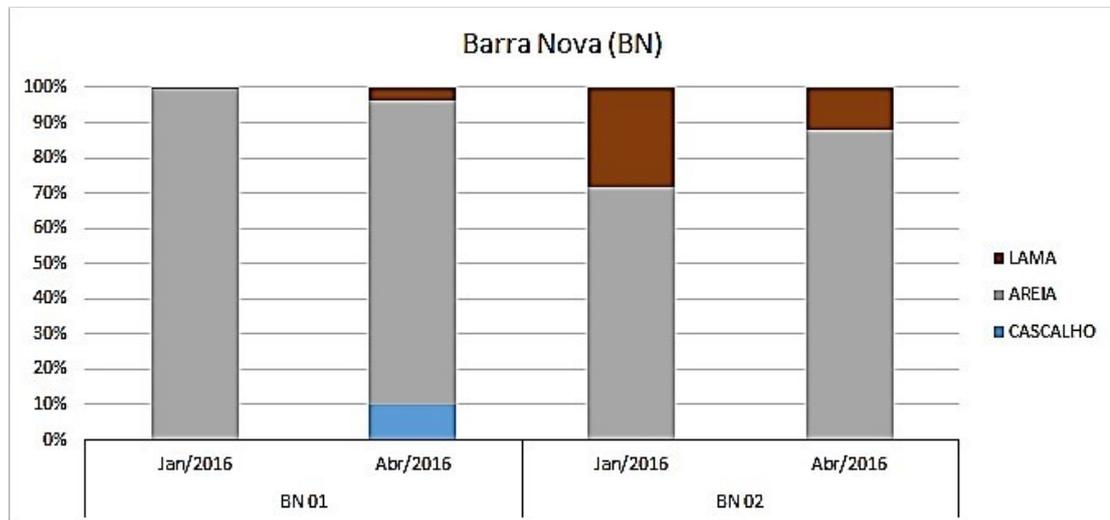
Figura 17: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região de Degredo.



Fonte: Autoria própria.

Ao norte da região de Degredo se encontra a região de Barra Nova. Diferente de Degredo, Barra Nova possui um sedimento arenoso onde todas as estações apresentam teor de areia acima de 70% (Figura 18).

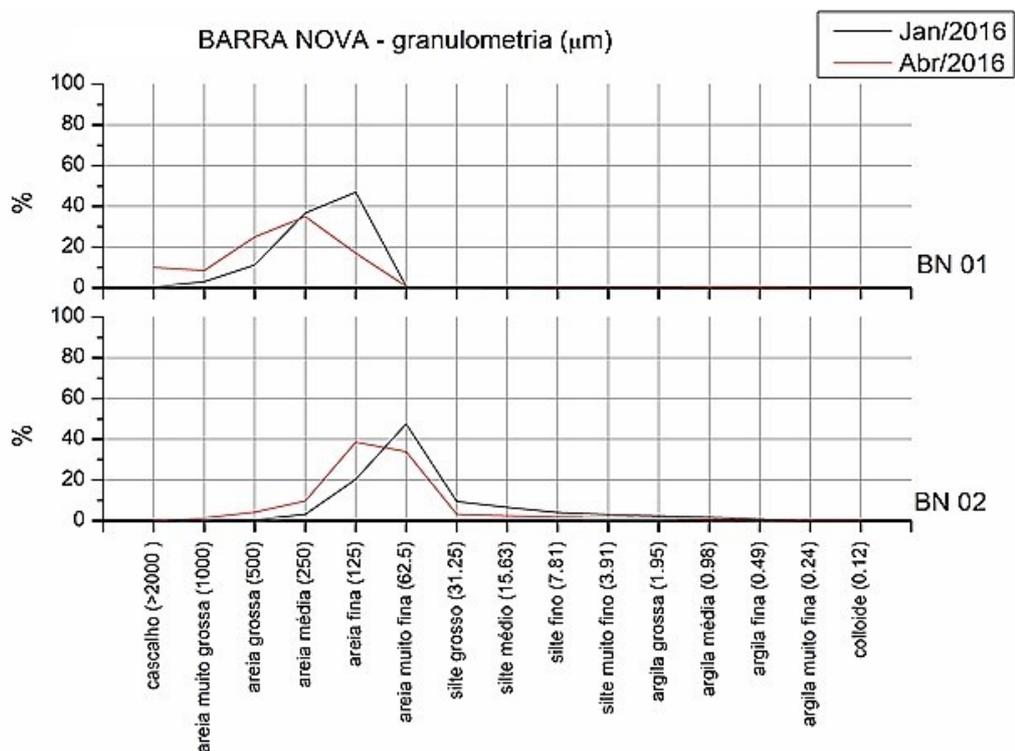
Figura 18: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial da região de Barra Nova.



Autoria própria.

A maior abundância do teor de lama é encontrada em Jan/2016 na estação BN 02. A distribuição das classes granulométricas (Figura 19) indica um predomínio de areia fina (BN 01) e muito fina (BN 02) em Jan/2016, enquanto ocorre um predomínio areia média (BN 01) e fina (BN 02) em Abr/2016.

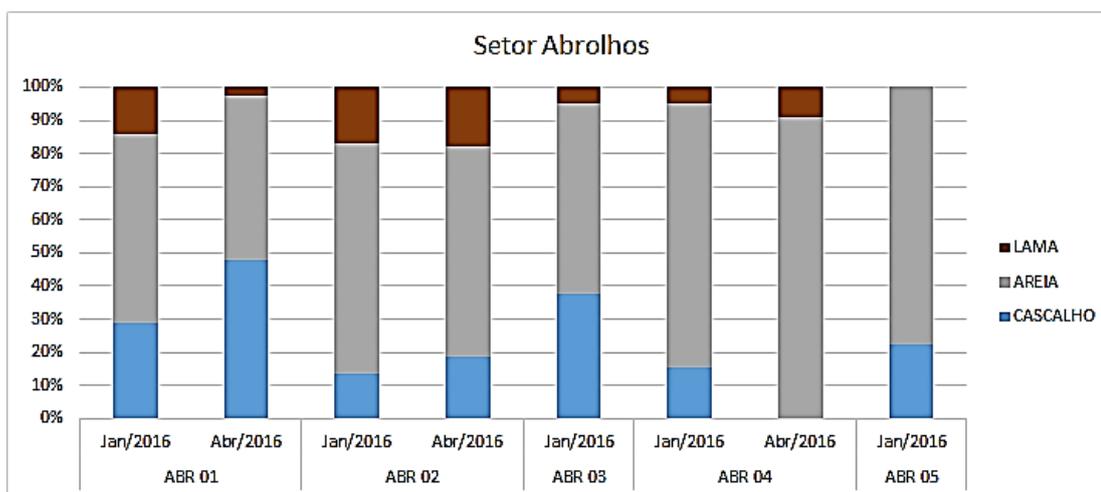
Figura 19: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial da região de Barra Nova.



Fonte: Autoria própria.

O Setor Abrolhos também se restringe a duas campanhas: Jan/2016 e Abril/2016. Neste setor todas as estações apresentaram domínio arenoso e presença de cascalho acima de 10% (exceto ABR 04 em Abr/2016; cascalho ausente) (Figura 20). A estação com maior teor de lama é a ABR 02 com quase 20% de lama e sem variação entre as duas campanhas. As classes granulométricas (Figura 21) se apresentaram de forma unimodal apenas na estação ABR 04, com predomínio de areia grossa em Jan/2016 e de areia fina em Abr/2016.

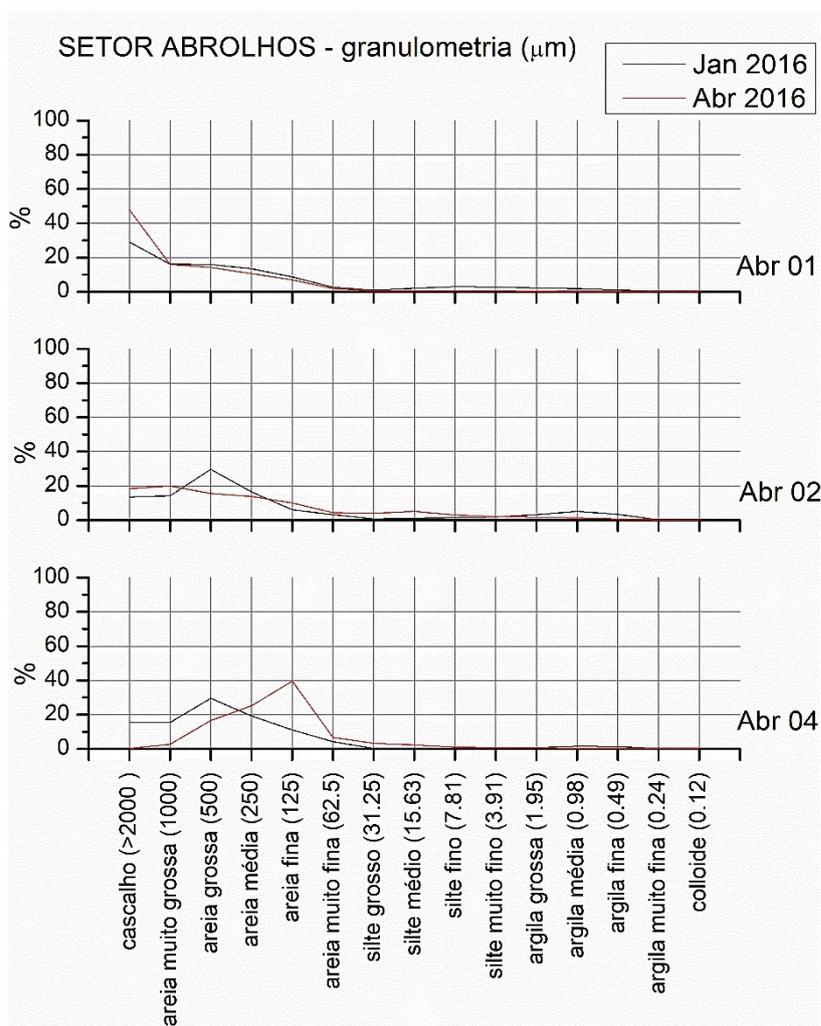
Figura 20: Teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial do Setor Abrolhos.



Fonte: Autoria própria.

A estação ABR 01 apresentou predomínio de cascalho enquanto que a ABR 02 apresentou predomínio de areia grossa em Jan/2016 e areia fina em Abr/2016. Dentro da fração lamosa o predomínio se deu nas classes de argila.

Figura 21: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Abrolhos.

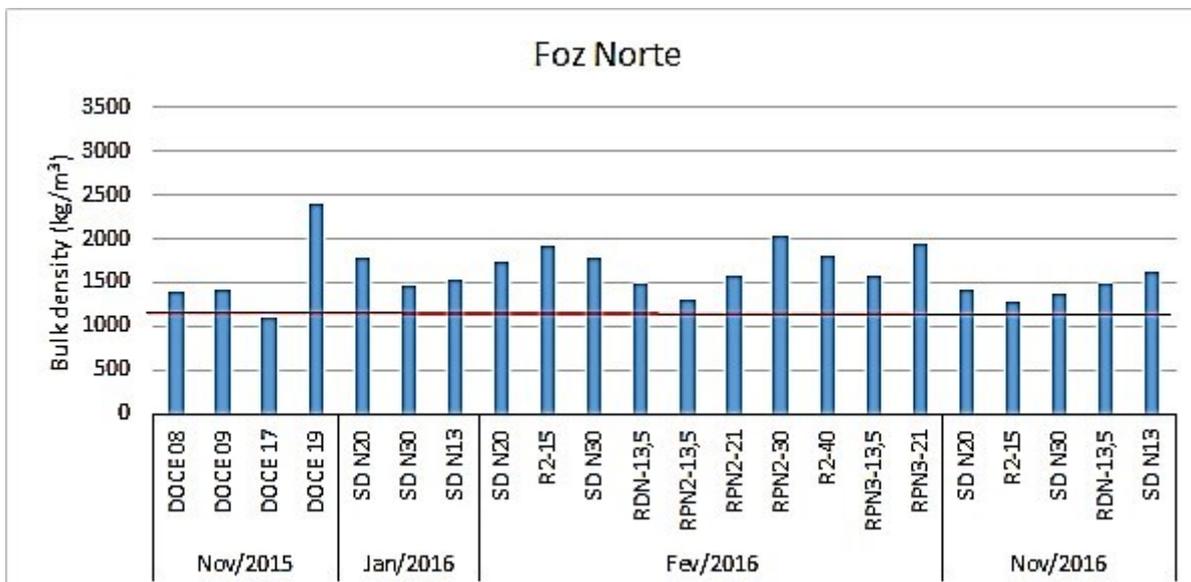


Fonte: Autoria própria.

### 1.2.1.3 Densidade do sedimento superficial

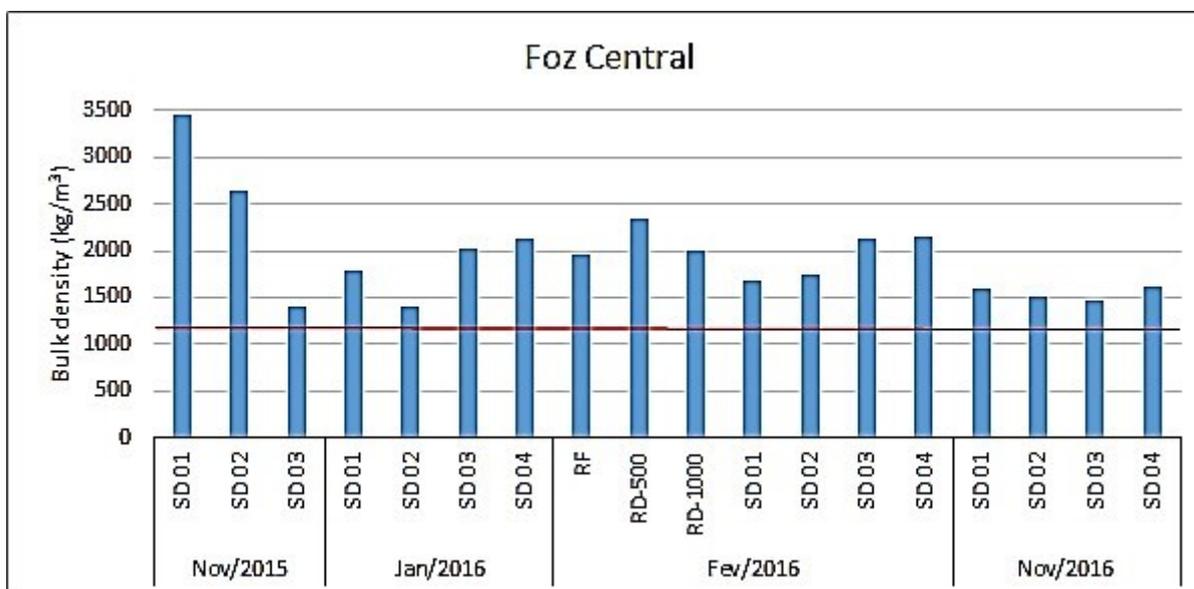
Os resultados de densidade do sedimento superficial estão apresentados nas de Figura 22 a Figura 25, onde as estações no gráfico estão dispostas no eixo X da mais próxima da desembocadura (à esquerda) para a mais distante (à direita) para cada período e de acordo com cada setor.

Figura 22: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Norte. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $> 1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado.



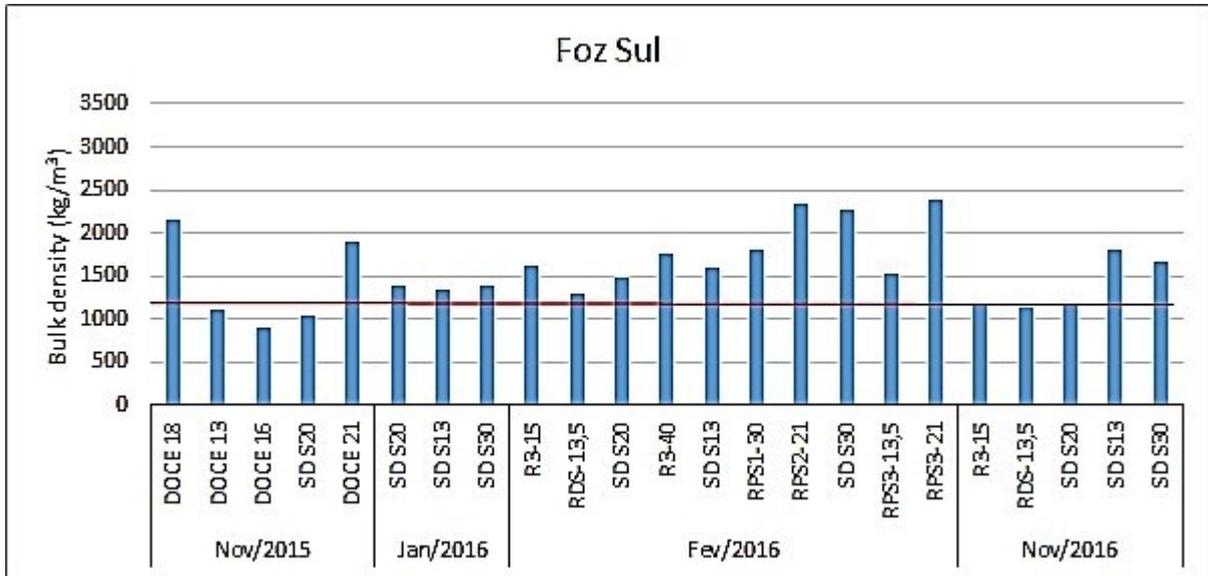
Fonte: Autoria própria.

Figura 23: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Central. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $> 1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado.



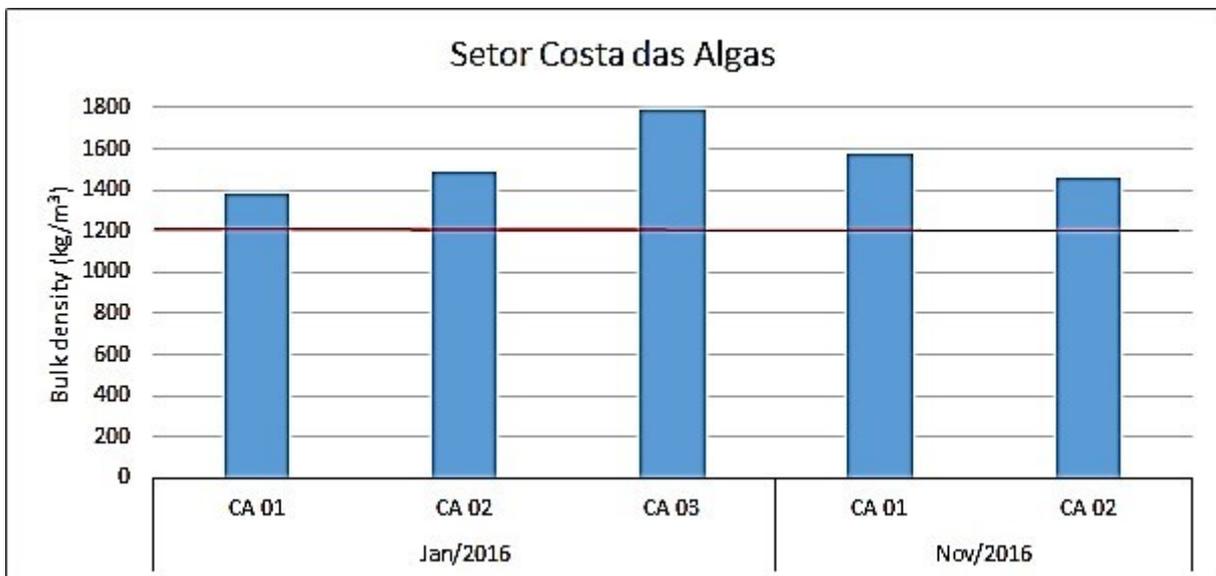
Fonte: Autoria própria.

Figura 24: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para a região Foz Sul. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 25: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Costa das Algas. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado.



Fonte: Autoria própria.

Os menores valores e indicadores de lama fluida ( $1200 \text{ kg/m}^3$ ) foram obtidos nas estações amostradas em Nov/2015, principalmente nas regiões Foz Norte e Foz Sul. Nas estações ao longo da isóbata de 13 m, tanto para a estação ao norte quanto ao sul da foz do Rio Doce (SD N13 e SD S13, respectivamente), os maiores valores de densidade ocorrem em Nov/2016. No perfil transversal à costa em frente à foz do Rio Doce (Setor Central), a densidade do sedimento superficial se apresenta, de forma geral, menor na expedição de Nov/2016, principalmente nas estações mais rasas (SD 01 e SD

02). No Setor Costa das Algas só foram analisadas duas estações devido às características das amostras: arenosas e/ou cascalhosas. A menor densidade foi observada em Jan/2016 na estação CA 01.

#### 1.2.1.4 Resultados 2018/2019

A apresentação dos resultados está organizada por Campanhas. Dentro de cada campanha, os parâmetros foram organizados por matriz e serão apresentados como tal. Assim, na matriz Água estão apresentados o Material Particulado em Suspensão bem como os dados adquiridos pelo equipamento LISST, e dentro da matriz Sedimento Superficial estão apresentados os parâmetros Frações Sedimentares, Teores de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e de Matéria Orgânica (MO), Granulometria e Densidade do sedimento superficial. Juntamente com este documento se encontram arquivos em pdf dos mapas referentes aos parâmetros analisados em cada campanha de toda a área amostral para uma visualização mais abrangente.

Os resultados também serão apresentados de forma setorizada, considerando as similaridades hidrodinâmicas e sedimentológicas entre as estações e do Setor de menor latitude (Abrolhos) para o de maior latitude (Sul). Dentro de cada setor, as estações serão apresentadas sempre da menor batimetria (mais raso à esquerda) para a maior batimetria (mais profundo à direita) no eixo X dos gráficos. As estações amostrais na foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas serão ainda subdivididas para a apresentação de dados de granulometria. A distribuição das estações em cada setor encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1: Setorização das estações amostradas ao longo das campanhas.

Setor	Estação							
	ABR 01	ABR 02	ABR 03	ABR 04	ABR 05			
Abrolhos	ITA 01	ITA 02	BN 01	BN 02	DEG 01	DEG 02		
Foz Norte	SD N13	SD N20	SD N30					
Foz Central	SD 01	SD 02	SD 03	SD 04	SD 05			
Foz Sul	SD S13	SD S20	SD S30					
Costa das Algas Rasas	CA 01	CA 08	CA 09	CA 02	CA 05	CA 10	CA 13	
Costa das Algas Profundas	CA 15	CA 06	CA 03	CA 14	CA 12	CA 11	CA 04	CA 07
Sul	VIX 01	VIX 02	GUA 01	GUA 02				

Fonte: Autoria própria.

Para apresentação dos dados referentes ao material particulado em suspensão todos os gráficos foram padronizados ao limite de 50 mg/L para o MPS e de 100 % para o teor de matéria orgânica do MPS. Para campanhas em que alguma estação apresentou valor acima deste padrão os gráficos foram alterados em seu limite superior no eixo Y e uma indicação foi feita na legenda da figura.

Para os dados adquiridos pelo LISST (*Laser In-Situ Scattering and Transmissometry*), algumas limitações do leitor ótico do equipamento devem ser consideradas na análise, já que a difração a laser

depende da medição do padrão de dispersão de luz proveniente das partículas suspensas: 1) a medida de concentração é dada de forma indireta e é dependente do tamanho das partículas; 2) o limite do sensor ótico é para partículas entre 1.0 a 500 $\mu$ m, fazendo com que não haja informação abaixo do limite de detecção como consequência de uma água muito clara; 3) os valores de concentração são dados em concentração por volume ( $\mu$ L/L), e não em massa por volume (mg/L) como é adquirido após filtração do material particulado em suspensão por membranas porosas; 4) partículas muito alongadas, possuem um maior erro associado. Dessa forma, os dados adquiridos pelo LISST serão utilizados paralelamente à análise gravimétrica do MPS afim de se determinar a presença de partículas porosas e/ou de baixa densidade que possam estar dispersas na coluna d'água bem como o seu tamanho e variação ao longo da profundidade.

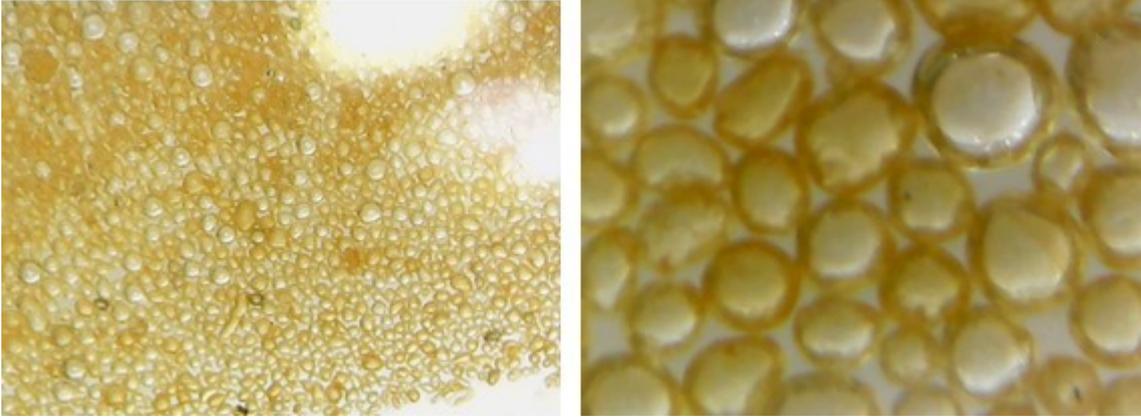
Para o Setor Foz deve-se destacar a presença (em alguns momentos) de uma interface superficial bem delimitada entre uma água de elevada turbidez de coloração alaranjada e uma água mais transparente de coloração típica de águas oceânicas de plataforma continental. Esta interface teve uma distribuição espacial entre as estações SD 01 e SD 02. A partir do momento em que se identificou a presença desta interface na Campanha 1, coletas de água em superfície, meio e fundo e perfilagem com o LISST passaram a ser realizadas na água de maior turbidez (estações SDPd) e na água de maior transparência (estações SDPf). A presença de emulsões em superfície de cor alaranjada também foi identificada (Figura 26; amostras SDE). A fim de investigar sua composição e formação, coletas no limite ar/água foram realizadas. Fotos com câmera de alta resolução (Figura 27) e com microscopia ótica (Figura 28) foram adquiridas para auxiliar no entendimento do que seriam estas emulsões.

Figura 26: Foto retirada in situ de uma emulsão na interface ar/água durante alguns embarques realizados para a coleta de água e sedimento.



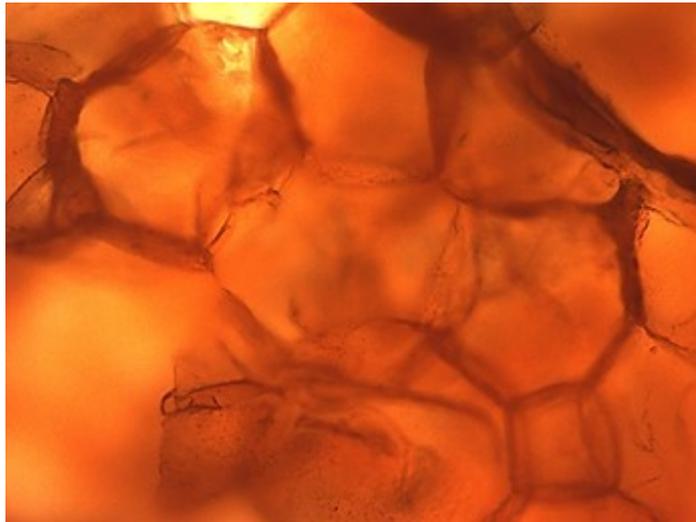
Fonte: Autoria própria.

Figura 27: Imagem em câmera de alta resolução (50x) da emulsão na interface ar/água. As imagens em cor original da amostra, mostram micelas de coloração amarelada que não se unem e não se rompem mesmo quando agitadas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 28: Imagem em microscopia ótica do sobrenadante da amostra coletada na interface ar/água que foi retido em membrana de 45 µm.



Fonte: Autoria própria.

#### 1.2.1.5 Campanha 1

##### **Matriz Água**

No Setor Abrolhos (Figura 29), as estações ABR 01 e ABR 02 apresentaram padrão similar tanto para o MPS quanto para o teor de MO: aumento gradual da concentração do MPS ao longo da coluna d'água com maiores valores próximo ao fundo ( $\approx 10$  mg/L) e maiores teores de MO em superfície (56 e 100%, respectivamente) com mínimo no fundo ( $\approx 40\%$ ). É possível observar um aumento do tamanho das partículas junto ao fundo em ABR 01 (Figura 30), onde valores da concentração por volume em suspensão (CVS) foram maiores (50  $\mu\text{L}$ ) para este perfil. Vale ressaltar que apesar da ABR 02 ter apresentado metade da concentração de MPS em superfície do que ABR 01 (2 e 5 mg/L, respectivamente), seu teor de MO foi o dobro (100 e 56%, respectivamente), coincidente com os maiores valores de CVS ( $\approx 100$   $\mu\text{L}$ ) de partículas maiores (250 a 500  $\mu\text{m}$ ; Figura 31).

Figura 29: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Abrolhos. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.

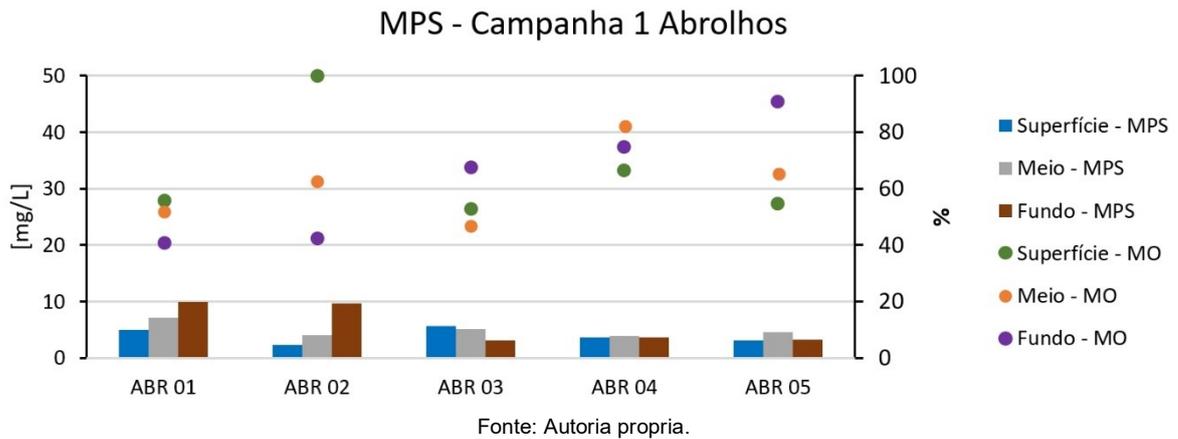
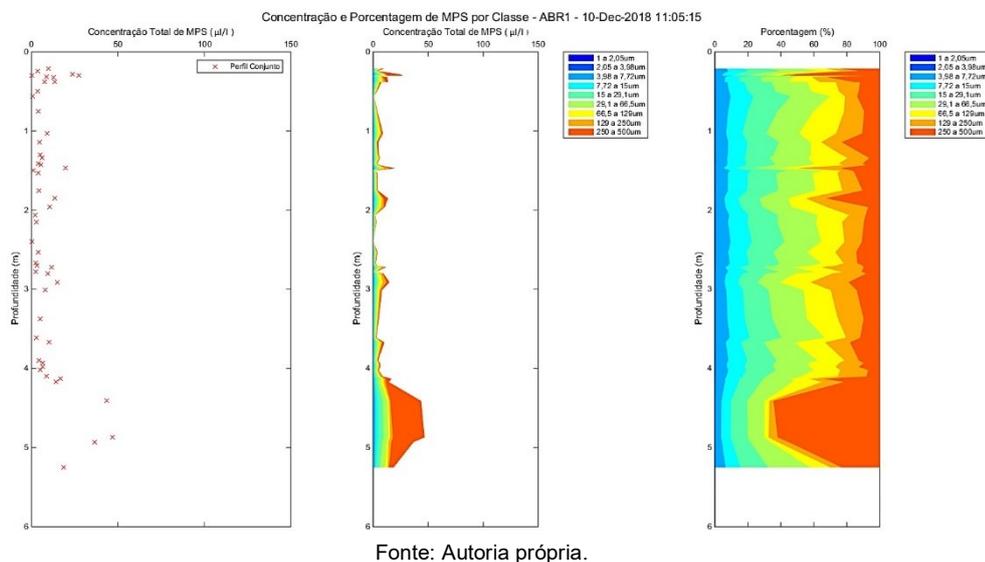


Figura 30: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



As outras estações apresentaram padrões únicos, apesar de uma tendência de aumento no teor de MO do MPS de fundo da estação ABR 03 para ABR 05 ter sido observada. A estação ABR 03 foi a única do Setor a apresentar máximo de MPS em superfície (6 mg/L) e mínimo no fundo (3 mg/L). As CVS também apresentaram maiores valores em superfície ( $\approx 100 \mu\text{L/L}$ ) com uma tendência de redução tanto da concentração quando do tamanho de partículas em direção ao fundo (Figura 32); partículas mais abundantes estão entre 129 e 500 $\mu\text{m}$ . O máximo de MO foi encontrado no fundo (67%) e mínimo no meio (47 %).

Figura 31: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

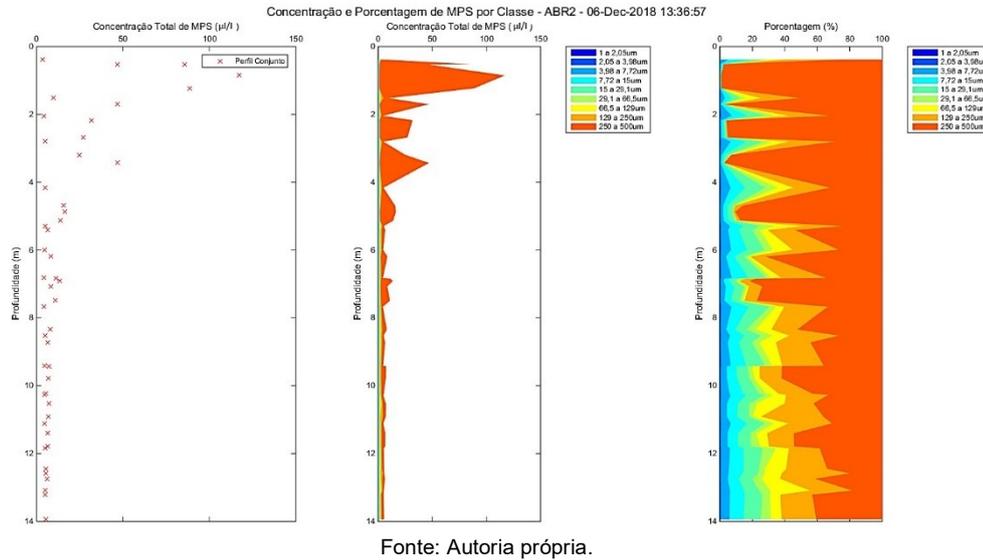
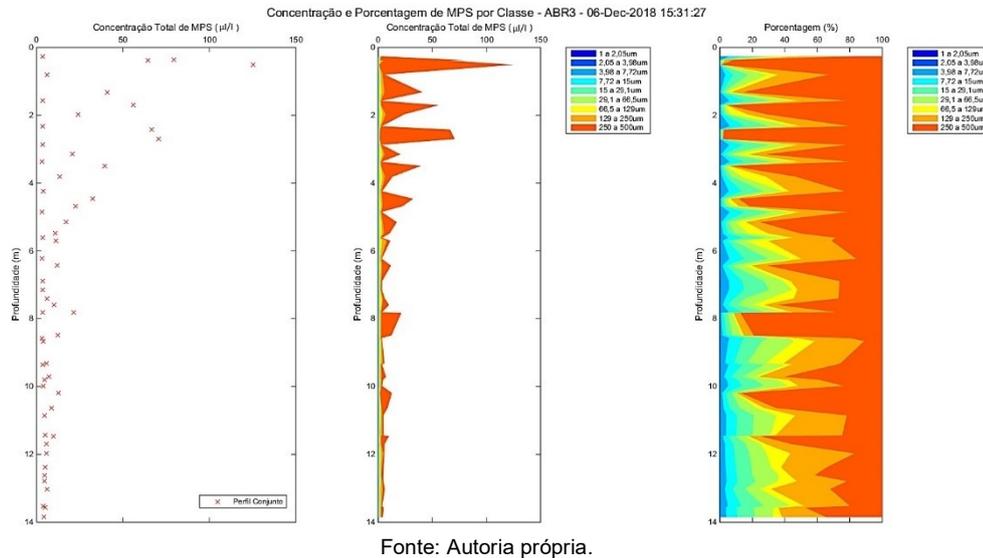
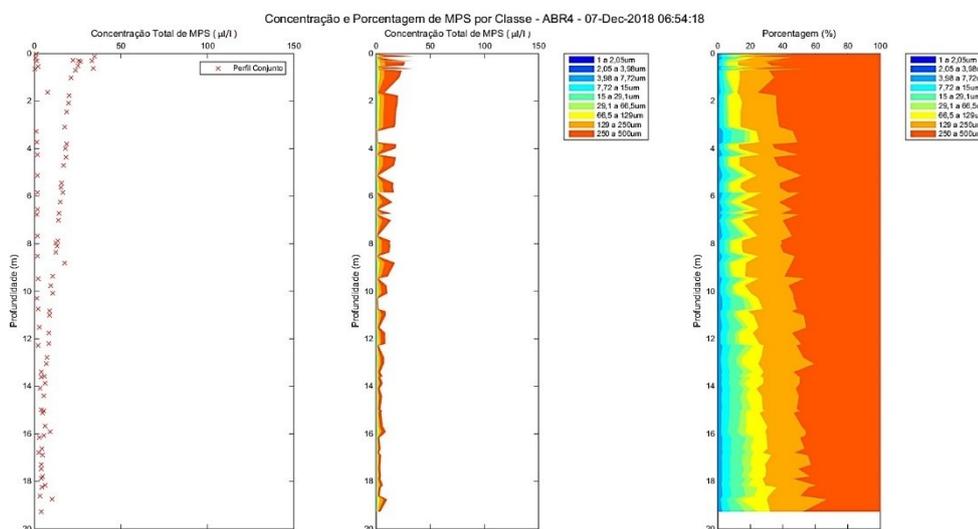


Figura 32: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



A estação ABR 04 apresentou uma coluna d'água homogênea ( $\approx 4 \text{ mg/L}$ ), com teores de MO ao longo da coluna d'água próximos (superfície = 66%; meio = 82%) e uma tendência de redução da CVS sem grandes variações aliada a uma redução do tamanho das partículas (Figura 33).

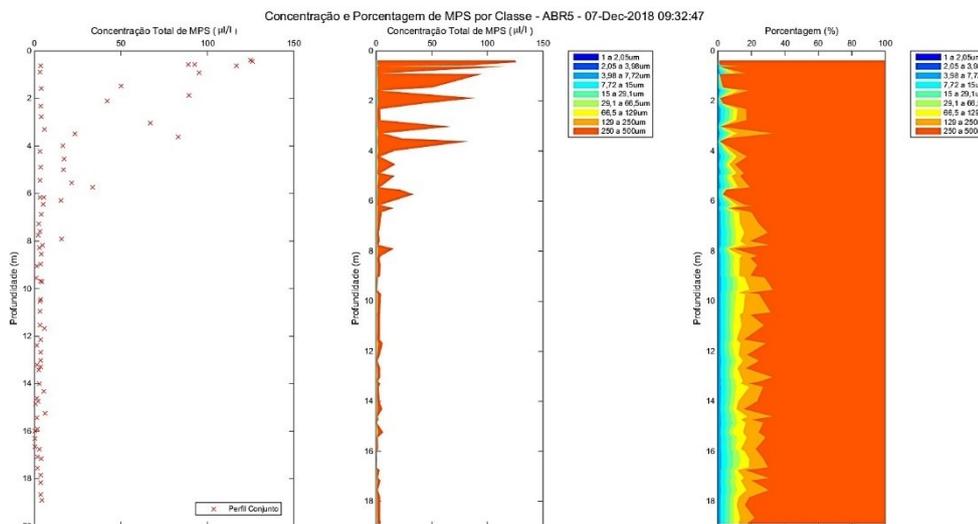
Figura 33: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

A estação ABR 05 apresentou um pequeno máximo em meia água (5 mg/L) com maior teor de MO no fundo e menores teores à superfície, apesar das CVS ter apresentado maiores valores em superfície ( $\approx 100 \mu\text{L/L}$ ; Figura 34). A ABR 05 foi a única estação do setor que apresentou  $\approx 95\%$  do tamanho das partículas na faixa entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  ao longo de toda a coluna d'água.

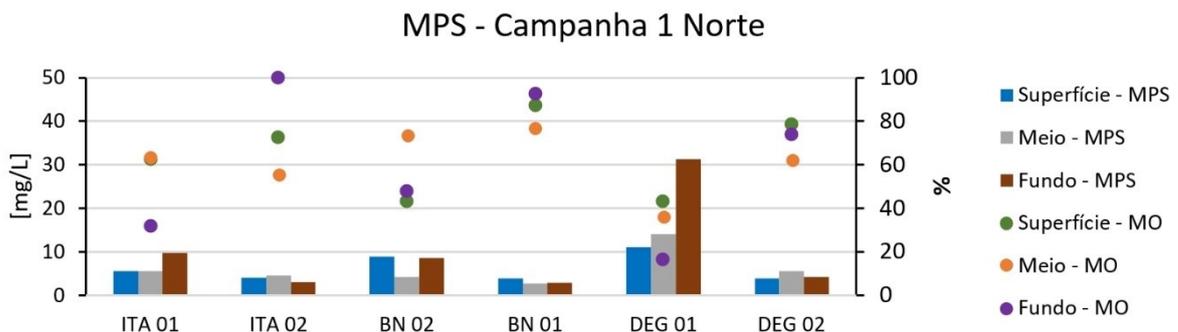
Figura 34: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ABR 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

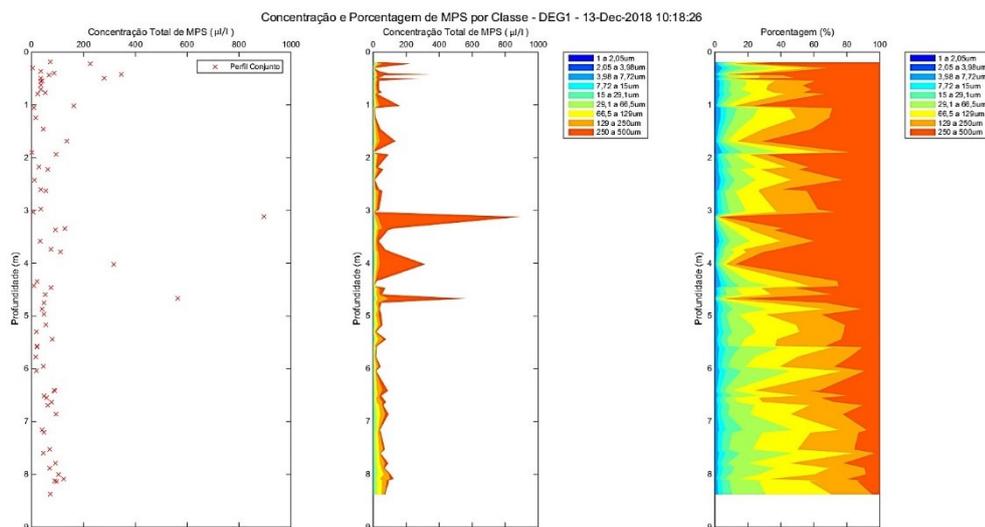
No Setor Norte (Figura 35), as concentrações de MPS se mantiveram abaixo de 10 mg/L, exceto para a estação DEG 01, onde o menor valor foi encontrado em superfície (11 mg/L) e o maior junto ao fundo (31 mg/L). Maiores CVS se encontraram em meia água (900 µl/L) e em superfície (400 µl/L) juntamente com maiores porcentagens de partículas entre 250 e 500 µm e maiores teores de MO (40%), enquanto que no fundo foi observada uma maior proporção de partículas entre 66 e 250µm (Figura 36). Por exceção dos maiores valores da CVS encontrados em meia água, o perfil se mostra homogêneo e próximo de 200 µl/L.

Figura 35: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Norte. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Fonte: Autoria própria.

Figura 36: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação DEG 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm. Note que para essa estação o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.



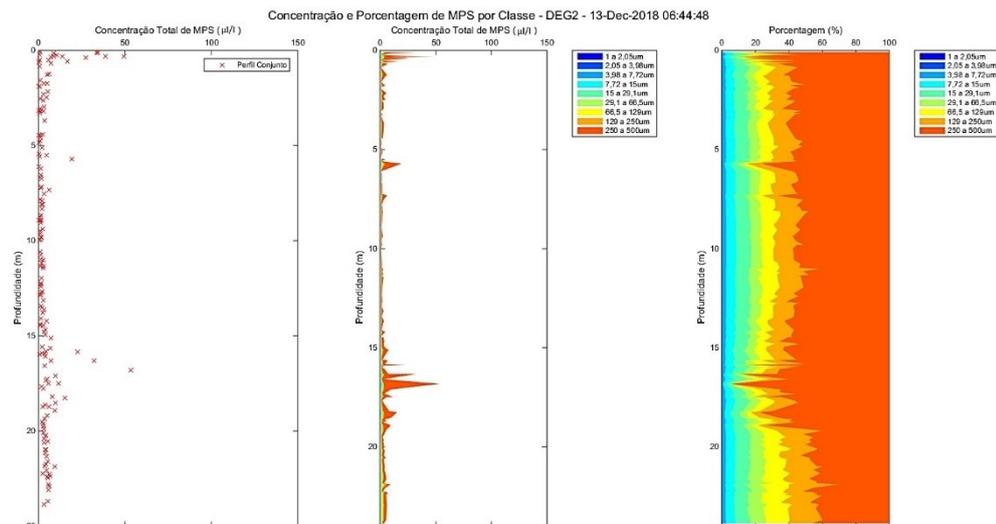
Fonte: Autoria própria.

Apesar de DEG 02 ter apresentado valores de MPS em superfície, e junto ao fundo, próximos de 4mg/L, seus teores de MO foram de 78 e 73%, respectivamente, enquanto o maior valor de MPS em meia

água (6mg/L) apresentou 62% de MO. As CVS registradas pelo LISST foram encontradas bem próximo da superfície e entre o meio e o fundo, onde partículas entre 250 a 500 $\mu$ m atingiram valores próximos de 90% (Figura 37). No restante do perfil a distribuição de partículas foi homogênea, com predomínio da maior faixa ( $\approx$ 80%).

Para a região de Itaúnas (Figura 35), tanto o menor quanto o maior valor de MO foram encontrados junto ao fundo (ITA 01 = 32%; ITA 02 = 100%). Um padrão de máximo de MPS junto ao fundo (10 mg/L) foi encontrado para estação ITA 01; superfície e meio apresentaram valores similares (6 mg/L). Valores elevados de CVS constituídos em 90% por partículas entre 129 a 500 $\mu$ m foram encontrados sob a forma picos ao longo da coluna d'água que atingem até 300  $\mu$ l/L (Figura 38). Em superfície os valores da CVS se limitam a 50  $\mu$ l/L e ocorre um predomínio de partículas médias (7 a 129 $\mu$ m).

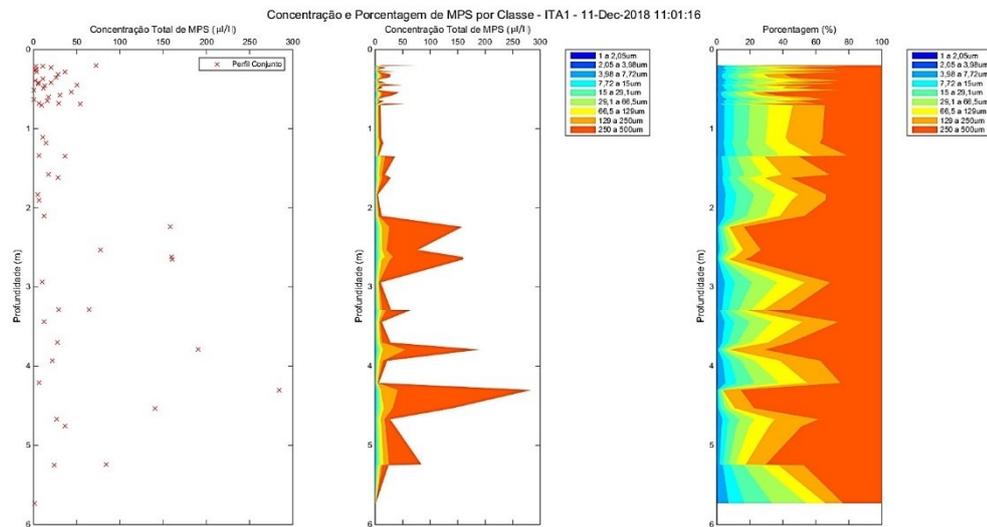
Figura 37: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação DEG 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu$ l/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu$ m. Partículas menores = 1 a 15 $\mu$ m; partículas médias = 15 a 129 $\mu$ m; partículas grandes = 250 a 500 $\mu$ m.



Fonte: Autoria própria.

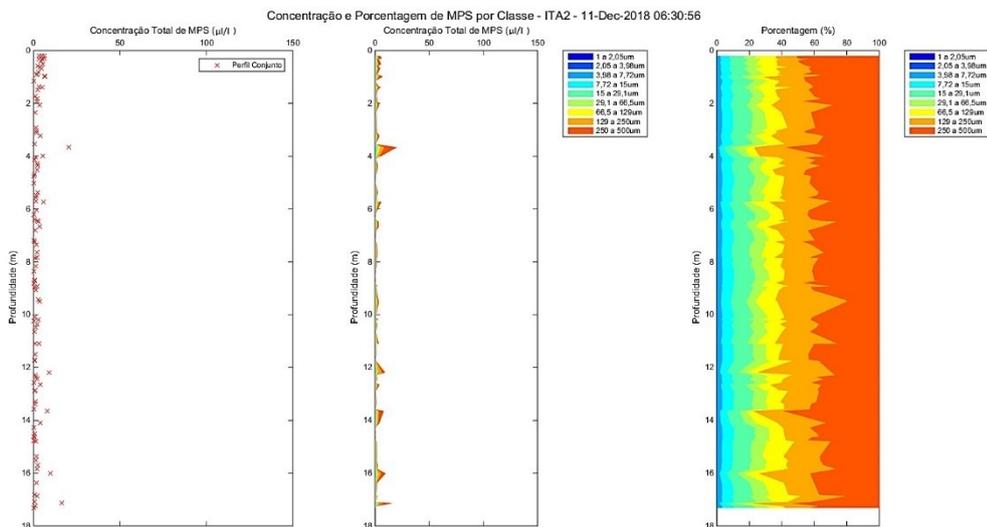
A estação ITA 02 também apresentou uma distribuição constante ao longo da coluna d'água. O valor máximo de MPS em meia água foi de 5 mg/L e próximo ao fundo de 3 mg/L. Esse padrão também se repete na perfilagem com o LISST, onde não são registrados aumentos da CVS (<25  $\mu$ l/L) nem grandes variações do tamanho das partículas ao longo da coluna d'água (60% entre 129 e 500 $\mu$ m; Figura 39).

Figura 38: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ITA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 39: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação ITA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

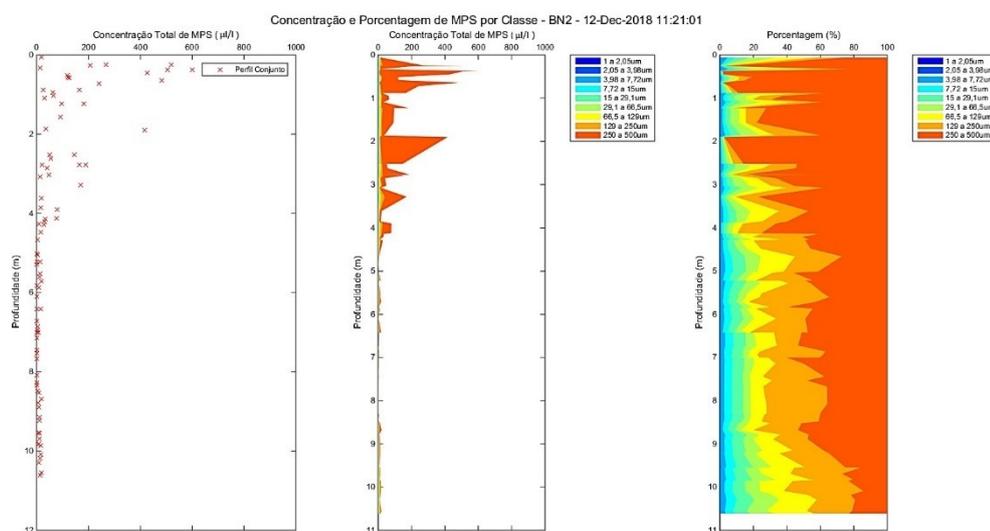


Fonte: Autoria própria.

A região de Barra Nova se caracterizou por menores valores de MPS em meia água (Figura 35), sendo este padrão mais evidente em BN 02 (4 mg/L; superfície e fundo  $\approx$  9 mg/L). Os valores elevados de MPS em superfície são coincidentes com os maiores valores da CVS (600  $\mu\text{L/L}$ ) e com um predomínio de partículas maiores enquanto que uma redução da CVS em direção ao fundo ocorre com um aumento da proporção de partículas médias (Figura 40). Os dados do LISST para BN 01 indicam uma coluna

d'água sem variações no tamanho das partículas, sendo este o perfil com menor variação do Setor, mas com CVS (<25 µl/L) e distribuição de partículas (70% de partículas maiores) similares aos de ITA 02 (Figura 41). Padrões semelhantes entre a superfície e o fundo da coluna d'água também foram observados para os teores de MO, onde maiores valores foram encontrados em BN 01 (≈ 90%) e os menores em BN 02 (≈ 45%).

Figura 40: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação BN 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm. Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.

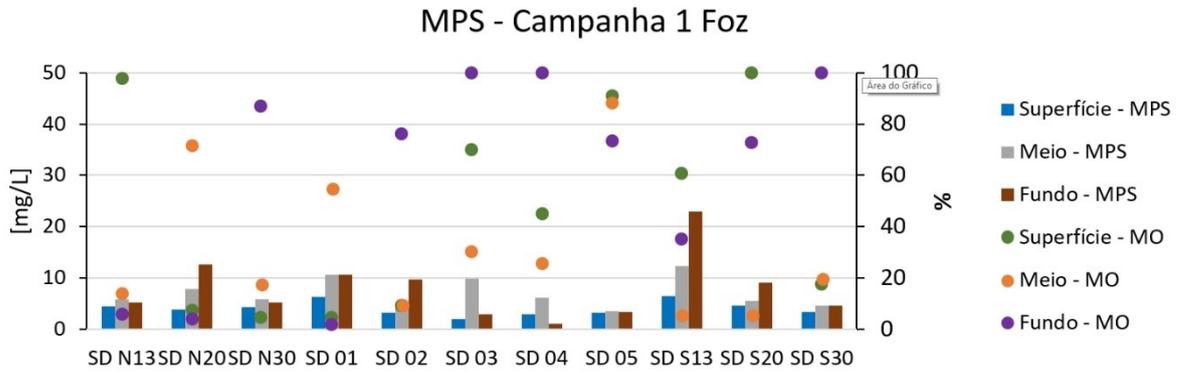


Fonte: Autoria própria.

Figura 41: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação BN 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm.

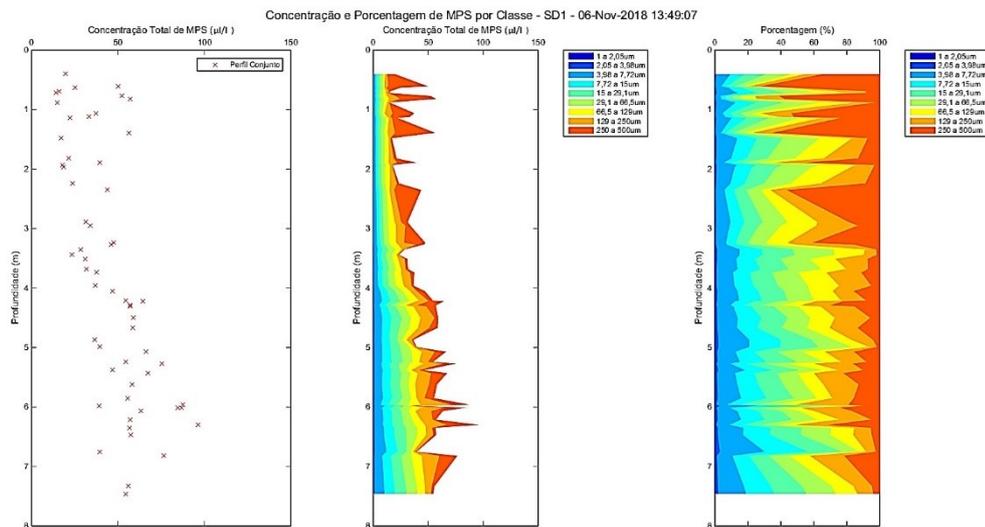
Na região Central do Setor Foz do Rio Doce (Figura 42), a estação SD 01 apresentou meio e fundo com valores similares atingindo 11mg/L, com uma distribuição equivalente de partículas entre 3,98 a 250µm e uma pequena dominância de partículas entre 250 a 500µm em superfície (Figura 43). Nota-se um aumento da CVS em direção ao fundo (≈100 µl/L). O maior teor de MO foi em meia água (55%).

Figura 42: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Fonte: Autoria própria.

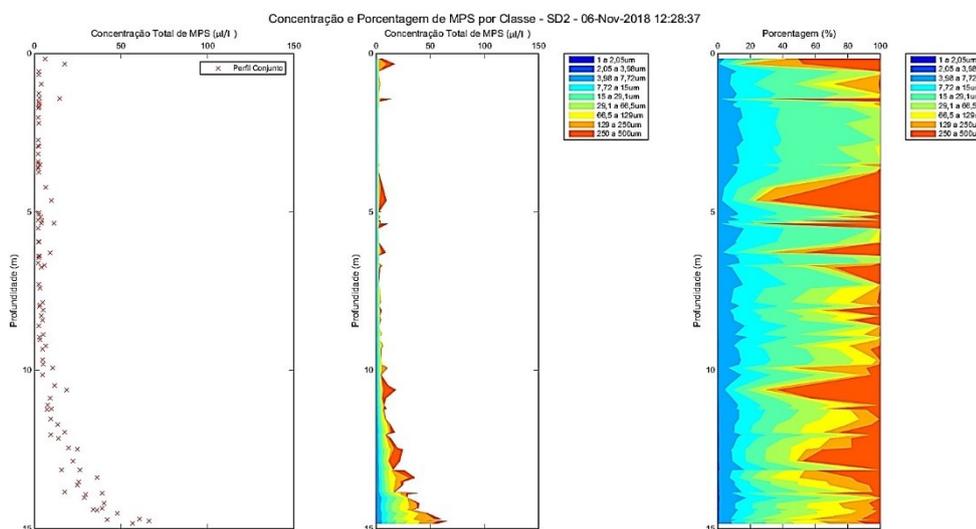
Figura 43: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Na estação SD 02 é observada uma tendência de aumento dos valores de MPS (superfície = 3 mg/L; fundo = 10mg/L) e das CVS em direção ao fundo, onde ocorre um máximo juntamente com o maior teor de MO (76%). Apesar de ocorrer um pequeno predomínio de partículas maiores junto ao fundo, partículas médias são mais abundantes no restante da coluna d'água (exceto próximo de 5m de profundidade; Figura 44).

Figura 44: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

As estações SD 03 e SD 04 apresentaram uma tendência de redução de concentração do MPS de meia água e junto ao fundo da estação mais rasa em direção à mais profunda, sendo os máximos encontrados em meia água para as duas estações (SD 03 = 10mg/L; SD 04 = 6mg/L). Teores de MO foram similares, mas um pouco menor em meia água na SD 04. Diferenças entre as estações SD 03 e SD 04 são mais proeminentes na perfilagem registrada pelo LISST (Figura 45 e Figura 46), onde as maiores CVS (150  $\mu\text{L/L}$ ) de SD 03 encontram-se próximas de 20m de profundidade enquanto que em SD 04 dois picos de concentração são observados, um menor próximo de 15m ( $\approx 30 \mu\text{L/L}$ ) e outro maior ( $\approx 125 \mu\text{L/L}$ ) entre 30 e 35m de profundidade.

Uma predominância de partículas maiores do meio ao fundo da coluna d'água é observada para a estação SD 04, enquanto na SD 03 a predominância dessas partículas maiores é intercalada com maiores abundâncias de partículas médias ao longo de toda a coluna d'água. Para as duas estações, porcentagens próximas de 100% de partículas maiores são coincidentes com os máximos da CVS.

Figura 45: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

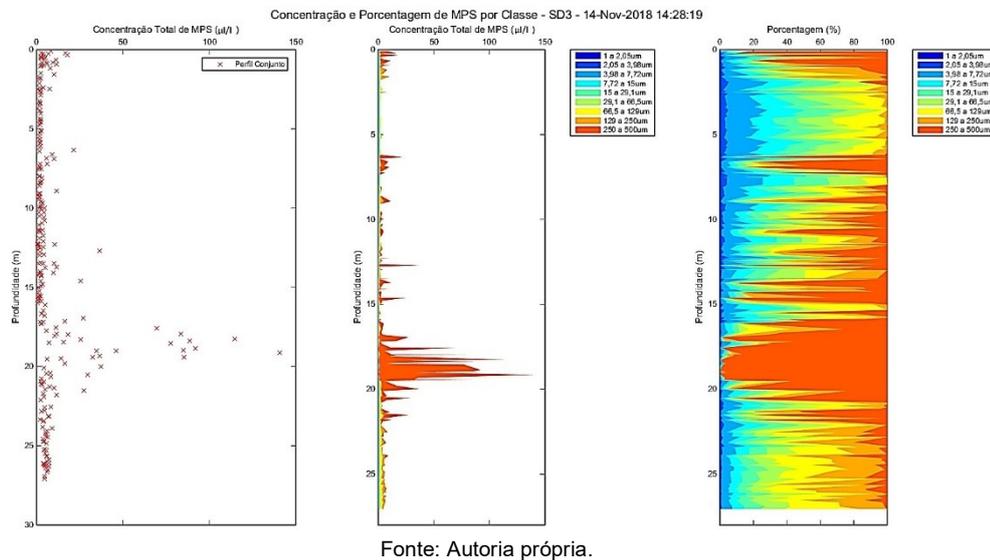
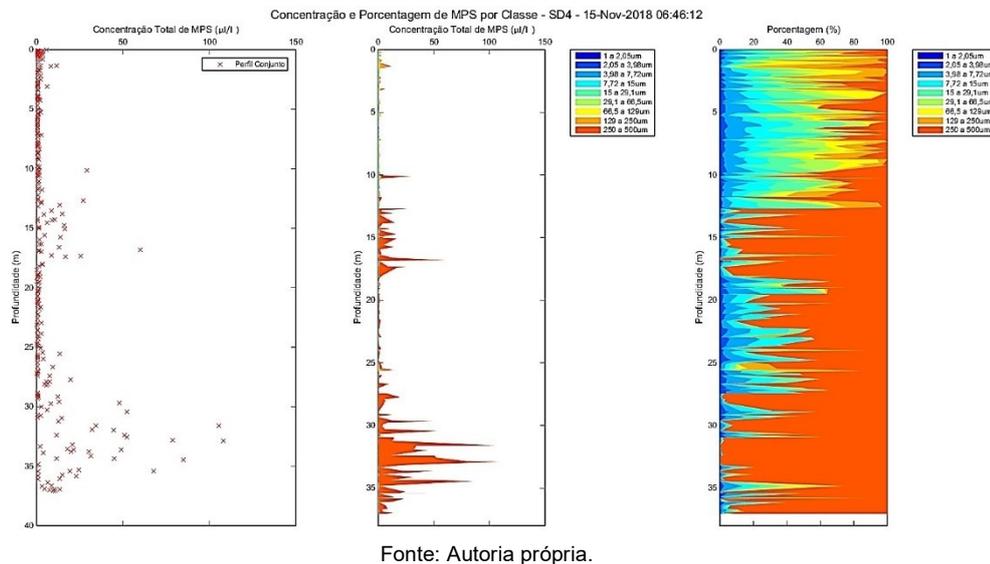
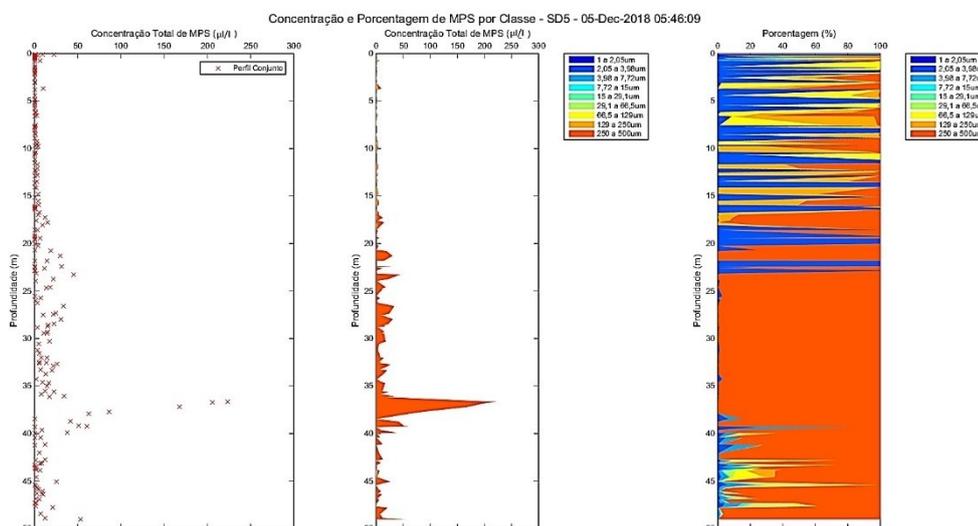


Figura 46: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



A estação SD 05 foi a que apresentou um caráter mais constante quanto a concentração de MPS e teor de MO. No entanto o perfil registrado pelo LISST apresentou uma intercalação entre partículas menores e maiores até meia água (Figura 47). Uma abundância de  $\approx 100\%$  de partículas maiores é encontrada em meia água juntamente com um pequeno aumento da CVS ( $\approx 50 \mu\text{L/L}$ ); pico de  $250 \mu\text{L/L}$  entre 35 e 40m de profundidade.

Figura 47: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.

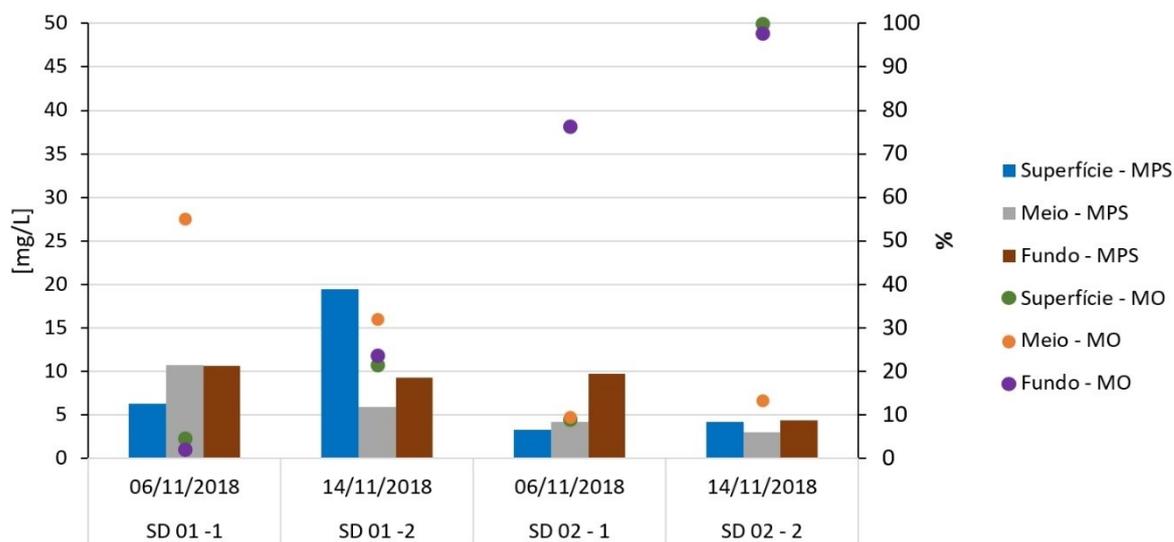


Fonte: Autoria própria.

Na região Central da Foz os menores teores de MO foram encontrados em meia água e os menores junto ao fundo para todas as estações, exceto SD 01 e SD 05, onde a meia água apresentou os valores máximos (SD 01 = 55%; SD 05 em superfície e meio = 90 e 88%, respectivamente) e próximo ao fundo apresentou os valores mínimos (SD 01 = 2%; SD 05 = 74%).

Dados de MPS, MO e perfilagem do LISST (Figura 48) adquiridos para as estações SD 01 e SD 02 após um evento de aumento da vazão do Rio Doce com a consequente presença de uma pluma alaranjada em superfície (dia 14/11/2018) foram comparados com os dados adquiridos uma semana antes (06/11/2018). Os resultados mostraram um aumento dos valores de MPS em superfície na estação SD 01 (de 6 para 19mg/L) e um grande aumento do teor de MO em superfície para a estação SD 02 (de 10 para 100% de MO).

Figura 48: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. O gráfico apresenta um comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para as estações SD 01 e SD 02. Os números 1 e 2 após o nome da estação indicam a sequência de amostragem de acordo com a data.

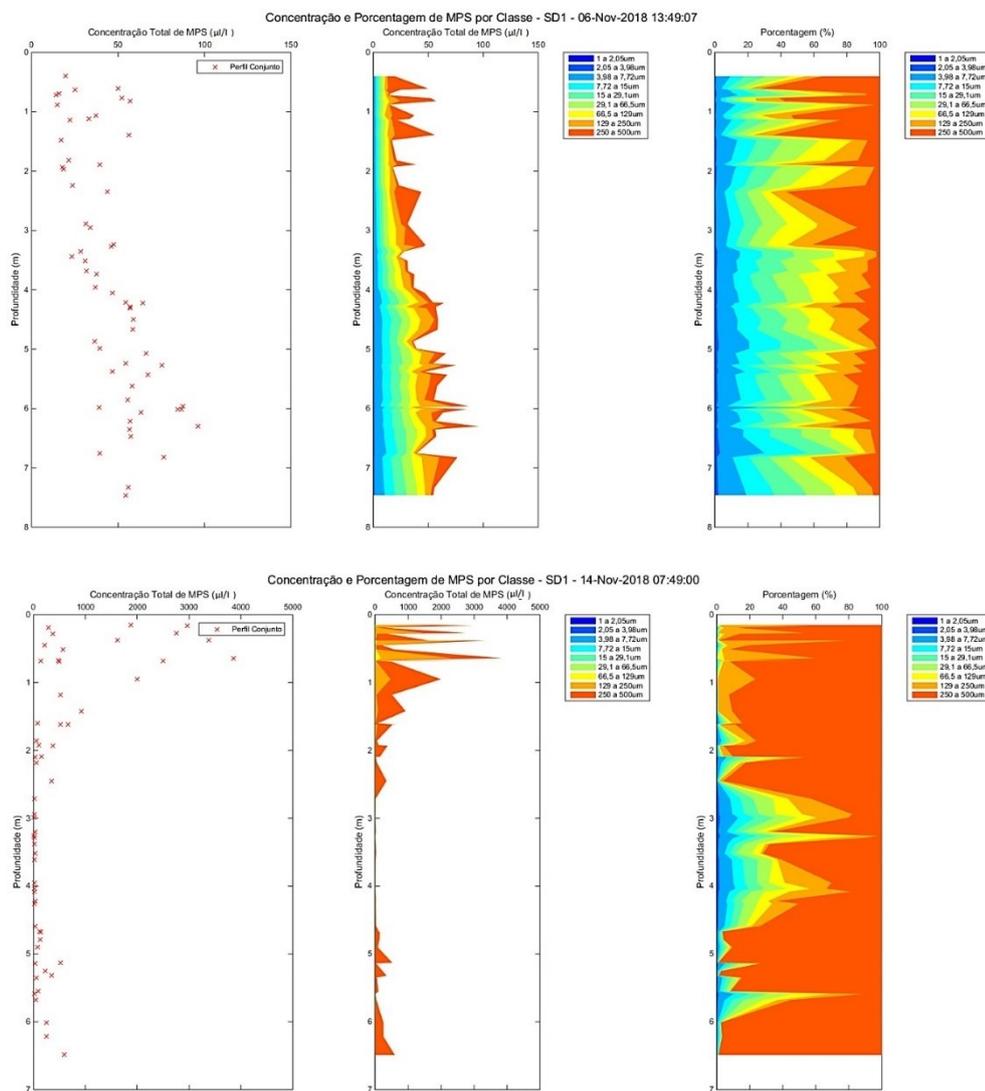


Fonte: Autoria própria.

A perfilagem do LISST registrou uma variação drástica da distribuição de partículas ao longo da coluna d'água (Figura 49) para a batimetria de 10m. Além do aumento expressivo da CVS (máximo de 100 para 4000  $\mu\text{L/L}$ ), os maiores valores passaram a se encontrar em superfície e não junto ao fundo. Ainda, uma dominância quase absoluta de partículas maiores ocorreu na superfície e junto ao fundo após o aumento da vazão, quando antes era uma distribuição mais equivalente e constante ao longo da coluna d'água.

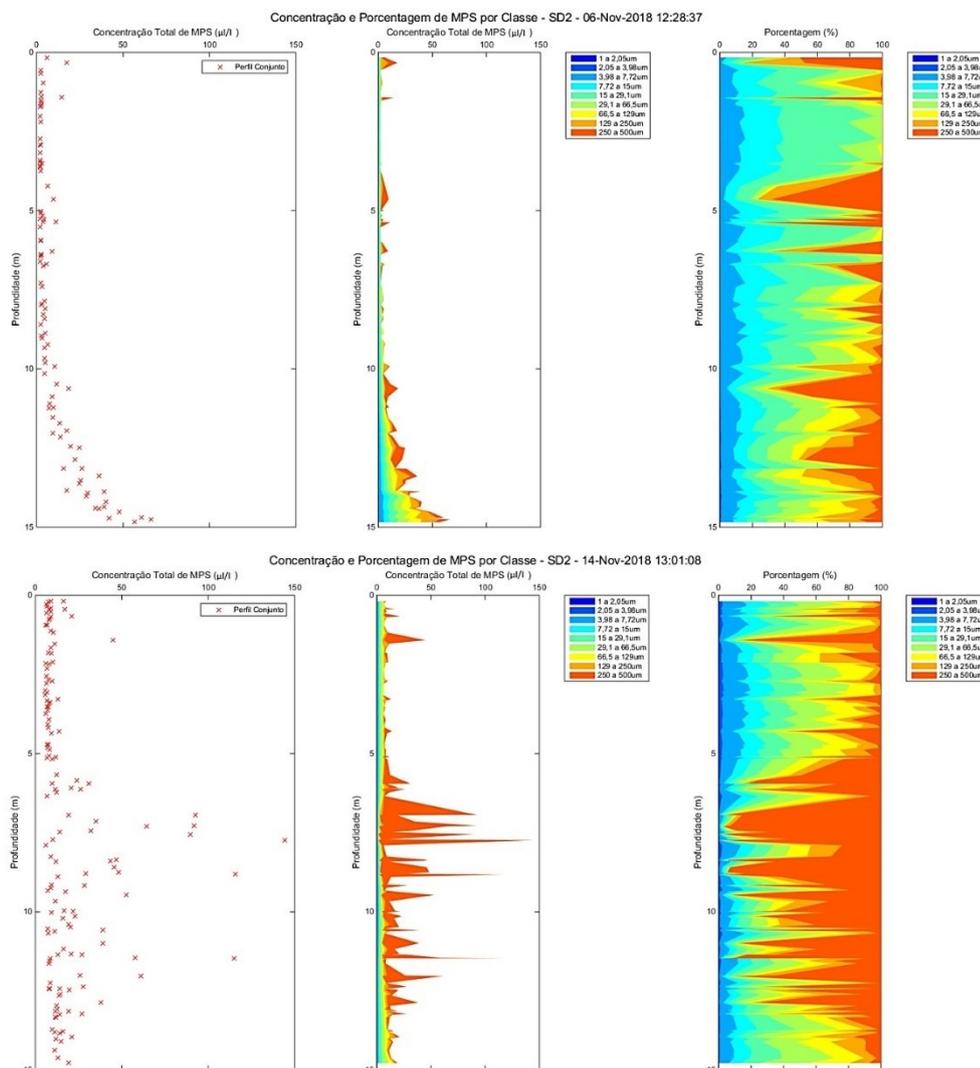
Já a perfilagem do LISST ao longo da coluna d'água na estação SD 02 (Figura 50) também mostrou alteração do padrão de distribuição do particulado em suspensão, onde um máximo no fundo ( $\approx 60 \mu\text{L/L}$  e  $\approx 40\%$  de partículas maiores) foi alterado para um máximo da camada inferior da meia água até a superior do fundo ( $\approx 150 \mu\text{L/L}$  e  $\approx 90\%$  de partículas maiores), mesmo que o MPS não tenha demonstrado essa variação. Um incremento nos valores da CVS (máximo de 150  $\mu\text{L/L}$ ) logo após 5m de profundidade até  $\approx 13\text{m}$  é caracterizado pelo aumento do tamanho das partículas, resultando em uma predominância da faixa de 250 a 500 $\mu\text{m}$  ao longo desta profundidade quando comparado com o perfil antes do aumento da vazão do Rio Doce. O perfil da CVS do dia 6/11/2019 apresentou valores  $\approx 100 \mu\text{L/L}$  apenas bem próximo do fundo.

Figura 49: Perfil comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para a estação SD 01 registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Na parte superior: perfil registrado no dia 6/11/2018, antes do aumento da vazão do Rio Doce. Na parte inferior: perfil registrado no dia 14/11/2018, após o aumento de vazão do Rio Doce. Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado para o gráfico do dia 14.



Fonte: Autoria própria.

Figura 50: Perfil comparativo entre os dias 6 e 14/11/2018 para a estação SD 02 registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Na parte superior: perfil registrado no dia 6/11/2018, antes do aumento da vazão do Rio Doce. Na parte inferior: perfil registrado no dia 14/11/2018, após o aumento de vazão do Rio Doce.

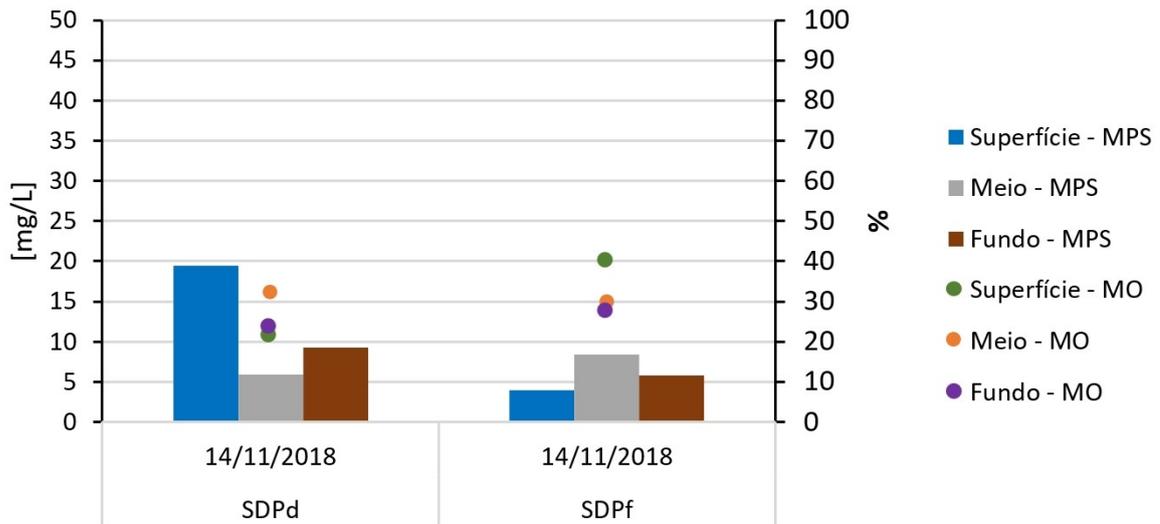


Fonte: Autoria própria.

O comparativo entre as amostras de água coletadas na interface da pluma alaranjada (ponto Interno e Externo) também apresentou maiores valores de concentração de MPS em superfície (Interno = 19mg/L; Externo = 4 mg/L) para a perfilagem na parte interna (maior turbidez) enquanto que o teor de MO apresentou maiores valores (de 24 para 40%) na parte externa (maior transparência) (Figura 51).

Figura 51: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) para as estações nas porções interna (SDPd) e externa (SDPf) da pluma alaranjada e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce.

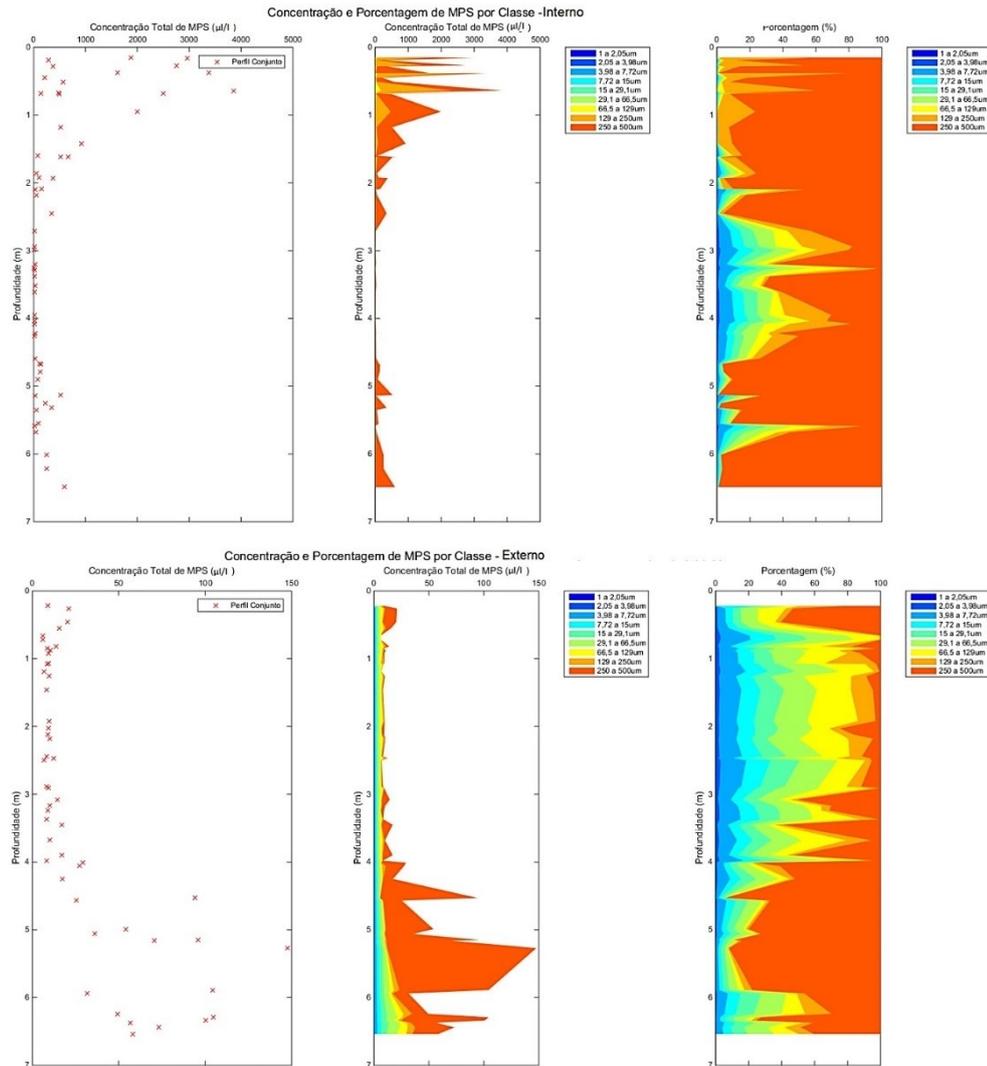
### MPS - Campanha 1 Foz Interface da pluma



Fonte: Autoria própria.

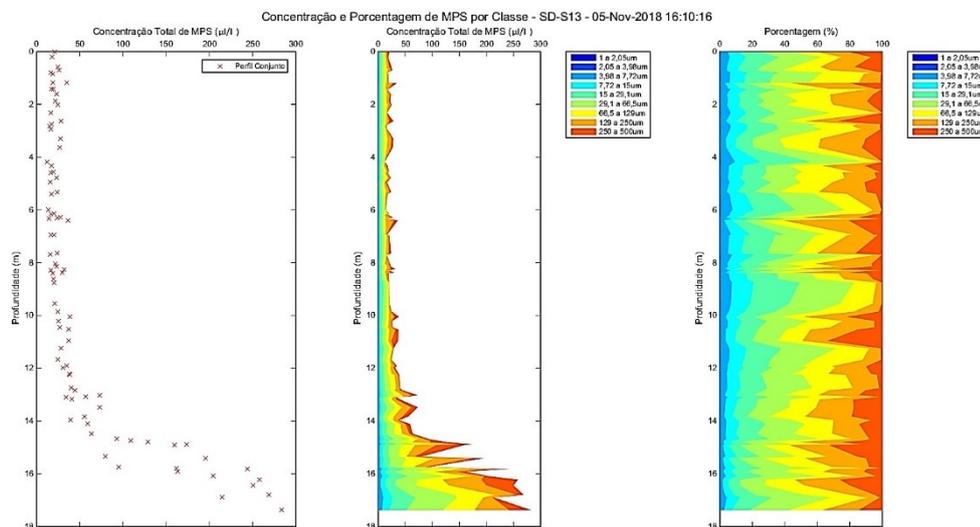
O perfil registrado pelo LISST mostrou que apesar de águas claras serem observadas em superfície (CVS  $\approx 25\mu\text{L/L}$ ; 80% de partículas médias), maiores valores da CVS ( $\approx 100\mu\text{L/L}$ ) aliados a uma dominância expressiva (80%) de partículas maiores são encontrados junto ao fundo (Figura 52). A região que apresentou os maiores valores de concentração de MPS no Setor Foz (Figura 42). Ao Sul dessa área, as estações apresentaram uma tendência de aumento da concentração do MPS em direção ao fundo da coluna d'água. Também se observa uma clara redução dos valores de concentração das áreas mais rasas para as mais profundas (SD S13 = 23mg/L próximo ao fundo; SD S30 = 5mg/L com meio e fundo apresentando valores constantes). Os perfis de CVS das estações SD S13 e SD S20 (Figura 53 e Figura 54) apresentaram comportamento similar em termos batimétricos com as estações da região Central (estações SD 01 e SD 02; Figura 43 e Figura 44), onde se observou maiores valores da CVS (máximo de 200  $\mu\text{L/L}$ ) junto ao fundo na estação mais rasa e um crescente aumento da concentração em direção ao fundo na batimetria de 20m. Uma distribuição equivalente de tamanho de partículas médias e grandes, também foi encontrada nas duas estações

Figura 52: Perfil comparativo entre os pontos amostrais dentro e fora da pluma alaranjada registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Parte superior: perfil no ponto Interno (SDPd) da interface e de coloração alaranjada; Parte inferior: perfil no ponto Externo (SDPf) da interface e de águas claras em superfície.



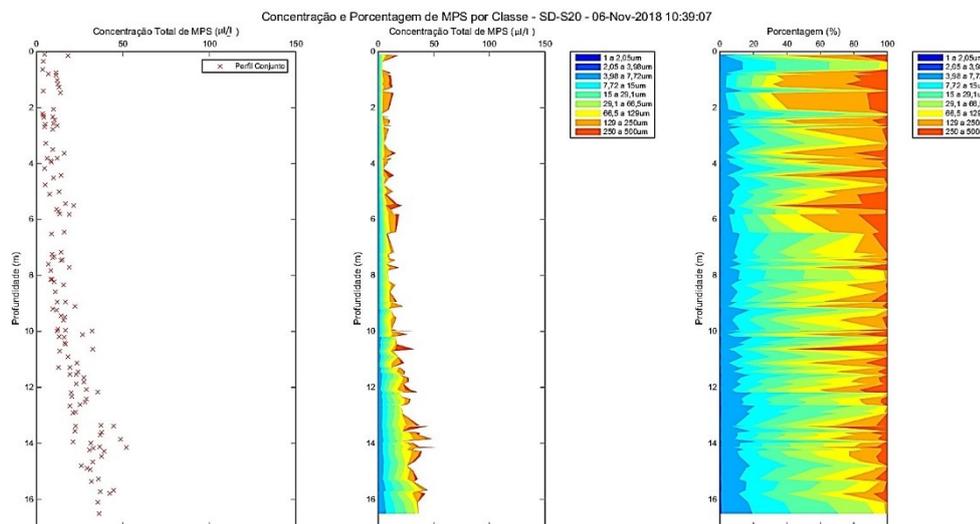
Fonte: Autoria própria.

Figura 53: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 54: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

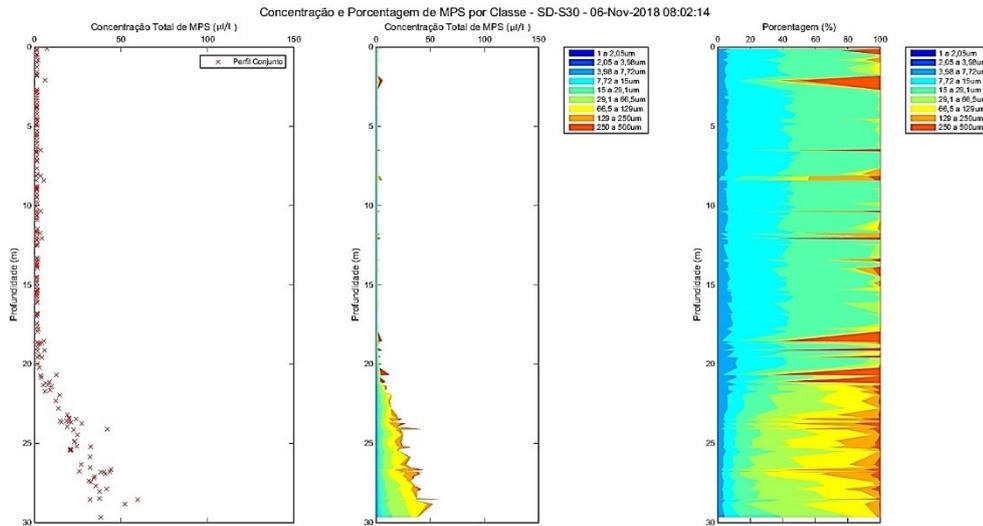


Fonte: Autoria própria.

Os valores de concentração de MPS para a estação SD S30 (entre 3 e 5 mg/L ao longo da coluna d'água) apresentaram o mesmo padrão que as estações SD S13 (entre 6 e 23 mg/L) e SD S20 (entre 5 e 9 mg/L), com um aumento da concentração em direção ao fundo (Figura 42). Um máximo da CVS (50  $\mu\text{L/L}$ ) também foi encontrado junto ao fundo para estas três estações, mas enquanto nas batimetrias de 10 e 20m houve uma intercalação de maiores abundâncias de partículas médias e maiores ao longo

de toda a profundidade (Figura 53 e 54), a estação SD S30 foi caracterizada por uma mudança do tamanho dominante de partículas de 7,72 a 29,1 $\mu\text{m}$  até próximo de 17m para o predomínio de 29,1 a 250 $\mu\text{m}$  até o fundo (Figura 55). Dessa forma, observou-se um afinamento das partículas na coluna d'água nas estações ao sul da desembocadura do Rio Doce.

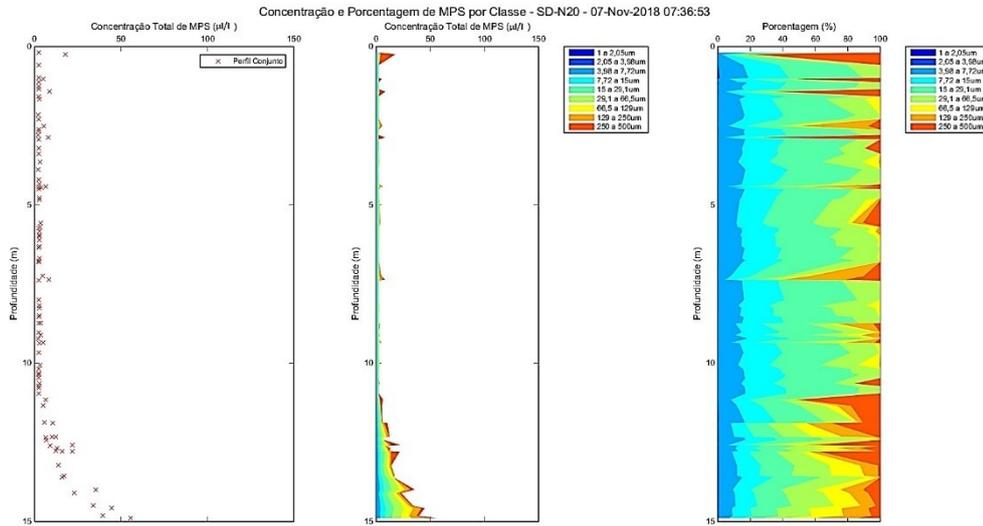
Figura 55: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{l/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Na região Norte da foz, a estação SD N20 apresentou o maior valor de concentração de MPS e uma tendência de aumento da concentração em direção ao fundo (fundo = 13mg/L; Figura 42). A CVS apresentou um máximo (50 $\mu\text{l/L}$ ) junto ao fundo e predomínio de partículas médias (Figura 56).

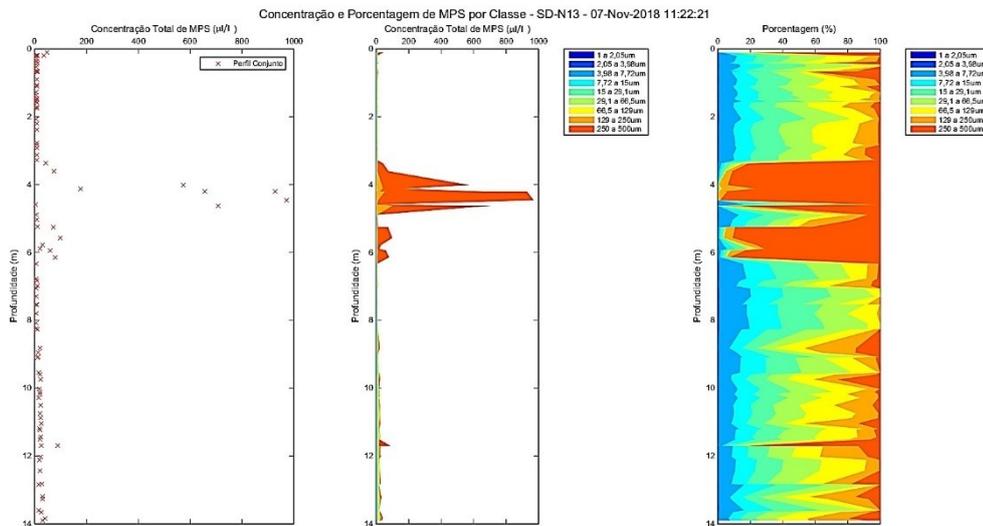
Figura 56: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

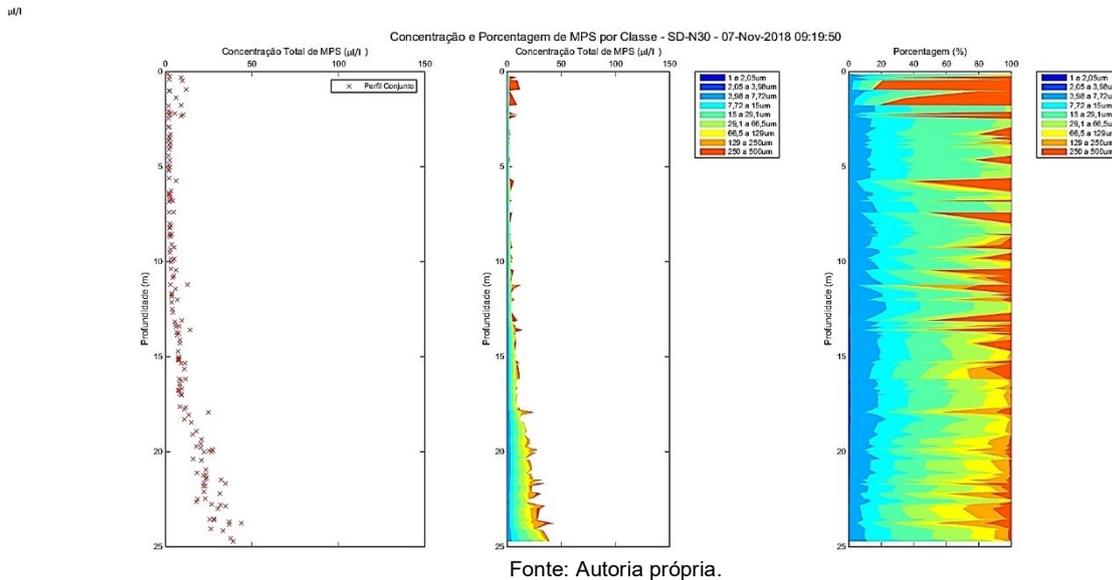
Já as estações SD N13 e SD N30 foram similares entre si e com um pequeno aumento em meia coluna d'água ( $\approx 6\text{mg/L}$ ). No entanto um máximo da CVS em meia coluna d'água foi registrado apenas na estação SD N13 (1000  $\mu\text{L/L}$ ; Figura 57) com um expressivo aumento da abundância de partículas maiores, enquanto que a SD N30 (Figura 58) foi similar à SD N20.

Figura 57: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y da CVS teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

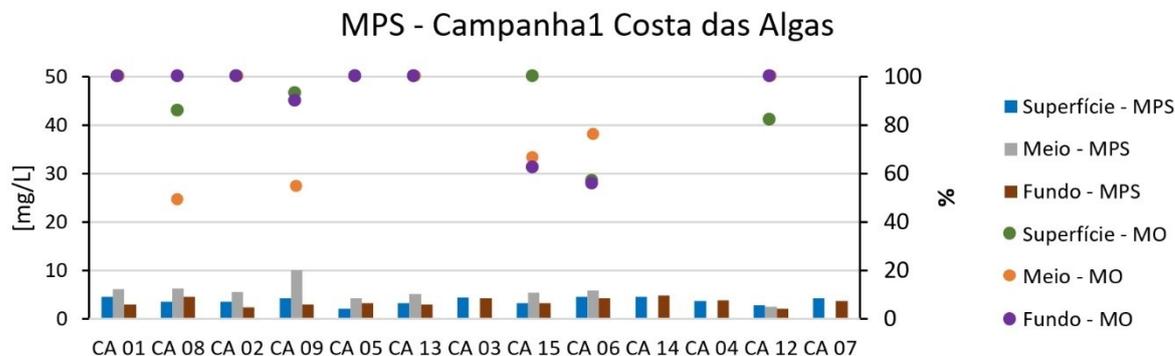
Figura 58: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



A distribuição pela profundidade dos maiores teores de MO para a região Norte da foz (Figura 42) variaram de uma estação para outra (SD N13: superfície = 98%; SD N20: meio = 72%; SD N30: fundo = 87%). Os outros valores estiveram abaixo de 10% de MO.

O Setor Costa das Algas apresentou concentrações de MPS (Figura 59) similares ou inferiores aos de Abrolhos (Figura 29), com a maioria dos valores próximos de 5mg/L (máximo em CA9: meia coluna d'água = 10mg/L). O padrão para este Setor é um máximo em meia coluna d'água, tanto para as estações em águas rasas quanto para as profundas. Em relação ao teor de MO o Setor pode ser dividido em águas rasas e profundas, onde o primeiro apresenta a maioria dos valores (superfície, meio e fundo) iguais a 100% (exceto CA8 e CA9) e o segundo não apresenta um padrão definido, mas todos os valores encontram-se acima de 55%. Não houve registro pelo LISST no Setor Costa das Algas pois o equipamento ainda não tinha sido adquirido.

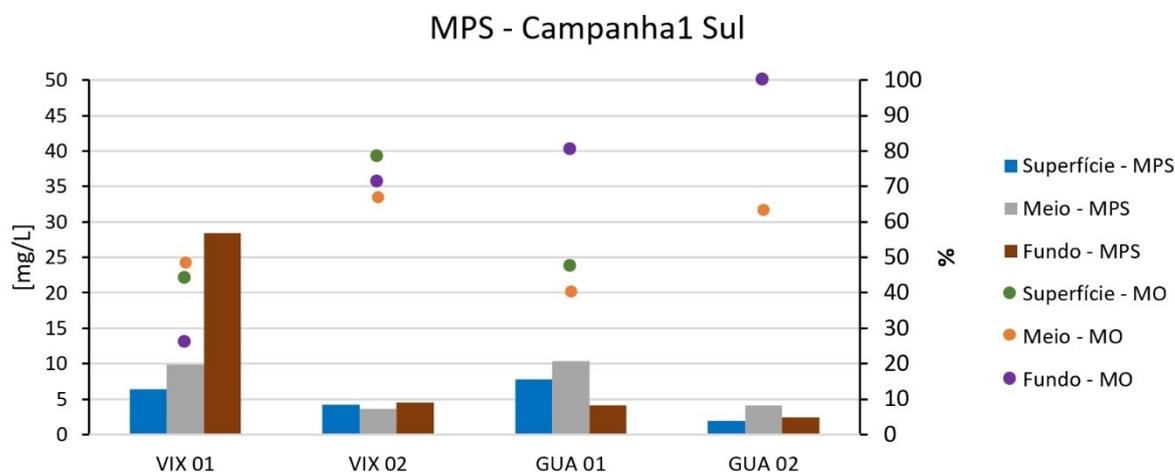
Figura 59: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Costa das Algas. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Fonte: Autoria própria.

No setor mais ao sul encontram-se as estações VIX 01, VIX 02, GUA 01 e GUA 02. Enquanto a região de Guarapari apresentou maiores valores de MPS em meia coluna d'água, a maior concentração do setor foi encontrada em VIX1 e com uma tendência de aumento em direção ao fundo (fundo = 28 mg/L; Figura 60). O maior teor de MO encontrado foi em VIX2 (superfície e fundo = 100%), apesar de terem sido as estações com menores concentrações de MPS (entre 2 e 4 mg/L). Para o Setor Sul se observa maiores concentrações de MPS bem como das CVS nas estações mais rasas (GUA 01 e VIX 01; Figura 61 e Figura 63; escalas no eixo X diferentes), apesar de um padrão de águas claras ter sido observado pelo LISST somente em GUA 02 (exceto bem próximo à superfície; Figura 62). Já GUA 01 apresenta elevados valores de CVS em superfície e junto ao fundo (em menor proporção) e com incremento de partículas maiores nessas mesmas profundidades (Figura 61).

Figura 60: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Sul. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Fonte: Autoria própria.

Figura 61: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação GUA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.

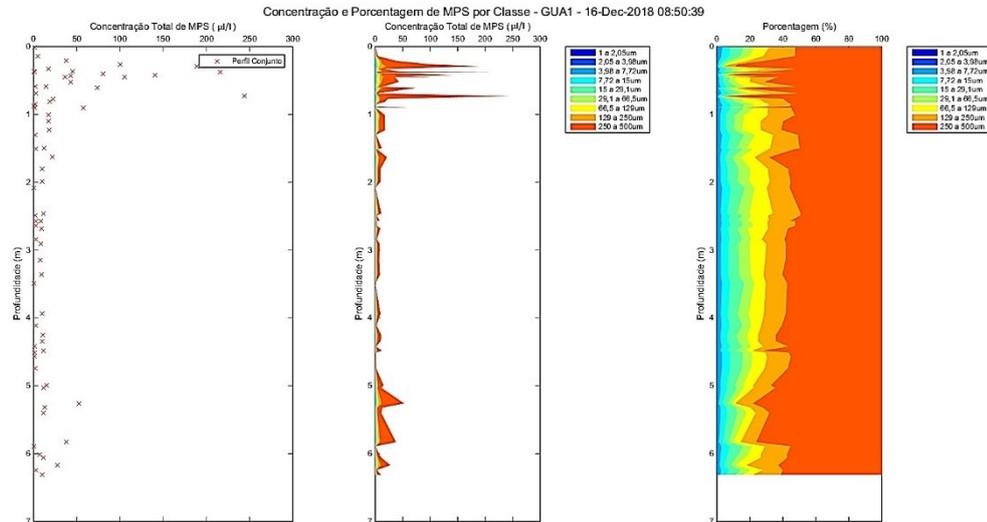
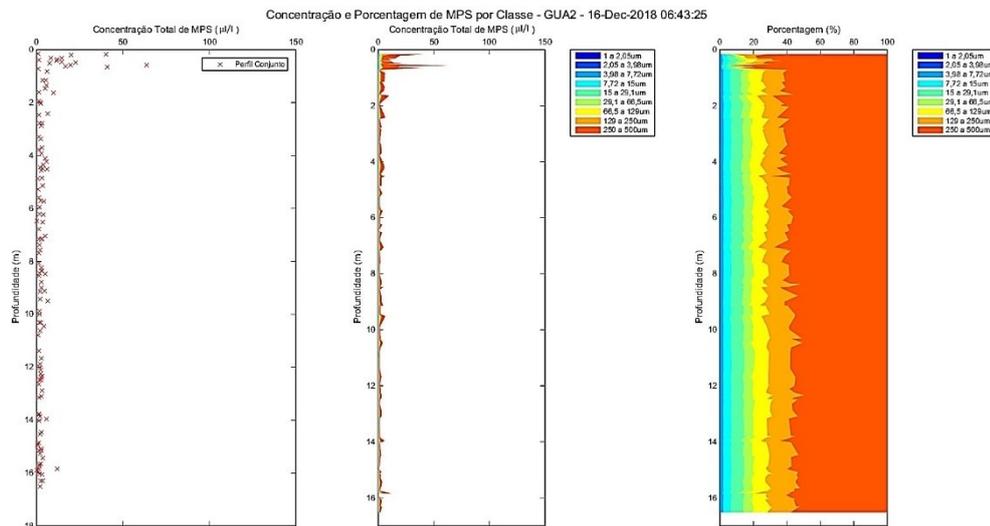


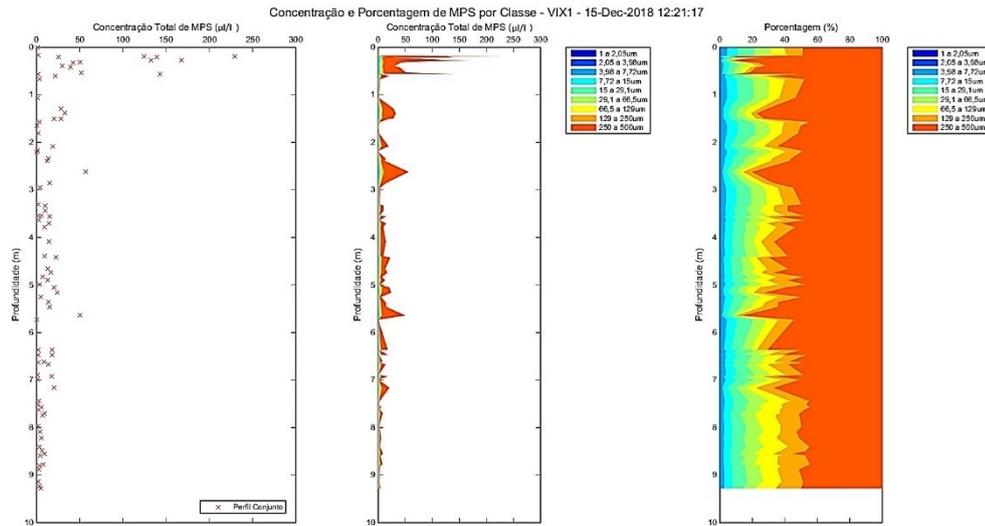
Figura 62: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação GUA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



O perfil do LISST para VIX 01 indica alguns picos de aumento de CVS aliados a um incremento do tamanho das partículas ao longo da coluna d'água, mas pode-se observar uma tendência de redução dos valores de CVS em direção ao fundo (Figura 63). Já o perfil em VIX 02 indica um claro aumento na superfície e próximo ao meio da coluna d'água, onde ocorrem os maiores valores de CVS (Figura 64). O

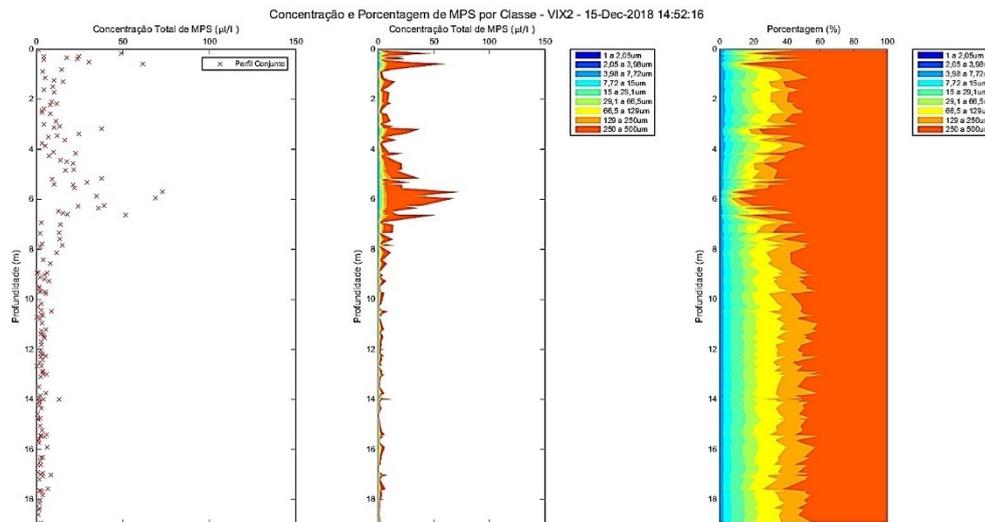
aumento do tamanho das partículas acompanha as elevações das concentrações de volumes do particulado.

Figura 63: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação VIX 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 64: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água na estação VIX 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado

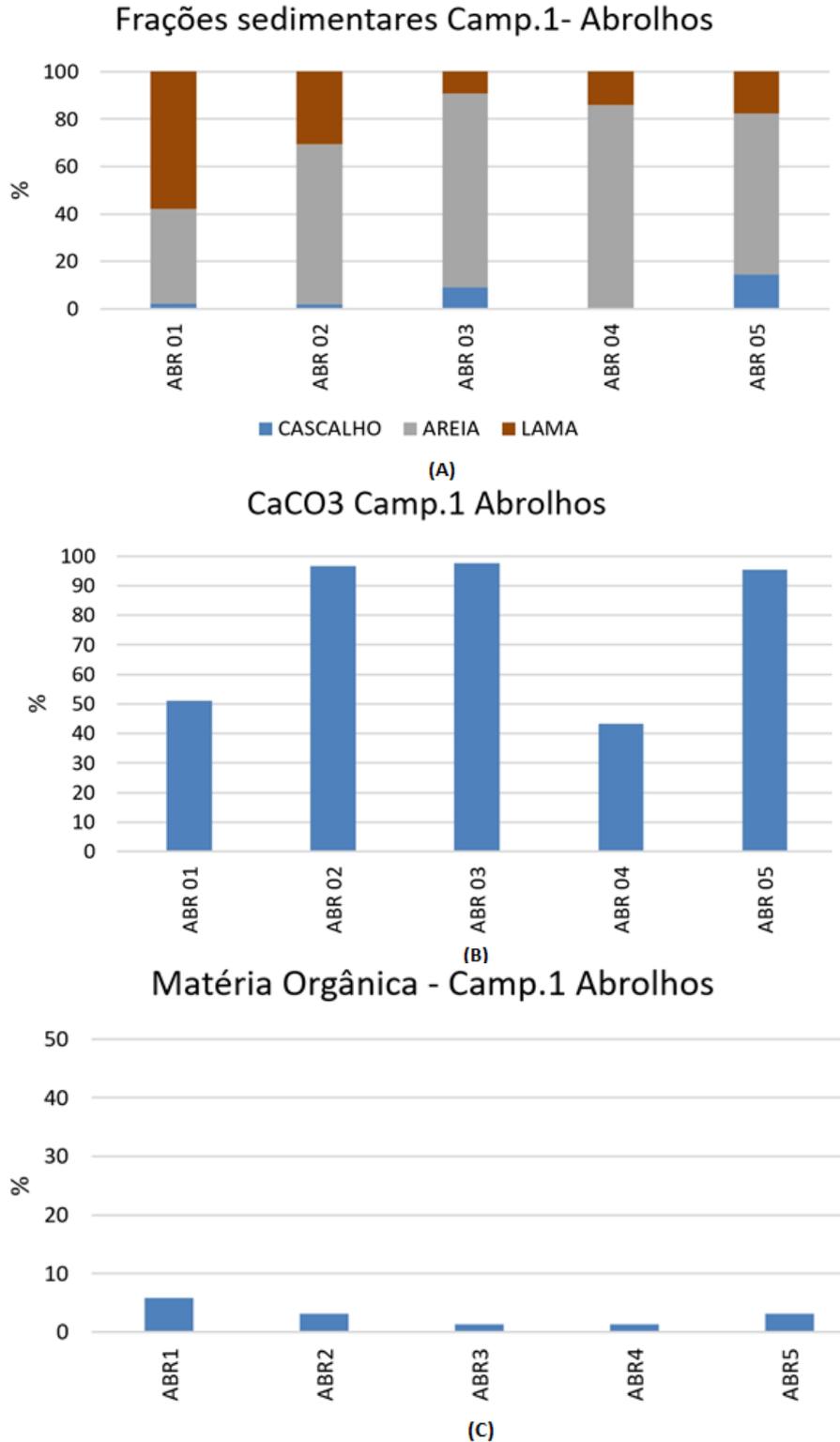


Fonte: Autoria própria.

### **Matriz Sedimento Superficial**

O Setor Abrolhos apresentou teores de areia próximos de 80% para as estações ABR 03, ABR 04 e ABR 05. As estações ABR 01 e ABR 02 apresentaram maiores teores de lama (58 e 30%, respectivamente), mas apenas a ABR 01 apresentou um teor superior à 50%, refletindo em uma distribuição bimodal do sedimento com assimetria positiva e moda de maior frequência na classe de areia muito fina e platicúrtica nas classes lamosas (Figura 65). Este alto teor de lama da estação ABR 01 apresentou uma característica próxima de lama fluída, atingindo o limite que define este tipo de pacote sedimentar (Figura 66), já ABR 02 esteve um pouco acima deste limite, mas ainda indica um fundo lamoso inconsolidado. Todas as estações tiveram a presença de cascalho, exceto a ABR 04 (Figura 64). Teores de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) próximos de 95% foram encontrados em ABR 02, ABR 03 e ABR 05. Teores de MO para o setor não ultrapassaram 6% (ABR 01).

Figura 65: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Abrolhos. B): teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C): teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.



Fonte: Autoria própria.

Figura 66: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Abrolhos. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.



Fonte: Autoria própria

Figura 67: Valores de densidade úmida (kg/m³) do Setor Abrolhos. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria

O Setor Norte (Figura 68) demonstrou um aumento do teor de lama da região de Itaúnas para a de Degrado (<1 para 69%). Valores de densidade no Setor indicam um sedimento lamoso consolidado em BN 02 e DEG 01, enquanto que em DEG 02 não há indicativo de consolidação (Figura 69). Esse afinamento do sedimento também é observado na distribuição de classes granulométricas, em que a moda de maior frequência se desloca da classe areia muito grossa em ITA 01 para a classe silte grosso em DEG 02 (Figura 70).

Figura 68: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Norte. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.

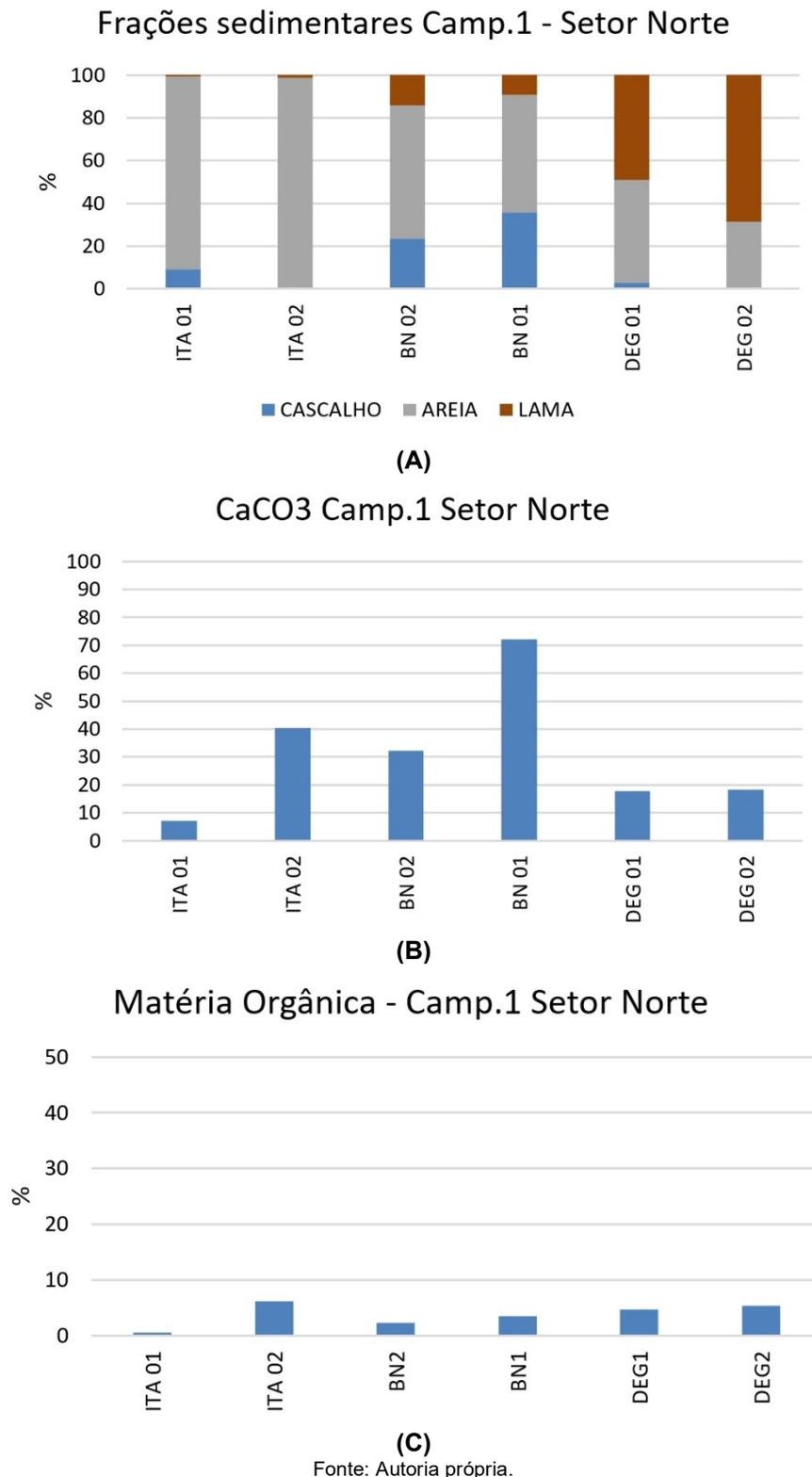
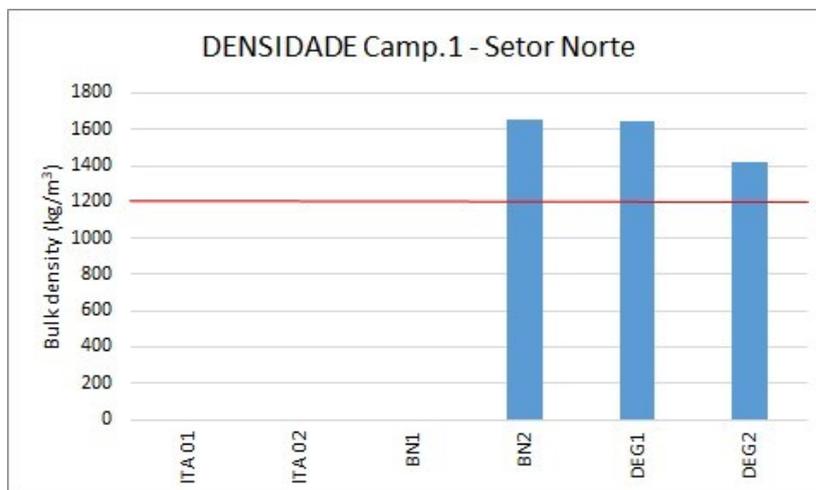


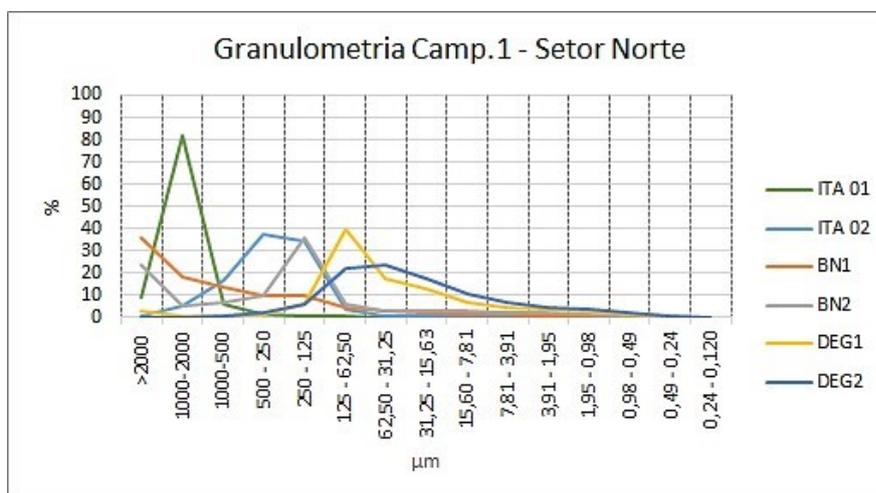
Figura 69: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Norte. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

Além do deslocamento da moda de maior frequência, as curvas granulométricas apresentam uma tendência de redução do selecionamento do sedimento em de ITA 01 à DEG 02. A fração cascalho foi mais expressiva na região de Barra Nova (máximo em BN 01 = 36%) e ausente em DEG 02. O teor de carbonato para as regiões de Itaúnas foi mais abundante nas batimetrias mais profundas (máximo em BN 01 = 72%) enquanto que em Degredo não houve preferência (= 18%). Os percentuais de MO se mantiveram próximos ou menores de 5% para o setor.

Figura 70: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Norte. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia:  $>2000$ = cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.



Fonte: Autoria própria.

No geral, o Setor Foz apresentou baixos teores de  $\text{CaCO}_3$ , onde valores acima de 20% foram encontrados apenas nas estações SD 04 e SD 05, sendo que o mínimo para o setor ocorreu em SD 01 (3%). O Setor Foz pode ser dividido em dois grupos: A) central e sul, e B) norte (Figura 71). Para o grupo A, teores de lama foram próximos ou muito inferiores a 30% (máximo em SDS 13 = 31%), exceto na batimetria de 20m (SD S20 = 93%; SD 02 = 89% de lama), onde o percentual de MO para este grupo também foi maior ( $\approx 15\%$ ).

O sedimento lamoso da batimetria de 20m nessa região, apresentou frequência unimodal entre as classes silte e argila, mas enquanto que na estação SD S20 ocorreu uma assimetria positiva, a estação SD 02 apresentou uma maior distribuição (Figura 72). No geral a região sul apresentou um caráter bimodal enquanto que central unimodal, basicamente na classe areia fina a muito fina. Para as batimetrias maiores que 20m, observa-se um afinamento da areia na região central enquanto ao sul a classe areia média/fina domina.

Já para o grupo B, os teores de lama foram superiores a 30% (mínimo em SD N20 = 46%) e o percentual de MO foi, no geral, maior (8 a 13%). O sedimento deste grupo apresentou curvas granulométricas assimétricas negativas com a distribuição das classes silte fino à argila muito fina iguais nas diferentes profundidades. A estação com granulometria mais grossa foi a SD N20, onde a moda de maior frequência foi a da areia muito fina. Já a estação SD N30 apresentou o pior selecionamento do sedimento, com uma frequência maior entre areia muito fina e silte médio.

Os valores de densidade para o Setor indicam a presença de lama fluida nas estações SD N30 e SD S13 (Figura 73). Apesar da estação SD S13 ter apresentado 31% de lama, o seu valor de densidade foi o menor para este Setor. Mesmo que as estações SD N13, SD 01-1 (amostragem no dia 06/11/2018) e SD S20 não tenham atingido densidades  $< 1200 \text{ kg/m}^3$ , os valores estiveram muito próximos deste limite indicando um fundo inconsolidado com a mesma tendência para as outras estações. Destaca-se o fato da estação SD 01 ter apresentado um indicativo de fundo lamoso inconsolidado mesmo tendo apenas 13% de lama no sedimento.

Figura 71: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.

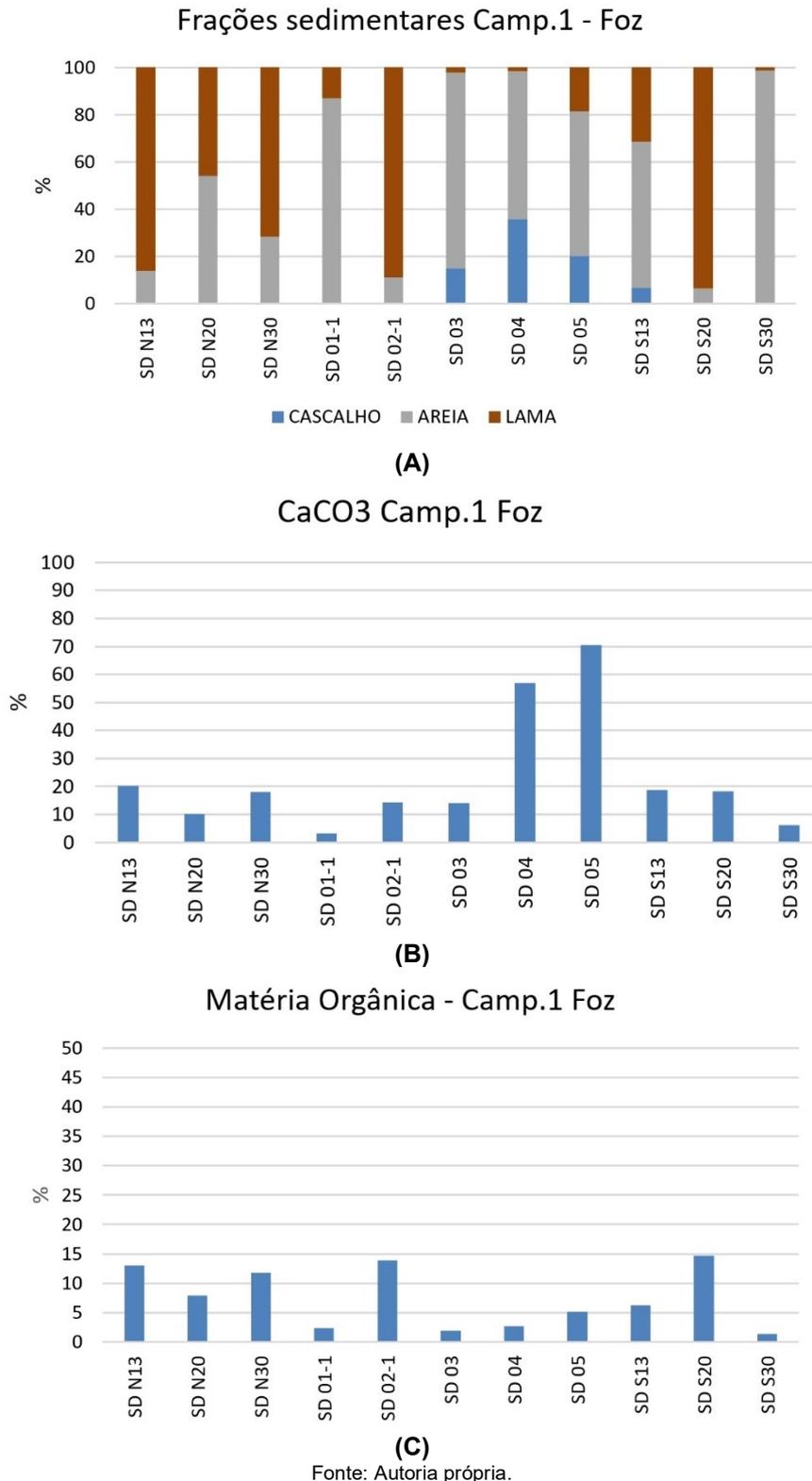
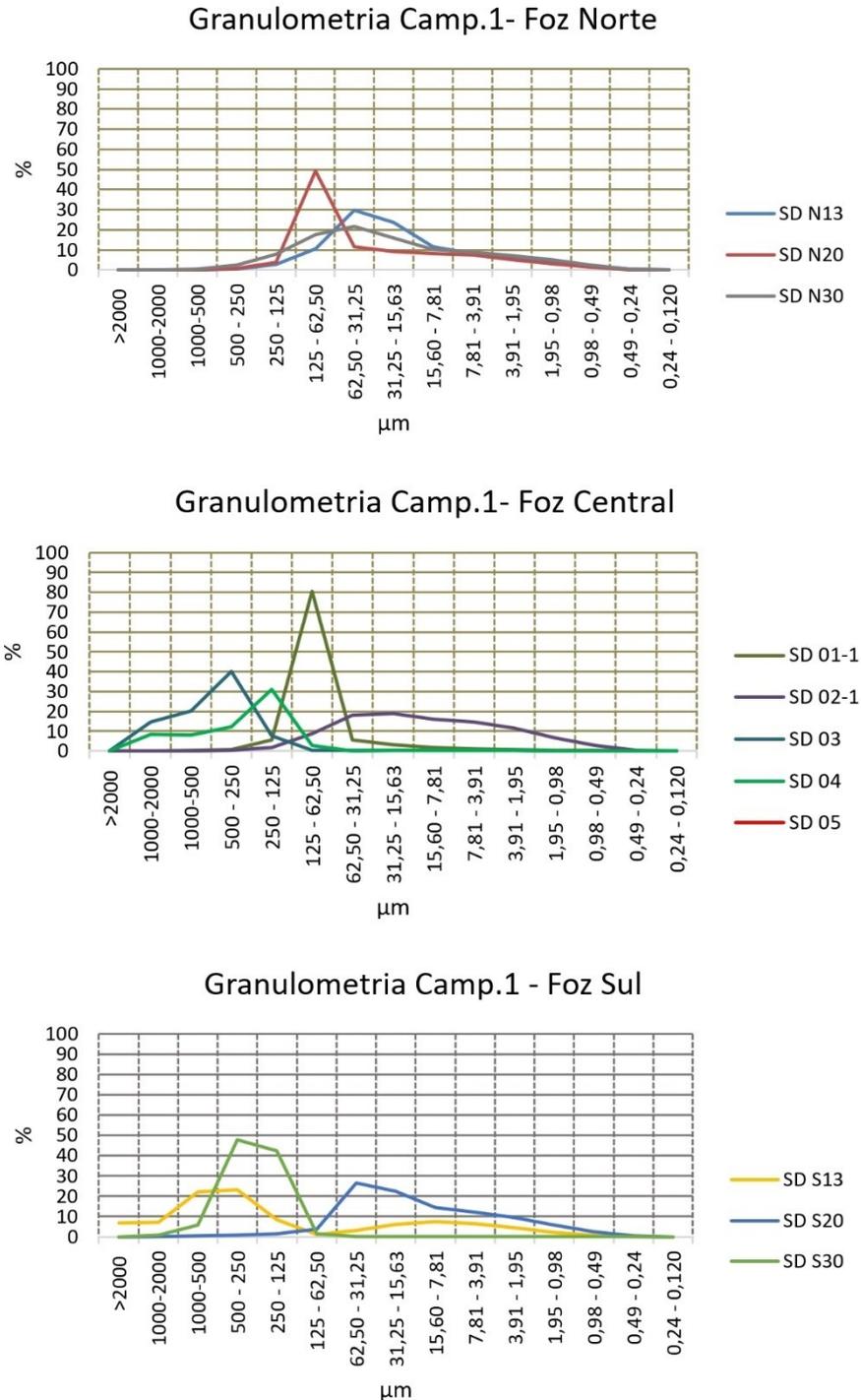
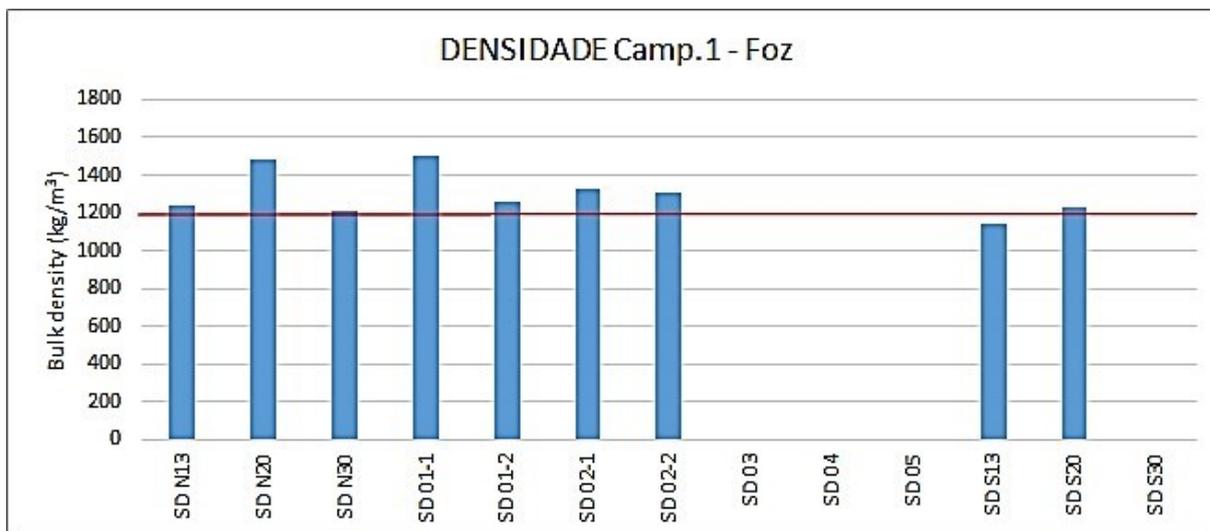


Figura 72: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.



Fonte: Autoria própria.

Figura 73: Valores de densidade úmida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) do Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta. As estações SD 01-1 e SD 02-1 foram amostradas no dia 6/11/2018 enquanto que as estações SD 01-2 e SD-02-2 foram amostradas dia 14/11/2018, durante o evento de cheia do Rio Doce.

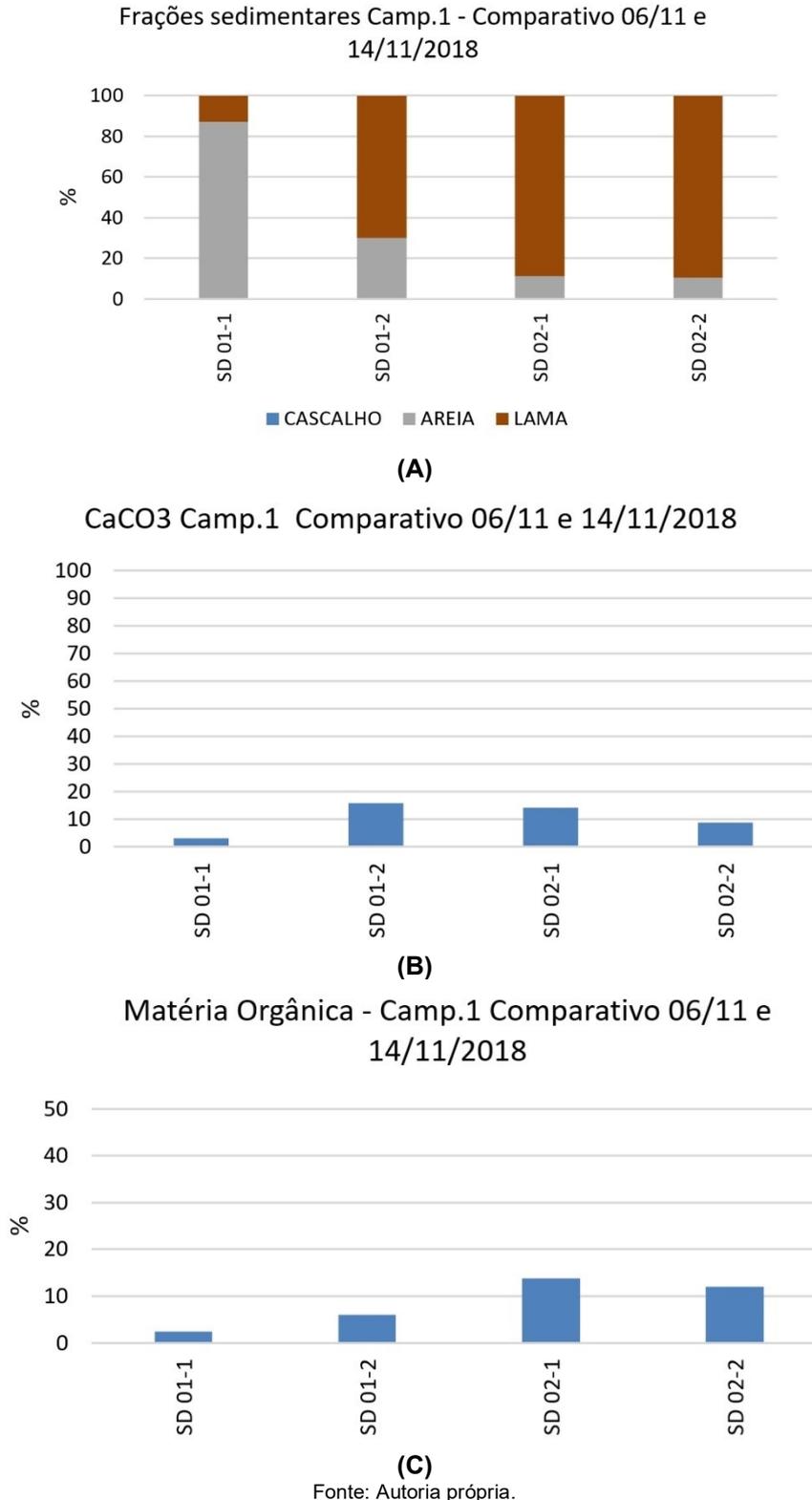


Fonte: Autoria própria

Comparando os resultados adquiridos das amostras sedimentares das estações SD 01 e SD 02 para os dias 06/11 e 14/11 (Figura 74 e Figura 75), nota-se que o aumento da vazão do Rio Doce influenciou mais significativamente a estação SD 01. Para o dia 06/11, a estação apresentava uma característica arenosa com uma curva granulométrica unimodal de maior frequência na areia muito fina (80%) e com baixos teores de  $\text{CaCO}_3$  e MO (13% de lama, 3 e 2%, respectivamente). Após o aumento da vazão, a estação passou a apresentar uma característica lamosa mal selecionada entre as classes silte muito fino e argila muito fina e com maiores teores de  $\text{CaCO}_3$  e MO (70% de lama, 16 e 6%, respectivamente). Os valores de densidade também indicam uma variação do comportamento da estação SD 01, se observa uma diminuição clara dos valores de densidade de  $1498 \text{ kg}/\text{m}^3$  para  $1260 \text{ kg}/\text{m}^3$ , próximo do limite para lama fluida (Figura 73). Já para a estação SD 02 não houve alteração entre os dias 06 e 14/11/2018.

Figura 74: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em %; Comparativo dia 06 e 14/11/2018. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %.

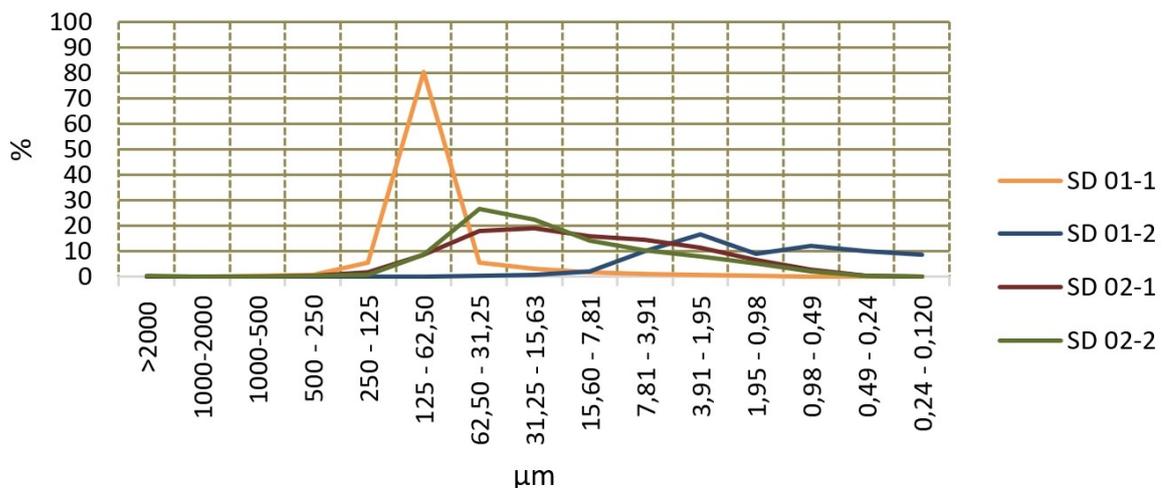
Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.



No Setor Costa das Algas (Figura 76) se observa uma presença marcante da fração cascalhosa associada a altos teores de  $\text{CaCO}_3$ , onde os menores valores de  $\text{CaCO}_3$  estiveram próximos de 10% e ao norte do setor em estações mais rasas. Teores de lama acima de 30% foram encontrados apenas nas estações CA8 (50%) e na CA12 (33%), sendo a fração arenosa a dominante para o setor. Apesar disso valores de densidade indicativos de lama fluida foram encontrados na região mais ao norte em estações mais rasas (CA1, CA3 e CA8; Figura 77).

Figura 75: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial para os dias 6 e 14/11/2018. As estações que são numeradas como “1” após o nome foram coletadas durante um período de menor vazão do Rio Doce. As estações numeradas como “2” após o nome são as mesmas estações, mas com coleta durante um aumento de vazão do Rio Doce. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= colóide.

### Granulometria Camp.1- Comparativo 06/11 e 14/11/2018



Fonte: Autoria própria.

As estações CA2 e CA14 apresentaram um sedimento consolidado, de acordo com o alto teor de areia nas estações. No geral os teores de MO estiveram abaixo de 10%, exceto nas estações CA1 (14%) e CA8 (12%).

Figura 76: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Costa das Algas. Meio: teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%. Não houve recuperação de sedimento na estação CA9.

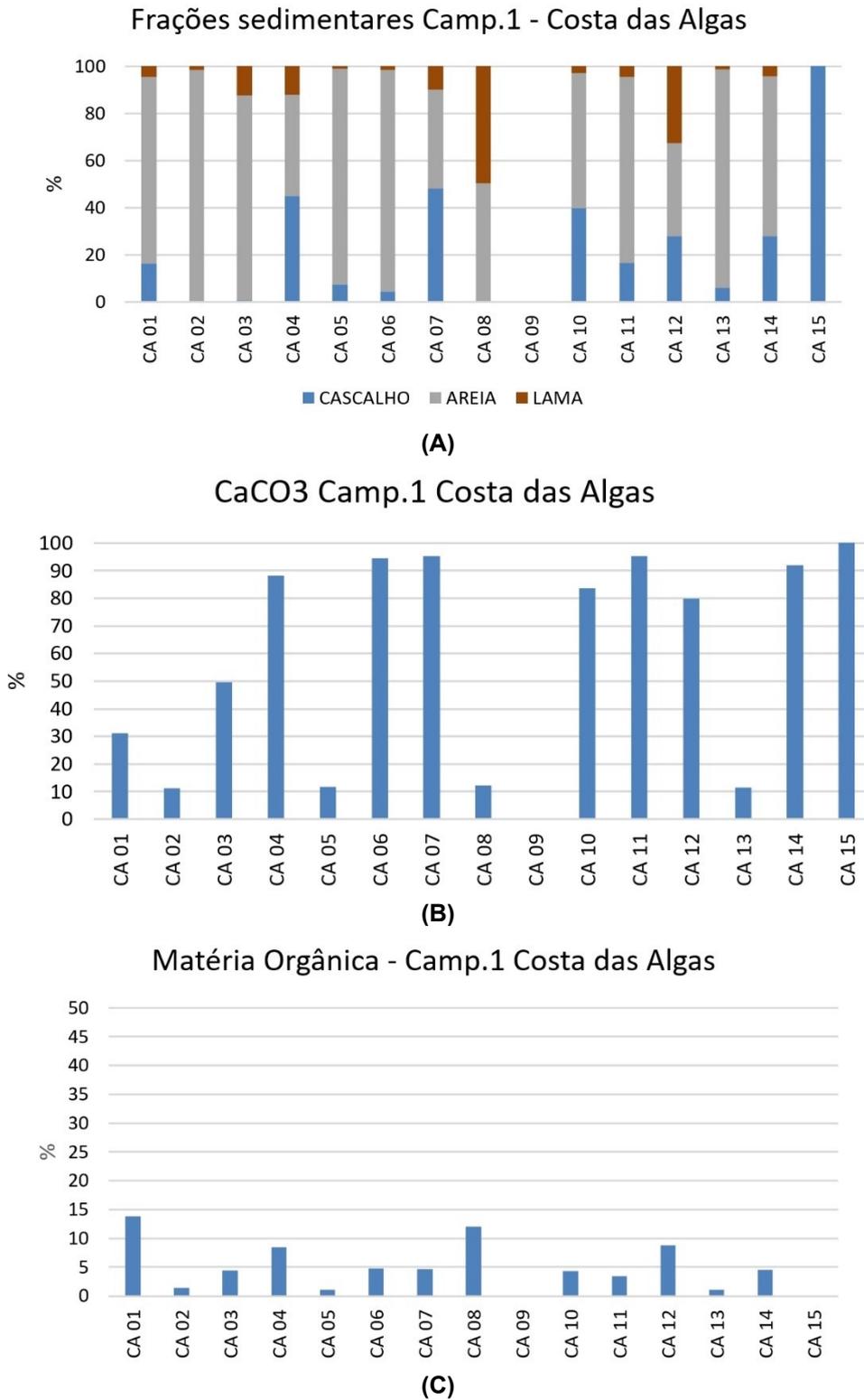
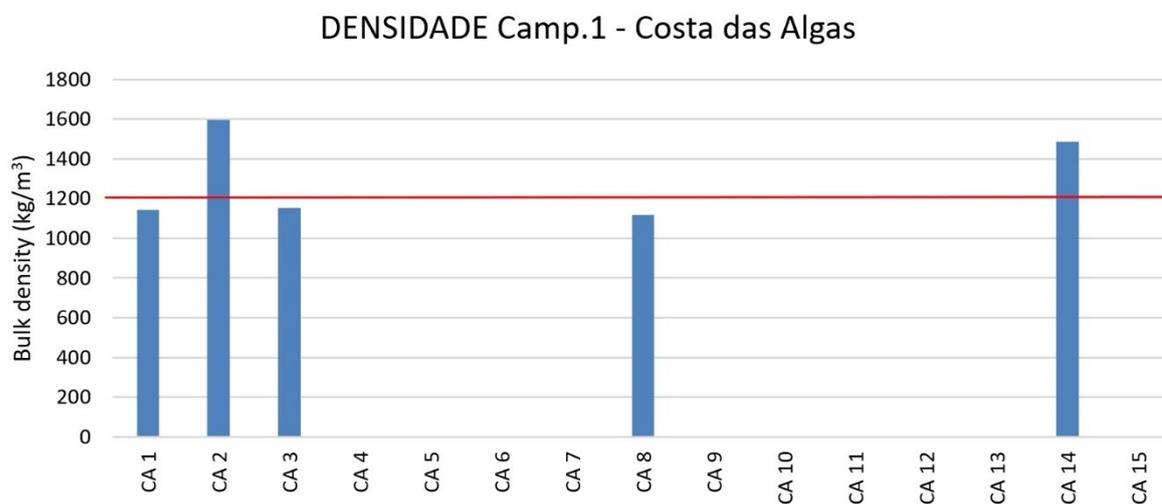


Figura 77: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) do Setor Costa das Algas. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $> 1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



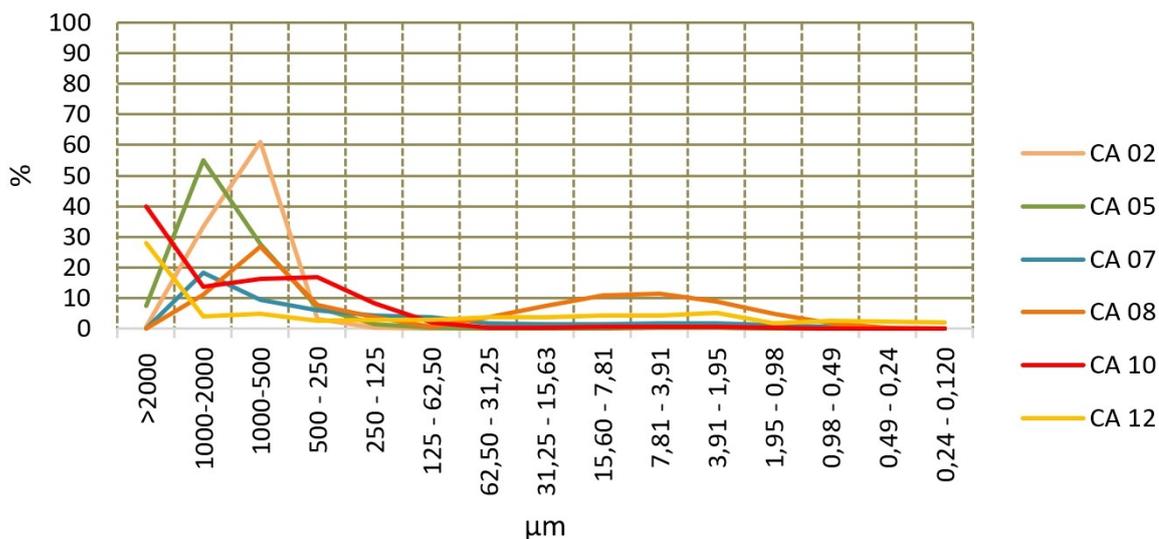
Fonte: Autoria própria.

A distribuição das classes granulométricas para este setor está concentrada na fração arenosa, no entanto se observa um padrão característico para as estações rasas e outro para as profundas (Figura 78). Enquanto as estações rasas apresentaram uma assimetria positiva com domínio marcante de areia muito grossa e areia grossa, as estações profundas apresentam ora assimetria negativa e ora positiva. Neste setor destaca-se a estação CA8 (rasa) pelo caráter mais lamoso e com uma curva granulométrica bimodal nas frações areia grossa e do silte à argila.

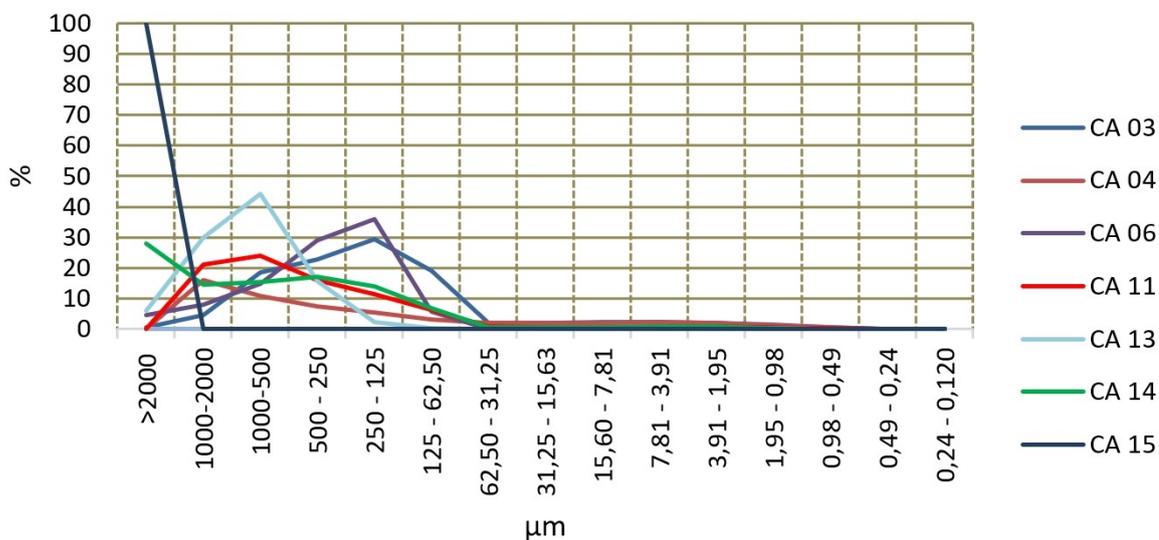
Para o setor mais ao sul (Figura 79) se observa um forte predomínio da fração arenosa (acima de 70%; exceto VIX02 = 49%). Enquanto em VIX02 a fração cascalhosa esteve associada a um alto teor de  $\text{CaCO}_3$  (90%) com um mal selecionamento do grão, VIX1 apresentou 95% de areia com uma curva granulométrica unimodal na moda da areia grossa (Figura 80). A estação GUA1 apresentou 30% de lama em seu sedimento e foi composto por um alto teor de  $\text{CaCO}_3$  (65%). Valores de densidade indicam um sedimento lamoso consolidado nessa estação (Figura 81). Todos os teores de MO são encontrados abaixo de 5%.

Figura 78: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Costa das Algas.  
Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.

### Granulometria Camp.1 - Costa das Algas Rasas

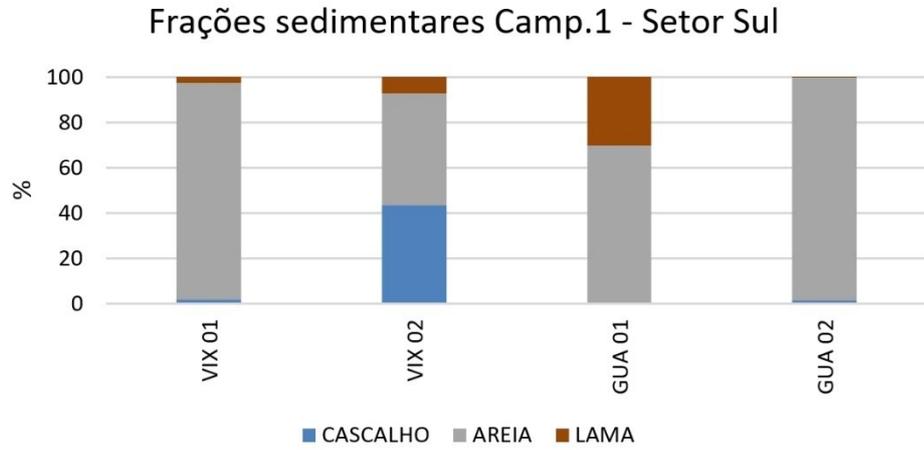


### Granulometria Camp.1 - Costa das Algas Profundas

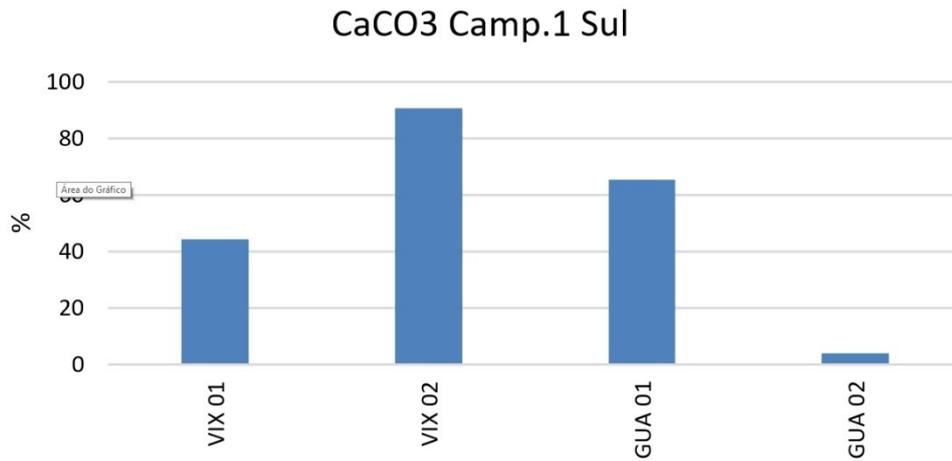


Fonte: Autoria própria.

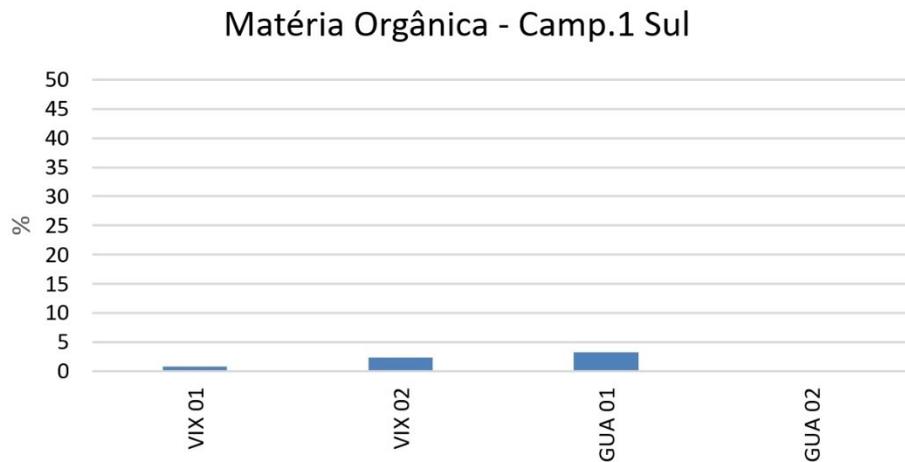
Figura 79: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % do Setor Sul. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.



(A)



(B)

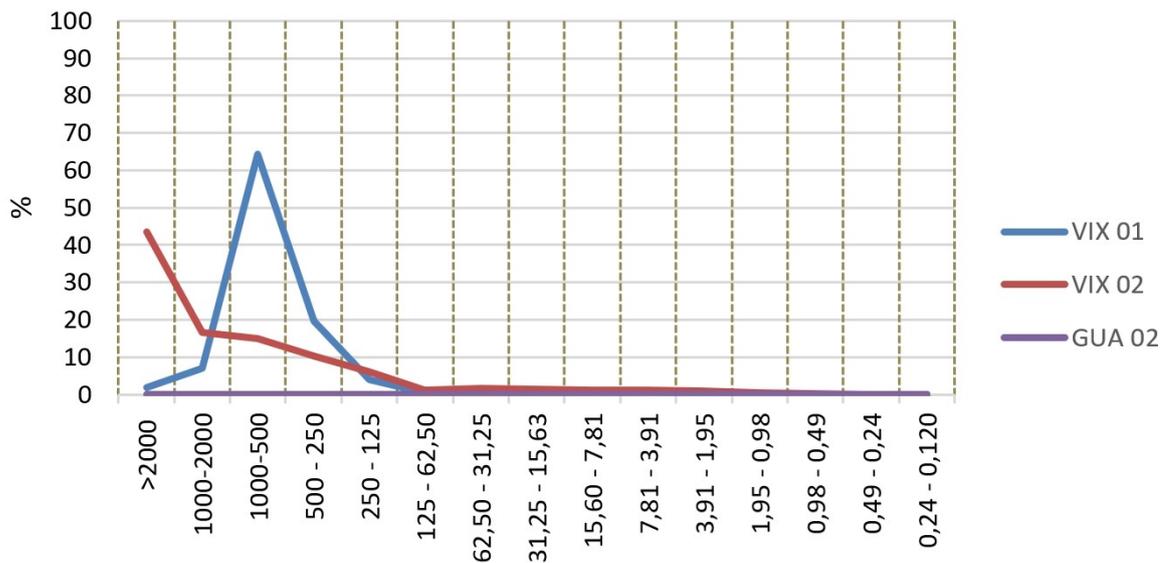


(C)

Fonte: Autoria própria.

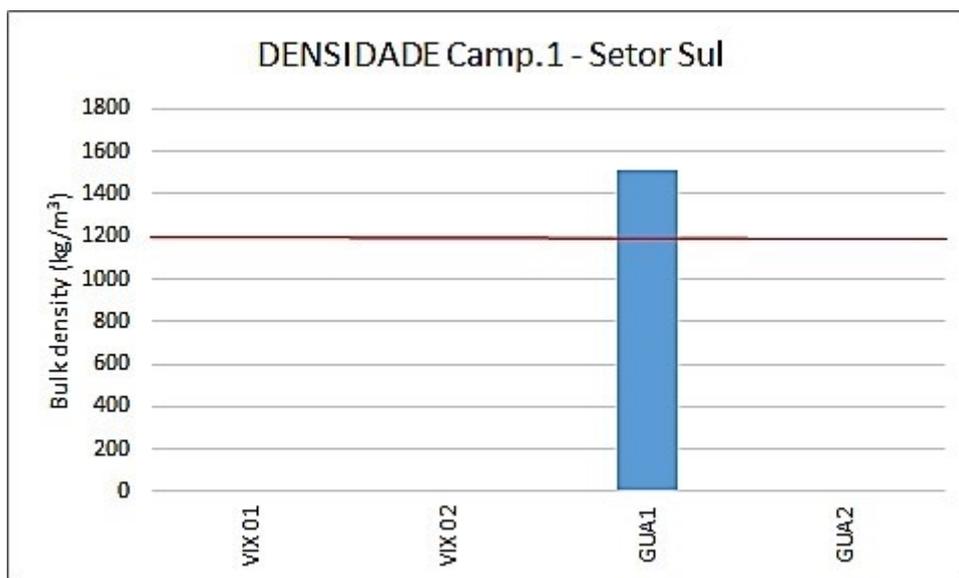
Figura 80: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Sul. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= colóide. A estação GUA 02 não apresentou obscuração suficiente para análise granulométrica.

### Granulometria Camp.1 - Setor Sul



Fonte: Autoria própria.

Figura 81: Valores de densidade úmida (kg/m³) do Setor Sul. Valores < 1200 indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores >1800 indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.

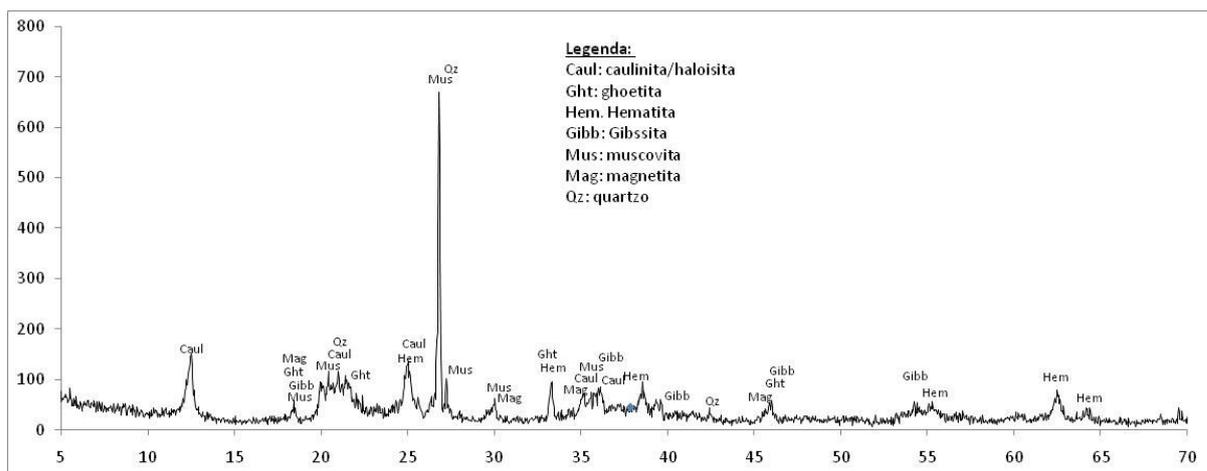


Fonte: Autoria própria.

## Mineralogia

As análises da fração lamosa dos sedimentos coletados em período anterior ao rompimento da barragem identificaram a presença de muscovita, quartzo, caulinita/halosita, hematita, goethita e gibssita como principais fases minerais (Figura 82).

Figura 82: Difratoograma com os minerais principais encontrados nos sedimentos de fundo da foz do Rio Doce em ocasião anterior ao rompimento da barragem de Fundão.



Fonte: Autoria própria.

Apesar de ser o principal mineral no minério de ferro itabirítico, a hematita é também um composto comum em latossolos do sudeste do Brasil (Ferreira et al. 1999), bem como a goethita, a gibssita e a caulinita. Neste sentido, os volumes relativos encontrados para a hematita e a goethita não ultrapassaram os 10%, enquanto que os demais minerais responderam por 89% a 90% em volume (Quadro 3).

O sedimento lamoso associado ao rompimento da Barragem de Fundão mostrou uma mineralogia composta principalmente por minerais compatíveis com a composição do minério de ferro, os quais se destacam em volumes consideráveis, a hematita e a magnetita (Figura 83), com 18%-43% e 5%-6%, respectivamente. Silicatos como o quartzo, muscovita e caulinita/halosita, compõem outros 50% a 69%. Parcela inferior a 10% no resíduo é composta por minerais como goethita, grenalita e maghmita, um pseudomorfo de magnetita em transição para a hematita (Quadro 3).

As amostras relacionadas às coletas após o rompimento da barragem, nos anos de 2016 e 2017 (Figura 84), mostram similaridades mineralógicas com as antigas, em fase anterior ao rompimento, no entanto, evidenciam aumento significativo nos volumes totais de hematita, goethita e magnetita, variando de 24% a 41% (Quadro 3).

Para as amostragens recentes (2018/2019) (Figura 85), os padrões persistem e os volumes de fases minerais contendo ferro continuam elevados, variando de 12% a até 48% (Quadro 3).

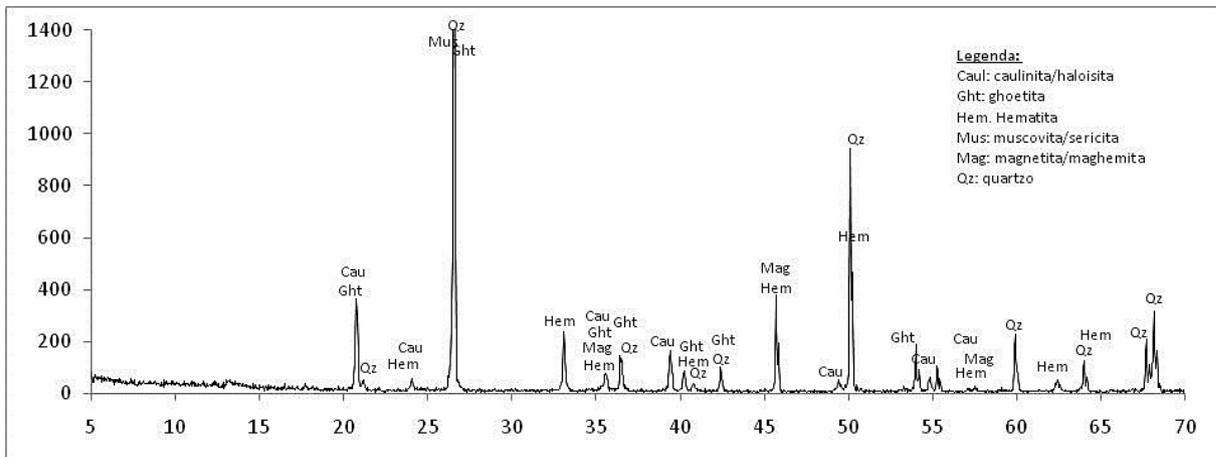
Quadro 2: Mineralogia e volumes relativos por difração de raios-X nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas. As células em amarelo são as estações que apresentaram valor de magnetismo acima do valor de referência.

Amostra	Hematita (H)	Goetita (G)	Grenalita-T (Gt)	Magmита (Mh)	Magnetita (M)	H+Mh+M+G+Gt	Aragonita (Ar)	CaCO3(CaC)	Gibbsite (Gb)	CaSiO+H2O	SiO2+Alumino-Silicatos	Ar+CaC+Gb+Al_Silicatos
2014 - Antes												
1DS64	9%	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%	9%	< 5%	<5%	< 5%	< 5%	89%	91%
2DS63	8%	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%	10%	< 5%	<5%	< 5%	< 5%	88%	90%
Mês após Acidente												
Fonte Mariana 01 (2015)	43%	< 5%	< 5%	< 5%	5%	48%	< 5%	<5%	< 5%	< 5%	50%	52%
Fonte Mariana 02 (2015)	18%	<5%	<5%	<5%	6%	24%	<5%	<5%	6%	<5%	69%	76%
2015 - Pós-Rompimento												
Vital 01	17%	<5%	<5%	<5%	10%	27%	<5%	<5%	<5%	<5%	71%	73%
RF	8%	<5%	<5%	18%	31%	57%	<5%	<5%	<5%	<5%	41%	43%
R1_15	17%	7%	<5%	<5%	<5%	24%	<5%	<5%	6%	<5%	70%	76%
SD01_1706	4%	<5%	<5%	37%	<5%	41%	<5%	<5%	11%	<5%	48%	59%
Abrolhos - Campanha 1												
ABR-1-1C_Sem-7P	12%	<5%	n/c	n/c	n/c	12%	11%	36%	<5%	<5%	41%	88%
ABR-4_1C_Sem_6P	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	47%	52%	n/c	<5%	n/c	100%
ABR-5_1C_Sem_6P	5%	n/c	n/c	n/c	n/c	5%	39%	60%	n/c	<5%	n/c	100%
Foz do Rio Doce - Campanha 1												
SD-01-1CSem-3P	18%	6%	< 5%	< 5%	24%	48%	< 5%	n/c	< 5%	< 5%	50%	52%
SD-02-1CSem-3P	5%	< 5%	< 5%	< 5%	16%	21%	< 5%	n/c	< 5%	< 5%	77%	79%
SD-N20-1CSem-3P	10%	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%	10%	n/c	n/c	< 5%	n/c	88%	90%
SD-N30-1CSem-3P	6%	< 5%	< 5%	n/c	n/c	6%	n/c	n/c	< 5%	n/c	92%	94%

Amostra	Hematita (H)	Goetita (G)	Grenalita-T (Gt)	Magmита (Mh)	Magnetita (M)	H+Mh+M+G+Gt	Aragonita (Ar)	CaCO3 (CaC)	Gibbsite (Gb)	CaSiO+H2O	SiO2+Alumino-Silicatos	Ar+CaC+Gb+Al_Silicatos
SD-N13-1CSem-3P	5%	< 5%	< 5%	n/c	n/c	5%	n/c	n/c	< 5%	< 5%	93%	95%
SD-S13-1CSem-3P	12%	<5%	<5%	<5%	<5%	12%	n/c	n/c	<5%	n/c	86%	88%
SD-S20-1CSem-3P	5%	<5%	<5%	n/c	31%	36%	<5%	n/c	17%	<5%	47%	64%
SD-01-1CSem-4P	17%	<5%	<5%	<5%	5%	23%	<5%	n/c	<5%	<5%	75%	77%
SD-02-1CSem-4P	5%	<5%	<5%	15%	5%	20%	n/c	n/c	6%	<5%	72%	80%
Costa das Algas - Campanha 1												
CA-1-1CSem-1P	20%	<5%	<5%	<5%	<5%	20%	<5%	<5%	8%	<5%	71%	80%
CA-2-1CSem-1P	21%	<5%	<5%	<5%	5%	27%	<5%	<5%	22%	<5%	51%	73%
CA-3-1CSem-1P	<5%	n/c	<5%	n/c	n/c	<5%	49%	<5%	<5%	<5%	50%	98%
CA-4-1CSem-2P	<5%	n/c	n/c	n/c	n/c	<5%	21%	48%	<5%	<5%	31%	98%
CA-5-1CSem-1P	14%	<5%	<5%	<5%	<5%	14%	<5%	<5%	6%	<5%	80%	86%
CA-6-1CSem-1P	< 5%	n/c	n/c	< 5%	< 5%	< 5%	86%	<5%	< 5%	12%	<5%	98%
CA-7-1CSem-2P	<5%	n/c	<5%	n/c	n/c	<5%	27%	71%	<5%	<5%	<5%	98%
CA-8-1CSem-1P	14%	<5%	<5%	<5%	<5%	14%	<5%	<5%	9%	<5%	77%	86%
CA-10-1CSem-2P	18%	<5%	<5%	<5%	<5%	18%	<5%	<5%	12%	<5%	70%	82%
CA-11-1CSem-2P	<5%	<5%	n/c	n/c	n/c	<5%	34%	50%	n/c	n/c	14%	98%
CA-12-1CSem-2P	<5%	<5%	n/c	<5%	n/c	<5%	20%	65%	<5%	n/c	13%	98%
CA-13-1CSem-1P	19%	<5%	<5%	<5%	<5%	19%	<5%	<5%	16%	<5%	64%	81%

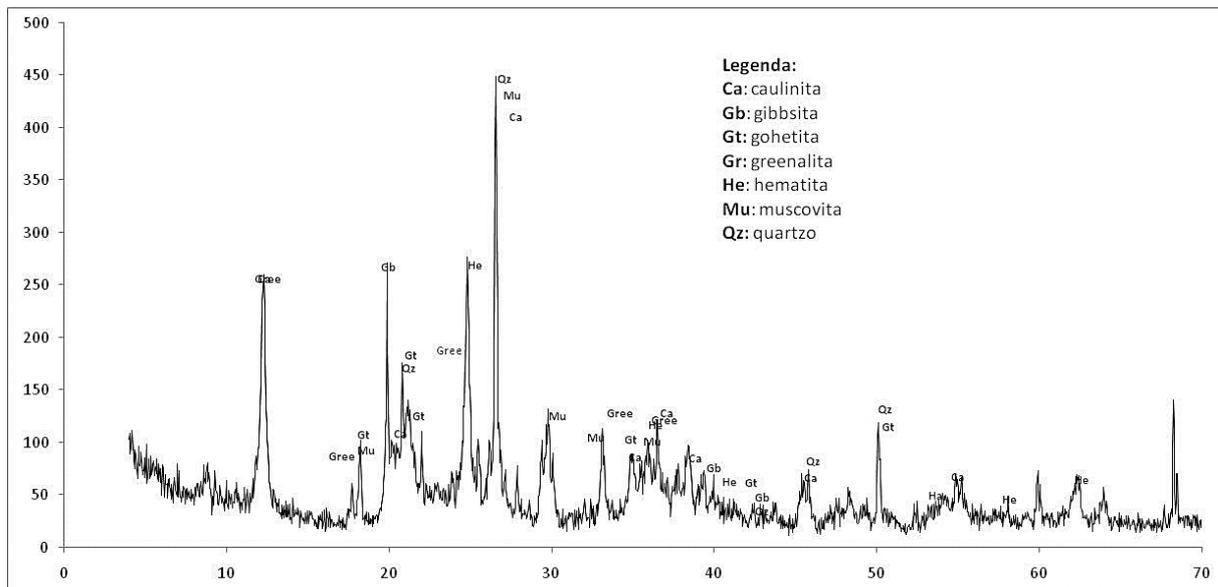
Fonte: Autoria própria.

Figura 83: Difratoograma com os minerais principais encontrados na fração lamosa do sedimento associado ao rejeito de minério da Barragem de Fundão, na região de Paracatu de Baixo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 84: Difratoograma com os principais minerais encontrados nos sedimentos de fundo da foz do Rio Doce em ocasião posterior ao rompimento da barragem (2016).



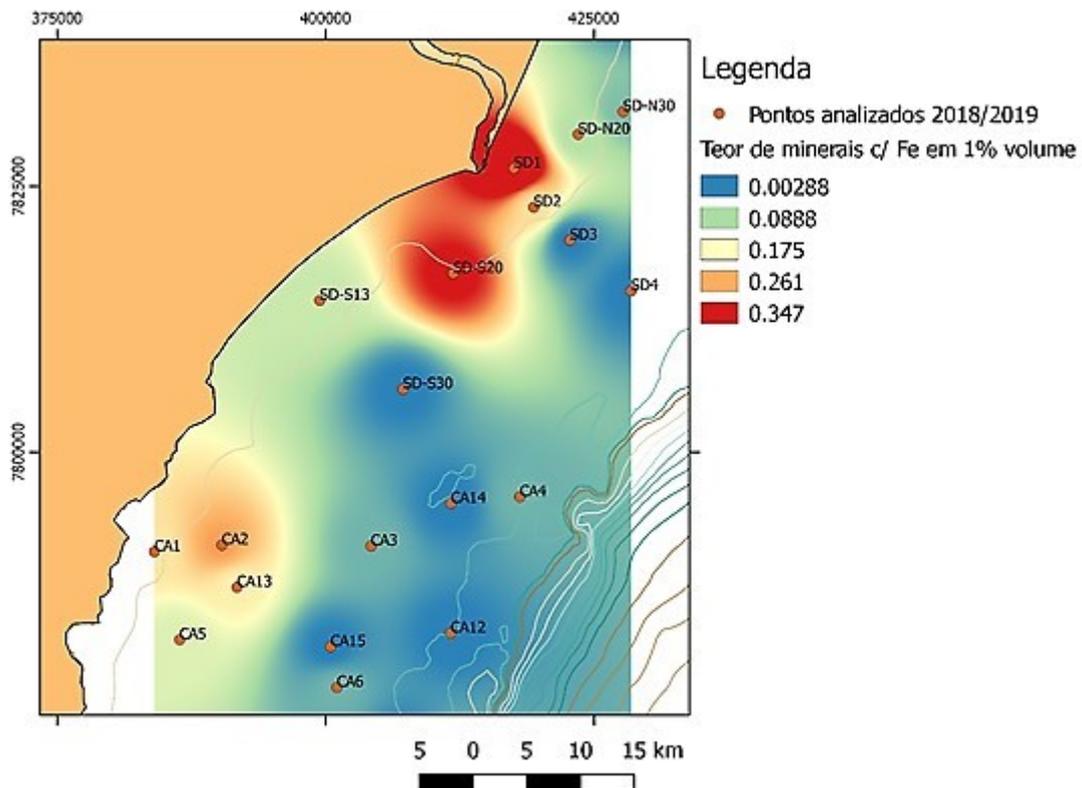
Fonte: Autoria própria.

A região da Costa das Algas caracteriza-se por intensa produtividade biogênica de carbonatos associados a algas calcárias, formando banco de rodolitos. Neste sentido, a amostra CA6, mais a leste, em profundidade maior, parece exibir a mineralogia usual para a região, com volumes consideráveis de carbonato, principalmente aragonita, na ordem de 86% e silicatos com 12%. As demais fases minerais, principalmente às relacionadas ao ferro, mostraram quantidades ínfimas (Figura 86; Quadro 3).



Para a hematita percebem-se dois focos com maiores concentrações, na foz do Rio Doce e na região da plataforma interna da Costa das Algas. Concentrações levemente menores são encontradas entre os dois extremos, apesar de haver uma interrupção um pouco mais ao sul da foz do Rio Doce (Figura 88).

Figura 87: Dispersão de minerais contendo ferro na Foz do Rio Doce de e Costa das Algas.

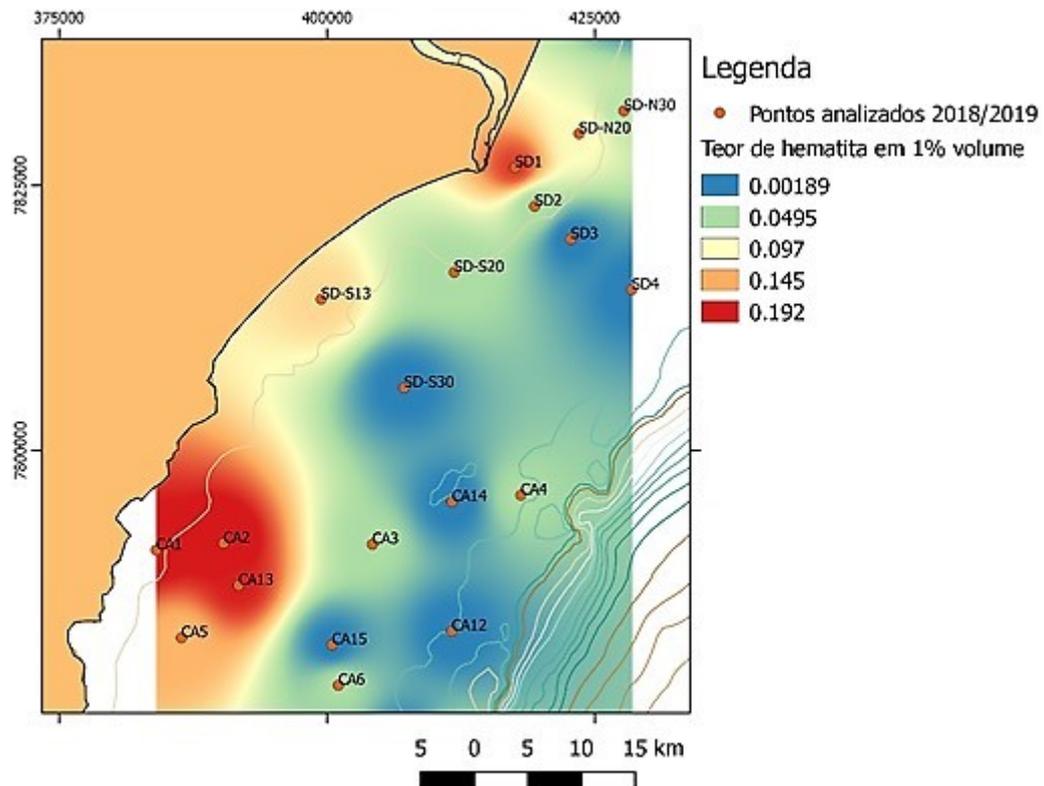


Fonte: Autoria própria.

A magnetita e a maghmita possuem maiores concentrações na foz e na região imediatamente ao sul (Figura 89). A goethita apresenta ampla dispersão para o norte e para o sul da foz (Figura 90).

Os dados obtidos em fluorescência de raios-x mostraram teores de  $FeO_{total}$  acima de 70% em massa para o material associado ao resíduo do acidente. Os percentuais em massa para  $SiO_2$  ficaram entre 19% e 20%, enquanto que o  $Al_2O_3$  não chegou aos 7% (Quadro 4; Figura 91). Essa relação reflete a composição do minério de ferro, em sua maioria com óxidos de ferro (hematita, magnetita, maghmita, goethita, etc) e quartzo, com pequena parcela de aluminossilicatos como muscovita, sericita, caulinita, grenalita, entre outros.

Figura 88: Dispersão de hematita na Foz do Rio Doce de e Costa das Algas.



Fonte: Autoria própria.

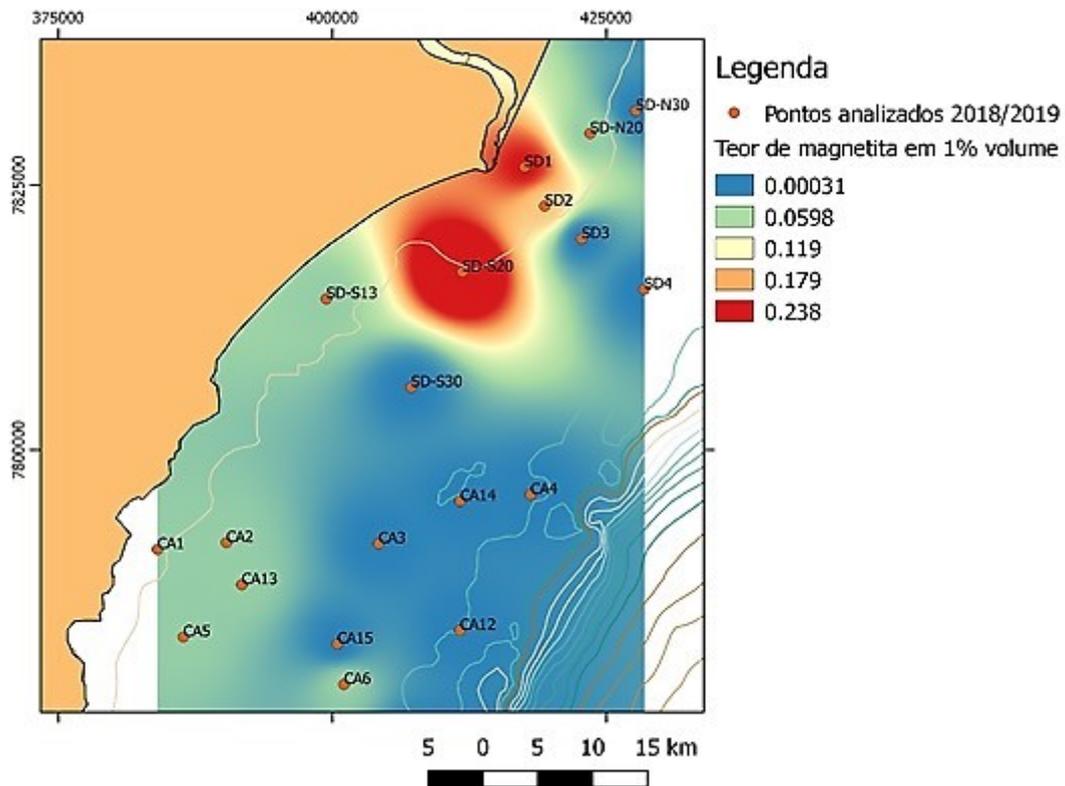
Na plataforma marinha, região da foz, no ano de 2016, observou-se variações na ordem de 21,7% a 42,4% em massa. Em 2019 observaram-se valores semelhantes, variando de 22,7% atingindo até 61,9% (Quadro 4; Figura 91). As quantidades relativas de  $FeO_{total}$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  evidenciam em grande parte enriquecimento no último, possivelmente pela concentração de argilominerais e micas (caulinita, muscovita, sericita, etc) oriundas do continente pelo aporte sedimentar.

Quadro 3: Geoquímica obtida por fluorescência de raios-X (% peso) nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas.

Amostra	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO <sub>total</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	Zr(%)	S(%)	Sr(%)	Cl(%)	P(%)	Zn(%)	Sb(%)	Mg(%)
<b>Fonte Acidente (Sedimento)</b>															
Mariana 01 (2015)	4.58	19.07	75.54	<1	<1	n/c	<1	n/c	<1	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
Mariana 02 (2015)	6.13	20.72	72.26	<1	<1	n/c	<1	n/c	<1	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
<b>Vital (Sedimento)</b>															
Vital 01 (2015)	23.26	23.59	40.69	6.06	1.54	2.01	<1	1.36	<1	<1	n/c	n/c	<1	n/c	n/c
Vital 02 (2015)	36.99	32.75	21.77	2.64	2.93	1.87	<1	<1	<1	<1	n/c	n/c	<1	n/c	n/c
RF (2016)	31.58	17.28	42.49	5.44	n/c	n/c	<1	1.59	n/c	<1	<1	<1	n/c	n/c	n/c
R1-15 (2016)	45.91	19.18	26.67	7.53	n/c	n/c	<1	<1	n/c	<1	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
<b>Costa das Algas (Sedimento)</b>															
CA2_1C_Sem_1P_Lama	29.61	26.64	21.91	16.73	1.57	1.49	1.01	<1	<1	<1	n/c	n/c	<1	n/c	n/c
CA6_1C_Sem_1P_Lama	12.61	10.65	8.29	65.41	<1	<1	<1	<1	<1	1.1	n/c	n/c	<1	n/c	n/c
CA8_1C_Sem_1P_Lama	34.77	33.31	18.98	7.81	1.59	2.13	<1	<1	<1	<1	n/c	n/c	<1	n/c	n/c
<b>Foz do Rio Doce (Sedimento)</b>															
SD01_1C_Sem_3P_Lama	17.92	13.52	61.93	<1	<1	3.53	<1	1.62	<1	<1	<1	n/c			
SD02_1C_Sem_3P_Lama	34.41	31.61	22.76	5.26	2.61	1.74	<1	<1	<1	<1	<1	n/c			
<b>(Filtro)</b>															
SD01_Fundo_15l_Filtro	41.38	<1	33.09	9.27	n/c	n/c	<1	<1	<1	<1	10.64	<1	n/c	c/c	2.65
SD01_Sup_158_Filtro	42.72	n/c	43.95	n/c	n/c	n/c	<1	<1	<1	<1	8.73	<1	n/c	n/c	2.01
SD01_Fundo_230_Filtro	21.58	<1	49.94	13.48	<1	<1	<1	<1	<1	<1	12.49	<1	n/c	n/c	n/c
SD_S13_Fundo_148_Filtro	30.86	n/c	42.46	13.06	n/c	n/c	<1	<1	<1	<1	8.12	<1	n/c	n/c	n/c
SD_S20_Fundo_423_Filtro	27.54	n/c	33.41	8.29	n/c	n/c	<1	<1	1.14	n/c	8.29	n/c	n/c	n/c	3.25
SO_N13_Fundo_224_Filtro	35.28	n/c	27.65	8.21	n/c	n/c	<1	n/c	<1	<1	20.17	<1	1.21	<1	3.47
SD_N20_Fundo_157_Filtro	35.69	n/c	34.09	10.91	n/c	n/c	<1	<1	<1	<1	13.11	<1	n/c	n/c	3.14
<b>Abrolhos (Filtro)</b>															
ABR2_Fundo_293_Filtro	1.07	3.69	1.38	32.51	2.76	n/c	<1	n/c	1.45	<1	33.03	0.16	5.12	3.42	3.11
ABR4_Fundo_288_Filtro	3.73	3.38	3.73	23.15	1.68	n/c	n/c	<1	3.28	<1	34.83	<1	15.94	n/c	3.01
ABR5_Fundo_284_Filtro	3.05	2.31	1.09	31.79	2.21	<1	n/c	n/c	2.09	n/c	42.49	<1	n/c	n/c	3.61
BackGround Filtro(1)	7.78	37.07	<1	3.29	6.72	n/c	n/c	n/c	<1	n/c	n/c	n/c	22.58	n/c	n/c
BackGround Filtro(2)	8.03	30.81	<1	3.72	6.97	n/c	n/c	n/c	n/c	<1	n/c	n/c	25.54	n/c	n/c

Fonte: Autoria própria.

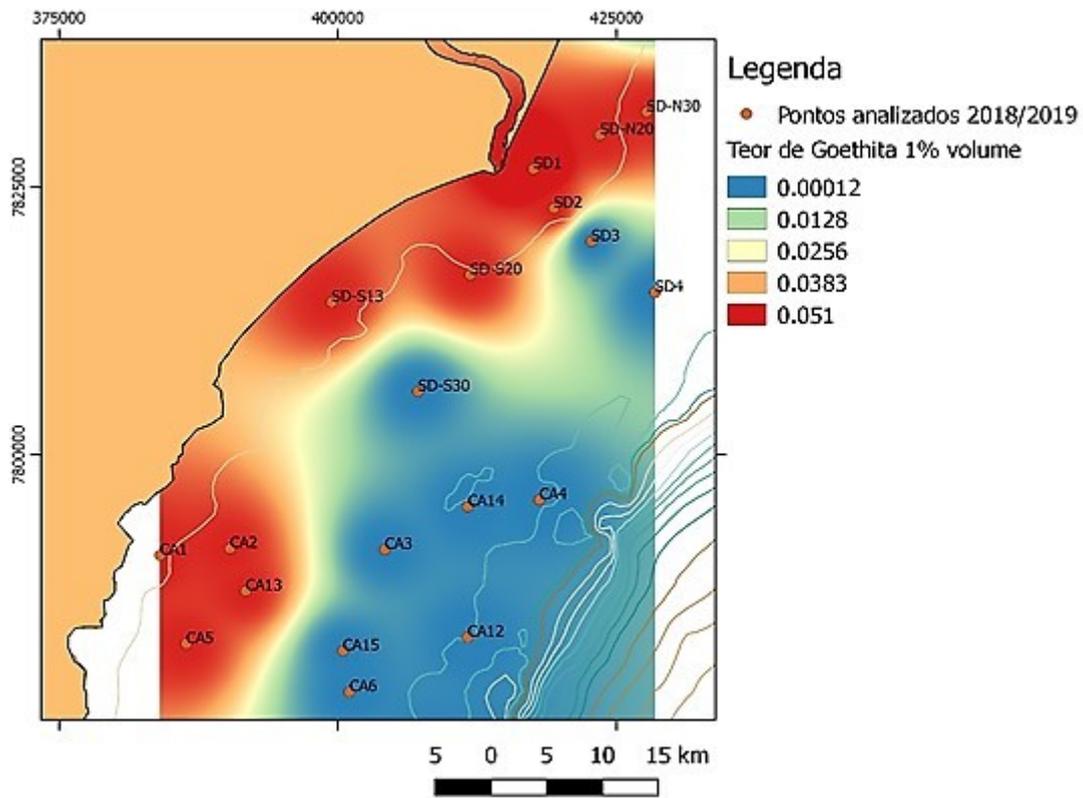
Figura 89: Dispersão de magnetita/maghemita na Foz do Rio Doce de e adjacências.



Fonte: Autoria própria.

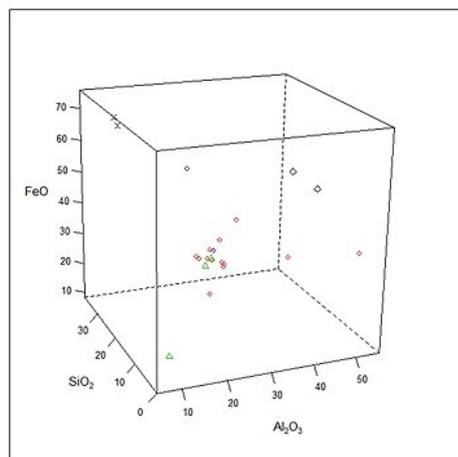
Na Costa das Algas, algumas amostras posicionadas mais a leste, mostraram valores baixos de  $FeO_{total}$ , inferiores a 6,45%, enquanto que o  $CaO$  atinge o montante de 65%, caracterizando um possível valor de referência local (background), em uma típica plataforma com produção carbonática (Quadro 4; Figura 91). Para norte e oeste, o  $FeO_{total}$  torna-se relevante, entre 18,9% e 21,9%, mas também ocorre aumento considerável de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ . O  $CaO$  neste caso torna-se menor, atingindo, no máximo, 16%.

Figura 90: Dispersão de goethita na Foz do Rio Doce de e adjacências.



Fonte: Autoria própria.

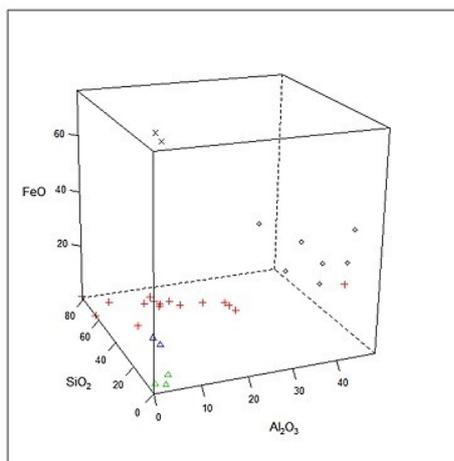
Figura 91: Diagrama de correlação em três eixos para sedimentos. Cruz: amostras de resíduo de minério; Círculos vermelhos: amostras da foz (2016); Círculos azuis: Amostras da foz (2019); Triângulo verde: amostras da Costa das Algas; Losango preto: amostras de dentro do rio. Observar os maiores valores de  $FeO_{total}$  para o resíduo e o empobrecimento à medida que se distancia da fonte, nos sedimentos do rio e plataforma. As quantidades dos elementos nas possíveis áreas afetadas formam concentração de pontos amostrais na porção centro-mediana do diagrama, com alguns pontos dispersos. O triângulo verde na extrema-esquerda representa a amostras de referência na Costa das Algas. Os valores de  $SiO_2$  para os sedimentos dos rios são nulos devido a problemas analíticos no ano de 2016.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos até o momento para o MPS na região da foz, em águas de fundo, mostram comportamento para o  $\text{FeO}_{\text{total}}$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  semelhantes aos dos sedimentos, entre 27,6% a 49,9% para o primeiro e 21,5% a 42,7% para o segundo, com  $\text{SiO}_2$  em quantidades ínfimas (Quadro 4; Figura 92).

Figura 92: Diagrama de correlação em três eixos para o MPS de fundo. X: amostras de resíduo de minério; Círculos pretos: amostras da foz (2019); Cruz vermelha: Amostras da foz (2016); Triângulo verde: amostras do Banco de Abrolhos; Triângulo azul: amostras referência para o banco de Abrolhos. Observar o aumento de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  para a Foz em 2019, comparado ao ano de 2016.



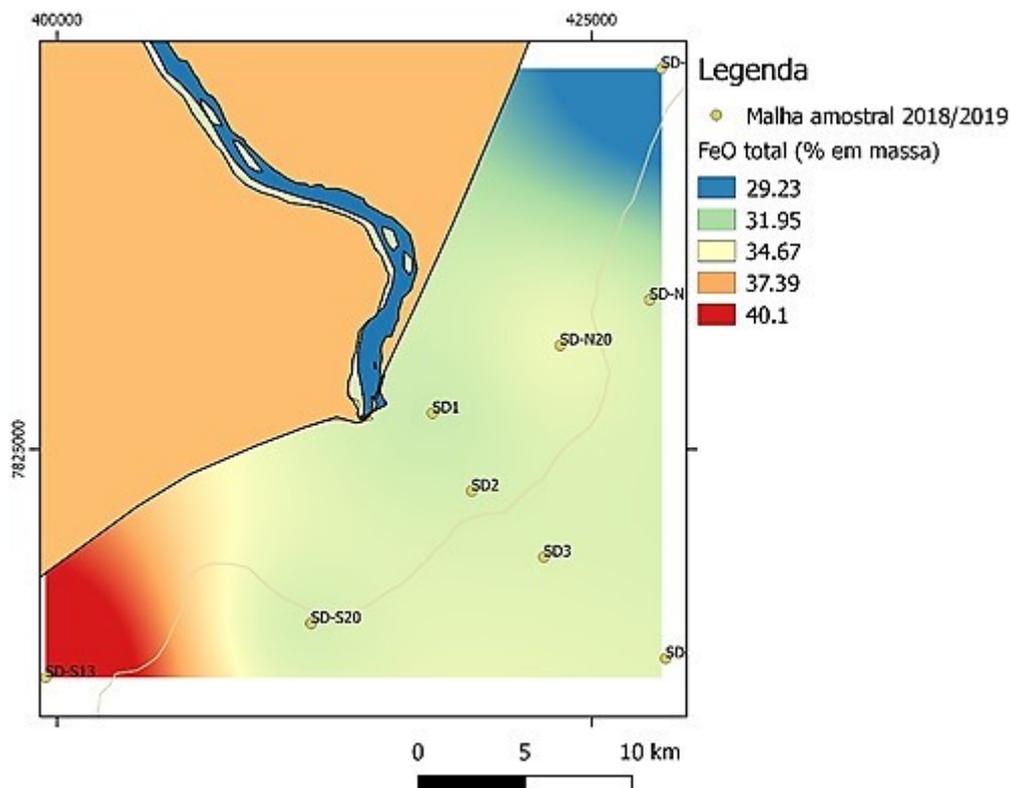
Fonte: Autoria própria.

Esta assinatura pode refletir a deposição de quartzo e outros silicatos mais densos e a permanência em suspensão de argilas, gibbsita e ferro em frações granulométricas muito finas, principalmente como goethita. Com relação aos anos da amostragem, os teores de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  para o ano de 2019 mostram-se superiores aos teores do ano de 2016 (Quadro 4; Figura 93).

No Banco de Abrolhos os valores de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  no MPS são inferiores aos da foz do Rio Doce, na ordem de 1% a 3,7% em massa (Quadro 3; Figura 94). Comparados às amostras de referência, o ano de 2019 exhibe valores para  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  menores, com teores maiores de  $\text{FeO}_{\text{total}}$ . Este fato sugere a entrada de plumas contendo  $\text{FeO}_{\text{total}}$  em suspensão, com poucas quantidades de argilas e outros silicatos, possivelmente retidos próximos à foz do Rio Doce.

A distribuição espacial do  $\text{FeO}_{\text{total}}$  presente nos sedimentos segue o comportamento das fases minerais que contém o ferro, com aumento percentual de massa para sul (Figura 93).

Figura 93: Dispersão de FeOtotal nos sedimentos de fundo na Foz do Rio Doce.

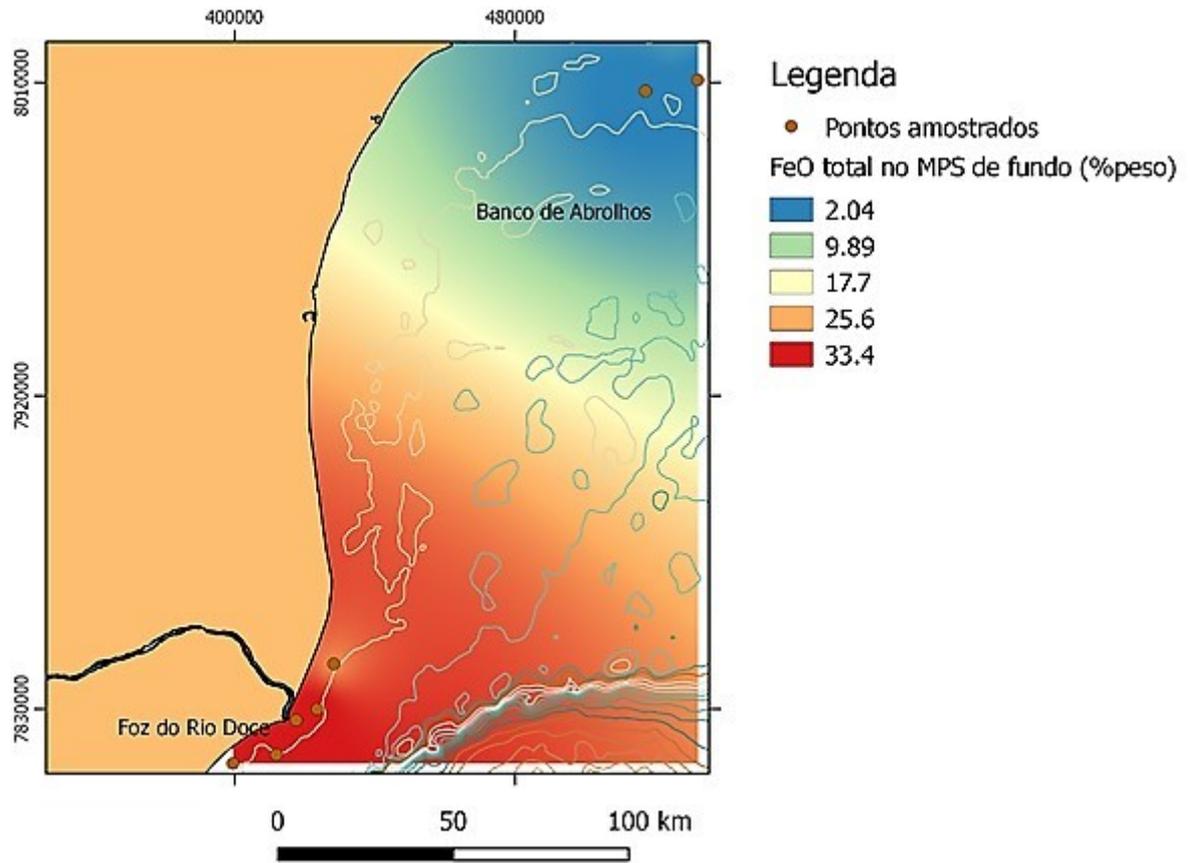


Fonte: Autoria própria.

No MPS observa-se redução gradual da distribuição de sul para norte, com percentuais chegando ao banco de abrolhos na ordem 30%, reduzindo para 2% na porção centro-norte (Figura 94).

Comparando aos valores de referência para amostras coletadas em 2014 na foz do Rio Doce, o resíduo de minério mostra incremento na susceptibilidade magnética na ordem de 6 a 10 vezes (Quadro 4). No ano de 2016 os valores obtidos nas amostras mostraram fases minerais 1,5 vezes a 7 vezes mais susceptíveis ao magnetismo, enquanto que no ano de 2019, os valores variaram de 1,7 vezes a até 40 vezes. Na Costa das Algas os valores variaram entre 1,2 a 1,5 vezes mais (Quadro 4). Em Abrolhos os sedimentos se mostraram de 1,3 a 3 vezes mais suscetíveis magneticamente quando comparados aos valores de referência.

Figura 94: Dispersão de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  no MPS de águas de fundo na Foz do Rio Doce e Banco de Abrolhos.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 4: Susceptibilidade magnética nos sedimentos plataformas da região do Rio Doce e Costa das Algas. As células em verde são aquelas que apresentaram o mesmo valor de magnetismo que o valor de referência encontrado para os dados pretéritos. As células em amarelo são as estações que apresentaram valor de magnetismo acima do valor de referência.

Amostra sedimentar	Massa (10 <sup>-3</sup> kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Vao (448Hz)	Vao-Vbo (448Hz)	Phase	Va-Vbo (448Hz)	D_Phase	D(Va-Vb)	Xac(04) (m <sup>3</sup> /kg)	Valor Susceptibilidade Magnética Xac
<b>2014 – Pretérito</b>										
1DS64	4,800E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,413E-05	89,9	2,083E-05	-1,3	6,70E-06	1,79E-06	
1DS65	4,400E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,298E-05	89,9	1,738E-05	-0,1	4,40E-06	1,28E-06	Valor referência (back ground) anter acidente
2DS65	4,350E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,413E-05	89,9	2,048E-05	-1,3	6,35E-06	1,87E-06	<Xac>bg = (1,7 +/- 0,1)E-06 m <sup>3</sup> /kg
2DS66	4,970E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,000E-10	35,3	6,770E-06	35,3	6,77E-06	1,75E-06	
4DS74	4,83E-05	3,14E-08	2,45E-03	1,42E-05	89,9	2,08E-05	-1,5	6,61E-06	1,76E-06	
<b>Abrolhos – Pretérito</b>										
AB-166	4,29E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	4,50E-07	35,2	4,50E-07	1,34E-07	Valor observado em amostras anteriores acidente
<b>2016 – Fonte Mariana</b>										
Mariana 01	1,11E-04	3,14E-08	2,45E-03	1,48E-05	-139,6	1,97E-04	-59,9	1,82E-04	2,11E-05	Valor 12,4 vezes maior <Xac>bg
Mariana 02	1,35E-04	3,14E-08	2,45E-03	1,48E-05	-139,6	1,51E-04	-60,9	1,36E-04	1,29E-05	Valor 7,6 vezes maior <Xac>bg
<b>2016 – Pós-Desastre</b>										
Vital 01	2,87E-05	3,142E-08	2,45E-03	1,48E-05	-139,6	2,51E-05	-2,0	1,03E-05	4,58E-06	Valor 2,7 vezes maior <Xac>bg
RF	7,92E-05	3,142E-08	2,45E-03	6,14E-06	155,3	9,64E-05	100,0	9,02E-05	1,46E-05	Valor 8,6 vezes maior <Xac>bg
R1_15	3,85E-05	3,142E-08	2,45E-03	6,14E-06	153,6	1,98E-05	149,3	1,37E-05	4,55E-06	Valor 2,7 vezes maior <Xac>bg
<b>2016 – Nov – Abaete</b>										
SD01_1611	1,07E-04	3,14E-08	2,45E-03	1,45E-05	-139,6	5,58E-05	-139,4	4,13E-05	4,97E-06	Valor 2,8 vezes maior <Xac>bg
SD02_1611	4,21E-05	3,14E-08	2,45E-03	1,43E-05	-139,6	2,56E-05	-3,6	1,13E-05	3,43E-06	Valor 2,0 vezes maior <Xac>bg
SD01_1706	4,33E-05	3,14E-08	2,45E-03	1,39E-05	-139,6	4,74E-05	-9,5	3,35E-05	9,93E-06	Valor 5,8 vezes maior <Xac>bg
SD02_1706	3,75E-05	3,14E-08	2,45E-03	1,35E-05	-139,6	2,26E-05	-3,6	9,11E-06	3,12E-06	Valor 1,8 vezes maior <Xac>bg
<b>Abrolhos – Campanha 1</b>										
ABR 01	4,11E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	2,41E-06	35,2	2,41E-06	7,52E-07	3 vezes maior que valor de referência
ABR 02	5,30E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	1,31E-06	35,2	1,31E-06	3,17E-07	1,3 vezes maior que valor de referência
ABR 03	4,86E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	6,70E-07	35,2	6,70E-07	1,77E-07	Valor observado em amostras anteriores acidente

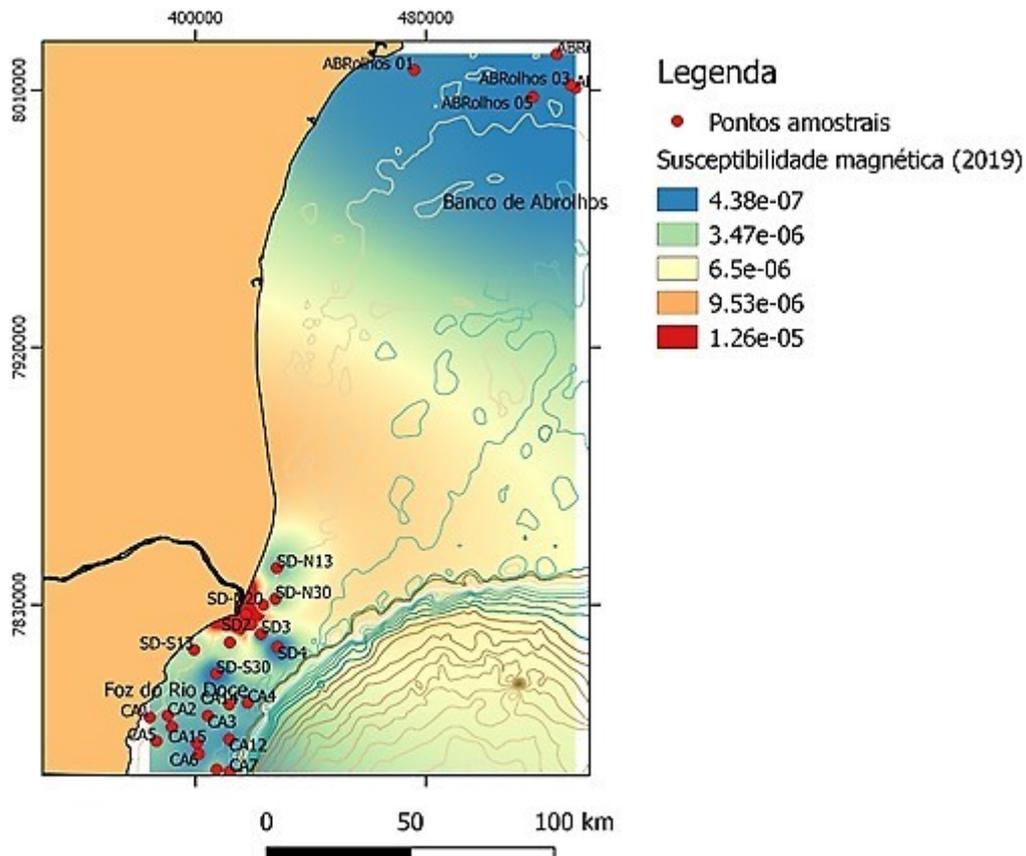
Amostra sedimentar	Massa (10 <sup>-3</sup> kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Vao (448Hz)	Vao-Vbo (448Hz)	Phase	Va-Vbo (448Hz)	D_Phase	D(Va-Vb)	Xac(04) (m <sup>3</sup> /kg)	Valor Susceptibilidade Magnética Xac
ABR 04	6,11E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	1,19E-06	35,2	1,19E-06	2,50E-07	Valor de referência (máximo pretérito já observado)
ABR 05	3,55E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	1,31E-06	35,2	1,31E-06	4,73E-07	1,9 vezes maior que valor de referência
<b>Setor Norte – Campanha 1</b>										
DEG 01	4,37E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	1,66E-05	35,2	1,66E-05	4,87E-06	2,4 vezes maior que valor observado em DEG-2
DEG 02	4,04E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	6,30E-06	35,2	6,30E-06	2,00E-06	Menor valor tomado como referência
ITA 01	3,68E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	5,50E-06	35,2	5,50E-06	1,92E-06	2,4 vezes maior que valor observado em ITA-2
ITA 02	4,21E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	2,40E-06	35,2	2,40E-06	7,31E-07	Menor valor tomado como referência
BN 01	3,72E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	1,90E-06	35,2	1,90E-06	6,55E-07	Valor tomado como de referência
BN 02	3,21E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	3,30E-06	35,2	3,30E-06	1,32E-06	2 vezes maior que valor de BN-1
<b>Foz do Rio Doce – Campanha 1</b>										
SD 01-1	1,05E-04	3,142E-08	2,450E-03	7,30E-06	112,4	7,23E-04	65,6	7,15E-04	8,74E-05	Valor 51,4 vezes maior <Sac>bg !!!!
SD 01-2	3,70E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,26E-06	112,7	4,03E-05	97,8	3,30E-05	1,15E-05	Valor 6,8 vezes maior <Xac>bg !!!!
SD02-1	3,70E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,26E-06	111,7	1,86E-05	97,8	1,13E-05	3,93E-06	Valor 2,3 vezes maior <Xac>bg
SD 02-2	3,06E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,40E-06	110,5	1,56E-05	97,8	8,20E-06	3,44E-06	Valor 2,0 vezes maior <Xac>bg
SD 03	3,60E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	4,86E-06	35,3	4,68E-06	1,73E-06	
SD 04	3,74E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	4,41E-06	35,3	4,41E-06	1,51E-06	
SD N13	5,08E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,40E-06	110,5	1,66E-05	97,8	9,18E-06	2,32E-06	Valor 1,4 vezes maior que <Xac>bg
SD N20	5,25E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,35E-06	112,2	2,04E-05	97,8	1,31E-05	3,19E-06	Valor 1,9 vezes maior que <Xac>bg
SD N30	4,90E-05	3,142E-08	2,450E-03	7,32E-06	111,5	1,60E-05	97,8	8,69E-06	2,27E-06	Valor 1,3 vezes maior que <Xac>bg
SD S13	3,24E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	9,10E-06	35,2	9,10E-06	3,60E-06	Valor 2,1 vezes maior que <Xac>bg

Amostra sedimentar	Massa (10 <sup>-3</sup> kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Vao (448Hz)	Vao-Vbo (448Hz)	Phase	Va-Vbo (448Hz)	D_Phase	D(Va-Vb)	Xac(04) (m <sup>3</sup> /kg)	Valor Susceptibilidade Magnética Xac
SD S20	3,37E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	9,10E-06	35,3	9,10E-06	3,46E-06	Valor 2,0 vezes maior que <Xac>bg
SD S30	3,20E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	4,53E-06	35,3	4,53E-06	1,82E-06	
<b>Foz do Rio Doce – Campanha 4</b>										
SD 02	3,65E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	7,08E-06	35,2	7,08E-06	2,49E-06	Valor 1,5 vezes maior que <Xac>bg
SD 04	2,88E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	4,20E-06	35,2	4,20E-06	1,87E-06	
SD 05	3,28E-06	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	3,43E-06	35,2	3,43E-06	1,34E-05	
SD S13	3,09E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	3,55E-06	35,2	3,55E-06	1,47E-06	
SD S20	3,37E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	5,57E-06	35,3	5,57E-06	2,12E-06	Valor 1,2 vezes maior que <Xac>bg
SD S30	2,89E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,2	3,73E-06	35,3	3,73E-06	1,65E-06	
<b>Costa das Algas – Campanha 1</b>										
CA 01	3,06E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	5,80E-06	35,3	5,80E-06	2,43E-06	Valor 1,4 vezes maior <Xac>bg
CA 02	3,23E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	6,60E-06	35,3	6,60E-06	2,62E-06	Valor 1,5 vezes maior <Xac>bg
CA 03	4,03E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	36,3	5,80E-06	35,3	5,80E-06	1,85E-06	
CA 04	3,40E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	36,3	3,80E-06	35,3	3,80E-06	1,43E-06	
CA 05	3,62E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	7,60E-06	35,3	7,60E-06	2,69E-06	Valor 1,6 vezes maior <Xac>bg
CA 06	4,11E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	3,80E-06	35,3	3,80E-06	1,19E-06	
CA 07	3,51E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	3,20E-06	35,3	3,20E-06	1,17E-06	
CA 08	3,07E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	6,20E-06	35,3	6,20E-06	2,59E-06	Valor 1,5 vezes maior <Xac>bg
CA 10	3,81E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	8,20E-06	35,3	8,20E-06	2,76E-06	Valor 1,6 vezes maior <Xac>bg
CA 11	4,23E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	3,60E-06	35,3	3,60E-06	1,09E-06	
CA 12	3,81E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	4,80E-06	35,3	4,80E-06	1,62E-06	
CA 13	2,58E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	5,80E-06	35,3	5,80E-06	2,88E-06	Valor 1,7 vezes maior <Xac>bg
CA 14	3,76E-05	3,142E-08	2,450E-03	1,00E-10	35,3	3,80E-06	35,3	3,80E-06	1,30E-06	

Fonte: Autoria própria.

O mapa de dispersão de valores de fases minerais susceptíveis ao magnetismo mostrou valores maiores na região proximal da foz, coincidentes com a área de maior concentração da magnetita (Figura 95). Outra informação relevante é a distribuição em área de fases minerais susceptíveis à magnetização, indicando dispersão de sul para norte sobre o Banco de Abrolhos.

Figura 95: Distribuição de valores de susceptibilidades magnéticas em minerais contidos em sedimentos da plataforma dos Setores Foz do Rio Doce, Costa das Algas e Abrolhos.



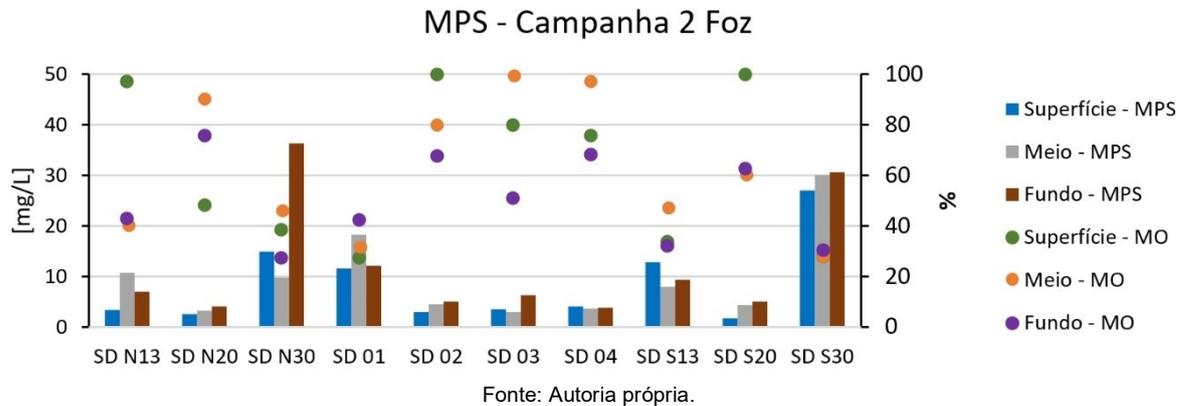
Fonte: Autoria própria.

### 1.2.1.6 Campanha 2

#### Matriz Água

Para a campanha 2 (Mensal de Novembro/2018; Figura 96) uma similaridade entre as estações das regiões Norte, Central e Sul da foz pode ser observada para as mesmas faixas batimétricas batimetrias (10 à 20, 20 à 30 e > 30 m), em que as maiores concentrações de MPS foram encontradas nas estações próximas a 30m de profundidade ao Norte e ao Sul.

Figura 96: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água do Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Enquanto ao norte a estação SD N30 as maiores concentrações foram encontradas junto ao fundo (36 mg/L) e as menores em meia coluna d'água (10 mg/L), a estação SD S30 ao sul apresentou uma coluna d'água com valores constantes, onde meio e fundo apresentaram a maior concentração (30 mg/L) e a superfície teve um valor um pouco menor (27 mg/L). A perfilagem com o LISST para essas duas estações, apresenta um comportamento diferente em termos de CVS. Ao Norte (Figura 97), concentrações elevadas são observadas em superfície (150  $\mu\text{L/L}$ ) e, principalmente, no meio da coluna d'água (225  $\mu\text{L/L}$ ), com uma distribuição de tamanho de partículas que acompanha o incremento da concentração (maiores valores = maior abundância de partículas maiores). Ao Sul (Figura 98), as concentrações são maiores e os valores elevados da CVS são encontrados somente na superfície (800  $\mu\text{L/L}$ ). No entanto partículas maiores são abundantes ao longo de toda a coluna d'água e intercaladas pelo aumento de partículas médias, mas com um predomínio quase absoluto das maiores em superfície.

Figura 97: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.

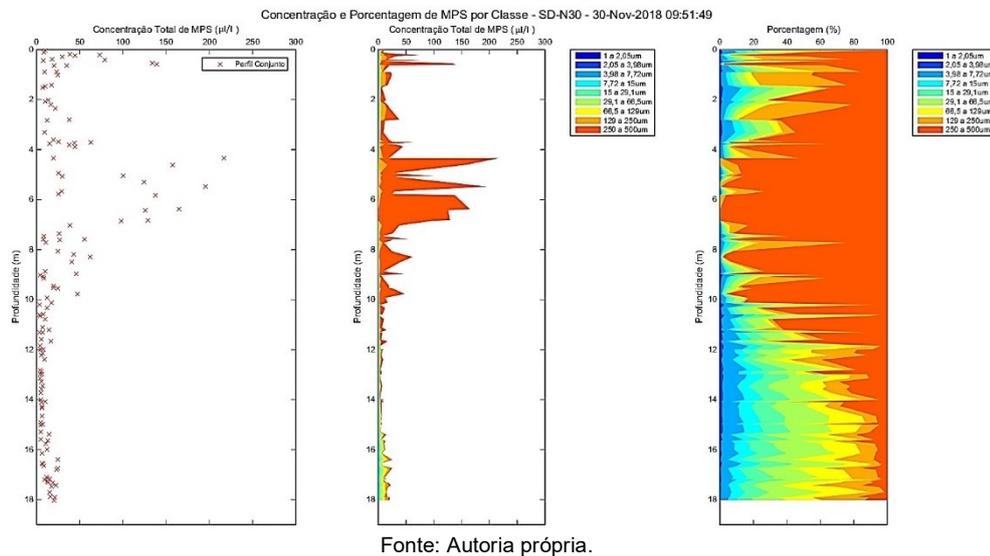
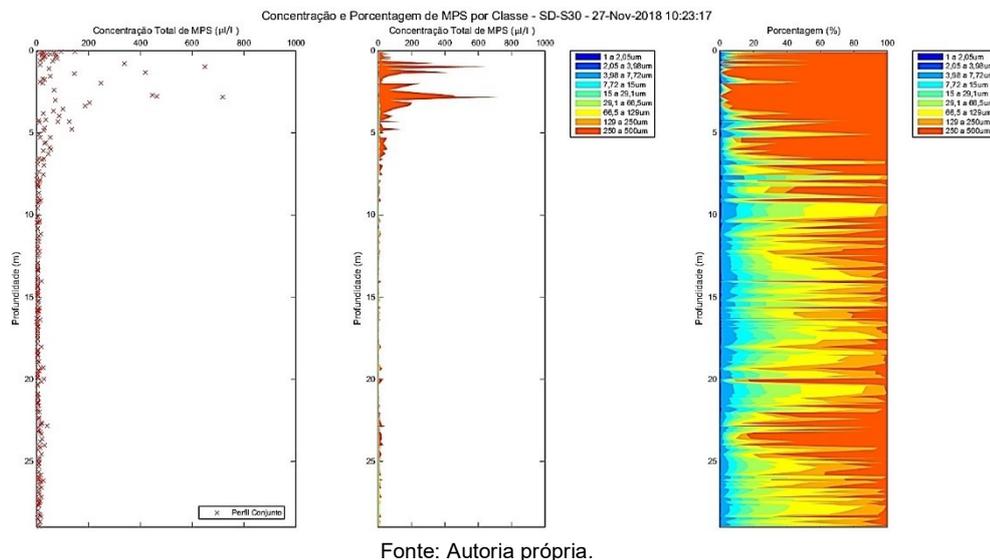


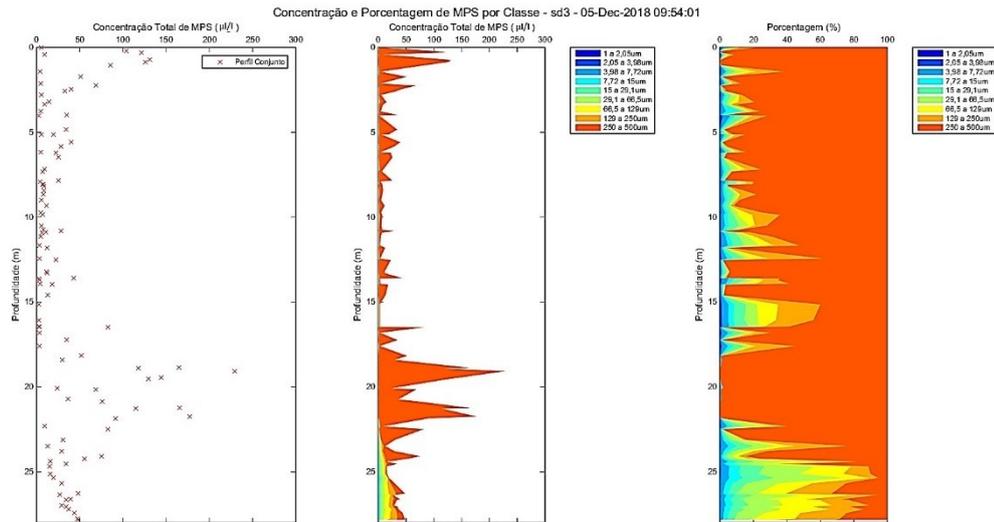
Figura 98: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Outra diferença entre as estações na batimetria de 30m foi o teor de MO, em que a estação SD S30 apresentou um valor próximo de 30% para toda a coluna d'água, enquanto a estação SD N30 apresentou um máximo em meia coluna d'água (46%) e um mínimo junto ao fundo (27%). A estação SD 03 apresentou valores próximos de 5 mg/L (máximo junto ao fundo = 6 mg/L) e máximo do teor de MO em meia água (100%). A perfilagem com o LISST mostra um pequeno aumento da CVS em

superfície (100 µl/L) e próximo de 20m de profundidade (300 µl/L), com uma presença expressiva de partículas maiores ao longo de toda a coluna d'água (exceto junto ao fundo; Figura 99).

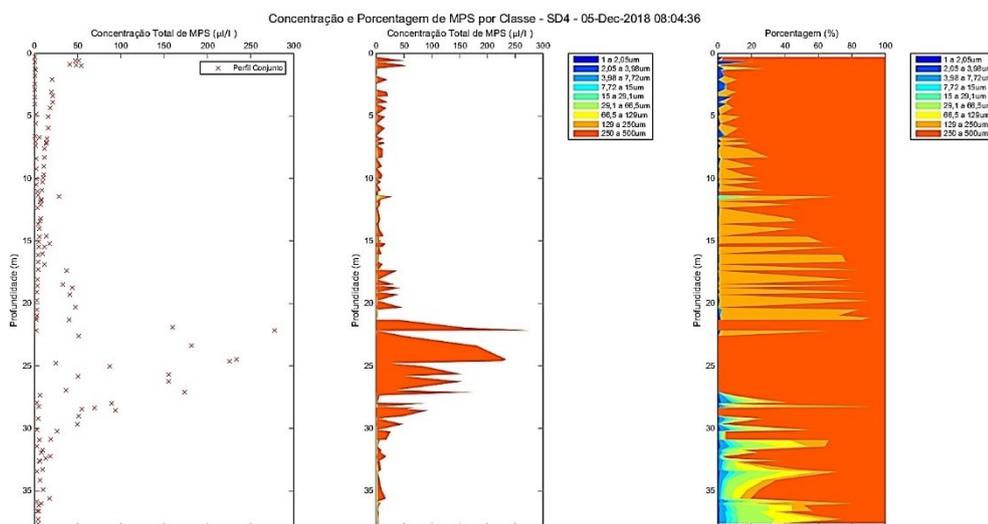
Figura 99: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm. Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

A estação mais profunda (SD 04) apresentou uma coluna d'água constante, com valores de MPS ≈4 mg/L. Valores de CVS também foram ≤ 50 até 15m de profundidade, quando uma região de maiores valores (máximo de 300 µl/L) é encontrada até a estação SD 04 (Figura 100). A distribuição de partículas ao longo da coluna d'água apresenta uma predominância das maiores partículas em superfície e um pouco abaixo do que foi considerado como meia coluna d'água. Uma tendência de aumento da ocorrência de partículas entre 129 a 250µm é observada na superfície até o meio, onde é mais dominante. Também se observa a presença de partículas médias apenas junto ao fundo.

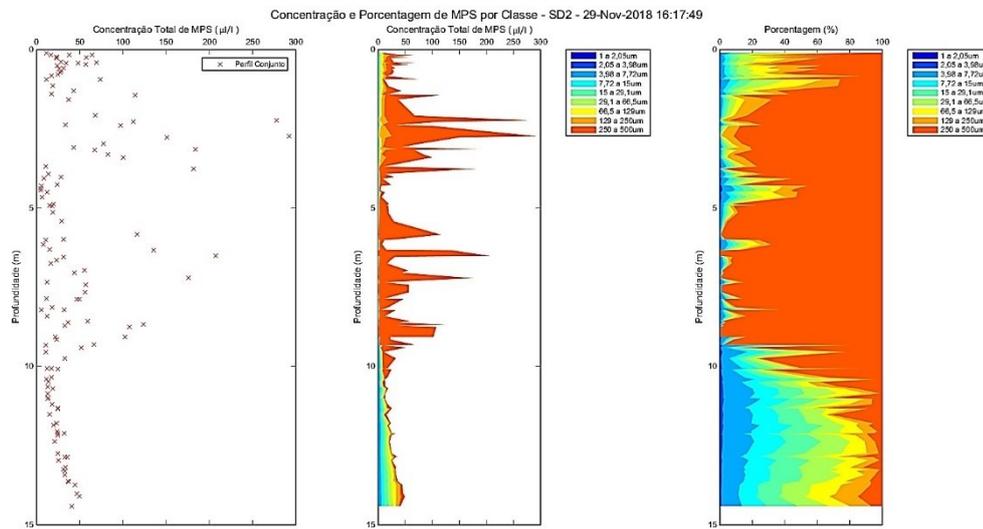
Figura 100: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Para as estações da faixa batimétrica de 20m (SD N20, SD 02 e SD S20) se observa um aumento da concentração do MPS ao longo da coluna d'água. Os maiores valores foram encontrados nas estações SD 02 e SD S20 (5 mg/L). Estações na região central e ao sul apresentaram os maiores teores de MO em superfície (SD 02 e SD S20 = 100%) enquanto que ao norte o maior teor se deu em meia coluna d'água (90%). O registro obtido pelo LISST na estação SD 02 (Figura 101) apresentou padrão semelhante ao da estação SD N30, onde duas profundidades de valores elevados de CVS ( $\approx 200 \mu\text{L/L}$ ) foram observadas: camada inferior da superfície e em meia coluna d'água. Esses aumentos foram acompanhados da dominância quase absoluta de partículas maiores. Junto ao fundo houve uma predominância de partículas médias.

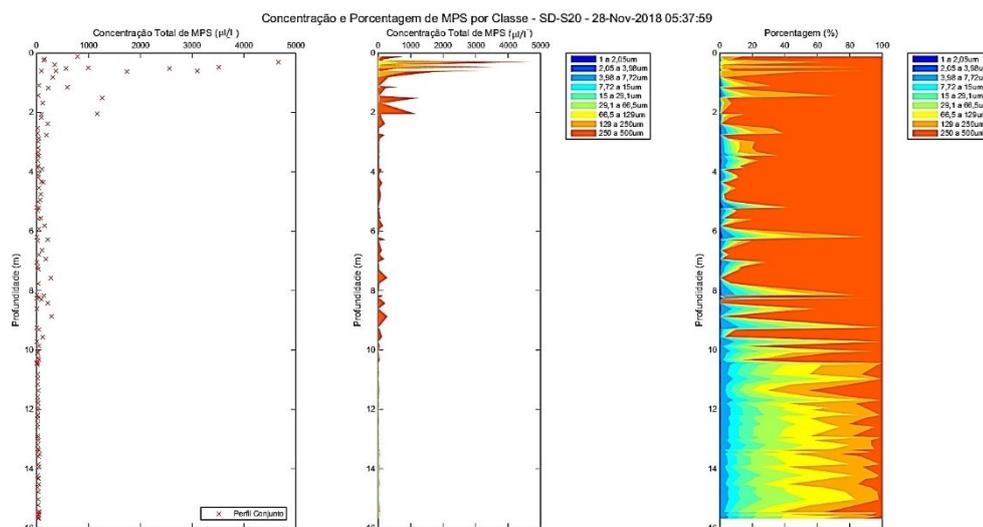
Figura 101: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Já na estação ao sul (SD S20), a perfilagem mostra valores da CVS muito elevados em superfície (máximo próximo de 4000  $\mu\text{L/L}$ ) com dominância quase absoluta de partículas maiores até 10m de profundidade (Figura 102).

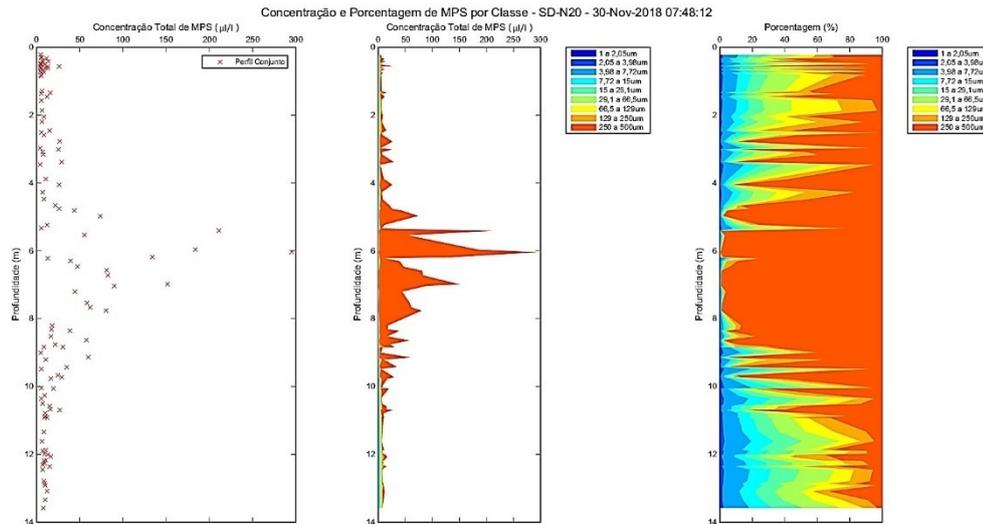
Figura 102: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Para a estação SD N20, valores elevados da CVS ( $\approx 250 \mu\text{L/L}$ ) são encontrados apenas em meia coluna d'água, também apresentando partículas maiores nesta mesma profundidade (Figura 103).

Figura 103: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.

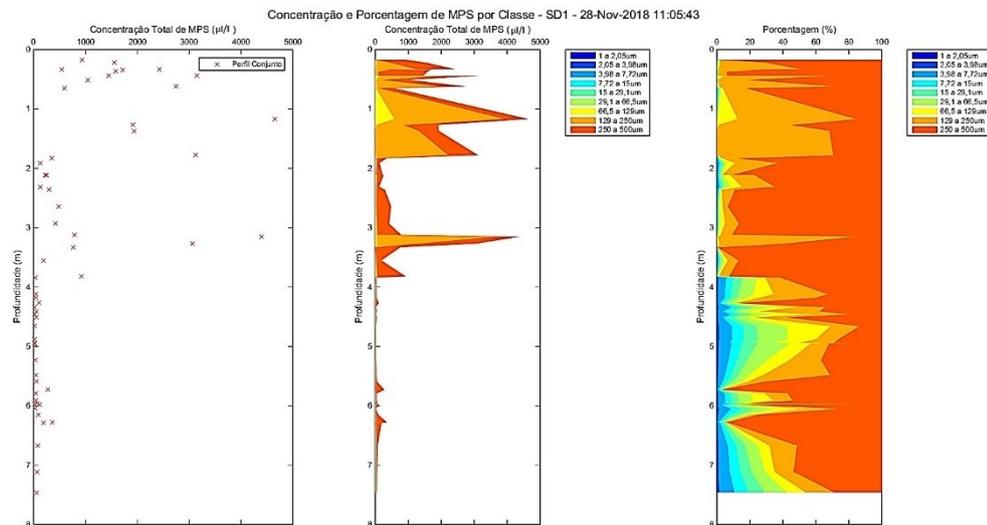


Fonte: Autoria própria.

Para as estações próximas da faixa batimétrica de 10 m de profundidade (Figura 104 e Figura 105) foi observado um aumento de valores de concentração de MPS em meia coluna d'água com maiores valores encontrados em SD 01 (meio =  $18 \text{ mg/L}$ ; superfície e fundo  $\approx 12 \text{ mg/L}$ ), exceto para a estação ao sul, onde o máximo se deu em superfície (SD S13 =  $13 \text{ mg/L}$ ).

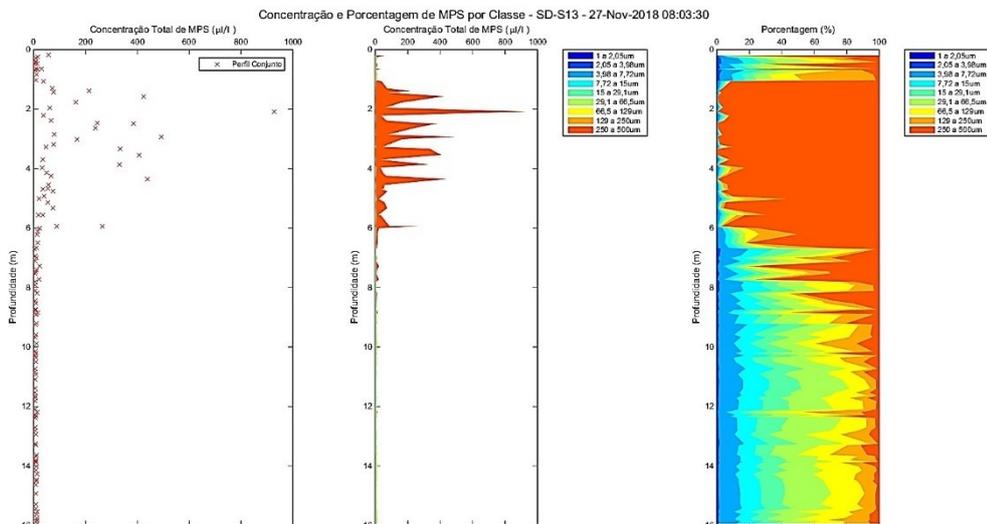
Nos dados do LISST é possível observar duas regiões de valores elevados da CVS para a estação SD 01 (Figura 104): uma próxima a superfície (de  $2000$  a  $4500 \mu\text{L/L}$ ) com maior quantidade de partículas entre  $129$  e  $250\mu\text{m}$ ; uma mais próxima do meio da coluna d'água com um pico bem definido ( $\approx 4500 \mu\text{L/L}$ ) e domínio de partículas entre  $250$  e  $500\mu\text{m}$ . Ressalta-se que neste pico bem definido a faixa de tamanho da está entre  $129$  e  $250\mu\text{m}$ . Na faixa batimétrica de 10m ao sul da foz, valores mais elevados da CVS foram encontrados entre a superfície e o meio da coluna d'água, também sendo acompanhados por partículas maiores ( $250$  a  $500\mu\text{m}$ ; Figura 105). Fora desta região os valores são próximos de  $0 \mu\text{L/L}$  e partículas médias são dominantes.

Figura 104: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 105: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Note que o eixo Y teve que ser ajustado.

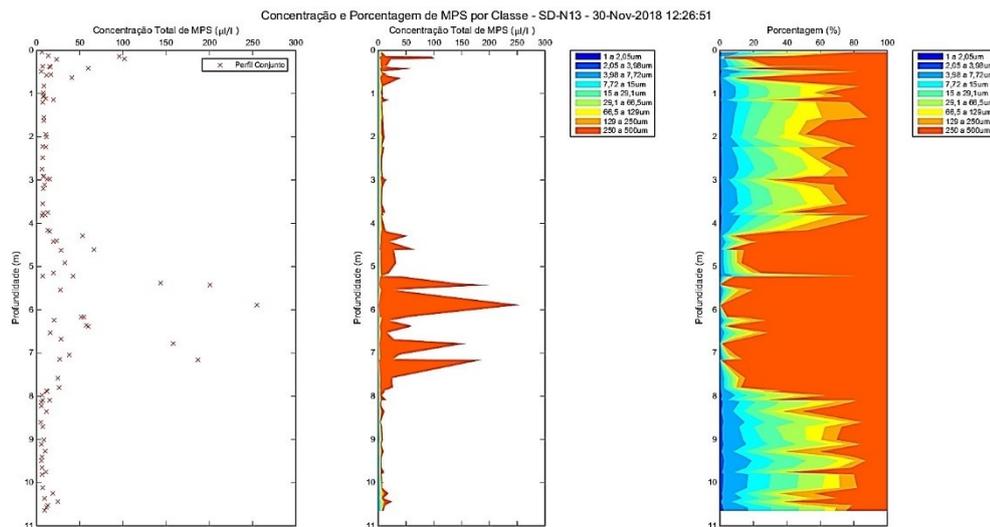


Fonte: Autoria própria.

A estação SD N13 foi a única da região central a apresentar um perfil do LISST mais semelhante ao padrão encontrado na distribuição do MPS ao longo da coluna d'água, onde maiores valores foram encontrados em meia coluna d'água ( $\approx 250 \mu\text{L/L}$ ) e foram caracterizados pela dominância quase absoluta de partículas maiores (Figura 106). Um pequeno aumento ( $\approx 100 \mu\text{L/L}$ ) também foi observado bem próximo da superfície. Os teores de MO para esta faixa batimétrica não apresentaram um padrão

claro, mas se limitaram entre 28 e 46% (SD 01 superfície e SD S13 em meia coluna d'água, respectivamente), exceto para SD N13 em superfície (97%).

Figura 106: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm. Note que o eixo Y teve que ser ajustado.

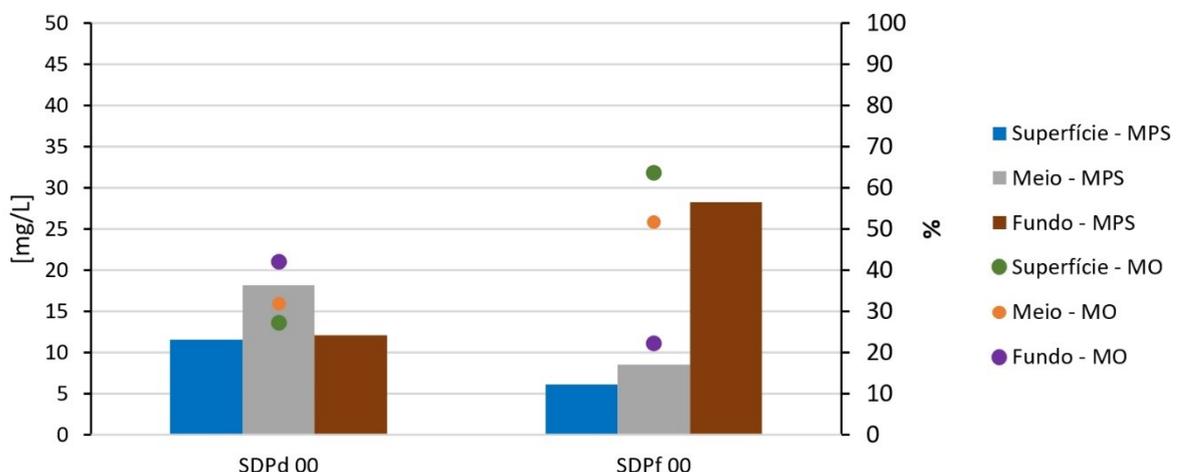


Fonte: Autoria própria.

Para esta campanha também foram amostradas água na interface da massa de elevada turbidez (Figura 107) bem como a perfilagem com o LISST no ponto interno e externo da pluma (Figura 108).

Figura 107: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para os pontos Interno e Externo da pluma de alta turbidez. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce.

### MPS - Campanha 2 Foz Interface da pluma



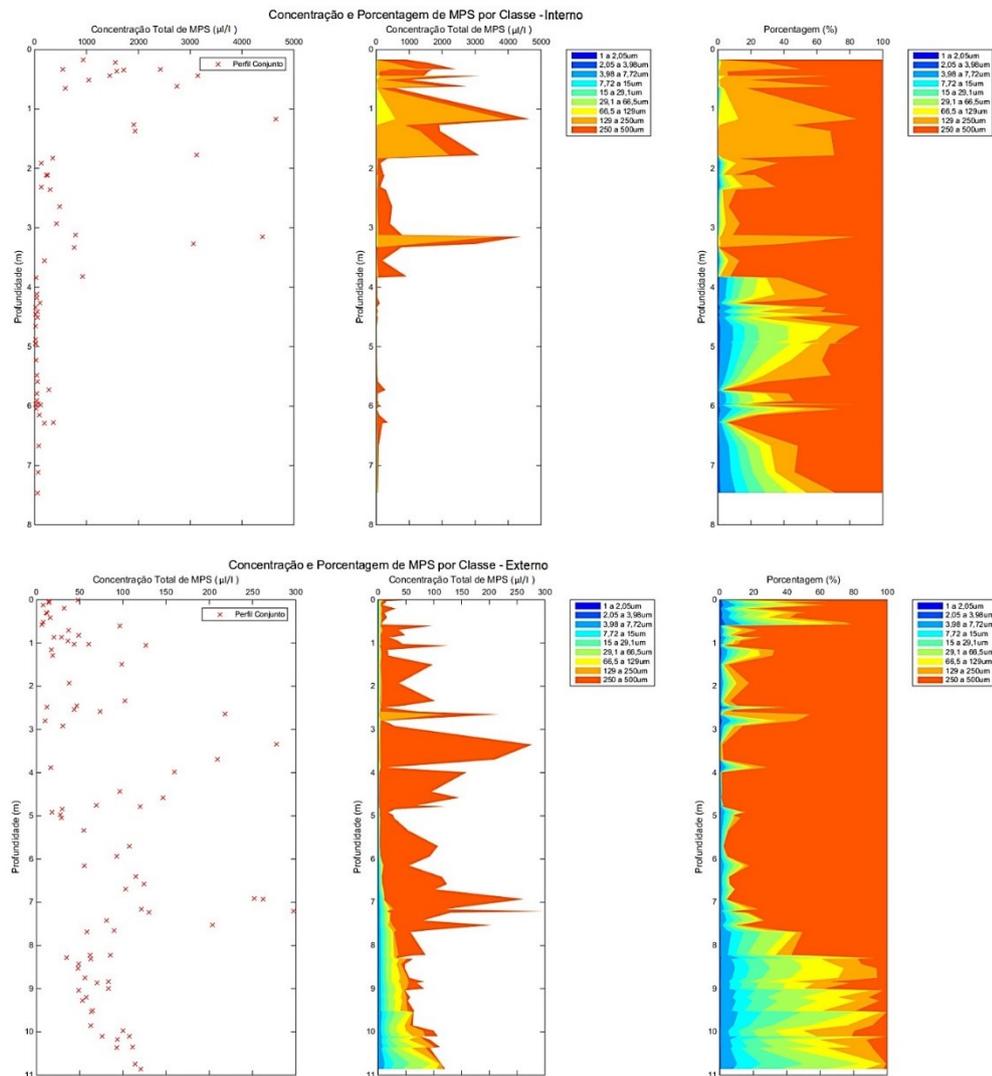
Fonte: Autoria própria.

A estação interna apresentou menor variação da concentração de MPS ao longo da coluna d'água (superfície e fundo = 12 mg/L) mas com um pequeno máximo em meia coluna d'água (18 mg/L), enquanto que a externa apresentou um aumento da concentração ao longo da coluna d'água com um máximo junto ao fundo com valores superiores aos da estação interna à pluma (28 mg/L).

O perfil do LISST registrou um padrão bem diferente do apresentado pelos dados de concentração de MPS. Nesse caso o ponto Interno apresentou valores da CVS em suspensão muito superiores aos encontrados no ponto Externo (note o eixo X da concentração total da Figura 108). Apesar do ponto externo ter apresentado valores menores do que o Interno, é possível observar aumento da CVS ao longo de toda a coluna d'água, enquanto que no ponto interno o aumento é restrito à superfície e meio da coluna d'água. O interessante é que a distribuição das partículas junto ao fundo para o ponto externo da pluma apresenta uma redução do tamanho, justamente quando a concentração do MPS apresenta seu máximo.

Apesar do padrão de concentração do MPS ter sido diferente entre as campanhas 1 e 2, os teores de MO apresentaram certa semelhança, sendo observados maiores valores na estação externa e com um máximo em superfície (64%).

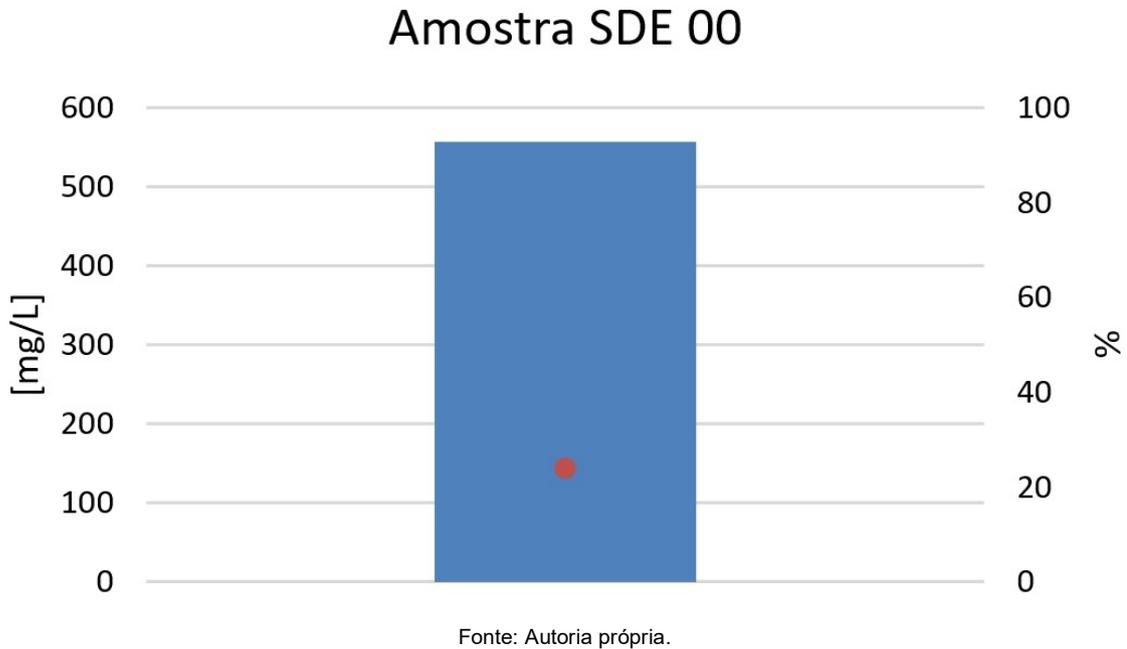
Figura 108: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para os pontos Interno e Externo da pluma de alta turbidez. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ . Parte superior: perfil no ponto Interno da interface e de coloração alaranjada; Parte inferior: perfil no ponto Externo da interface e de águas claras em superfície.



Fonte: Autoria própria.

Além da amostragem na interface da massa de elevada turbidez, uma amostra na interface ar/água foi coletada. A concentração de MPS foi muito superior (557 mg/L) àquelas encontradas ao longo da coluna d'água, apesar do teor de MO não ter ultrapassado 24% (Figura 109).

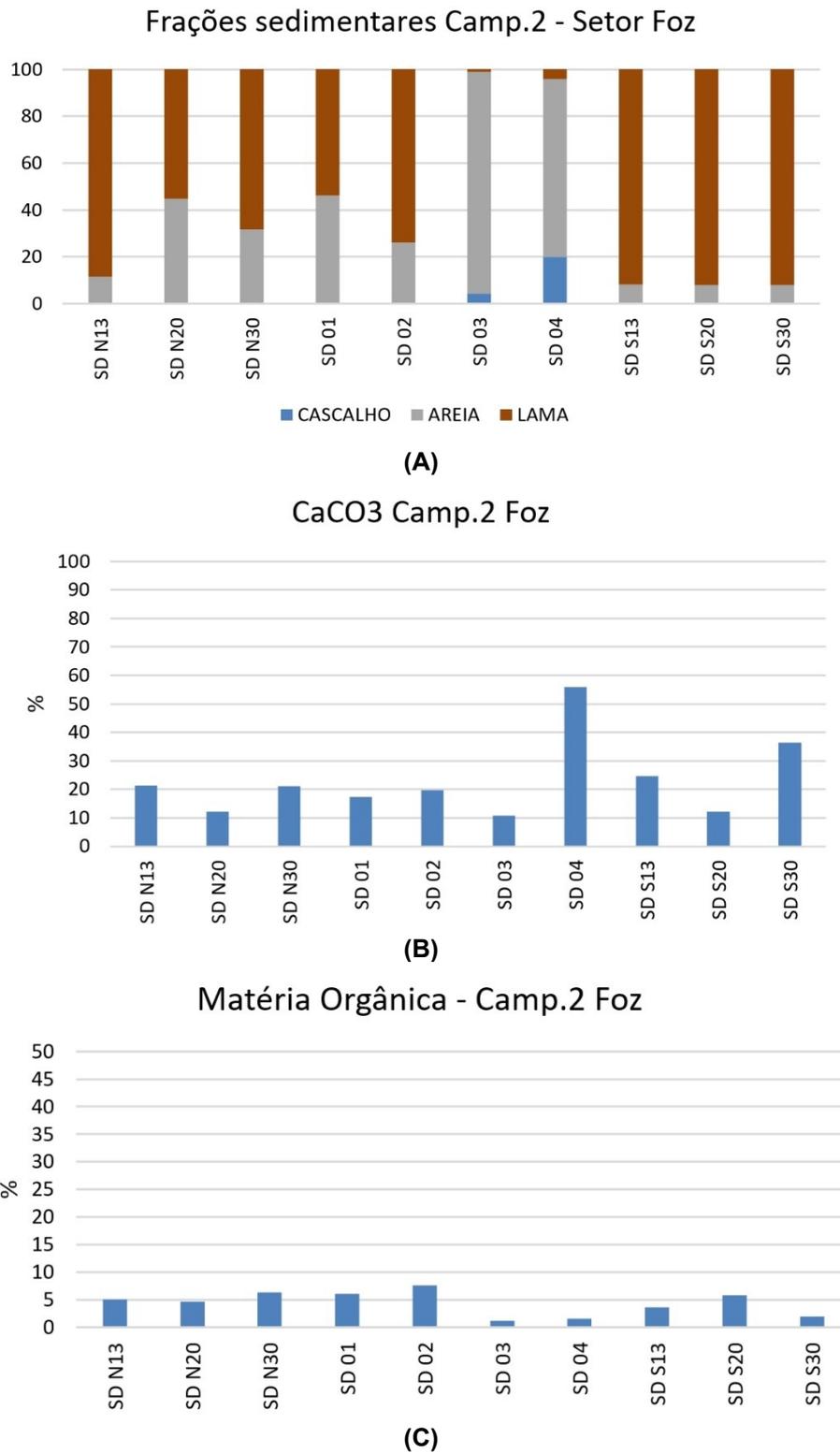
Figura 109: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e o respectivo percentual de matéria orgânica (MO; em %) da amostra coletada na interface ar/água. MPS representado em barra e MO representada em ponto. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração.



### Matriz Sedimento Superficial

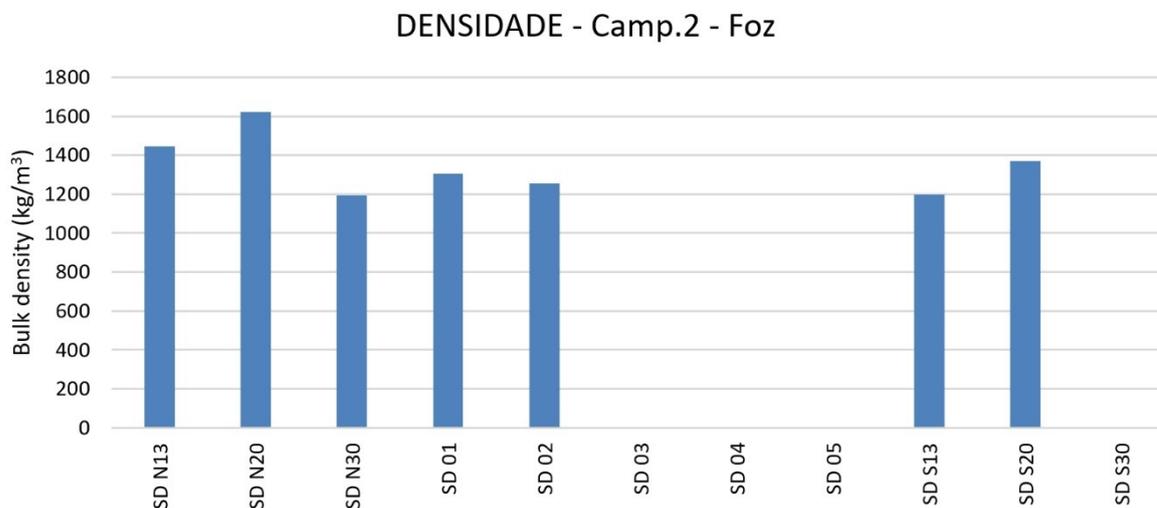
A segunda campanha no Setor Foz apresentou um caráter mais lamoso em relação à Campanha 1 (Figura 110), se observa uma redução do teor de cascalho na estação SD 03 (15 para 4%) enquanto ocorreu um aumento na SD S30 (0 para 21%). Valores de densidade (Figura 111) indicaram um aumento da consolidação do sedimento lamoso na estação SD S20 e, principalmente, na estação SD N13. A estação SD 02 foi a única que apresentou uma redução da condição de consolidação e se aproximou do limite da lama fluida ( $1253 \text{ kg/m}^3$ ). As outras estações mantiveram o padrão apresentado na Campanha 1. Vale ressaltar que a estação SD 01 manteve a densidade encontrada após o evento de cheia do Rio Doce. O teor de  $\text{CaCO}_3$  apresentou grandes alterações apenas nas estações SD 01 e SD S30, onde ocorreu um incremento principalmente na estação mais profunda (6 para 36%). Já o teor de MO sofreu, de modo geral, uma redução em todo o setor ( $\approx 5\%$ ).

Figura 110: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para p Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.



Fonte: Autoria própria.

Figura 111: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para p Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.

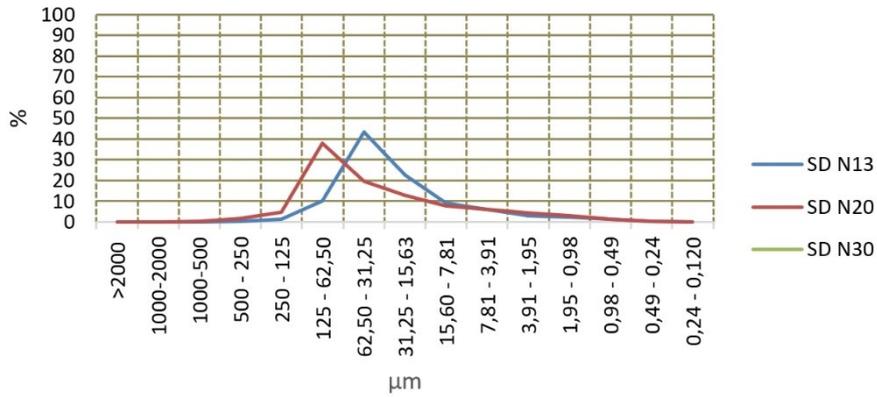


Fonte: Autoria própria.

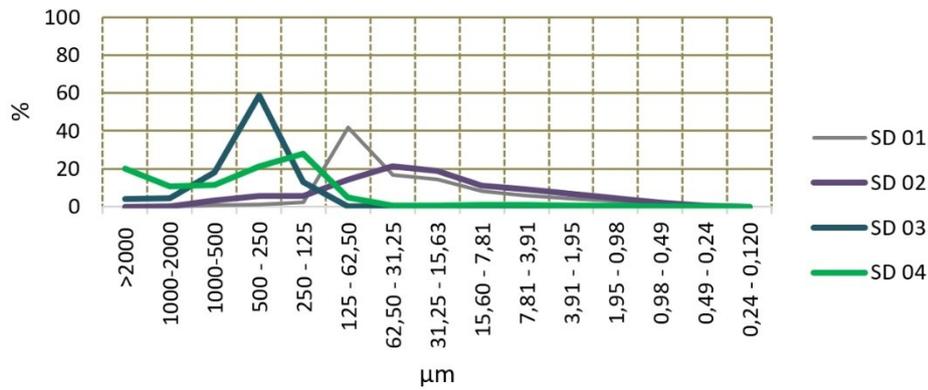
Quando se faz uma análise comparativa com a Campanha 1 observa-se um aumento do selecionamento do grão na região Norte e Central para a classe do silte grosso em detrimento das outras classes (Figura 112). Já na região Sul ocorre uma alteração das curvas granulométricas para um predomínio das classes mais finas do que argila grossa.

Figura 112: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do p Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.

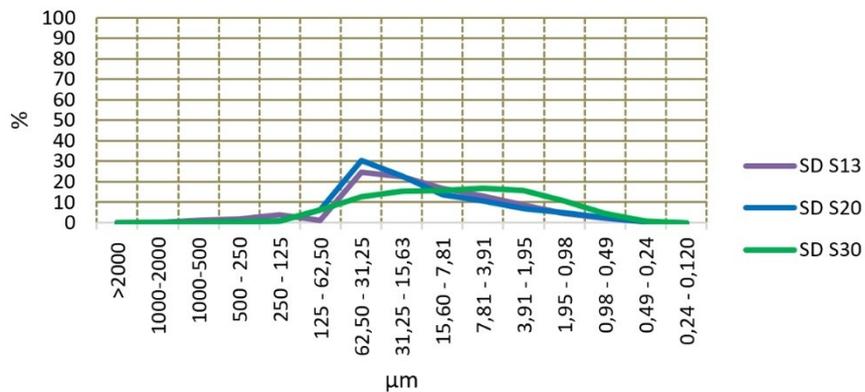
### Granulometria Camp.2 - Foz Norte



### Granulometria Camp.2 - Foz Central



### Granulometria Foz Sul



Fonte: Autoria própria.

### 1.2.1.7 Campanha 3

#### Matriz Água

Na Campanha 3 (Mensal Dezembro/2018) não foram observadas interface da massa de elevada turbidez e nem emulsões em superfície. Para este período (Figura 113) as estações ao longo da faixa batimétrica de 30 m de profundidade, ao norte e ao sul da foz do Rio Doce, foram mais uma vez as que apresentaram as maiores concentrações de MPS. A estação ao sul manteve o padrão da Campanha 2, onde a coluna d'água apresenta concentrações mais constantes (mínimo em meia coluna d'água = 24 mg/L; máximo junto ao fundo = 28 mg/L) e similares à campanha anterior (30 mg/L). No entanto as CVS foram bem menores, atingindo valores máximos em superfície próximo de 250 µl/L (Figura 114). Além desse aumento de valores na camada superficial, os dados do LISST mostram um menor incremento na concentração (≈100 µl/L) até 14m de profundidade, o que não foi observado na Campanha 2. Ainda, o padrão de distribuição do tamanho das partículas se mostra mais homogêneo, onde a faixa entre 250 a 500µm se apresenta próximo de 80% ao longo de toda a coluna d'água. Os teores de MO para esta estação também foram similares à Campanha 2, com valores ao longo da coluna d'água próximos 27%.

Figura 113: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para p Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.

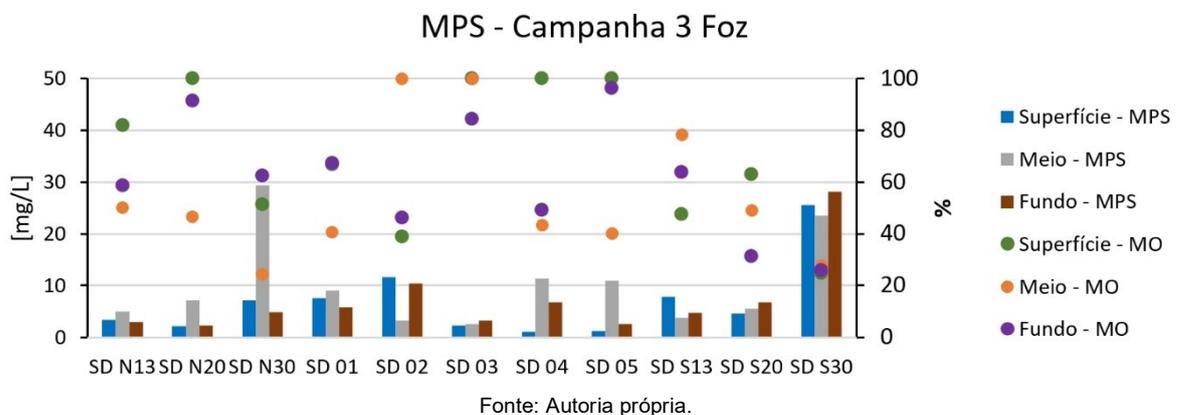
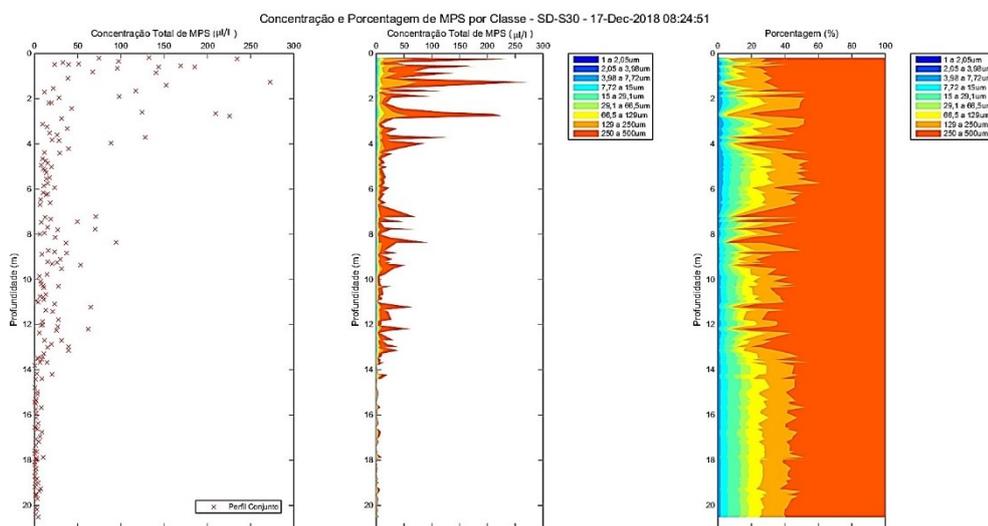


Figura 114: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Apesar das estações mais rasas da região ao Sul da foz terem apresentado um padrão e concentrações de MPS similares aos da Campanha 2, o perfil registrado pelo LISST apresentou redução nos valores da CVS em superfície tanto para a estação SD S13 ( $\approx 200 \mu\text{L/L}$ ) quanto para a SD S20 ( $600 \mu\text{L/L}$ ) e uma tendência mais homogênea de distribuição de partículas com maior abundância na faixa entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  para a estação mais rasa Figura 115 e Figura 116). Já a estação SD S20 demonstrou uma redução da abundância de partículas maiores.

Na região ao Norte da foz, a estação SD N30 apresentou a concentração de MPS máxima em meia coluna d'água (30 mg/L) e um mínimo próximo ao fundo (5 mg/L). Os valores da CVS para esta estação sofreram redução (valores máximos de 250 para valores máximos de 100  $\mu\text{L/L}$ ) e a região de ocorrência dos maiores valores foi deslocada de  $\approx 6$  para  $\approx 10$  m de profundidade quando comparados com a Campanha 2 (Figura 117). A distribuição de partículas ao longo da coluna d'água também foi alterada para um padrão mais homogêneo com 80% de partículas maiores. O teor de MO também foi alterado, apresentando valores maiores (63%) e próximo ao fundo (63%).

Para todas as outras estações do setor, as concentrações de MPS não ultrapassaram 12 mg/L (Figura 113). Outra característica observada nesta campanha foi a ocorrência de valores máximos de concentração de MPS com valores mínimos dos teores de MO em meia coluna d'água para a região ao norte da foz e um aumento gradual em direção à estação mais profunda. O perfil do LISST para a estação SD N13 foi semelhante ao encontrado na estação SD N30, mas com valores maiores de CVS (250  $\mu\text{L/L}$ ) na região de ocorrência dos valores mais elevados (Figura 118).

Figura 115: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

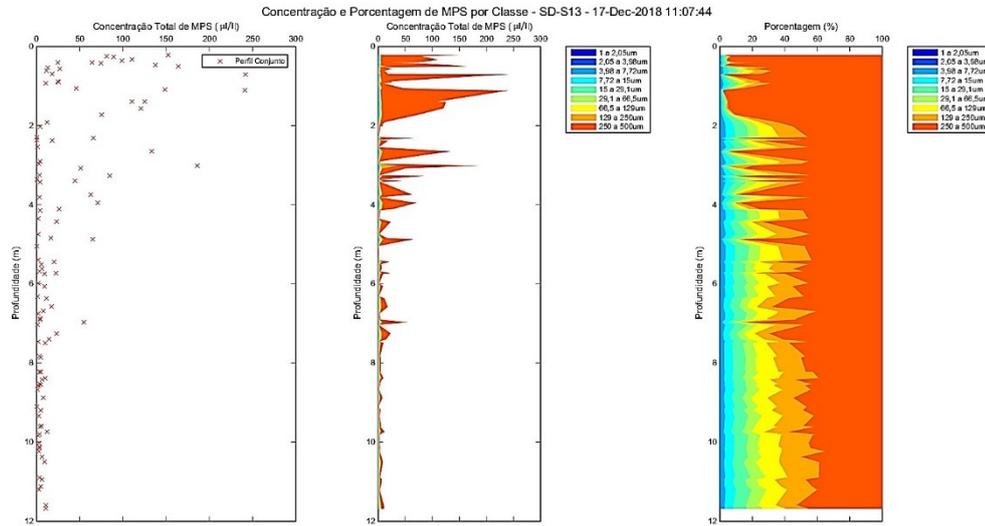


Figura 116: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

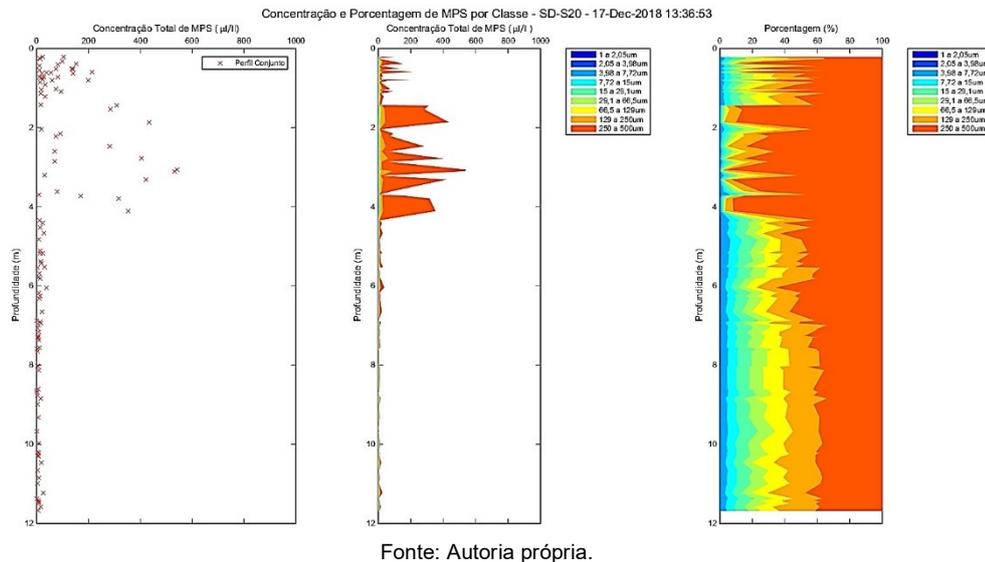
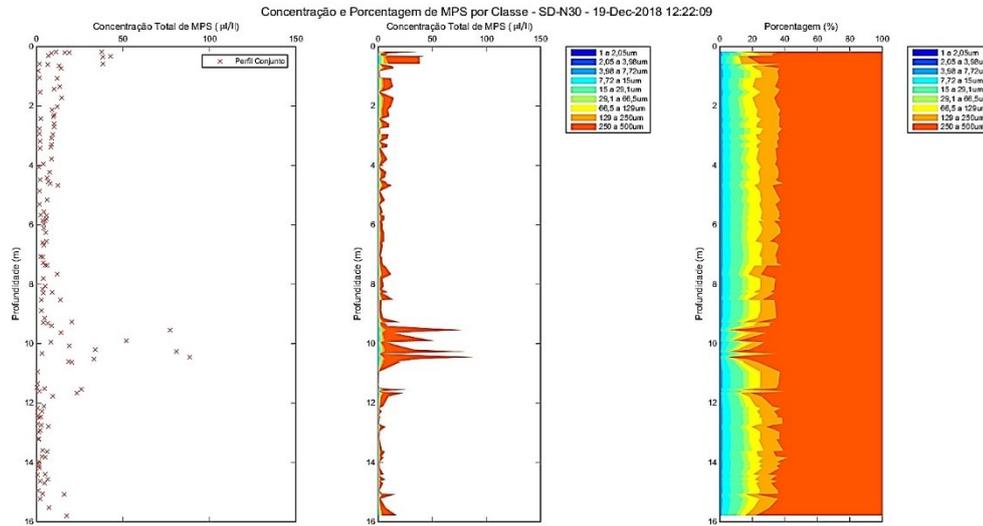
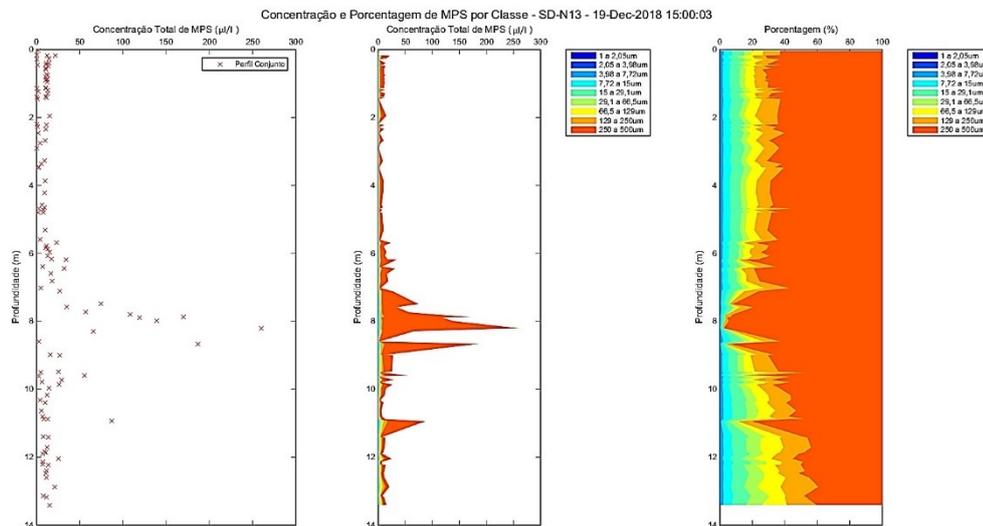


Figura 117: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

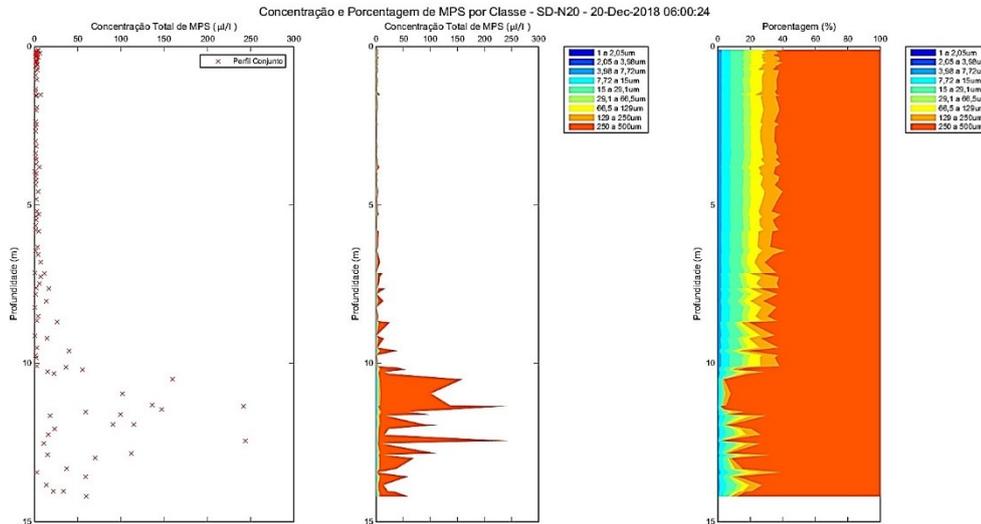
Figura 118: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Já a estação SD N20 apresentou uma região de valores máximos de CVS (250  $\mu\text{L/L}$ ) junto ao fundo, com domínio de granulometria maior (Figura 119).

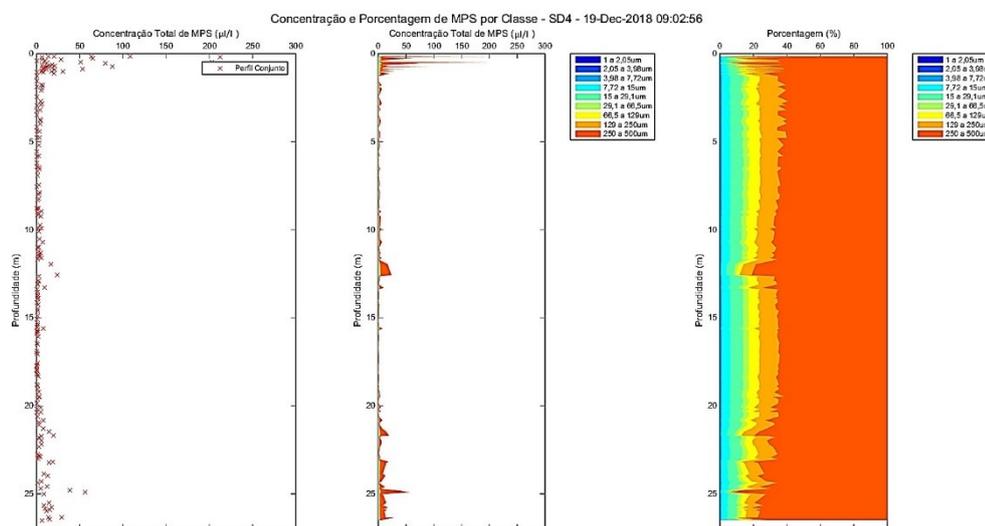
Figura 119: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

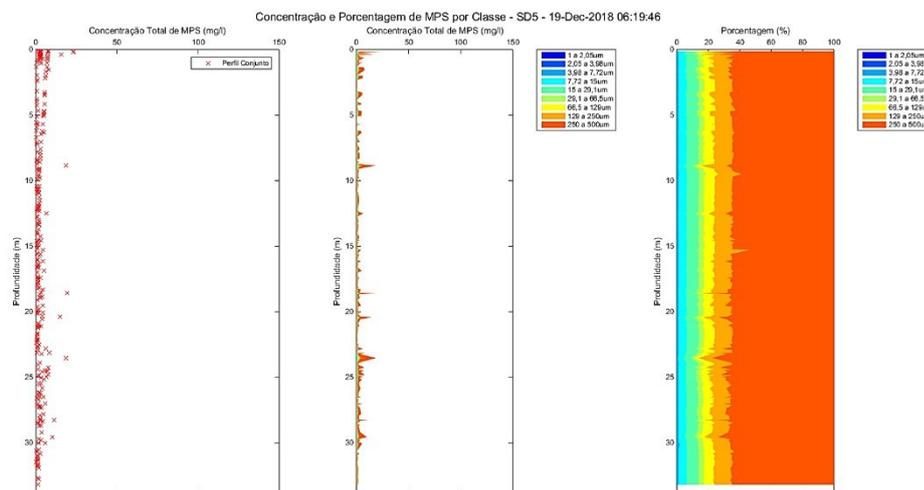
Para a região central, as únicas estações que apresentaram padrão similar entre si foram as profundas (SD 04 e SD 05), onde foram observadas concentrações máximas de MPS em meia coluna d'água (11 mg/L) e mínimo em superfície (1 mg/L). Os perfis registrados pelo LISST para essas duas estações também foram muito semelhantes (CVS <50  $\mu\text{L/L}$ ), apresentando uma coluna d'água homogênea com  $\approx 80\%$  das partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  ao longo de todas as profundidades (Figura 120 e Figura 121). Para a estação SD 04 ainda é possível observar um máximo da CVS bem próximo da superfície (100  $\mu\text{L/L}$ ), enquanto que na Campanha 2, uma região de máximo foi encontrada próximo ao fundo e maior ocorrência da faixa de maior tamanho de partículas foi observada à superfície e meio da coluna d'água (89).

Figura 120: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 121: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

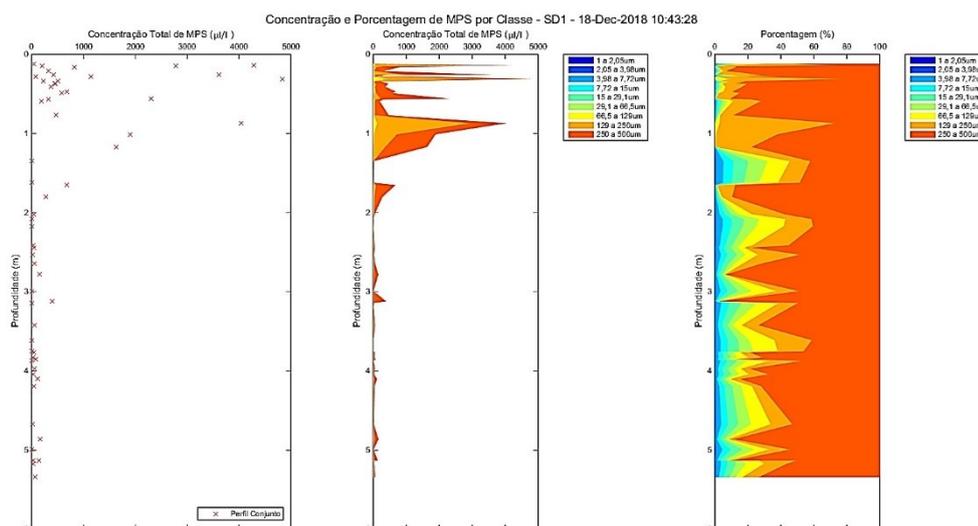


Fonte: Autoria própria.

A estação SD 01 também apresentou um máximo de concentração MPS em meia coluna d'água (9 mg/L) e um mínimo foi junto ao fundo (6 mg/L; Figura 113). No entanto a perfilagem com o LISST apresenta um padrão para a CVS com máximo em superfície (5000  $\mu\text{L/L}$ ) e tamanho das partículas na faixa de 250 a 500 $\mu\text{m}$   $\approx$ 100% (Figura 122). É possível observar que a partir de 1m de profundidade ocorre uma drástica redução da CVS e ao mesmo tempo que a abundâncias dessas partículas é

frequentemente intercalada por uma redução de quase 50% como consequência do aumento da frequência de partículas médias.

Figura 122: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a  $15\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a  $129\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a  $500\mu\text{m}$ .

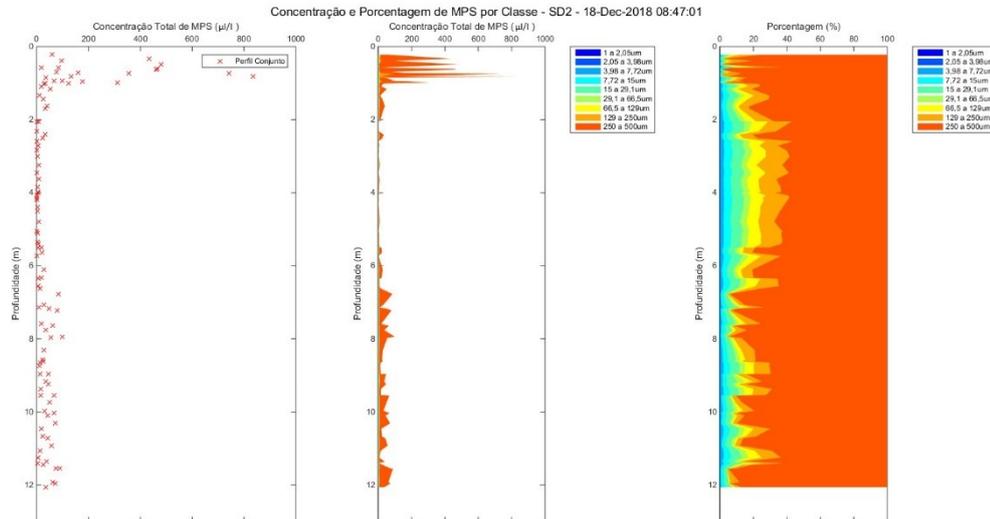


Fonte: Autoria própria.

Já as concentrações de MPS de superfície e fundo para SD 02 apresentam valores próximos entre si (12 mg/L) e um menor valor foi encontrado em meia coluna d'água (3mg/L). O perfil do LISST registrou um mínimo da CVS ( $\approx 0 \mu\text{L/L}$ ) em meia coluna d'água caracterizado por 20% de partículas entre 3,98 e  $250\mu\text{m}$ , porém os valores logo abaixo do meio da coluna d'água até o fundo foram menores do que os picos encontrados bem próximo da superfície, ambos com  $\approx 90\%$  de partículas entre 250 e  $500\mu\text{m}$  (Figura 123).

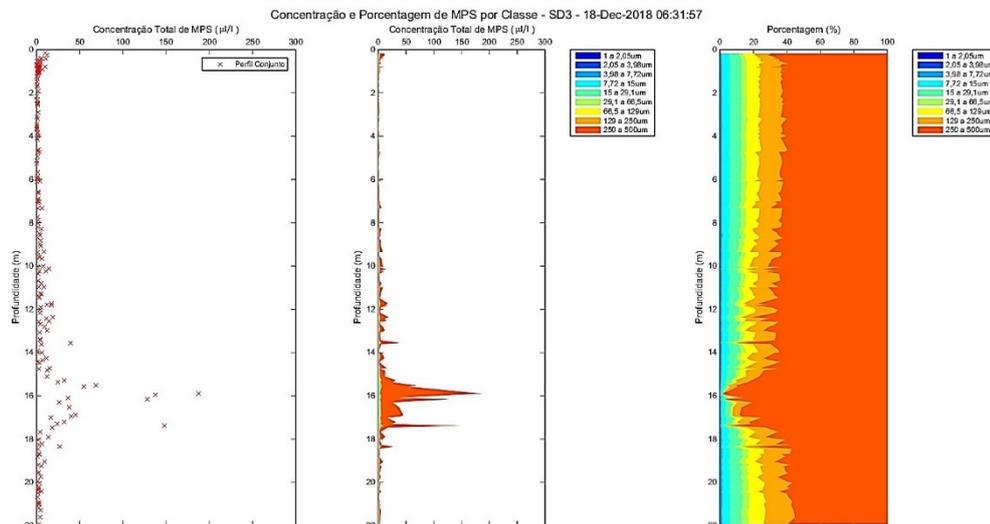
Os valores de concentração de MPS para a estação SD 03 aumentaram suavemente ao longo da coluna d'água (superfície = 2 mg/L; fundo = 3 mg/L). O perfil da CVS apresentou valores de  $50 \mu\text{L/L}$  ao longo da coluna d'água, mas com um pico ( $\approx 200 \mu\text{L/L}$ ) próximo de 16m de profundidade, onde a ocorrência das partículas entre 250 e  $500\mu\text{m}$  aumentou de 40 para  $\approx 90\%$  (Figura 124). Um padrão do teor de MO para a região central foi observado apenas para SD 03 à SD 05, onde 100% do MPS foi composto por MO (Figura 113).

Figura 123: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 124: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

### Matriz Sedimento Superficial

O sedimento superficial da Campanha 3 se assemelha ao da Campanha 1, com um caráter mais arenoso no setor, já que os teores de areia das estações SD 01 (81%) e SD S13 (88%) voltaram a dominar (Figura 125). Apesar disso os valores de densidade indicam uma redução geral de consolidação do sedimento lamoso no Setor (Figura 126). A estação SD N20 atingiu valores próximos

(1241 kg/m<sup>3</sup>) do limite de lama fluida pela primeira vez desde a Campanha 1. Nesta campanha se observa a presença de 26% de cascalho na estação SD S30, onde nas campanhas anteriores era ausente.

Um engrossamento da granulometria também foi observado na estação SD 04. Nesta estação na Campanha 2 havia um mau selecionamento e uma curva platicúrtica, agora ocorre uma curva leptocúrtica nas classes areia média e areia fina (Figura 127). Apesar do aumento do teor de areia nas regiões Sul e Central, a região Norte continua a apresentar um afinamento do sedimento com redução da classe areia muito fina e aumento das classes silte e argila. O teor de CaCO<sub>3</sub> para o Setor é mantido em valores menores ou próximos de 20% como na Campanha 2, mas na SD 05 ocorre um incremento (97%). Os teores de MO também se mantiveram semelhantes aos da Campanha 2, onde o percentual continuou próximo de 5%.

Figura 125: A) teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para p Setor Foz. B) teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. C) teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.

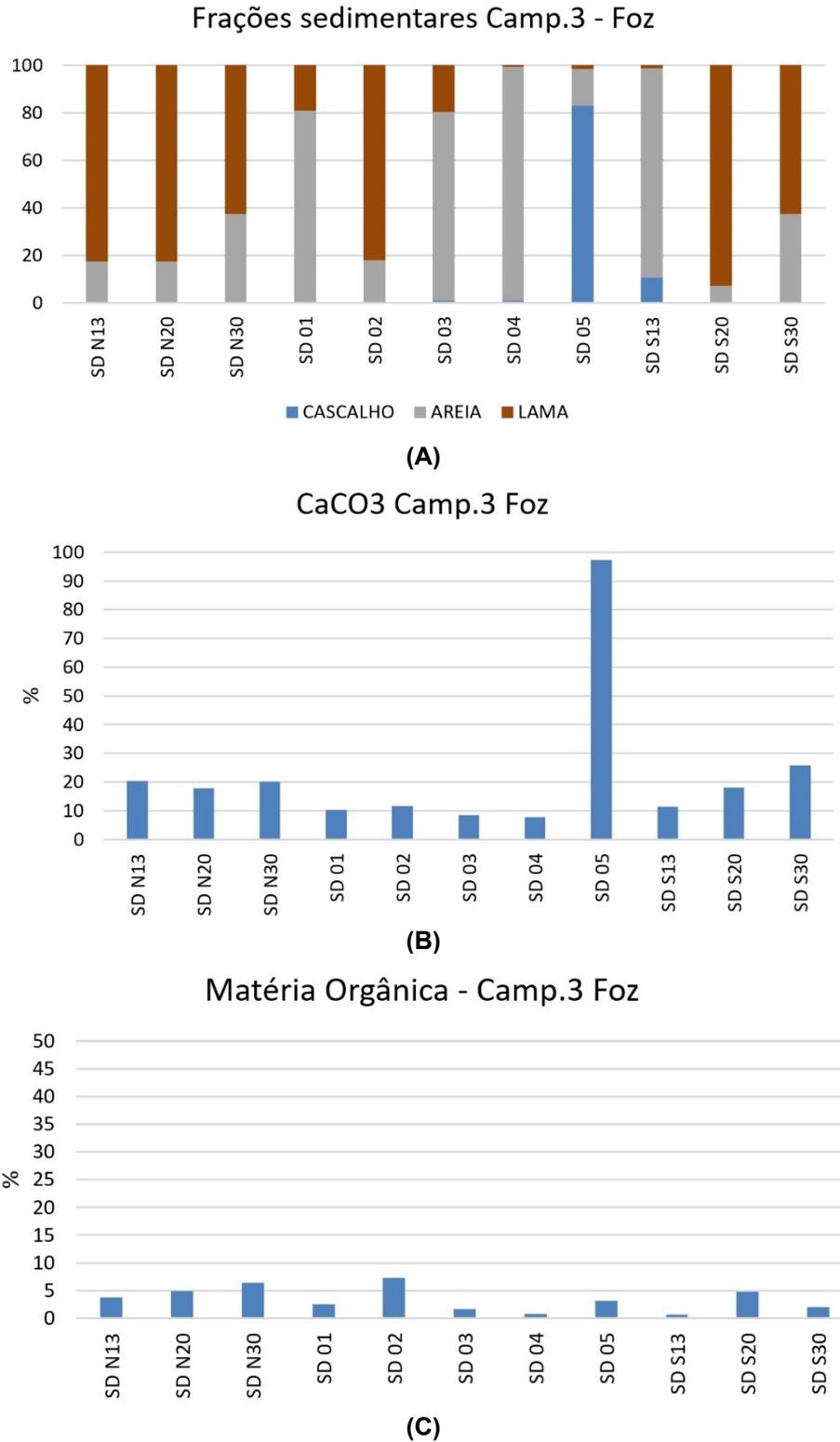
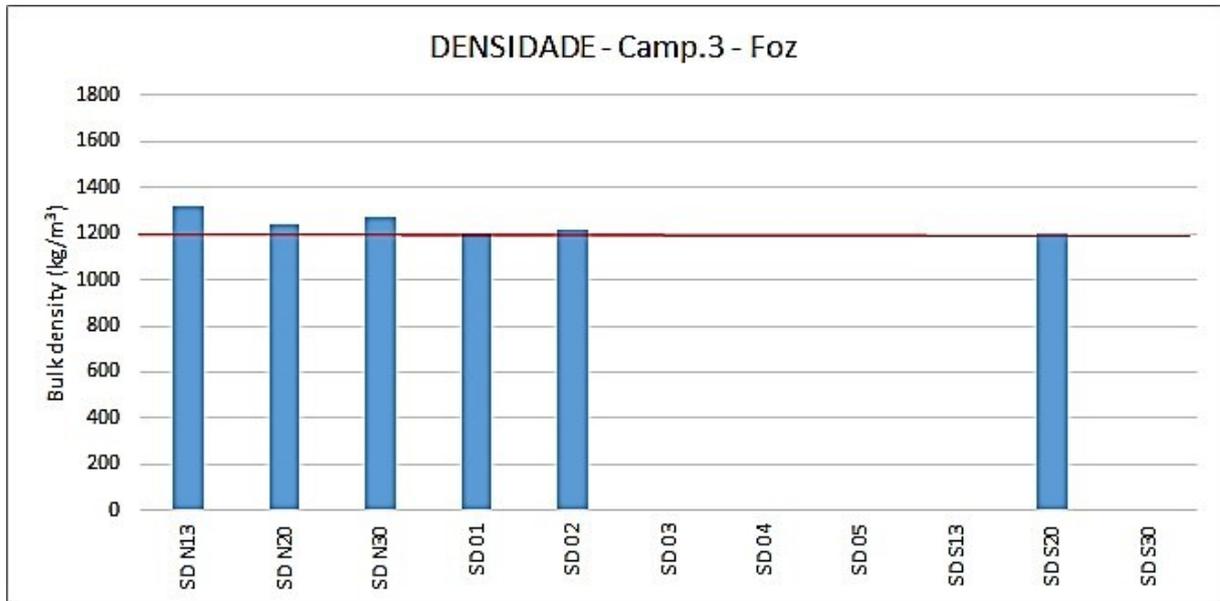
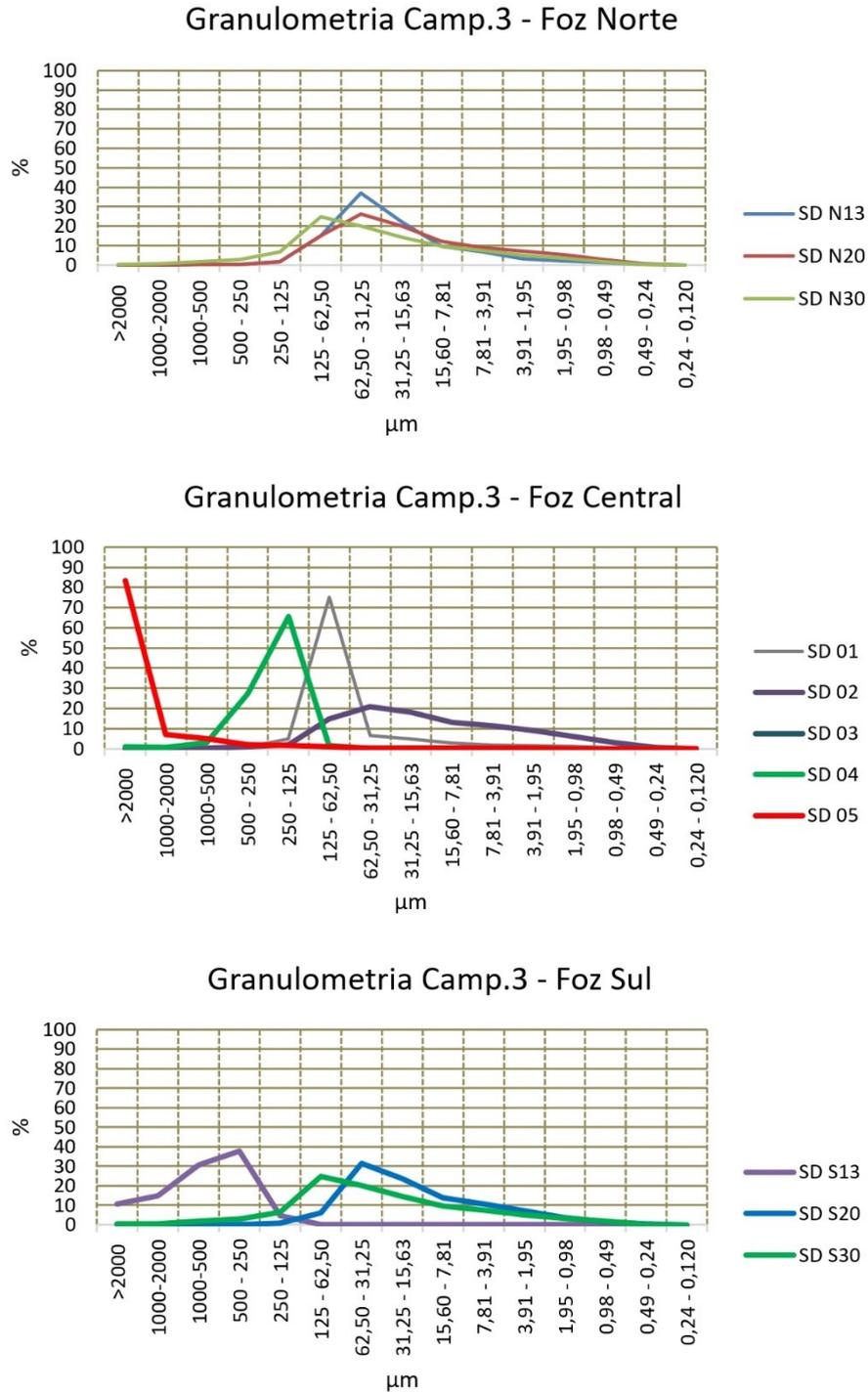


Figura 126: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para p Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 127: Classes granulométricas com intervalo de 1 em 1 phi para o sedimento superficial do Setor Foz. Classes são apresentadas em frequência (%). Fração areia: >2000= cascalho; 2000-1000= areia muito grossa; 1000-500= areia grossa; 500-250= areia média; 250-125= areia fina; 125-62,50= areia muito fina. Fração lama: 62,50-31,25= silte grosso; 31,25-15,63= silte médio; 15,60-7,81= silte fino; 7,81-3,91= silte muito fino; 3,91-1,95= argila grossa; 1,95-0,98= argila média; 0,98-0,49= argila fina; 0,49-0,24= argila muito fina; 0,24-0,120= coloide.



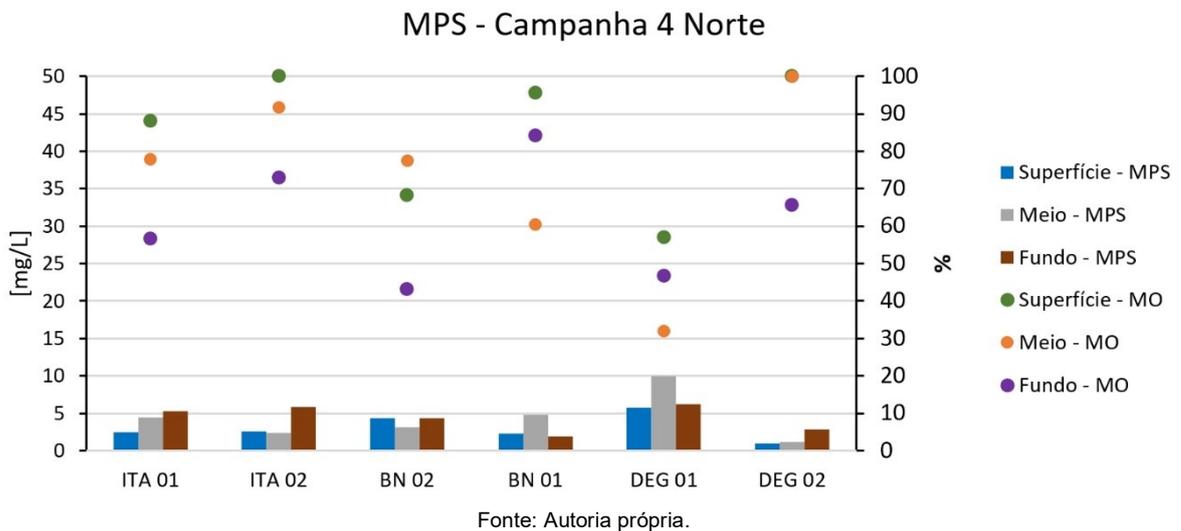
Fonte: Autoria própria.

### 1.2.1.8 Campanha 4

#### Matriz Água

No Setor Norte (Figura 128), a estação DEG 01 foi novamente a que apresentou os maiores valores de concentração de MPS do setor (meio = 10 mg/L), no entanto seus valores foram inferiores aos observados na Campanha 1 (fundo = 31 mg/L; Figura 35). A abundância de partículas maiores foi reduzida enquanto que partículas entre 29 e 129µm aumentaram em relação à Campanha 1 (Figura 129). Picos da CVS presentes na Campanha 1 já não estiveram presentes na 4, já que os valores registrados pelo LISST foram similares ao longo da coluna d'água.

Figura 128: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Norte. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



DEG 02 também apresentou um padrão diferente da Campanha 1, com um aumento de concentração de MPS ao longo da coluna d'água ao invés de um máximo em meia água como anteriormente. Os valores de MPS também foram inferiores (máximo junto ao fundo = 3 mg/L). Uma diferença marcante entre a Campanha 1 e 4 para essa estação é observada para CVS (Figura 130), no qual 100% das partículas até meia água estiveram entre 2,05 a 3,98µm, e ≈100% das partículas do meio da coluna d'água até próximo do fundo se encontravam entre 250 e 500µm; o fundo se apresentou intercalado entre partículas menores e médias.

Figura 129: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação DEG 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

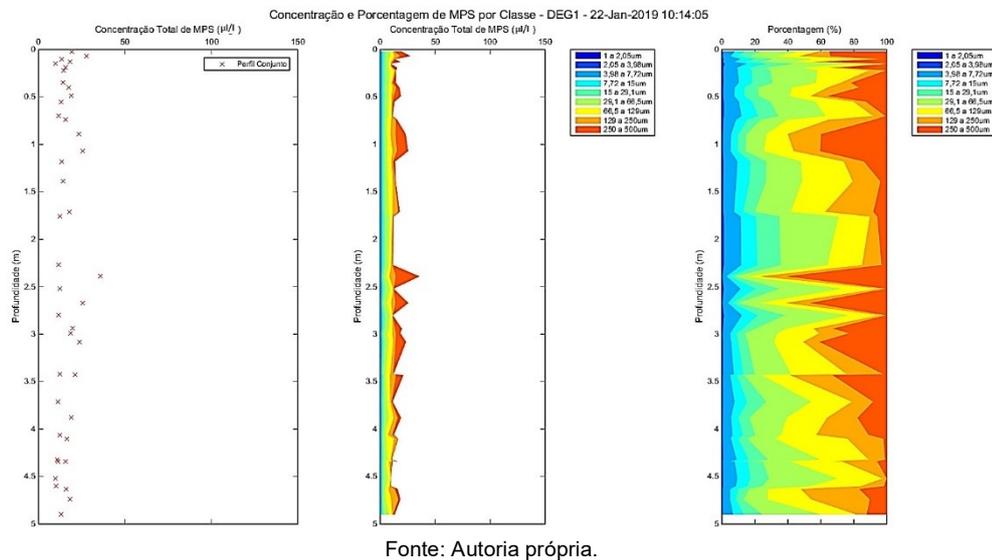
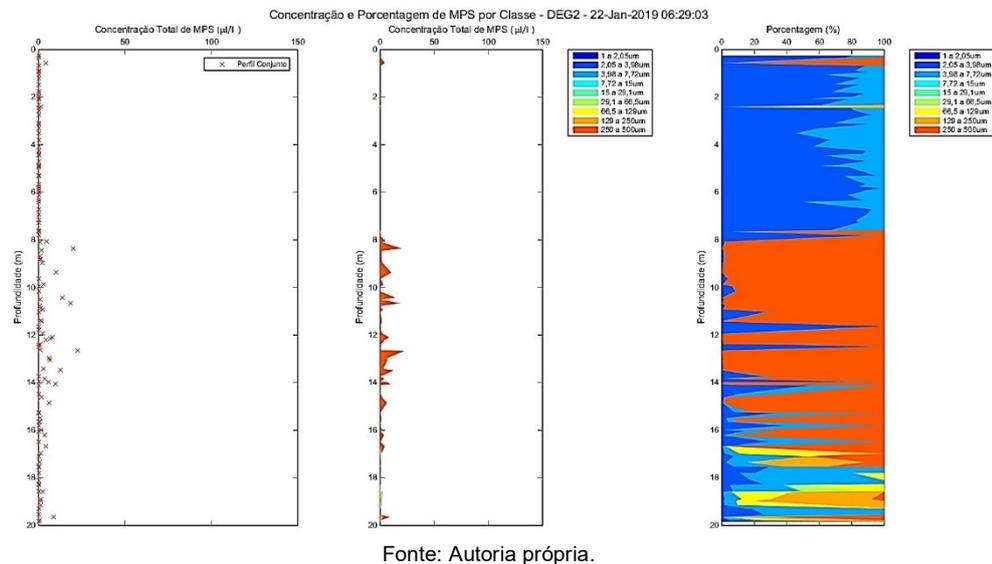


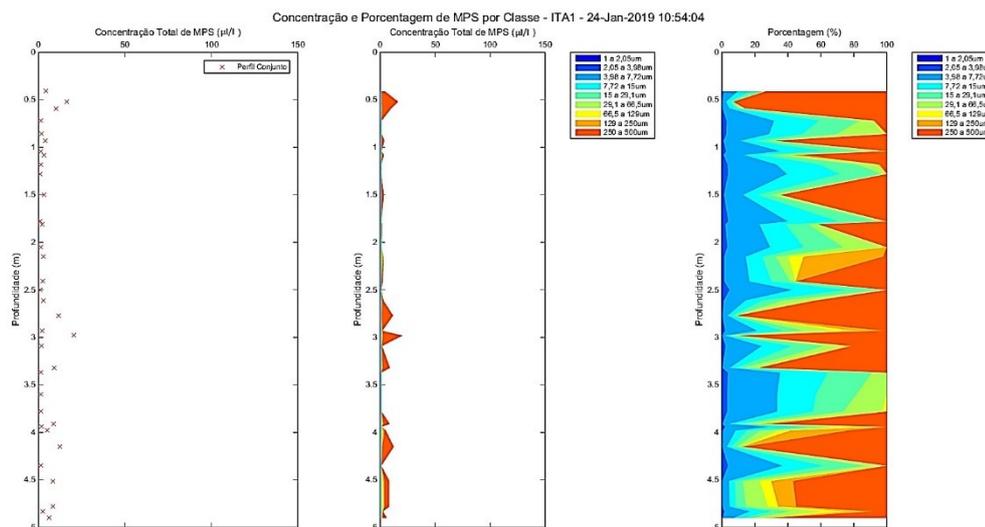
Figura 130: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação DEG 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Diferente da Campanha 1, a região de Itaúnas apresentou seus máximos junto ao fundo para as duas estações, onde ITA 01 teve um aumento de concentração ao longo da coluna d'água (superfície = 3 mg/L) e ITA 02, com superfície e meio da coluna d'água com valores similares ( $\approx 3 \text{ mg/L}$ ). Apesar dos valores de concentração de MPS terem sido similares as da Campanha 1, os valores da CVS foram inferiores ITA 01 e com maior presença de partículas menores ao longo da coluna d'água para as duas

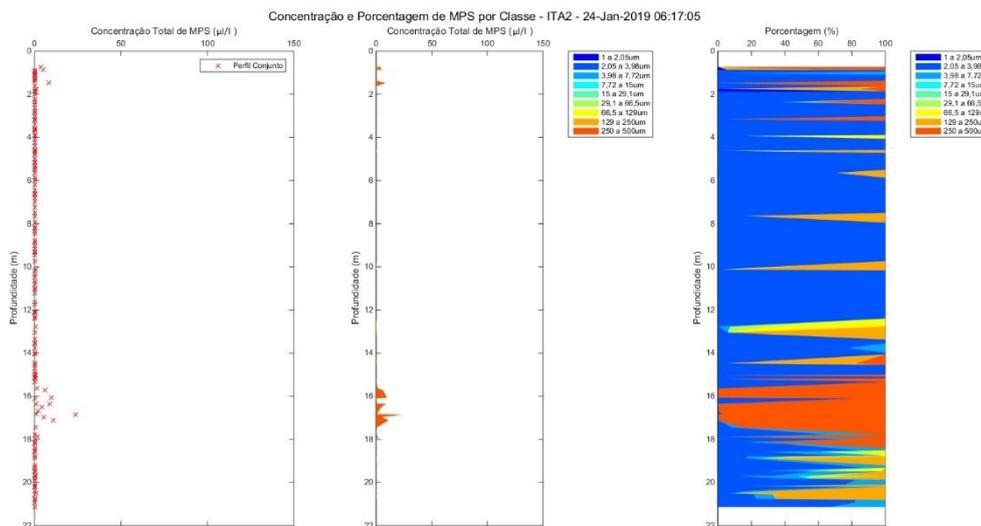
estações (Figura 131 e Figura 132). Os teores de MO para essa região seguiu um padrão de máximo em superfície e mínimo junto ao fundo (mínimo em ITA 01 = 57%).

Figura 131: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação ITA 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 132: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação ITA 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

As concentrações de MPS para a região de Barra Nova foram similares aos da Campanha 1 para a estação BN 02, onde o mínimo se deu em meia coluna d'água enquanto a superfície e fundo apresentaram valores iguais (4 mg/L). Apesar dos valores de concentração de MPS terem sido similares, o registro do LISST indicou águas mais claras para as duas estações, com dados abaixo do limite de detecção do equipamento, principalmente para a estação mais profunda (Figura 133 e Figura 134). Os valores da CVS se encontram iguais ou muito próximos de zero (Planilha de dados Campanha 4 em Anexo), exceto em alguns pontos na superfície em BN 02 que foram caracterizados por partículas entre 3,98 e 15µm e entre 129 e 500µm. O filtro com o MPS retido da camada superficial da coluna d'água de BN 02 foi o único da região a apresentar coloração mais evidente (Figura 135), mesmo que a camada do fundo também tenha tido a mesma concentração de MPS (4,4 mg/L). Outro fato a ser considerado como partículas menores do que o limite de detecção e não o resultado de erro do equipamento são os perfis da região de Itaúnas registrados 1 dia após a região de Barra Nova. Os teores de MO em BN 01 se mantiveram maiores do que em BN 02, no entanto máximos e mínimos foram alterados, onde o maior teor passou a ser em superfície (96%). BN 02 manteve seu máximo em meia água (77%).

Figura 133: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação BN 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm.

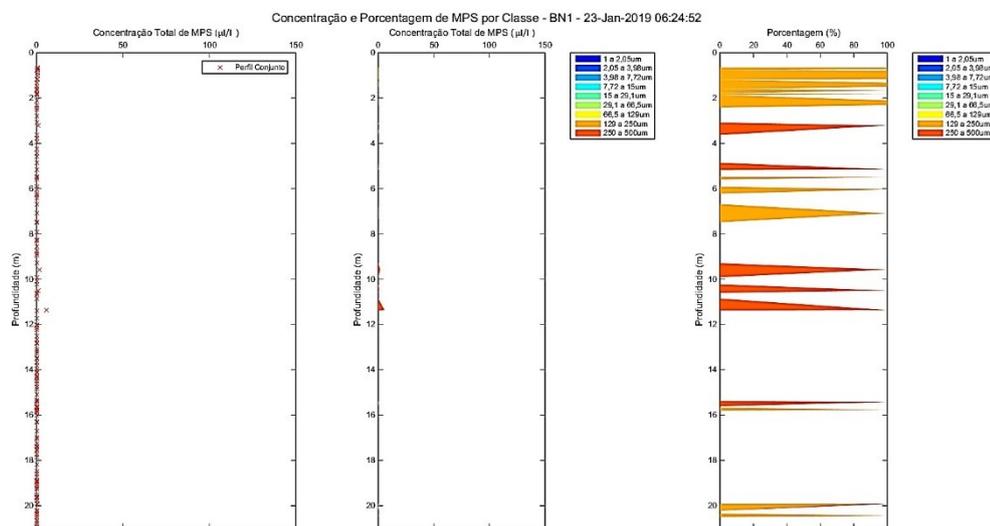


Figura 134: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação BN 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; µl/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm.

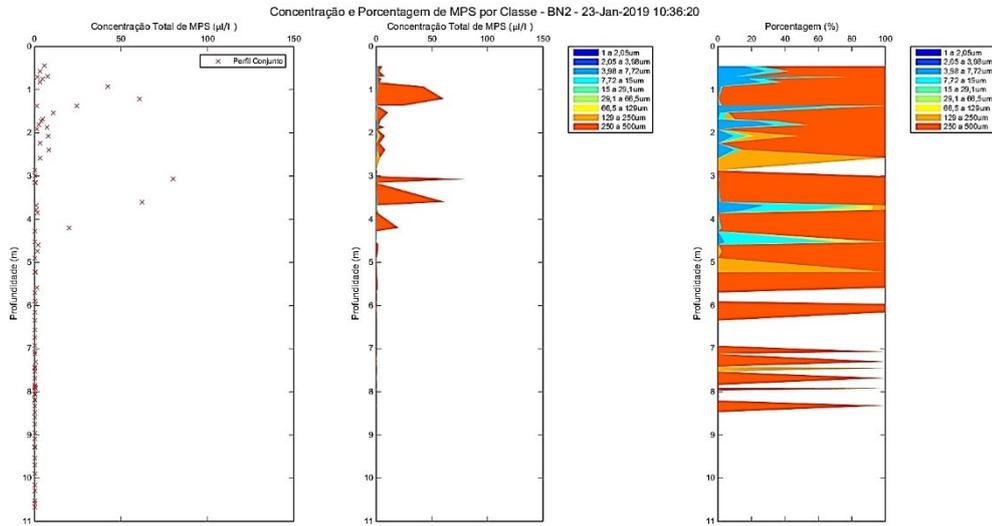


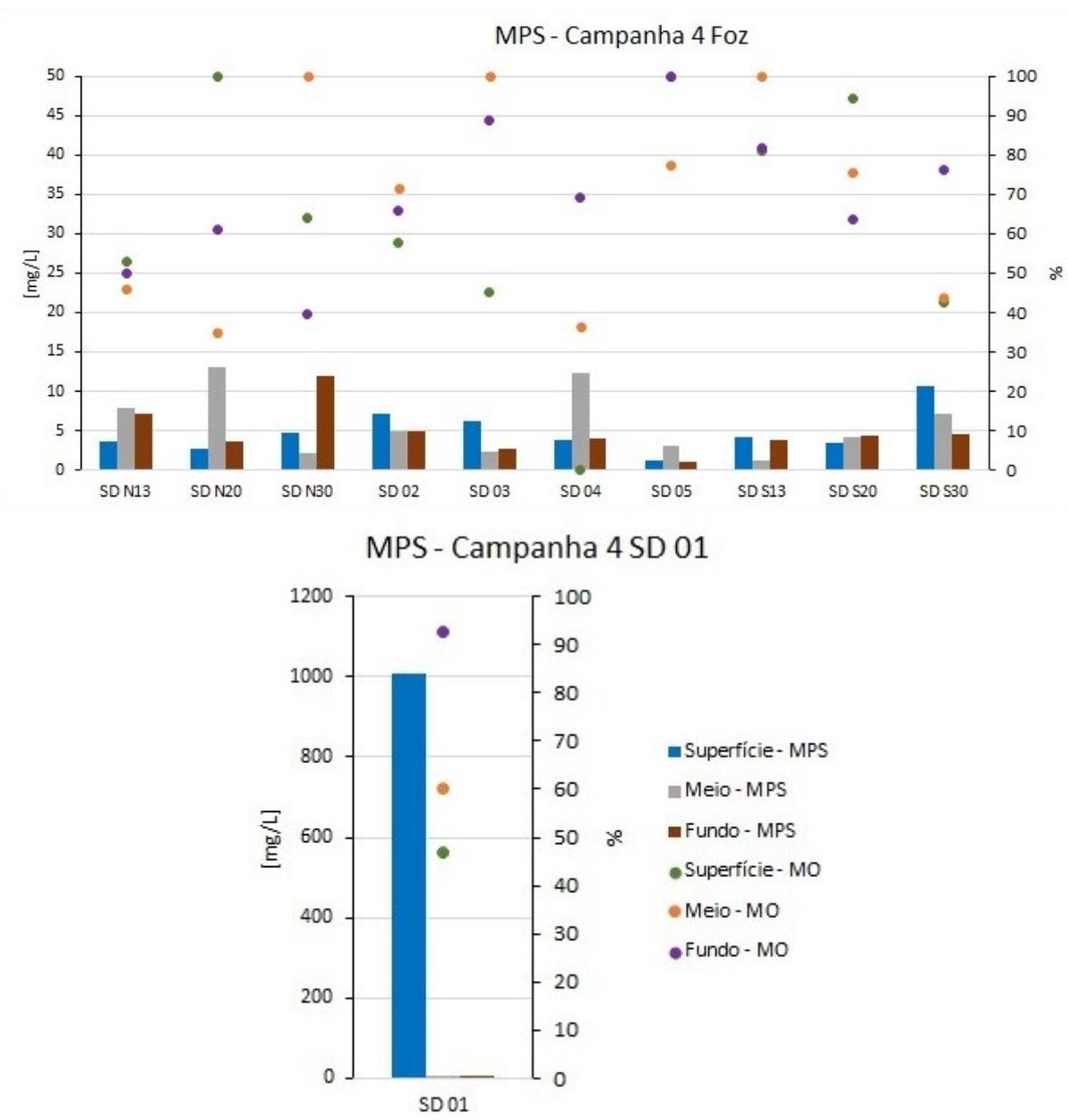
Figura 135: Fotos dos filtros utilizados para filtrar o material particulado em suspensão das camadas superficial, meio e fundo da coluna d'água das estações BN 01 (à esquerda) e BN 02 (à direita). Note a coloração dos filtros.



Fonte: Autoria própria.

O Setor Foz (Figura 136) apresentou seus menores valores de concentração de MPS na Campanha 4, quando as concentrações não ultrapassaram 13 mg/L (máximo em meia coluna d'água em SD N20), exceto pelo máximo de 1006 mg/L em superfície (meio e fundo  $\leq 5$  mg/L) observado na estação SD 01. Essa foi a maior concentração de MPS encontrada desde a Campanha 1, ainda maior do que os 557 mg/L filtrados na emulsão amostrada na Campanha 2. É importante salientar que o máximo de MO para a estação SD 01 foi encontrado junto ao fundo (93%), enquanto que o mínimo foi em superfície (47%).

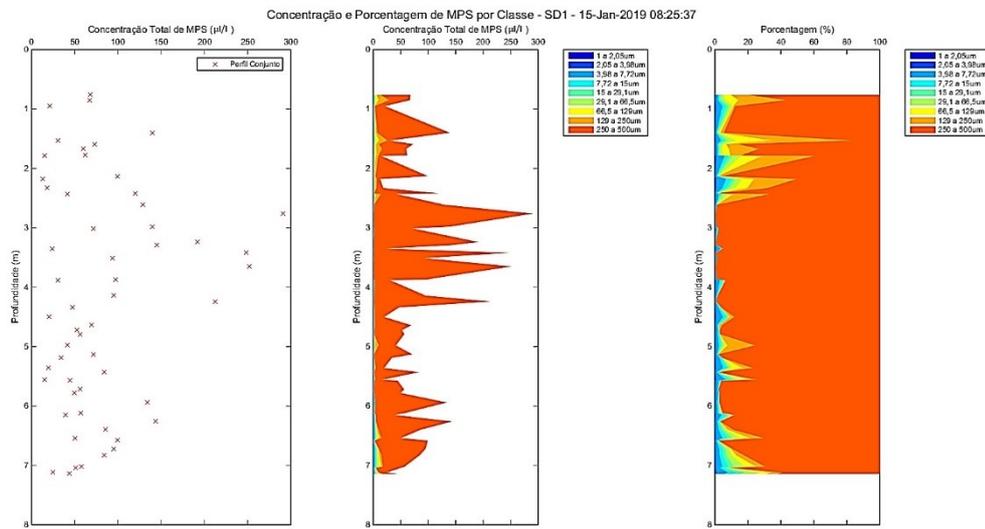
Figura 136: Gráfico à esquerda: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. Ressalta-se que a estação SD 01 teve que ser apresentada separadamente (gráfico à direita) devido ao seu elevado valor de MPS em superfície. Note que o eixo Y teve que ser ajustado em seu valor máximo.



Fonte: Autoria própria.

O perfil do LISST para a estação SD 01 apresenta valores elevados ao longo de toda a coluna d'água e um máximo em meia água (Figura 137). A distribuição do tamanho de partículas mostra uma abundância da faixa entre 250 a 500µm de ≈90% em superfície e no fundo da coluna d'água e ≈100% no meio da coluna d'água.

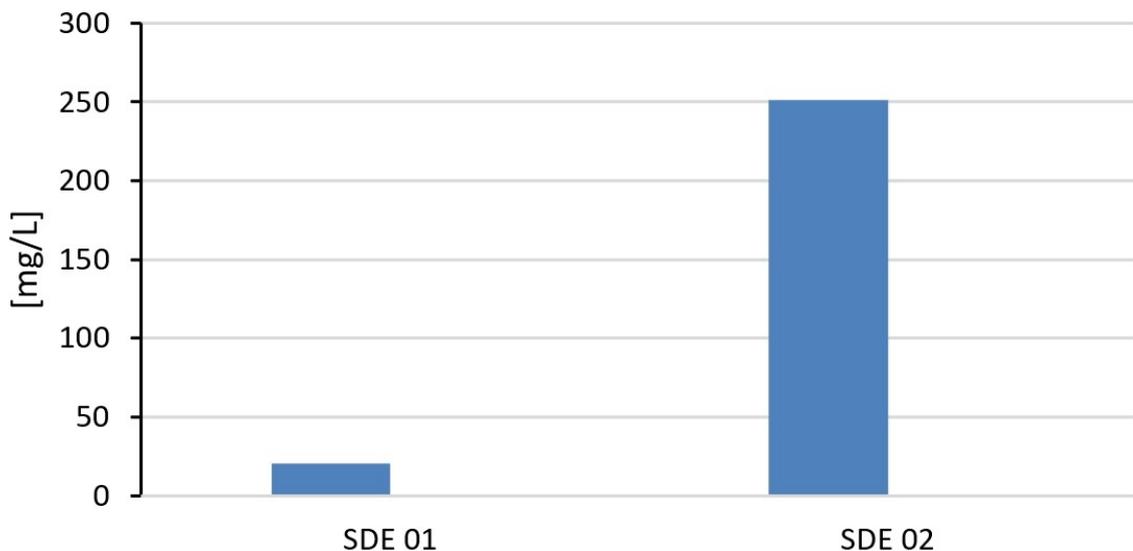
Figura 137: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água da estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Uma amostra de emulsão também foi coletada na estação SD 01, no entanto sua concentração foi apenas de 7 mg/L (SD 01 Extra; Figura 138). Já a emulsão amostrada entre as estações SD 01 e SD 02 também apresentou uma concentração de MPS elevada (SDE2; 251 mg/L). Não foi observada a presença de uma interface clara para esta campanha durante os embarques realizados, não sendo feita uma perfilagem com pontos amostrais interno e externo da massa de elevada turbidez.

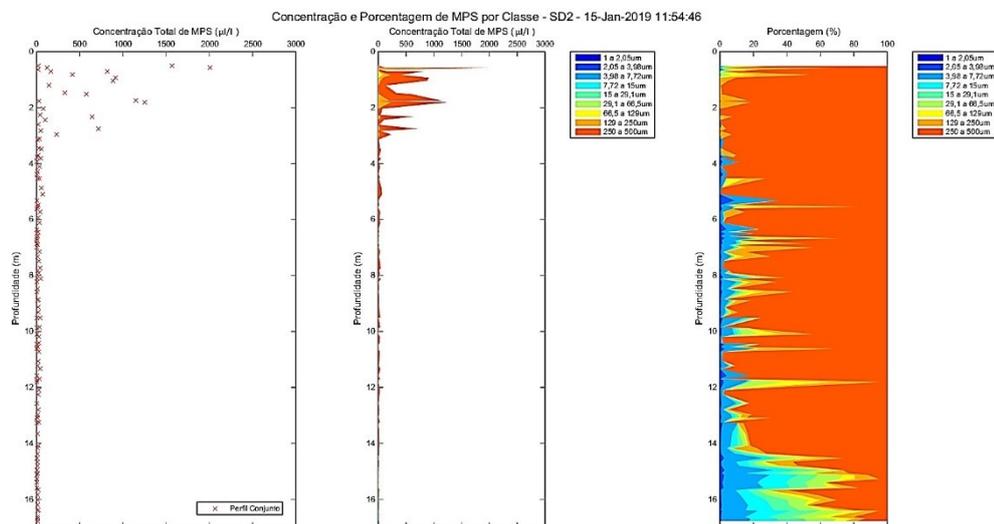
Figura 138: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) de amostras coletadas na interface ar/água. MPS representado em. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração.



Fonte: Autoria própria.

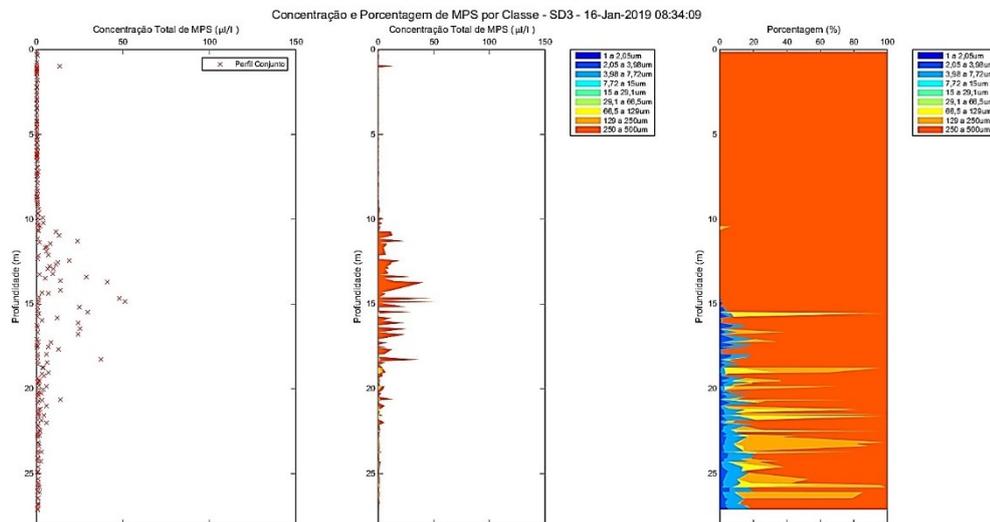
As estações SD 02 e SD 03 mantiveram um máximo em superfície, mas não ultrapassaram os 7 mg/L (SD 02). O perfil da CVS para a estação SD 02 está de acordo com o de MPS, mas apresenta valores muito elevados ( $\approx 2000 \mu\text{g/L}$ ; Figura 139). A distribuição do tamanho de partículas apresenta uma tendência de diminuição em direção ao fundo em que na superfície a faixa de maior tamanho constitui  $\approx 100\%$ . Já a estação SD 03 apresentou maiores valores em meia coluna d'água, mas com valores bem inferiores à SD 02 (Figura 140). O padrão de distribuição do tamanho de partículas é semelhante ao da faixa batimétrica de 20m, mas a tendência de redução ocorre abaixo da meia coluna d'água e sem a presença de partículas médias.

Figura 139: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{g/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

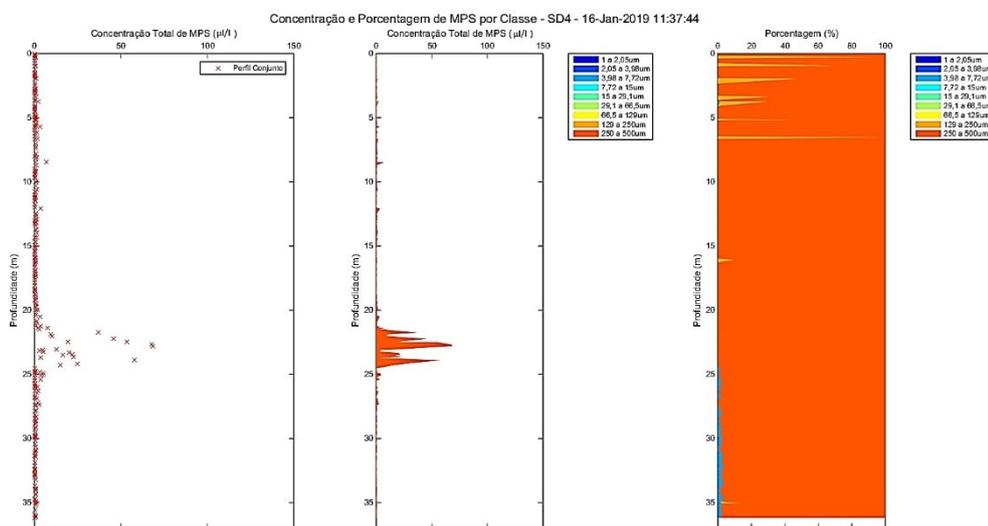
Figura 140: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

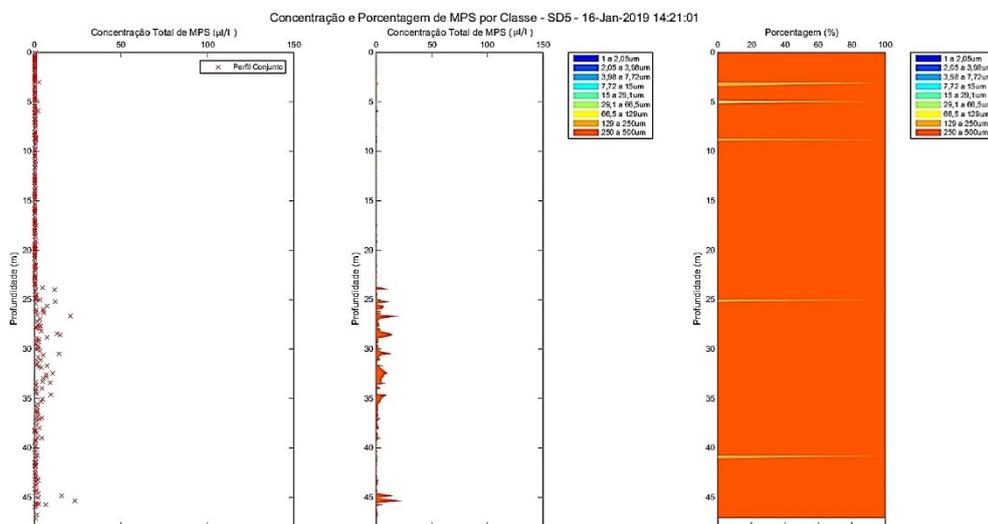
Nota-se uma tendência de redução de concentração do MPS da estação SD 01 até a SD 04, onde ocorre um máximo isolado em meia coluna d'água, sendo este o segundo maior valor de concentração de MPS para a região central nesta campanha (meio = 12 mg/L; superfície e fundo = 4 mg/L), enquanto que a estação SD 05 apresentou os menores valores de MPS do setor (meio = 3 mg/L). O máximo em meia coluna d'água na estação SD 04 também é registrado no LISST, enquanto que nas outras profundidades os valores da CVS se mantêm próximo de zero (Figura 141). Mesmo com concentrações baixas, o material particulado é constituído em  $\approx 100\%$  por partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  ao longo de toda a coluna d'água. Tanto o padrão da CVS apresentado quanto da distribuição do tamanho de partículas para a estação SD 05 se assemelham com a SD 04 (Figura 142).

Figura 141: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 142: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

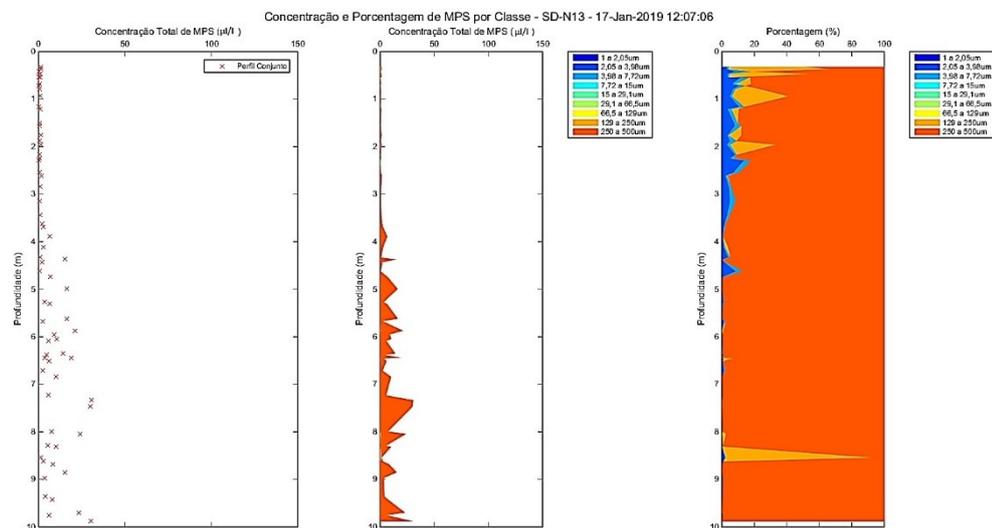


Fonte: Autoria própria.

A tendência de redução da concentração do MPS das regiões mais rasas para as mais profundas é acompanhada pelo decréscimo dos teores de MO (Figura 136) em superfície da estação SD 02 (58%) até atingir o mínimo do setor em SD 04 (0%). Já os teores de MO no meio e fundo são maiores na SD 03 (100 e 89%, respectivamente), enquanto o máximo em superfície para a região central é encontrado na SD 05 (100%).

Apesar das estações mais rasas da região central terem apresentado um elevado pico de MPS em superfície, as estações mais rasas ao sul e ao norte da foz tiveram valores abaixo de 10 mg/L, onde SD N13 demonstrou meio e fundo com valores similares ( $\approx 8$  mg/L) e SD S13 teve seu mínimo em meia coluna d'água (1 mg/L). Essa similaridade entre meio e fundo da coluna d'água ao norte da foz também foi observada pelo LISST, nos valores da CVS (Figura 143). Diferente do que foi observado para a região central, a ocorrência das partículas maiores aumenta com a profundidade e atinge  $\approx 100\%$  a partir do meio da coluna d'água. Partículas de tamanho médio não são observadas. Teores de MO foram maiores ao sul e no meio da coluna d'água (100%).

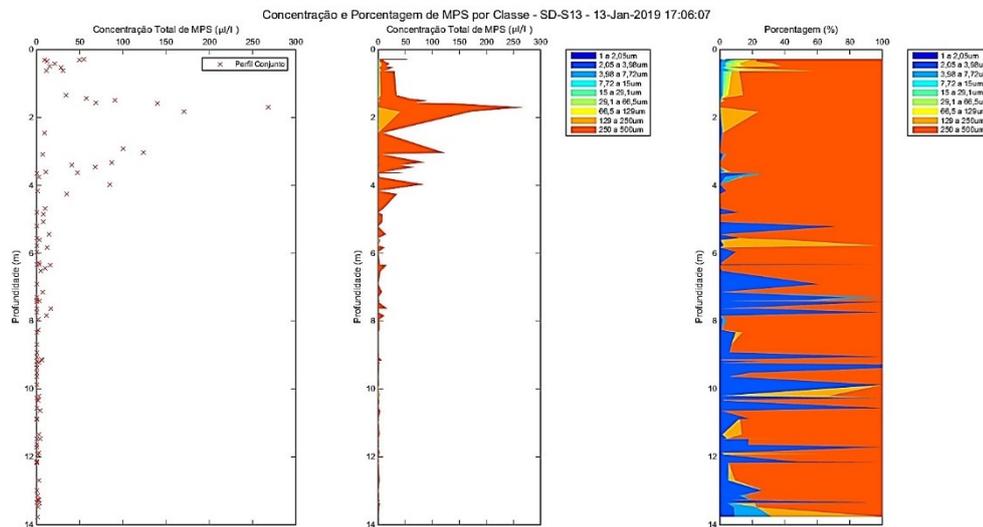
Figura 143: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Os menores valores de concentração de MPS no meio da coluna d'água da estação SD S13 não foi observado no registro do LISST. O dado apresenta maior CVS na camada superficial, mas fundo e meio apresentam comportamento similares (Figura 144). A distribuição de partículas também apresentou um padrão diferenciado para a superfície, com a abundância da maior faixa granulométrica próxima de 100%, enquanto que meio e fundo foram similares, com maiores abundâncias ( $\approx 90\%$ ) de partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  intercaladas por aumento de abundância (picos com  $\approx 40$  a 100%) de partículas pequenas (2,05 a 3,98 $\mu\text{m}$ ).

Figura 144: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

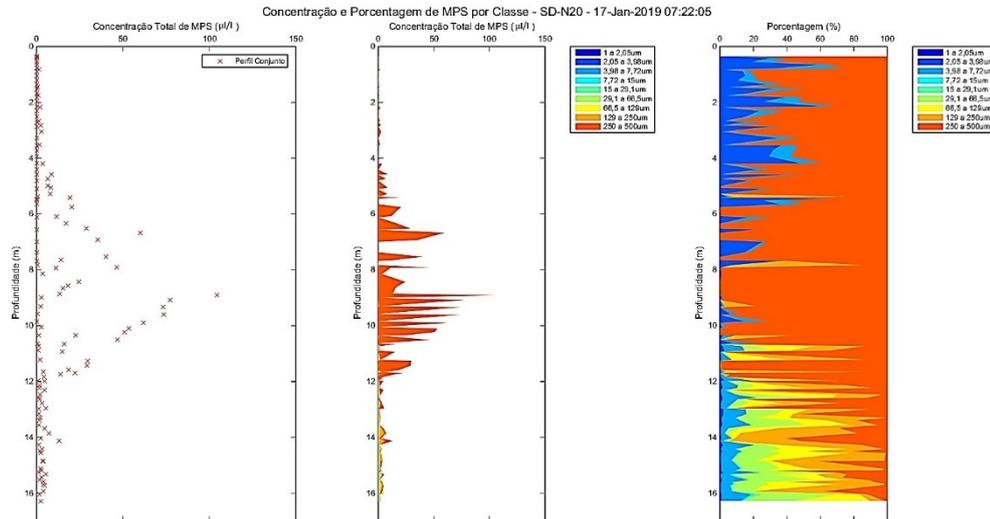


Fonte: Autoria própria.

A estação SD N20 apresentou um máximo de concentração de MPS em meia coluna d'água (13 mg/L) e valores próximos de 3 mg/L na superfície e no fundo. O perfil do LISST para essa estação foi semelhante ao da SD 01, com valores da CVS maiores em meia coluna d'água acompanhados por uma abundância de  $\approx 100\%$  de partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$ , enquanto que em superfície e fundo as partículas menores foram mais abundantes (menor na superfície do que no fundo; Figura 145).

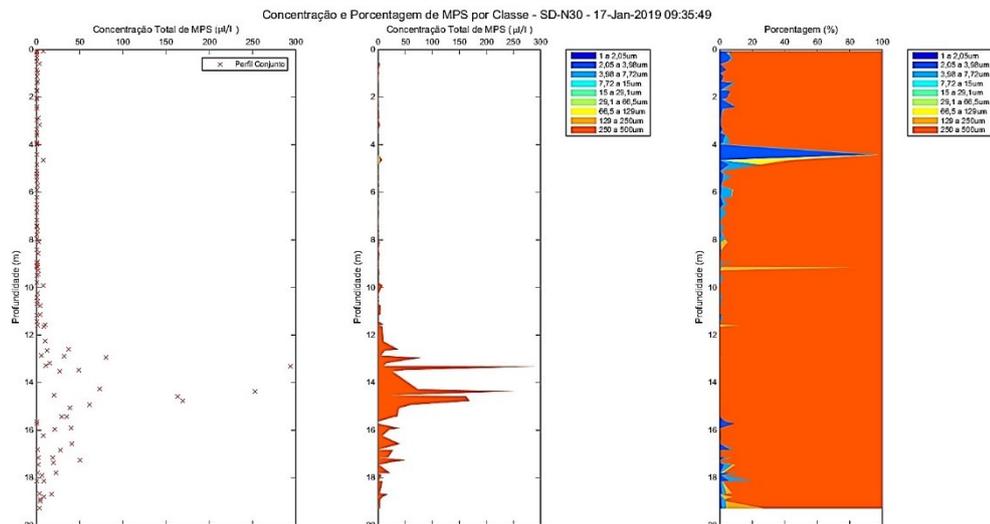
Na faixa batimétrica próxima de 30 m de profundidade, a estação SD N30 apresentou um padrão similar de concentração de MPS ao da Campanha 2 (mínimo em meia coluna d'água), no entanto, seus valores foram inferiores (máximo junto ao fundo = 12 mg/L). O perfil registrado pelo LISST foi o mais homogêneo entre as campanhas 1, 2, 3 e 4 para essa estação, em que uma abundância de  $\approx 100\%$  de partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$  foi encontrada ao longo de toda a coluna d'água, exceto em 4m de profundidade, onde um pico de  $\approx 100\%$  2,05 a 3,98 $\mu\text{m}$  se destacou (Figura 146). Mesmo que esta homogeneidade de partículas tenha ocorrido ao longo da coluna d'água, a CVS apresentou elevados valores próximo ao fundo.

Figura 145: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 146: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

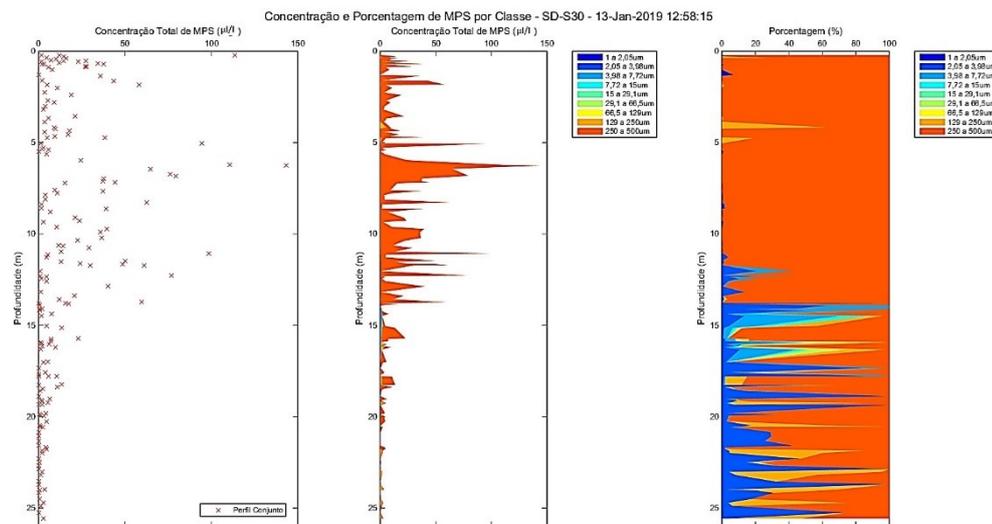


Fonte: Autoria própria.

Já a estação SD S30 apresentou, pela primeira vez durante o período amostrado, um máximo de concentração de MPS em superfície (11 mg/L) com um decréscimo ao longo da coluna d'água (fundo = 5 mg/L). Valores acima de 50  $\mu\text{L/L}$  foram registrados em superfície e meio da coluna d'água (Figura 147). A partir do meio da coluna d'água as CVS diminuem e a grande abundância de partículas maiores passa a ser intercalada por maior ocorrência de partículas menores. A 300 metros dessa estação foi

amostrada uma emulsão em superfície que apresentou o dobro da concentração de MPS (SDE1 = 20 mg/L; Figura 138). O máximo do teor de MO ao norte foi em meia coluna d'água (100%) e enquanto que ao sul se deu junto ao fundo (76%).

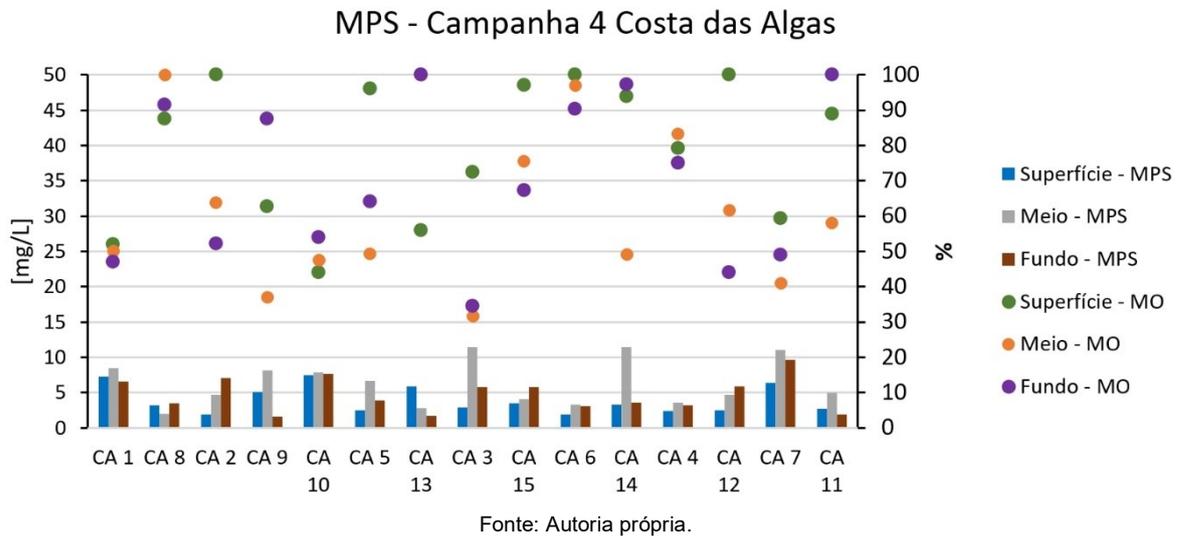
Figura 147: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS;  $\mu\text{L/L}$ ); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

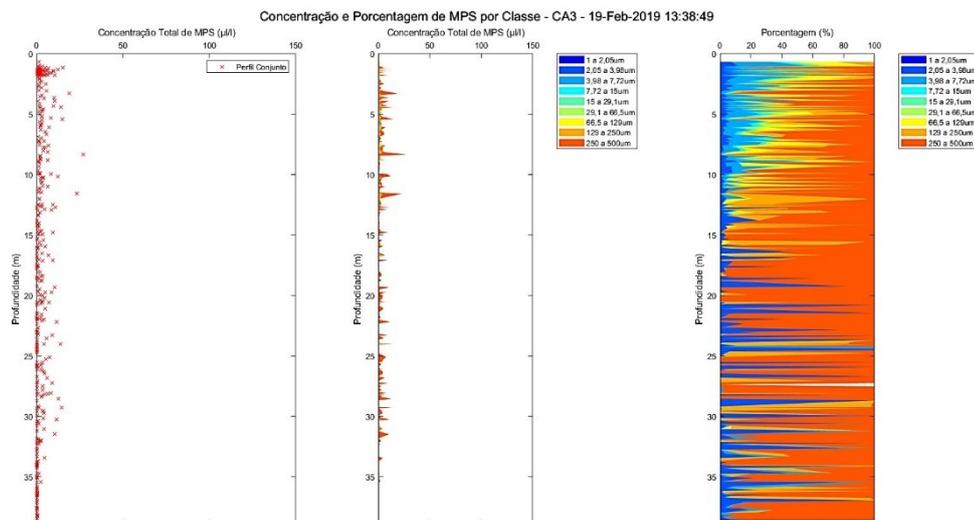
De forma geral o Setor Costa das Algas apresentou um pequeno aumento das concentrações de MPS (Figura 148), mas ainda assim os valores máximos se mantiveram próximos dos 10 mg/L, como observado na Campanha 1. Algumas variações quanto ao padrão de distribuição do MPS ao longo da coluna d'água e quanto aos maiores valores de MPS encontrados em cada estação podem ser observados quando comparados com a Campanha 1. O padrão geral do Setor de um máximo em meia coluna d'água não foi mais observado, apesar dos maiores valores para o Setor terem sido encontrados nessa camada nas estações CA3, CA14 e CA7 ( $\approx 11$  mg/L).

Figura 148: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Costa das Algas. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



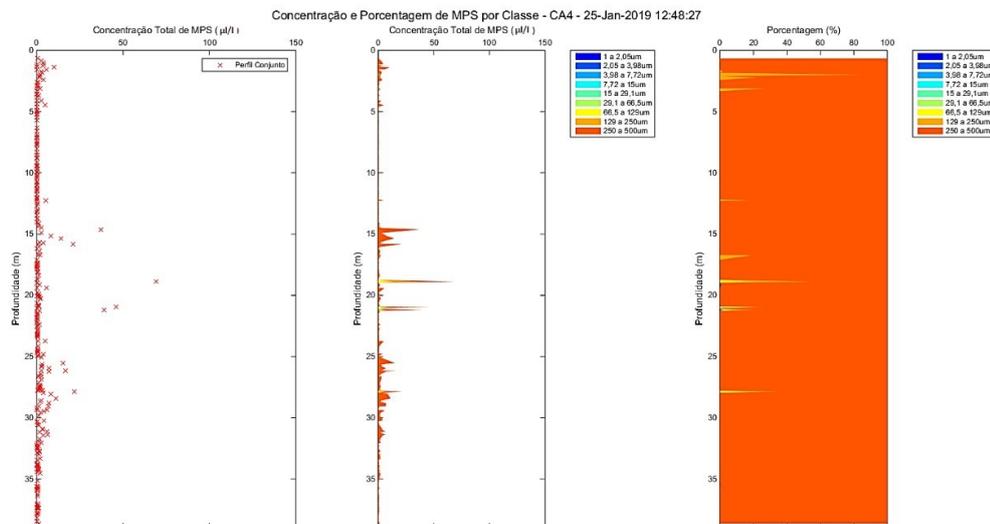
Além dessa alteração do padrão de distribuição geral de concentração de MPS, os valores de MO também mudaram, passando a apresentar percentuais mais variados, mas de forma geral se observa uma redução nos teores de MO. O registro apresentado pelo LISST na estação CA 3 foi constante e com valores de CVS < 50  $\mu\text{L}$ , mas com um aumento do tamanho de partículas maiores em direção ao fundo, sendo essas intercaladas por altas abundâncias de partículas pequenas (Figura 149).

Figura 149: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA3. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



A estação CA4 apresentou contrações de MPS <5 mg/L com um máximo em meia água. Ainda que estes valores tenham sido muito baixos, o LISST registrou concentrações próximas de 50 µl/L também em meia água, enquanto que o restante da coluna de água apresentou valores próximos de zero. É interessante observar que onde a CVS foi mais alta, o tamanho da partícula foi reduzido de 250 a 500µm para 129 a 250µm (Figura 150).

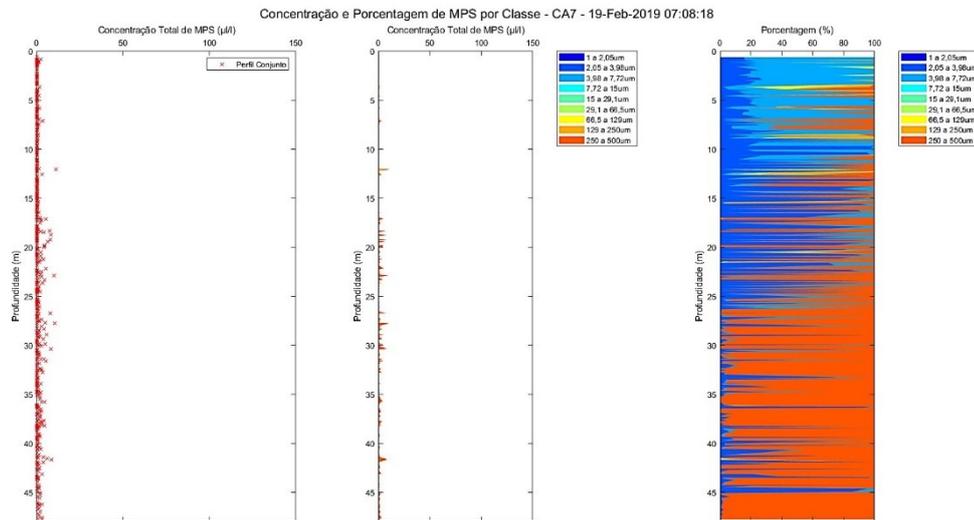
Figura 150: em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em µm. Partículas menores = 1 a 15µm; partículas médias = 15 a 129µm; partículas grandes = 250 a 500µm.



Fonte: Autoria própria.

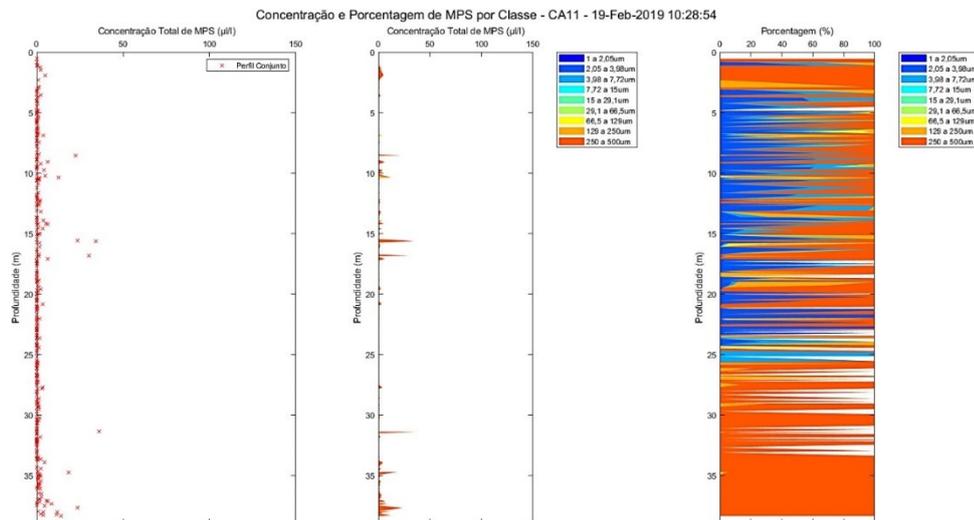
A estação CA7 também apresentou um perfil da CVS próximo de zero e com partículas maiores abaixo do meio da coluna d'água enquanto que nas camadas acima as partículas foram pequenas (Figura 151). A estação CA11 também apresenta valores de CVS próximos de zero, no entanto é possível observar elevações entre 25 e 50 µl/L em algumas profundidades (Figura 152). A distribuição de partículas mostra maiores tamanhos junto ao fundo e bem próximo da superfície enquanto que abaixo e em meia águas ocorre uma intercalação de partículas pequenas e maiores.

Figura 151: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA7. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 152: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação CA11. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

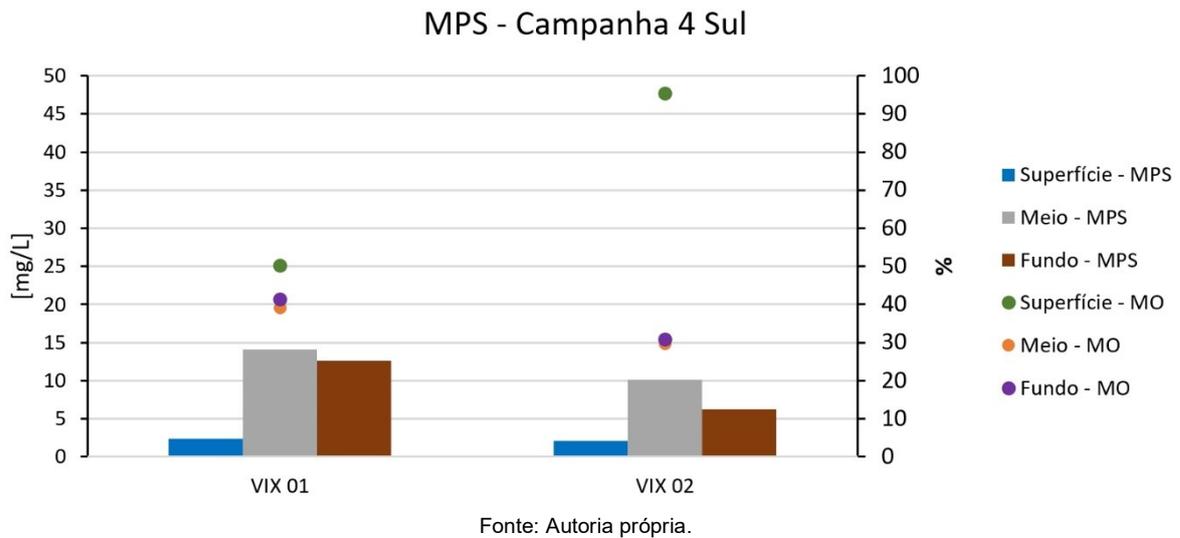


Fonte: Autoria própria.

No Setor mais ao sul para esta campanha se nota uma grande redução da concentração do MPS junto ao fundo para a batimetria mais rasa na região de Vitória (28 para 12mg/L; Figura 153) quando se compara com a Campanha 1. Os valores em superfície e meia coluna d'água para essa mesma estação também sofrem uma redução em menor intensidade, enquanto que a estação VIX 02 apresenta um pequeno acréscimo (principalmente em meia água; máximo = 10 mg/L). Para os teores de MO se

observa um padrão de mínimo em superfície e meia coluna d'água ( $\approx 40$  e  $\approx 30\%$  para VIX 01 e VIX 02, respectivamente), e um máximo junto ao fundo (50 e 95% para VIX 01 e VIX02, respectivamente) para as duas estações, mantendo maiores valores em superfície para a estação mais profunda.

Figura 153: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Sul. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Os perfis registrados pelo LISST foram bem distintos entre uma estação e outra, em que na batimetria mais rasa foi possível observar maior dispersão das partículas e uma constância dos valores de CVS  $\approx 25 \mu\text{L}$  com maior abundância de partículas entre 129 e 250 $\mu\text{m}$  ao longo da coluna d'água (Figura 154). Já na estação VIX 02 a CVS se manteve próximo de zero, mas com um pico ( $\approx 75 \mu\text{L}$ ) entre a superfície e meia água (Figura 155). Nesta estação os tamanhos de partículas que puderam ser registrados pelo equipamento foram na faixa de 129 e 500 $\mu\text{m}$ .

Figura 154: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação VIX 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

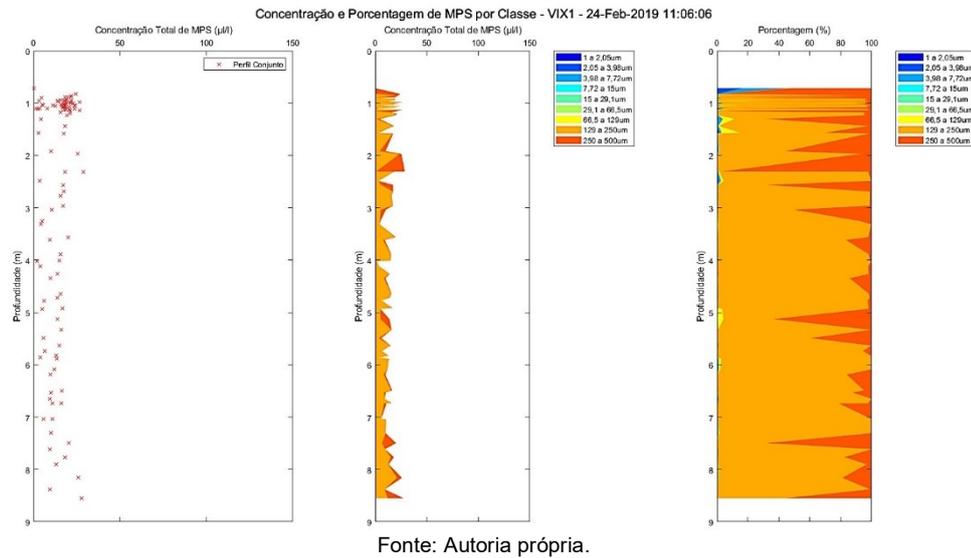
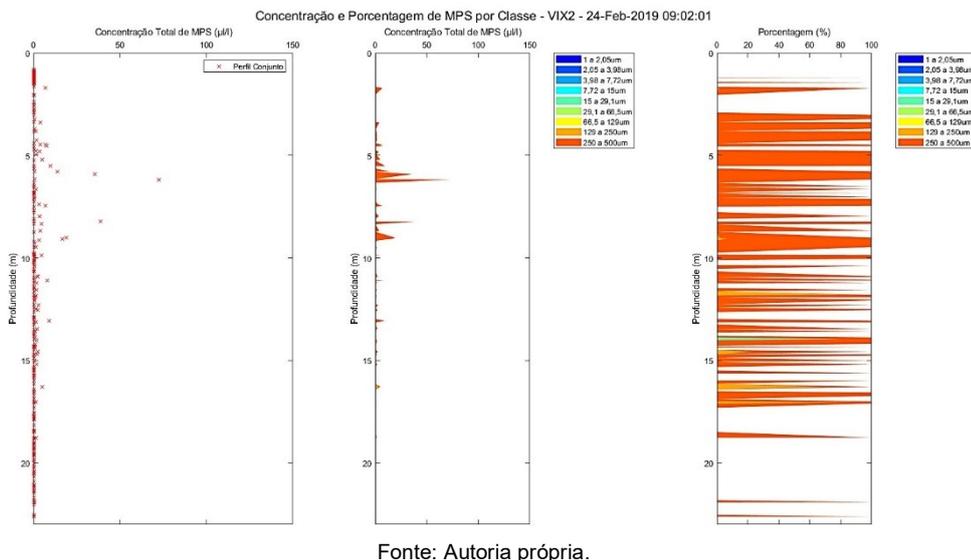


Figura 155: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação VIX 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



### Matriz Sedimento Superficial

No Setor Norte as alterações nas frações sedimentares que ocorrem em relação à Campanha 1 são um afinamento do sedimento em Itaúnas enquanto que Barra Nova e Degredo sofrem um engrossamento (Figura 156). Valores de densidade só sofreram alteração em DEG 01, acompanhando o aumento do teor de areia na estação (Figura 157). Apesar da estação BN 01 ter apresentado uma

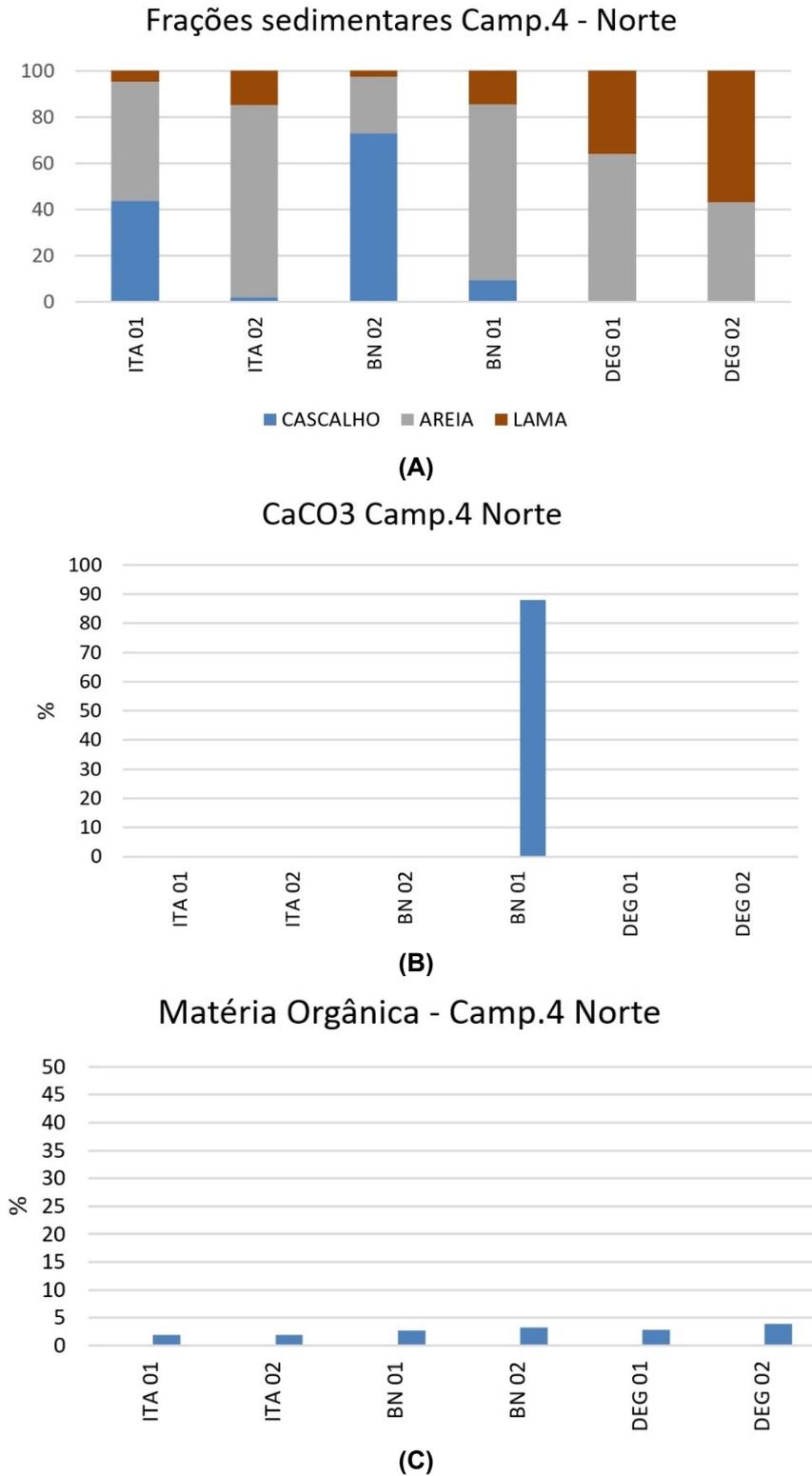
redução da fração cascalho, o seu teor de  $\text{CaCO}_3$  sofreu um aumento em relação à Campanha 1. Todos os teores de MO se mantiveram abaixo de 5%, assim como na Campanha 1.

O padrão de distribuição dos teores das frações sedimentares da Campanha 4 no Setor Foz (Figura 158) foi muito semelhante ao que foi encontrado durante a Campanha 1, quando se observou altos teores de lama na região Norte enquanto nas regiões Central e Sul o teor de areia foi mais abundante, exceto na batimetria de 20m. O que diferiu da Campanha 1 foi um caráter mais lamoso, já que o teor de lama na estação SD N20 foi 83% (Campanha 1 era 46%) e na SD 03 foi 48% (Campanha 1 era 2%).

As estações SD 05 e SD S30 se mantiveram como na Campanha 3. O padrão apresentado pelos valores de densidade (Figura 159) no Setor também foram similares, com um indicativo de lama fluida (ou muito próximo deste) nas estações SD N13, SD S13 e SD S20 (1226, 1259 e 1235  $\text{kg/m}^3$ , respectivamente). Diferenças na densidade entre as Campanhas 1 e 2 ocorreram nas estações da faixa batimétrica de 30m na região Central do Setor Foz.

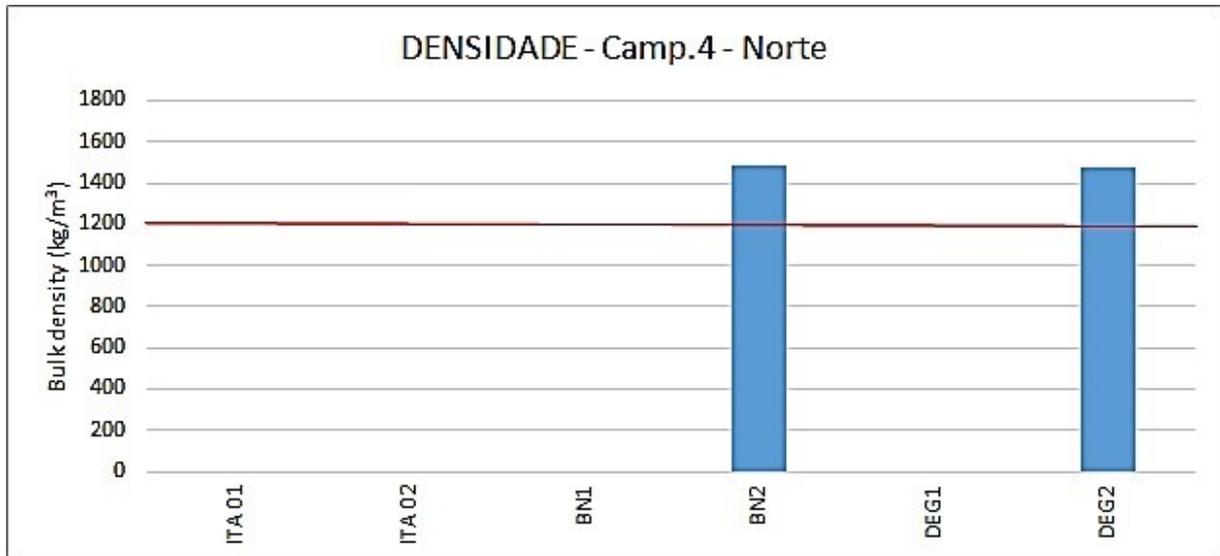
Pela primeira vez desde a Campanha 1 não foi possível realizar a análise de densidade na estação SD 01 devido à falta de material lamoso em superfície mesmo que o percentual da fração lamosa tenha sido de 24%. Também é a primeira vez desde a Campanha 1 que a estação SD 03 apresentou sedimento lamoso com dado de densidade ( $1423 \text{ kg/m}^3 =$  consolidado) e que a estação SD S13 ficou acima do limite indicativo de lama fluida ( $1259 \text{ kg/m}^3$ ) mesmo que ainda próximo deste. Tanto o teor de  $\text{CaCO}_3$  quanto o de MO se mantiveram similares aos da Campanha 3, mas com uma pequena redução do  $\text{CaCO}_3$  na estação SD 01 e um pequeno aumento na SD 04.

Figura 156: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para o Setor Norte. Meio: teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.



Fonte: Autoria própria.

Figura 157: Valores de densidade úmida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) para o Setor Norte. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $> 1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 158: Acima: teores de cascalho, areia e lama do sedimento superficial em % para o Setor Foz. Meio: teor de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) do sedimento superficial em %. Abaixo: teor de matéria orgânica (MO) do sedimento superficial em %. Note que o eixo Y do teor de MO se limita a 50%.

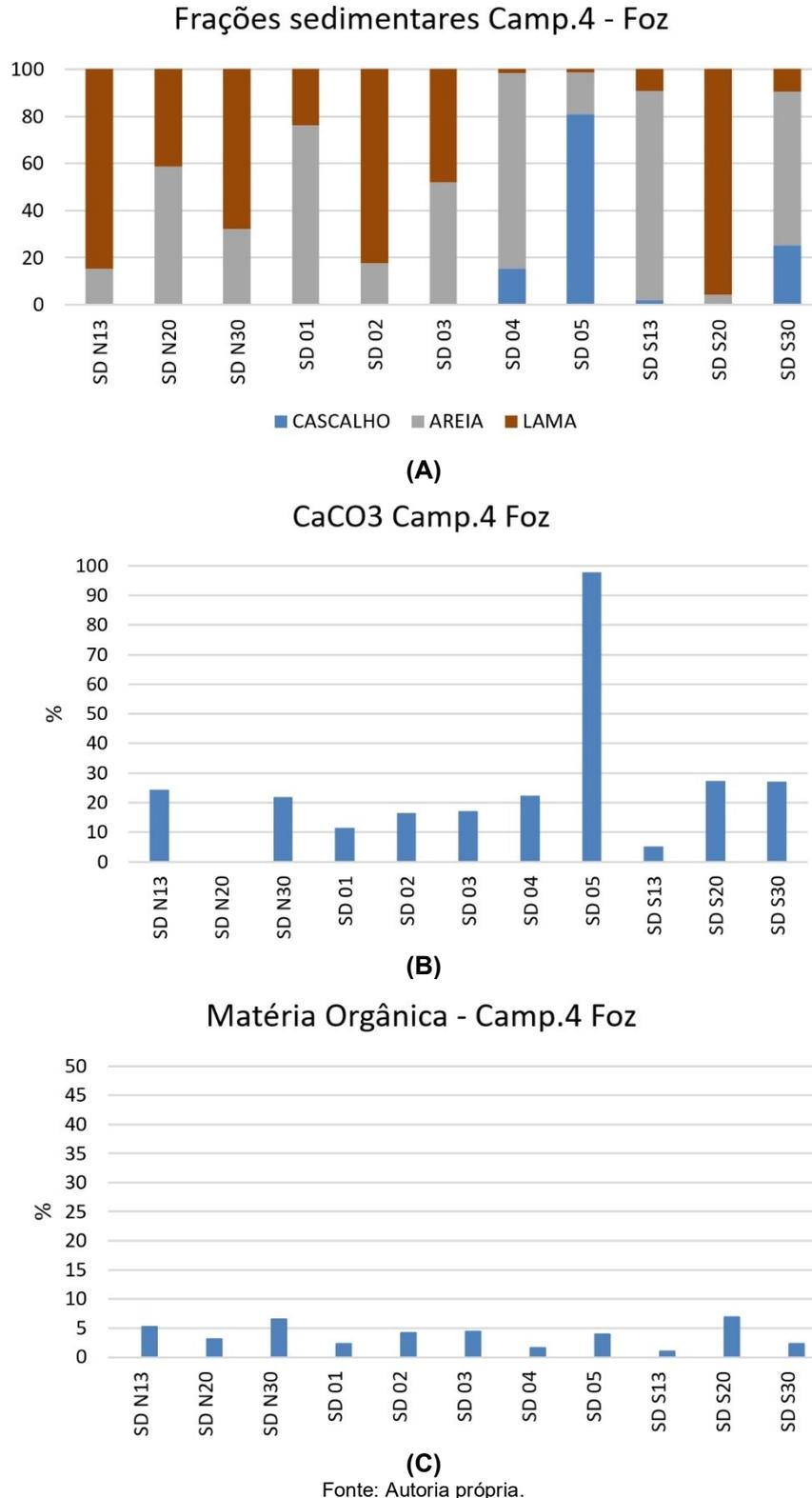
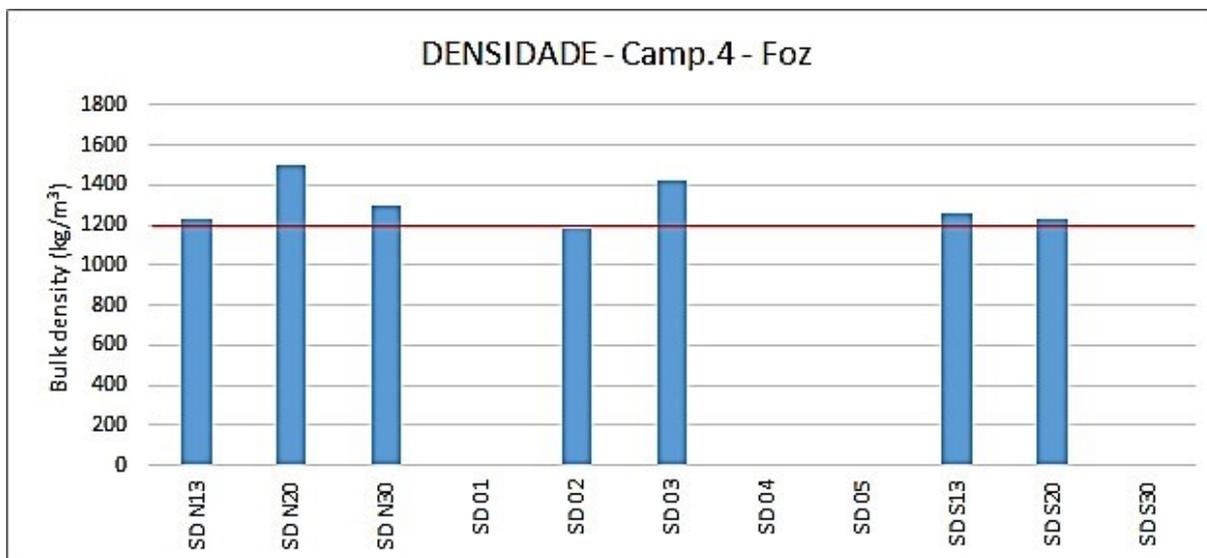


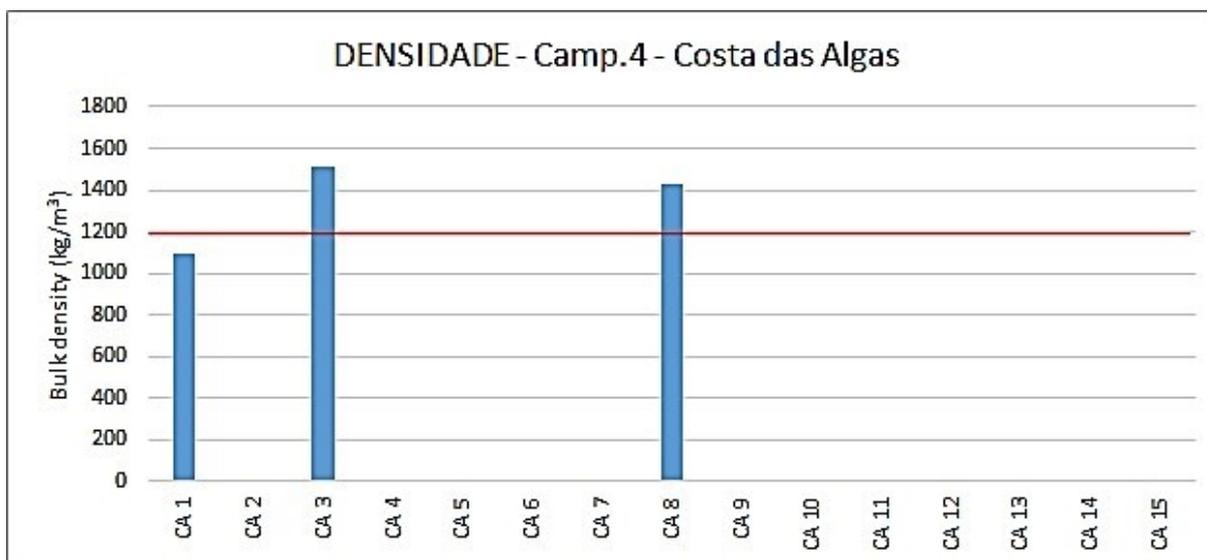
Figura 159: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

Assim como foi encontrado na Campanha 1 para o Setor Costa das Algas, a estação CA1 na Campanha 4 (Figura 160) apresentou valores de densidade indicativos da presença de lama fluida ( $1094 \text{ kg/m}^3$ ), enquanto as estações CA3 e CA8 apresentaram um sedimento mais consolidado ( $1508$  e  $1429 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente). Nessa campanha as estações CA2 e CA14 não apresentaram dados de densidade.

Figura 160: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Costa das Algas. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

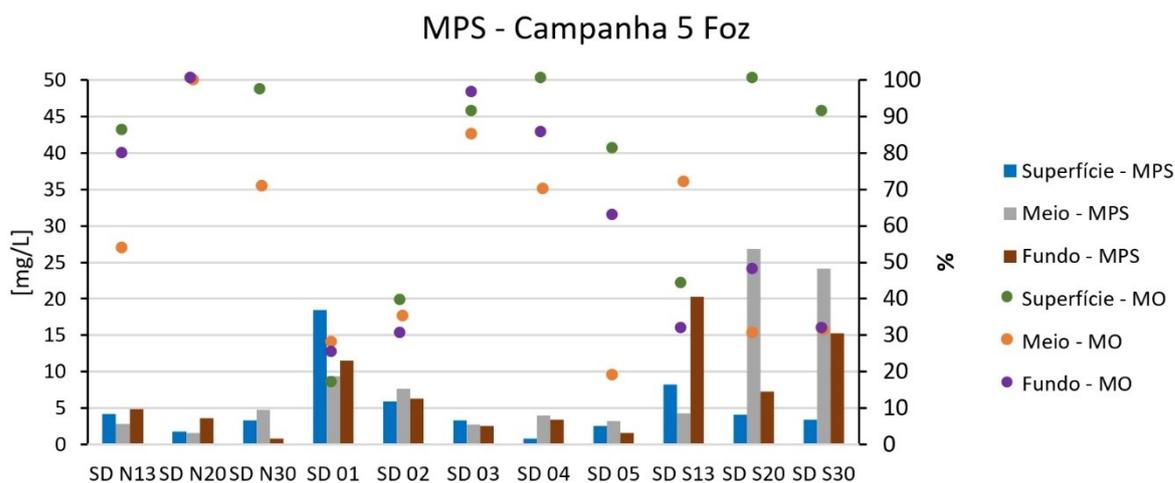
A região de Vitória no Setor Sul não apresentou dados de densidade.

### 1.2.1.9 Campanha 5

#### Matriz Água

Para a Campanha 5 se observa maiores concentrações de MPS na região Sul (Figura 161) e na estação SD 01. Além desse máximo em superfície na estação SD 01 (19 mg/L), máximos junto ao fundo para a estação SD S13 (20mg/L) e no meio da coluna d'água para as estações SD S20 e SD S30 (27 e 24 mg/L, respectivamente) também foram observados na região Sul. Os teores de MO (Figura 161) não acompanham os valores de concentração de MPS, isto é, maior teor de MO em meia coluna d'água na SD S13 (72%) com máximo valores de concentração de MPS junto ao fundo; maior teor de MO em superfície para as estações SD S20 e SD S30 (100 e 90%, respectivamente) com máximos valores de concentração de MPS em meia coluna d'água.

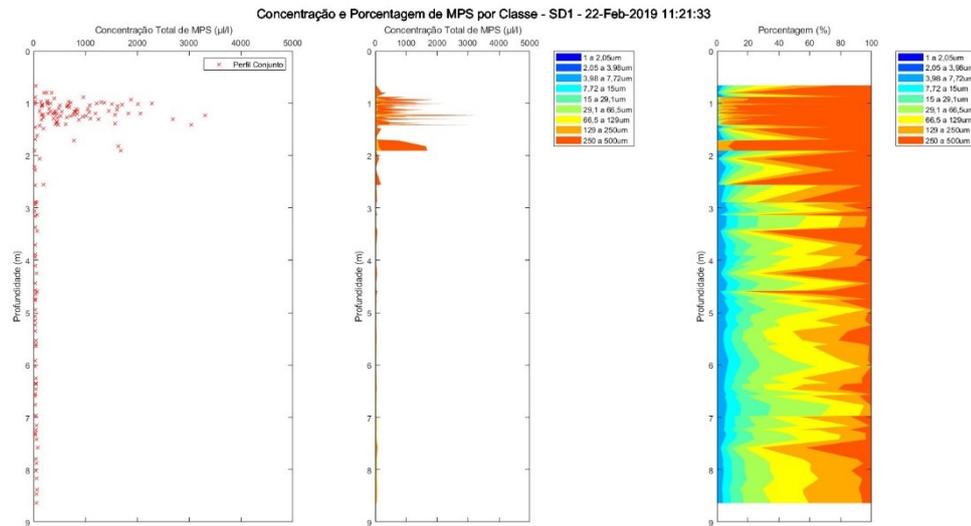
Figura 161: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água para o Setor Foz. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda.



Fonte: Autoria própria.

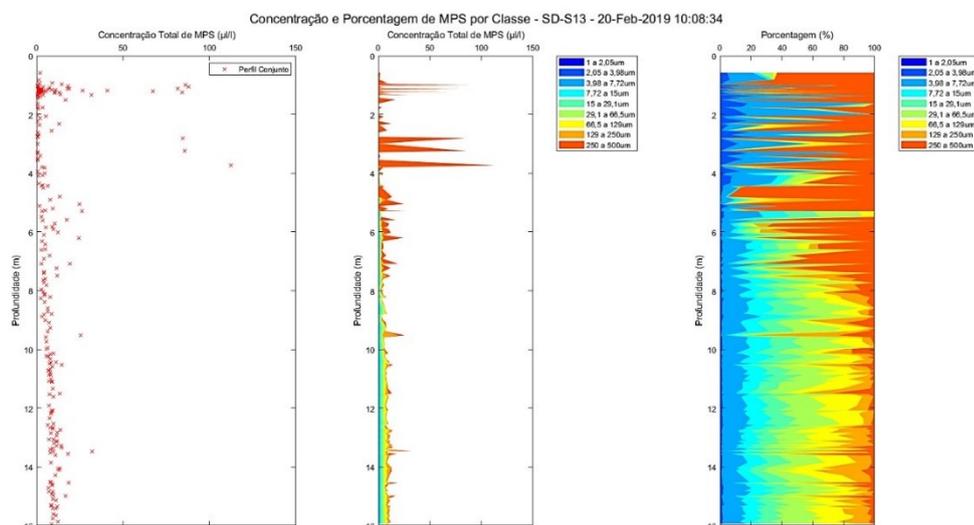
O registro do LISST para a estação SD 01 (Figura 162) também apresentou um máximo em superfície com valores da CVS muito altos ( $\approx 3.500 \mu\text{L}$ ) da mesma forma que foram encontrados nas Campanhas 1 (dia 14 =  $\approx 4.000 \mu\text{L}$ ) e 3 ( $\approx 5.000 \mu\text{L}$ ). A Campanha 2 também apresentou valores da CVS altos em superfície ( $\approx 3.000 \mu\text{L}$ ), mas valores elevados em meia água também foram encontrados. Assim como nas campanhas anteriores que apresentaram máximos muito elevados em superfície na estação SD 01, o padrão de distribuição do tamanho das partículas se caracterizou pela abundância  $\approx 100\%$  da maior faixa com uma tendência de redução com a profundidade.

Figura 162: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 01. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



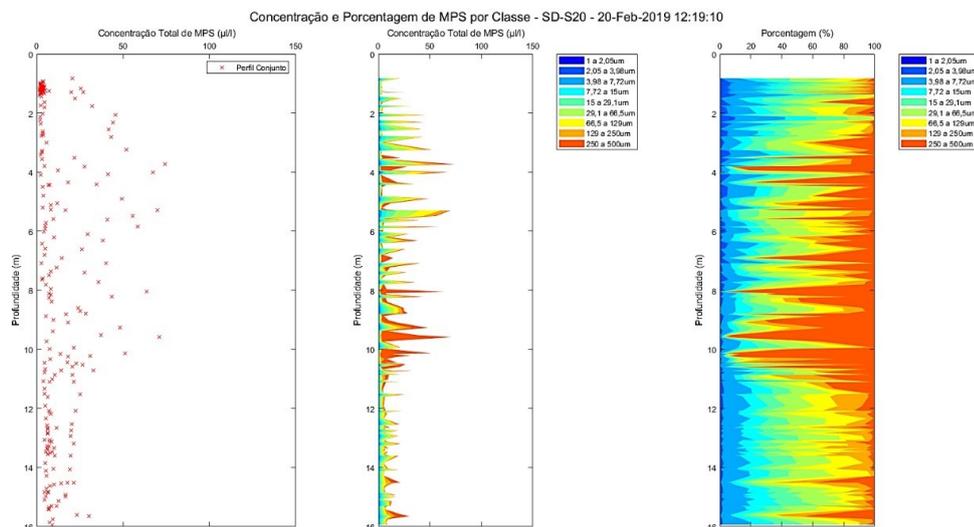
O perfil do LISST para a estação SD S13 (Figura 163) também apresentou valores da CVS maiores em superfície, mas com menor intensidade ( $\approx 100 \mu\text{l/L}$ ). As maiores CVS se estenderam pela camada superficial de forma a apresentar um pequeno aumento ( $\approx 75 \mu\text{l/L}$ ) também na parte superior da camada de meia água. O padrão de distribuição do tamanho das partículas foi o mesmo da estação SD 01, mas com menores abundâncias da faixa de maior tamanho. Para a estação SD S20, o LISST registrou aumentos da CVS ao longo de toda a superfície e meia água ( $\approx 75 \mu\text{l/L}$ ) acompanhados pelo aumento da abundância de partículas maiores (Figura 164). Já na estação SD S30 o perfil do LISST registrado (Figura 165) mostra 3 profundidades de maiores CVS: parte inferior da camada superficial ( $\approx 40 \mu\text{l/L}$ ), uma em meia água ( $\approx 50 \mu\text{l/L}$ ) e uma junto ao fundo ( $\approx 50 \mu\text{l/L}$ ). A distribuição do tamanho das partículas apresentou um padrão de maiores partículas intercaladas por partículas pequenas.

Figura 163: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



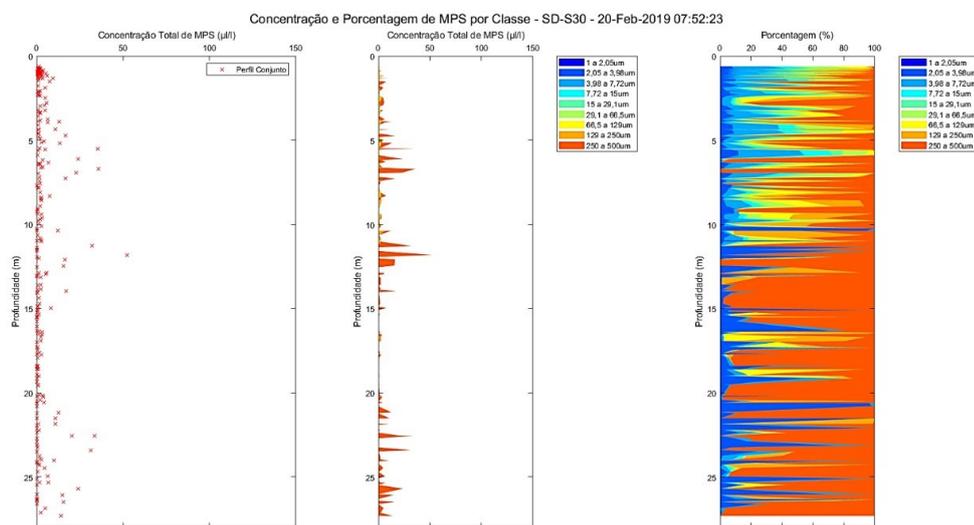
Fonte: Autoria própria.

Figura 164: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

Figura 165: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD S30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .

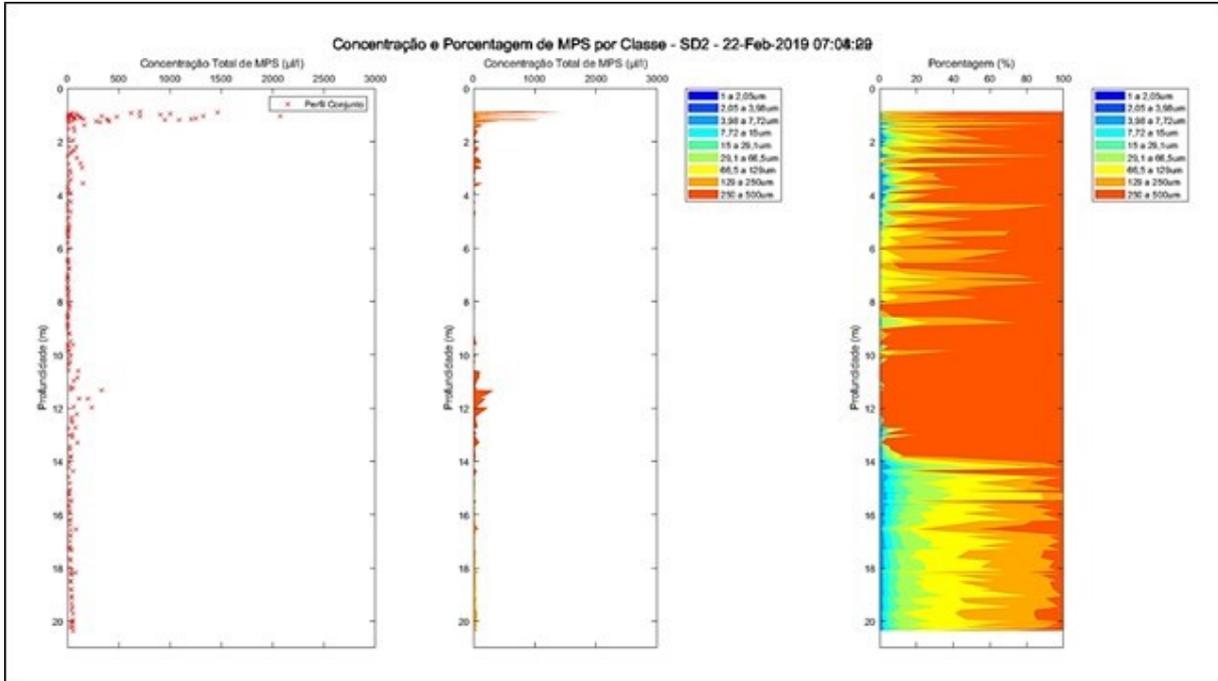


Fonte: Autoria própria.

Uma redução drástica dos valores de MPS é observada das estações mais rasas para as mais profundas na região Central, atingindo valores  $< 5\text{mg/L}$  após 20m de profundidade. É interessante observar que os teores de MO para essa região são menores nas estações SD 01 e SD 02 (mínimo em superfície em SD 01 = 16% máximo em superfície em SD 02 = 38) e ultrapassam 62% e, batimetrias mais profundas (mínimo junto ao fundo em SD 05 = 62%; máximo em superfície em SD 04 = 100%).

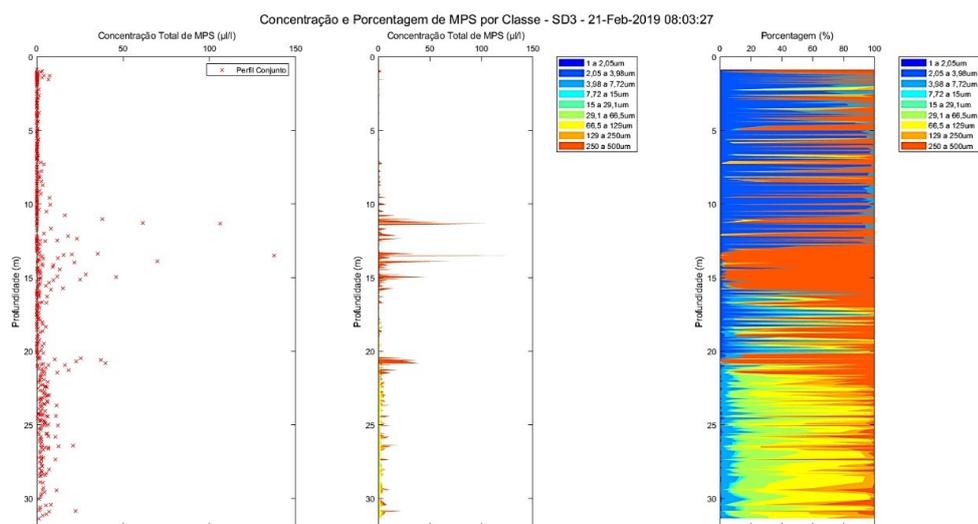
A estação SD 02 apresentou um registro do LISST (Figura 166) semelhante ao da SD 01, com um máximo bem próximo da superfície ( $\approx 1500 \mu\text{l/L}$ ), no entanto já é possível observar um aumento da CVS em meia água ( $\approx 500 \mu\text{l/L}$ ) acompanhado das maiores abundâncias ( $\approx 100\%$ ) de partículas maiores. Juto ao fundo ocorre uma distribuição equivalente de partículas médias e maiores. A estação SD 03 já apresenta seu máximo em meia água ( $\approx 100 \mu\text{l/L}$ ) (Figura 167) onde também ocorre a maior abundância de partículas maiores. Também se nota um pequeno aumento na parte superior da camada de fundo. Da mesma forma que na estação SD 02, junto ao fundo da estação SD 03 se dá uma distribuição mais equivalente do tamanho das partículas, mas com menor abundância de partículas entre 250 e 500 $\mu\text{m}$ , enquanto que em superfície uma camada abundante de partículas pequenas apresenta alguns picos (80 a 100%) de partículas maiores.

Figura 166: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 02. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$ .



Fonte: Autoria própria.

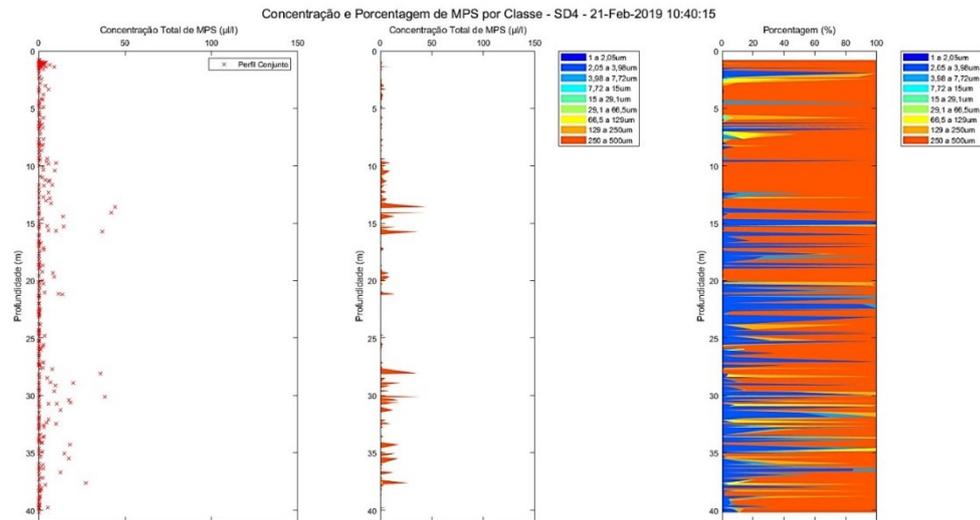
Figura 167: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 03. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



Fonte: Autoria própria.

A estação SD 04 já apresenta uma intensificação do perfil do LISST apresentado na SD 03, como maiores valores da CVS entre a superfície e o meio da coluna d'água e junto ao fundo (Figura 168).

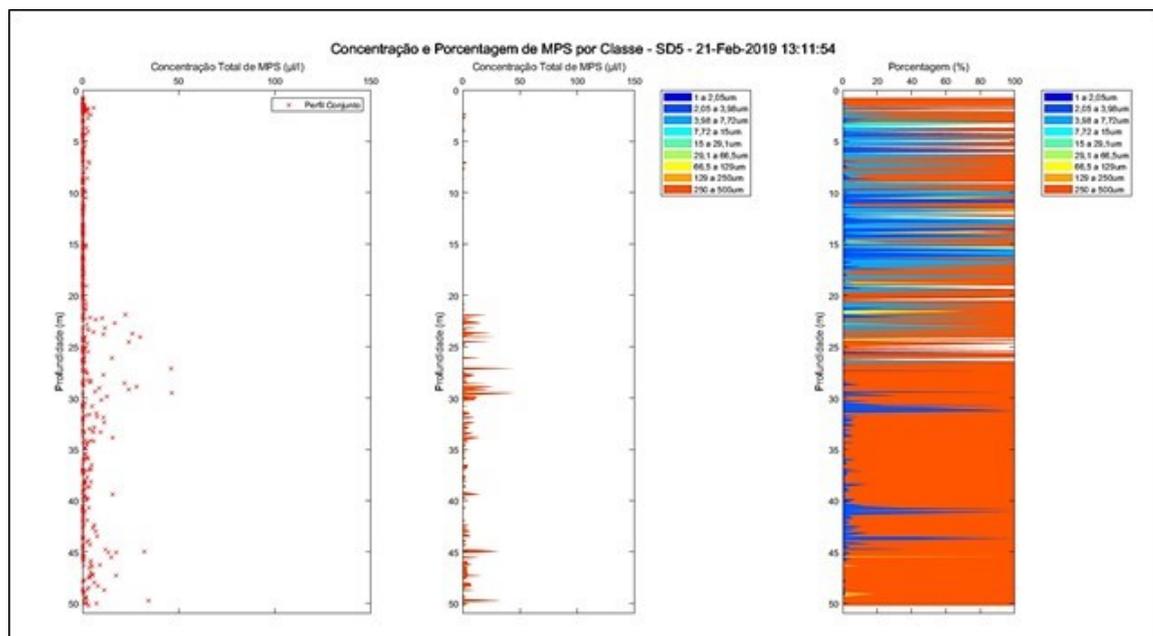
Figura 168: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 04. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



Fonte: Autoria própria.

Na estação SD 05 é possível observar que as maiores CVS se limitam à meia água e junto ao fundo (Figura 169). Enquanto que em superfície e em meia água ocorre picos de maiores partículas intercalados por picos de pequenas partículas, junto ao fundo se observa alguns picos de partículas pequenas ou <limite de detecção do equipamento.

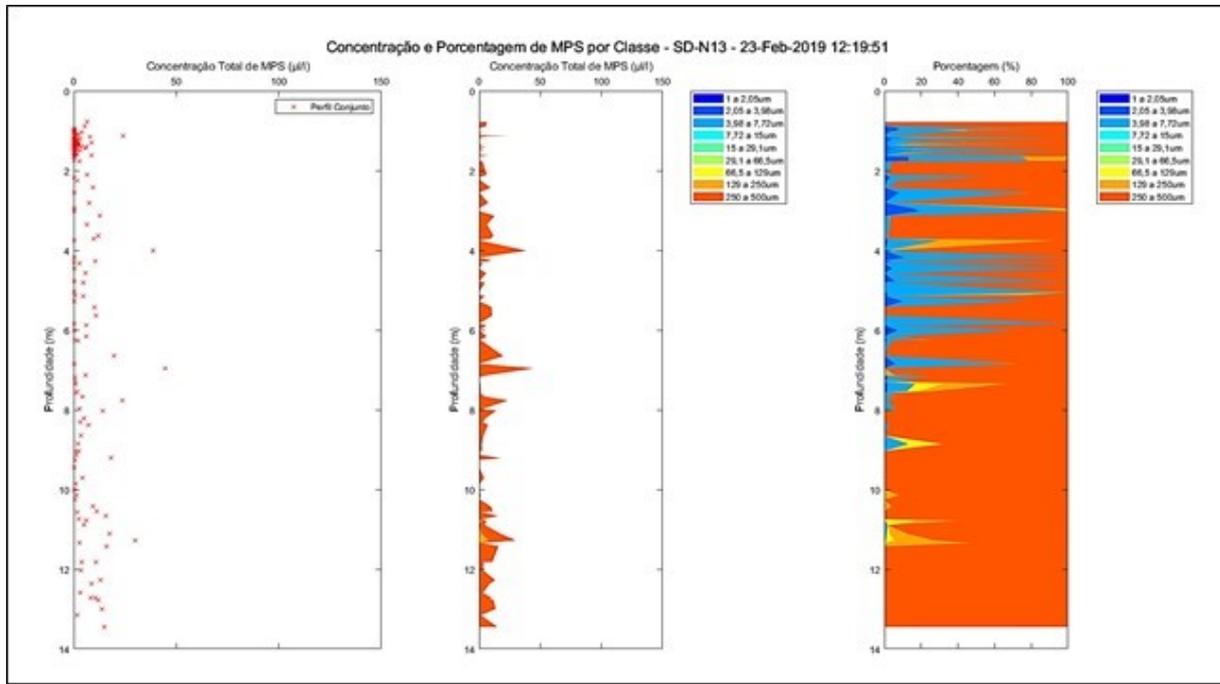
Figura 169: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD 05. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



Fonte: Autoria própria.

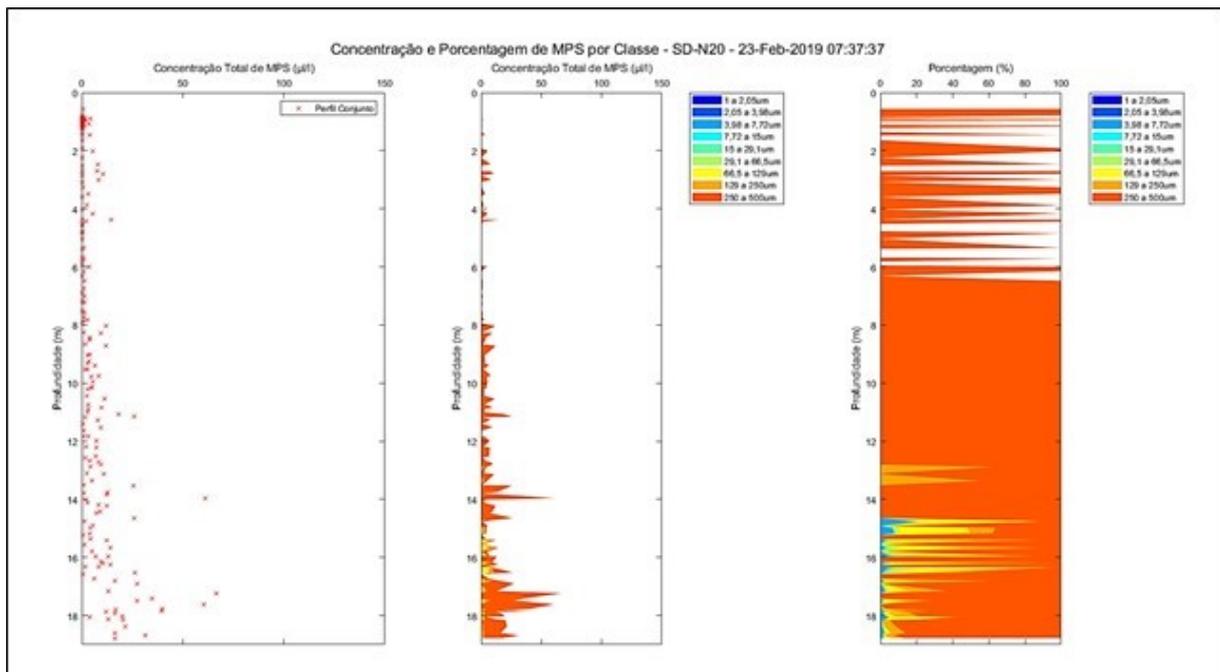
A região Norte da foz apresentou o mesmo padrão de concentração MPS (valores se alteraram) da camada superficial da coluna d'água para as Campanhas 2 e 5: menor concentração de MPS na SD N20 seguido de um aumento na SD N13 e com maior valor na SD N30 (Figura 161). Ainda, a estação SD N13 apresentou valores mais similares entre as campanhas, não ultrapassando 10 mg/L. O teor de MO para essa estação se manteve acima de 80% na camada superficial ao longo das Campanhas 1 a 5, exceto na Campanha 4 (52%). O perfil do LISST para a estação SD N13 (Figura 170) apresentou semelhança com a estação SD S30, onde foram encontradas 3 profundidades de aumento da CVS, no entanto meio e fundo foram mais proeminentes ( $\approx 50 \mu\text{L}$ ) e partículas maiores tiveram uma tendência de aumento em direção ao fundo onde atingiram 100% de abundância. O padrão de MPS para a estação SD N20 foi condizente com o que foi registrado pelo LISST, (Figura 171) com uma tendência de aumento da CVS em direção ao fundo ( $\approx 75 \mu\text{L}$ ). Apesar dos maiores valores da CVS terem sido registradas junto ao fundo para a estação SD N20, a camada do meio da coluna d'água apresentou 100% de abundância de partículas maiores, enquanto que o fundo teve uma mistura de partículas médias com partículas maiores (ainda mais abundantes). Já a superfície apresentou partículas maiores intercaladas por partículas muito pequenas (<limite de detecção do equipamento). O perfil do LISST para a estação SD N30 apresentou um máximo da CVS entre superfície e meia água ( $\approx 50 \mu\text{L}$ ) com um mínimo logo abaixo e uma distribuição constante ( $\approx 25 \mu\text{L}$ ) no restante da coluna d'água (Figura 172).

Figura 170: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N13. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



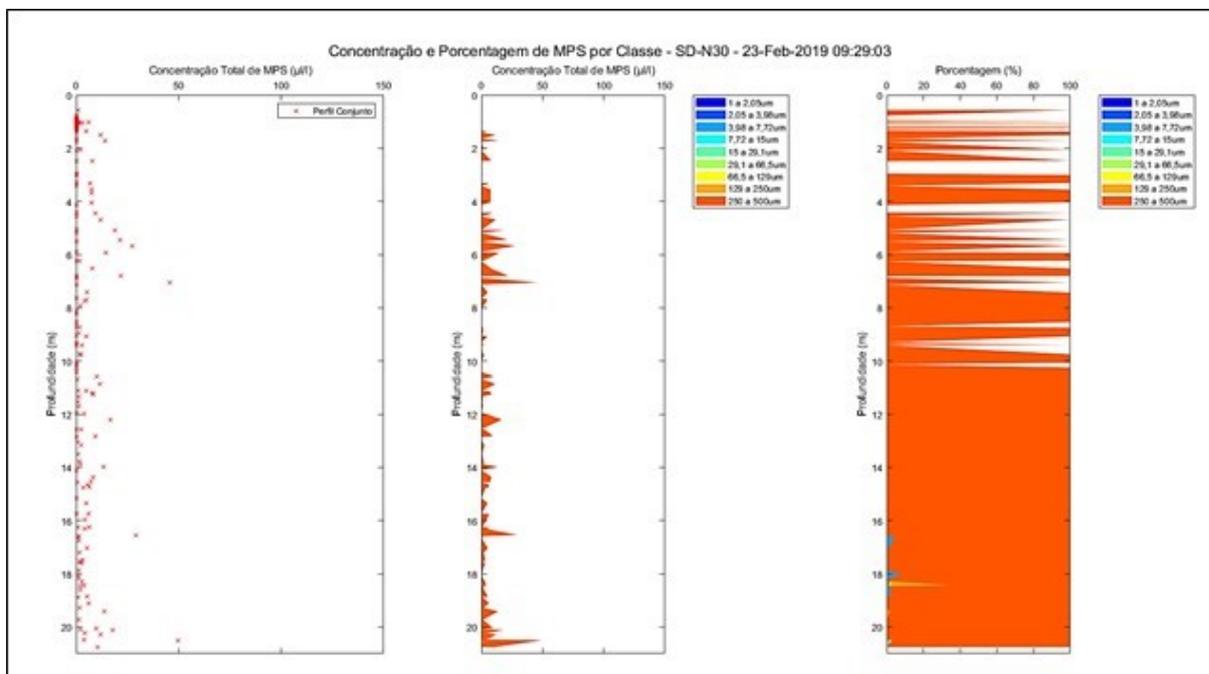
Fonte: Autoria própria.

Figura 171: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N20. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



Fonte: Autoria própria.

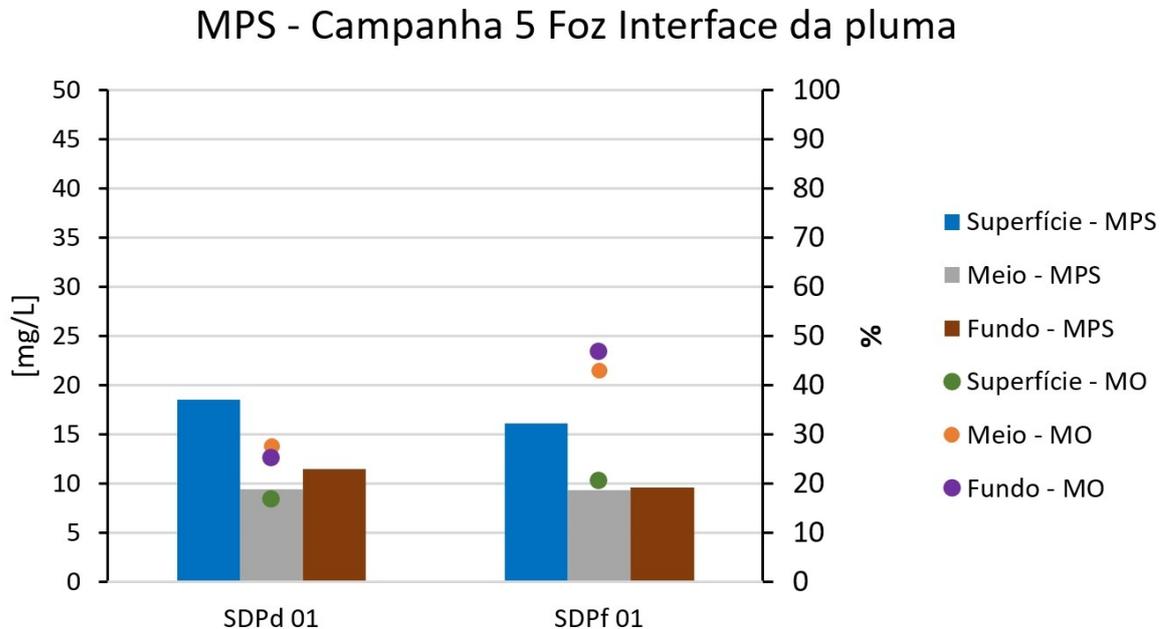
Figura 172: Perfil registrado pelo LISST ao longo da coluna d'água para a estação SD N30. À esquerda: concentração por volume em suspensão (CVS; ml/L); Meio: CVS por faixas de tamanho das partículas; À direita: Porcentagem de cada faixa de tamanho das partículas. O tamanho das partículas é apresentado em  $\mu\text{m}$ . Partículas menores = 1 a 15 $\mu\text{m}$ ; partículas médias = 15 a 129 $\mu\text{m}$ ; partículas grandes = 250 a 500 $\mu\text{m}$



Fonte: Autoria própria.

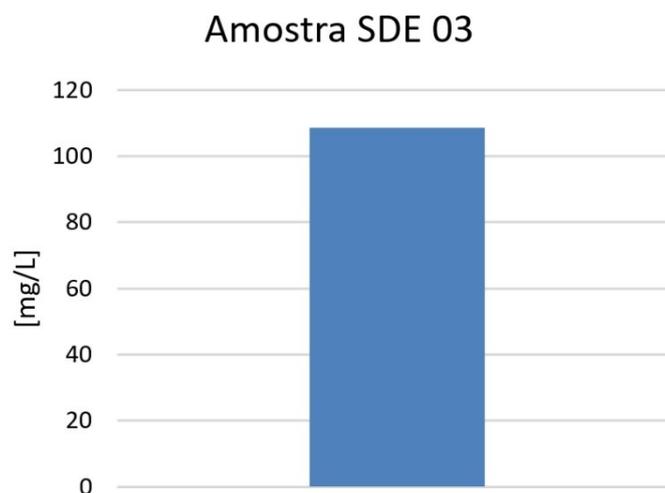
Na Campanha 5 também foi observada uma interface entre águas mais claras e águas de elevada turbidez. O comparativo entre as amostras de água coletadas na interface da pluma alaranjada (ponto Interno e Externo) está apresentado na Figura 173. Além da amostragem na interface da massa de elevada turbidez, uma amostra na interface ar/água foi coletada (SDE 03; Figura 174). Para esta campanha o padrão e valores de MPS dentro e fora da pluma de elevada turbidez foram bem similares. Uma diferença entre essas duas estações amostrais pode ser observada no teor de MO, onde maiores valores são encontrados para meio e fundo m águas de menor turbidez. Assim como observado para as campanhas anteriores onde houve coleta de amostras na interface ar/água, a amostra SDE 03 apresentou uma concentração de MPS muito superior (108,5 mg/L) às amostras coletas em superfície, meio e fundo da coluna d'água para a mesma estação amostral.

Figura 173: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) e os respectivos percentuais de matéria orgânica (MO; em %) da camada superficial, meio e fundo da coluna d'água. MPS representado em barra e MO representada em pontos, como indicado na legenda. A figura apresenta um gráfico comparativo entre os pontos amostrais posicionados internamente e externamente à uma pluma alaranjada presente durante as coletas realizadas na foz do Rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 174: Material particulado em suspensão (MPS; em mg/L) da amostra coletada na interface ar/água. Note que o eixo Y do MPS teve que ser ajustado devido à elevada concentração.

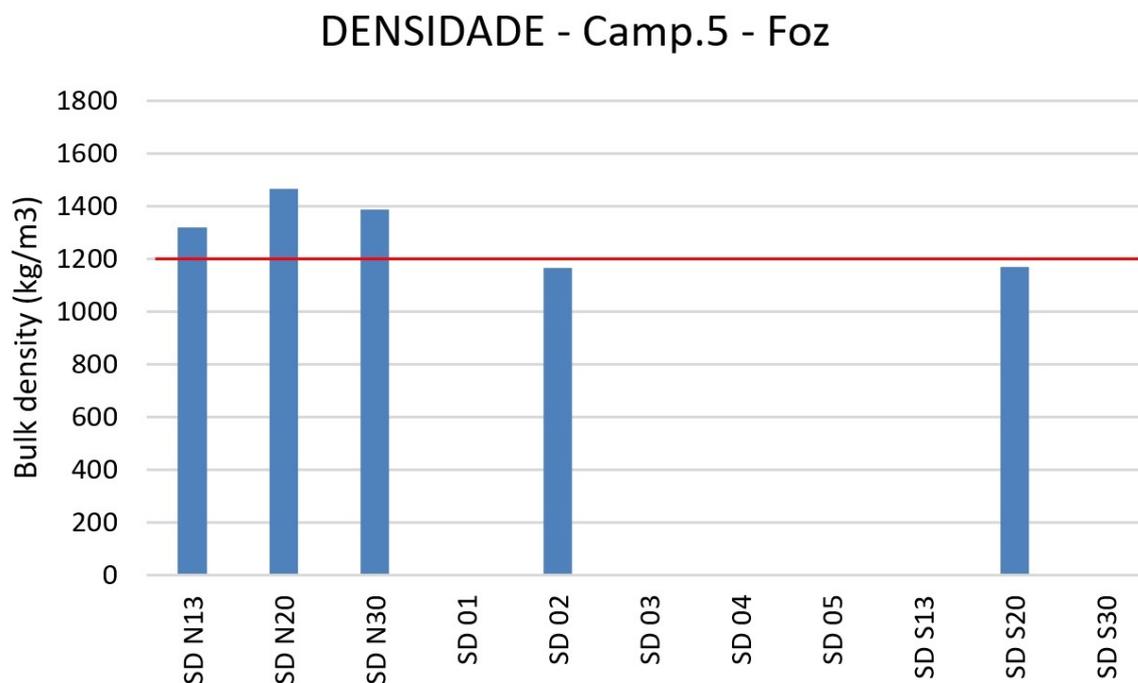


Fonte: Autoria própria.

#### Matriz Sedimento Superficial

Os valores de densidade (Figura 175) para as estações SD N20 e SD N30 e SD S20 se mantiveram semelhantes aos da Campanha 4 (1467, 1387 e 1170 kg/m<sup>3</sup>; Figura 165). Já a SD N13 voltou a apresentar um indicativo de sedimento lamoso menos consolidado (1319 kg/m<sup>3</sup>). As estações SD 03 e SD S13 não foi possível a determinação dessa característica assim como na Campanha 3.

Figura 175: Valores de densidade úmida ( $\text{kg/m}^3$ ) para o Setor Foz. Valores  $< 1200$  indicam a presença de lama fluida (indicado pela linha vermelha). Valores entre 1500 e 1800 indicam um fundo lamoso consolidado. Valores  $>1800$  indicam um sedimento lamoso altamente consolidado. Estações que não apresentam dado foram decorrentes da ausência de lama no sedimento ou ausência de recuperação de sedimento durante a coleta.



Fonte: Autoria própria.

### 1.3 CONCLUSÃO

#### 1.3.1 Material particulado em suspensão e sedimento superficial

A análise dos parâmetros sedimentológicos mostra uma variabilidade espaço-temporal com influência de diferentes fatores. As estações dos setores Sul, Norte e Abrolhos apresentam em geral maiores valores de MPS com os teores aumentando em direção ao fundo nas estações mais rasas ( $< 20$  m), sugerindo processos de ressuspensão (exemplos: Figura 29 e Figura 35). Para as estações localizadas em maiores profundidades ( $> 20$  m), não foi observado um padrão característico. No setor Costa das Algas os maiores valores de MPS foram observados no meio da coluna d'água e associados a altos percentuais de MO, o que sugere forte influência de processos biológicos (Figura 59). No Setor Foz, as concentrações de MPS, no geral, diminuiram à medida que a profundidade aumentava, sendo que os maiores valores foram observados no meio da coluna d'água e próximo ao fundo (Figura 42). Picos de MPS na camada superficial da coluna de água foram observados de forma isolada, como por exemplo na estação SD 01 coletada no dia 14/11/2018 (Campanha 1 - FEST), a qual se localizava dentro de uma pluma de coloração alaranjada, e nas estações SD 01, SD 02 e SD 04 na Campanha 4 (FEST). Além disso, picos de MPS também foram encontrados nas emulsões de coloração alaranjada, coletadas na interface ar-água nas Campanhas 1, 2, 4 e 5 (FEST). Tais picos de MPS foram observados

logo após a chegada da massa de elevada turbidez à foz em Novembro de 2015 (Quaresma et al., submetido) e nas Campanhas realizadas durante ou após eventos hidrológicos em que a vazão foi superior à 1000 m<sup>3</sup>/s. (Campanhas Fevereiro de 2016 (UFES), e 1, 2 e 4 (FEST)). Dentro do Setor Foz, foi observado que a região Foz Sul apresentou em média maiores valores de MPS que a região Foz Norte (Figura 42- Figura 58). A dispersão preferencial para a região Sul ocorreu devido a ocorrência conjunta de eventos hidrológicos que ocorreram anteriormente ou durante às campanhas, e ventos de Norte e Nordeste (Campanhas 1, 2, 4 e 5 – FEST; Figura 177). Tal condição favorece a dispersão da maior parte do material oriundo do Rio Doce para a região Foz Sul. Esses picos também foram registrados na região Foz Norte em campanhas anteriores ao monitoramento (Janeiro, Novembro e Dezembro de 2016 -UFES), durante ou após eventos hidrológicos onde a vazão foi superior à 1000 m<sup>3</sup>/s concomitantes a ventos oriundos do Quadrante Sul ou a eventos de ressuspensão associados a passagem de Sistemas Transientes já durante este monitoramento (Campanha 3 - FEST; Figura 176).

As partículas dispersas na água medidas pelo equipamento LISST (Laser In-Situ Scattering and Transmissometry), apresentaram a mesma variação temporal que o MPS, entretanto, para esse método de análise, as partículas foram observadas principalmente na camada superficial e no meio da coluna d'água. O LISST mede a concentração e a distribuição de tamanho das partículas em concentração por volume (µL/L), e não em massa por volume (mg/L) como é o caso do MPS (análise gravimétrica). Em relação ao tamanho das partículas medidas pelo equipamento LISST, as mesmas apresentaram majoritariamente tamanho entre 66 e 250µm no Setor Norte e entre 250 e 500µm nos outros setores.

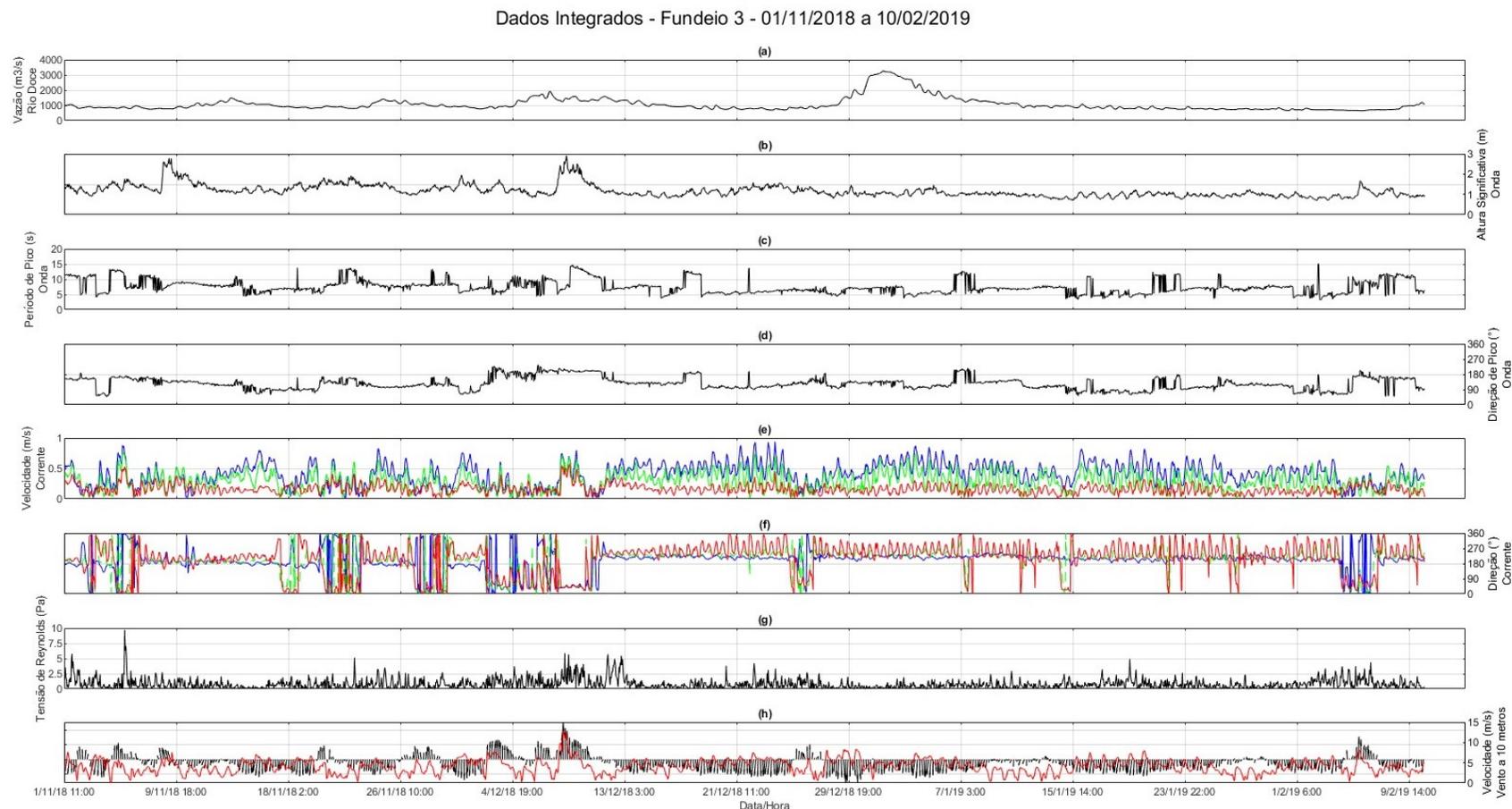
A análise da distribuição do sedimento superficial mostrou o mesmo padrão de distribuição espacial observado por Quaresma et al. (2015), Bastos et al. (2015), Vieira (2017) e Vieira et al. (submetido). Assim como encontrado nesses estudos, ao longo de todo o monitoramento, foi encontrado um domínio de sedimento litoclásticos com baixos teores de carbonato nas estações localizadas em profundidades inferiores a 30m nos setores Sul, Costa das Algas, Foz e Norte. Um domínio de sedimentos mistos e carbonáticos no setor Abrolhos e nas estações localizadas em profundidades superiores a 30m nos outros setores.

No setor Abrolhos foi observado um aumento no teor de lama para as estações ABR 01, ABR 02, ABR 03 e ABR 04, quando comparadas as campanhas de Janeiro e Abril de 2016 (UFES) e Dezembro de 2018 (Campanha 1 - FEST) principalmente na estação ABR 01, onde foi identificado um aumento de mais de 40% no teor de lama. A estação ABR 01 é a estação mais próxima da costa, estando sobre influência do Rio Caravelas. Dessa forma, o aumento do teor de lama deve ser analisado com cautela, pois pode estar associado a eventos hidrológicos que ocorreram na Bacia do Rio Caravelas, como o que ocorreu na primeira semana de Dezembro de 2018 (INEMA, 2018), anterior a coleta de sedimento superficial na estação ABR 01.

No Setor Norte, foi observada uma redução da variabilidade temporal do teor de lama ao longo do monitoramento nas estações BN 01 e BN 02, enquanto que a estação DEG 01 apresentou um aumento da variabilidade temporal do teor. A variação dos teores entre as campanhas não apresentou um

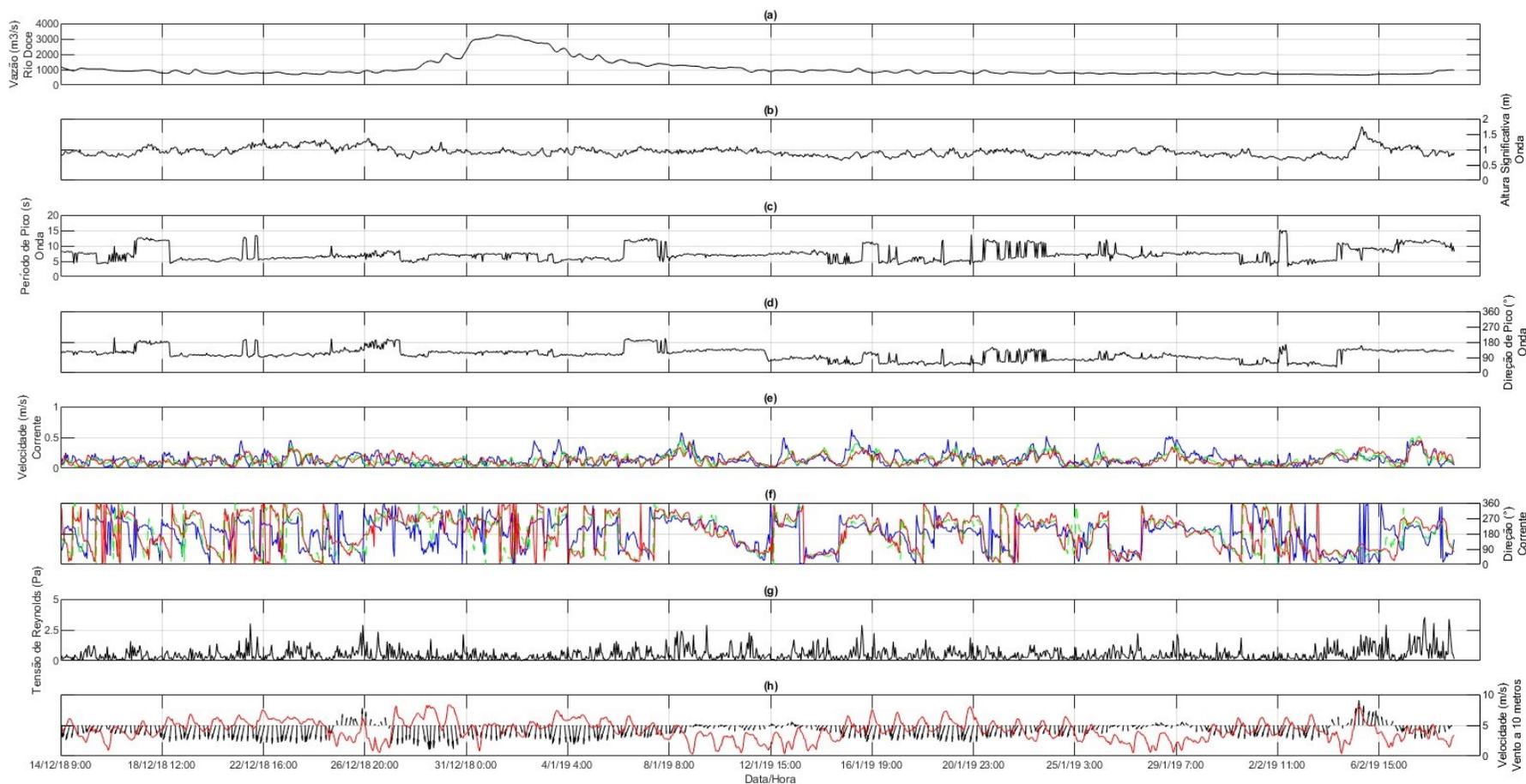
padrão único para essas estações. Nesse setor, a estação ITA 02 foi a que apresentou a maior variabilidade no teor de lama, com um aumento de quase 14% da fração lamosa. Variações temporais nos teores de areia não apresentaram um padrão único e os fatores responsáveis por essas variações ainda estão sendo analisados.

Figura 176: Série temporal de Vazão da Estação Fluviométrica em Colatina (Código da Estação: 56994510) (a). Séries temporais de dados do Fundeio 3 (latitude:-19,6042° ; longitude:-39,7333°) fornecidos pelo Sub-Projeto Modelagem/Anexo 3 Marinho Integrado: Altura Significativa da onda (m) (b), Período de Pico da onda (s) (c), Direção de Pico da onda (°) (d), Velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (m/s) (e), Direção da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (°) (f). Série temporal da Tensão de Reynolds calculada a partir das componentes de velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (Pa) (g). Séries temporais de velocidade (m/s) e direção do vento (°) à 10 m da superfície (h). Os dados de Vento foram extraídos da Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)- National Centers for Environmental Prediction (NCEP), para o ponto de latitude: -19,72742 e longitude: -39,8864.



Fonte: Autoria própria

Figura 177: Série temporal de Vazão da Estação Fluviométrica em Colatina (Código da Estação: 56994510) (a). Séries temporais de dados do Fundeio 2 (latitude: -19,7152'; longitude: -39,8473') fornecidos pelo Sub-Projeto Modelagem/Anexo 3 Marinho Integrado: Altura Significativa da onda (m) (b), Período de Pico da onda (s) (c), Direção de Pico da onda (°) (d), Velocidade da corrente medida a 1,75 m acima do fundo (m/s) (e), Direção da corrente medida a 1,20 m acima do fundo (°) (f). Série temporal da Tensão de Reynolds calculada a partir das componentes de velocidade da corrente medida a 1,20 m acima do fundo (Pa) (g). Séries temporais de velocidade (m/s) e direção do vento (°) à 10 m da superfície (h). Os dados de Vento foram extraídos da Climate Forecast System Reanalysis (CFSR)- National Centers for Environmental Prediction (NCEP), para o ponto de latitude: -19,72742 e longitude: -39,8864.

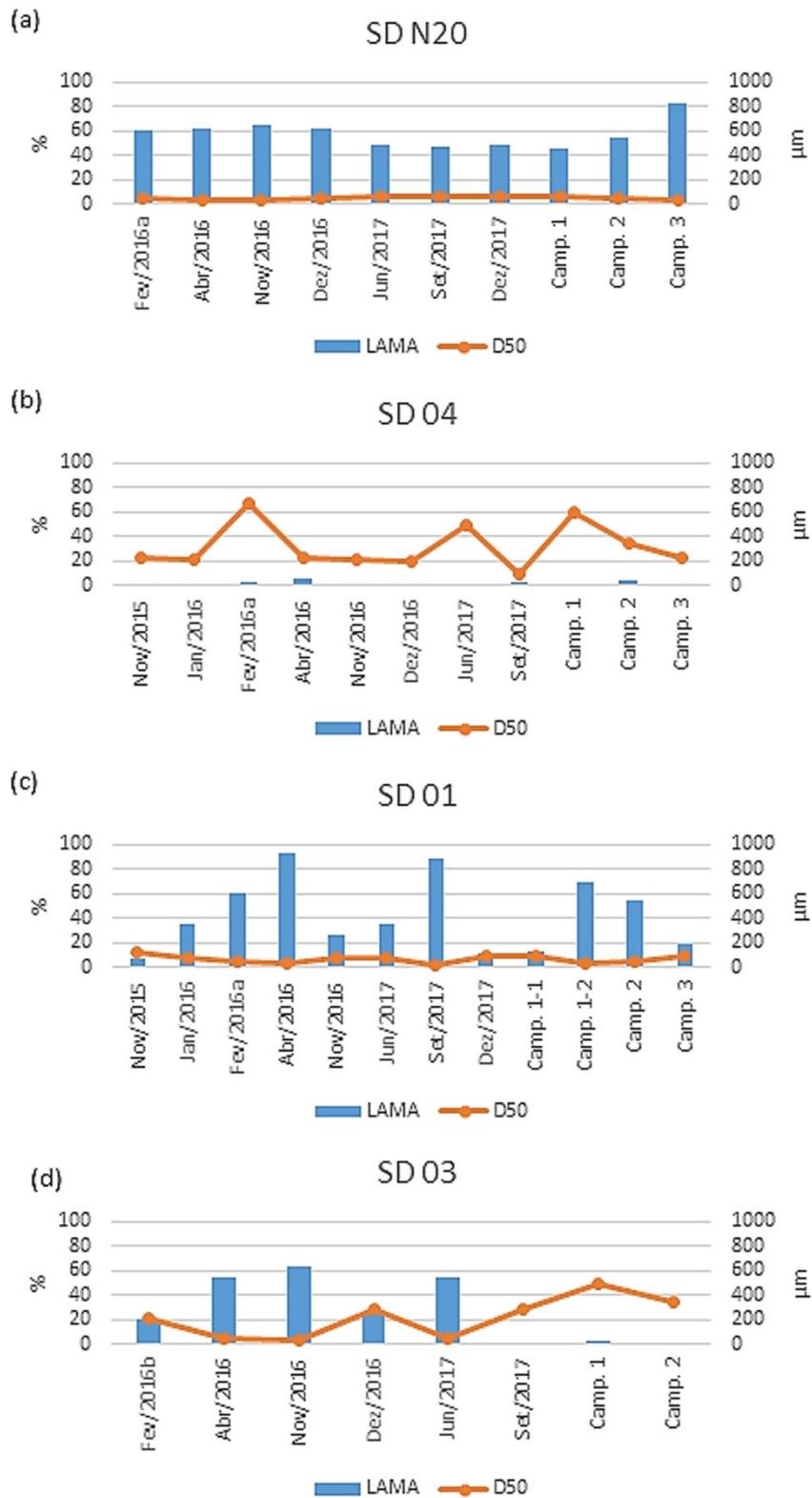


Fonte: Autoria própria..

Quanto aos teores das frações sedimentares e dos valores de densidade úmida foi observado, para o Setor Foz, uma maior variabilidade espaço-temporal nas regiões Foz Sul e Foz Central ao longo do monitoramento anterior (UFES) e atual (FEST) (Janeiro de 2016 - Janeiro de 2019). Teores de lama foram estáveis nas seguintes estações: SD N13/RDN-13,5, SD 02 e SD S20. Tais estações estão localizadas na região do depocentro de lama do Rio Doce mapeado por Quaresma et al. (2015) e Silva (2017). O padrão de variabilidade temporal das frações sedimentares para as estações do Setor Foz indicam que o teor de lama, assim como o MPS, apresentou seus maiores valores nas campanhas que ocorreram durante ou após eventos hidrológicos em que a vazão foi superior à 1000 m<sup>3</sup>/s. Para as estações SD01, SD02, SD N13, SD S13 e SD S30 os maiores teores de lama foram encontrados na Campanha 2, a qual foi realizada no fim de Novembro e início de Dezembro de 2018 (FEST). Aqui cabe ressaltar que o mês de Novembro foi um período no qual a vazão mediana diária (930 m<sup>3</sup>/s) ficou acima do valor climatológico (Oliveira e Quaresma, 2017 - aproximadamente 800 m<sup>3</sup>/s) e que foram registradas constantes inversões entre ventos e ondas de Norte e Nordeste, e oriundos do quadrante Sul (Figura 176). Tal condição favoreceu o transporte do sedimento lamoso para as diferentes regiões do Setor Foz, resultando no aumento do teor de lama em estações dos três subsetores. Eventos hidrológicos que ocorreram conjuntamente com condições mais estáveis de vento e ondas, contribuíram para os picos nos teores de lama em outras estações do setor Foz. Um exemplo foi o evento hidrológico que ocorreu na primeira quinzena de Dezembro (Máximo de 1917 m<sup>3</sup>/s - 07/12/2018) juntamente com ondas e ventos do quadrante sul (Figura 176). Tal condição contribuiu para o pico de teor de lama que foi observado na Campanha 3 (FEST) na estação SD N20. Outro exemplo foi o evento hidrológico que ocorreu no fim de Dezembro de 2018 e início de Janeiro de 2019 (Máximo de 3262 m<sup>3</sup>/s - 01/01/2019) juntamente com ondas e ventos de Norte e Nordeste (Figura 177). Tal condição contribuiu para o pico de teor de lama que foi observado na Campanha 4 (FEST) na estação SD S20. Mostrando claramente o controle do aporte de material oriundo do Rio Doce, além da resposta imediata a condições hidrodinâmicas e atmosféricas.

Tendências de afinamento da granulometria do sedimento superficial têm sido identificadas para estações das regiões Foz Norte e Foz Central. Tal afinamento não foi observado, até o momento, para as estações da região Foz Sul. Na região Foz Norte, a estação SD N20 (Figura 178a) vem apresentando uma tendência de afinamento da granulometria do sedimento superficial ao longo do monitoramento (Janeiro de 2016/UFES - Janeiro de 2019/FEST). Na região Foz Central foi observado para a estação SD 04 (Figura 178b) o afinamento da granulometria do sedimento superficial quando comparadas as Campanhas 1, 2 e 3 (FEST), indicando um transporte de material mais fino em direção as maiores profundidades. Anteriormente essa área, a partir dos 30 e 40m de profundidade, apresentava uma granulometria mais grossa com tendência a domínio carbonático (Quaresma et al., 2015). Os monitoramentos (UFES e FEST) mostram que o sedimento terrígeno mais fino passou a se estender a maiores profundidades, o que não era observado anteriormente. Nessa região, as estações SD 01 e SD 03 têm apresentado maior variabilidade temporal entre as estações da região Foz Central, principalmente dos teores de lama (Figura 178c e Figura 178d).

Figura 178: Série temporal discreta de teor de lama (barra azul) e mediana (D50 - linha pontilhada vermelha) das estações SD N20, SD 04, SD 01, SD 03. Os dados são referentes às Campanhas de Novembro de 2015, Janeiro/2016 (UFES), Fevereiro/2016 (UFES), Abril/2016 (UFES), Novembro/2016 (UFES), Dezembro/2016 (UFES), Junho/2017 (UFES), Setembro/2017 (UFES), Dezembro/2017 (UFES), Campanha 1, Campanha 2 e Campanha 3.



Fonte: Autoria própria.

No setor Costa das Algas foi observado uma redução no teor de lama para as estações CA 01, CA 02, CA 03 e CA 04, quando comparados com os levantamentos de 2016 (UFES) e Outubro de 2018 (Campanha 1- FEST). Quanto às variações temporais dos teores de areia e cascalho, a tendência de comportamento dos mesmos, bem como os processos responsáveis por eles ainda estão sendo avaliados, pois não houve número suficiente de campanhas que abrangem esses pontos para uma análise temporal mais completa. Em relação ao parâmetro densidade úmida, apesar de não ter sido encontrada uma correlação estatística significativa ( $p\text{-value} > 0,05$ ) espaço-temporal entre os teores das frações sedimentares e a densidade úmida, foi observada para algumas estações - como a SD N20 e a SD 01 - uma redução dos valores de densidade úmida em momentos em que houve um aumento do teor de lama. Mesmo que essa redução não tenha sido estatisticamente significativa, ainda assim deve-se esclarecer que processos sedimentares nem sempre seguem padrões estatísticos convencionais e que os mesmos não devem ser valorizados nesses casos. A estação SD N20 apresentou redução da densidade úmida (Figura 111 e Figura 126) entre as Campanhas 2 e 3 (FEST), quando foi encontrado um aumento de aproximadamente 27% do teor de lama. Já a estação SD 01 apresentou redução da densidade úmida (Figura 72) dentro da Campanha 1 (entre os dias 06/11/2018 e 14/11/2018 - FEST), quando foi encontrado um aumento de aproximadamente 57% do teor de lama. Portanto, foi identificada a influência dos fatores hidrodinâmicos e de outros parâmetros sedimentológicos na variação espaço-temporal da densidade úmida do sedimento superficial, mesmo que essa influência não seja destacada pela análise estatística.

A redução da densidade do sedimento superficial e o afinamento do sedimento superficial resultam na diminuição do grau de consolidação e da tensão crítica de ressuspensão (Mitchener e Torfs, 1996 e Van Rijn, 2016), e conseqüentemente no aumento do potencial de ressuspensão. Uma análise da variação temporal do potencial de ressuspensão para o Setor Foz foi feita comparando a tensão de cisalhamento de fundo calculada para os dados de correntes próximo ao fundo e a tensão crítica de ressuspensão calculada a partir dos dados de densidade úmida (dados coletados nos Fundeios 2/sul e 3/norte; Sub-Projeto Modelagem/Anexo 3 Marinho Integrado). O cálculo da tensão de cisalhamento de fundo foi feito a partir da equação de Reynolds para tensão de cisalhamento e o cálculo da tensão crítica de ressuspensão, a partir da equação de Mitchener e Torfs (1996):  $0,015 \cdot (\text{densidade úmida} - 1000)^{0,73}$ . Este cálculo foi feito considerando os valores de densidade úmida das estações SD S20 e SD 02 para a região Foz Sul e considerando os valores de densidade úmida das estações SD N20 e SD N30 para a região Foz Norte. A escolha das estações foi feita considerando a proximidade das mesmas com os Fundeios.

As regiões Sul e Norte do Setor Foz apresentaram padrões espaço-temporais diferenciados em termos de distribuição da densidade úmida do sedimento superficial de fundo, e desta forma, o cálculo do potencial de ressuspensão foi feito separadamente para cada uma das regiões. Enquanto que para a região Sul foram encontrados valores de tensão crítica de ressuspensão entre 0,20 e 1,88 Pa (média de 0,94 Pa), para a região Norte foram encontrados maiores valores de tensão crítica de ressuspensão: entre 0,70 e 1,95 Pa (média de 1,28 Pa).

O cálculo da tensão de cisalhamento próximo ao fundo mostrou que a região Foz Norte é submetida a uma maior energia do que a região Foz Sul. As Figura 168g e Figura 167g mostram a tensão de cisalhamento próximo ao fundo calculada, considerando os dados dos Fundeios 2 (Região Sul) e 3 (Região Norte), respectivamente. Para a região Sul foram encontrados valores de tensão de cisalhamento próximo ao fundo entre 0 e 3,53 Pa (média de 0,49 Pa), enquanto que para a região Norte foram encontrados valores de tensão de cisalhamento próximo ao fundo entre 0 e 9,7 Pa (média de 0,82 Pa). É importante destacar que a tensão de cisalhamento máxima próxima ao fundo calculada para a região Foz Norte foi obtida para um período em que não houve coleta de dados sedimentares na região Foz Sul. Considerando o mesmo período de coleta para as duas regiões, foi encontrado que os valores de tensão de cisalhamento próximo ao fundo na região Foz Norte (entre 0 e 4,91 Pa, e média de 0,70 Pa) ainda são maiores que na região Foz Sul.

A análise do potencial de ressuspensão do sedimento superficial de fundo foi analisada avaliando a porcentagem do tempo em que a tensão de cisalhamento próximo ao fundo foi maior que a tensão de crítica de ressuspensão, e quais as principais condições meteoceanográficas resultariam nas maiores tensões de cisalhamento de fundo e, portanto, maior potencial de ressuspensão. Para a região Foz Sul foi encontrado que, considerando o valor de tensão crítica mínima calculada para a área (0,2), durante cerca de 66% do tempo ocorreu ressuspensão do sedimento superficial. Já para a região Foz Norte foi encontrado que, considerando o valor de tensão crítica mínima calculada para a área (0,7), durante cerca de 42 % do tempo ocorreu ressuspensão do sedimento superficial. Tais resultados sugerem que na região Foz Sul os processos de ressuspensão são mais recorrentes que na região Foz Norte. Quanto às condições meteoceanográficas, foi encontrado que enquanto na região Foz Sul, ventos de Nordeste e ondulações de Sudeste resultam em maior potencial de ressuspensão (Figura 177), na região Foz Norte, ventos e ondulações oriundos do quadrante Sul resultam em maior potencial de ressuspensão (Figura 176).

Desta forma, ondulações de sudeste tem grande influência nos processos de ressuspensão no setor Foz do Rio Doce. A influência dessas ondulações na ressuspensão e no transporte de sedimento nesse setor já foi identificada por Quaresma et al. (2015), Silva (2017) e Oliveira (2018). Segundo esses estudos, a maior energia associada a ondulações oriundas do quadrante Sul resultam em um maior potencial de ressuspensão do sedimento superficial com posterior transporte de sedimentos finos em direção à Norte.

Um resultado importante foram os altos valores de tensão de cisalhamento de fundo associados a correntes para Sudoeste e ventos de Nordeste, tanto na região Foz Norte como na região Foz Sul (Figura 176 e Figura 177). Tal resultado sugere que, sob a atuação desses ventos, os quais possuem maior dominância temporal na região da foz do Rio Doce (Oliveira e Quaresma 2018), o sedimento superficial de fundo será transportado preferencialmente para Sudoeste. Esse resultado hidrodinâmico é corroborado pela assinatura da distribuição do sedimento lamoso oriundo do Rio Doce, a qual ocorre preferencialmente para sudoeste em baixas profundidades (Bastos et al., 2015; Quaresma et al., 2015; Silva, 2017).

Os resultados encontrados até o momento mostram que as condições hidro-meteoceanográficas concomitantes com eventos hidrológicos na Bacia do Rio Doce, determinam os padrões de dispersão do material em suspensão, bem como da ressuspensão e do transporte e do sedimento superficial nas estações do setor Foz. Em relação aos padrões encontrados nos outros setores, os resultados sugerem a influência de fatores locais como a profundidade, eventos de ressuspensão e processos biológicos.

Quando se observa a composição dos minerais de argila, nota-se um aumento significativo nos volumes totais de alguns minerais como a hematita, goethita e magnetita, sendo que o padrão de dispersão dessas fases minerais acompanha o que vem sendo notado durante as análises de ressuspensão do material de fundo. De acordo com os resultados se observa uma dispersão preferencial a partir da foz em direção a Sul, tendo possivelmente atingido a região da Costa das algas. A susceptibilidade magnética analisada também nos leva a entender dessa forma, uma vez que avaliando os valores de background para sedimentos coletados previamente ao rompimento da barragem de Fundão, observa-se um aumento para os setores Foz e Costa das Algas. Além disso, quando comparadas as regiões Norte e Sul do setor Foz, foi encontrado que a região Sul apresenta maiores valores que a região Norte. Isso indica que um material diferenciado está atingindo essas regiões e que esse material está compatível com a assinatura mineralógica encontrada para o rejeito de minério de ferro oriundo da barragem de Fundão. Quando se analisa os parâmetros mineralógicos no MPS na coluna d'água, os resultados mostraram um indicativo de dispersão em direção Norte, inclusive atingindo a região de Arolhos nas porções mais rasas.

A análise contínua dos resultados da análise mineralógica auxiliará no entendimento da dispersão do material oriundo do Rio Doce para os diferentes setores, conforme variam as condições hidro-meteoceanográficas ao longo do monitoramento. Além disso, essa análise em conjunto com as outras análises sedimentológicas (granulometria e densidade do sedimento superficial, porcentagem de  $\text{CaCO}_3$  e MO no sedimento superficial, e porcentagem de MO, concentração e granulometria do MPS) auxiliam no entendimento do padrão de transporte e distribuição do material oriundo do Rio Doce bem como seus efeitos sobre a dinâmica sedimentar da área monitorada.

### **1.3.2 Mineralogia**

Os parâmetros testados mostram aumento significativo em volume das fases minerais de ferro na plataforma marinha após o acidente, bem como nos percentuais em massa de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  e nos valores de susceptibilidades magnéticas.

Os volumes e distribuições geográficas das fases minerais presentes nos sedimentos da plataforma continental adjacente à foz do Rio Doce e na Costa das Algas são compatíveis até o momento com a distribuição das concentrações de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  e com os valores de susceptibilidades magnéticas.

De forma geral, os pontos até agora analisados no DRX sugerem distribuição de fases minerais contendo ferro na região proximal à foz para norte e sul. Este comportamento permitiu a chegada

desses sedimentos na Costa das Algas, possibilidade que precisa ser mais bem estudada para confirmação.

A distribuição espacial das fases minerais contendo ferro mostra grande dispersão de goethita, concentrações maiores de hematita nos extremos (foz e costa das algas) e concentração de magnetita e maghmita na região da foz, fato corroborado pelos valores de susceptibilidade magnética. As densidades relativas da hematita, magnetita e goethita são respectivamente 5,26, 5,18 e 4,47. Considerando que a hematita possui a maior densidade relativa entre eles, as concentrações e distribuições desses minerais provavelmente devem-se antes à granulometria que as suas densidades.

A distribuição espacial dos percentuais em massa para o  $\text{FeO}_{\text{total}}$  obtidos nos sedimentos analisados até o momento corroboram com a distribuição volumétrica dos minerais. Indicando dispersão para sul e norte na região da foz e zonas com maiores concentrações para sul.

Para o MPS em águas de fundo, as maiores concentrações em massa de  $\text{FeO}_{\text{total}}$  foram encontradas na foz e a dispersão parece ser de sul para norte, alcançando o Banco de Abrolhos até a sua porção centro-norte. Comparados aos valores de referência, as amostras de 2019 exibem valores inferiores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e superiores de  $\text{FeO}_{\text{total}}$ , sugerindo a deposição de silicatos argilosos e outras fases aluminosas e a permanência do ferro em suspensão, possivelmente por controle granulométrico.

As susceptibilidades magnéticas de fases minerais com ferro, presentes nos sedimentos, indicaram na região da foz incremento de 6 a 10 vezes maiores que em anos anteriores ao desastre e a possível dispersão destas fases para a Costa das Algas e Banco de Abrolhos.

Os dados obtidos até o momento sugerem que passados quatro anos do acidente, o material associado ao resíduo que chegou à plataforma marinha continua a ser movimentado pela ação dinâmica de ondas, correntes marinhas e por fatores climáticos. As informações sugerem que o resíduo de minério atingiu a Costa das Algas e Banco de Abrolhos, unidades de conservação marinha com grande biodiversidade.

#### 1.4 REFERÊNCIAS

Bastos, A. C., Quaresma, V. S., Marangoni, M. B., D'Agostini, D. P., Bourguignon, S. N., Cetto, P. H., Silva, A. E., Amado Filho, G. M., Moura, R. L., Collins, M., 2015. Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclastic-carbonate shelf on the eastern Brazilian margin. *Journal of South American Earth Science*, 63, 125-136.

Ferreira, M.M., Fernandes, B., Curi, N. 1999. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 23:507-514.

Mitchener, H.; Torfs, H., 1996. Erosion of mud/sand mixtures. *Coastal Engineering*, Vol. 29,, p. 1-25.

Oliveira, K. S. S., Quaresma, V. da S., 2017. Temporal variability in the suspended sediment load and streamflow of the Doce River. *Journal of South American Earth Sciences*, 78, 101-115.

Oliveira, K. S. S., 2018. Influência das condições de vento e do aporte fluvial na dinâmica sedimentar do trecho centro-norte da Plataforma Continental do Espírito Santo (PCES). Tese de Doutorado, PPGOAM, UFES.

Quaresma, V.S.,Catabriga, G.M., Bourguignon, S.C., Godinho, E., Bastos, A. C., 2015. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*, 45, 635-644.

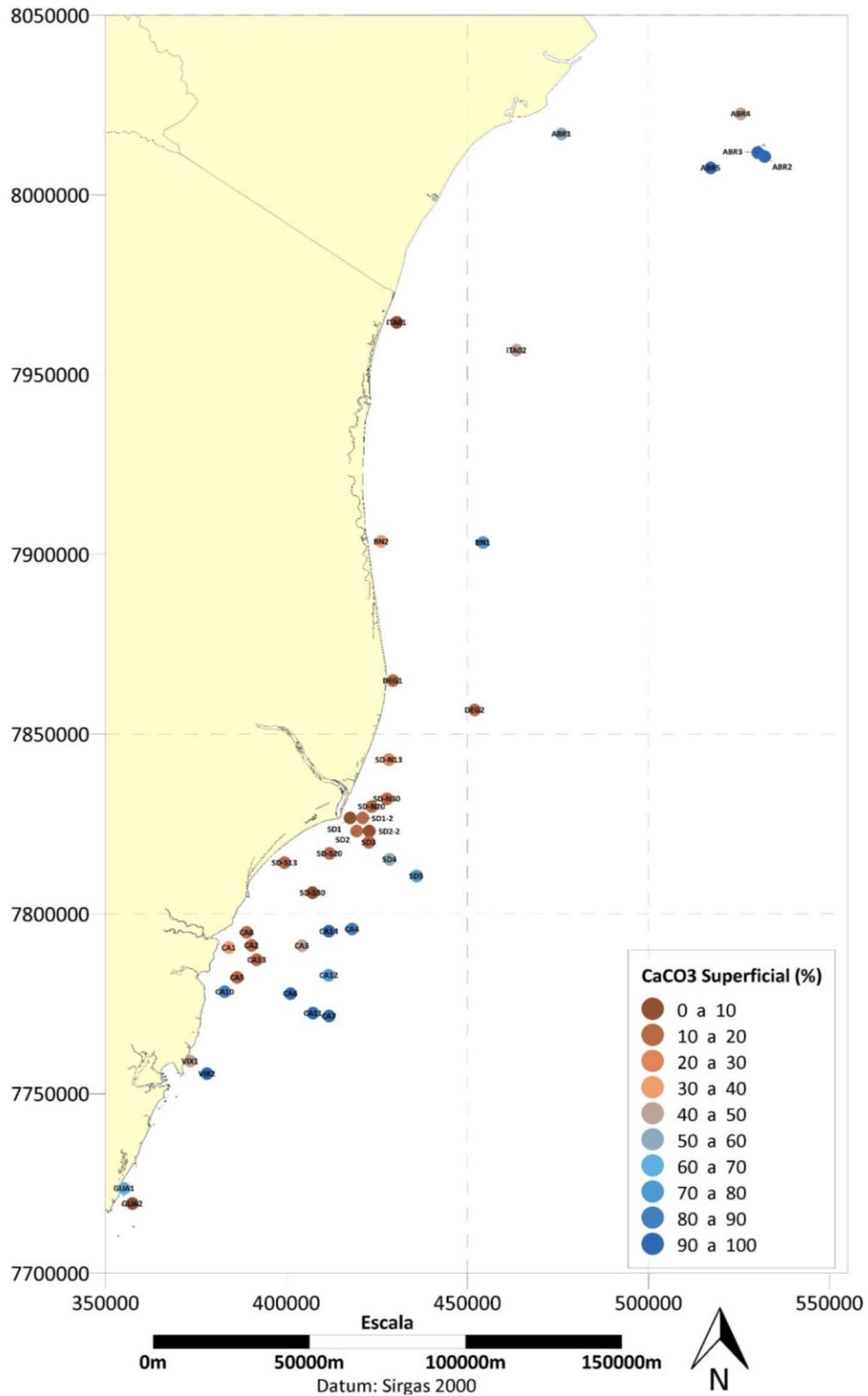
Silva, A. E., 2017. Evolução sedimentar recente ao longo de uma plataforma continental com estilo contrastante de sedimentação. Tese de Doutorado. PPGOAM, UFES.

Van Rijn, L. C., 2016. Initiation of motion and suspension; critical bed-shear stress for sand-mud mixtures.

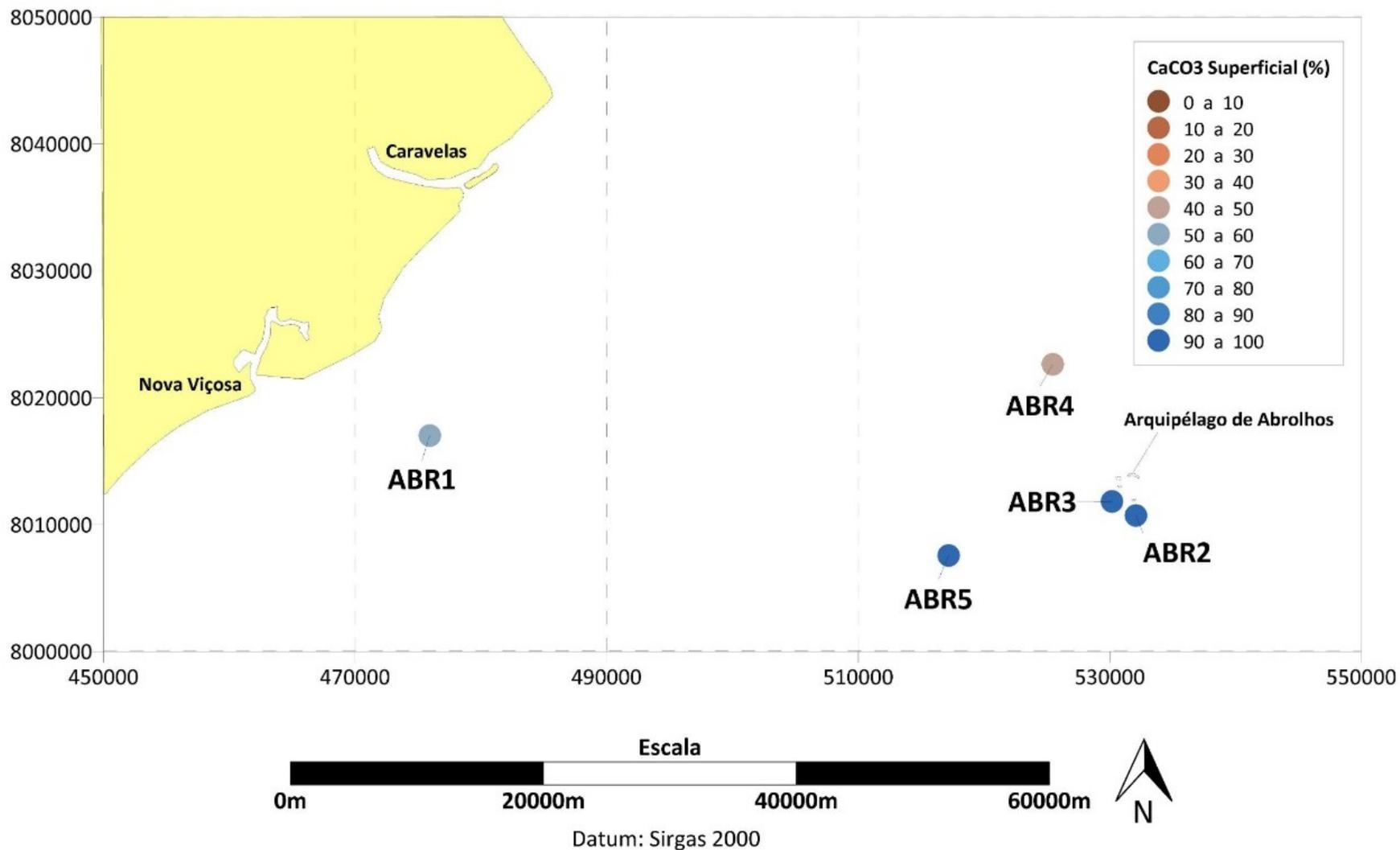
Vieira, F. V., 2017. Sedimentação da Plataforma Continental do Espírito Santo: do aporte terrígeno à ocorrência de fundos recifais. Dissertação de Mestrado. PPGOAM, UFES.

1.5 APÊNDICE I

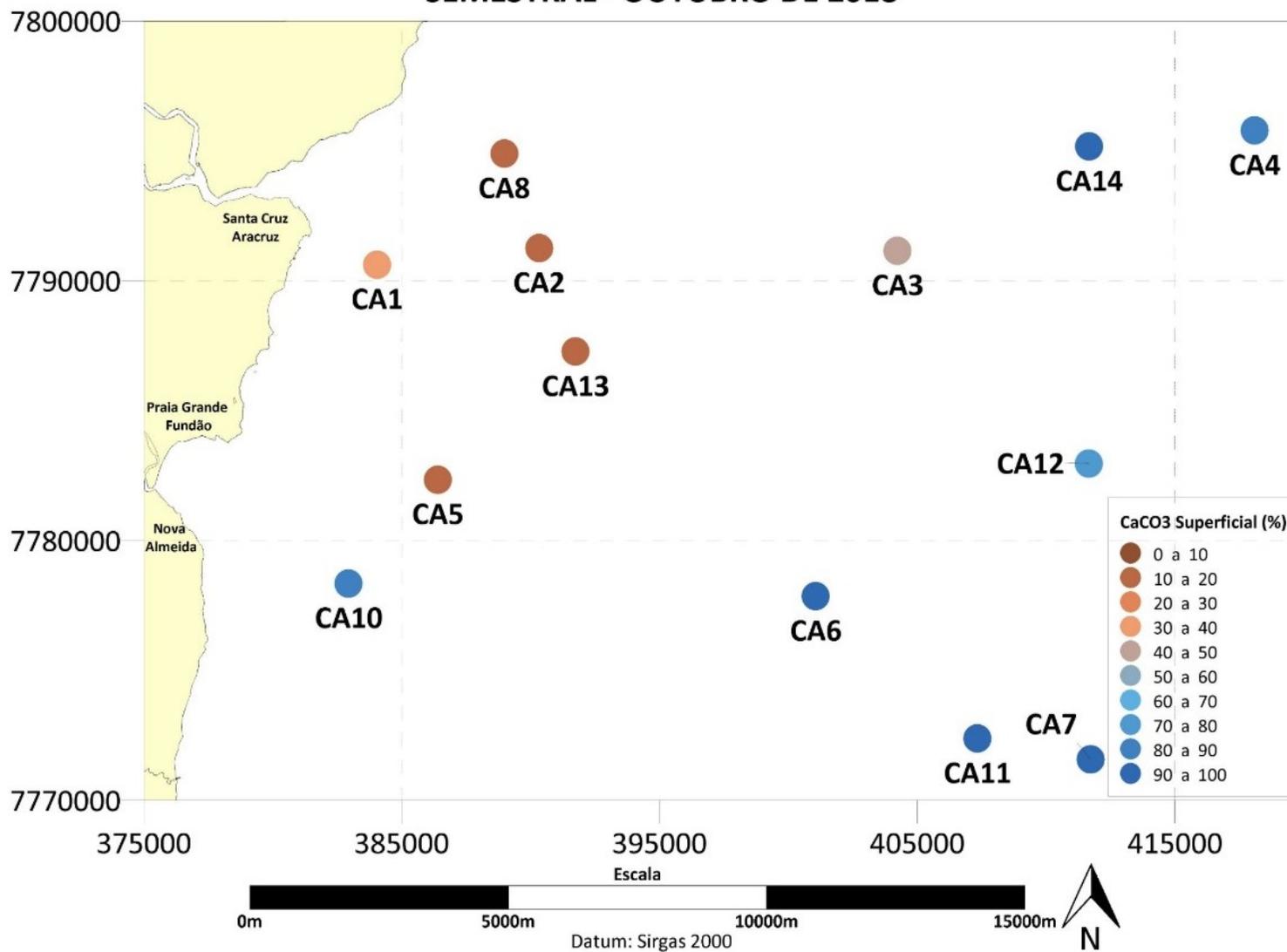
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



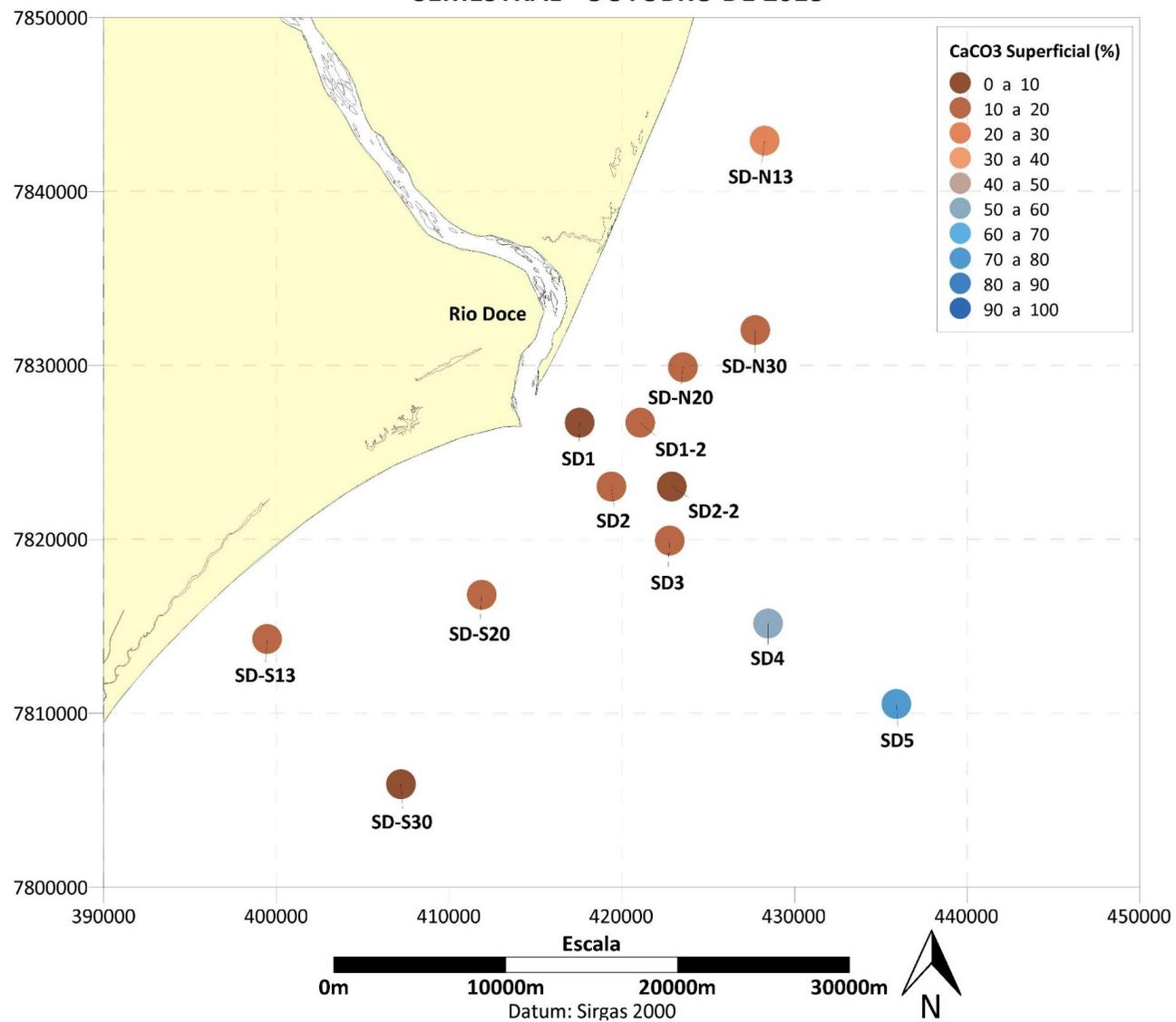
### CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018



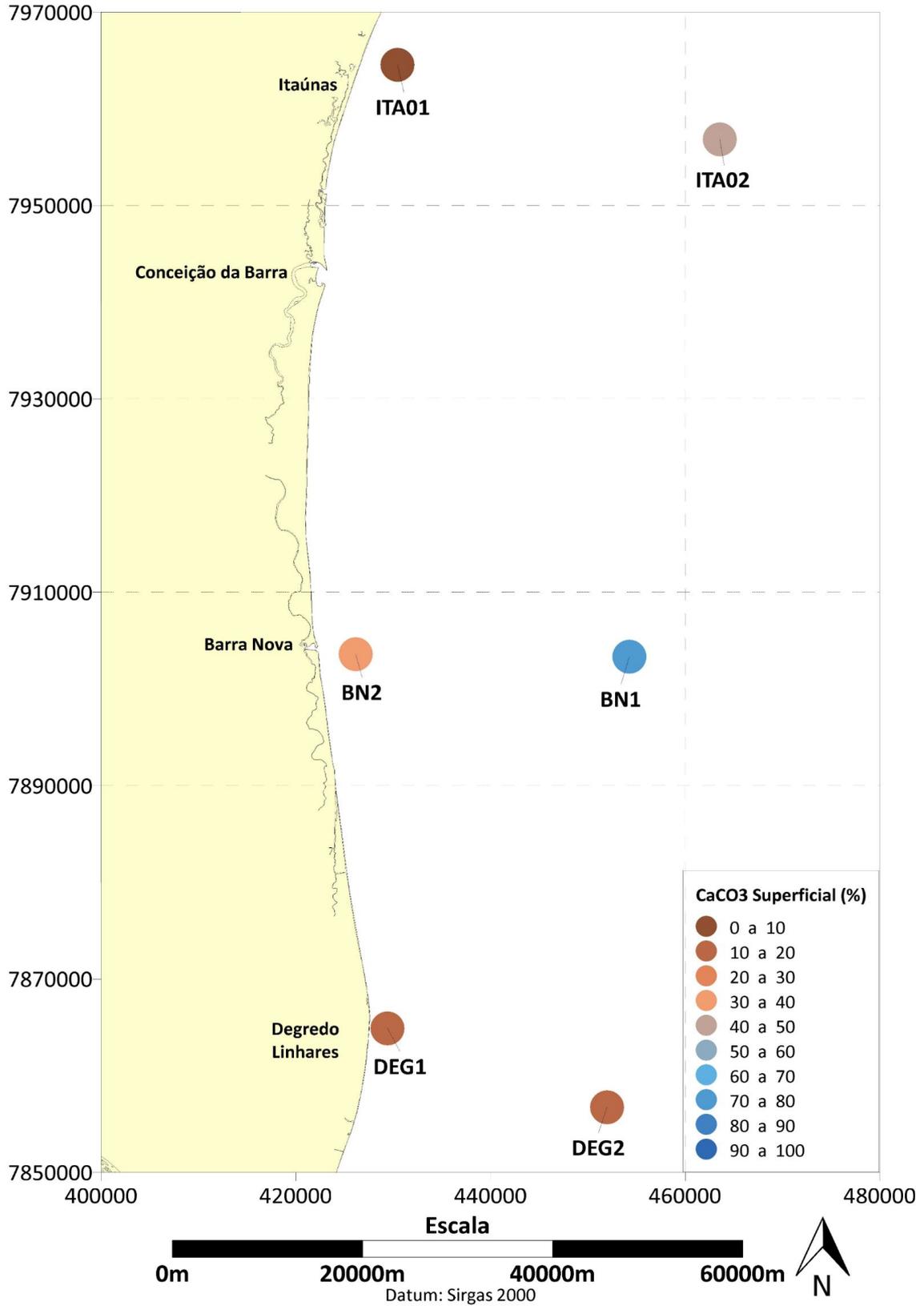
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



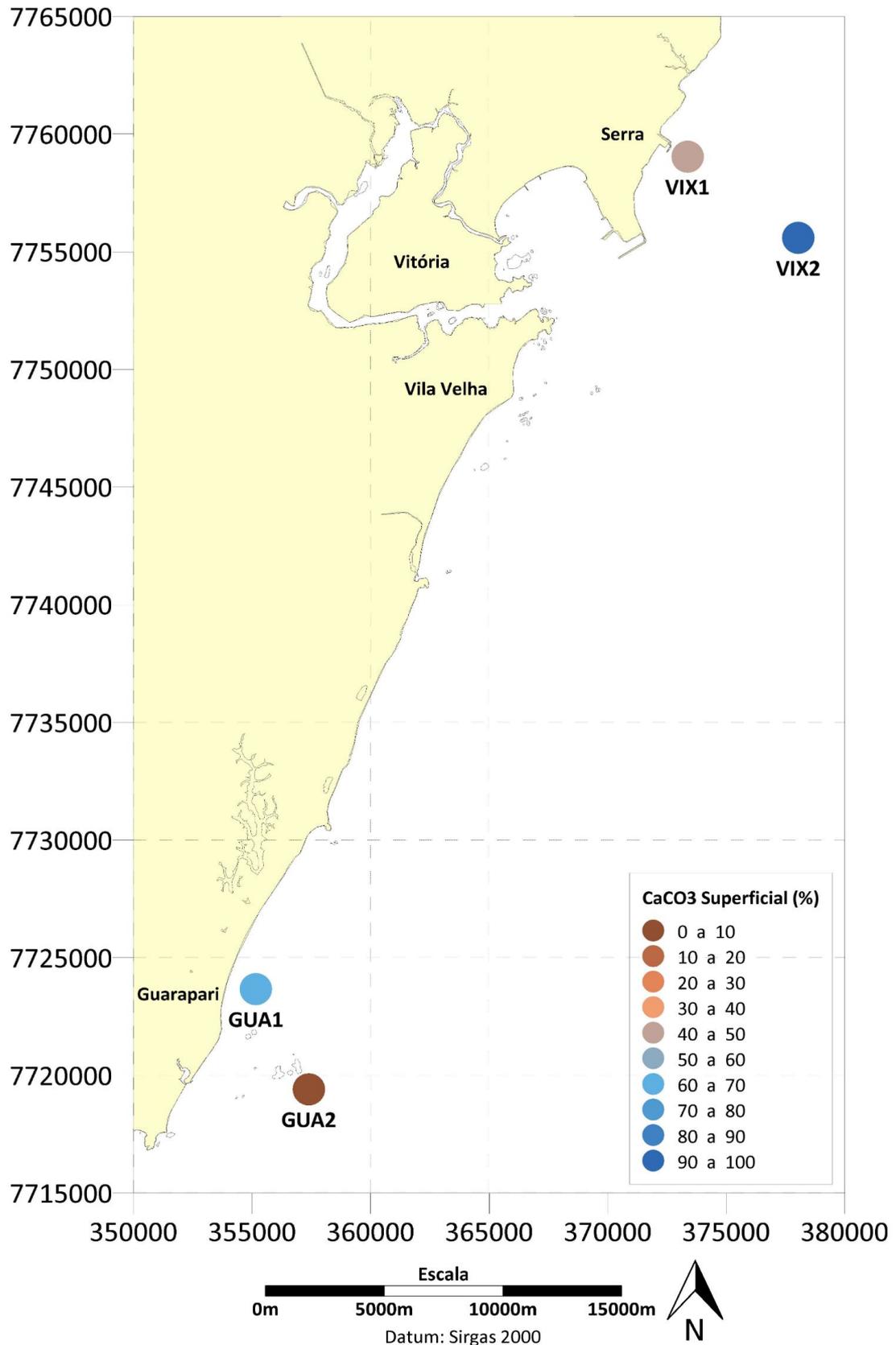
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



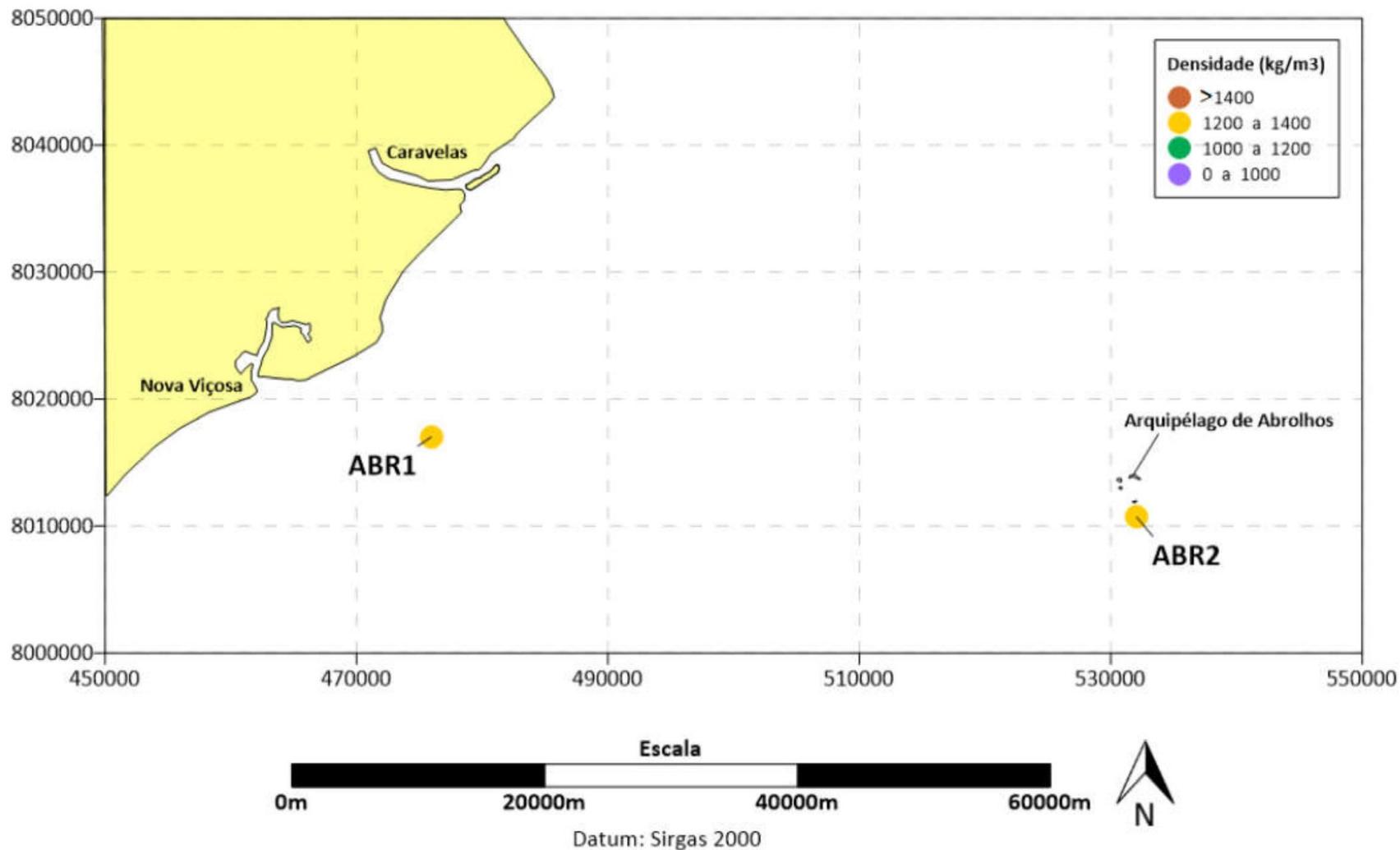
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



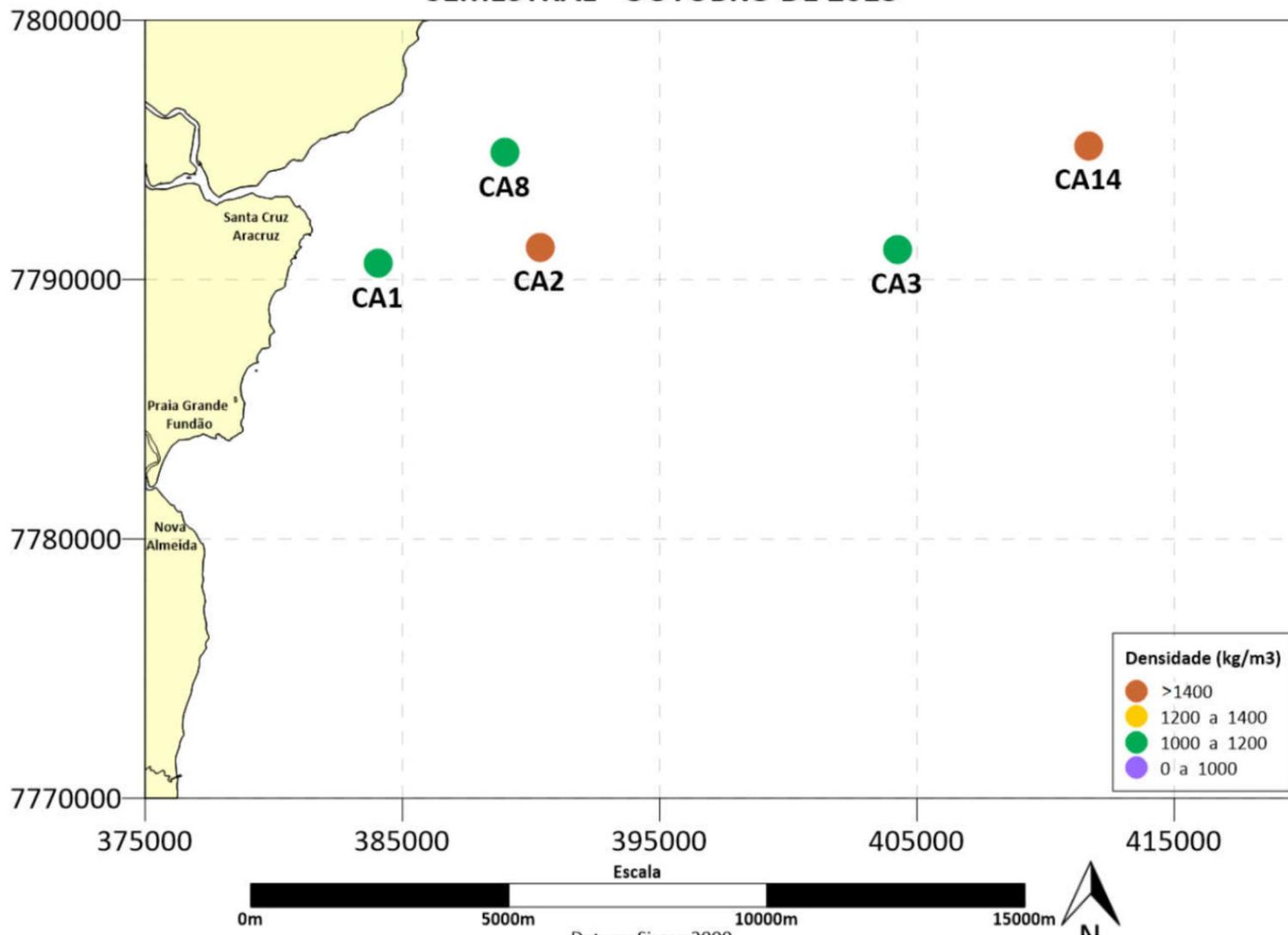
### CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018

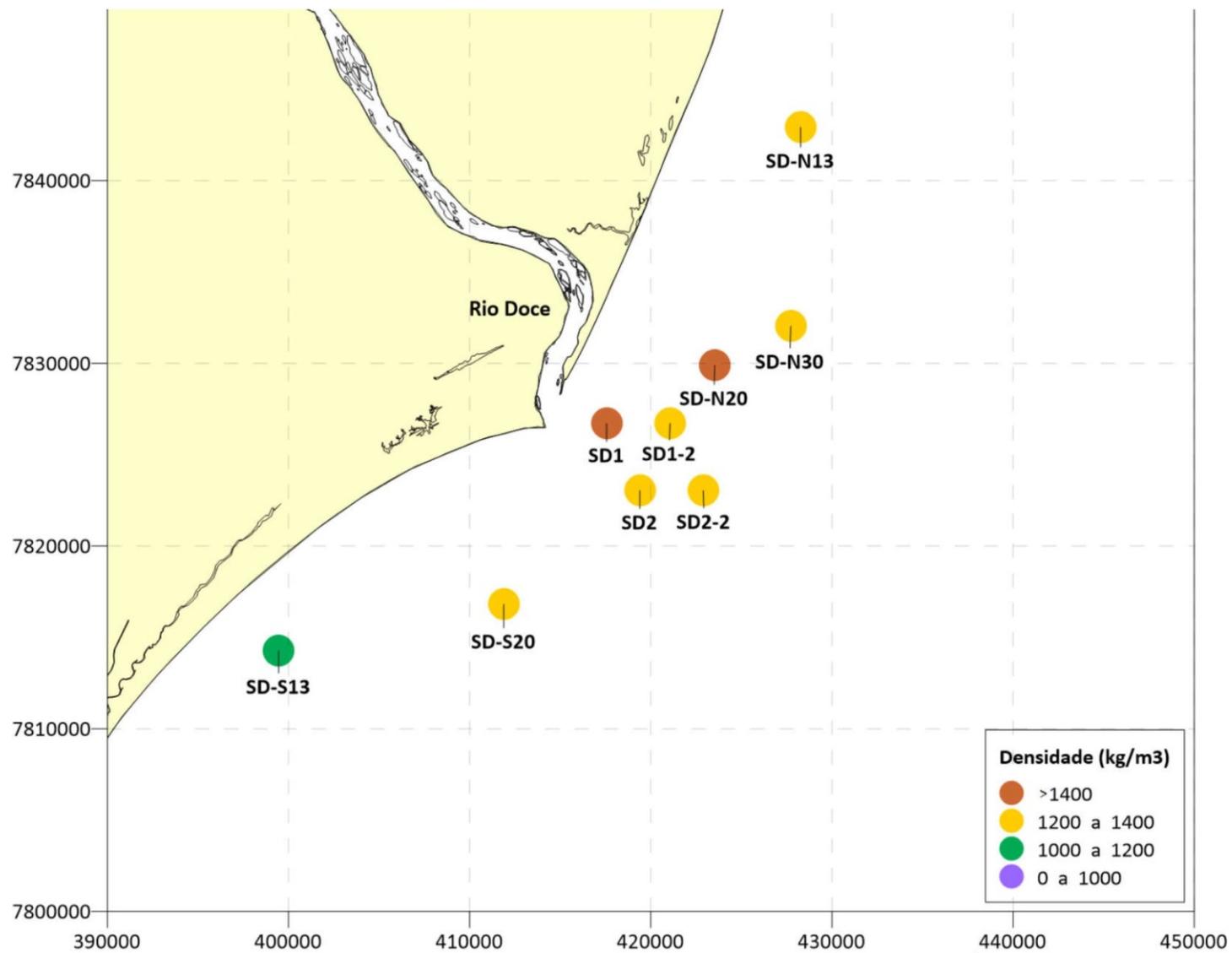


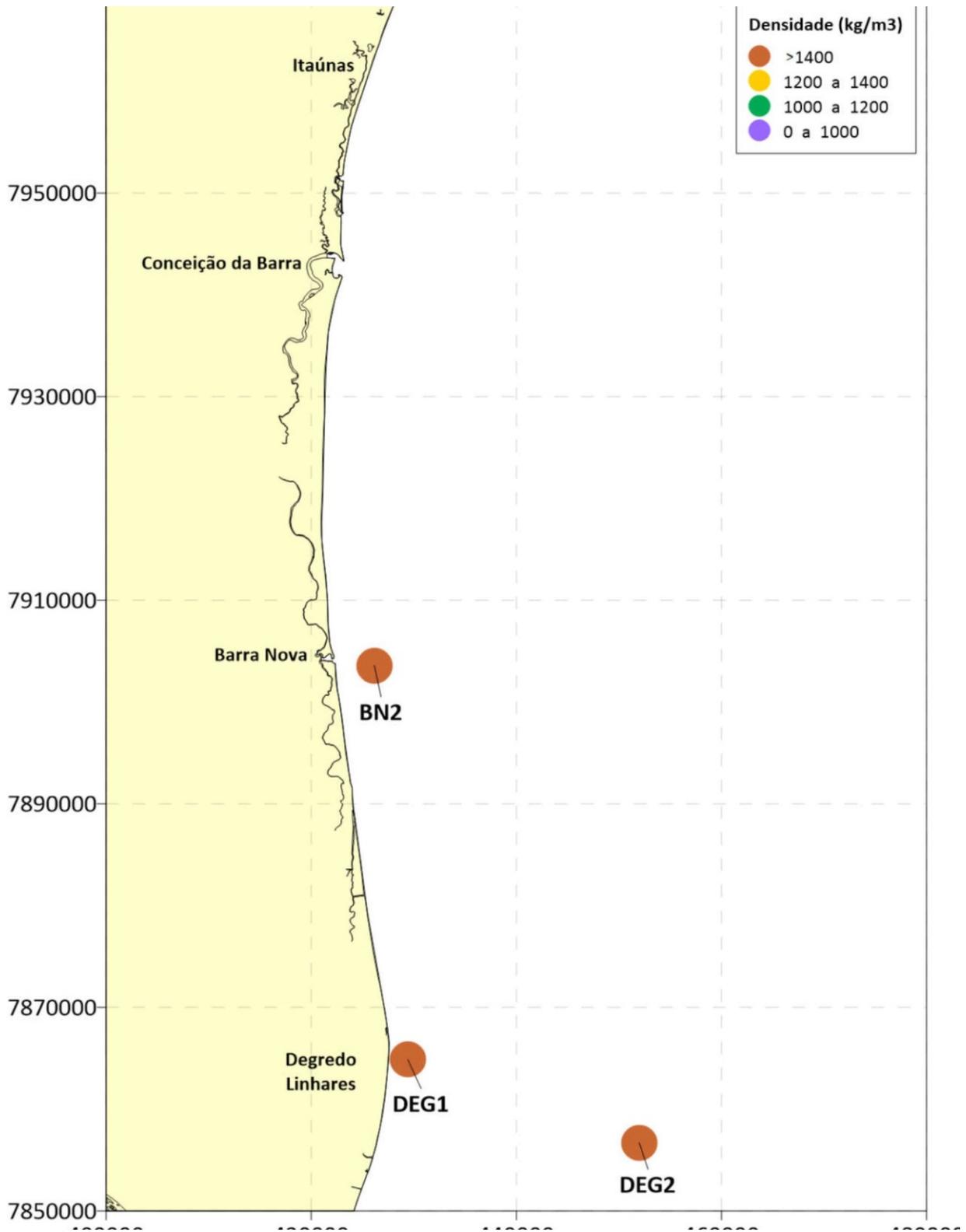
### DENSIDADE DO SEDIMENTO SUPERFICIAL SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018

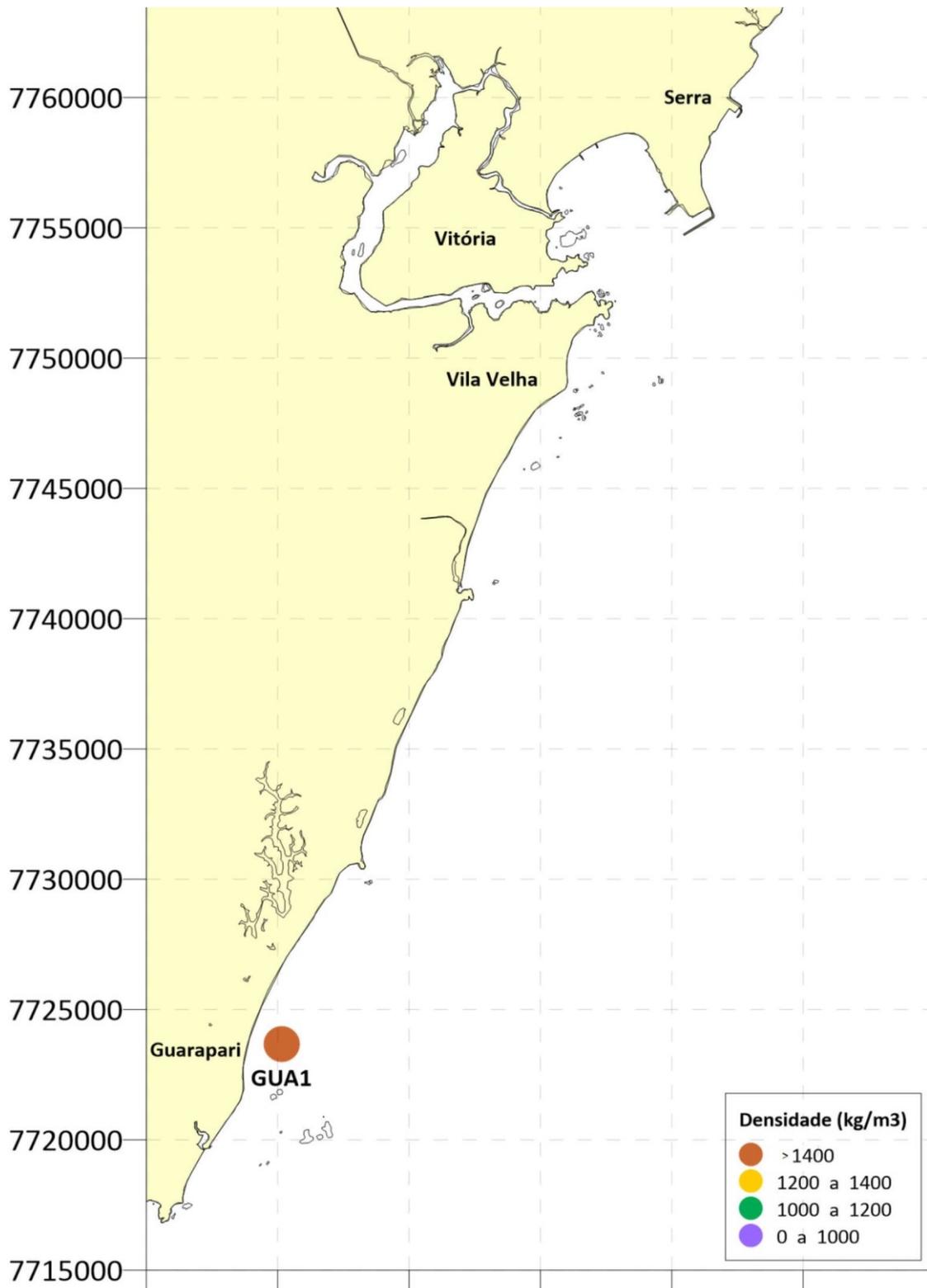


**DENSIDADE DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**

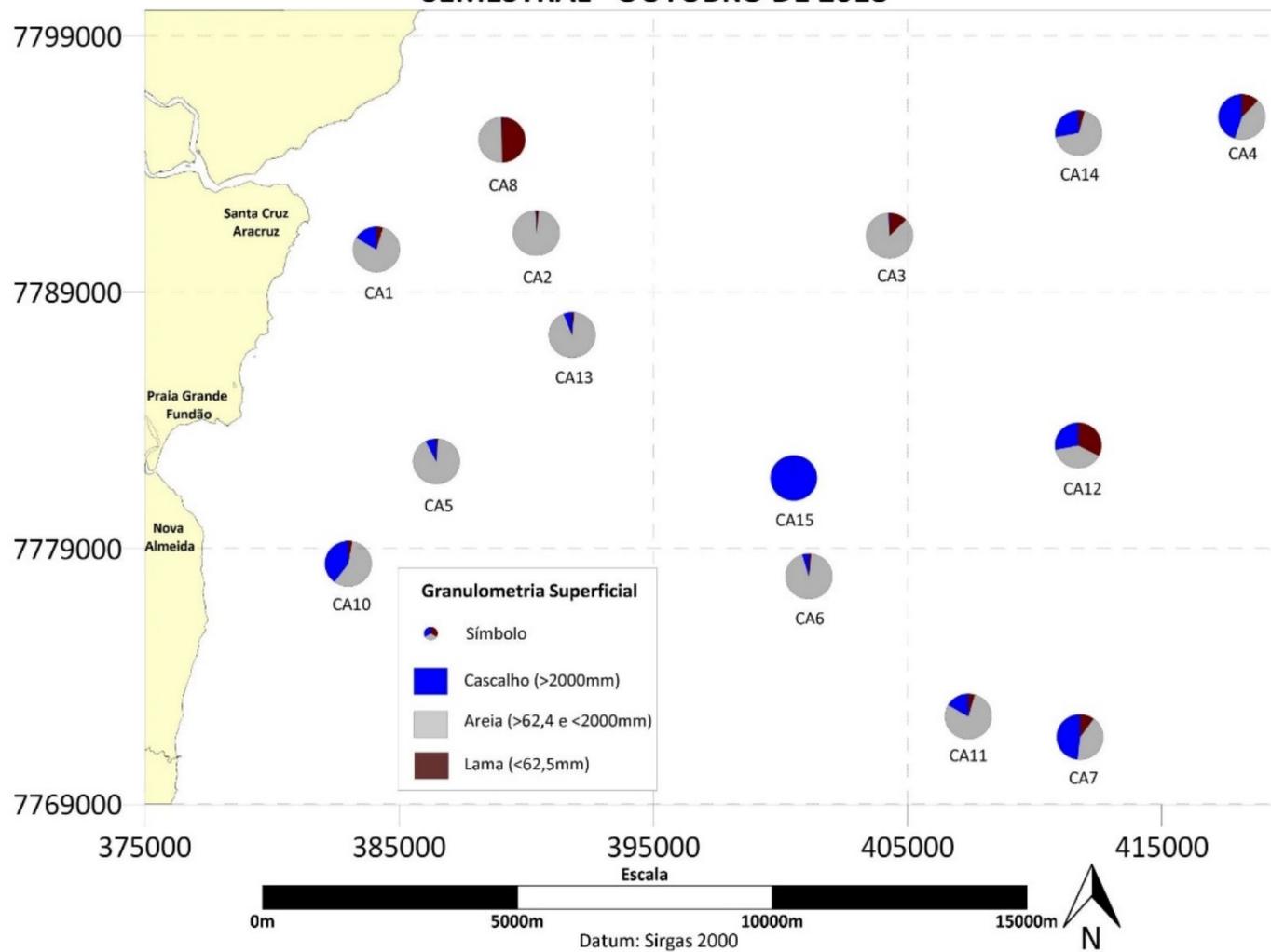




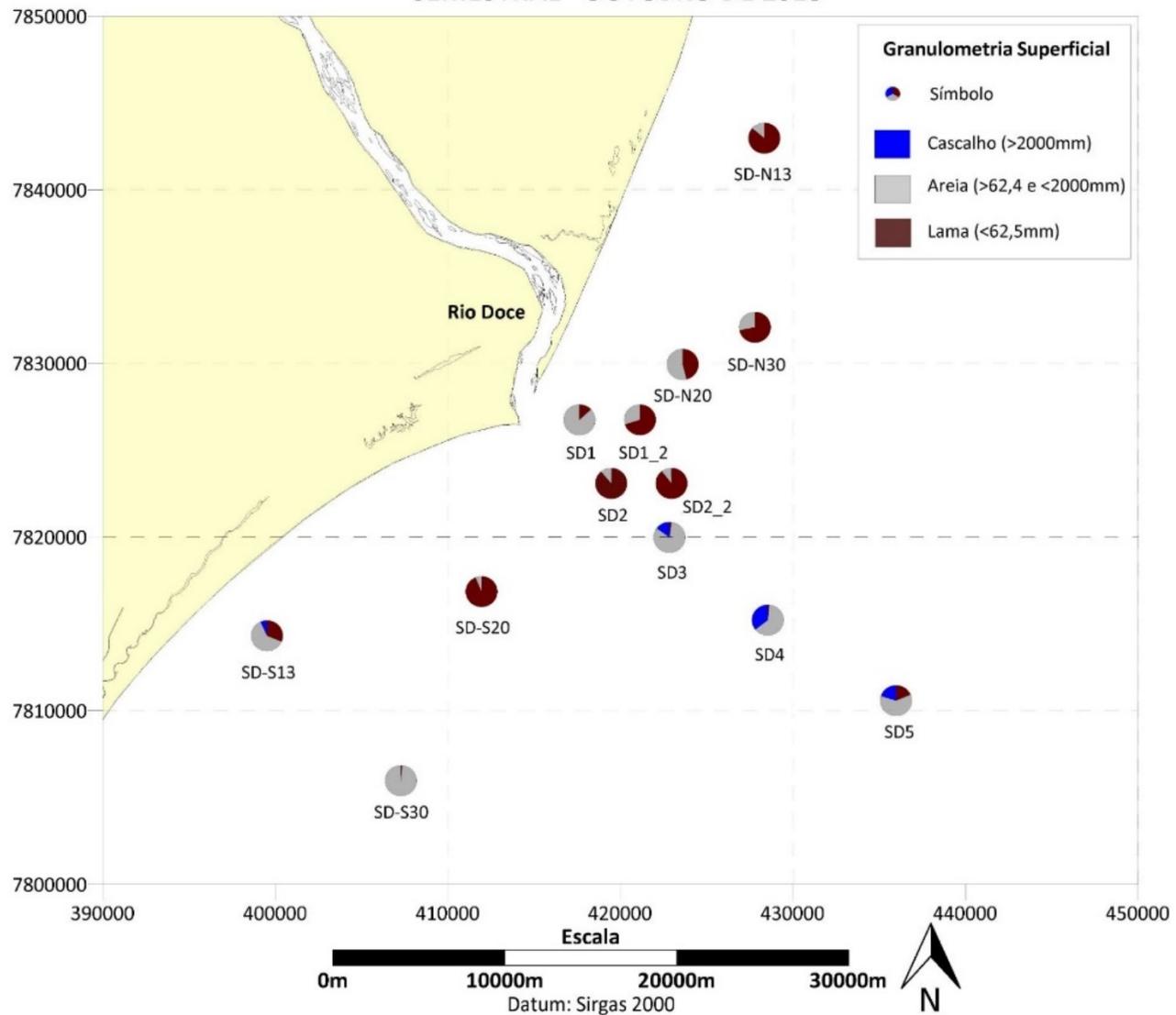




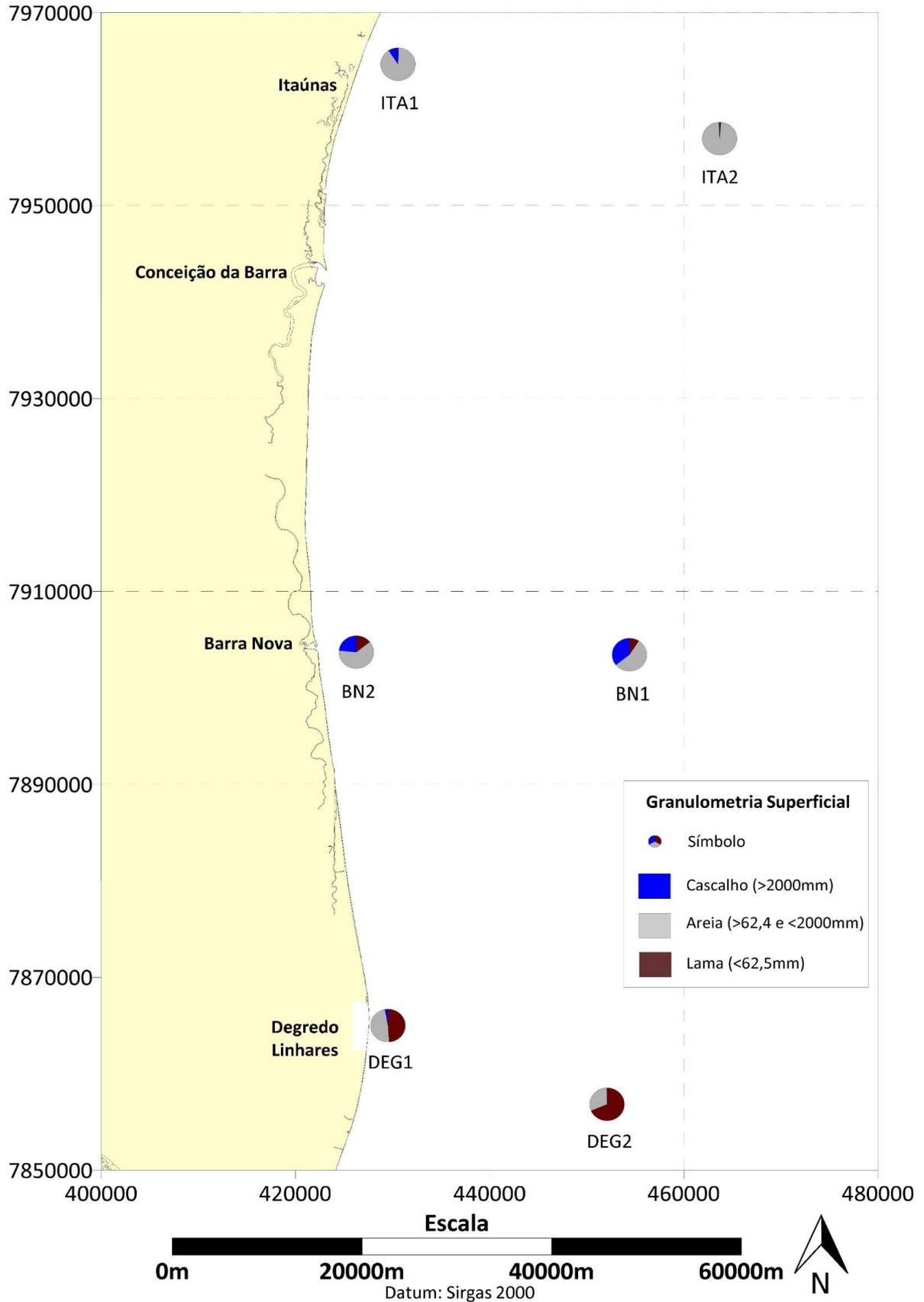
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



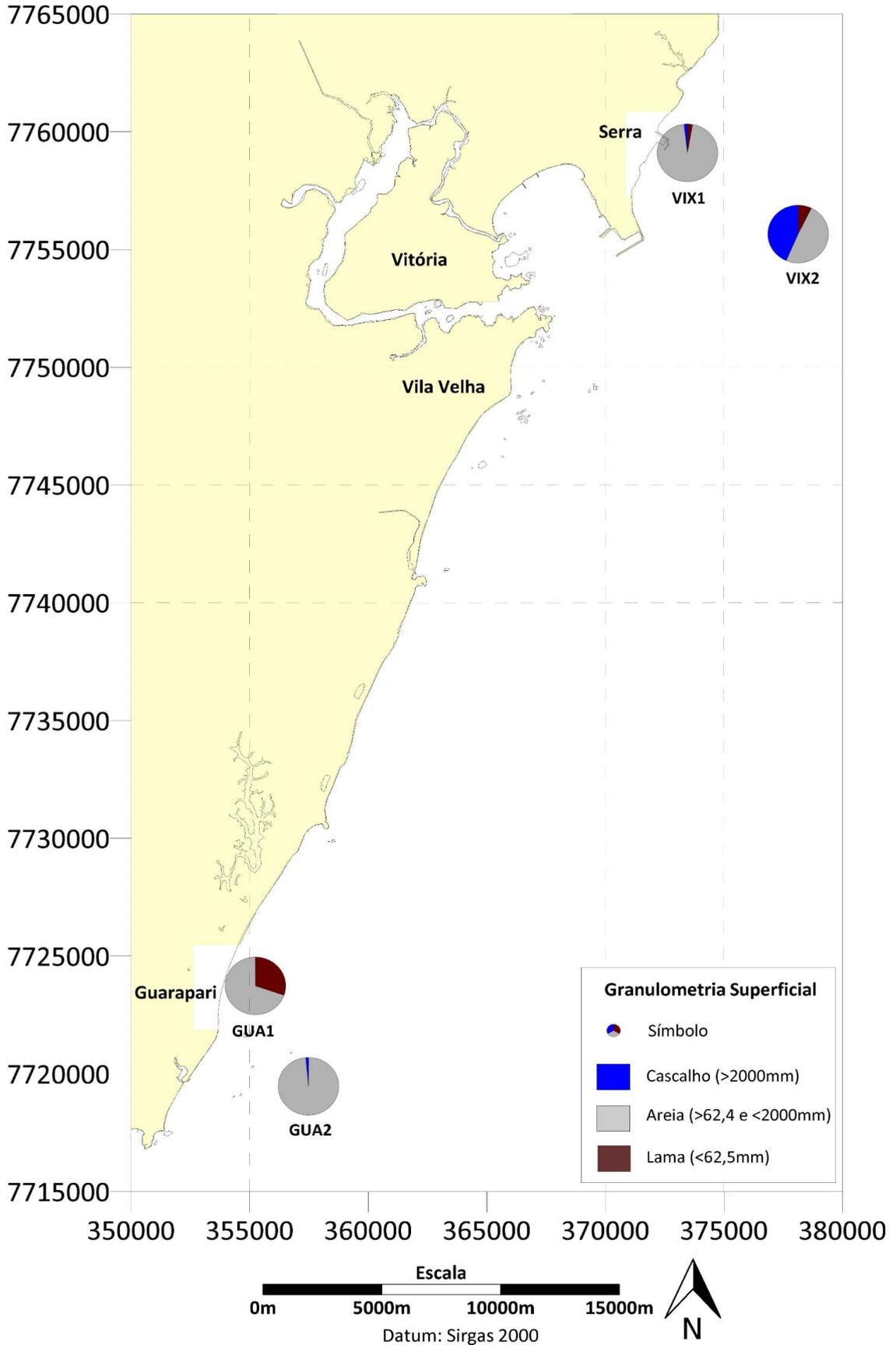
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



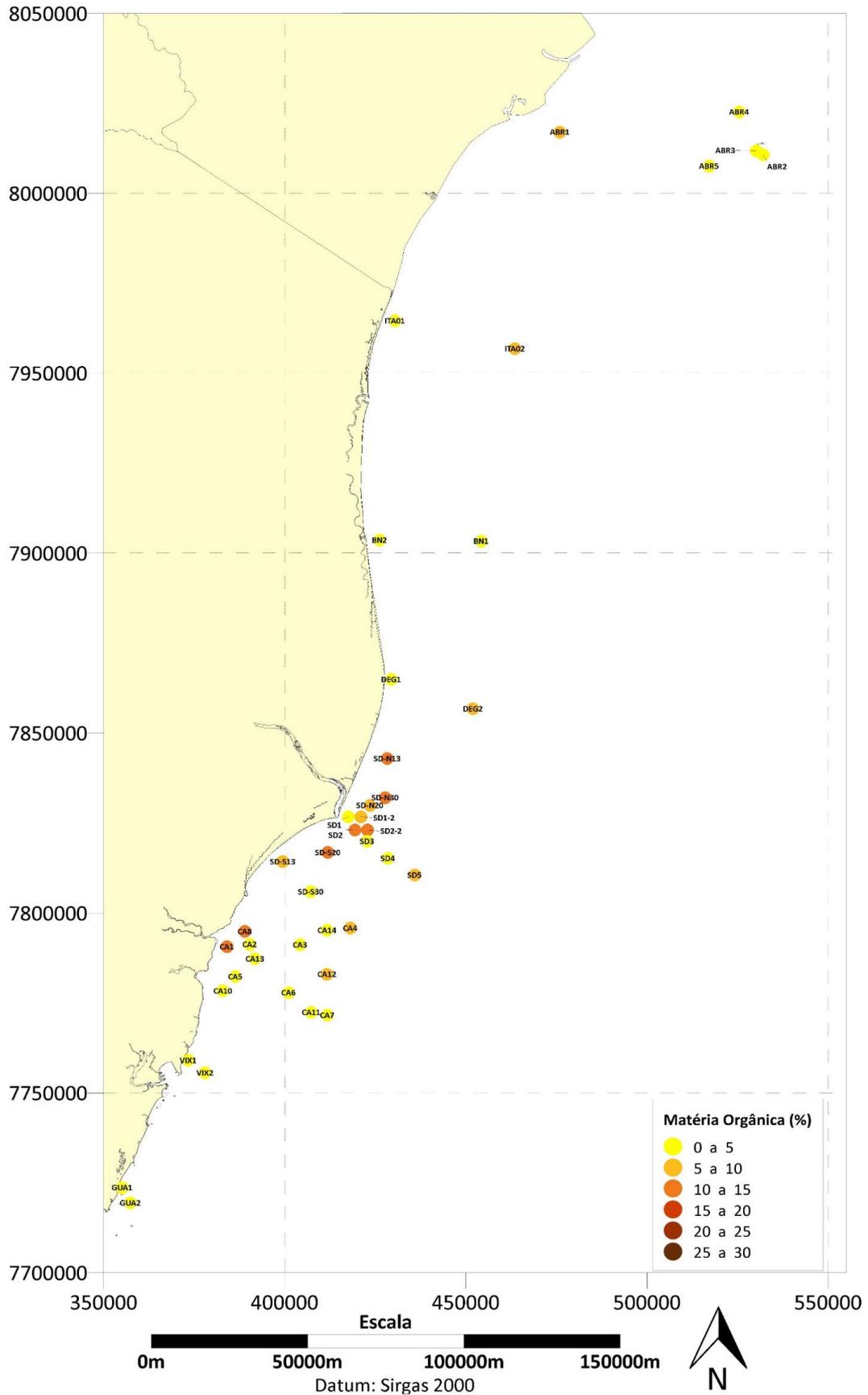
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



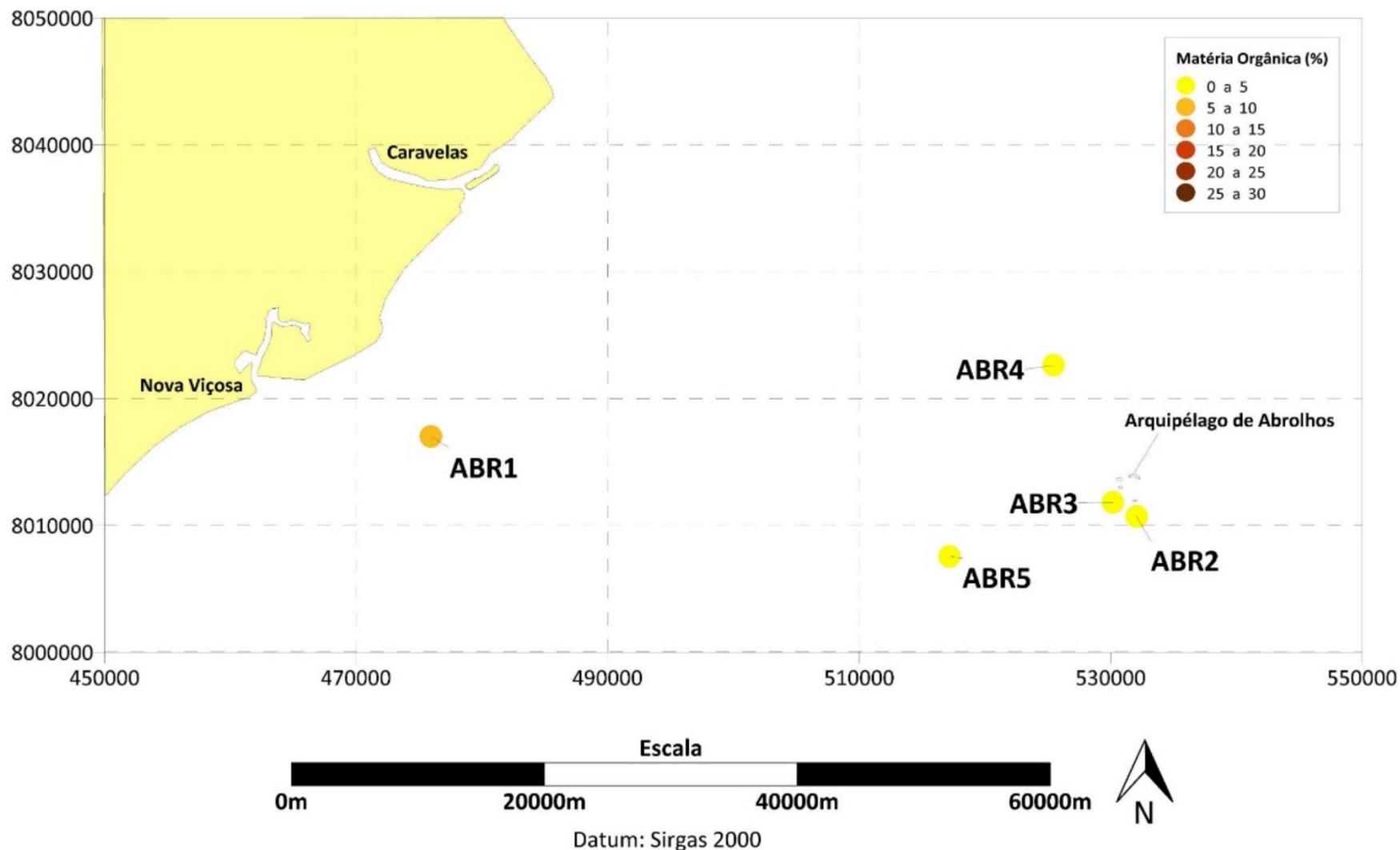
## GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018



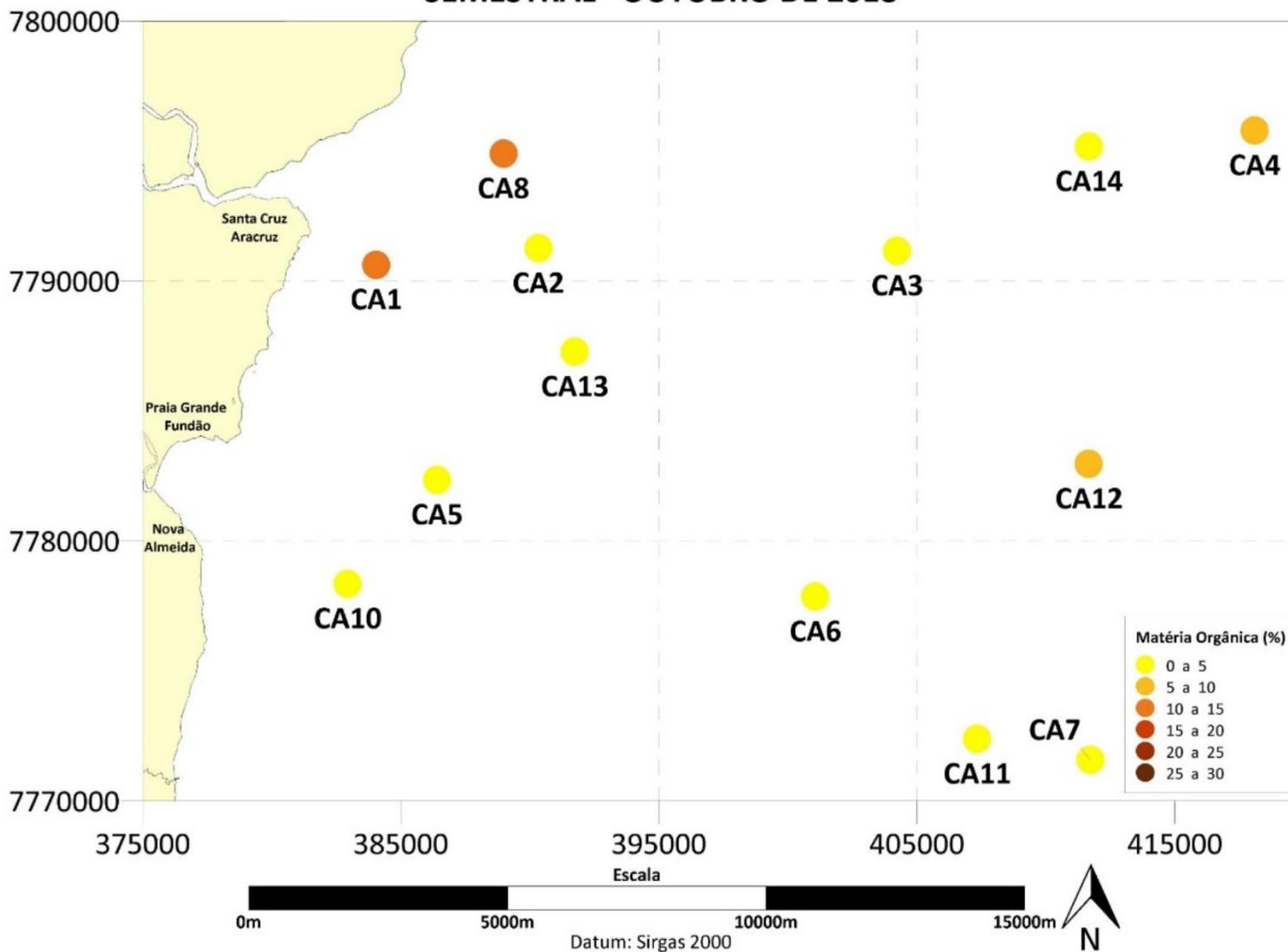
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



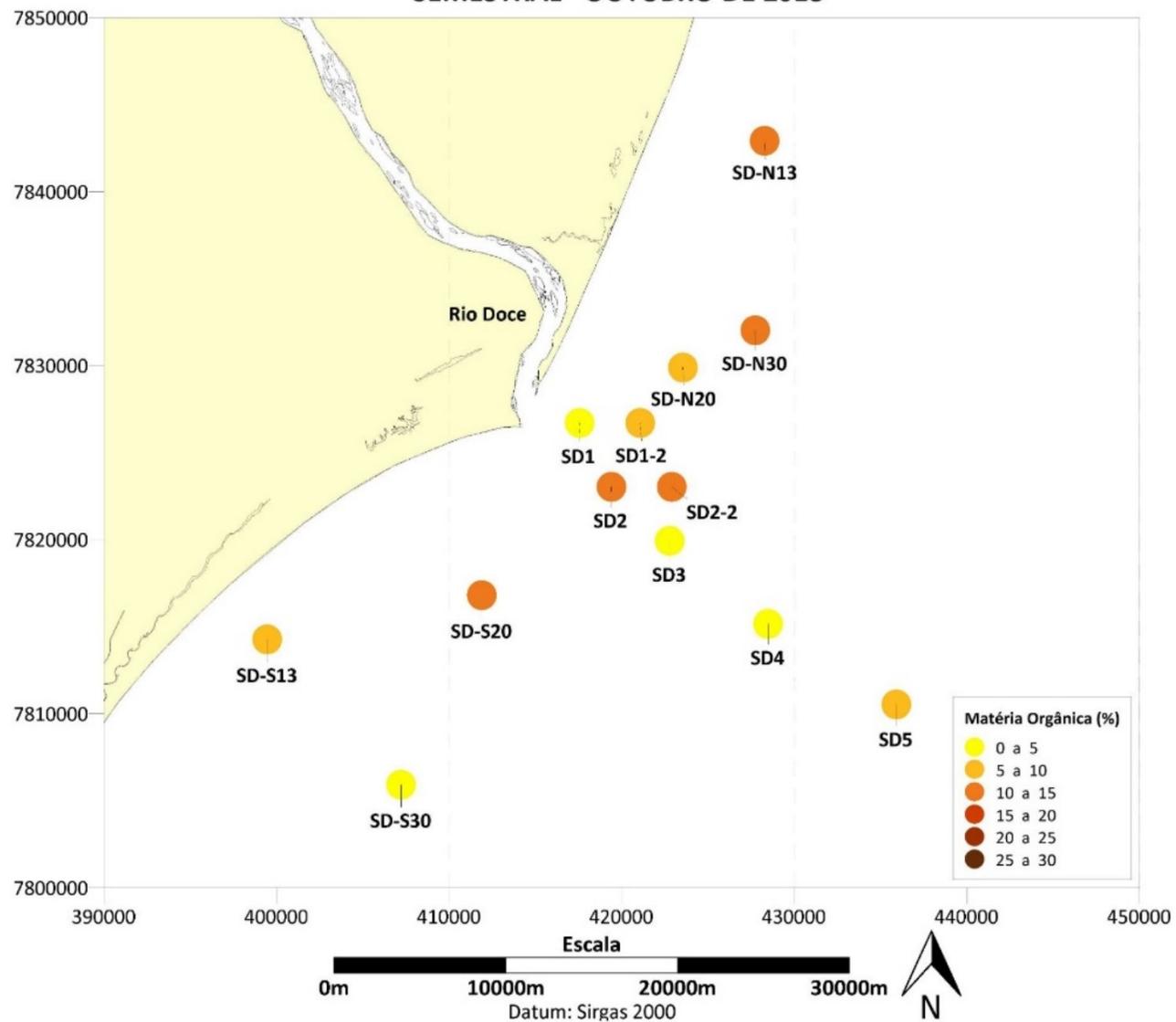
### MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018



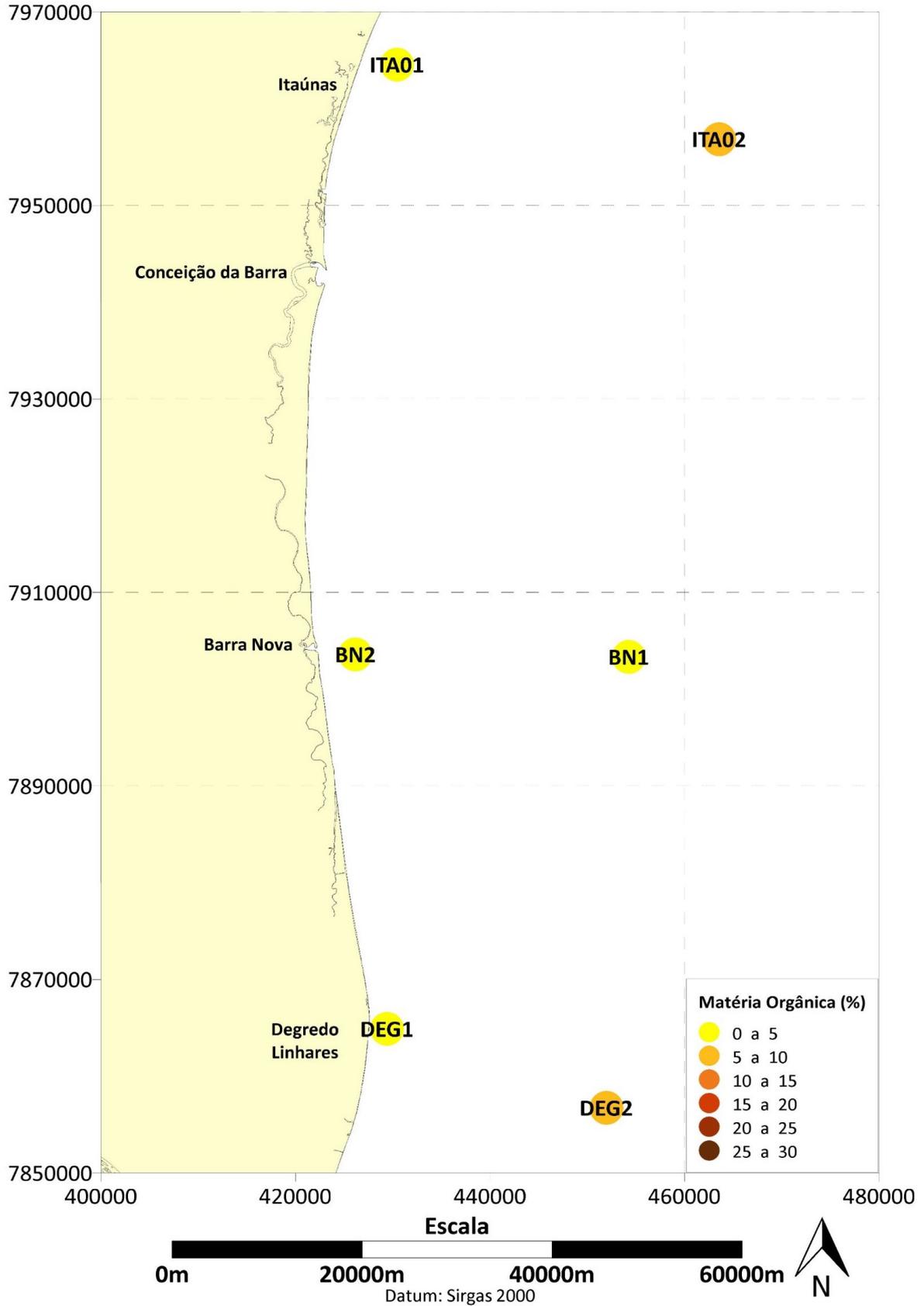
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



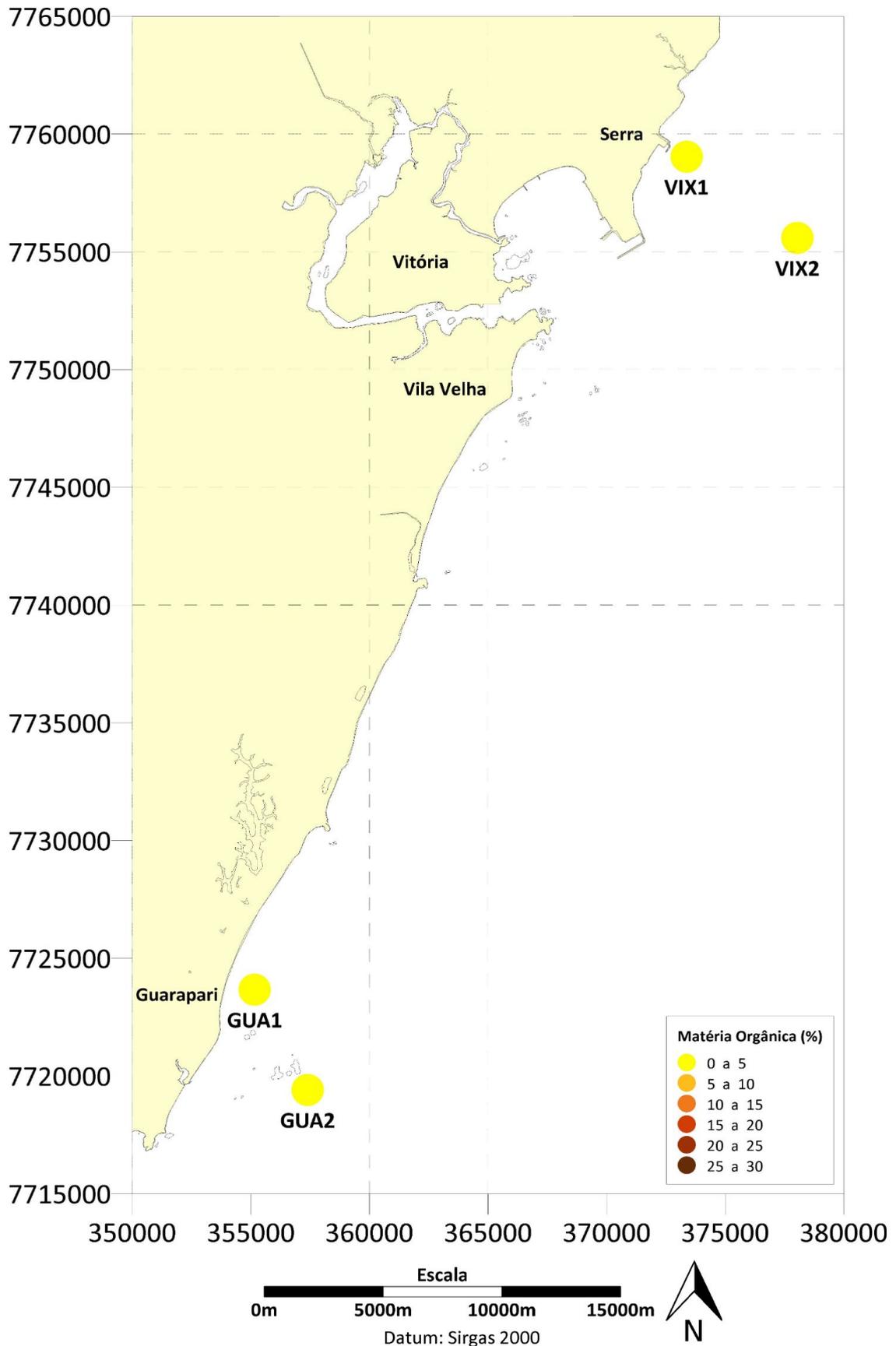
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



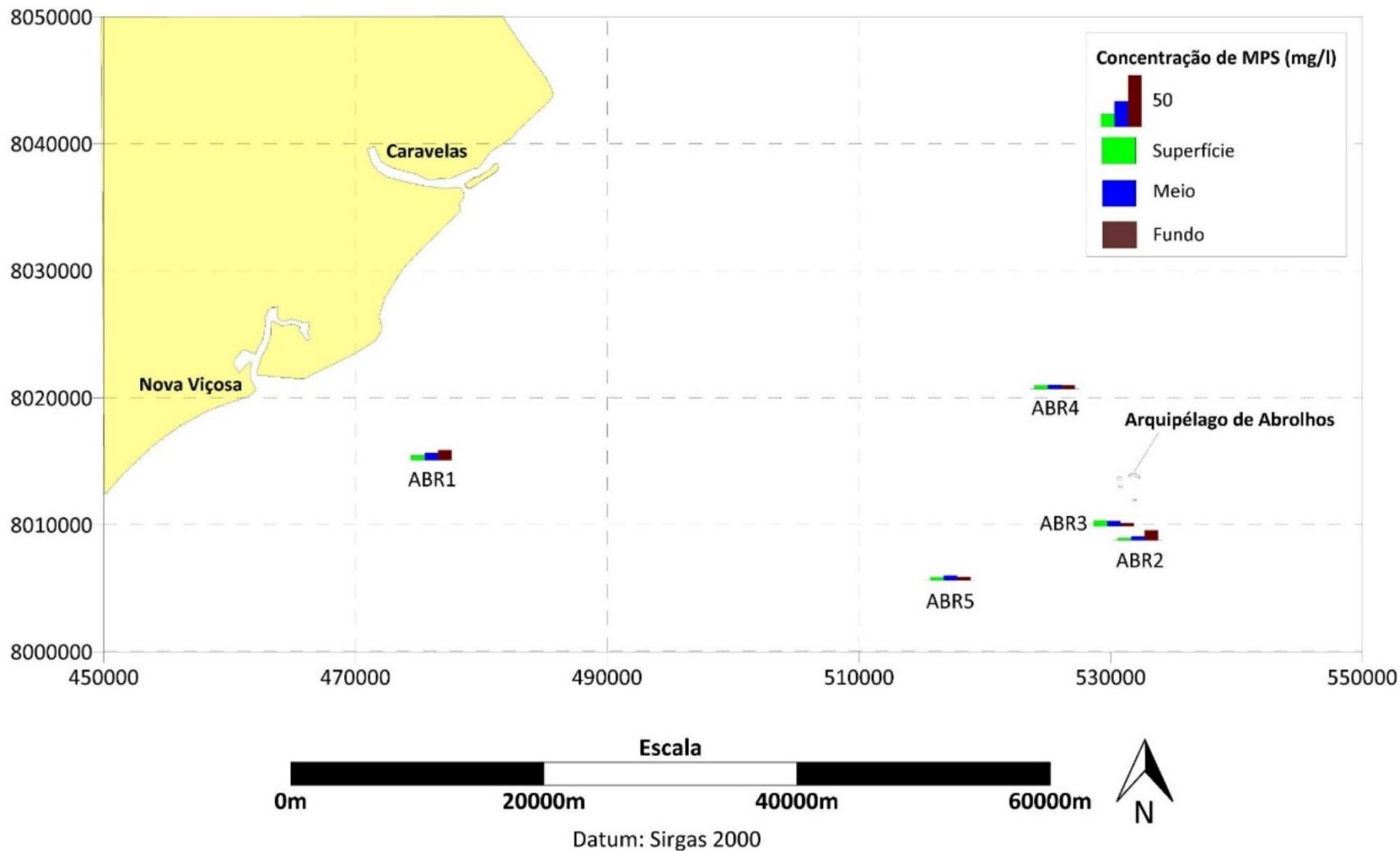
**MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



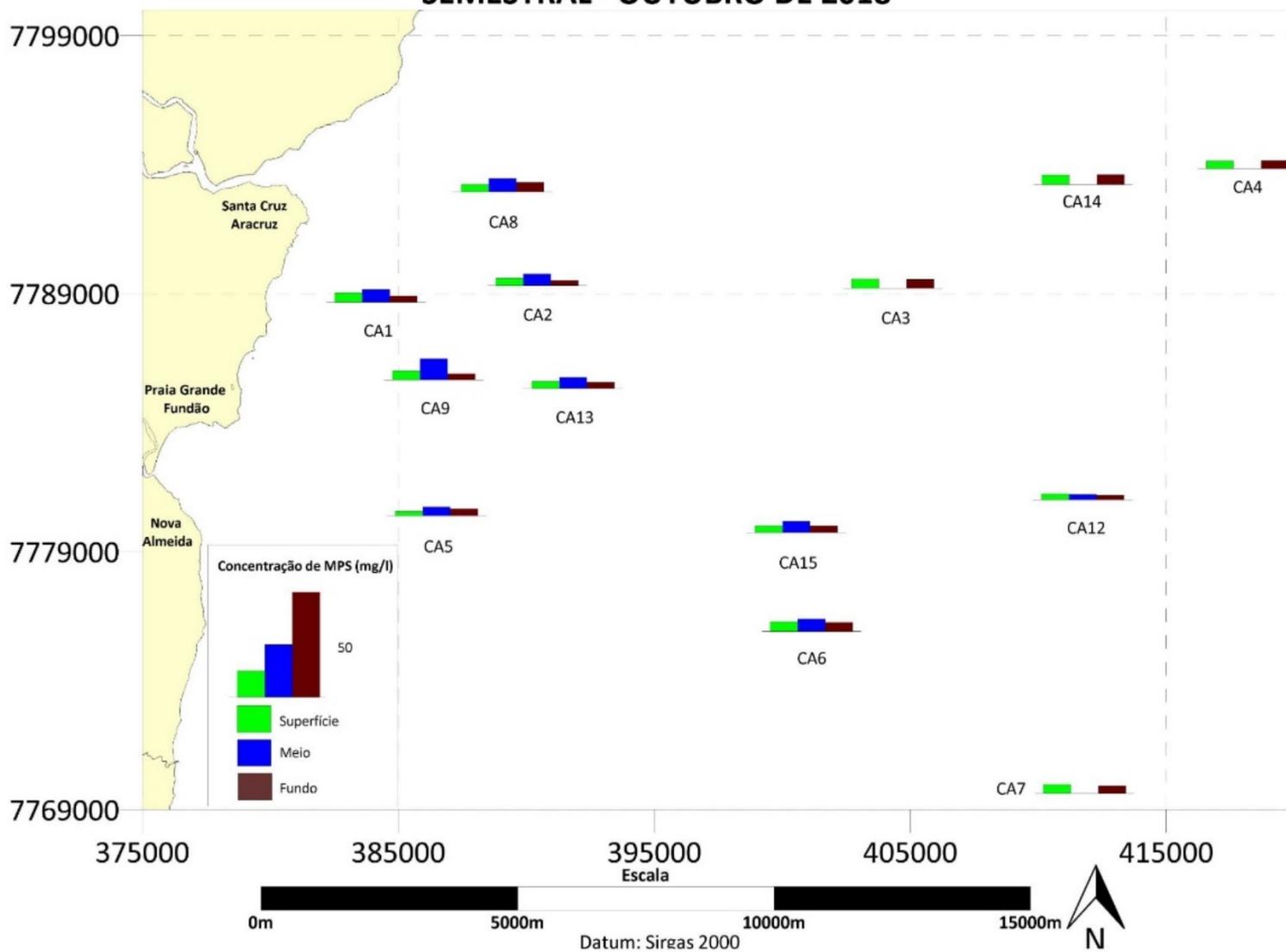
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



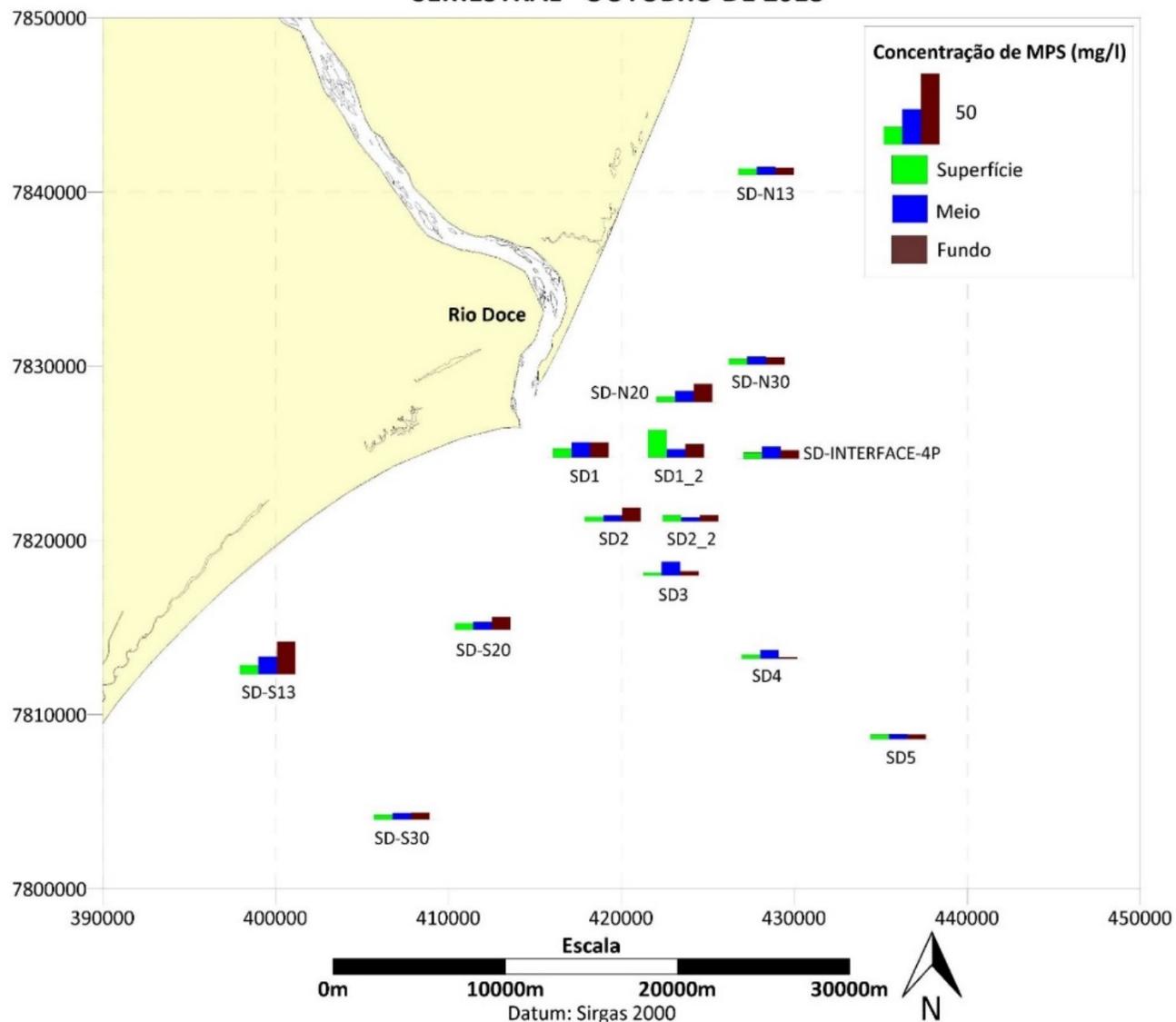
### MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018



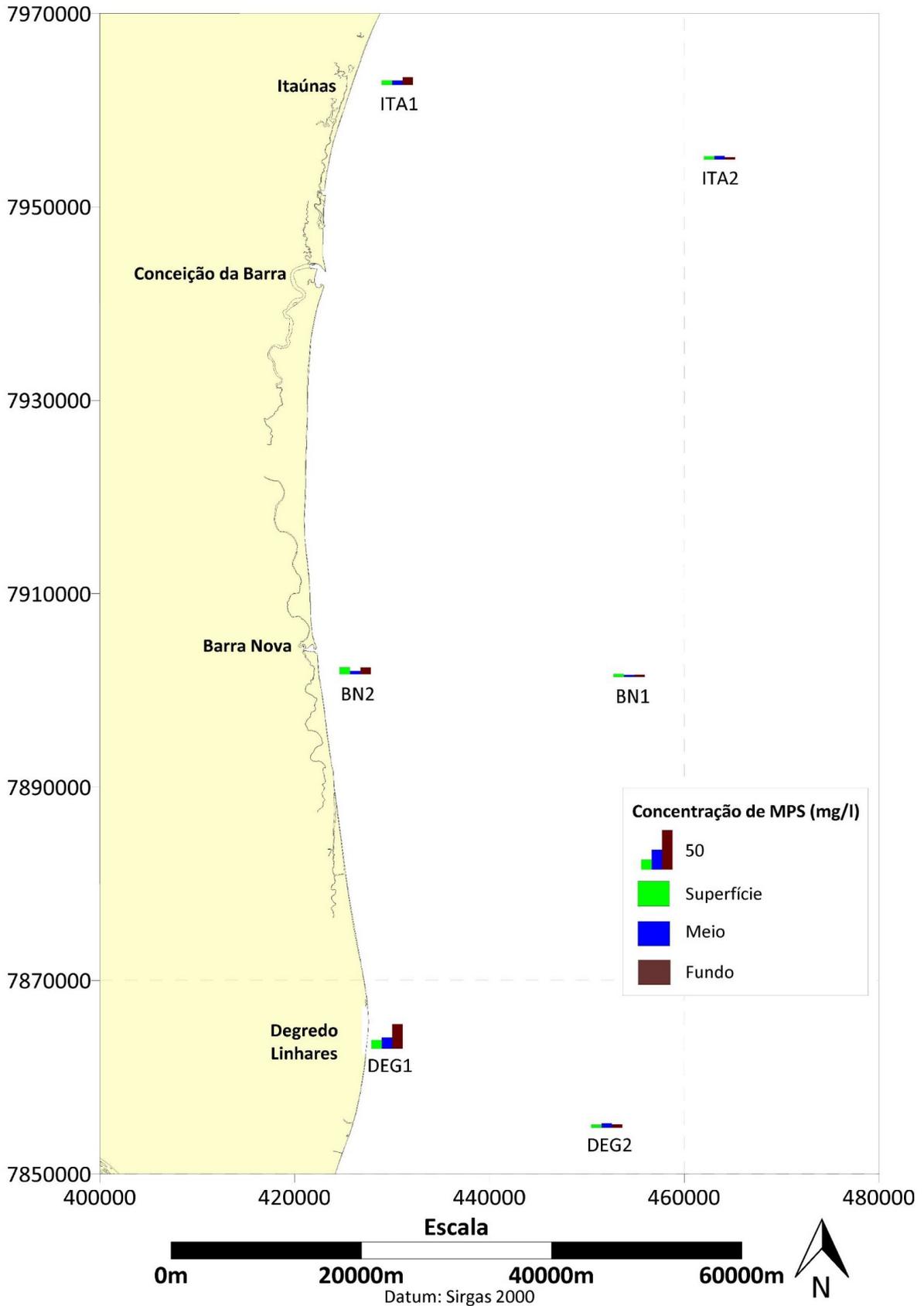
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



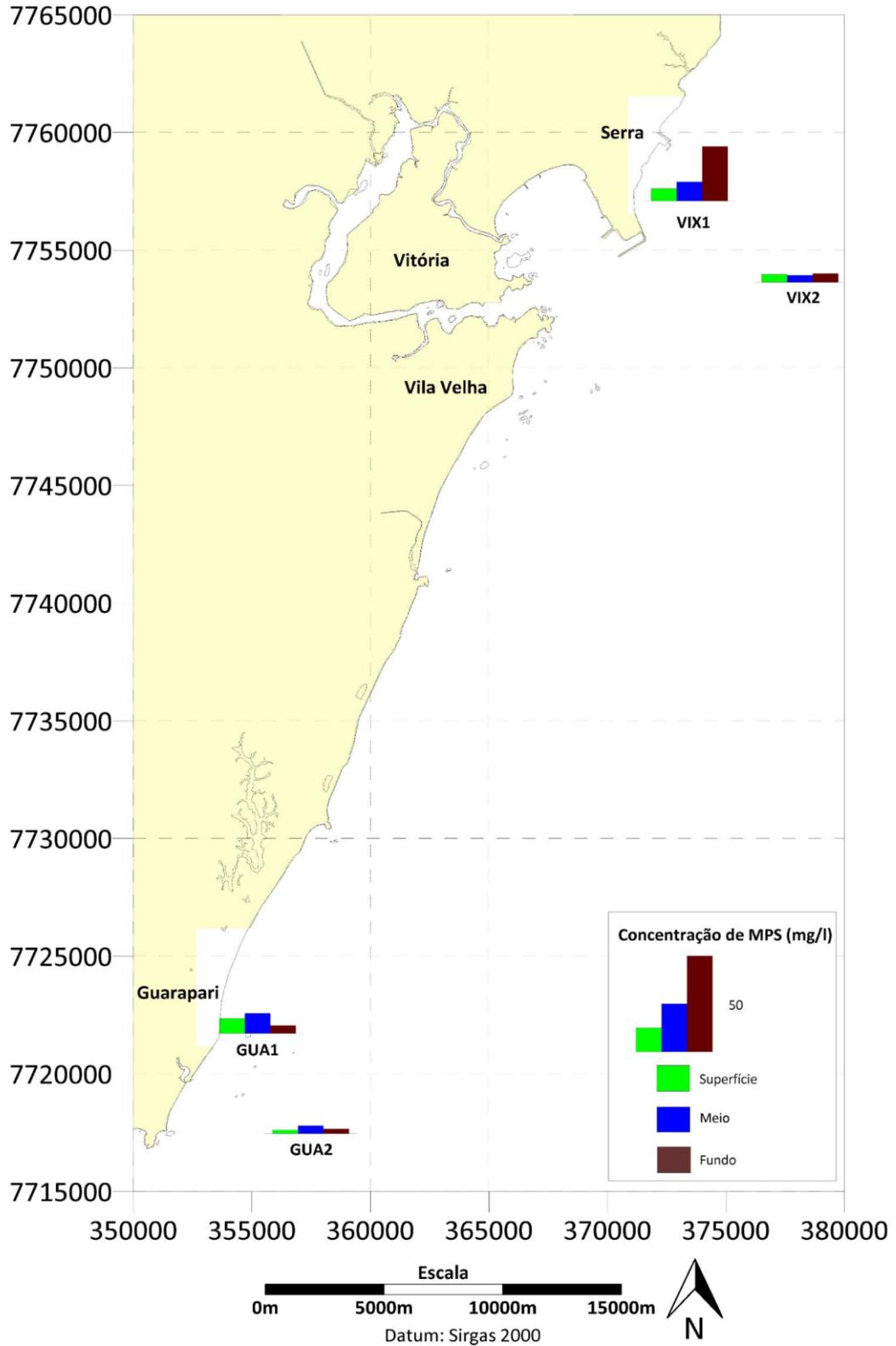
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**



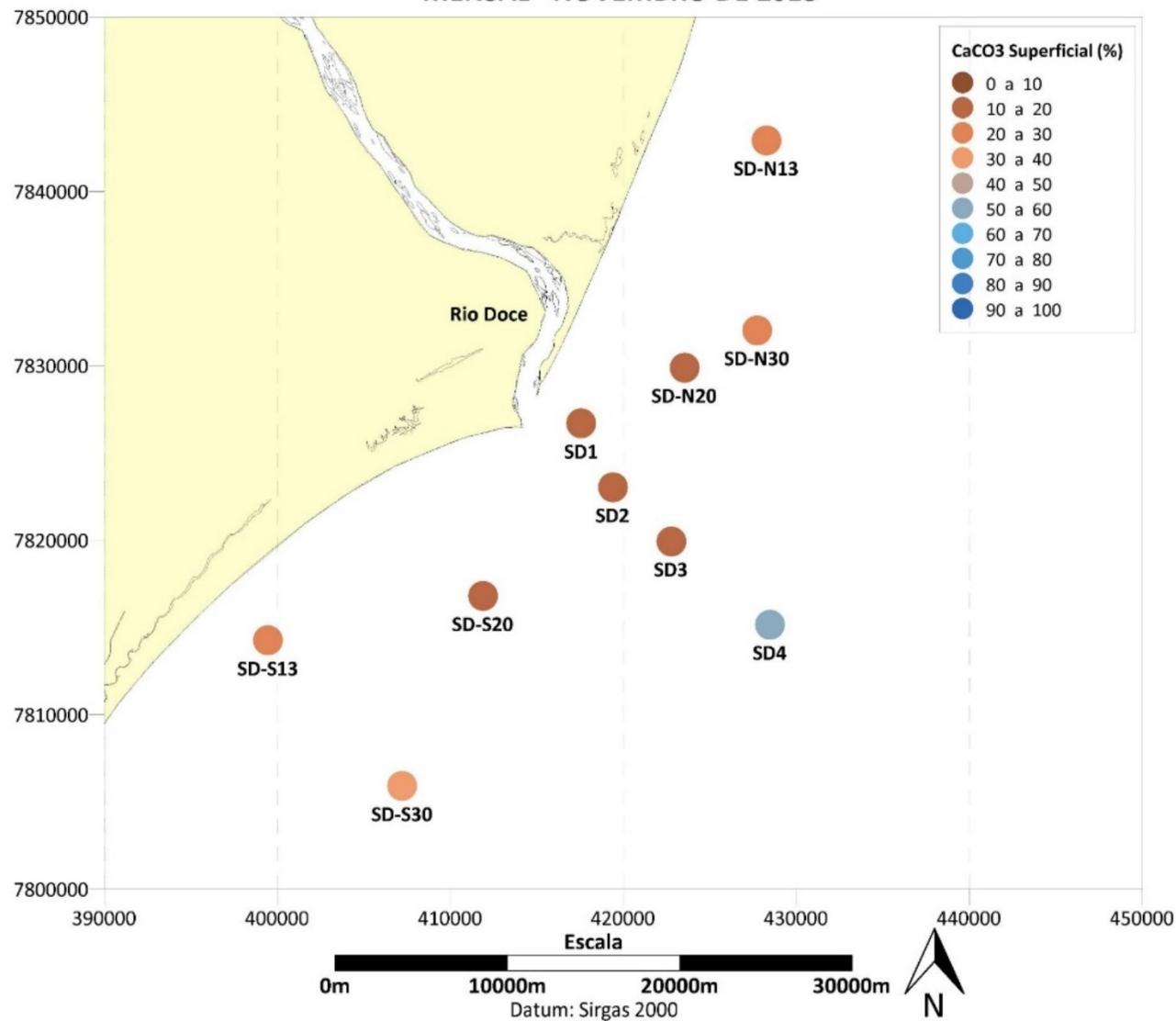
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**

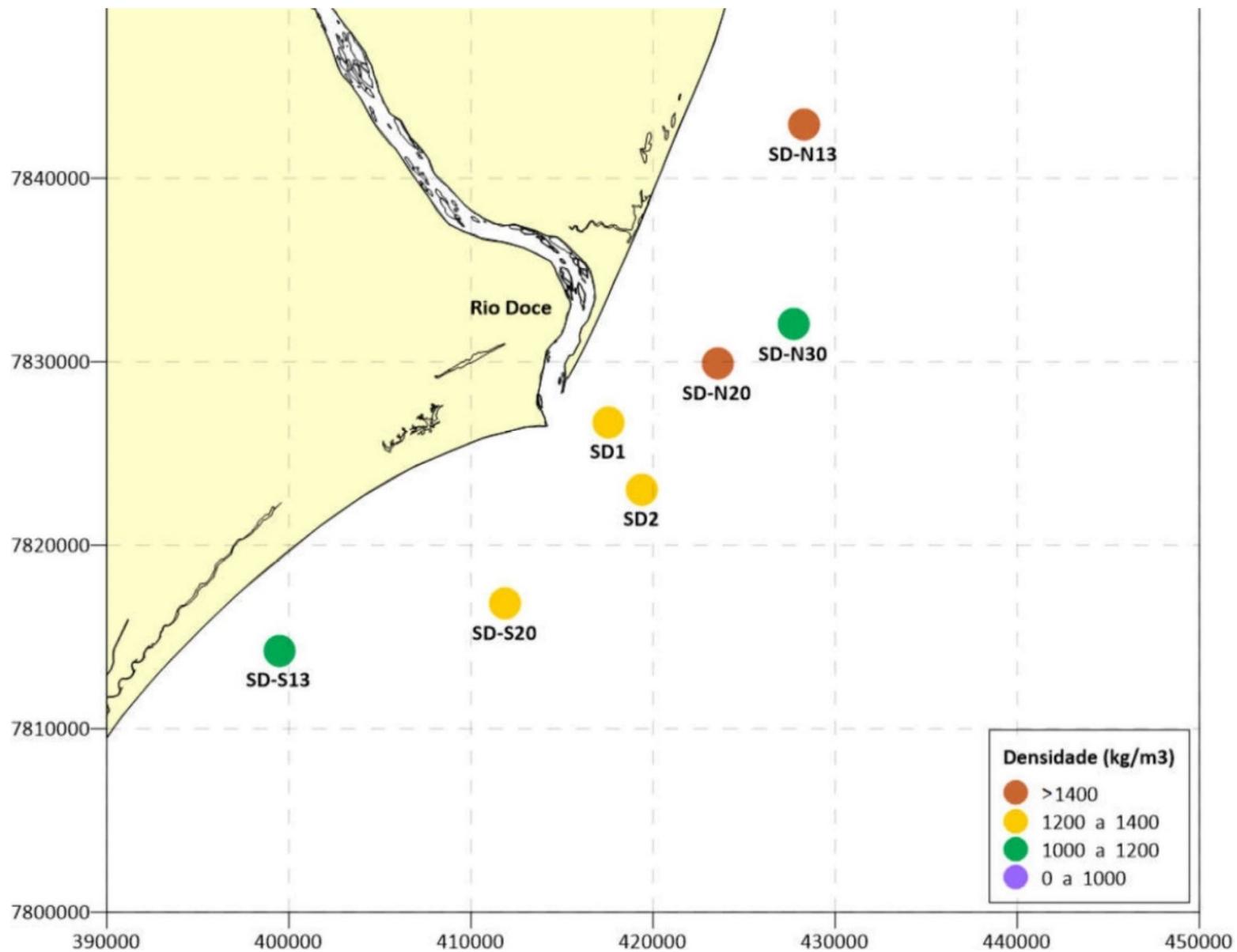


**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
SEMESTRAL - OUTUBRO DE 2018**

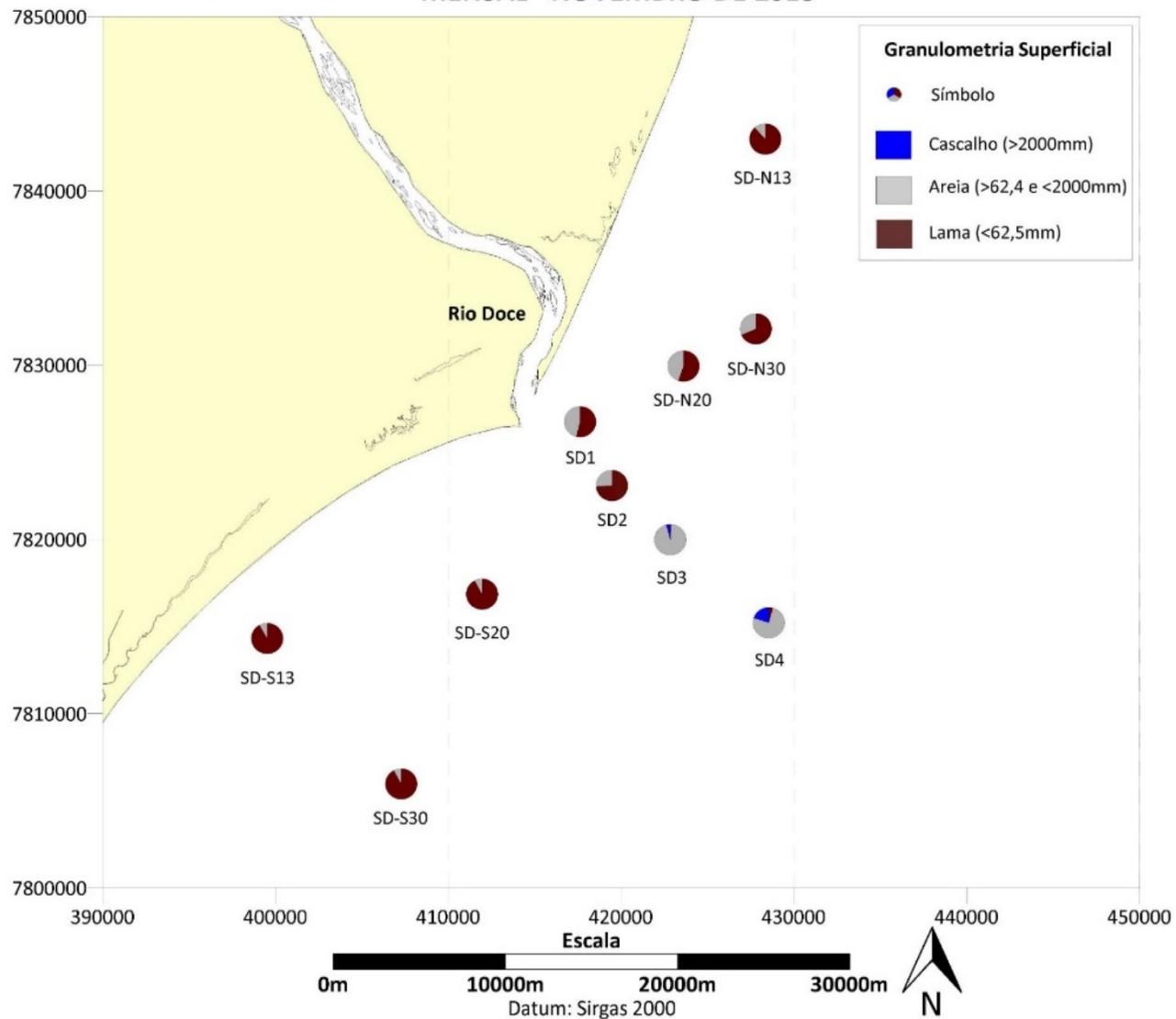


**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - NOVEMBRO DE 2018**

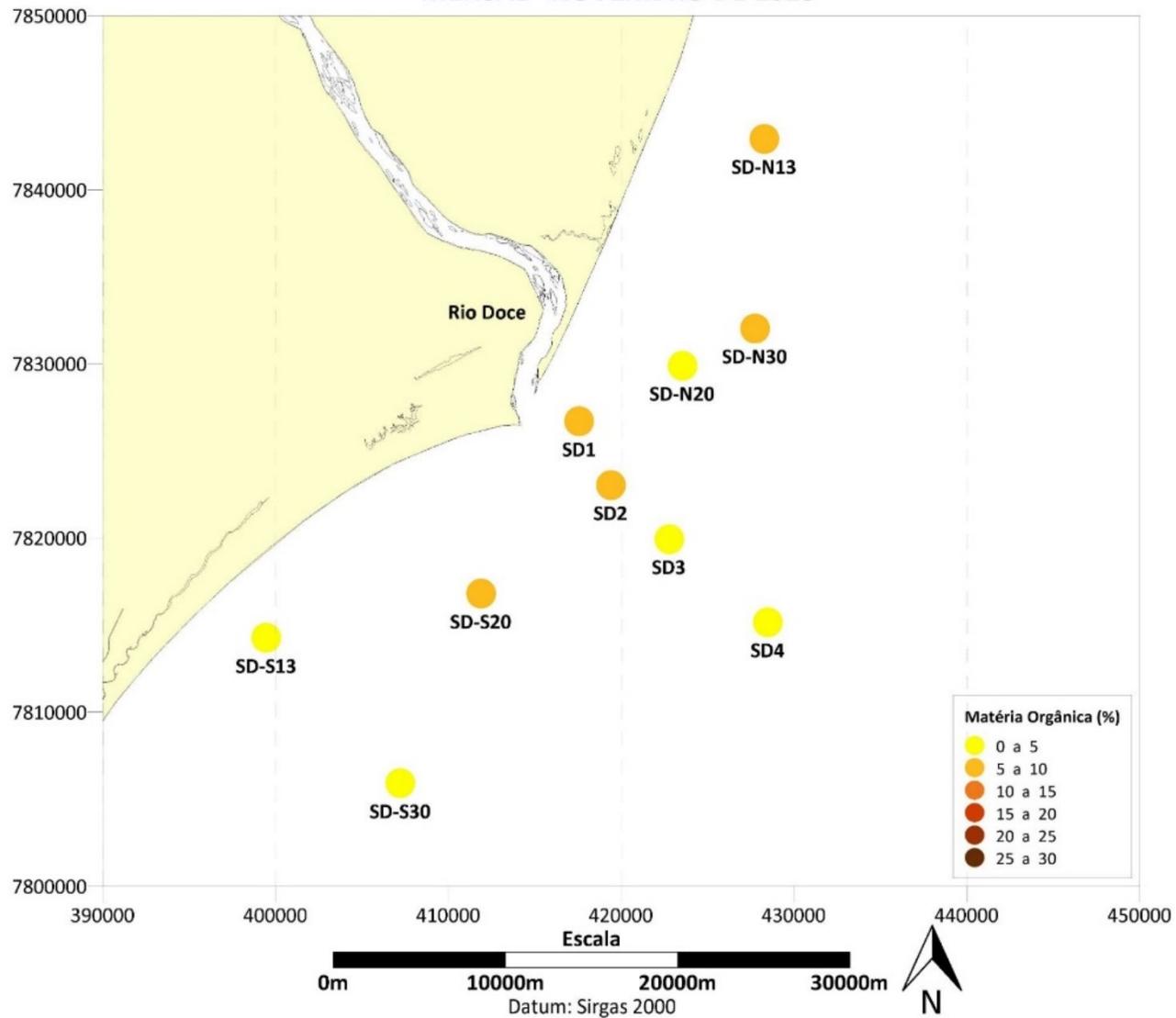




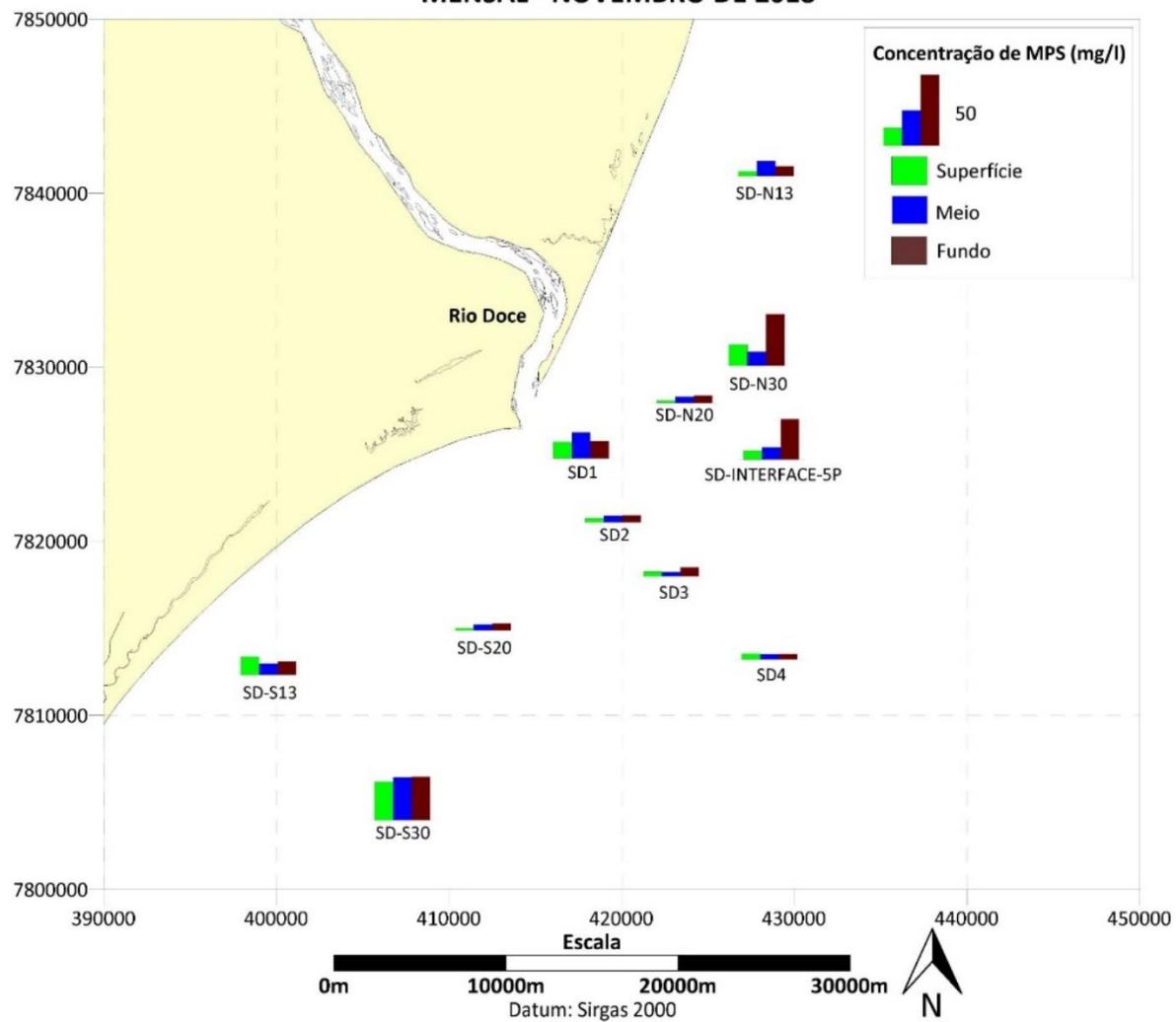
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - NOVEMBRO DE 2018**



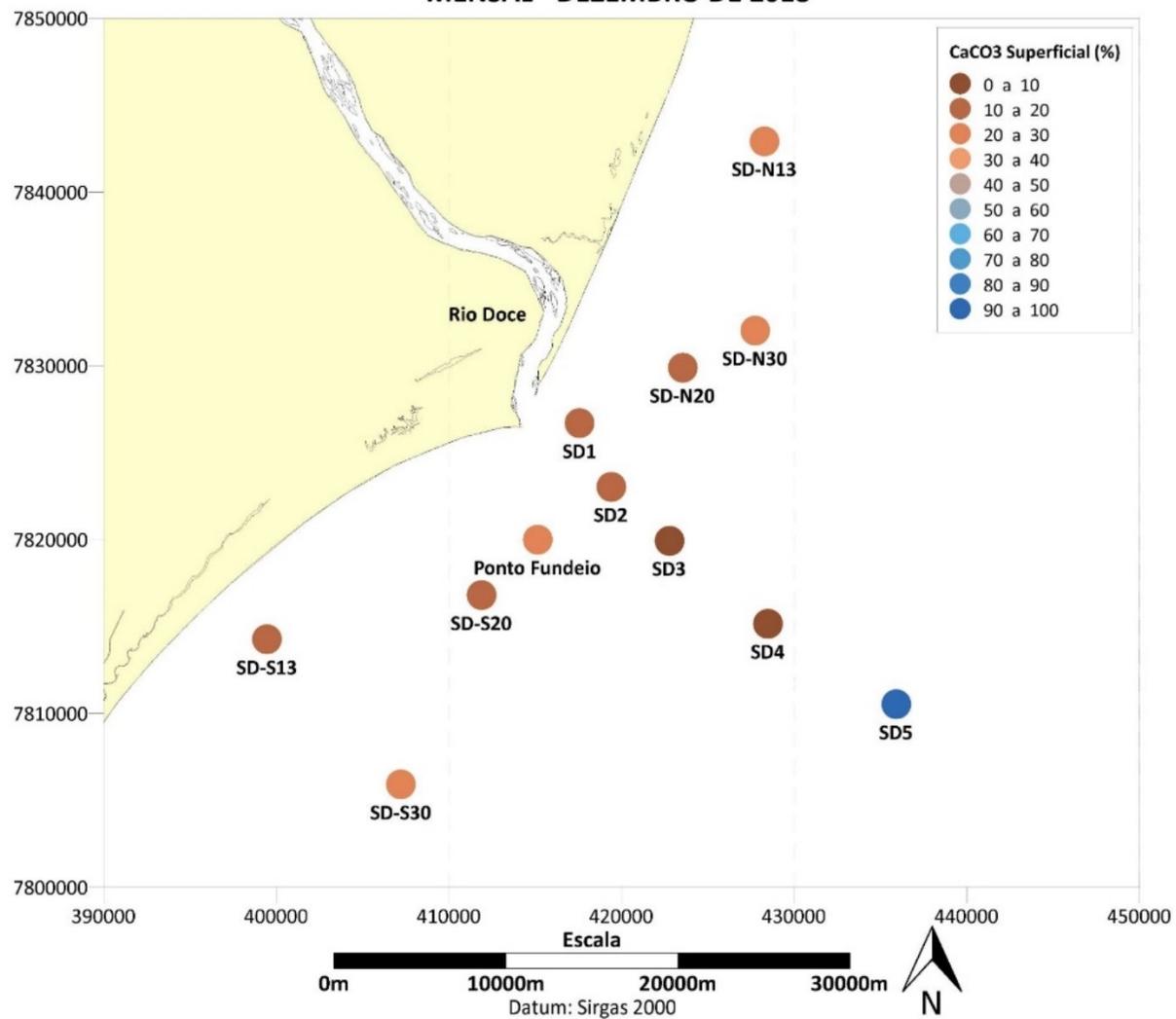
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - NOVEMBRO DE 2018**

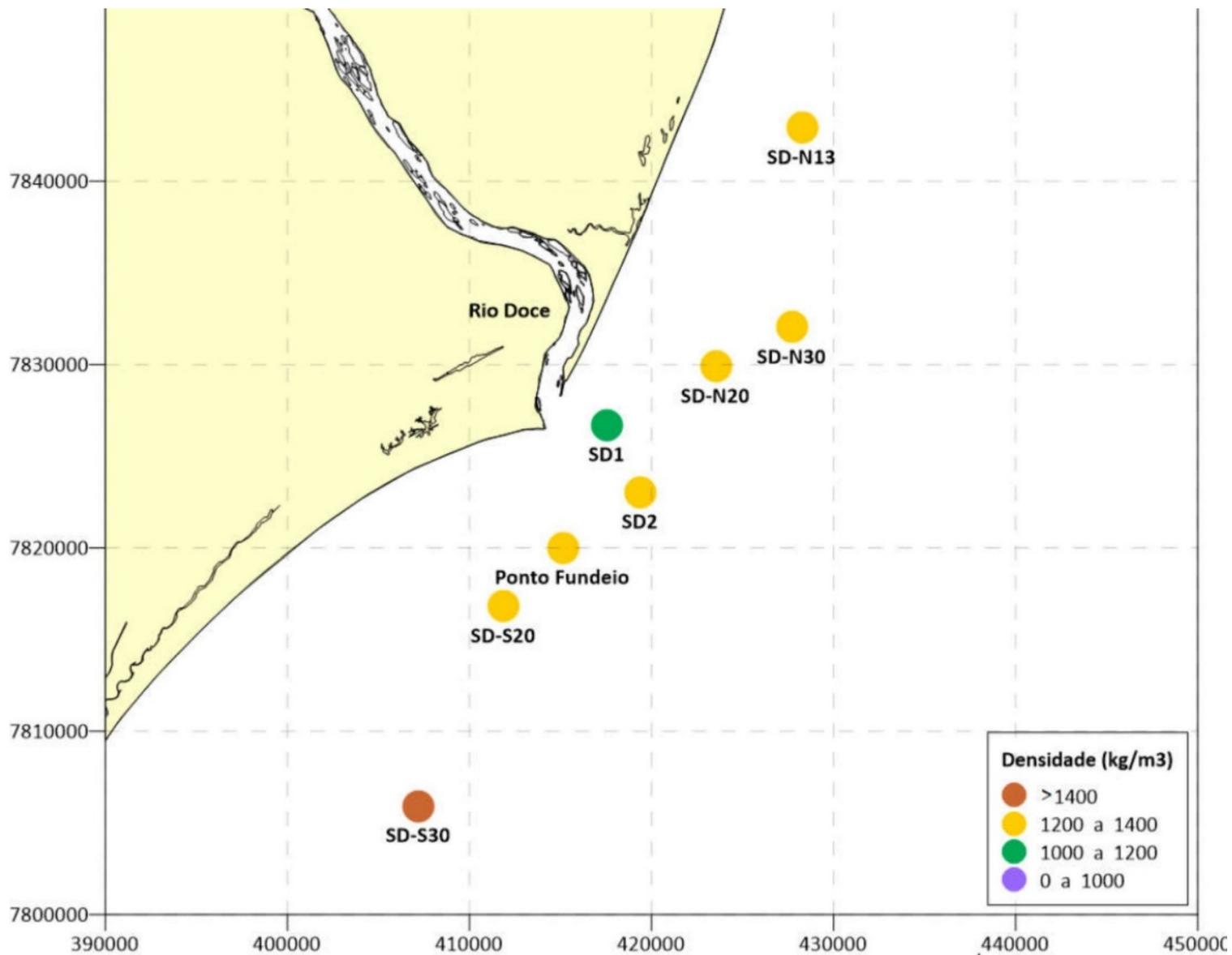


**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
MENSAL - NOVEMBRO DE 2018**

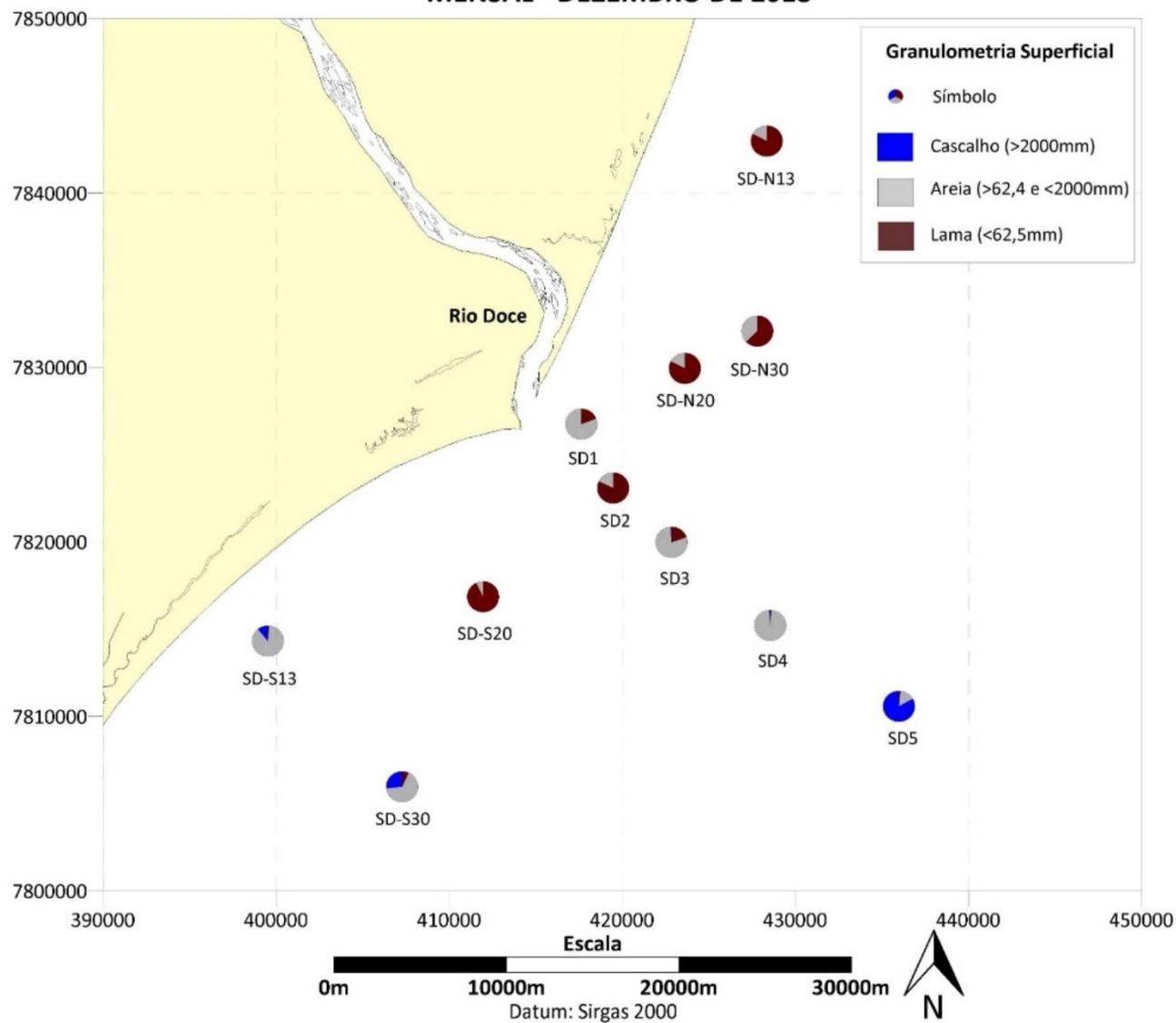


**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - DEZEMBRO DE 2018**

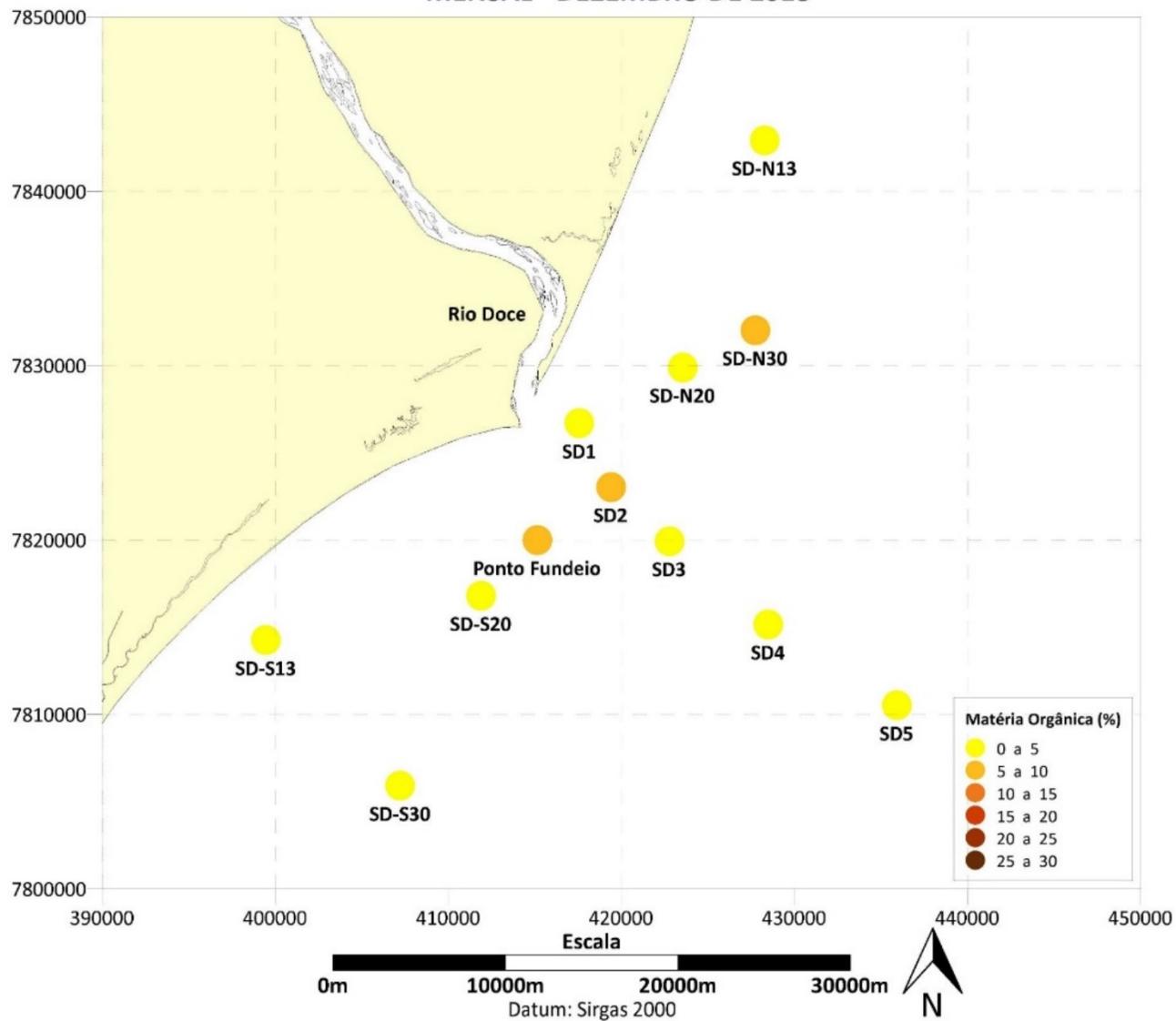




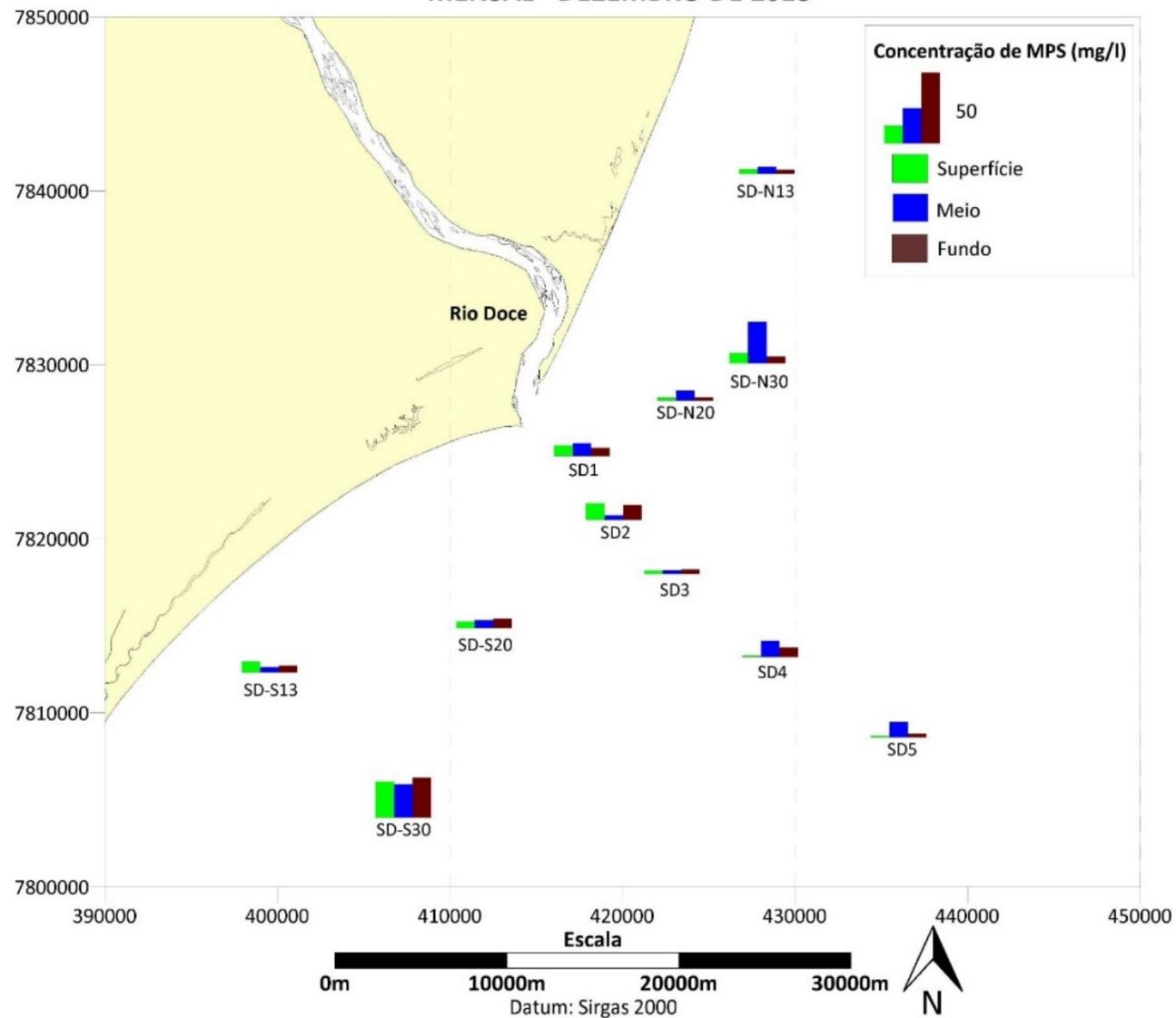
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - DEZEMBRO DE 2018**



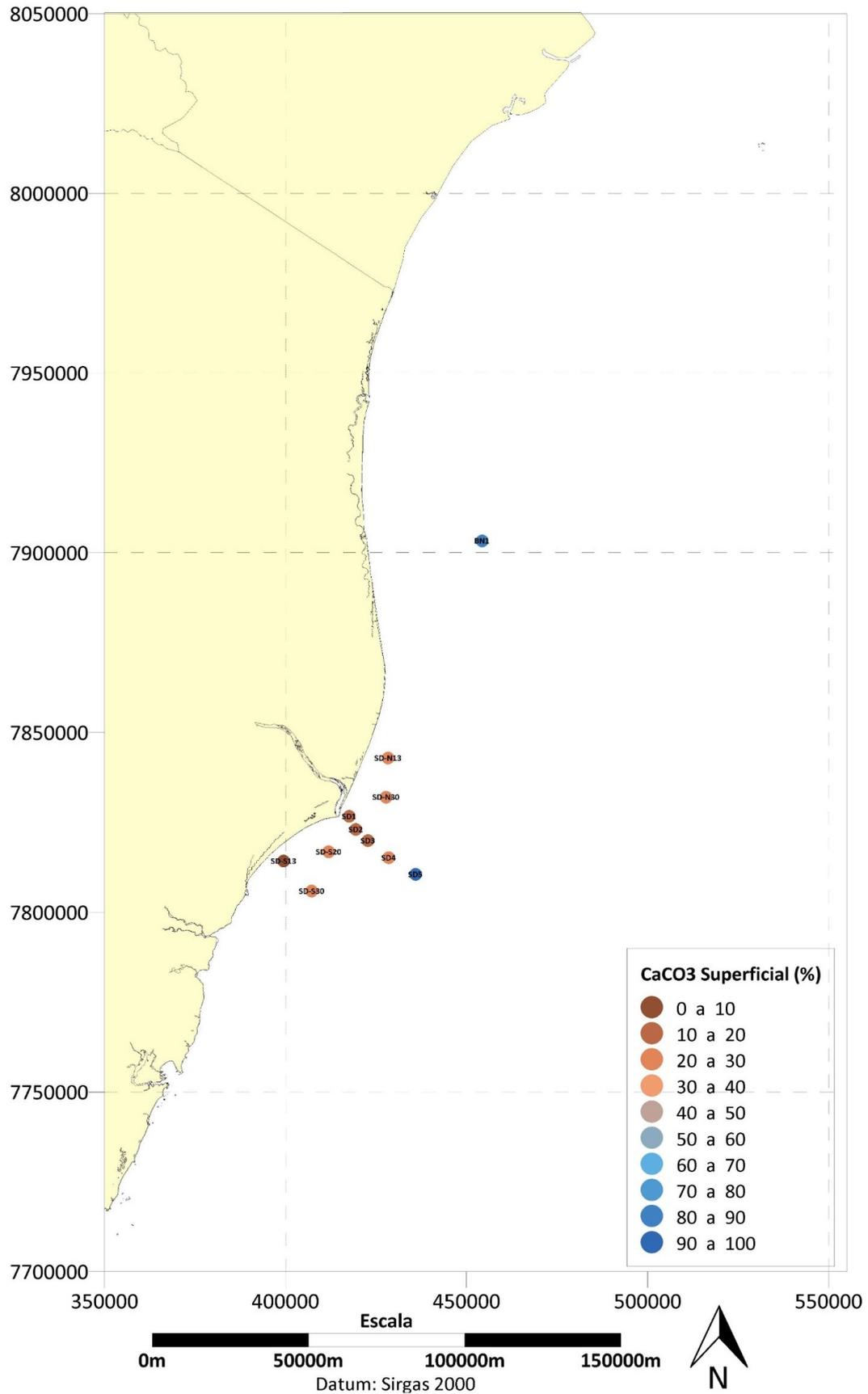
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - DEZEMBRO DE 2018**



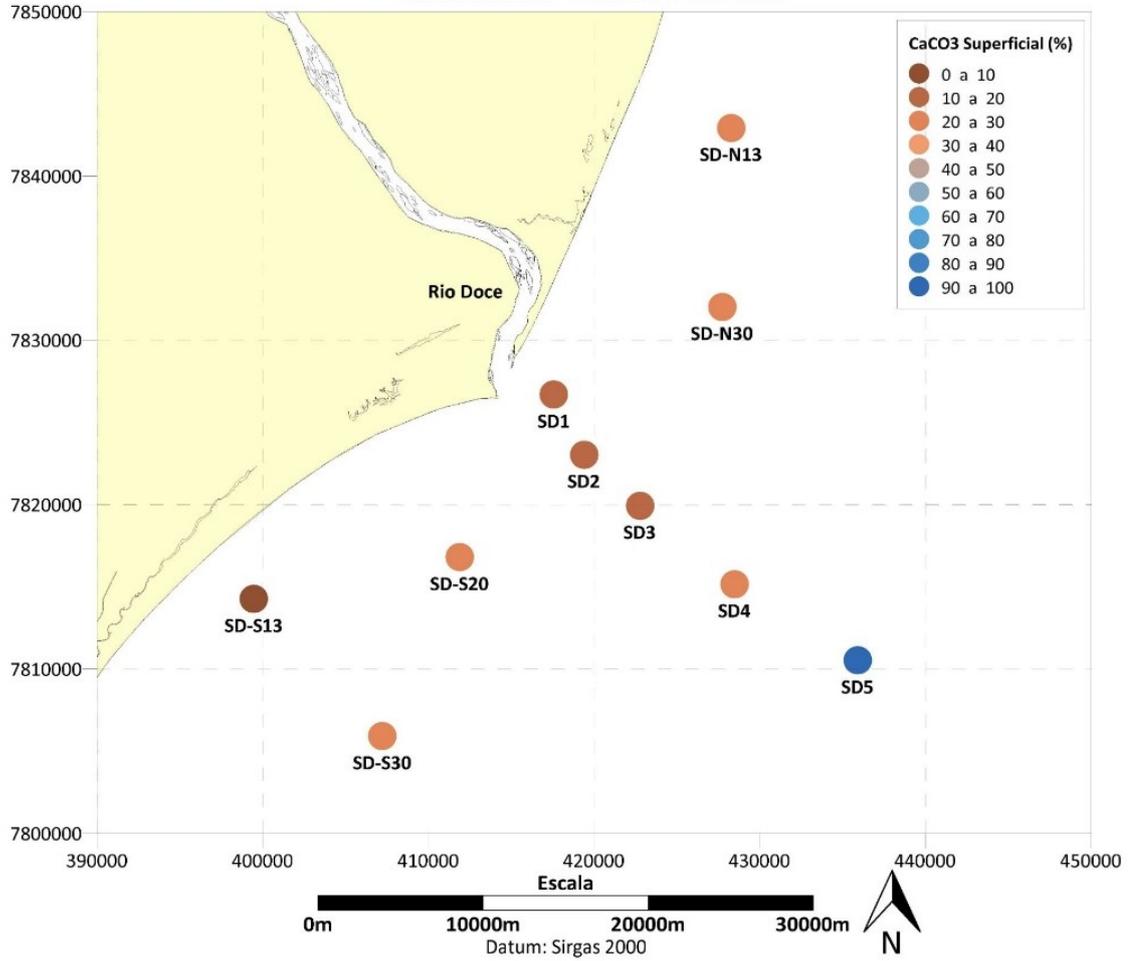
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
MENSAL - DEZEMBRO DE 2018**



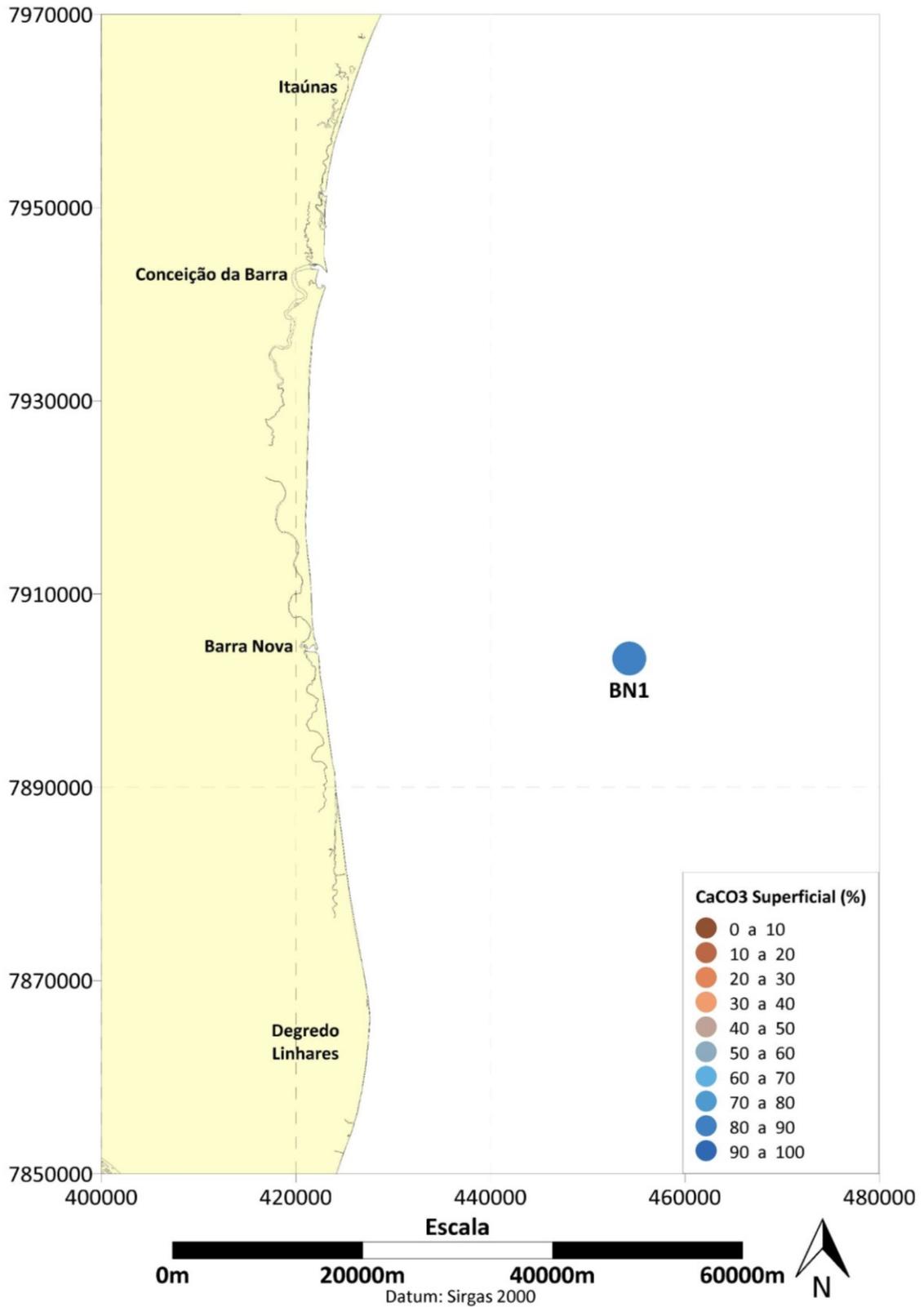
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**

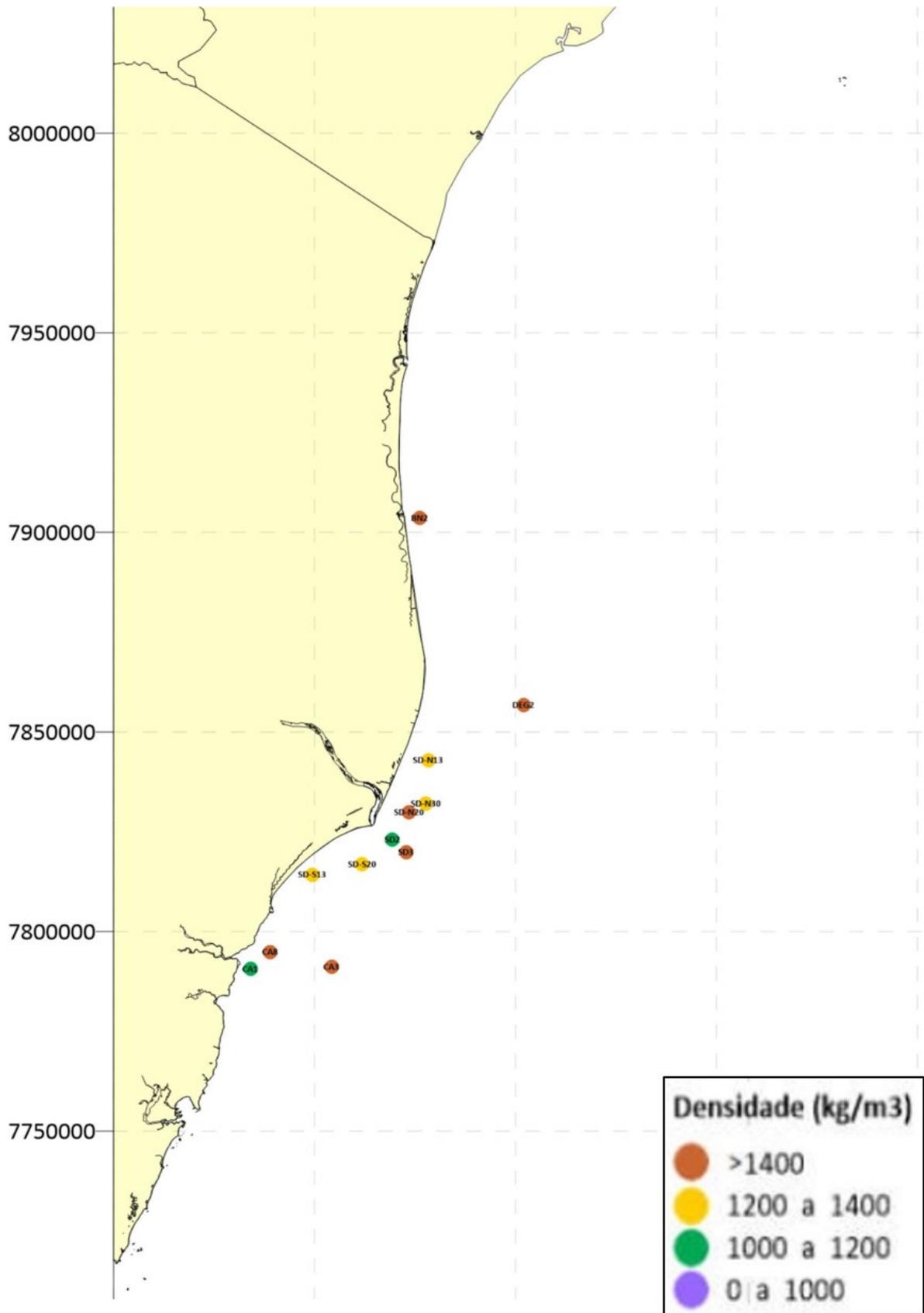


**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**

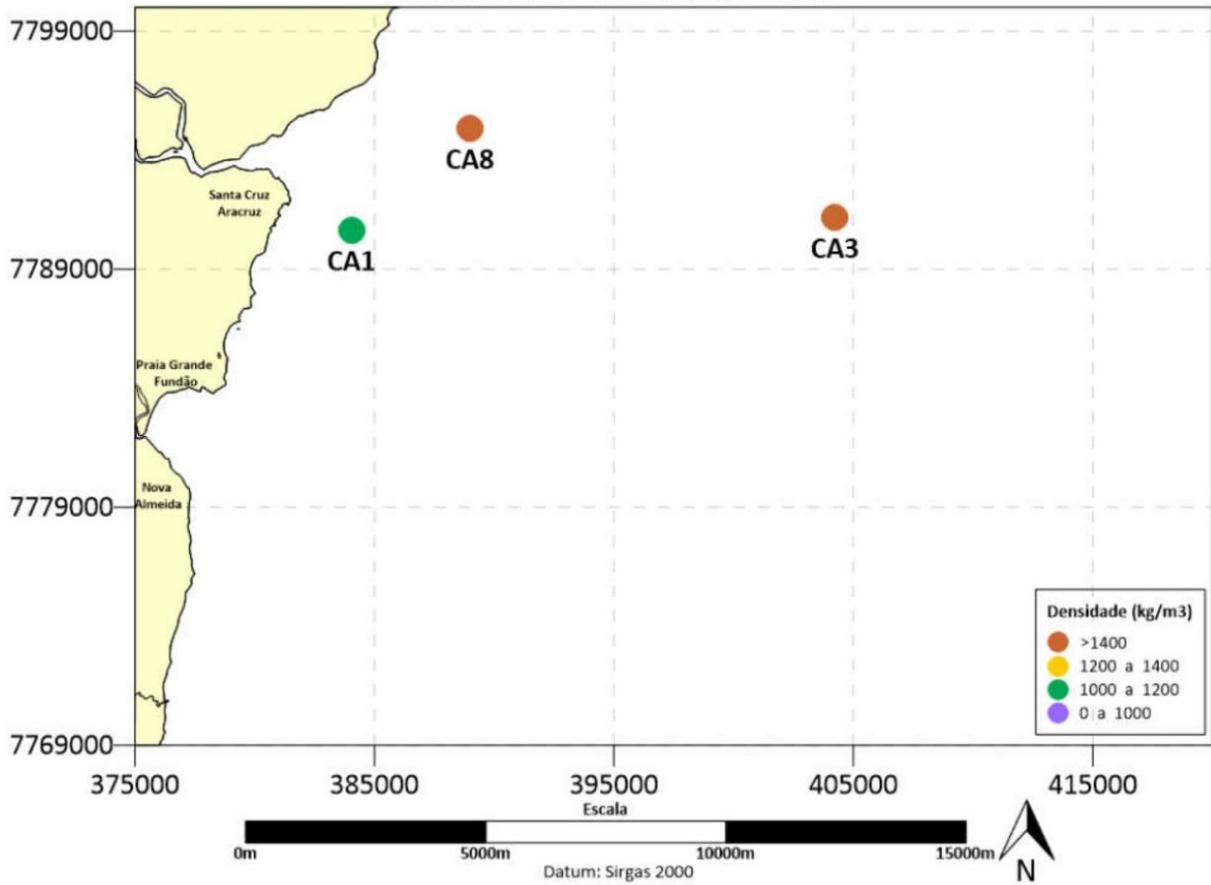


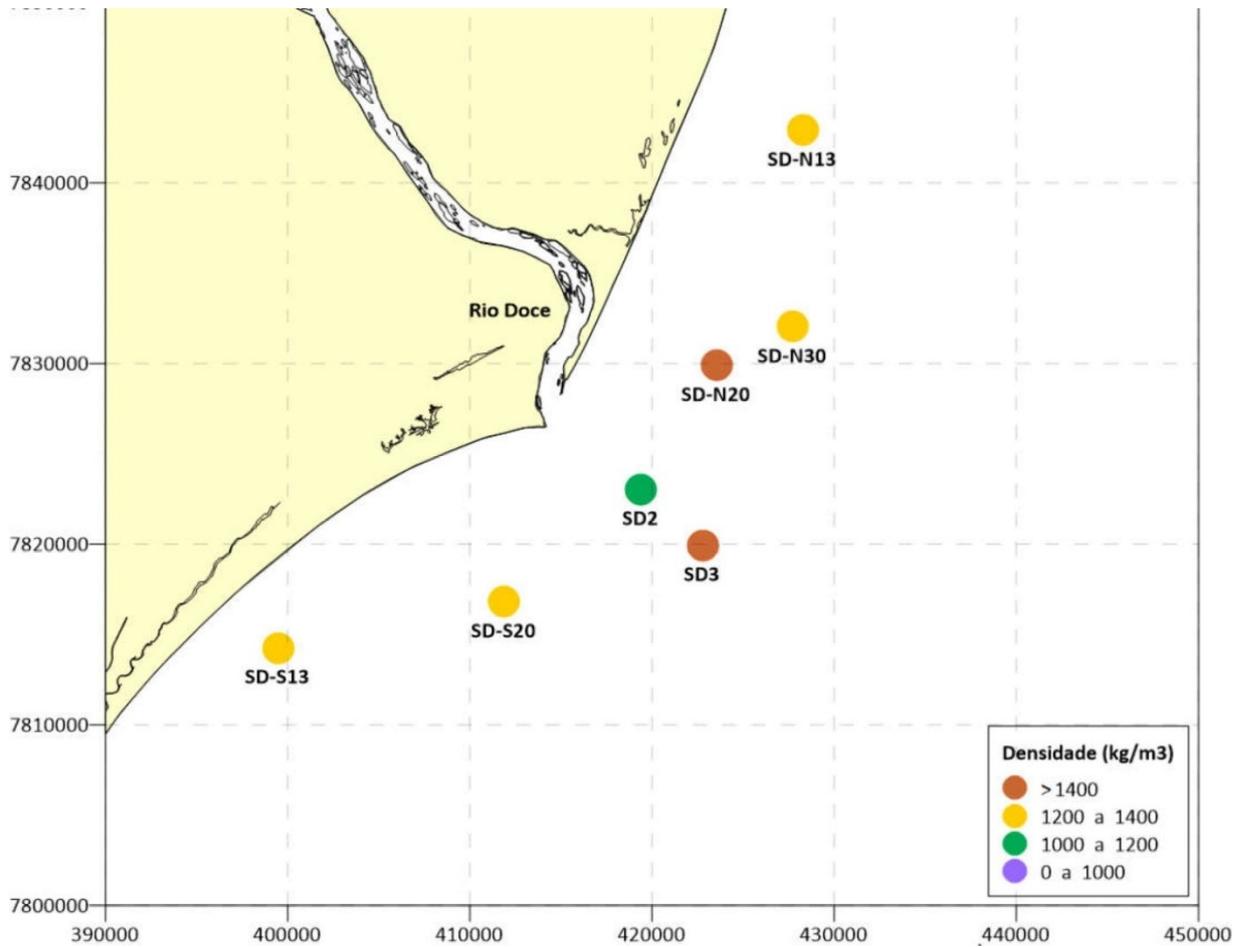
**CARBONATO DE CÁLCIO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**

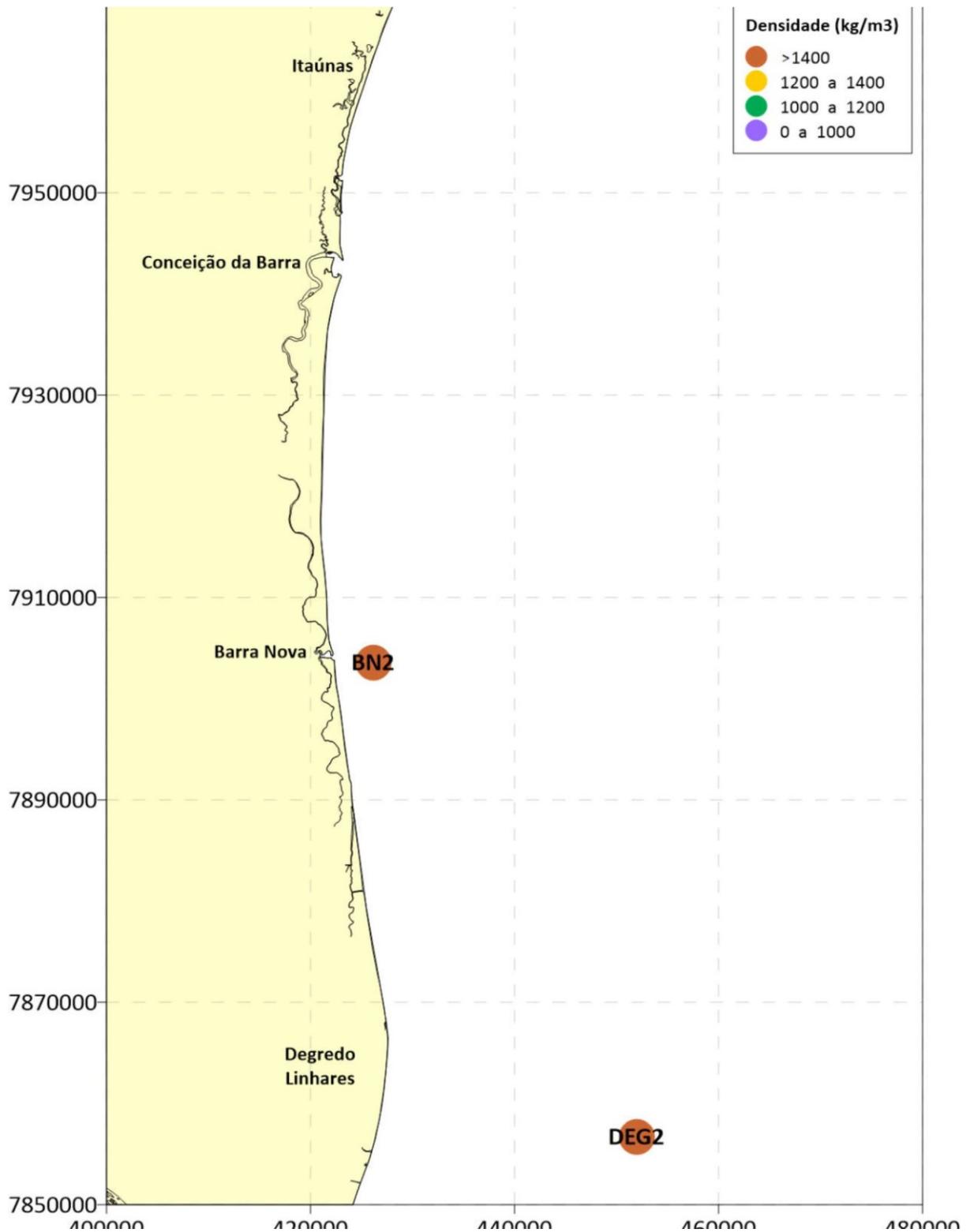




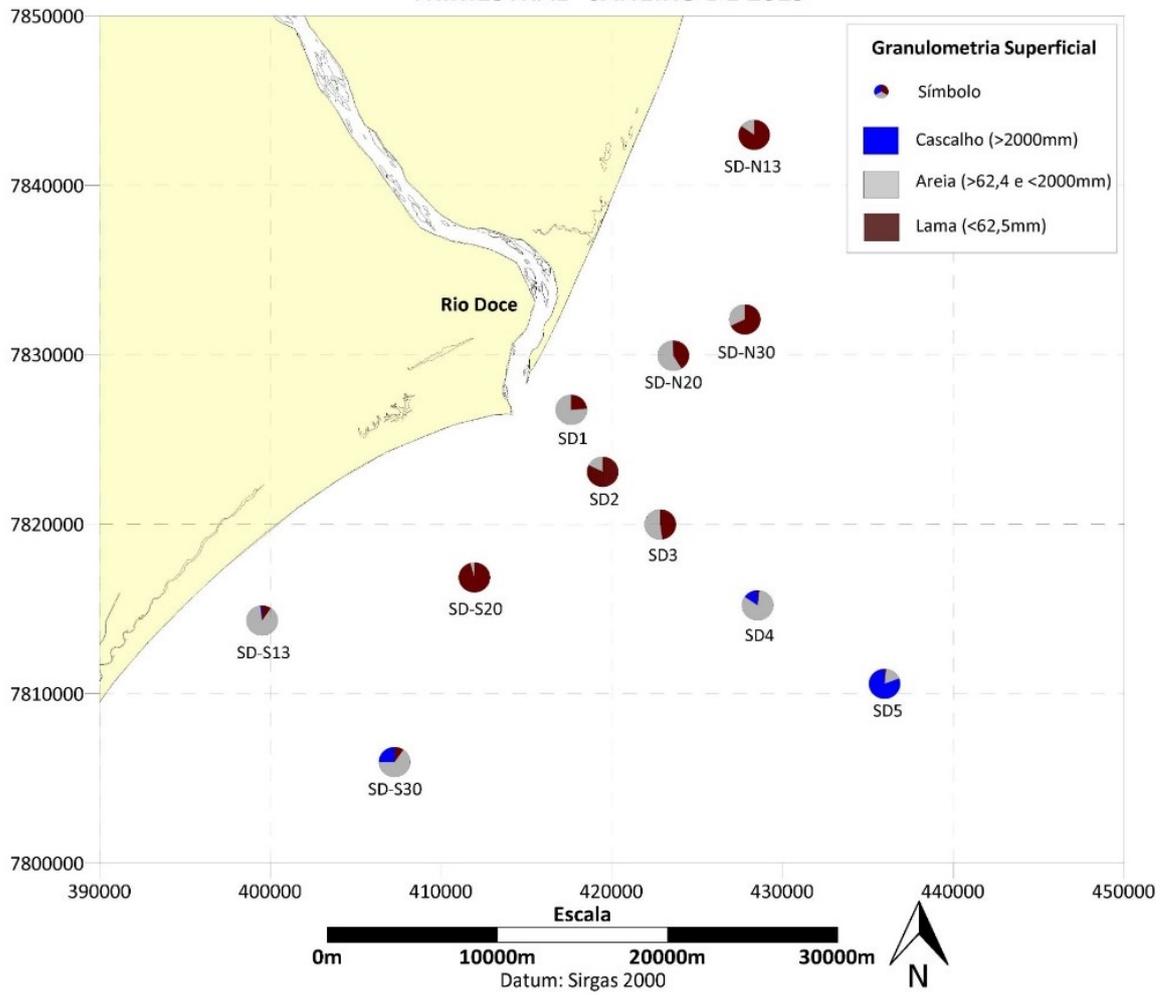
**DENSIDADE DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



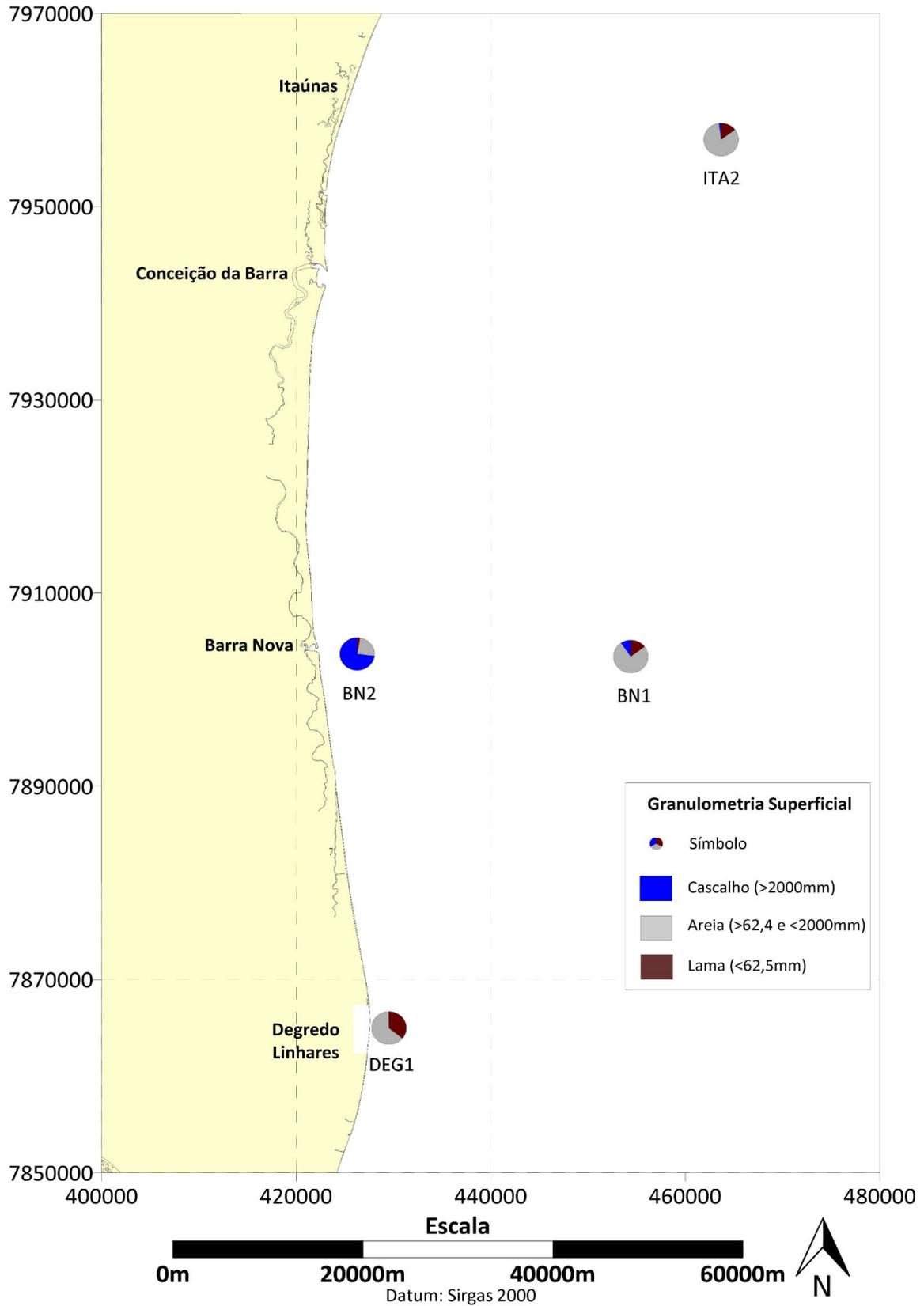




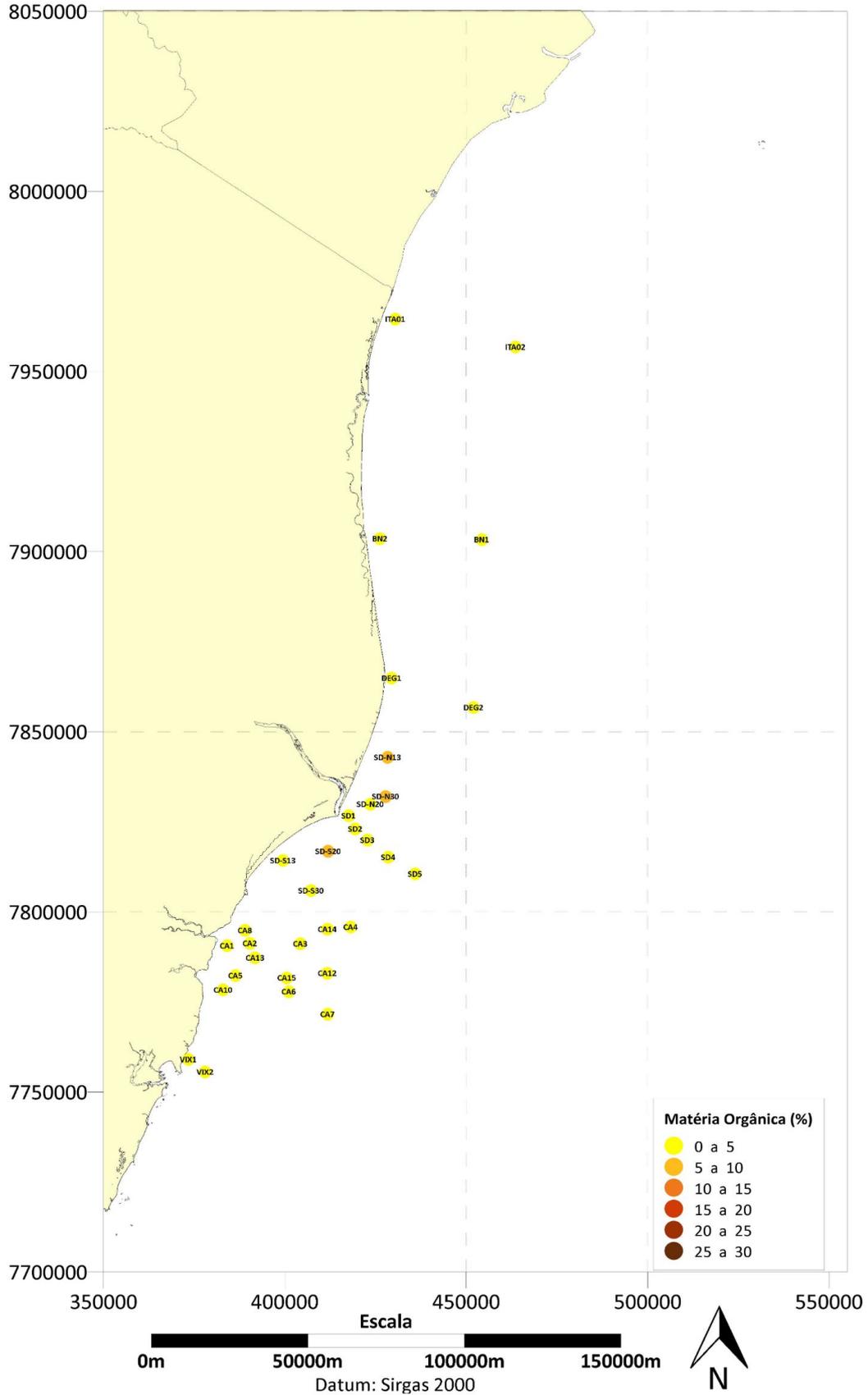
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



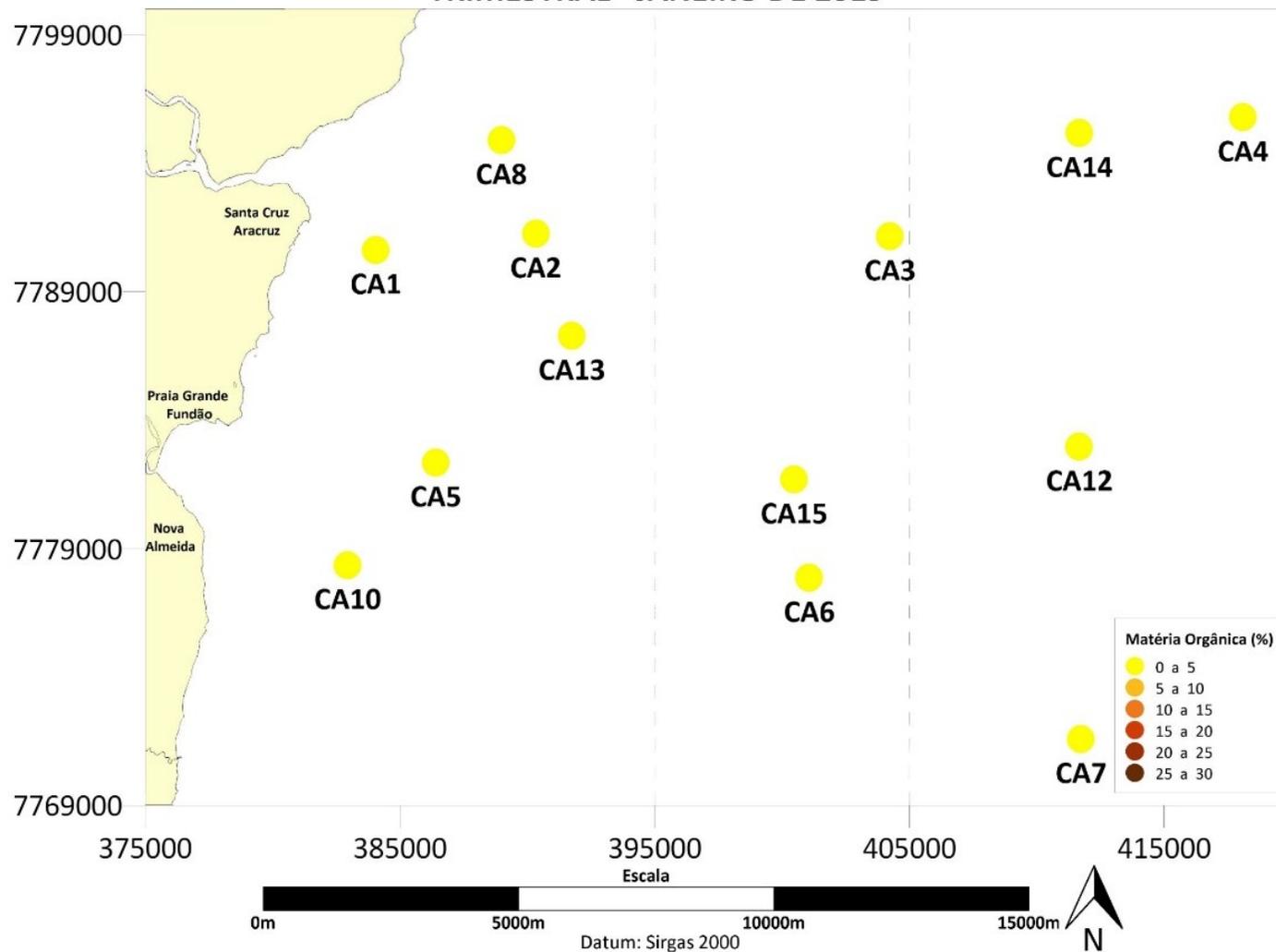
**GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



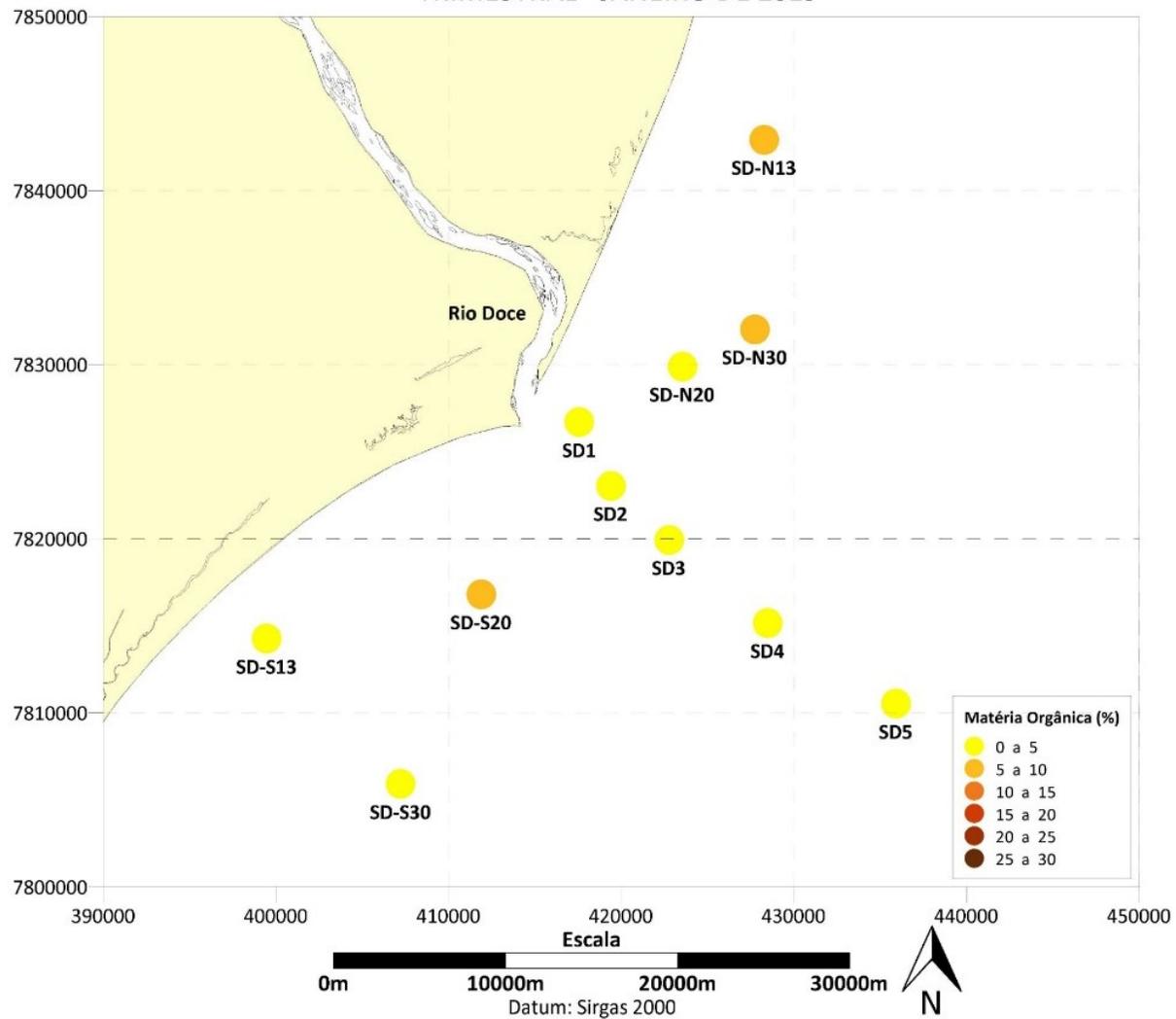
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



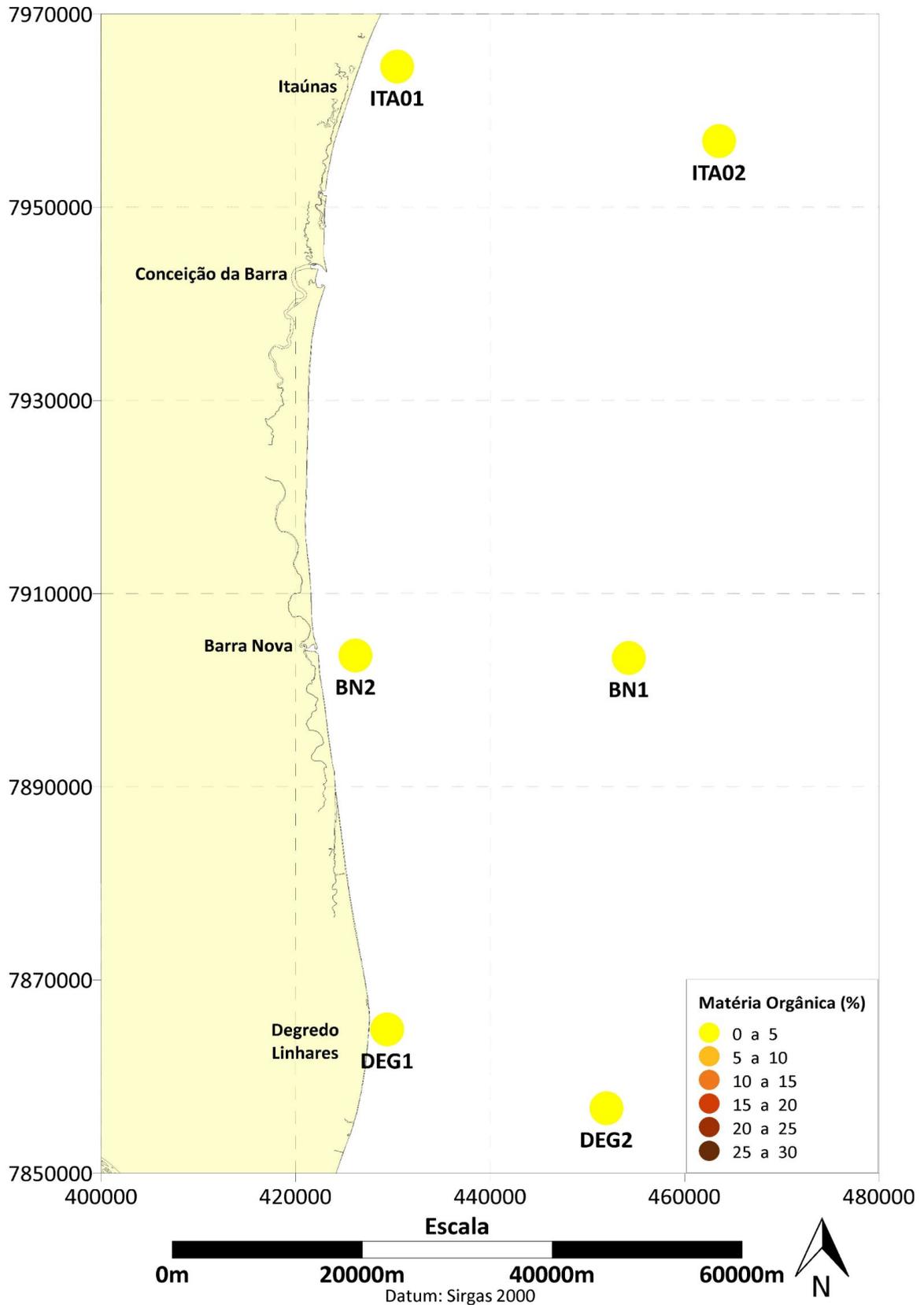
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



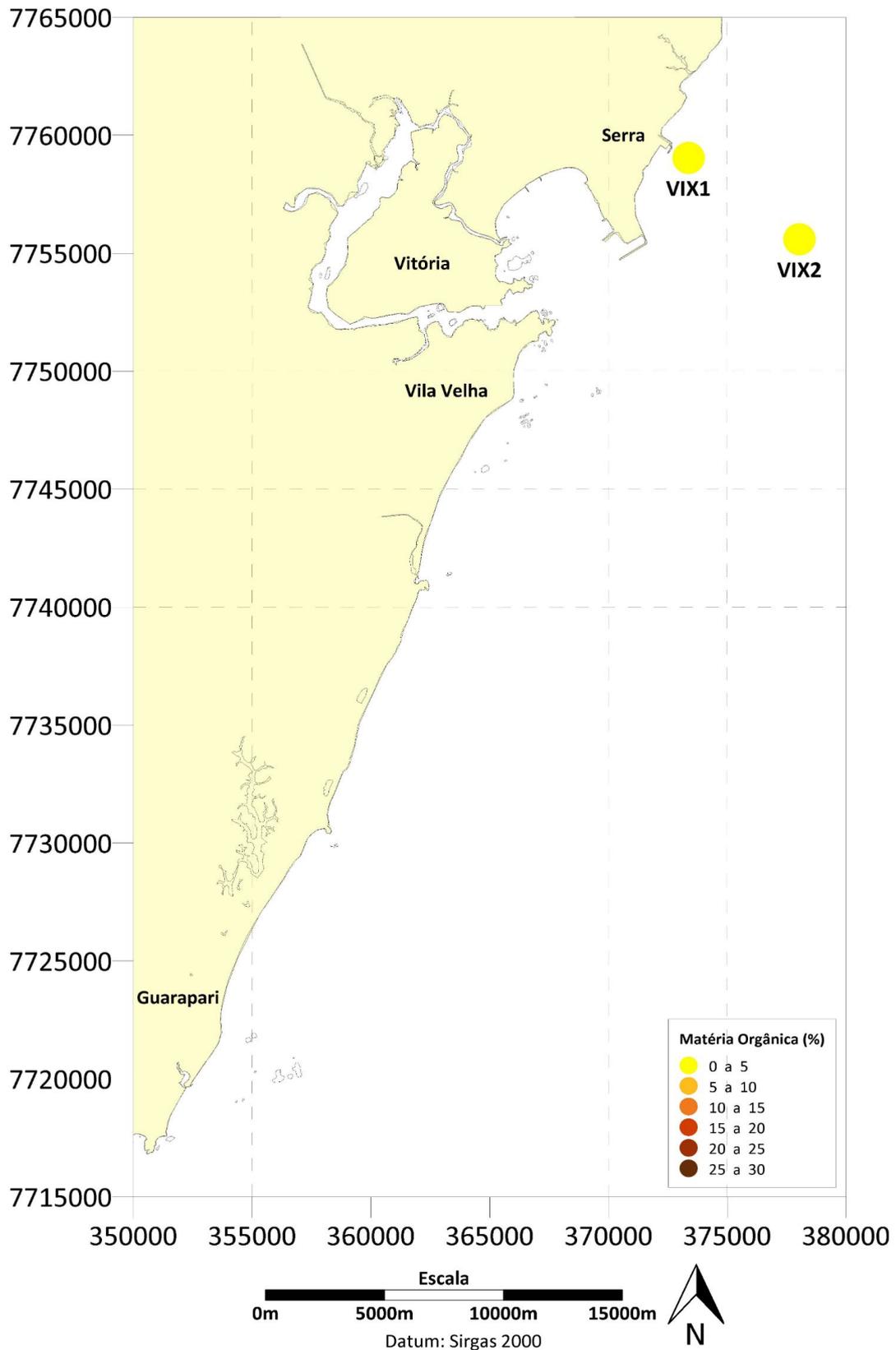
**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



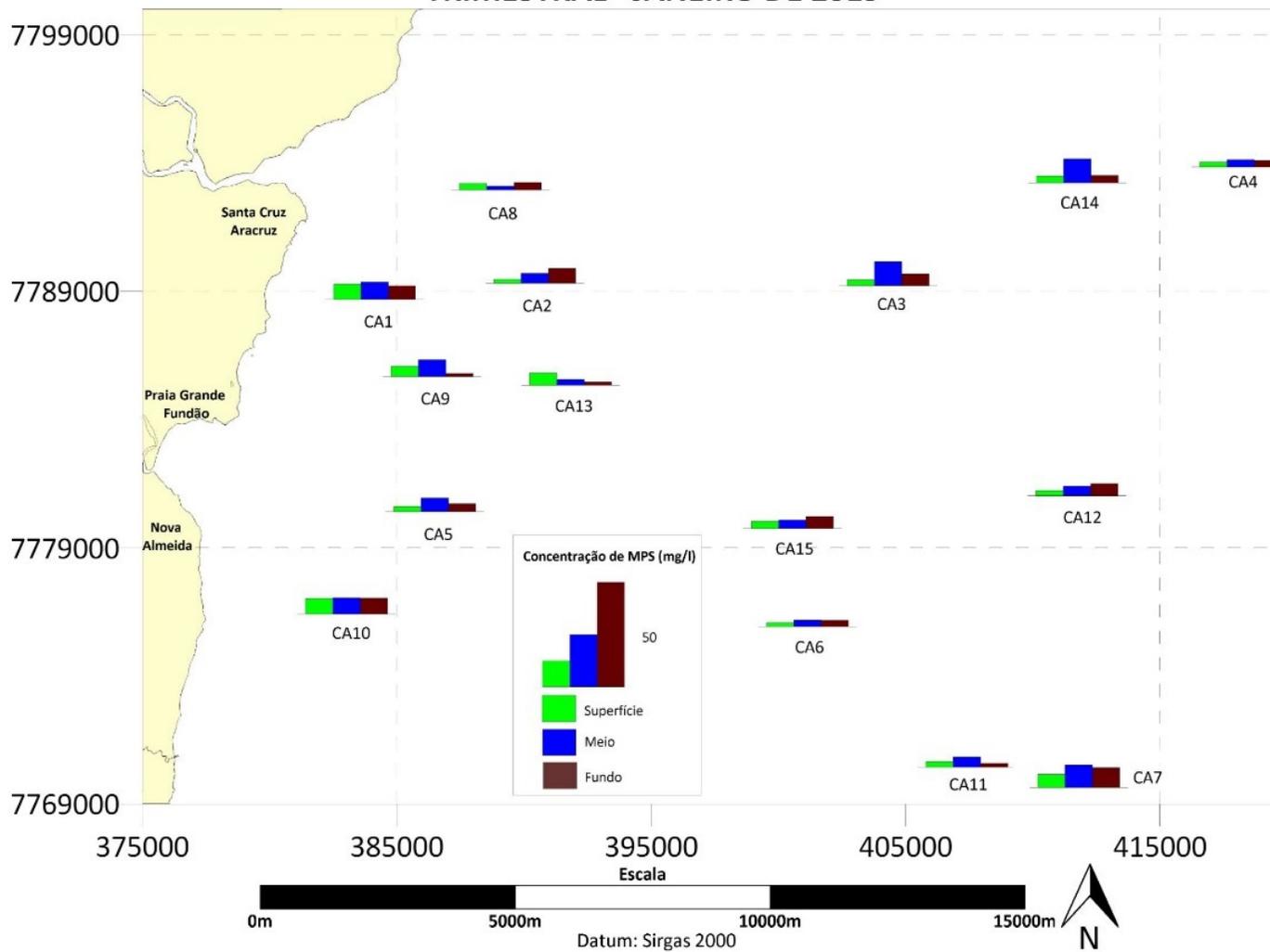
**MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



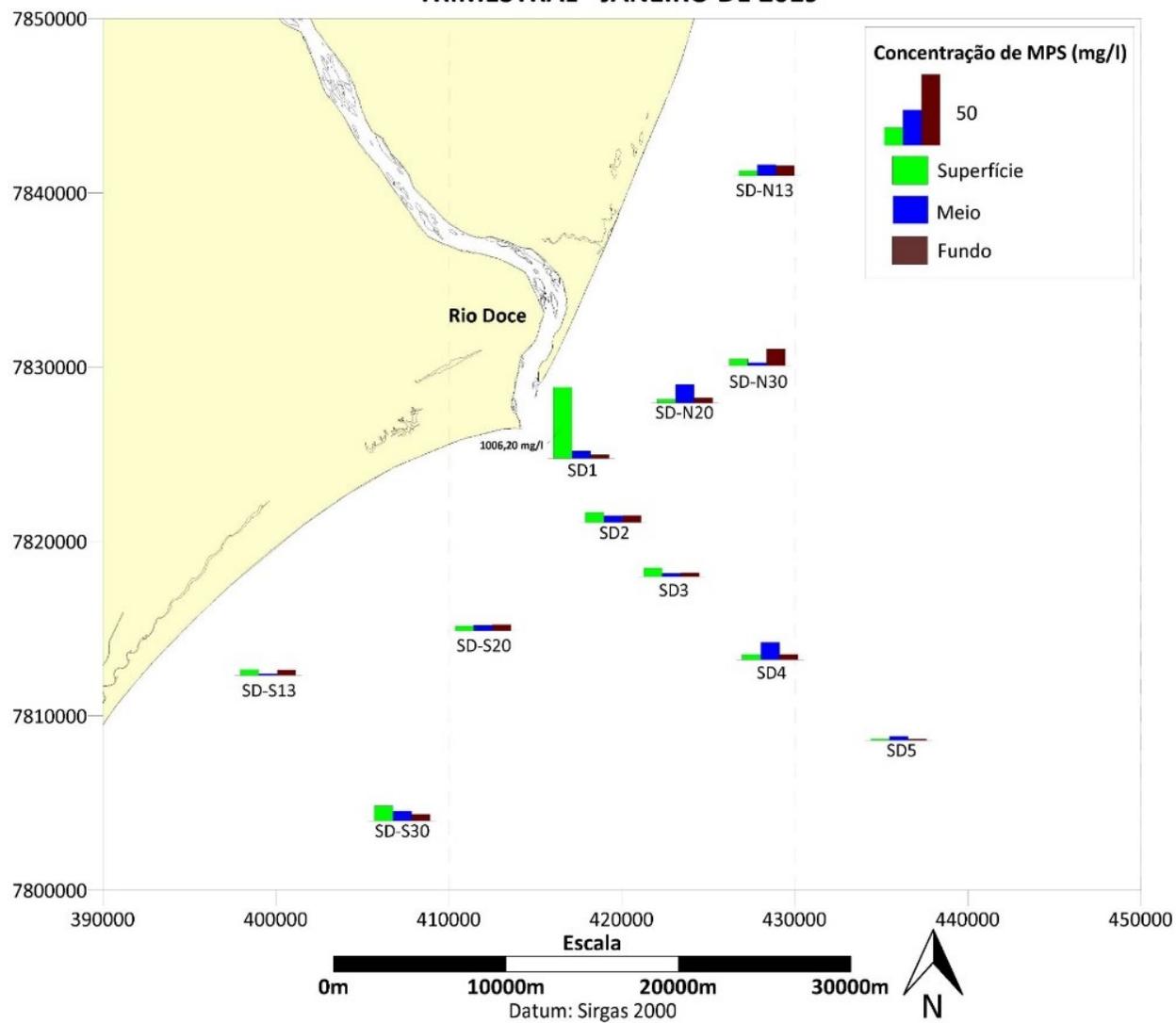
### MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019



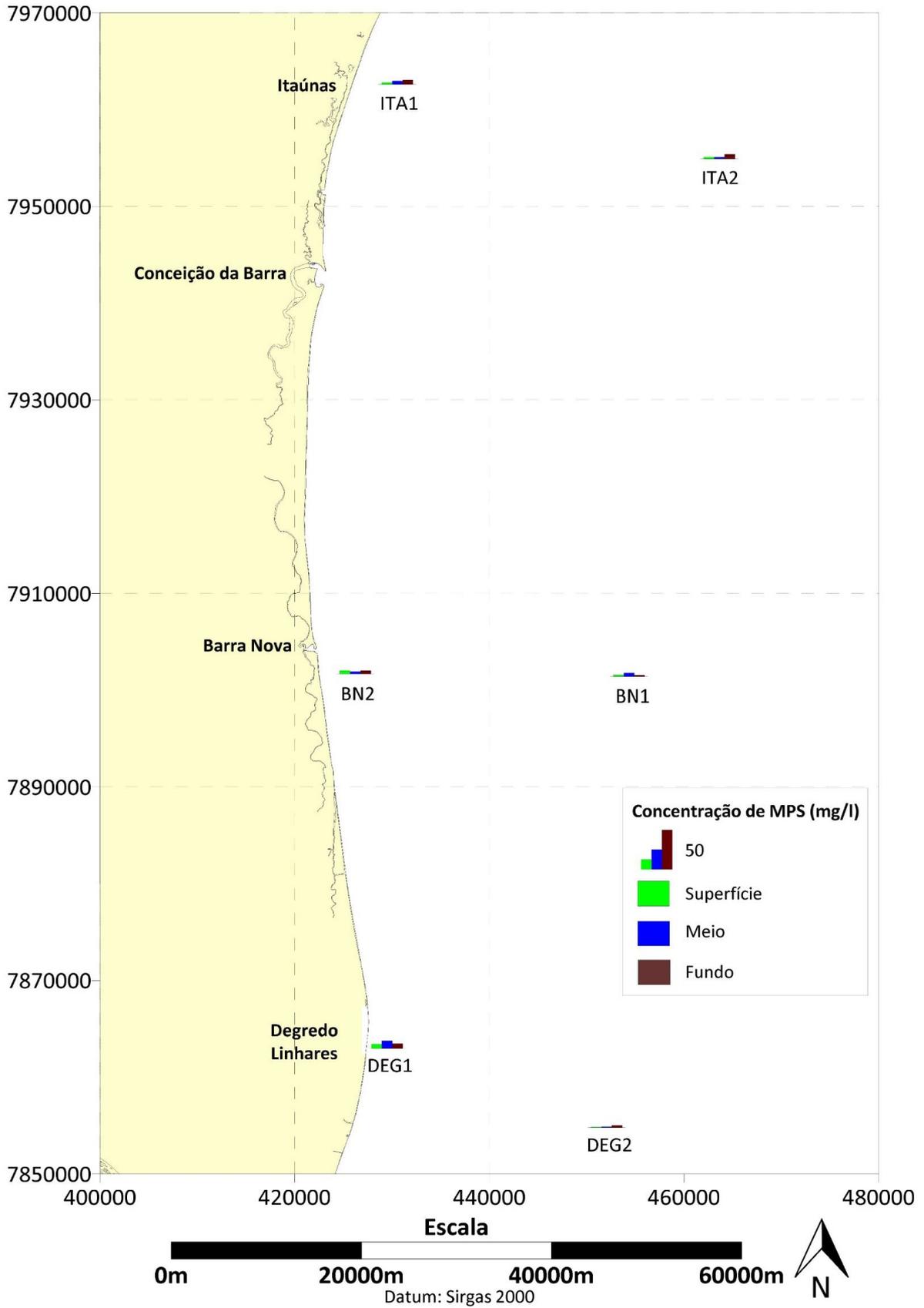
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**



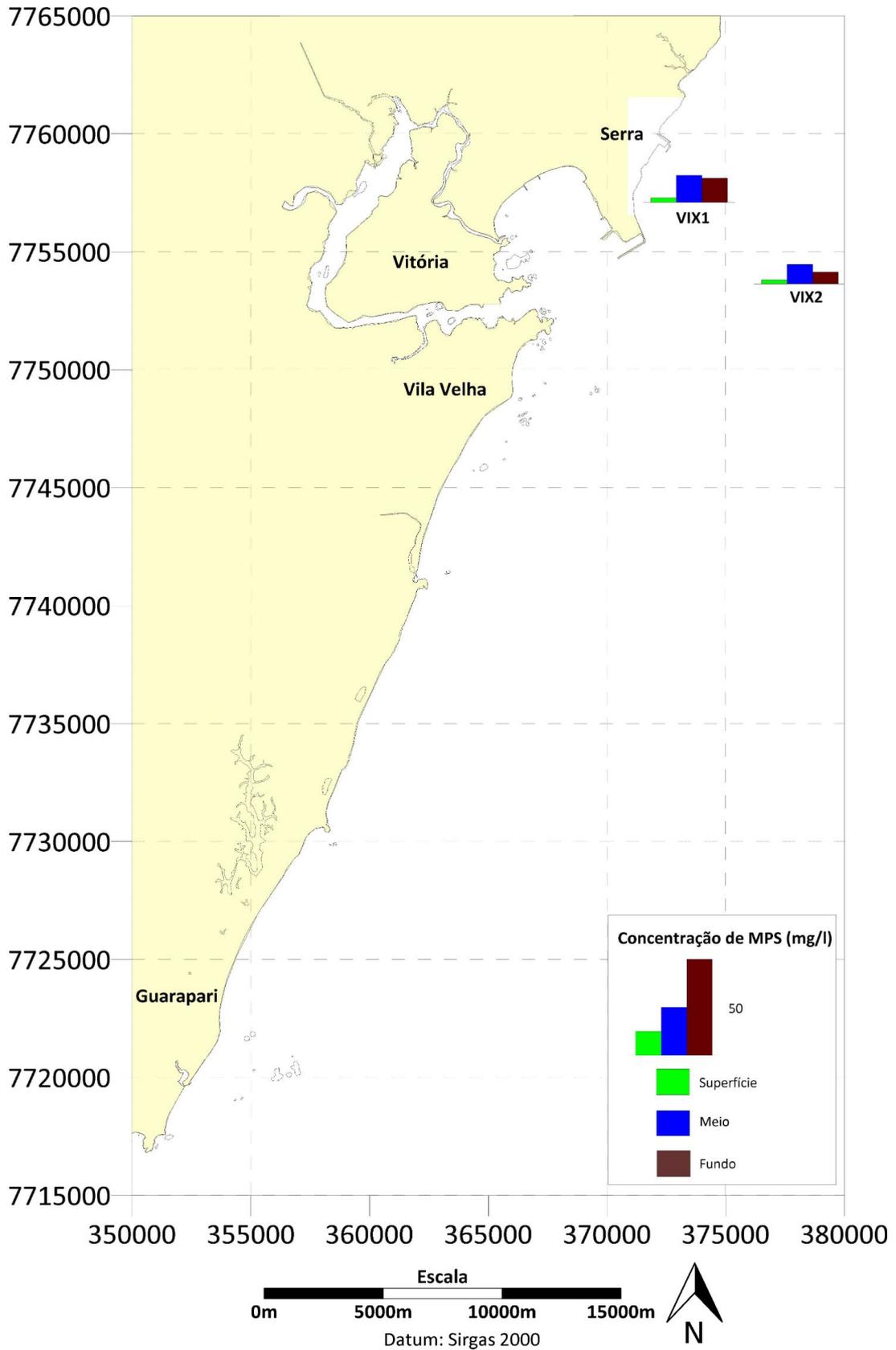
**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**

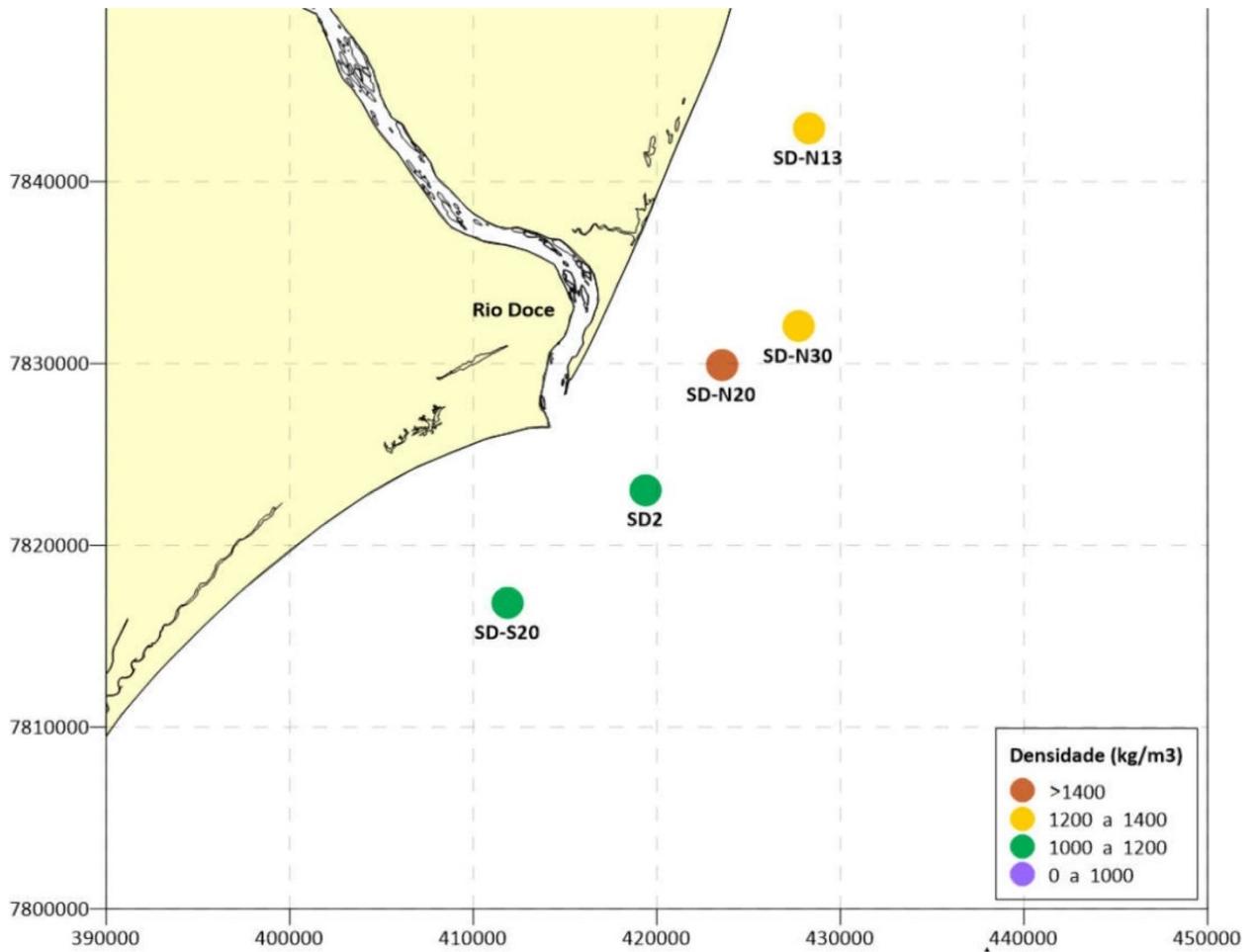


**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019**

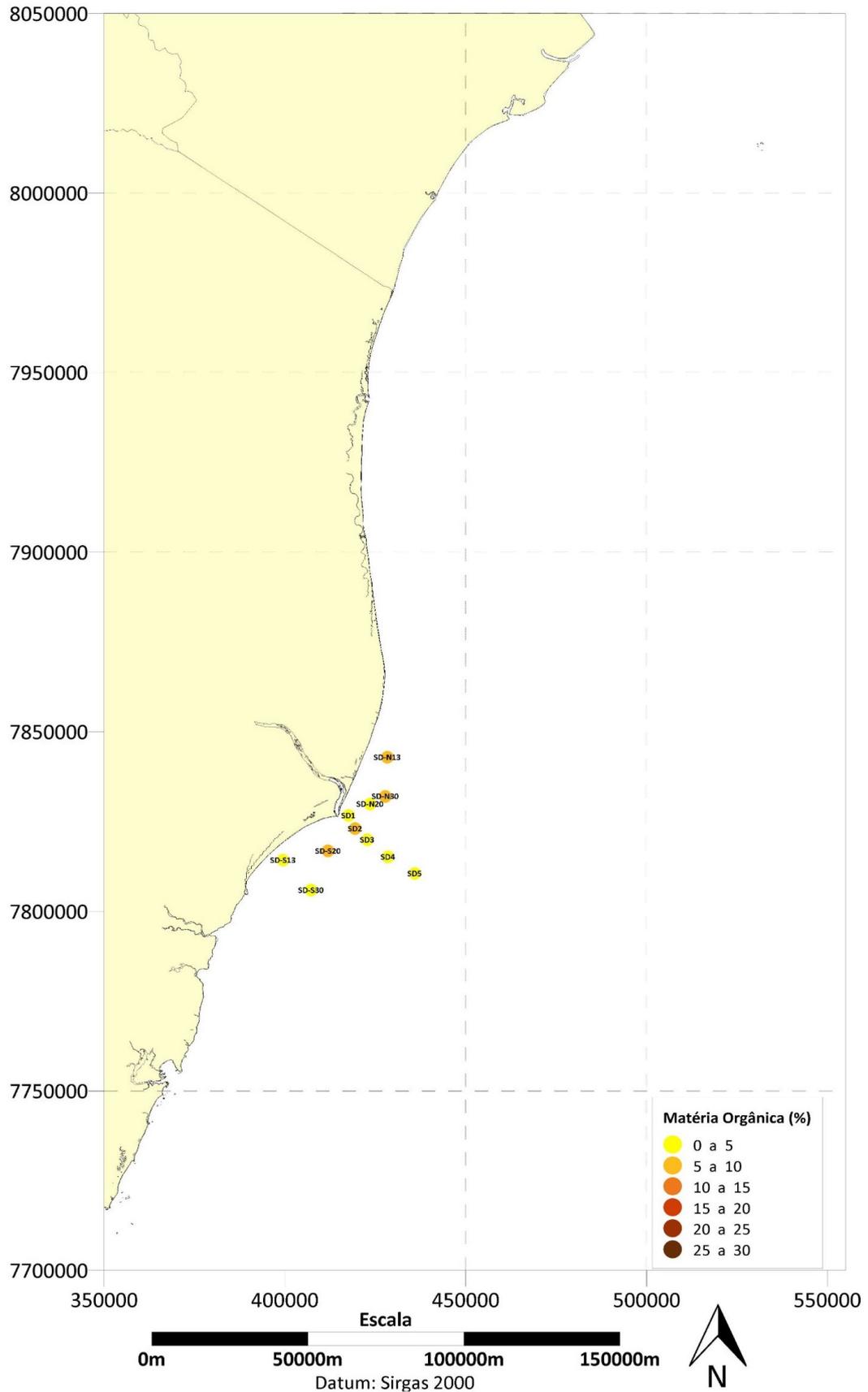


### MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO TRIMESTRAL - JANEIRO DE 2019

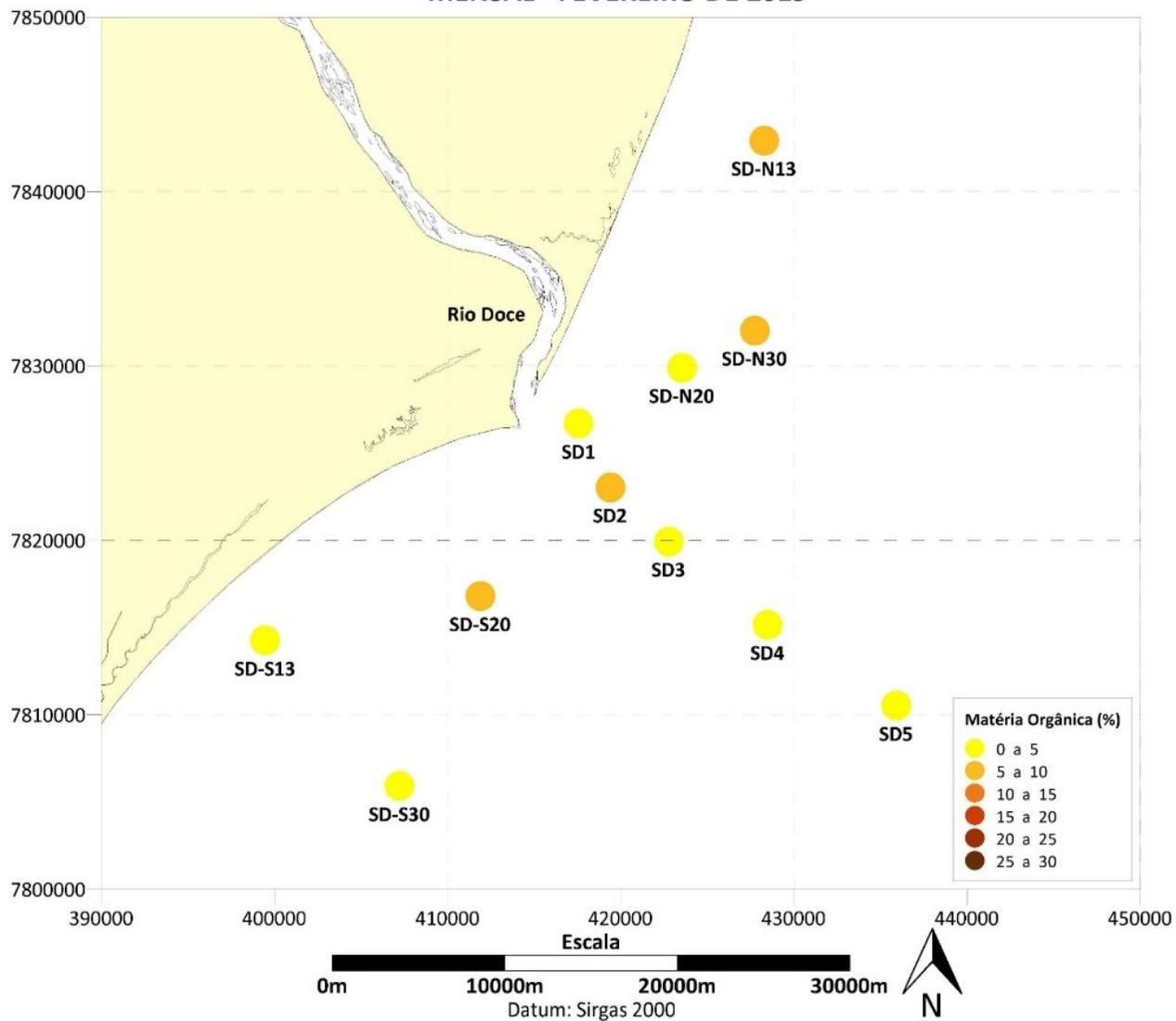




**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - FEVEREIRO DE 2019**



**MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO SUPERFICIAL  
MENSAL - FEVEREIRO DE 2019**



**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO  
MENSAL - FEVEREIRO DE 2019**

