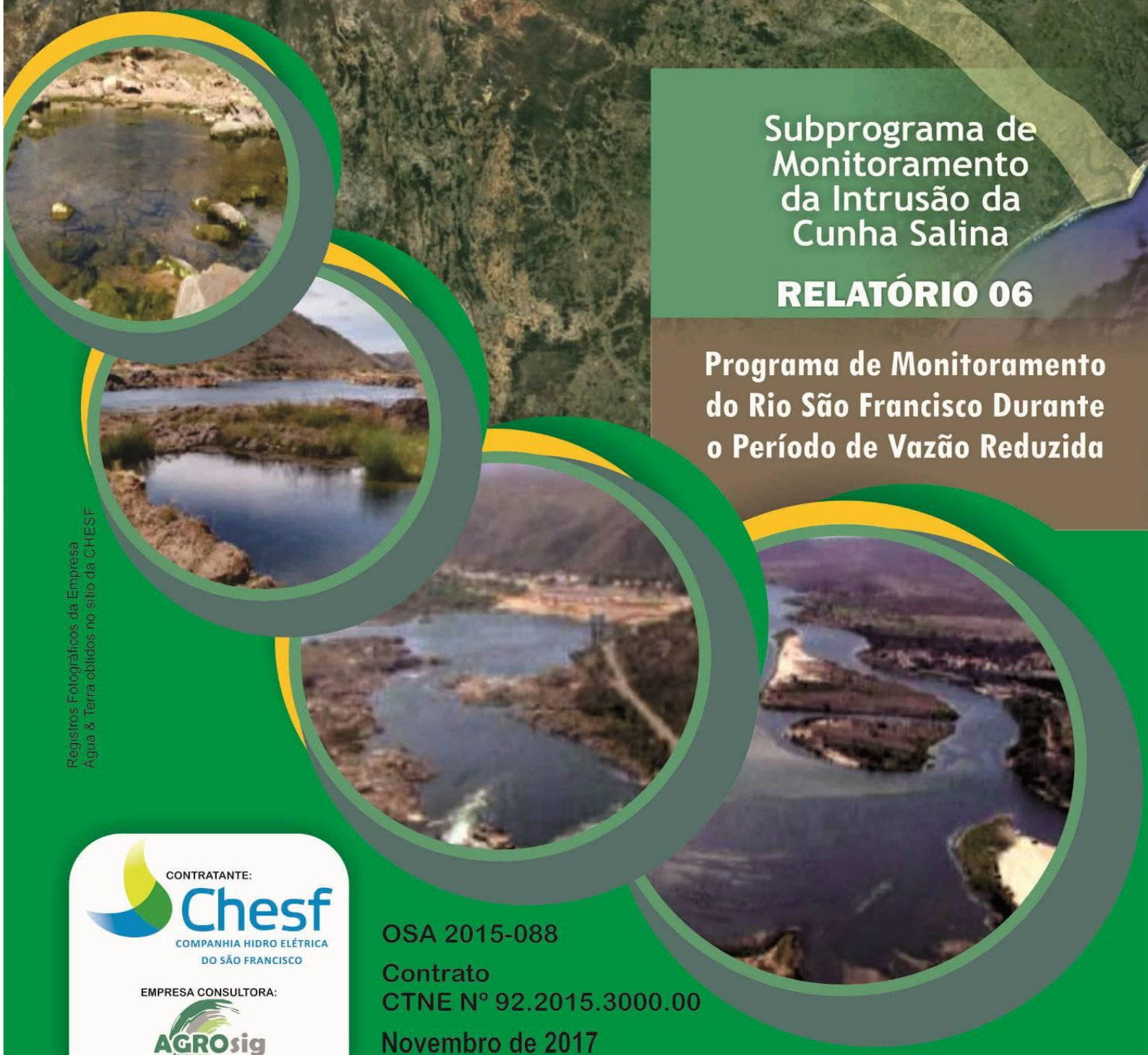


Subprograma de Monitoramento da Intrusão da Cunha Salina

RELATÓRIO 06

Programa de Monitoramento do Rio São Francisco Durante o Período de Vazão Reduzida

Registros Fotográficos da Empresa Água & Terra obtidos no sítio da CHESF



CONTRATANTE:

Chesf
COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO

EMPRESA CONSULTORA:



Engenharia & Meio Ambiente

OSA 2015-088

Contrato
CTNE N° 92.2015.3000.00

Novembro de 2017

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O
PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA**

**SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA INTRUSÃO
DA CUNHA SALINA**

RELATÓRIO 06

Preparado para:
COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF
Recife - PE

Preparado por:
Agrosig Engenharia e Meio Ambiente Eireli - EPP
Porto Alegre - RS

Distribuição:
02 cópias impressas Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF
03 cópias digitais
01 cópia Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP

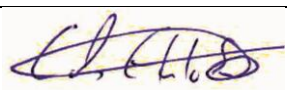
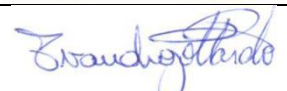
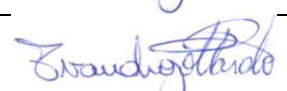
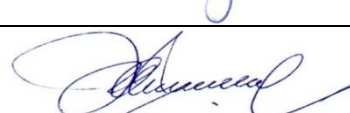
NOTA

Este Relatório foi preparado pela Agrosig Engenharia e Meio Ambiente Eireli EPP, a partir das normas técnicas recomendadas para trabalhos desta natureza, em estreita observação aos ditames da Legislação vigente e dos termos e condições firmados com o Cliente. Considerada esta premissa, a Agrosig se isenta de quaisquer responsabilidades perante o Cliente ou terceiros pela utilização dos dados e conteúdos contidos neste Relatório, ainda que parcialmente, fora do contexto citado no Contrato de Prestação de Serviços. Reitera-se, que todo o conteúdo é confidencial e destinado à utilização exclusiva do Cliente, de forma que a Agrosig não se responsabiliza pela utilização do material, ainda que parcialmente, por terceiros. Cópias do conteúdo ou a utilização dos dados para outros fins somente poderão ser efetuadas a partir da obtenção da autorização formal do Cliente ou da Agrosig.

| Mês/Ano | Ordem Serviço | Contrato | Código Documento |
|----------------|---------------|--------------------------|---|
| Dezembro, 2017 | OSA 2015-088 | CTNE- 92.2015.3000.00 | OSA2015-088-CHESF-MVR-CUNHA-SALINA-06-R1.docx |

| Tipo de Relatório | Parcial | <input type="checkbox"/> | Nº2 | Controle Versões | Documento | | Data Emissão |
|-------------------|---------|--------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------|
| | | | | | Mínuta Para Análise | <input type="checkbox"/> | 30/11/2017 |
| | | | | | Revisão 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 14/12/2017 |
| | Final | | <input checked="" type="checkbox"/> | | Revisão 2 | <input type="checkbox"/> | |
| | | | | | Revisão 3 | <input type="checkbox"/> | |
| | | | | | Versão Aprovada Cliente | <input type="checkbox"/> | |

Controle de Produção do Documento

| | Profissional | Qualificação | Registro Profissional | Assinatura |
|------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|---|
| Elaborado | Carlos Eduardo Simão | Engenheiro Ambiental Ms. | CREA RS 174611 |  |
| Revisado | Evandro Gottardo | Geólogo Ms. Dr. | CREA RS 83699 |  |
| Aprovado | Evandro Gottardo | Geólogo Ms. Dr. | CREA RS 83699 |  |
| Autorizado | Jorge Vidal Olivera Duarte | Eng. Agrícola, Ms. Especialista | CREA RS 44141 |  |

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA

SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA INTRUSÃO DA CUNHA SALINA

RELATÓRIO 04

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1 - INTRODUÇÃO | 4 |
| 2 - MATERIAIS E MÉTODOS | 4 |
| 2.1 - Equipamentos Técnicos | 4 |
| 2.2 - Frequência das Campanhas Amostrais | 5 |
| 2.3 - Localização das Estações de Coleta de Dados | 6 |
| 2.4 - Data e Horário das Coletas de Dados | 7 |
| 3 - RESULTADOS | 8 |
| 3.1 - Campanha 11 | 8 |
| 3.1.1 - Ponto Fixo 32 | 9 |
| 3.1.2 - Ponto Fixo 23 | 12 |
| 3.1.3 - Medição Longitudinal | 14 |
| 3.1.3.1 - Vazante 1 | 15 |
| 3.1.3.2 - Enchente 1 | 17 |
| 3.1.3.3 - Vazante 2 | 19 |
| 3.1.3.4 - Enchente 2 | 21 |
| 3.2 - Campanha 12 | 23 |
| 3.2.1 - Ponto Fixo 32 | 24 |
| 3.2.2 - Ponto Fixo 23 | 27 |
| 3.2.3 - Medição Longitudinal | 30 |
| 3.2.3.1 - Vazante 1 | 30 |
| 3.2.3.2 - Enchente 1 | 32 |
| 3.2.3.3 - Vazante 2 | 34 |
| 3.2.3.4 - Enchente 2 | 36 |
| 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS | 38 |
| 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| 6 - EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO | 40 |
| 7 - EQUIPE TÉCNICA | 40 |

1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste Relatório Técnico é atender aos preceitos estipulados pelo Contrato de Prestação de Serviços CTNE-92.2013.3500.00 firmado entre a empresa Contratada Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP (doravante denominada AGROSIG) e a Contratante COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF (doravante denominada CHESF).

O instrumento contratual foi originado a partir do processo licitatório vinculado ao EDITAL PREGÃO ELETRÔNICO PG-1.92.2013.3500 e respectivos Anexos, do qual a empresa AGROSIG resultou vencedora.

O objeto contratual trata da execução de serviços de para consecução do PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA.

Sob este prisma, o relatório em apreço trata da execução dos serviços correlatos ao **Subprograma de Monitoramento da Introdução da Cunha Salina**, em conformidade com o estipulado na Especificação Técnica ET-DEMG-10/2015 que orienta a execução dos serviços e no Plano de Trabalho anteriormente apresentado e aprovado pela Contratante.

Assim, em continuidade são apresentados os resultados do monitoramento do campo de corrente, salinidade e temperatura no baixo estuário do Rio São Francisco referente a sétima e oitava campanhas de levantamento de dados.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - EQUIPAMENTOS TÉCNICOS

Em face da necessidade de levantamento muito especializado das informações requeridas por este Subprograma, serão utilizados equipamentos específicos, conforme descrito a seguir:

TEMPERATURA, CONDUTIVIDADE E SALINIDADE

Para as medições de temperatura, condutividade e salinidade está sendo utilizada uma sonda multiparâmetro da marca da marca YSI, modelo 6600V2 (Figura 1). A sonda multiparamétrica dispõe de um *log* interno que permite o armazenamento dos dados de temperatura e salinidade em alta frequência.



Figura 1 - Equipamento utilizado nas medições de temperatura, condutividade e salinidade: Sonda multiparamétrica marca YSI, modelo 6600 V2.

VELOCIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES

Os componentes advectivos e difusivos do processo de mistura das águas salinas costeiras com as águas interiores são indissociáveis das velocidades e direções de correntes. Assim para a correta caracterização do comportamento das correntes serão efetuadas medições com Perfilador Acústico de Correntes por Efeito Doppler (ADCP) da marca Teledyne, modelo AQUADOPP (Figura 2). As medições serão executadas por meio de apoio logístico de uma embarcação onde o instrumento será instalado no sistema *down-looking*.



Figura 2 - Perfilador acústico de correntes.

2.2 - FREQUÊNCIA DAS CAMPANHAS AMOSTRAIS

A coleta de dados foi efetuada em duas campanhas. A sétima campanha ocorreu entre os dias 4 e 9 de setembro de 2017 durante o período de maré de sizígia. Já a oitava campanha foi executada entre os dias 20 e 23 de setembro de 2017 no período de maré de sizígia.

Para cada campanha foram realizados 4 monitoramentos longitudinais, sendo 2 durante a maré enchente e 2 na maré vazante. Também foram monitorados 2 pontos fixos durante 1 ciclo de maré cada.

2.3 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS

A localização de cada estação de coleta de dados pode ser visualizada na Figura 3; já a codificação e as respectivas coordenadas geográficas de cada ponto estão listadas no Quadro 1.

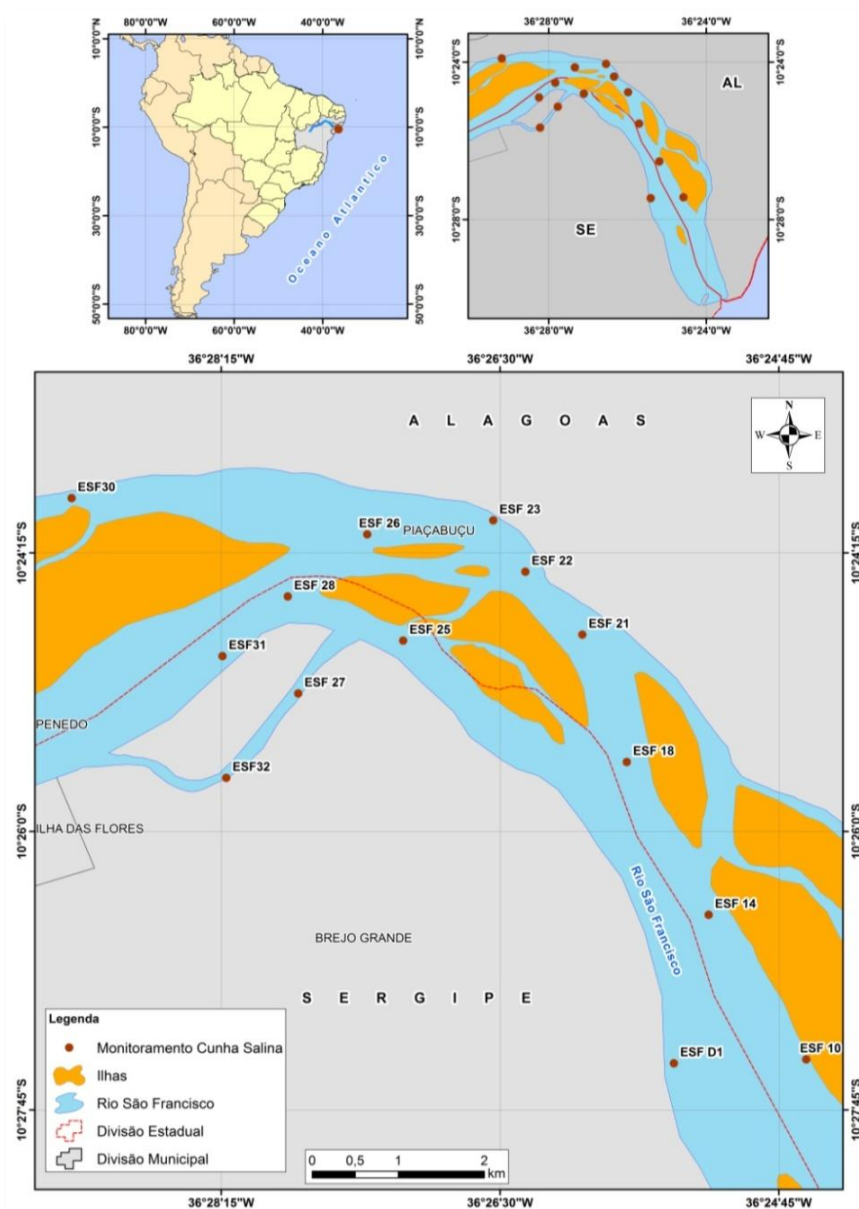


Figura 3 - Localização das estações de coleta de dados.

Quadro 1 - Coordenadas geográficas das estações de coleta de dados.

| Estação | Latitude | Longitude |
|---------|---------------|----------------|
| ESF_D1 | 10° 27' 27" S | 036° 25' 24" W |
| ESF_10 | 10° 27' 25" S | 036° 24' 34" W |
| ESF_14 | 10° 26' 31" S | 036° 25' 11" W |
| ESF_18 | 10° 25' 33" S | 036° 25' 42" W |
| ESF_21 | 10° 24' 45" S | 036° 25' 58" W |
| ESF_22 | 10° 24' 22" S | 036° 26' 20" W |
| ESF_23 | 10° 24' 02" S | 036° 26' 32" W |
| ESF_25 | 10° 24' 48" S | 036° 27' 06" W |
| ESF_26 | 10° 24' 08" S | 036° 27' 20" W |
| ESF_27 | 10° 25' 08" S | 036° 27' 46" W |
| ESF_28 | 10° 24' 31" S | 036° 27' 49" W |
| ESF_30 | 10° 23' 54" S | 036° 29' 11" W |
| ESF_31 | 10° 24' 53" S | 036° 28' 14" W |
| ESF_32 | 10° 25' 39" S | 036° 28' 13" W |

2.4 - DATA E HORÁRIO DAS COLETAS DE DADOS

As datas e os horários de início e término das medições são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Data e horário de início e fim de campanha de coleta de dados.

| | | Início | Término |
|--------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Campanha 11 | Ponto fixo ESF 23 | 04/11/2017 05:18 | 04/11/2017 16:11 |
| | Ponto fixo ESF 32 | 05/11/2017 05:23 | 05/11/2017 16:50 |
| | Vazante 1 | 06/11/2017 05:12 | 06/11/2017 08:45 |
| | Enchente 1 | 06/11/2017 11:05 | 06/11/2017 14:19 |
| | Vazante 2 | 07/11/2017 05:51 | 07/11/2017 09:21 |
| | Enchente 2 | 07/11/2017 11:25 | 07/11/2017 14:39 |
| Campanha 12 | Ponto fixo ESF 23 | 18/11/2017 05:45 | 18/11/2017 17:44 |
| | Ponto fixo ESF 32 | 19/11/2017 04:44 | 19/11/2017 16:43 |
| | Vazante 1 | 20/11/2017 05:32 | 20/11/2017 08:49 |
| | Enchente 1 | 20/11/2017 11:11 | 20/11/2017 14:41 |
| | Vazante 2 | 21/11/2017 06:24 | 21/11/2017 09:42 |
| | Enchente 2 | 21/11/2017 11:55 | 21/11/2017 15:06 |

O tratamento dos dados foi realizado para remoção de dados espúrios e correção da declinação magnética.

A declinação magnética para a localização das estações e data de coleta foi obtida em <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>.

3 - RESULTADOS

Os resultados do monitoramento de corrente, temperatura e salinidade são apresentados por campanha.

Para as Estações fixas ESF 32 e ESF 23 são apresentados diagramas de vetores com direção e intensidade da corrente em 3 níveis na coluna de água, sendo: superfície, meia água e fundo; já para os perfis verticais de corrente, são apresentados por hora.

Nos monitoramentos longitudinais o diagrama de vetores apresenta a média da velocidade da corrente na coluna d'água, a projeção é efetuada sobre imagem de satélite na respectiva localização de cada estação. Os perfis verticais de corrente são apresentados por estação.

3.1 - CAMPANHA 11

Os pontos fixos equivalem a duas estações amostrais onde as variáveis, velocidade e direções de correntes, salinidade e temperatura são monitoradas em intervalos horários ao longo de um ciclo completo de maré e em camadas da coluna de água de no máximo 1m.

A Figura 4 e a Figura 8 apresentam os diagramas de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo. Nestas figuras fica evidente que as maiores velocidades, para ambos os pontos, ocorrem no instante de meia maré e com velocidade máximas próximas a 0.65m/s. A atenuação das velocidades ao longo da coluna de água observada não é muito severa. As direções variadas nas seguintes horas representam as mudanças no campo de corrente em função dos diferentes instantes de marés.

Já a Figura 5 e a Figura 8, apresentam os perfis de velocidade ao longo da coluna d'água para o intervalo horário ao longo de todo o ciclo de maré, respectivamente para o ponto ESF 32 e ESF 23. Os Perfis horários de velocidades de corrente não sugerem uma estratificação da massa de água ao longo dessa campanha. A Figura 6, Figura 7, Figura 10 e Figura 11 apresentam os perfis de salinidade e temperaturas, ao longo do ciclo de maré para os dois pontos fixos.

Quando comparado às campanhas anteriores, o ponto SF23 apresentou um incremento na salinidade, sendo que ao longo de 6 horas foram registradas salinidades acima de 2 psu.

3.1.1 - Ponto Fixo 32

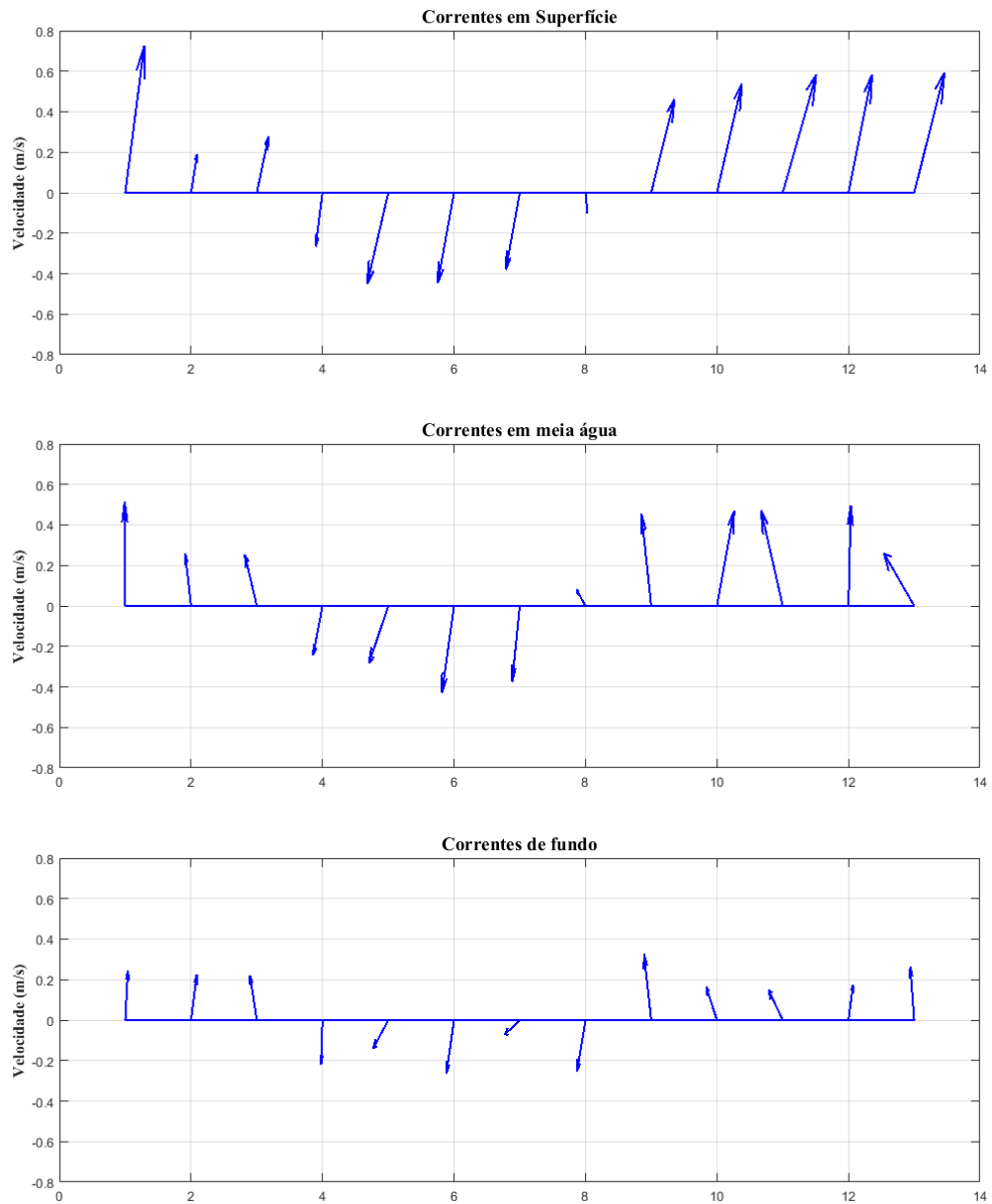


Figura 4 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 32. Campanha 11 - 05/09/2017.

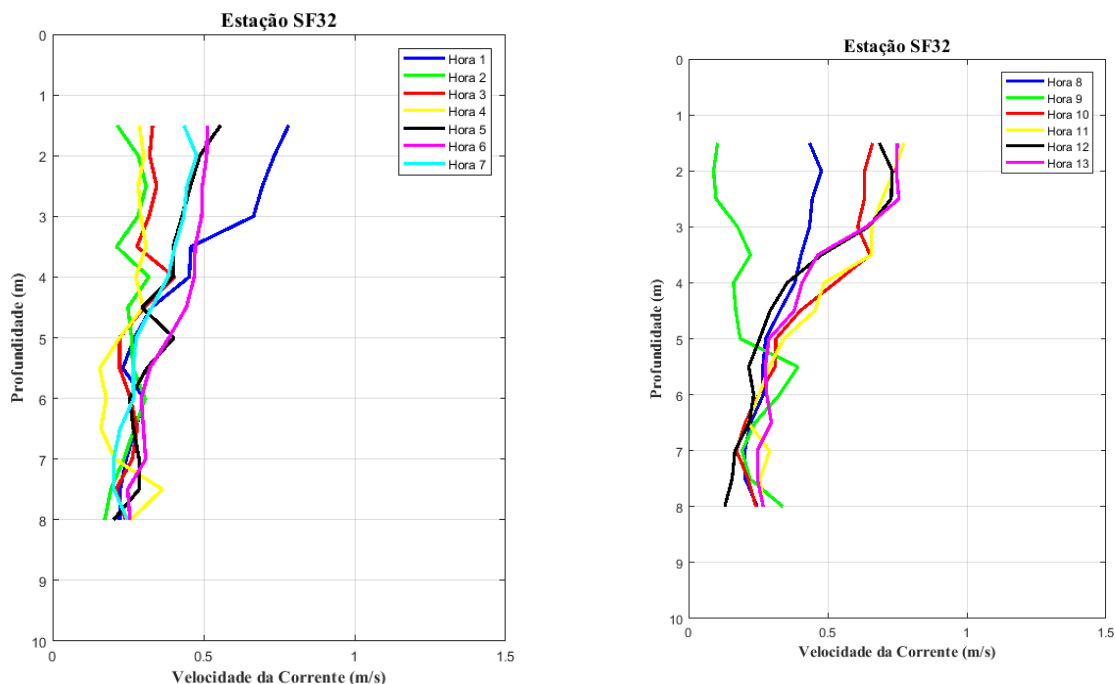


Figura 5 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 32. Campanha 11 - 05/09/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição ponto fixo, período de 13 horas, é apresentada na Figura 6.

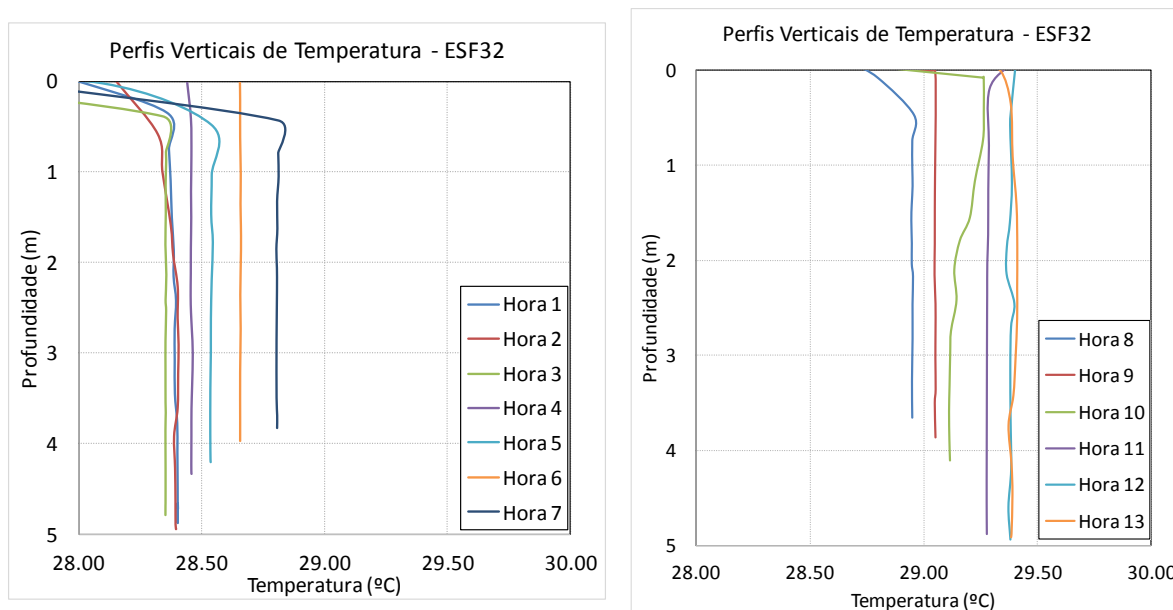


Figura 6 - Perfis verticais de temperatura para a estação amostral fixa ESF 32. Campanha 11 - Vazante 05/09/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição ponto

fixo, período de 13 horas é apresentada na Figura 7.

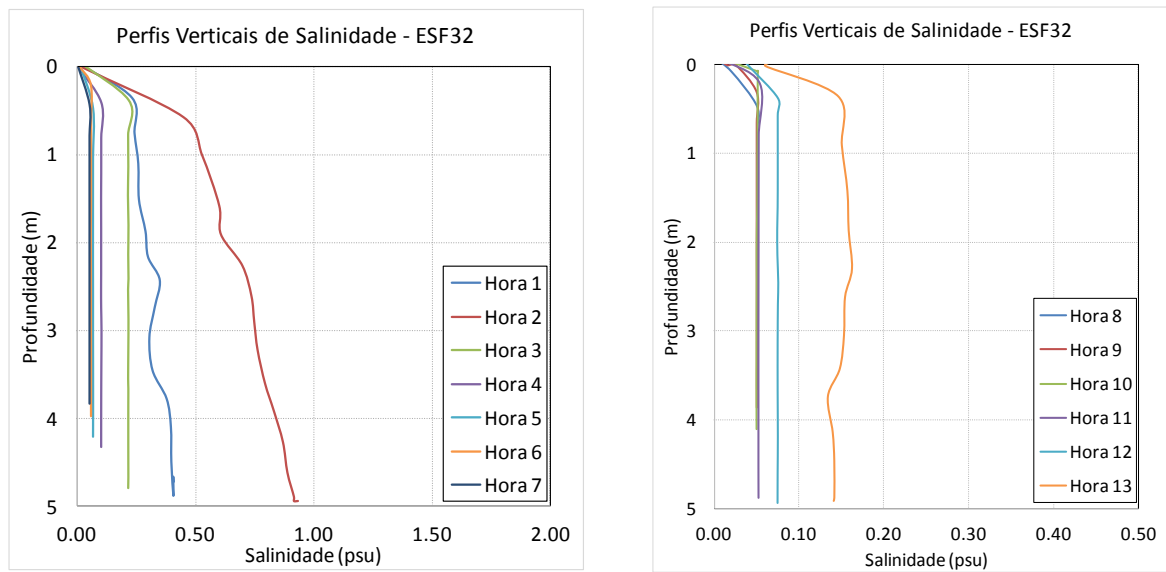


Figura 7 - Perfis verticais de salinidade para a estação amostral fixa ESF 32. Campanha 11 - 05/09/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.1.2 - Ponto Fixo 23

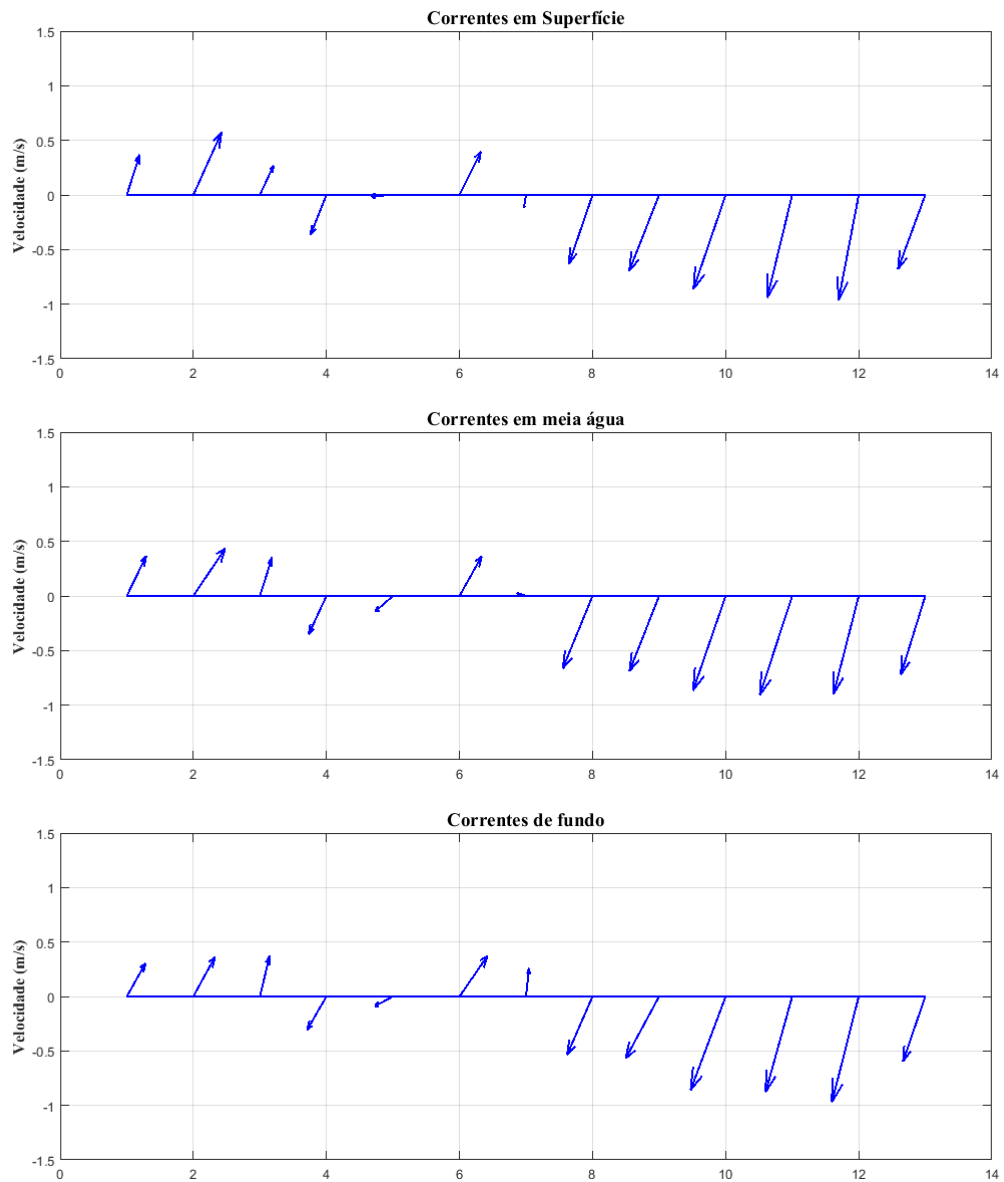


Figura 8 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 23. Campanha 11 - 04/09/2017.

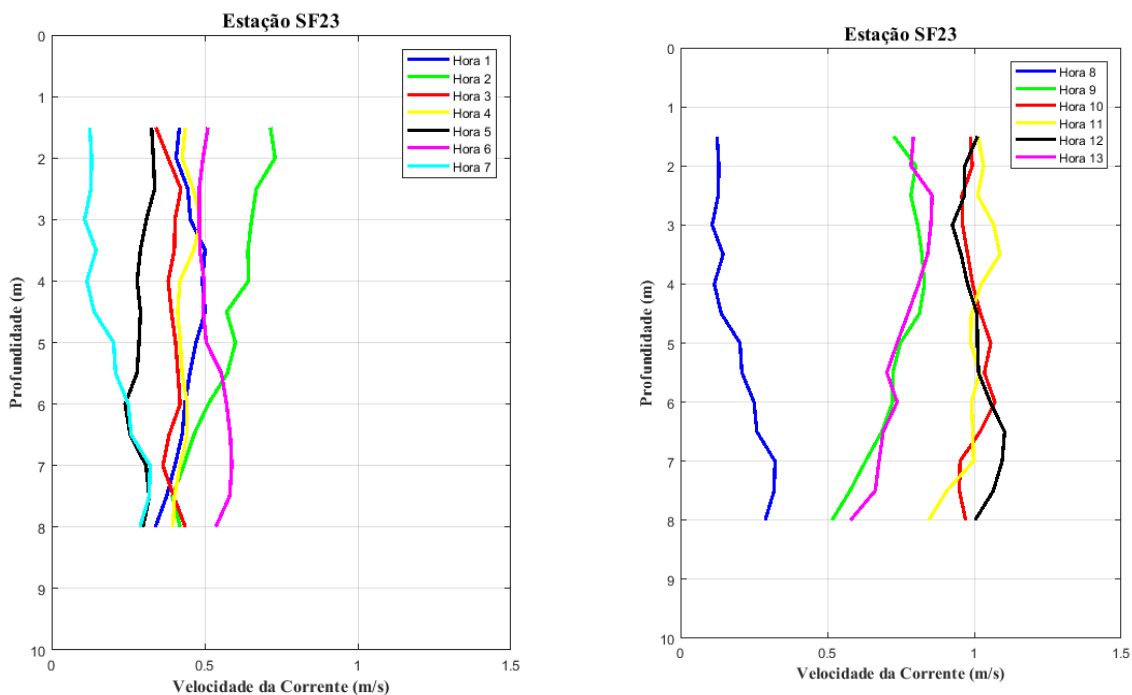


Figura 9 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 23. Campanha 11 - 04/09/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição ponto fixo, período de 13 horas, é apresentada na Figura 10.

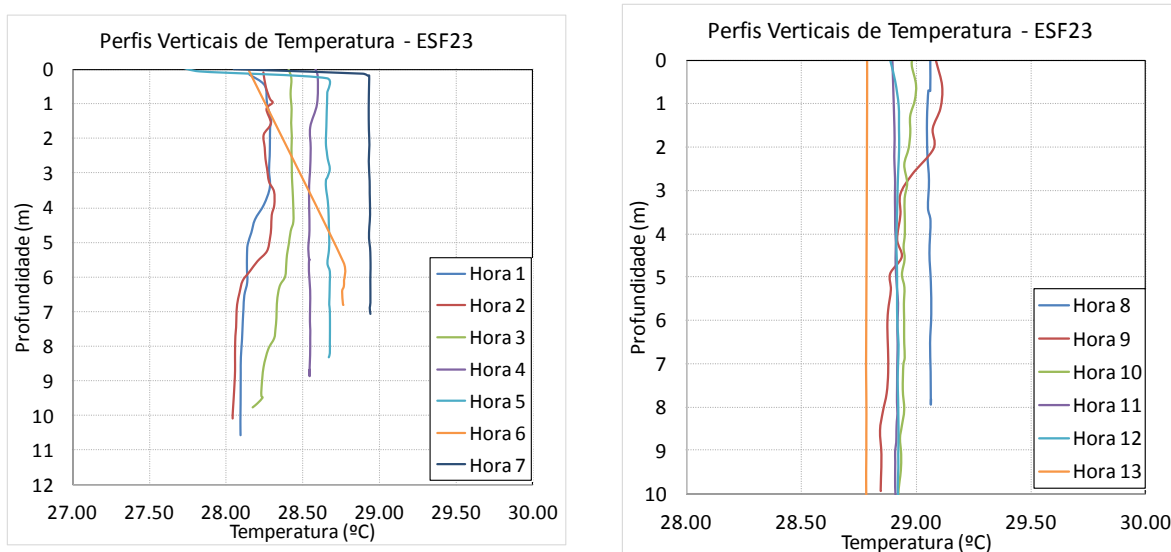


Figura 10 - Perfis verticais de temperatura para a estação amostral fixa ESF 23. Campanha 11 - 04/09/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição ponto

fixo, período de 13 horas é apresentada na Figura 11.

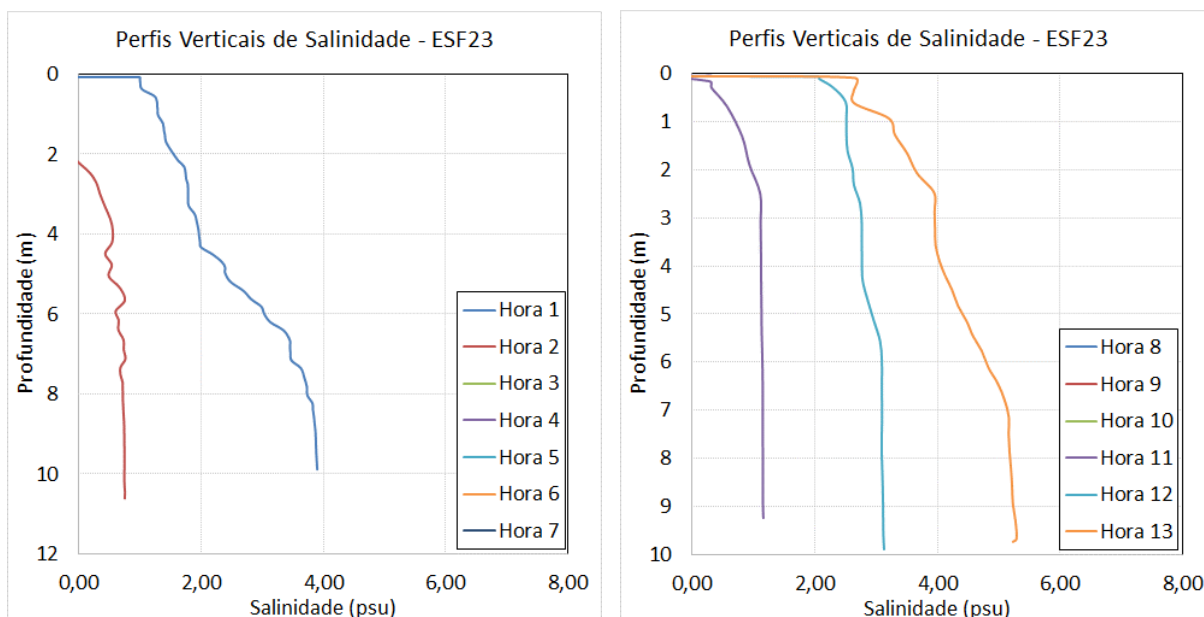


Figura 11 - Perfis verticais de salinidade para a estação amostral fixa ESF 23. Campanha 11 - 04/09/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.1.3 - Medição Longitudinal

As medições longitudinais tiveram como objetivo registrar as variações espaço temporais das velocidades e direções de corrente, perfis de salinidade e temperatura. Estas medições ocorreram ao longo de dois dias, nos períodos de marés de vazante em enchente. A Figura 16 e a Figura 20 representam a média vertical para cada ponto amostral, na superfície e fundo. Nestas figuras fica evidente que as direções de correntes médias são bem variadas, no entanto o vetor resultante, na maioria dos pontos, está orientado no sentido da vazante do estuário, o que é uma marca dos efeitos das descargas fluviais atuante.

Na Figura 13, Figura 14 e Figura 15, constam os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de vazante, já a Figura 17, a Figura 18 e a Figura 19 apresentam os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de enchente. Os resultados apresentados para estas campanhas sugerem que os pontos ESFD01, ESF10, ESF14, ESF18 e ESF21 estão sujeitos a um incremento de salinidade sendo que a maior salinidade foi registrada no ESFD01 com valor de 29,00 psu.

Em sequência, na Figura 20 até a Figura 27, os resultados apresentados para o primeiro dia se repetem, com destaque ao resultado de salinidade, onde o valor registrado para o

ESFD01 foi de 25,76 psu.

3.1.3.1 - Vazante 1

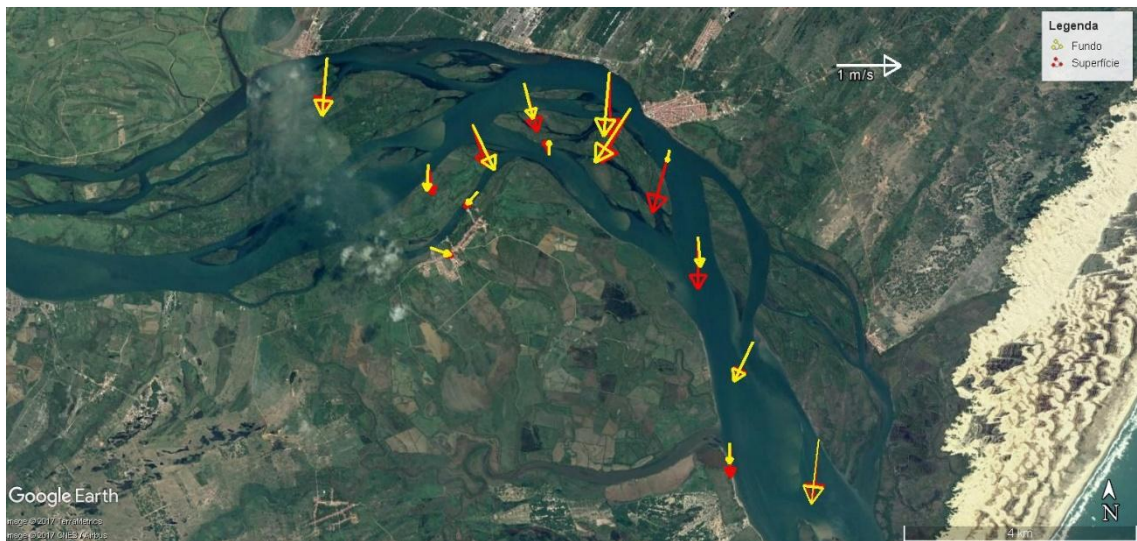


Figura 12 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 11 - Vazante 1 - 06/11/2017.

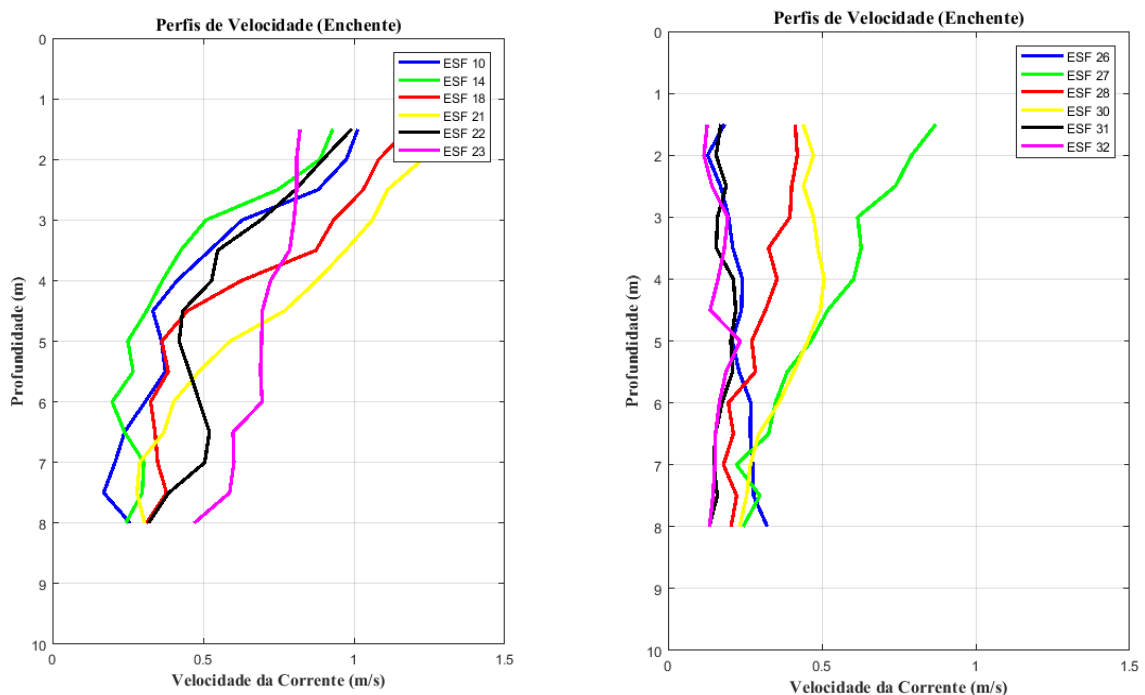


Figura 13 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante. Campanha 11 - Vazante 1 - 06/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição

longitudinal, período de vazante 1, é apresentada na Figura 14.

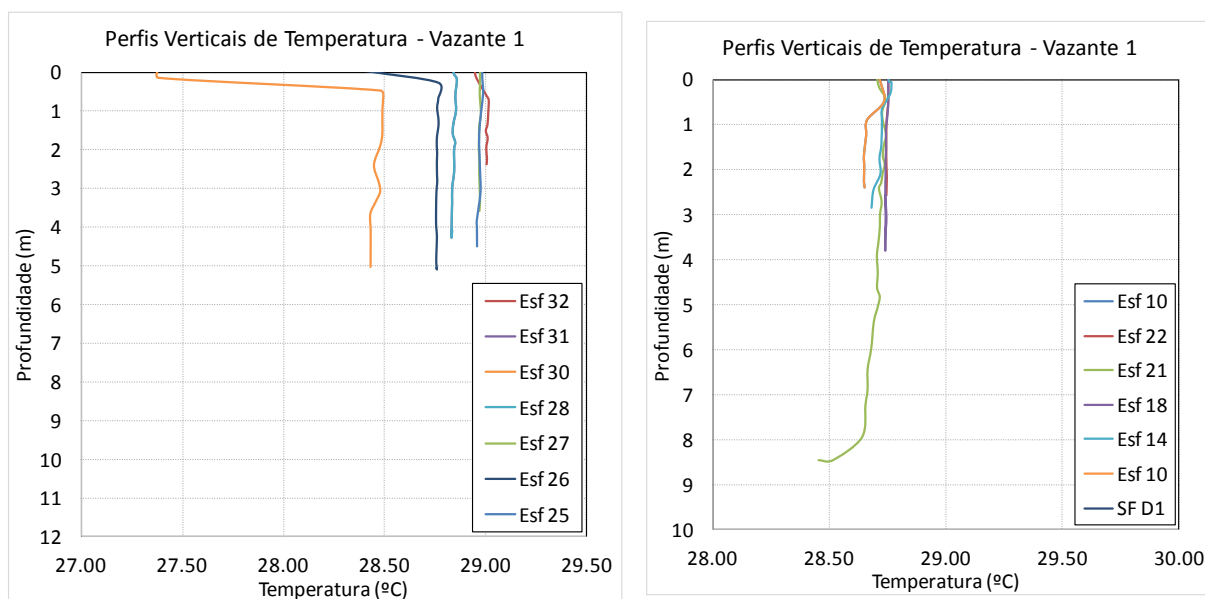


Figura 14 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 11 - Vazante 1 - 06/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de vazante 1, é apresentada na Figura 15.

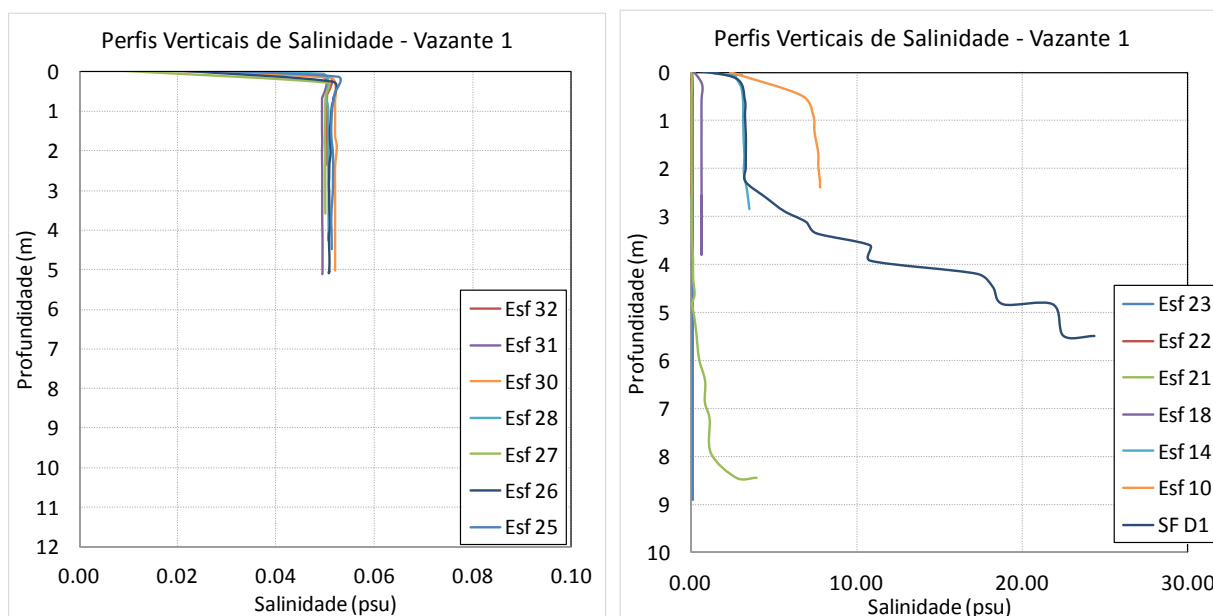


Figura 15 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 11 - Vazante 1 - 06/11/2017. CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.1.3.2 - Enchente 1

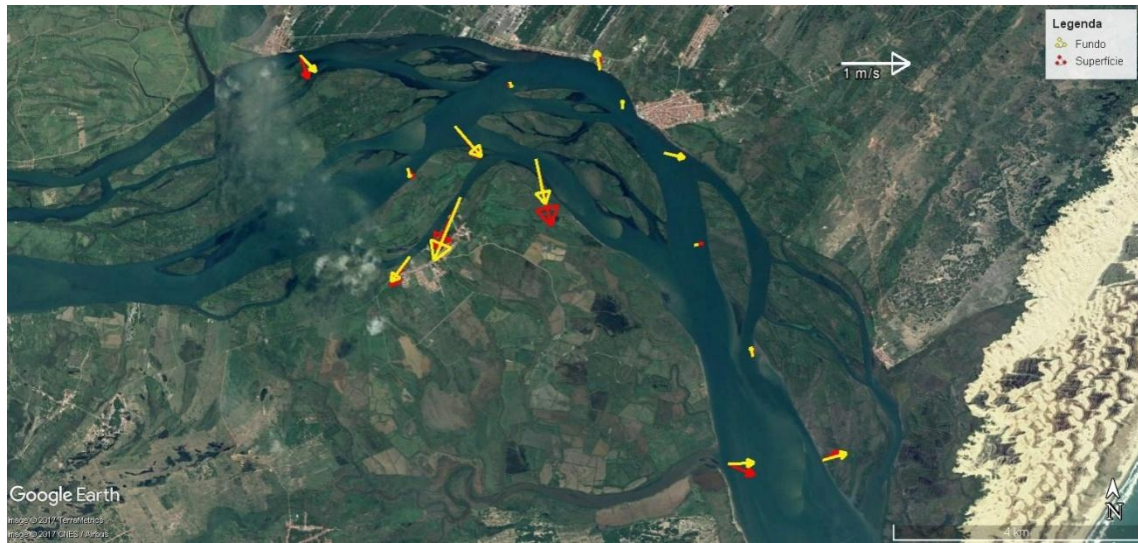


Figura 16 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 11 - Enchente 1 - 06/11/2017.

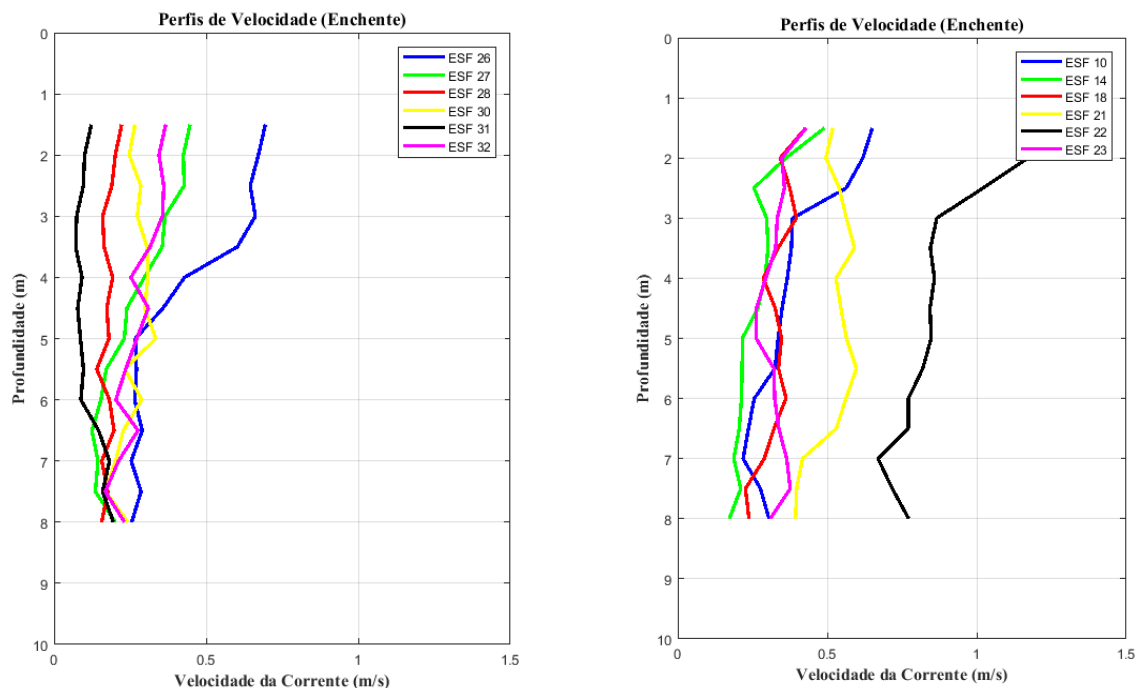


Figura 17 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 11 - Enchente 1 - 06/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de enchente 1, é apresentada na Figura 18.

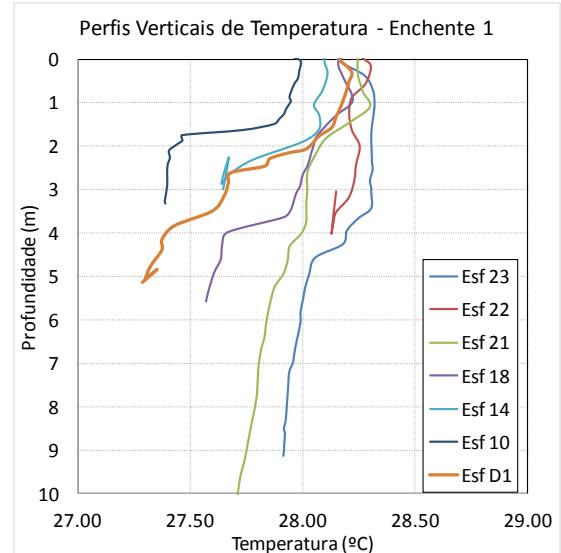
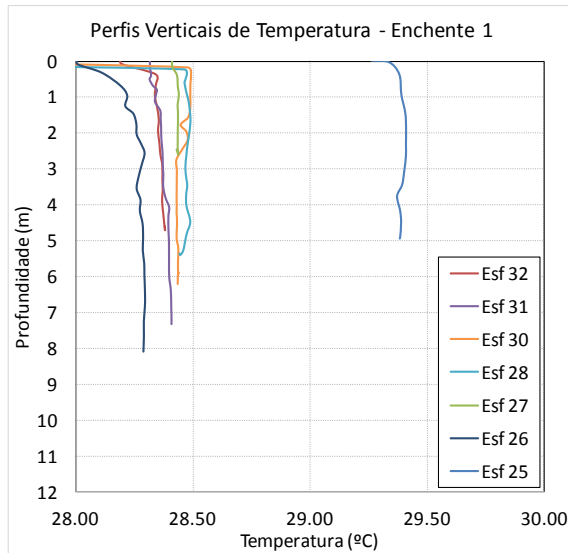


Figura 18 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 11 - Enchente 1 - 06/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de enchente 1, é apresentada na Figura 19.

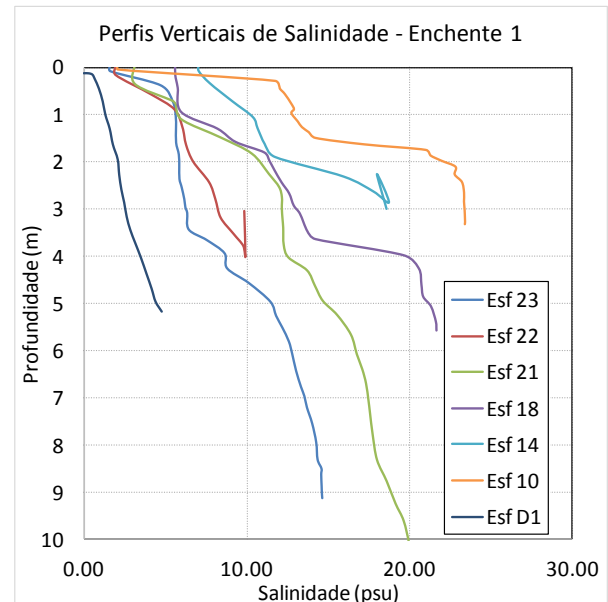
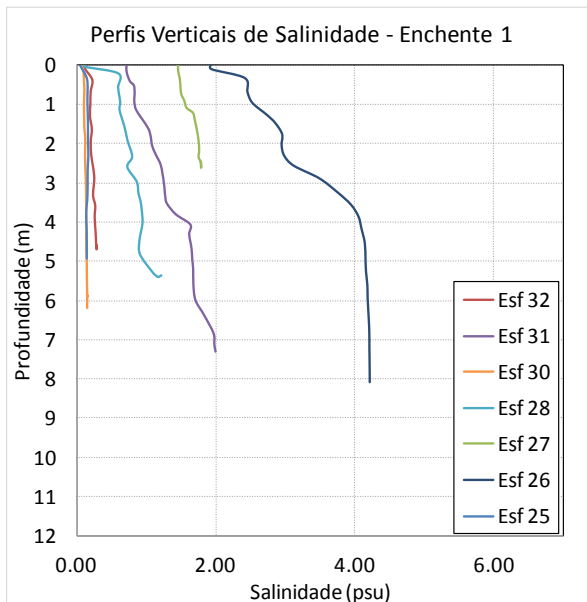


Figura 19 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 7 - Enchente 1 - 06/11/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.1.3.3 - Vazante 2

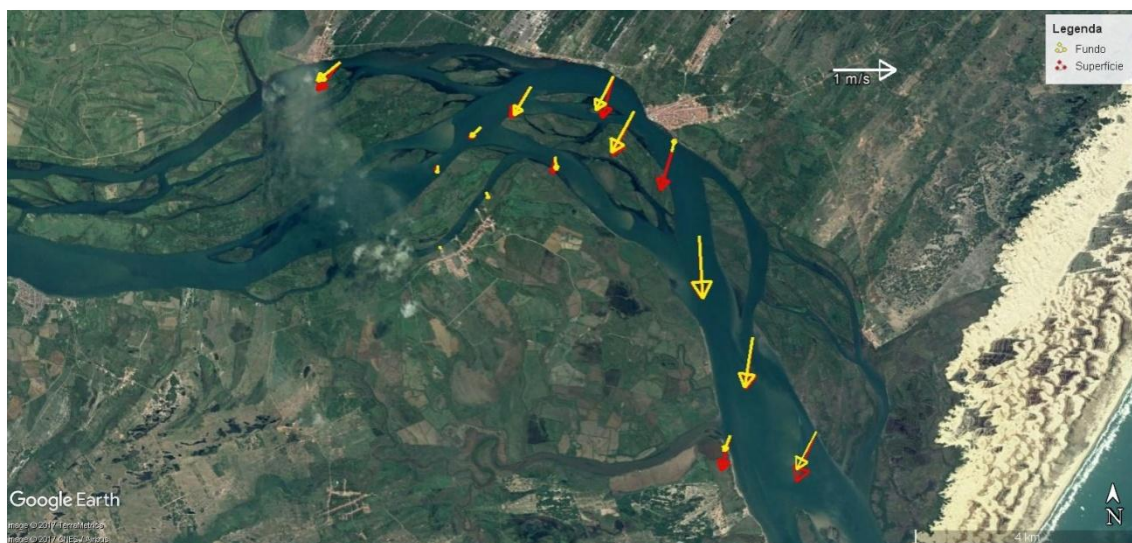


Figura 20 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 11 - Vazante 2 - 07/11/2017.

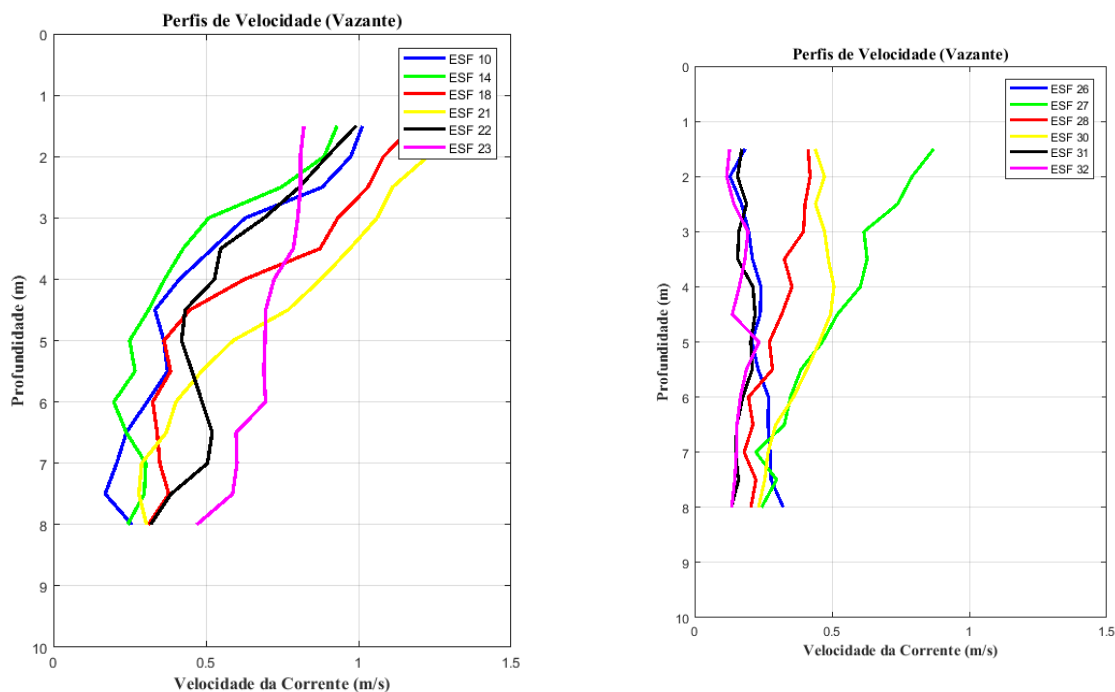


Figura 21 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante. Campanha 11 - Vazante 2 - 07/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 22.

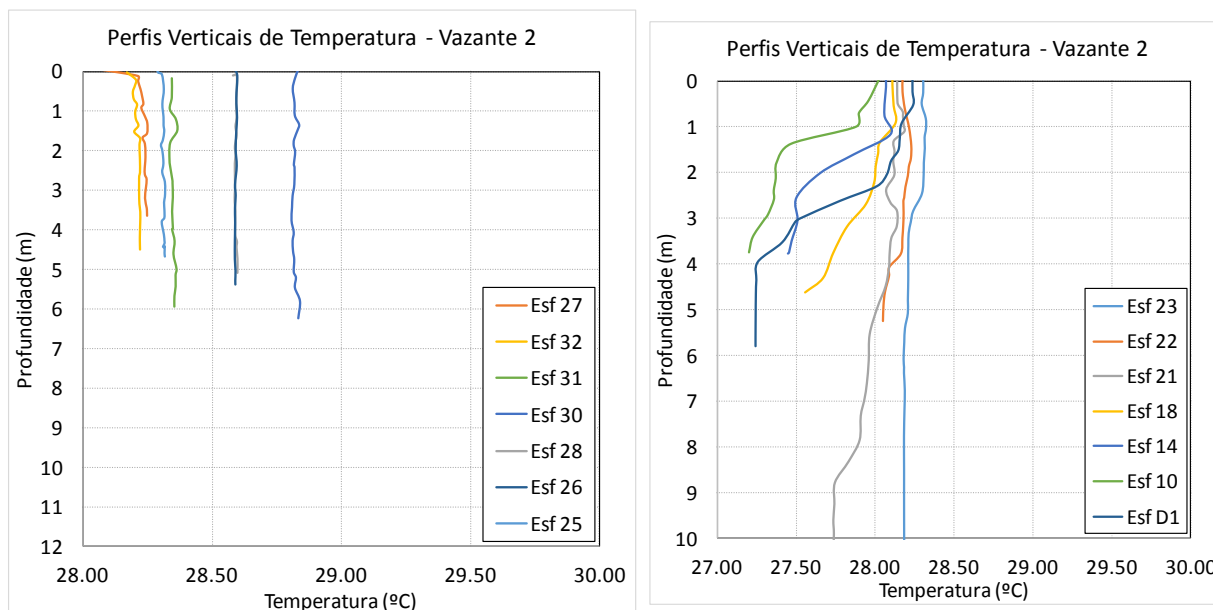


Figura 22 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 11 - Vazante 2 - 07/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 23.

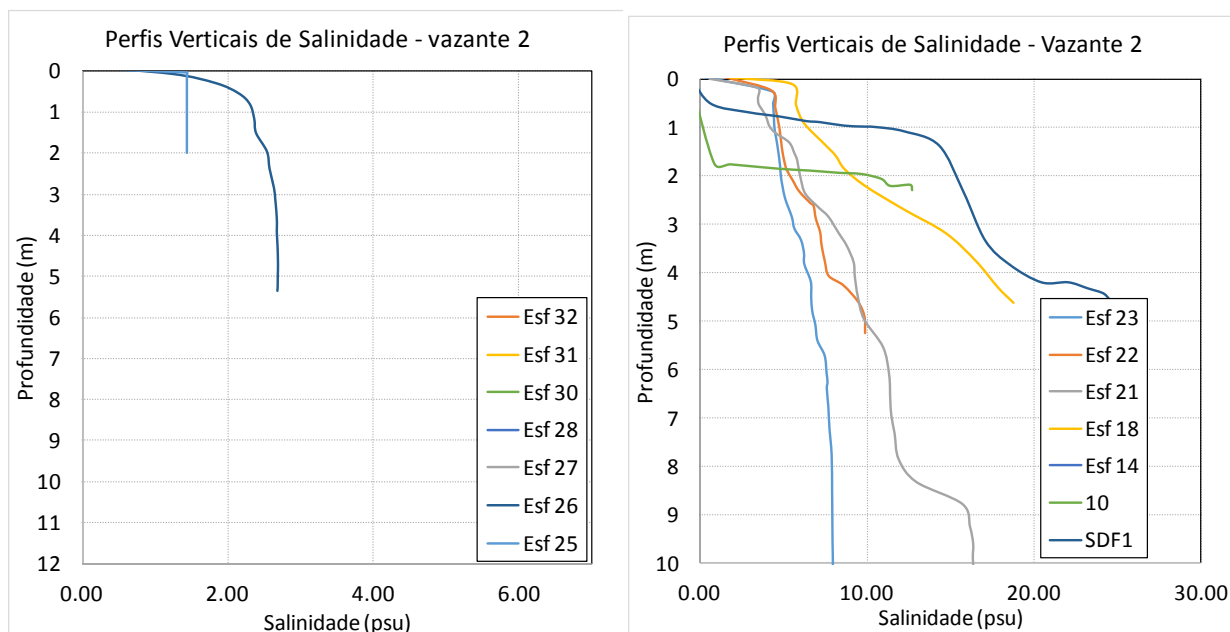


Figura 23 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 11 - Vazante 2 - 07/11/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.1.3.4 - Enchente 2

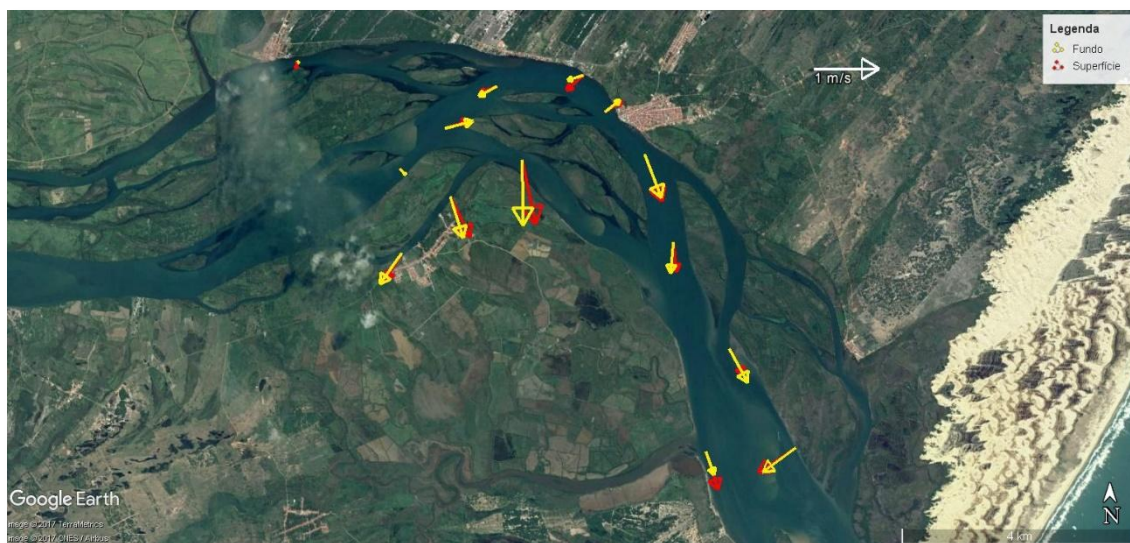


Figura 24 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 11 - Enchente 2 - 07/11/2017.

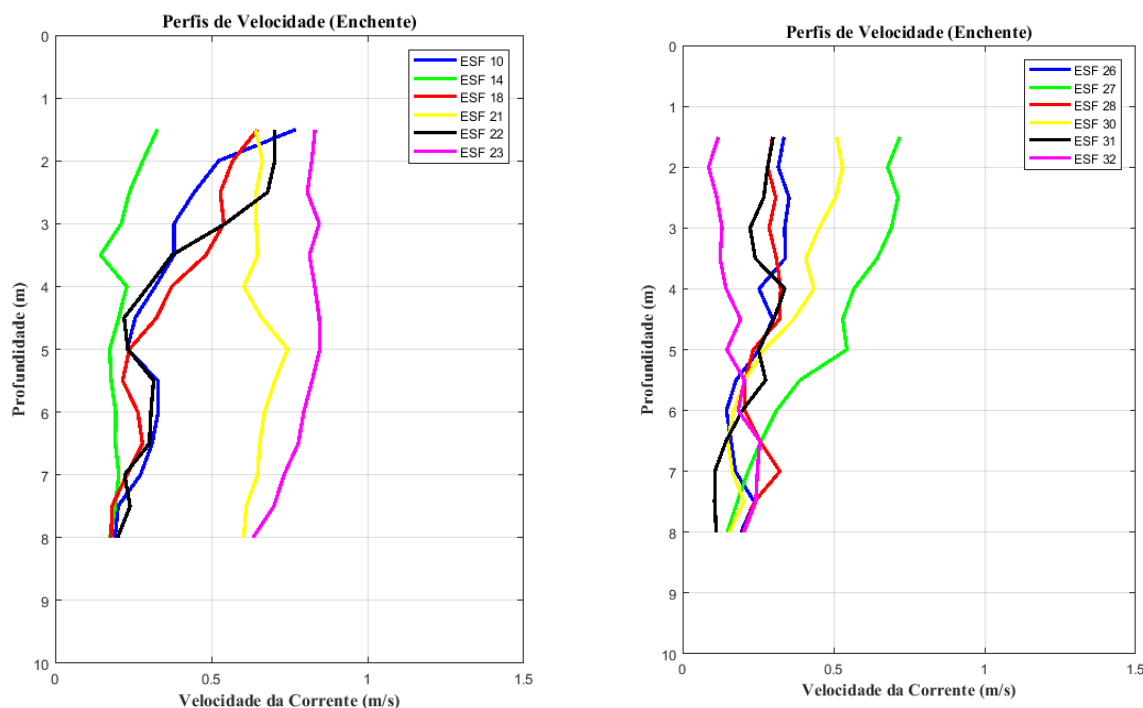


Figura 25 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 11 - Enchente 2 - 07/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de enchente 2, é apresentada na Figura 26.

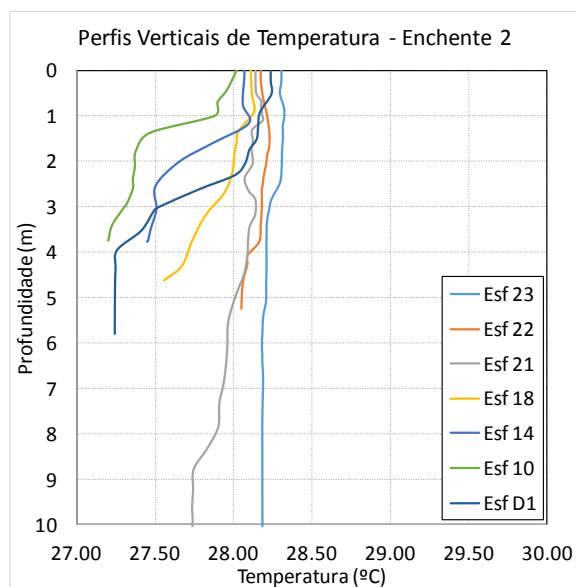
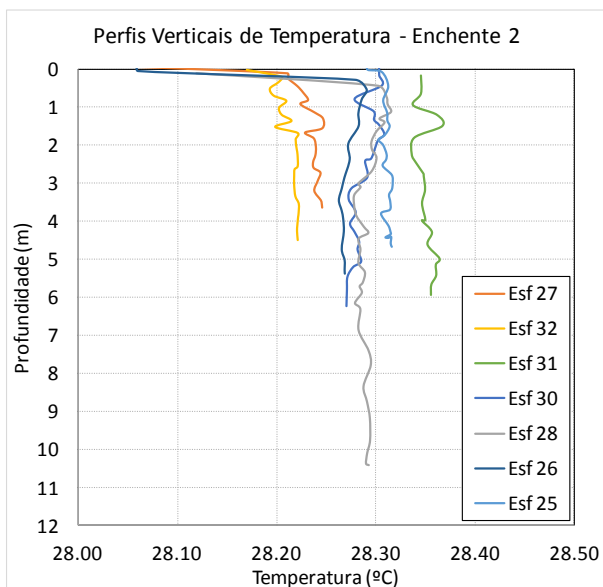


Figura 26 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 11 - Enchente 2 - 07/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 11, medição longitudinal, período de enchente 2, é apresentada na Figura 27.

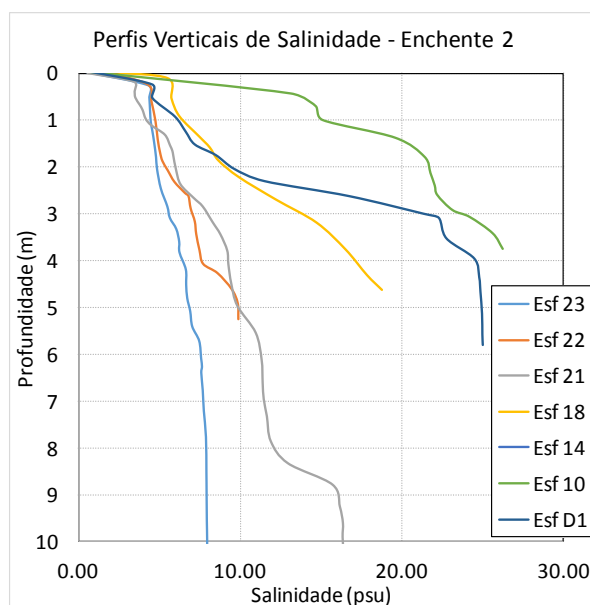
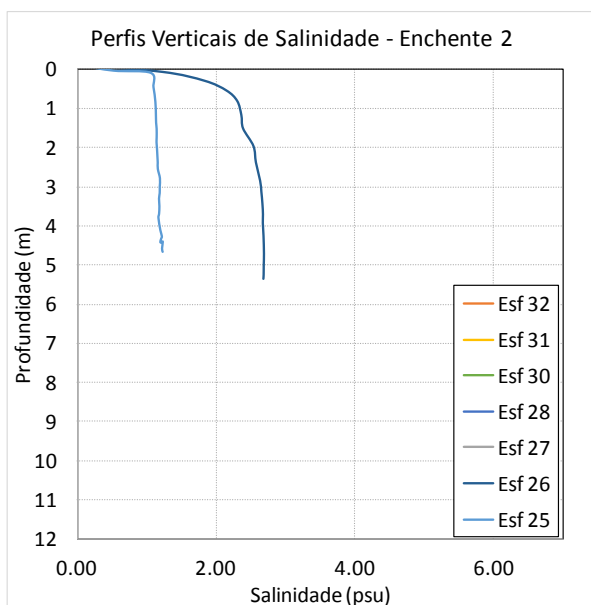


Figura 27 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 7 - Enchente 2 - 07/11/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.2 - CAMPANHA 12

A campanha 12 ocorreu com o mesmo rigor da campanha 11 e método análogo. Esta campanha também foi desenvolvida ao longo do período de maré de sizígia, com intuito de registrar as maiores amplitudes de marés.

Tal como na primeira campanha, os pontos fixos equivalem a duas estações amostrais onde as variáveis velocidade e direção de corrente, salinidade e temperatura são monitoradas em intervalos horários ao longo de um ciclo completo de maré e em camadas da coluna de água de no máximo 1m.

A Figura 28 e a Figura 32 apresentam os diagramas de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo. Nestas, fica evidente que as maiores velocidades, para ambos os pontos, ocorrem no instante de meia maré e com velocidades máximas próximas a 1m/s, tal como na primeira campanha.

Já a Figura 29 e a Figura 33, apresentam os perfis de velocidade ao longo da coluna d'água para o intervalo horário, ao longo de todo o ciclo de maré, respectivamente para o ponto ESF 32 e ESF 23. Os Perfis horários de velocidades de corrente sugerem uma atenuação das velocidades de corrente ao longo da coluna d'água. As diferentes direções entre o campo vetoriais de corrente de superfície, meio e fundo podem ter relação direta com o campo de velocidade de ventos. A Figura 30, Figura 31, Figura 34 e Figura 35 apresentam os perfis de salinidade e temperaturas, ao longo do ciclo de maré para os dois pontos fixos. Nos dias os quais as medições ocorreram foram registrados incrementos na salinidade para o ponto ESF23 de até 10 psu, valor relativamente alto, diferentemente do observado na campanha anterior.

3.2.1 - Ponto Fixo 32

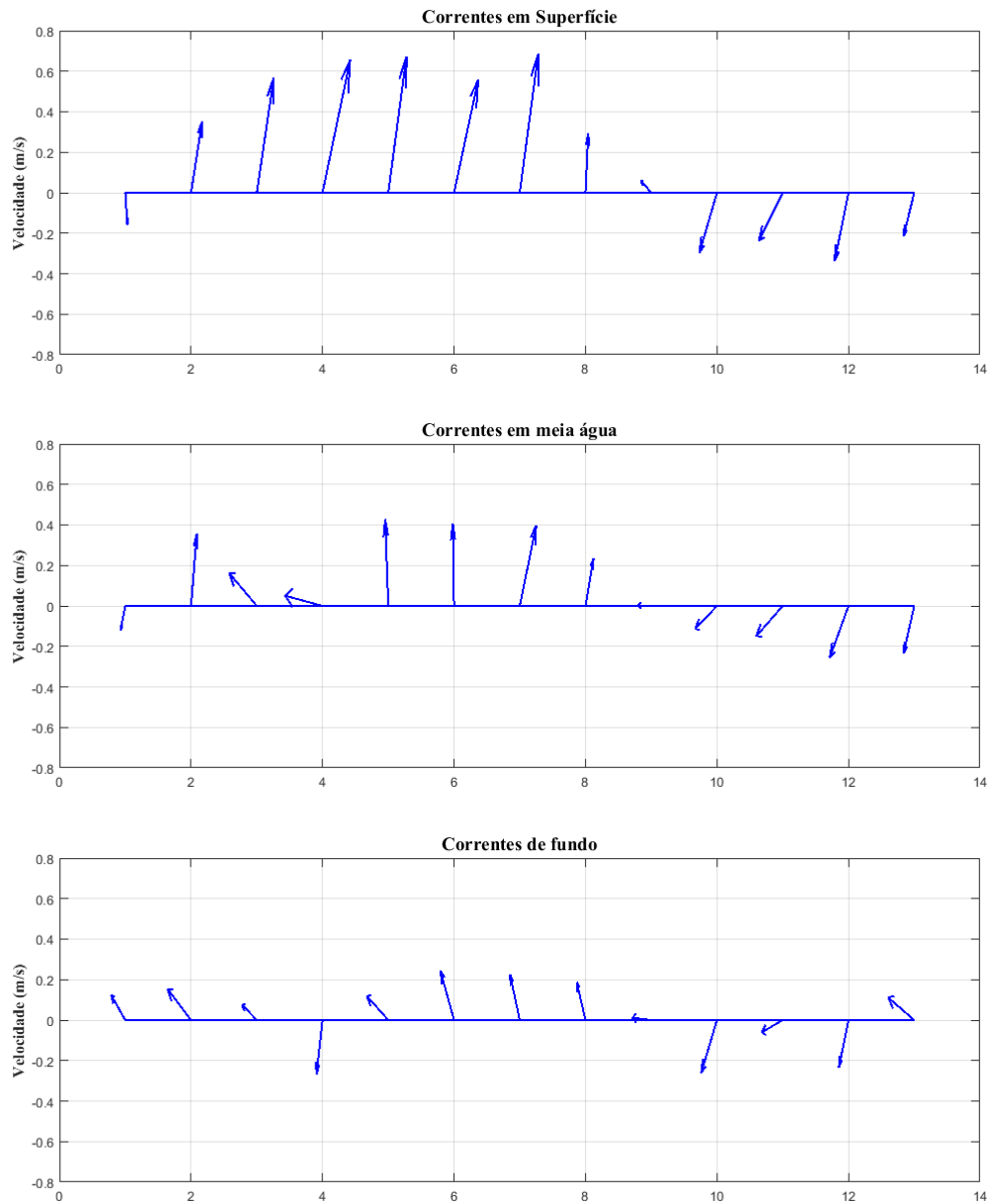


Figura 28 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 32. Campanha 12 - 21/09/2017.

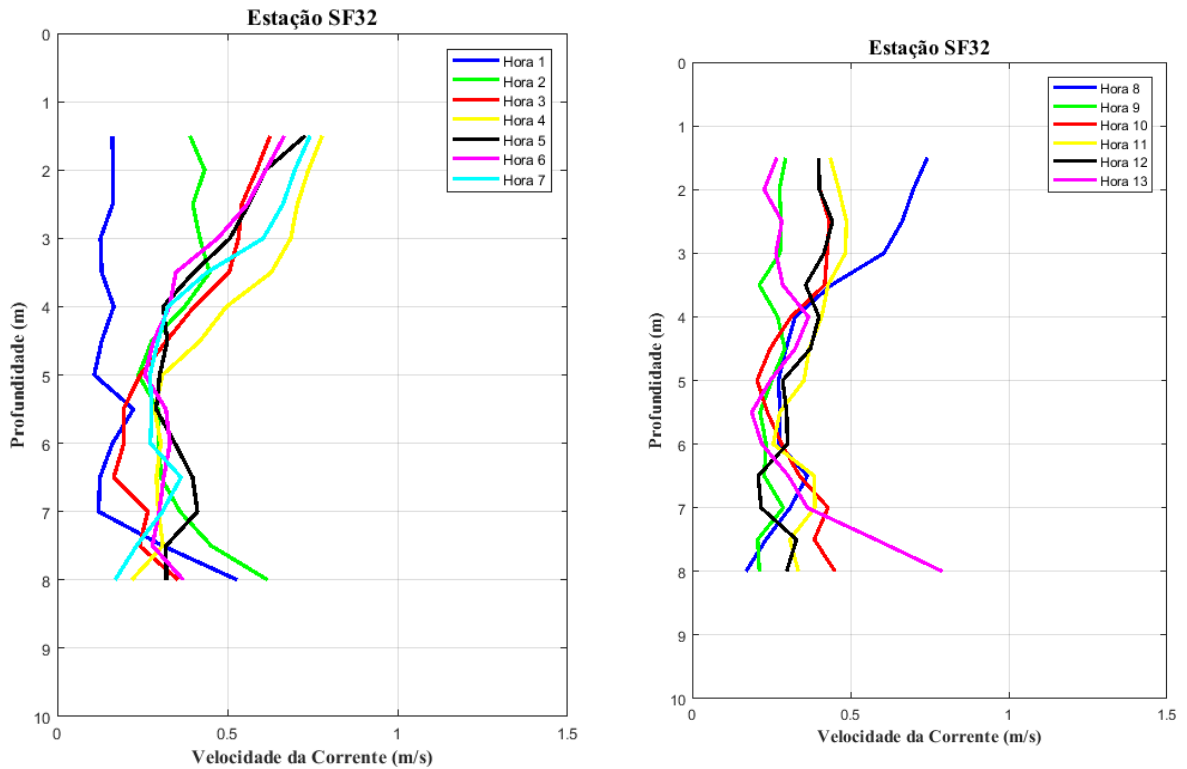


Figura 29 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 32. Campanha 12 - 21/09/2017.

A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 12, estação fixa ESF_32, é apresentada na Figura 30.

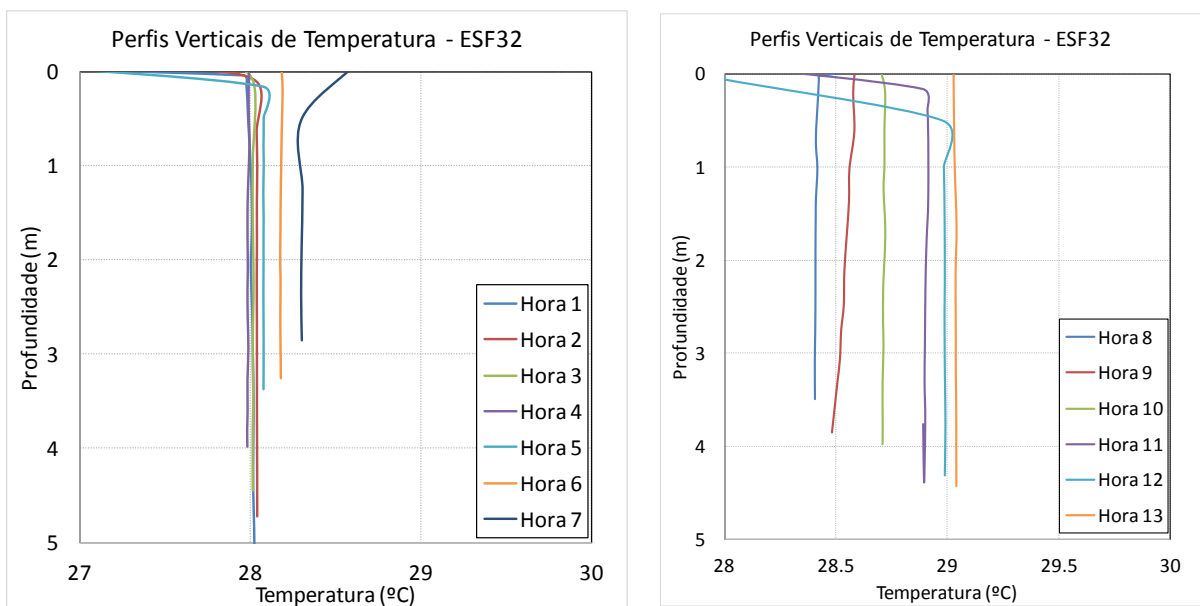


Figura 30 - Perfis verticais de temperatura para a estação fixa ESF_32. Campanha 2 - 13 horas - Campanha 12 - 21/09/2017.

A variação horária de salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 12, estação fixa ESF_32, é apresentada na Figura 31.

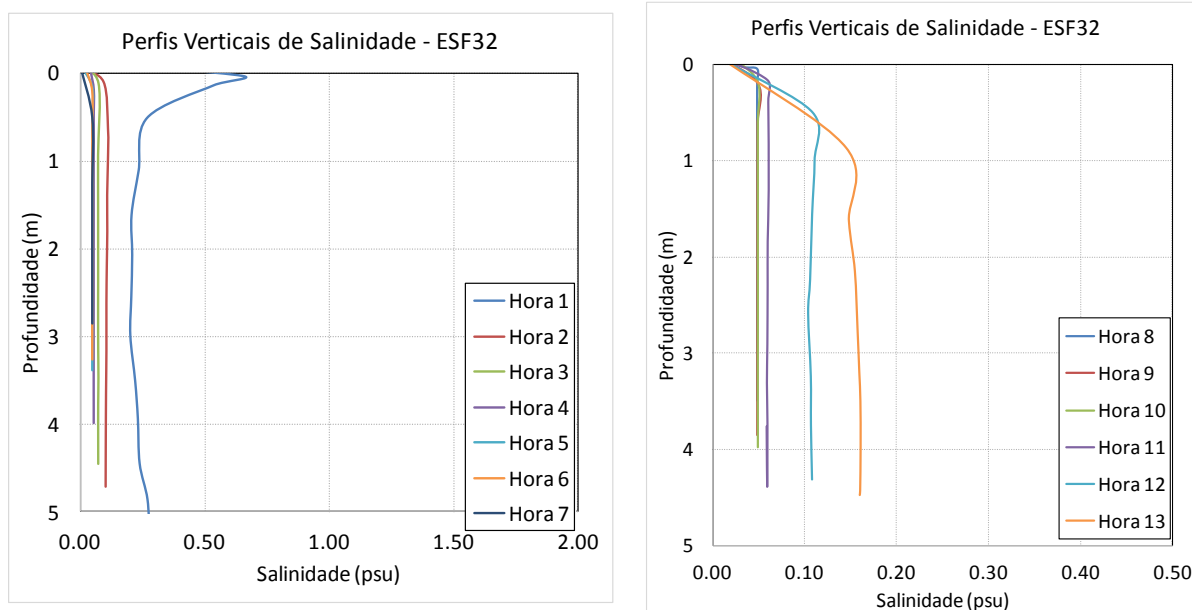


Figura 31 - Perfis verticais de salinidade na estação fixa ESF_32. Campanha 12 - 21/09/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.2.2 - Ponto Fixo 23

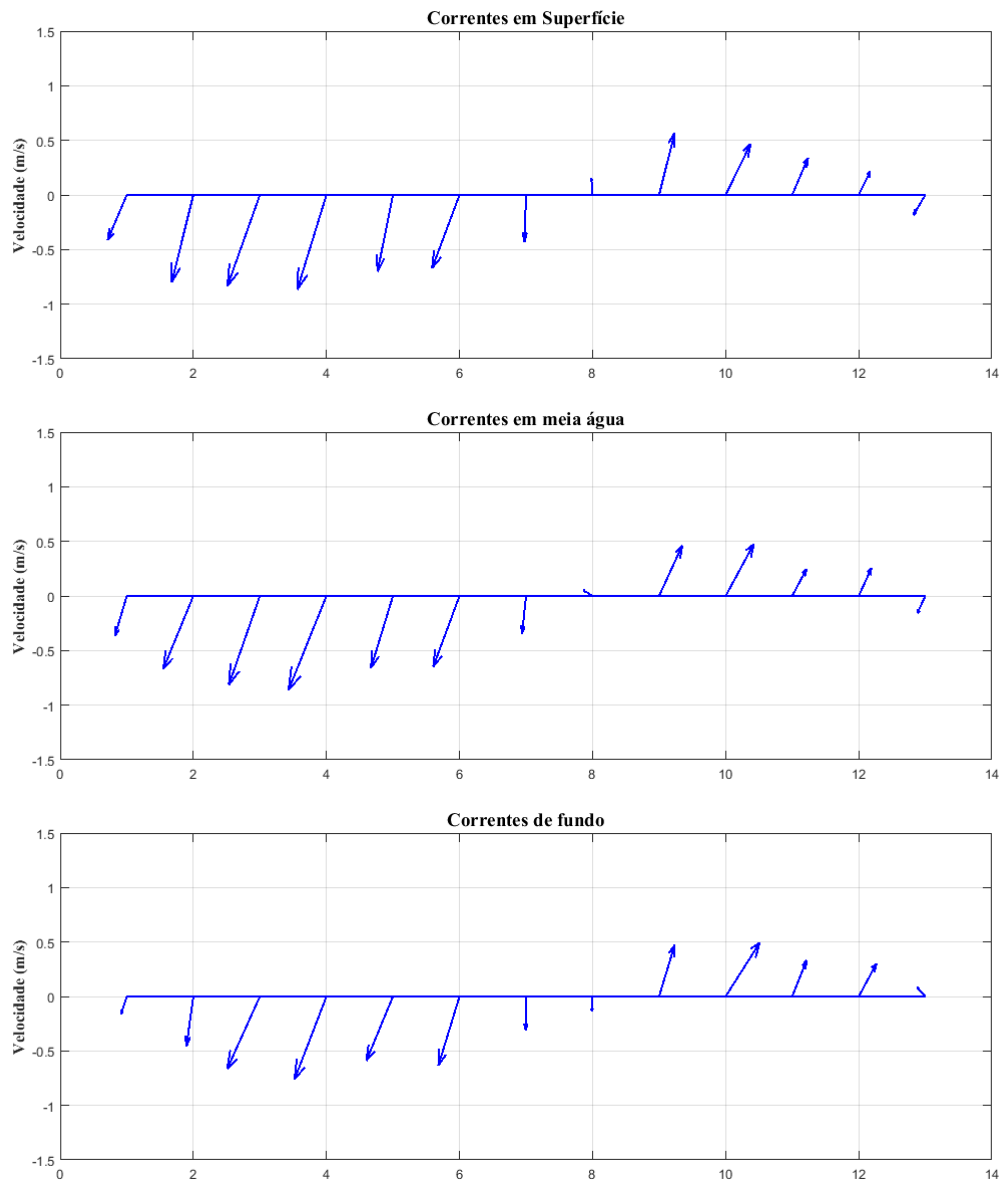


Figura 32 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 23. Campanha 12 - 20/09/2017.

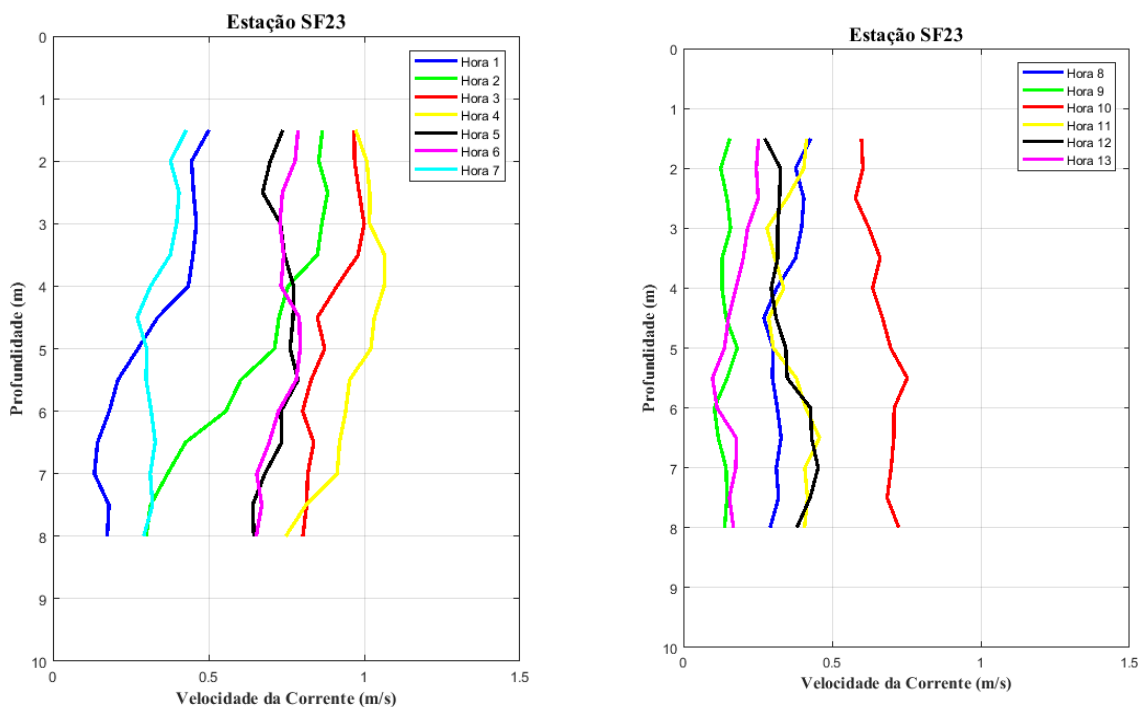


Figura 33 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 23. Campanha 12 - 20/09/2017.

A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 12, estação fixa ESF_23, é apresentada na Figura 34.

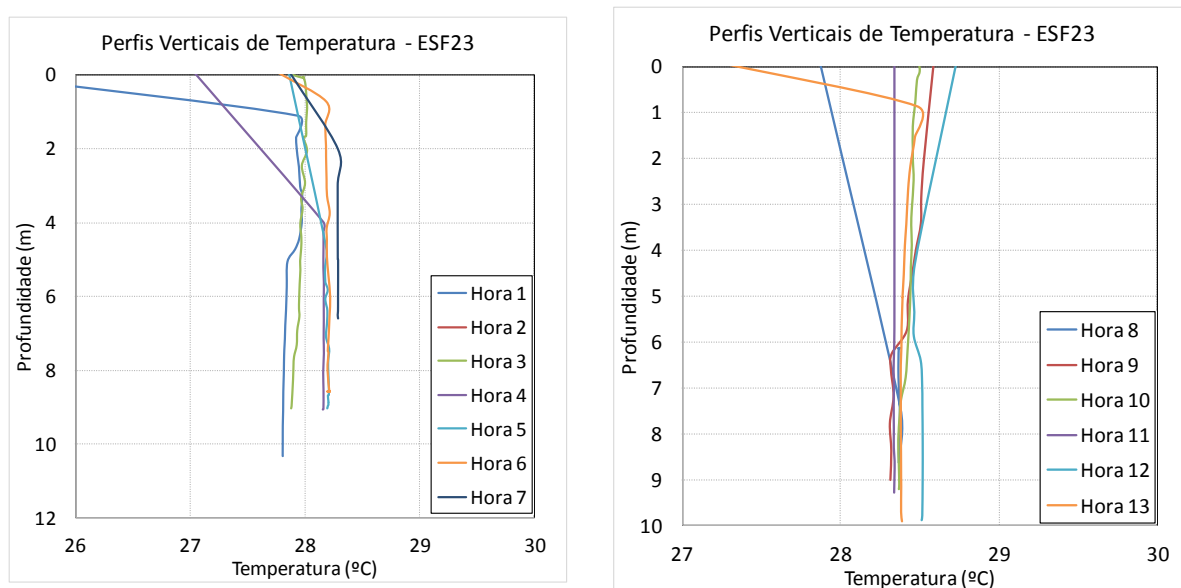


Figura 34 - Perfis verticais de temperatura para a estação fixa na estação fixa ESF 23. Campanha 12 - 20/09/2017.

A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 12, estação fixa ESF_23, é apresentada na Figura 35.

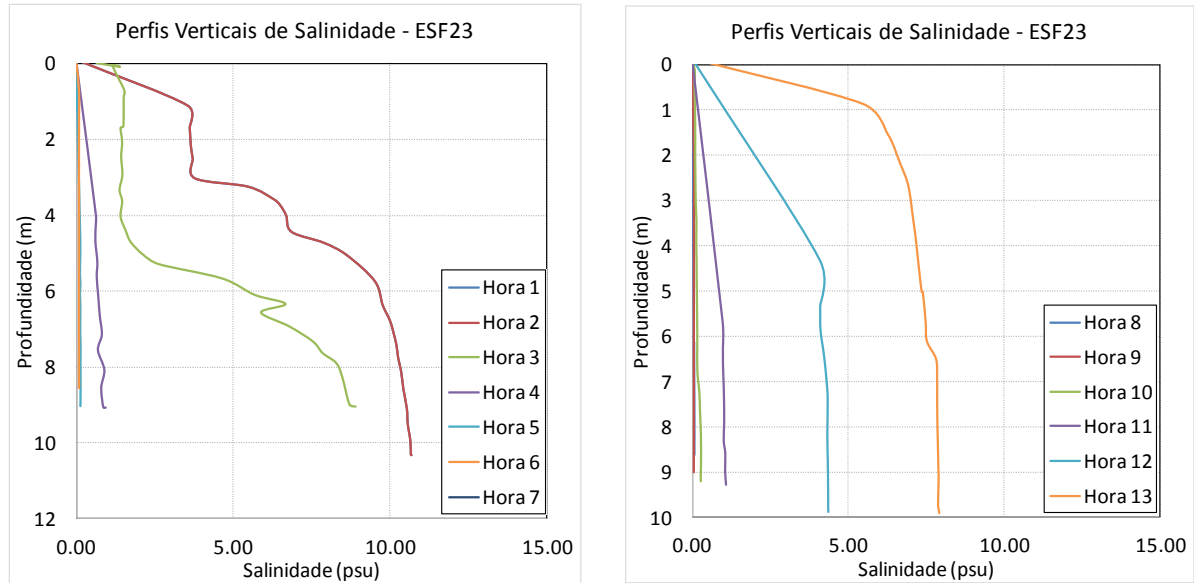


Figura 35 - Perfis verticais de salinidade na estação fixa ESF 23 Campanha 12 - 20/09/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

3.2.3 - Medição Longitudinal

Também na oitava campanha foram executadas as medições longitudinais, com os mesmos objetivos de registrar as variações espaço temporais das velocidades e direções de corrente, perfis de salinidade e temperatura. Estas medições ocorreram ao longo de dois dias, nos períodos de marés de vazante e enchente. A Figura 36 e a Figura 40 representam a média vertical para cada ponto amostral, na superfície e fundo. Diferente da primeira campanha o vetor resultante, na maioria dos pontos, está orientado no sentido da enchente do estuário, o que pode ser um registro das altas intensidades das velocidades de corrente de enchente para este período.

Na Figura 41, Figura 42 e Figura 43 constam, respectivamente, os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de vazante, já na Figura 45, Figura 46 e Figura 47, estão apresentados os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de enchente. No primeiro dia da segunda campanha quase todos os pontos apresentaram concentrações de sais, com máximo de 20 psu para o ESFD01, sendo este aumento significativo quando comparado a primeira campanha do mês. No conjunto composto pela Figura 44 até a Figura 51 são apresentados os mesmos registros apresentados no primeiro dia de campanha, com destaque ao perfil do ponto de monitoramento ESFD01 que registrou o valor de 20 psu.

3.2.3.1 - Vazante 1

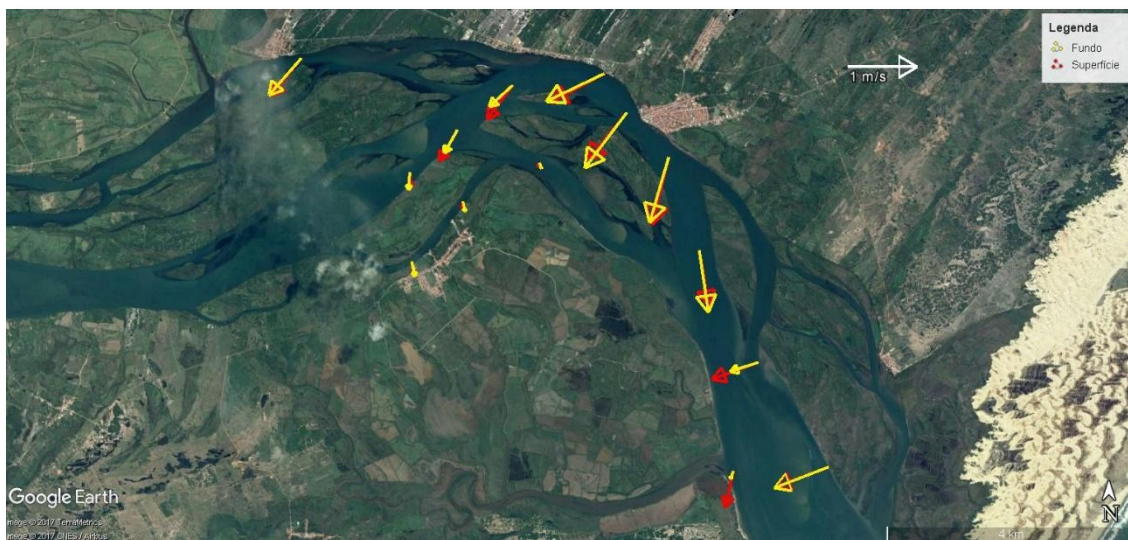


Figura 36 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 12 - Vazante 1 - 20/11/2017.

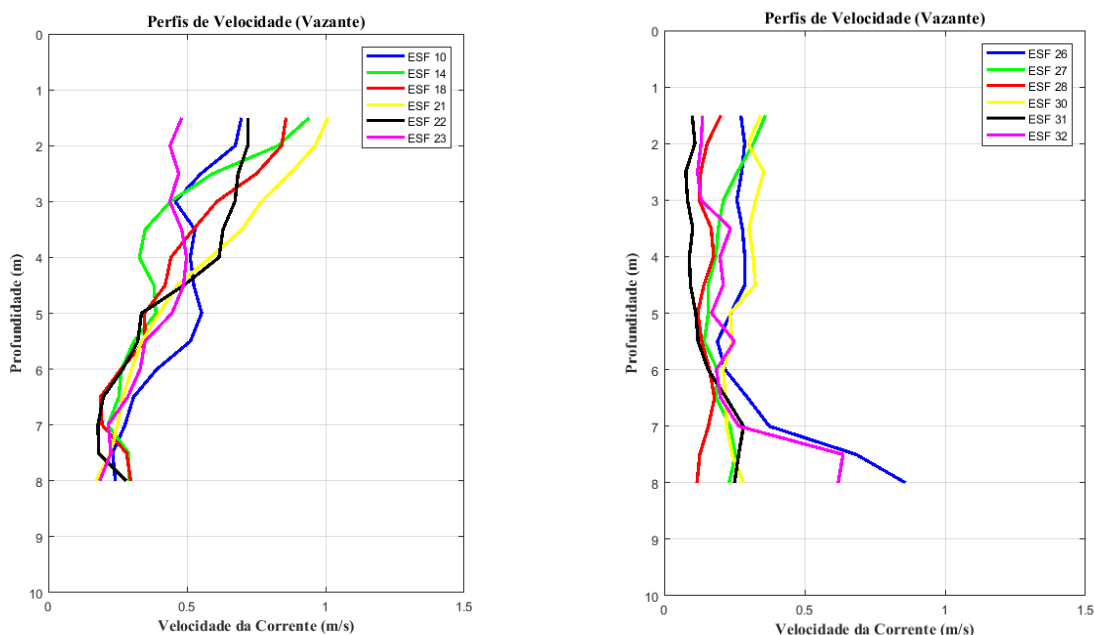


Figura 37 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante Campanha 12 - Vazante 1 - 20/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição longitudinal, período de vazante 1, é apresentada na Figura 38.

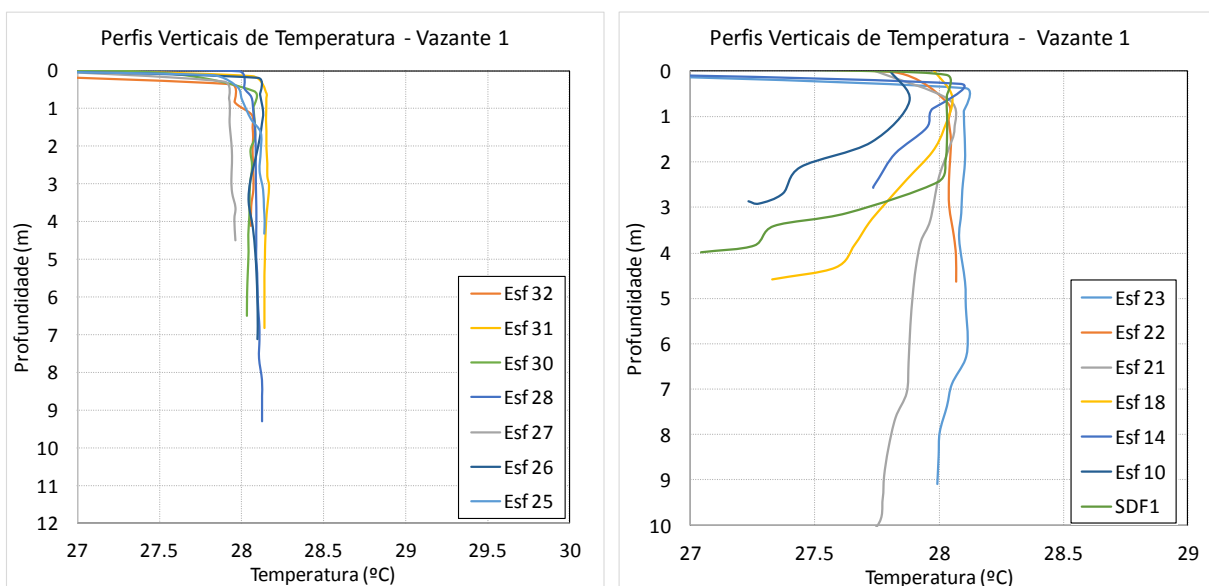


Figura 38 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 12 - Vazante 1 - 20/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição longitudinal, período de vazante 1, é apresentada na Figura 39.

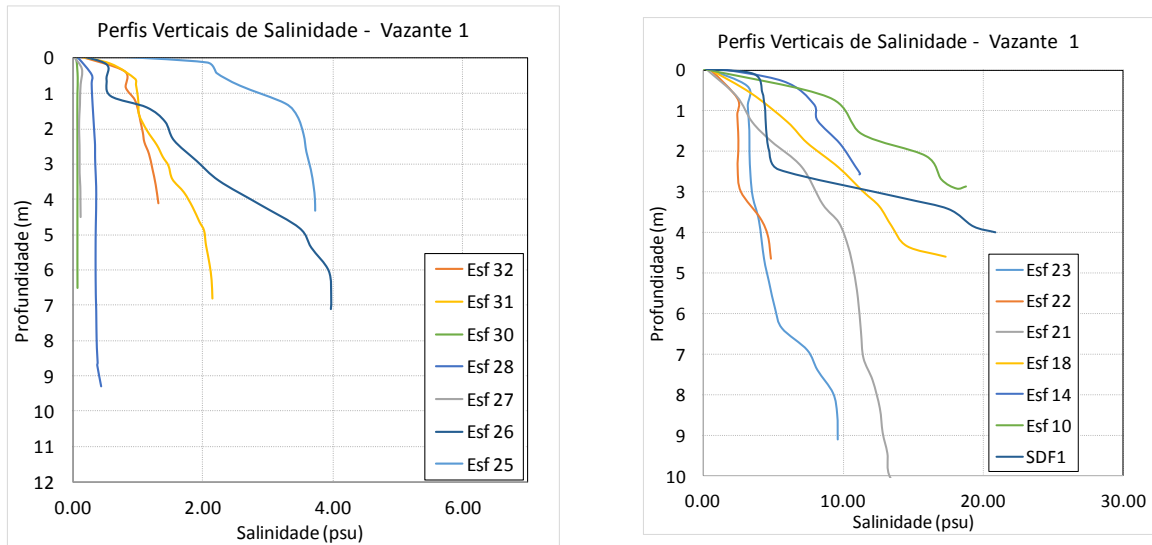


Figura 39 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 12 - Vazante 1 - 20/11/2017.

3.2.3.2 - Enchente 1

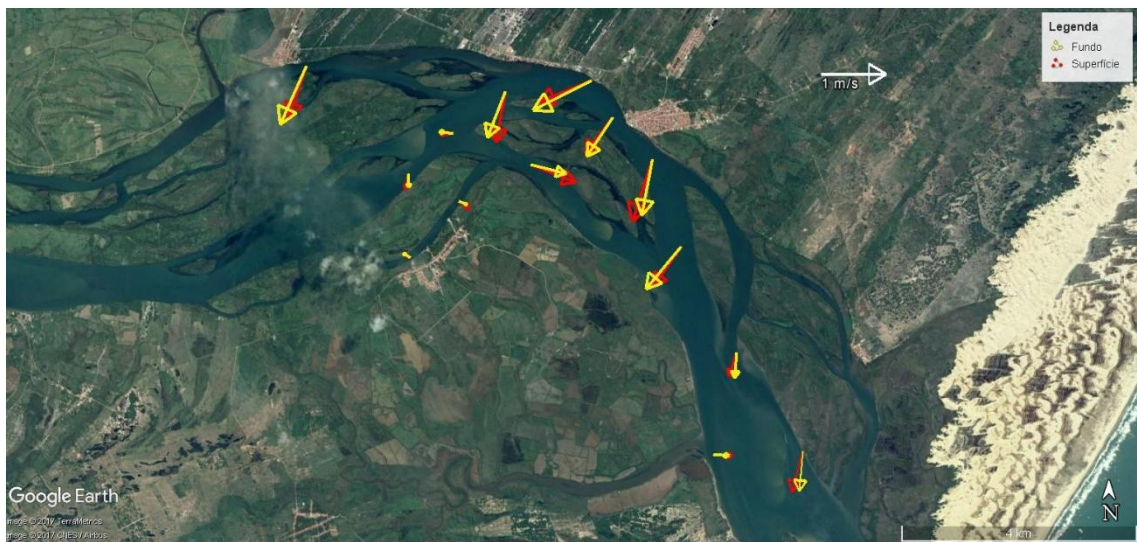


Figura 40 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 12 - Enchente 1 - 20/11/2017.

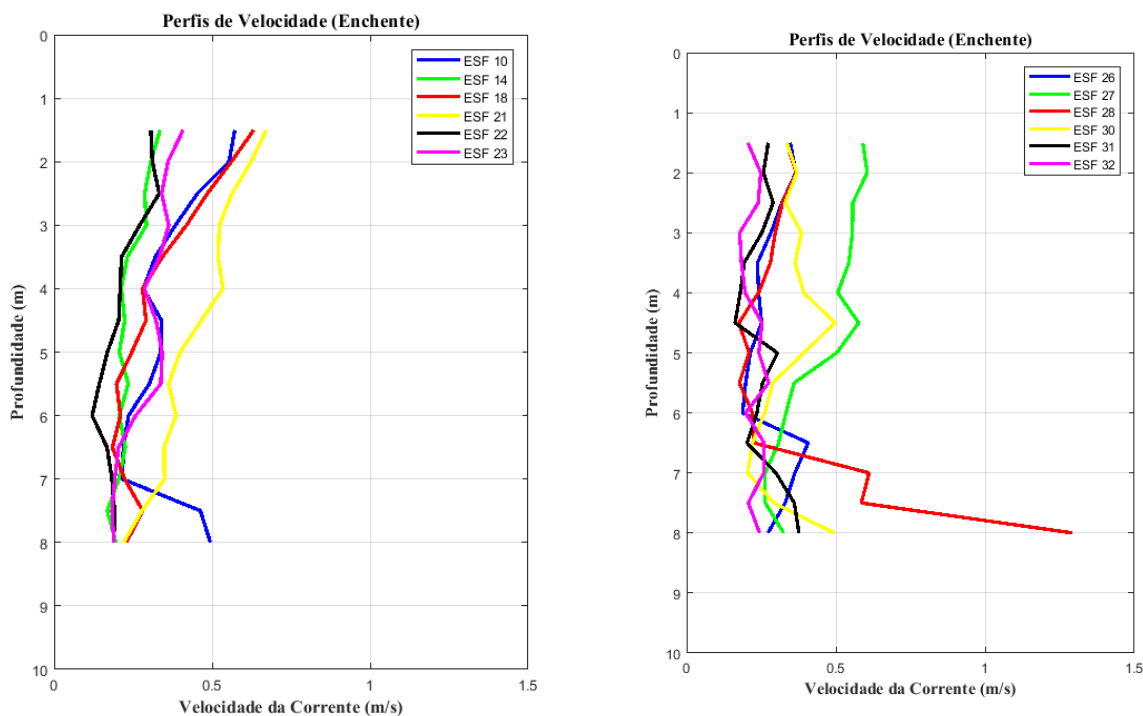


Figura 41 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 12 - Enchente 1 - 20/11/2017.

A variação da temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 42.

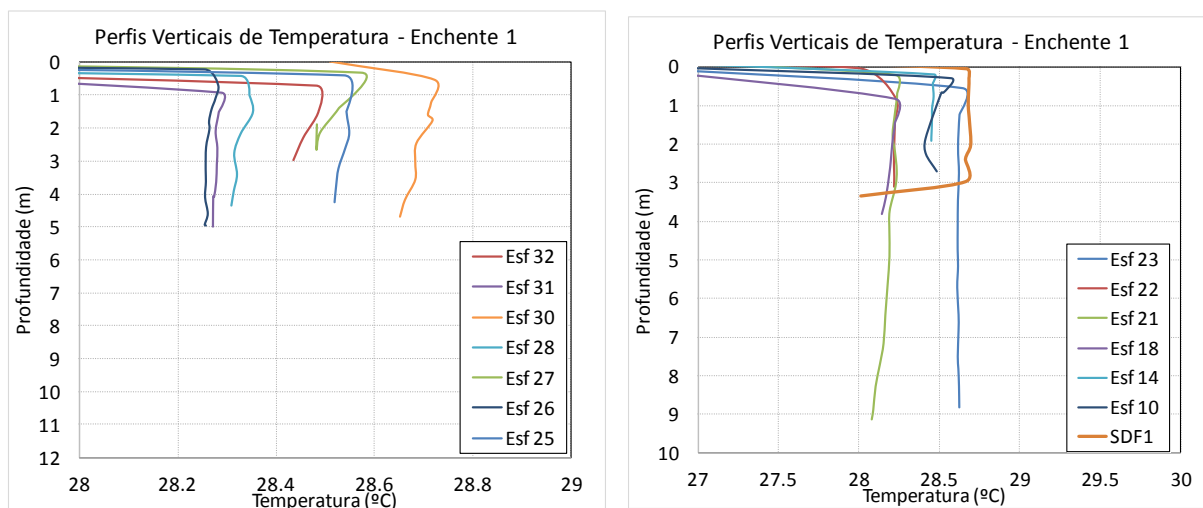


Figura 42 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 12 - Enchente 1 - 20/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 6, medição longitudinal, período de enchente 1, é apresentada na Figura 43.

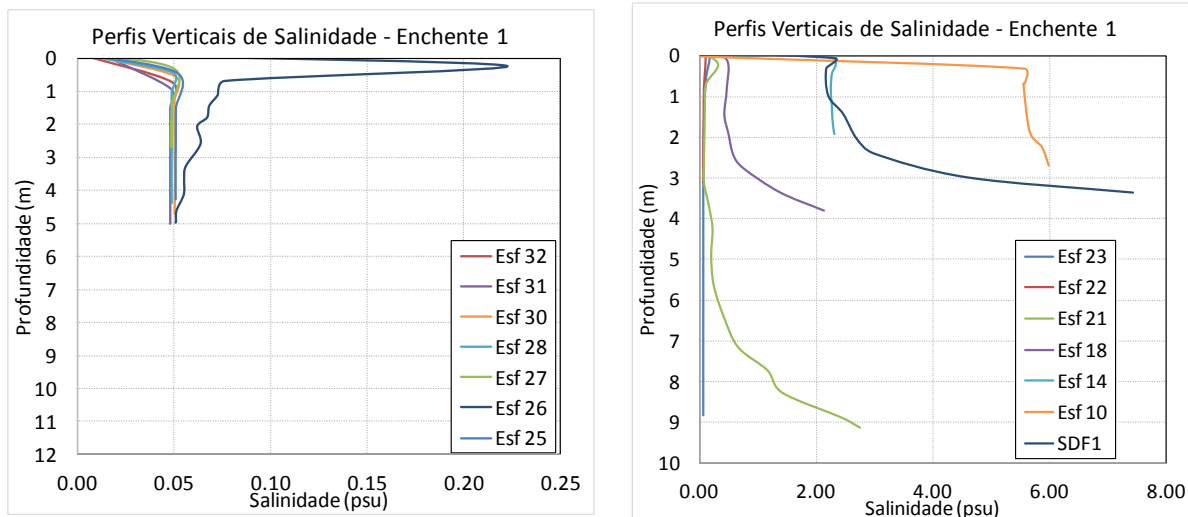


Figura 43 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 12 - Enchente 1 - 20/11/2017.

3.2.3.3 - Vazante 2

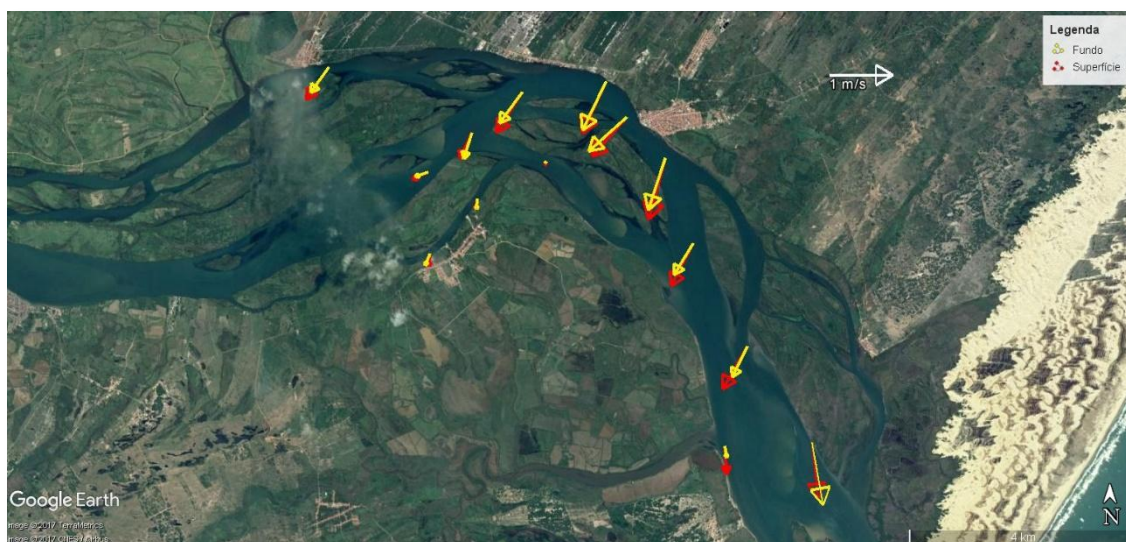


Figura 44 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 12 - Vazante 2 - 21/11/2017.

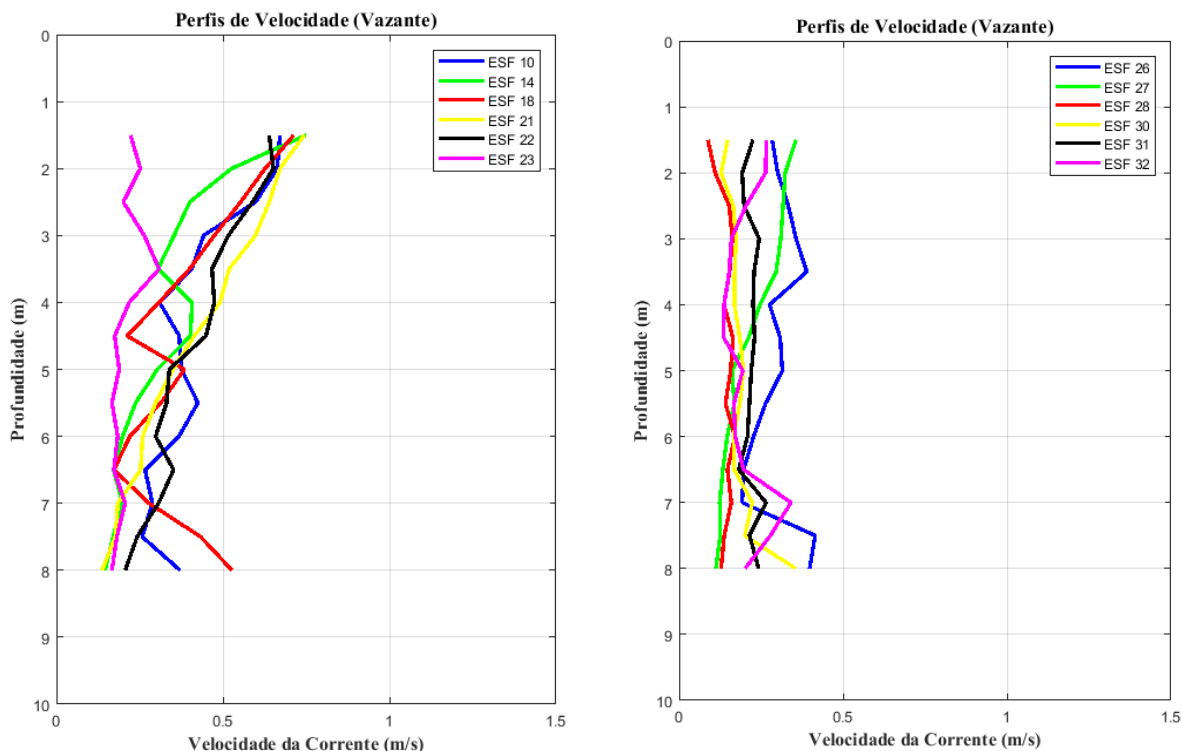


Figura 45 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante. Campanha 6 - Vazante 2 - 11/08/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 6, medição longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 46.

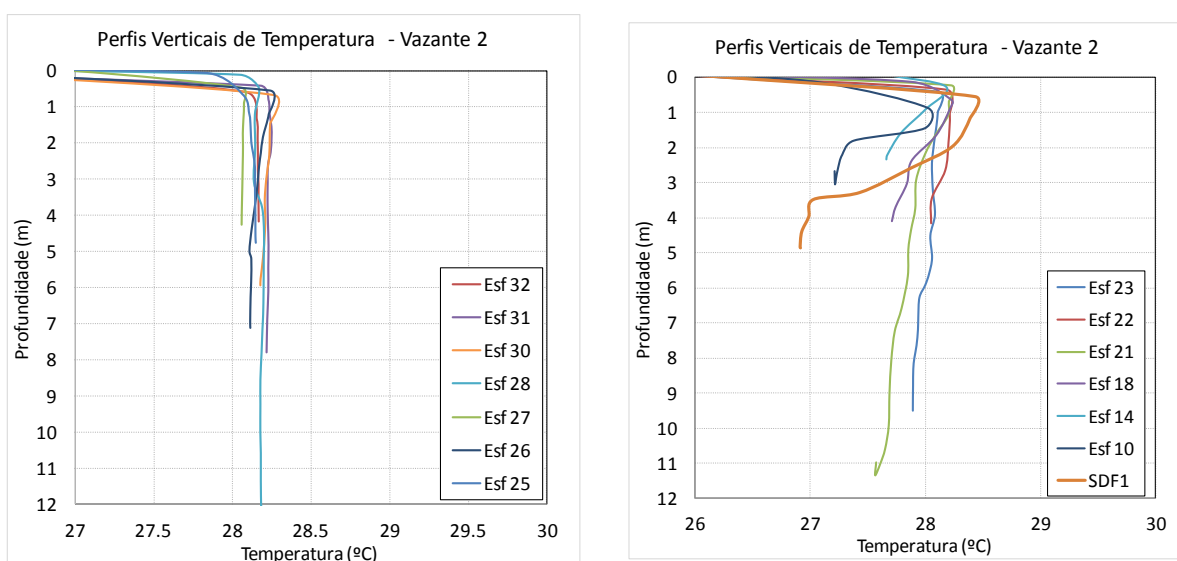


Figura 46 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 12 - Vazante 2 - 21/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição

longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 47.

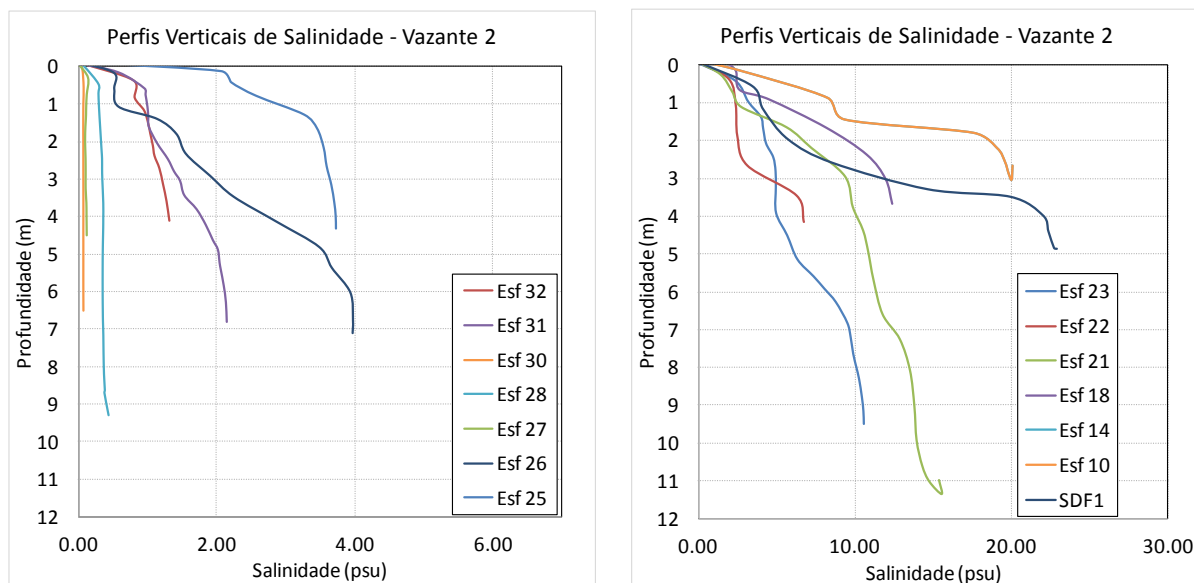


Figura 47 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 12 - Vazante 2 - 21/11/2017.

3.2.3.4 - Enchente 2

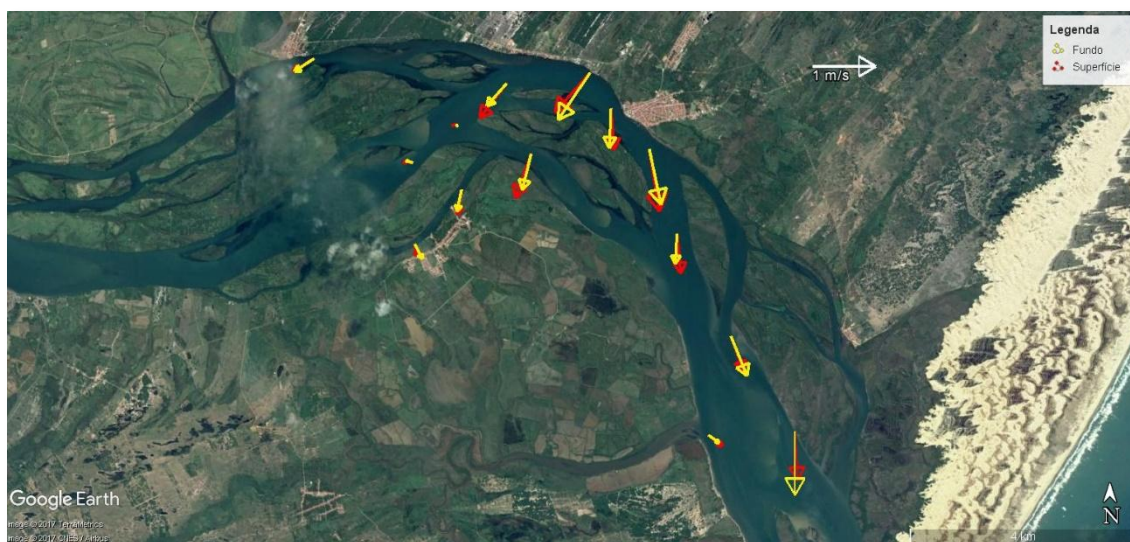


Figura 48 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 12 - Enchente 2 - 21/11/2017.

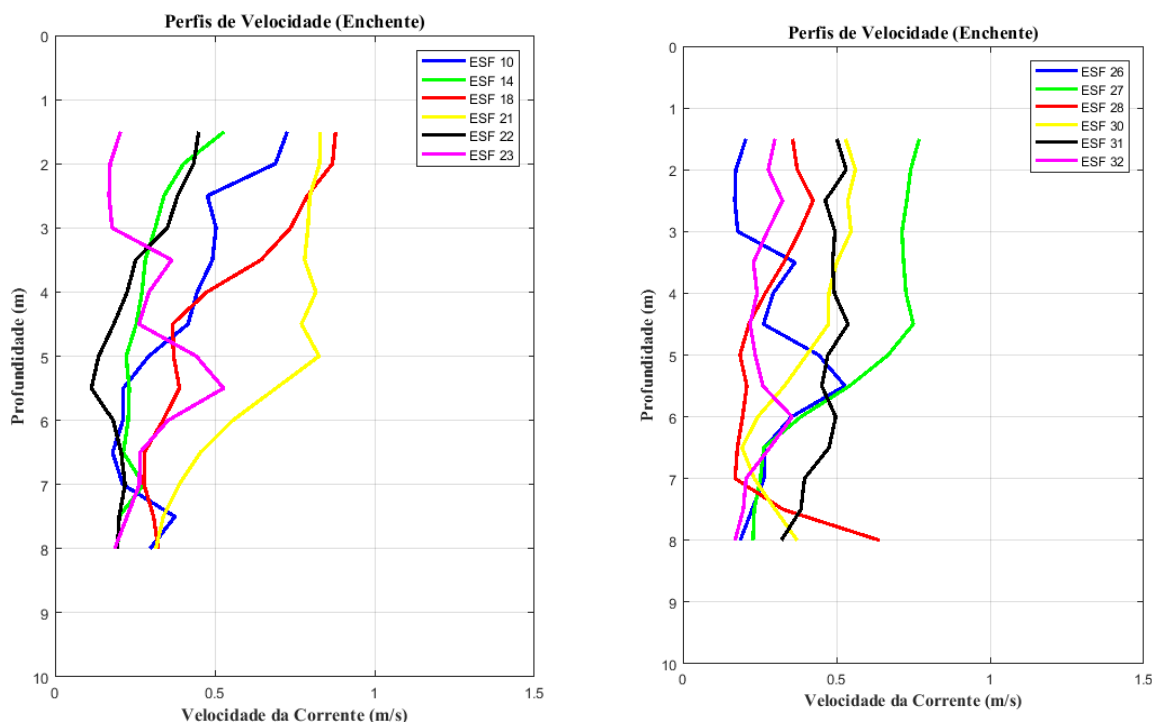


Figura 49 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 12 - Enchente 2 - 21/11/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição longitudinal, período de enchente 2, é apresentada na Figura 50.

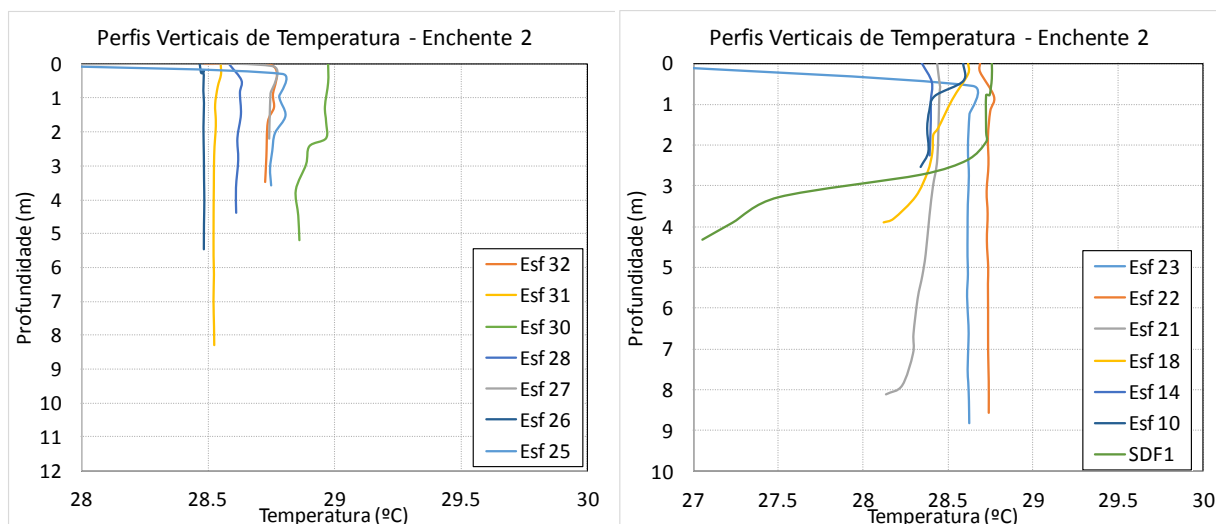


Figura 50 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 12 - Enchente 2 - 21/11/2017.

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 12, medição longitudinal, período de enchente 2, é apresentada na Figura 51.

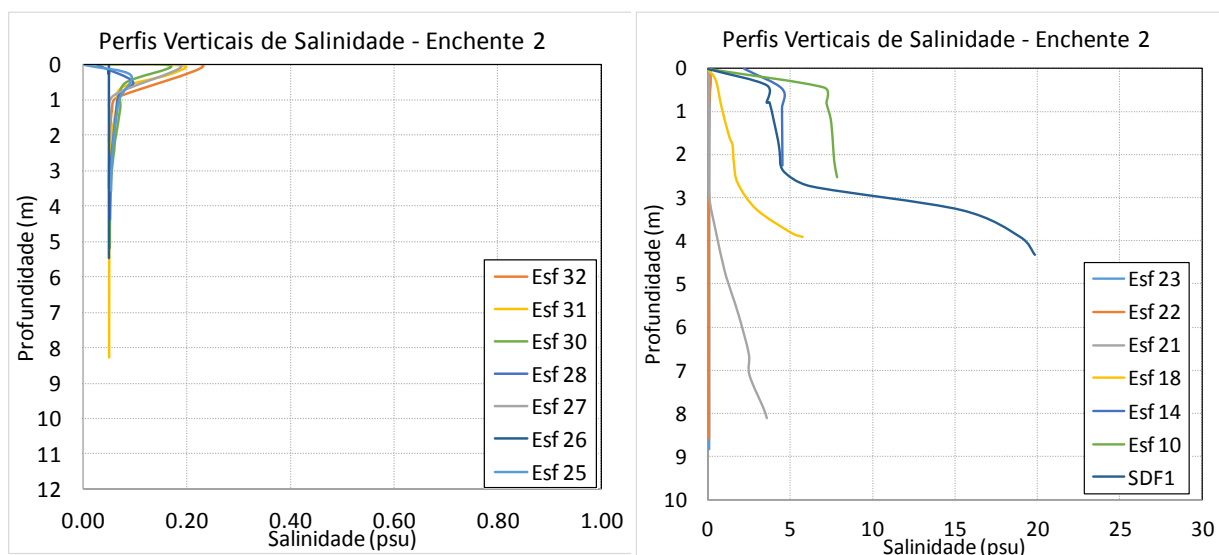


Figura 51 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 12 - Enchente 2 - 21/11/2017.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relatório em tela contém os resultados de sexto mês de campanhas realizadas para o monitoramento e avaliação do comportamento espaço-temporal da cunha salina do estuário do Rio São Francisco. Os equipamentos, bem como o método empregado, permanecem os mesmos do primeiro período e estão em conformidade com as melhores práticas para a avaliação de ambientes estuarinos onde ocorre a formação de cunha salina.

Durante a décima primeira campanha realizada entre os dias 04/11/2017 e 07/11/2017 e a décima segunda campanha realizada entre os dias de 18/11/2017 a 21/11/2017,

O comportamento hidráulico do Rio São Francisco para o trecho estudado segue o padrão observado nas demais onde o campo de velocidade e direções de correntes são bem variados ao longo do tempo e do espaço e se adapta a conformação geométrica fluvial. Nos pontos fixos ESF23 e ESF32. Com a redução da vazão eventos de estratificação mais intensos foram observado.

O rio São Francisco ocupa a posição de 15^o no *ranking* de vazões médias entre os maiores rios do Brasil, desta forma seu estuário abrange grandes dimensões. Ambientes com estas características fluviais, geralmente, tem uma assimetria na elevação das marés e, conseqüentemente, no campo de velocidades. Este fenômeno é decorrente do amortecimento da onda de cheia e da deformação desta onda em função da geometria do estuário, tudo isso somado às descargas fluviais no período de vazante.

Neste quarto mês de campanha foram observadas alterações das concentrações de sais. Nas medições de maré vazante foram detectados altos níveis de salinidade, tanto para as medições no ponto fixo ESF23 quanto para as medições longitudinais, com ocorrências de salinidade na maioria dos pontos analisados. Como as medições do período de maré vazante se iniciam logo após o ponto máximo da maré enchente, os sais que ali foram trazidos do mar começam a retornar em direção à foz, sendo detectados pela sonda. No ponto máximo da maré vazante (e, conseqüentemente, o início da maré enchente, pois as máximas velocidade ocorrem na meia maré) temos valores de salinidade somente para os pontos ESF10 e ESFD1, que já eram esperados pela proximidade com a foz.

Quando comparado o ponto ESF23 ao monitoramento anterior o ponto EFS 23 apresentou uma maior concentração de sais atingido o valor máximo de 16 psu, pode-se inferir que a diminuição das vazões podem ter contribuído para o aumento das concentrações de sais. Ainda a análise do conjunto de dados permite inferir que os valores médios da salinidade obtiveram aumento, o que sugere uma transição para montante da zona de mistura do estuário durante este período.

Nesta campanha foi registrado um pequeno valo de salinidade de 1 psu para ponto ESF32 ao longo da campanha 11.

O avanço das águas costeira a montante do estuário se intensificou ao longo desse último período de monitoramento, com destaque ao ponto ESF 23 a ocorrência de águas salinas se tornou menos intermitente. No entanto, como sugerido nos demais documentos, há ferramentas disponíveis que permitem o acompanhamento das concentrações em tempo real, o que possibilitaria a correta tomada de decisão quanto à captação de água para o abastecimento público. No Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5, está relacionado o resumo dos resultados do monitoramento da cunha salina com a listagem dos maiores valores observados nos pontos de monitoramento fixos ESF32 e ESF23 e o ponto ESFD1.

Quadro 3 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas nas estações de monitoramento fixo ESF_32 e ESF_23, durante a campanha 11.

| Campanha 11 | | |
|-------------------------|--|-------------------------|
| Estação Amostral e Data | Vazão Média Diária (m ³ /s) | Salinidade Máxima (psu) |
| ESF_32 (05/11/2017) | 614 | 1 |
| ESF_23 (04/11/2017) | 608 | 16 |

Quadro 4 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas nas estações de monitoramento fixo ESF_32 e ESF_23, durante a campanha 12.

| Campanha 12 | | |
|-------------------------|--|-------------------------|
| Estação Amostral e Data | Vazão Média Diária (m ³ /s) | Salinidade Máxima (psu) |
| ESF_23 (18/11/2017) | 580 | 12 |
| ESF_32 (19/11/2017) | 583 | 0.5 |

Quadro 5 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas na estação ESF_D1, durante a campanha 11 e campanha 12 de monitoramento longitudinal.

| ESF_D1 | | |
|----------|--|-------------------------|
| Campanha | Vazão Média Diária (m ³ /s) | Salinidade Máxima (psu) |
| 11 | 614 | 29,00 |
| 12 | 580 | 25,77 |

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>. Declination is calculated using the most recent World Magnetic Model (WMM) or the International Geomagnetic Reference Field (IGRF) model.

6 - EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Os principais dados de identificação da empresa responsável pela elaboração do Relatório constam do Quadro 6.

Quadro 6 - Dados gerais da empresa consultora.

| Dados Gerais da Empresa Consultora | | |
|--|---------------------|----------------------------|
| Razão Social: Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP | | |
| CNPJ/M.F: 05.848.147/0001-50 | CREA RS: 171.356 | CTF/IBAMA: 5473920 |
| Endereço Correspondência: Rua Hilário Ribeiro, nº 294, Conjs. 201 e 202 - Bairro Moinhos de Vento, Porto Alegre - RS CEP 90510-040 | | |
| Bairro: Moinhos de Vento | CEP: 90430-181 | Município: Porto Alegre/RS |
| Telefone: (51) 3072-6563 | FAX: (51) 3072-6863 | |
| Contato: Engenheiro Jorge Vidal Olivera Duarte | | |
| Endereço eletrônico: agrosig@agrosigeng.com.br | | |

7 - EQUIPE TÉCNICA

No Quadro 7 está relacionada a equipe técnica da empresa consultora responsável pela execução dos estudos que compõem o Relatório em questão.

Quadro 7 - Equipe responsável pela elaboração do Relatório.

| Profissional | Qualificação | Registro Profissional |
|----------------------------|---|------------------------------|
| Jorge Vidal Olivera Duarte | Eng. Agrícola, Ms. em Engenharia, Esp. Saneamento Ambiental | CREA RS 44141 |
| Carlos Eduardo Simão | Engenheiro Ambiental Mestre em Engenharia Oceânica | CREA RS174611 |
| Evandro Gottardo | Geólogo, Ms. Dr. em Engenharia | CREA RS 83699 |
| Marina Habkost Schuh | Bióloga Mestre | CRBIO RS 75990/03-D |
| Romelito Regginato | Geógrafo, Graduando em Geologia | CREA RS 191059 |
| Guilherme Querotti e Silva | Técnico em Hidrologia, Graduando em Engenharia Civil | CREA RS 213833 |
| Joana Postal Pasqualini | Graduanda em Engenharia Ambiental | ----- |
| Luiza Bennemann Schild | Graduanda em Engenharia Ambiental | ----- |
| Artur Kunzel | Graduando em Geologia | ----- |