

Programa de Monitorização da Qualidade das Águas Costeiras



Programa de monitorização para apoio da gestão da qualidade da água

Relatório mensal – Fevereiro 2025

OOM – Observatório Oceânico da Madeira/ARDITI

Data da última atualização: 2025-02-26

Conteúdo

1	Resumo executivo	3
2	Introdução	4
3	Metodologia	5
3.1	Programa de monitorização	5
3.2	Recolha de dados, processamento e procedimentos de calibração	6
3.2.1	Ferrybox	6
3.2.2	CTD	7
4	Resultados	9
4.1	Percurso efectuado	9
4.2	Caracterização meteorológica	9
4.2.1	Vento	10
4.2.2	Temperatura do ar	11
4.2.3	Radiação solar	12
4.2.4	Precipitação	13
4.3	Dados meteorológicos e oceanográficos	15
4.3.1	Ferrybox	15
4.3.1.1	Pressão atmosférica	15
4.3.1.2	Temperatura do ar	16
4.3.1.3	Temperatura da água	17
4.3.1.4	Salinidade	18
4.3.1.5	Clorofila-a	19
4.3.1.6	Concentração de nitrato (NO ₃)	20
4.3.2	CTD	21
	Agradecimentos	37

1 Resumo executivo

Este relatório descreve os resultados preliminares dos dados adquiridos no âmbito do programa de monitorização de apoio à gestão da qualidade da água centrado entre o Cabo Girão e a Ponta do Garajau a bordo da embarcação OBSERVATORIO I em fevereiro de 2025, incluindo uma descrição dos equipamentos e procedimentos de processamento dos dados.

2 Introdução

Este programa de monitorização visa adquirir parâmetros chave de qualidade da água entre o Cabo Girão e a Ponta do Garajau para apoiar a gestão da qualidade da água. Estes parâmetros enquadram-se como critérios primários no descritor 5 (D5C1-nutrientes, D5C2-clorofila e D5C5-oxigénio dissolvido) definidos de acordo com a Decisão (EU) 2017/848 no âmbito da Diretiva-Quadro Estratégia Marinha (DQEM; Diretiva 2008/56/CE) para avaliação do Bom Estado Ambiental (BEA) do meio marinho. A bordo do OBSERVATORIO I (embarcação do tipo semi-rígido) foram realizadas medições de diversos parâmetros oceanográficos e atmosféricos ao longo do transecto correspondente à saída de fevereiro de 2025. Neste relatório descrevemos as estações de amostragem, os equipamentos utilizados, os procedimentos de processamento aplicados aos conjuntos de dados e os resultados preliminares.

3 Metodologia

3.1 Programa de monitorização

O programa de monitorização foi concebido para abranger as áreas do Parque Natural Marinho do Cabo Girão (PNMCG) e da Reserva Natural Parcial do Garajau (RNPG), os emissários das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e as principais fozes das ribeiras localizadas nesta área (Figura 3.1).

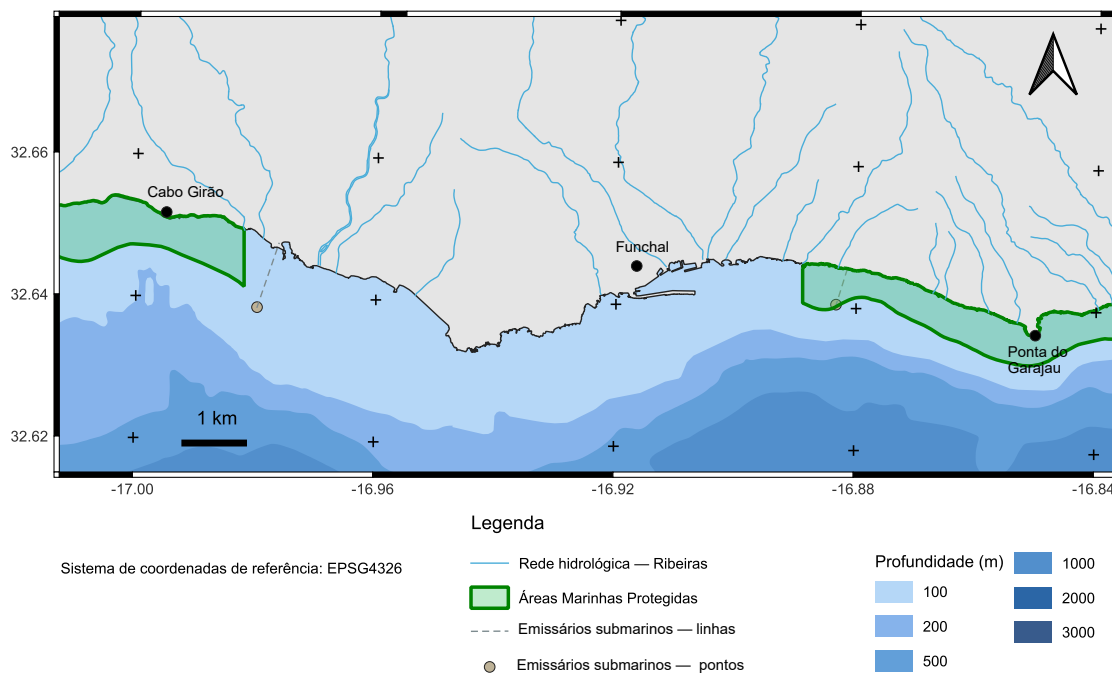


Figura 3.1: Área de trabalho do programa de monitorização, incluindo representação da batimetria, dos emissários submarinos, das áreas marinhas protegidas e da rede hidrográfica principal.

Tabela 3.1: Especificações dos sensores instalados na ferrybox.

Parâmetro	Sensor	Fabricante	Intervalo de medida	Precisão	Resolução	Última calibração
Temperatura	SBE-45	Seabird	-5–35°C	± 0,002	0	
Condutividade	SBE-45	Seabird	0–70 mS/cm	± 0,0003	0	
Oxigênio dissolvido	Oxygen Optode 4835	Aanderaa	0–1000 µM (O ₂ conc.); 0–300% (Saturação)	< 4 µM <3 %	< 0,1 µM 0,05 %	
Nitratos N-NO ₃	OPUS	TriOS	0–100 mg/l	± (5% + 0,1)		22/03/2023
Clorofila-a	nanoFlu	TriOS	0–200 µg/l	± 5 %		14/03/2023
Dióxido de Carbono	NDIR LI-850x	LI-COR	0–3000 ppm CO ₂ ; 0–80 ppt H ₂ O	< ± 0,5%	0,01 ppm CO ₂ ; 0,001 ppt H ₂ O	
Pressão atmosférica	BAROCAP PTB110	Vaisala	?	± 0,3 hPa @ 20°C	0,1 hPa	
Temperatura do ar	BAROCAP PTB110	Vaisala	-40–60°C			

3.2 Recolha de dados, processamento e procedimentos de calibração

3.2.1 Ferrybox

Os dados foram adquiridos por meio de uma *ferrybox*, equipamento oceanográfico móvel composto por um sistema que recolhe amostras de água à superfície (cerca de 1 m de profundidade). A *ferrybox* possui uma série de sensores que permitem monitorizar vários parâmetros chave de qualidade da água, nomeadamente temperatura e condutividade (SBE 45 MicroTSG), oxigênio dissolvido (AADI Aanderaa Oxygen Optode 4835), nutrientes (particularmente, nitrato; TriOS OPUS UV-Spectrometer), clorofila-a (fluorómetro TriOS LED) e a pressão parcial do dióxido de carbono (no oceano e na atmosfera; NDIR LI-850x). A salinidade é calculada posteriormente com base em medições de condutividade e temperatura. Além disso, também inclui sensores meteorológicos para medir a pressão atmosférica e a temperatura do ar. Este equipamento permite recolher, em tempo real, dados com elevada resolução espacial/temporal. Os dados foram obtidos com uma resolução temporal de cinco segundos. Para detalhes sobre as especificações dos sensores utilizados, consulte a Tabela 3.1.

O processamento preliminar dos dados consistiu em sete etapas principais:

- Remoção das linhas de dados sem coordenadas geográficas;
- Remoção de linhas de dados quando o parâmetro “System state” é diferente de 5 (5=“Operate: standard Water-analysis”);
- Remoção de linhas de dados quando o parâmetro “Service” é diferente de 0;

- Remoção de linhas de dados quando o parâmetro “Error” é diferente de 0;
- Remoção das linhas de dados das variáveis do sensor de CO₂ quando: o parâmetro “ANA_state” é igual a 19 (19=“Warmup: wait for valid data”) e a 23 (23=“Shutdown”), “press_C” é superior a 1000 mbar e “temp_C” é inferior a 50°C;
- Remoção das linhas de dados das variáveis oceânicas quando o caudal da bomba do sistema é inferior a 5 l/min;
- Remoção das linhas de dados das variáveis oceânicas nos dois primeiros minutos iniciais e quando os dados de temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido, clorofila-a, e nitrato são nulos.

É importante referir que para garantir a qualidade dos dados referente à concentração de oxigênio dissolvido, clorofila-a e nitrato, amostras de água deverão ser realizadas para posterior determinação destes parâmetros em laboratório. Esta informação será essencial para posterior calibração dos dados medidos por estes sensores, caso necessário. Além disso, testes de controlo de qualidade deverão ser aplicados ao conjunto de dados para serem cientificamente válidos e publicáveis em revistas de cariz científico internacional.

Uma visão geral de todos os conjuntos de dados é representada nas Figuras 4.1 a ??.

3.2.2 CTD

Complementarmente, perfis verticais ao longo da coluna de água foram realizados com um CTD em estações intersetando a trajetória da *ferrybox*. Os perfis verticais ao longo da coluna de água foram realizados com recurso ao CTD 115M da Sea & Sun Technology, contemplando a medição das seguintes variáveis: temperatura (SST PT100), condutividade/salinidade (Large Conductivity Sensor), oxigênio dissolvido (Optical Oxygen Sensor), pH (Hamilton), turbidez (Seapoint Turbidity meter), clorofila-a (Turner Cyclops-7 fluorometer) e PAR (radiação fotossintética ativa; LI-COR Quantum 192SA). Este equipamento permite aceder aos dados medidos em tempo real. Para detalhes sobre as especificações dos sensores utilizados, consulte a tabela 3.2. O processamento preliminar dos dados consistiu na remoção dos dados medidos no 1 metro de profundidade e dos dados medidos na subida do equipamento até à superfície.

Tabela 3.2: Especificações dos sensores instalados no CTD.

Parâmetro	Sensor	Fabricante	Intervalo de medida	Precisão	Resolução	Data da última calibração
Temperatura (°C)	SST PT100	Sea & Sun Technology	-2 a +36	±0,002 °C	<0,001 °C	29/11/2023
Condutividade (µS/cm)	Large Conductivity Sensor	Sea & Sun Technology	0 a 70 mS/cm	±0,002 mS/cm	±0,005 mS/cm	30/11/2023
Oxigênio dissolvido (µM)	Optical Oxygen Sensor	Sea & Sun Technology	0 a 240% (Saturação)	±2 %		30/11/2023
pH	Polilyte Plus 120 XP	Hamilton Company	4 a 10			22/12/2023
Clorofila-a (µg/L)	Turner Cyclops-7 fluorometer	Turner Designs	0 a 50			
Turbidez (FTU)	Seapoint Turbidity meter	Seapoint Sensors				27/11/2023
PAR (µE)	LI-COR Quantum 192SA	LI-COR	0 a 10000	5%		

4 Resultados

4.1 Percurso efectuado

Nos dias 19 e 20 de fevereiro de 2025, foi realizada a amostragem na zona de estudo ao longo de um transecto de 23.2 milhas náuticas. Ao longo deste transecto foram realizadas medições em andamento entre as isóbatas dos 20 e dos 200 m.

4.2 Caracterização meteorológica

As condições meteorológicas (velocidade e direção do vento, temperatura do ar, radiação solar e precipitação) prevalecentes 3 dias antes e durante a saída foram acedidas a partir das estações meteorológicas instaladas na marina do Funchal (gerida pelo OOM), no Funchal/Lido e na Quinta Grande (ambas geridas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera) e são apresentadas nas Figuras 4.1 a 4.5. Esta informação é essencial para melhor compreender os potenciais eventos meteorológicos responsáveis pela variabilidade dos dados.

4.2.1 Vento

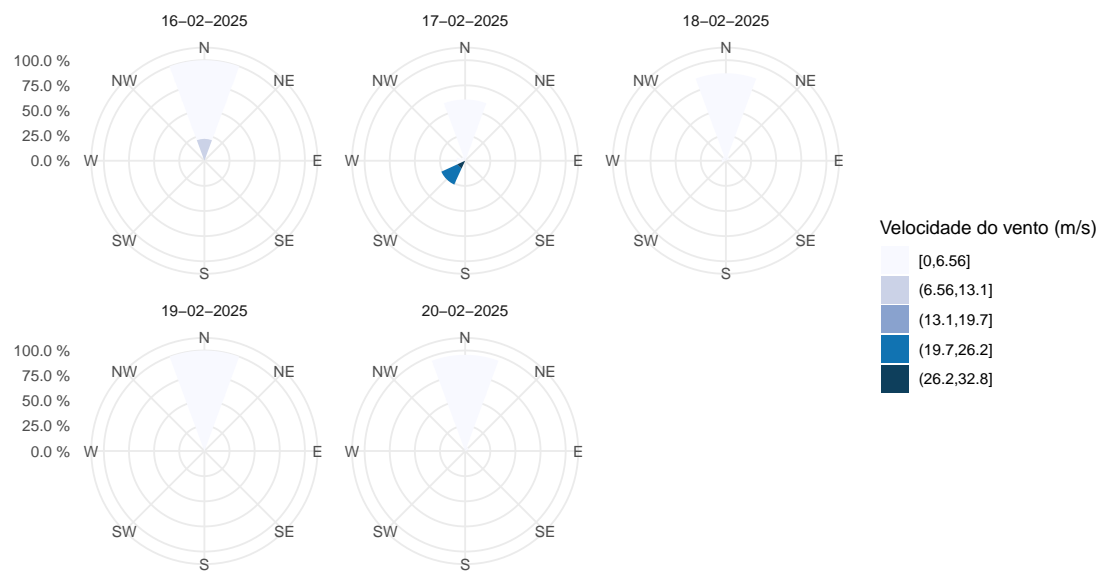


Figura 4.1: Rosa dos ventos com a velocidade média e a direcção do vento no dia da saída e no período de 3 dias que a antecederam
— Estação do Funchal/Lido.

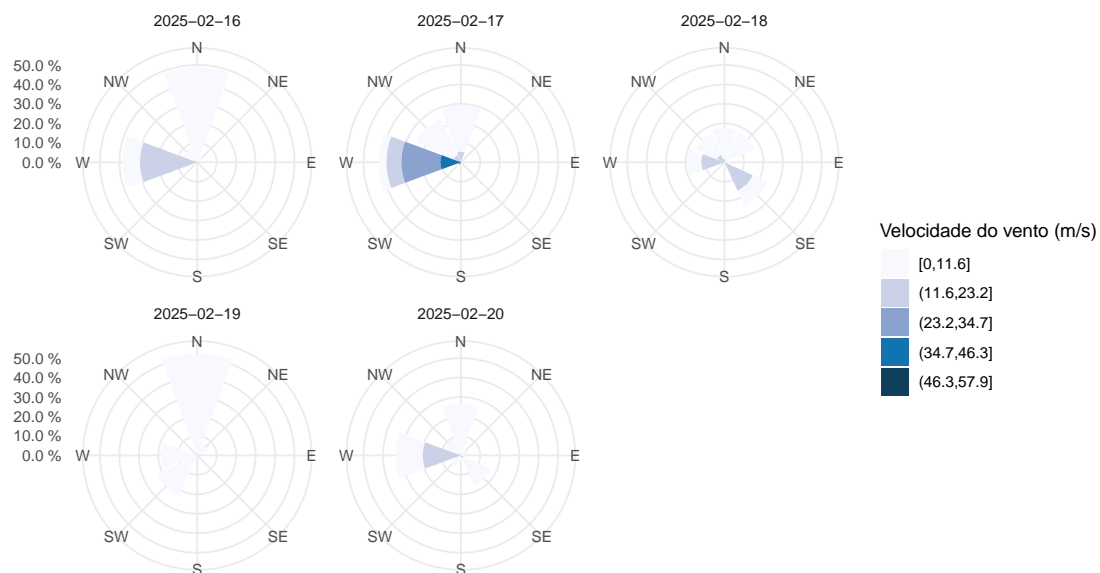


Figura 4.2: Rosa dos ventos com a velocidade média e a direcção do vento no dia da saída e no período de 3 dias que a antecederam – Marina do Funchal.

4.2.2 Temperatura do ar

O valor mais baixo para a temperatura do ar foi 9.2 °C e foi registado às 05:00 do dia 16 de fevereiro, na estação “Quinta Grande”. O valor mais elevado foi 21.1 °C e foi registado às 09:25 do dia 19 de fevereiro, na estação “Marina do Funchal”.

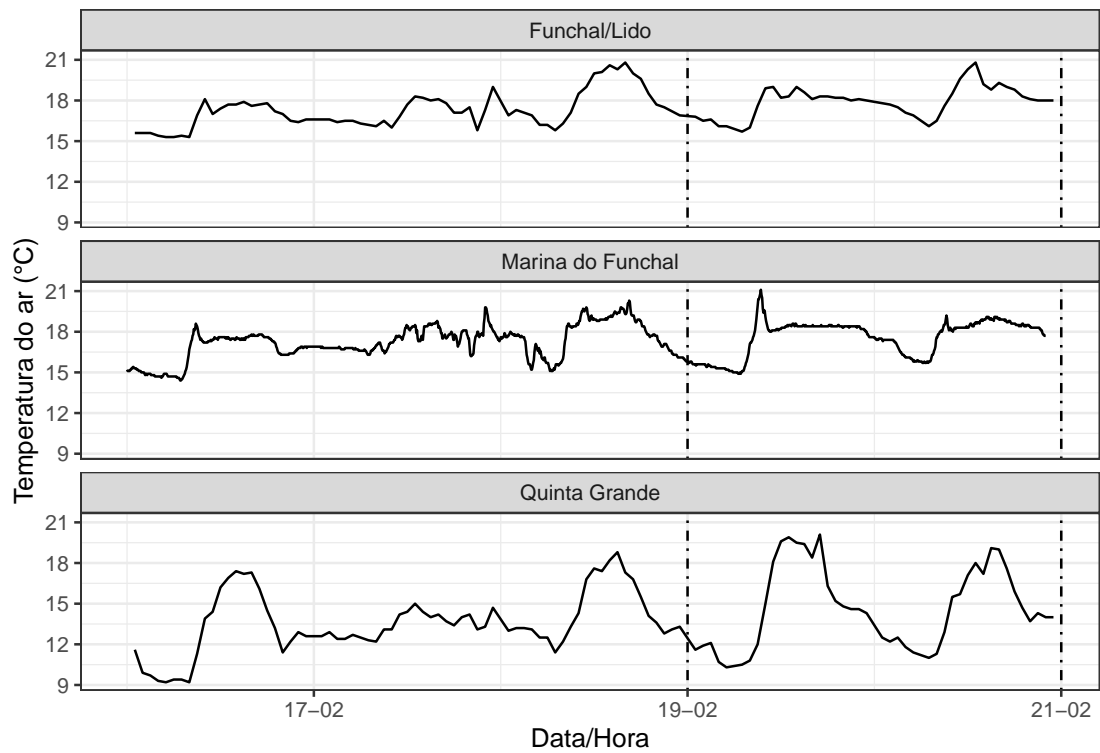


Figura 4.3: Variação da temperatura do ar no período de 3 dias que antecedeu a saída. As linhas tracejadas verticais marcam os dias das saídas.

4.2.3 Radiação solar

No que respeita à radiação solar, o valor mais elevado foi 2772 kJ/m^2 e foi registado às 14:00 do dia 16 de fevereiro, na estação “Quinta Grande”.

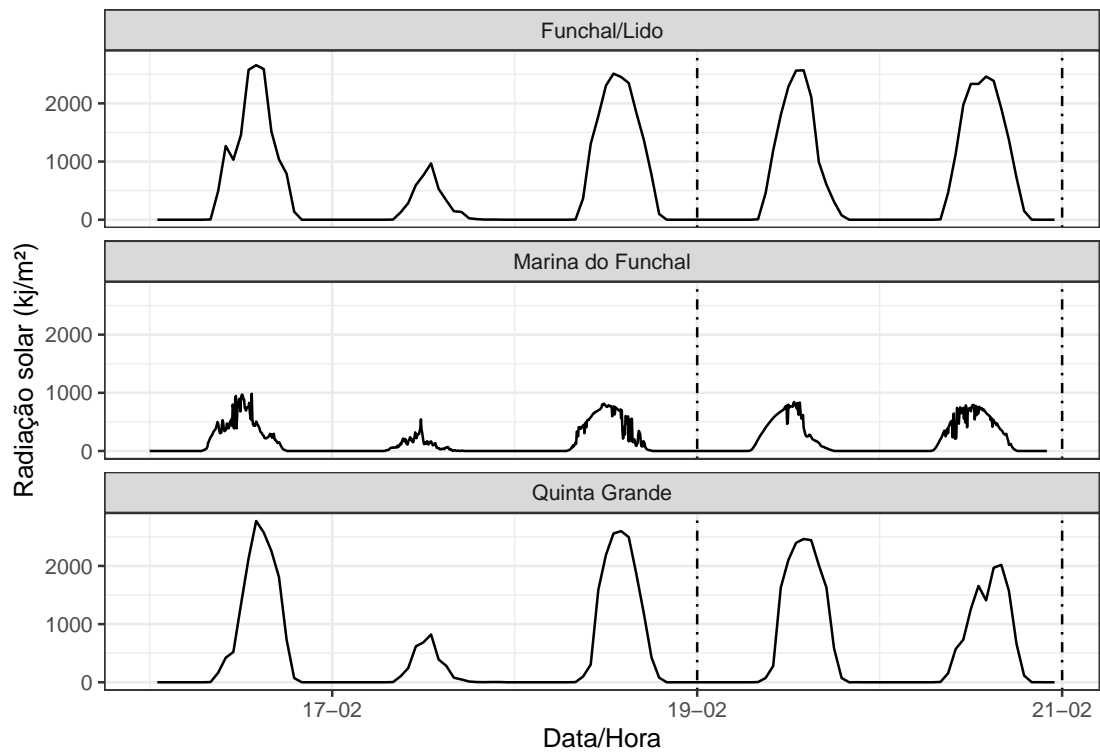


Figura 4.4: Variação da radiação solar no período de 3 dias que antecederam a saída. As linhas tracejadas verticais marcam os dias das saídas.

4.2.4 Precipitação

O valor mais elevado de precipitação foi 8.1 mm e foi registado às 21:00 do dia 17 de fevereiro, na estação “Quinta Grande”.

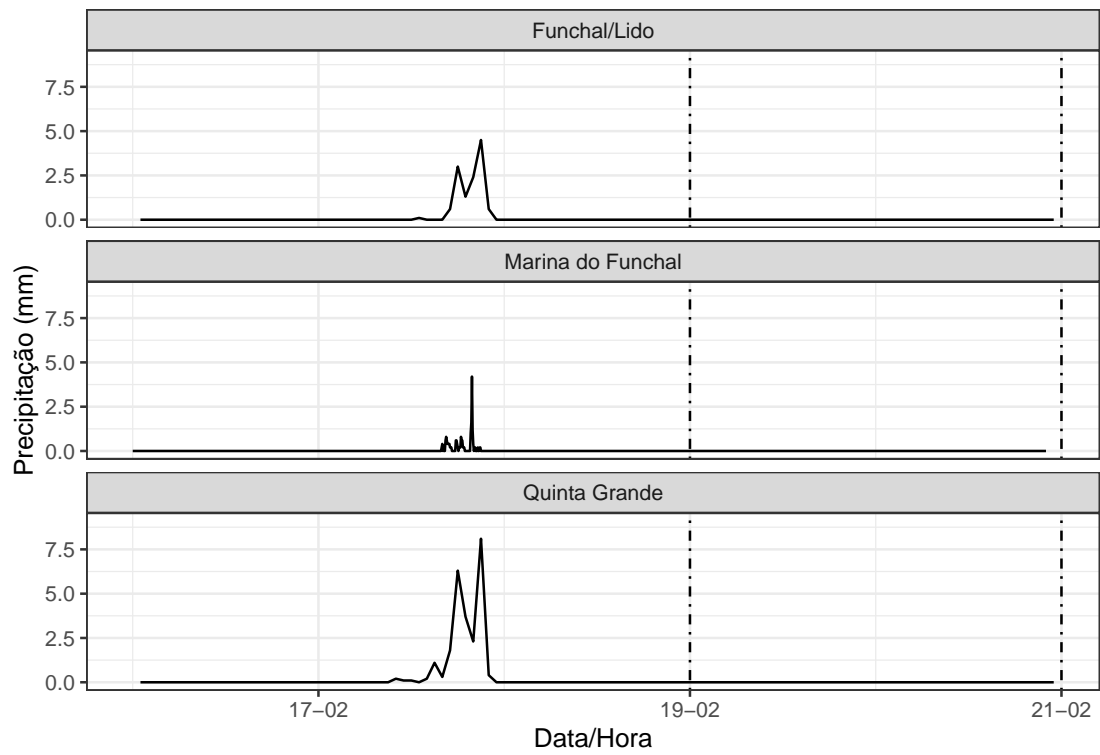


Figura 4.5: Variação da precipitação no período de 3 dias que antecederam a saída. As linhas tracejadas verticais marcam os dias das saídas.

4.3 Dados meteorológicos e oceanográficos

Nesta secção são apresentados os parâmetros meteorológicos e oceanográficos recolhidos durante o percurso.

4.3.1 Ferrybox

4.3.1.1 Pressão atmosférica

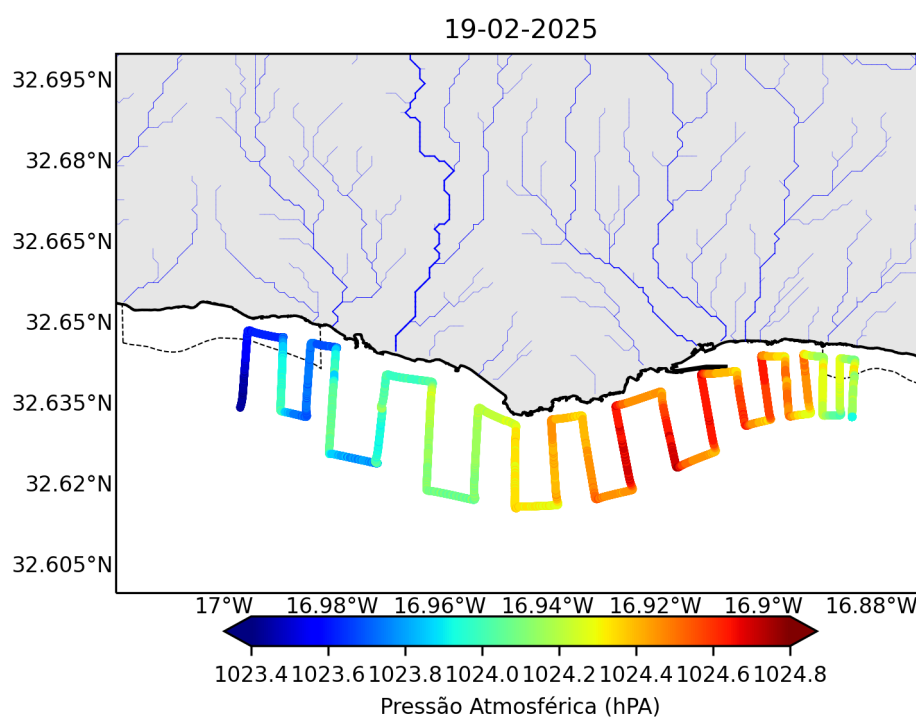


Figura 4.6: Pressão atmosférica (hPa) registada no percurso.

4.3.1.2 Temperatura do ar

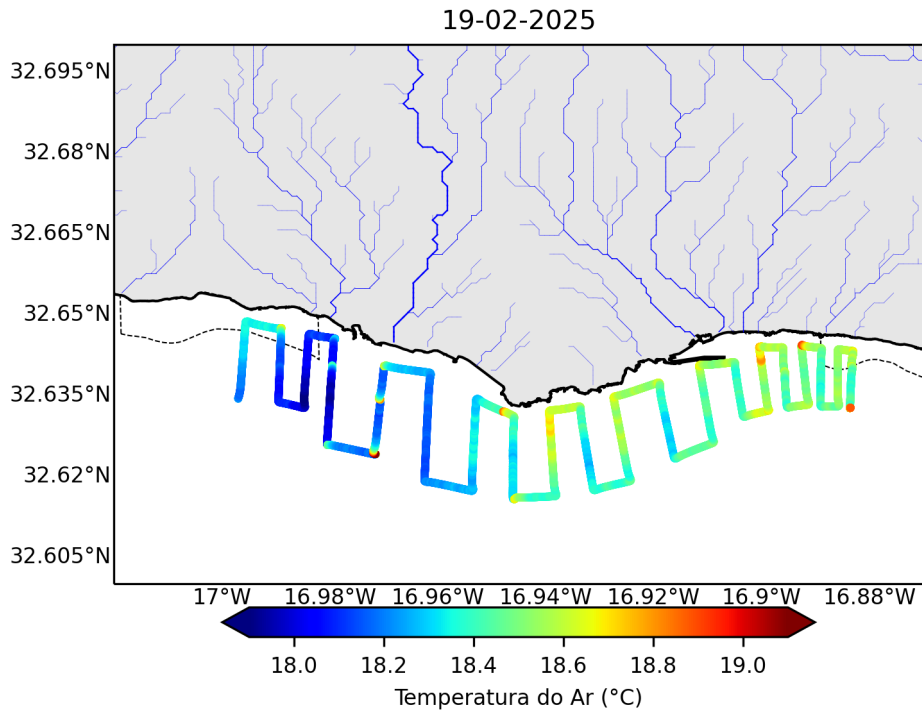


Figura 4.7: Temperatura do ar (°C) registada no percurso.

4.3.1.3 Temperatura da água

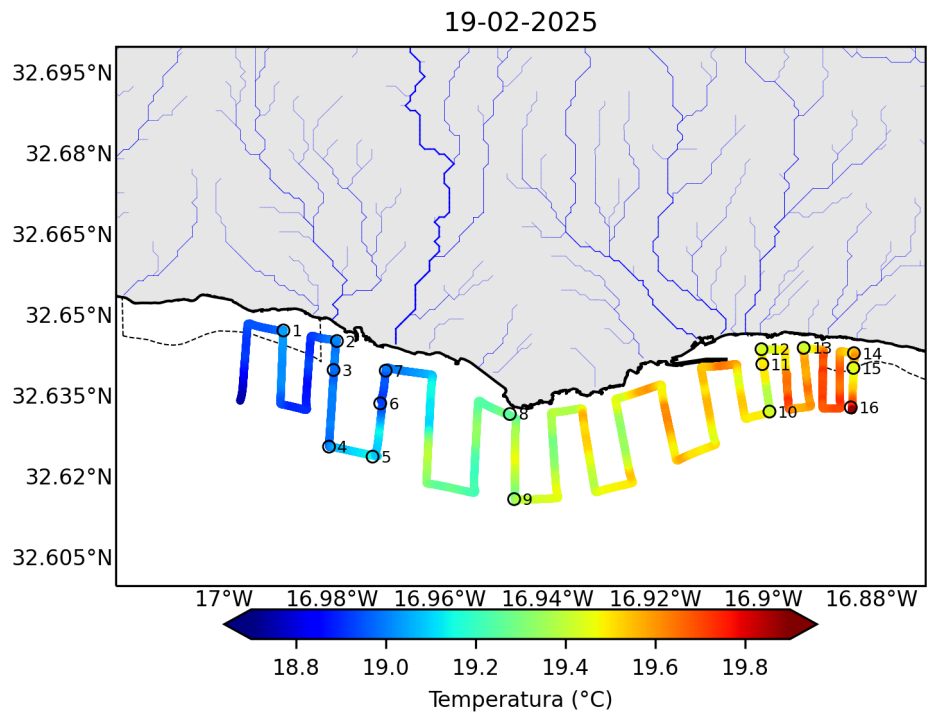


Figura 4.8: Temperatura da água (°C) registada no percurso.

4.3.1.4 Salinidade

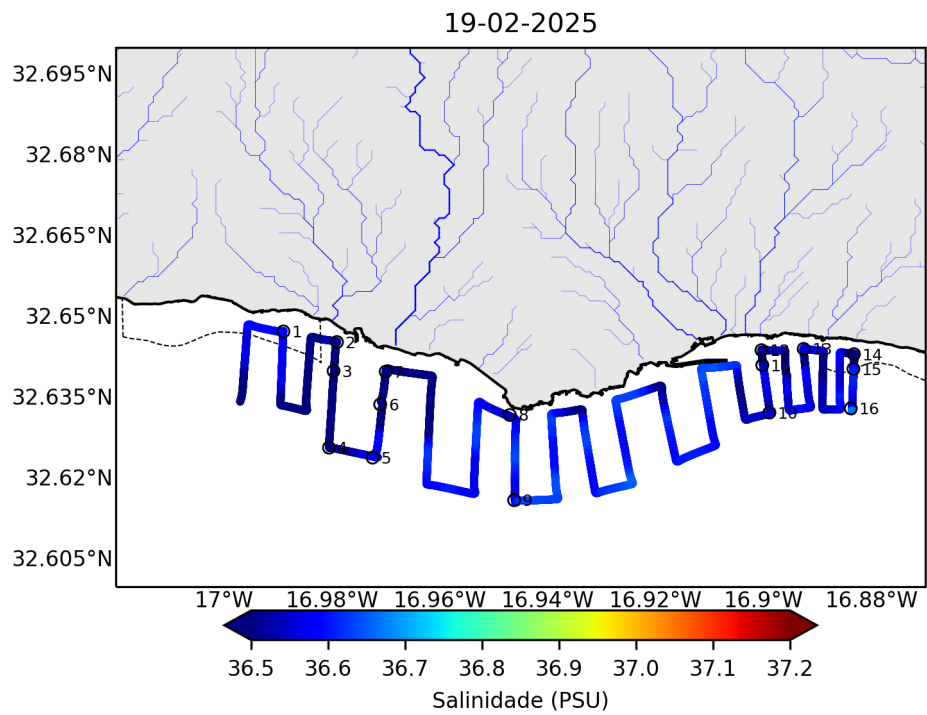


Figura 4.9: Salinidade da água (PSU) registada no percurso.

4.3.1.5 Clorofila-a

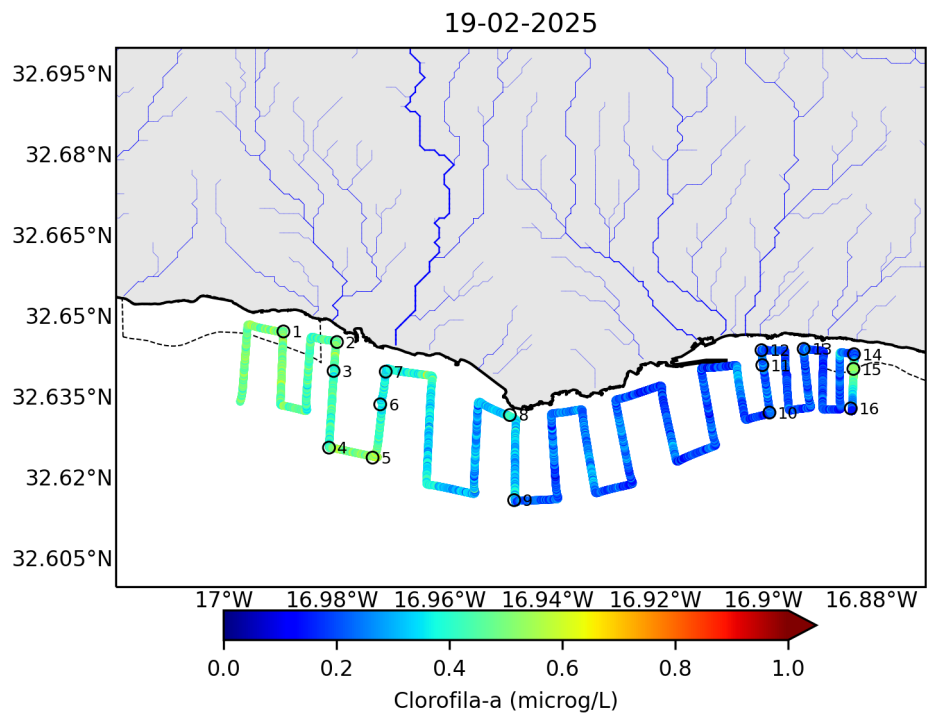


Figura 4.10: Concentração de Clorofila-a (µg/L) registada no percurso.

4.3.1.6 Concentração de nitrato (NO_3)

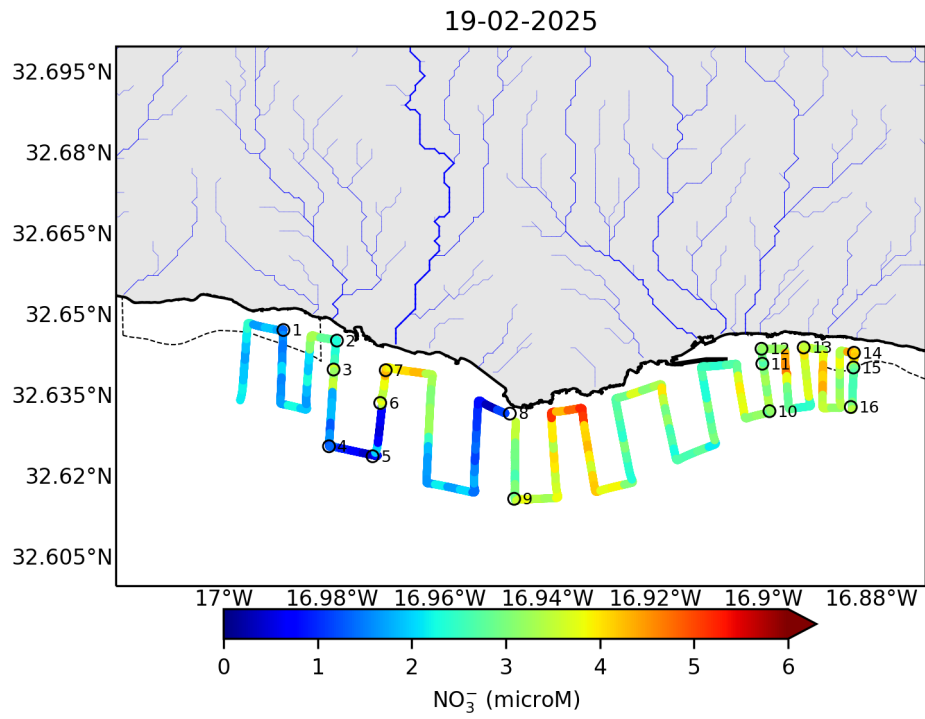


Figura 4.11: Concentração de nitrato (μM) registada no percurso.

4.3.2 CTD

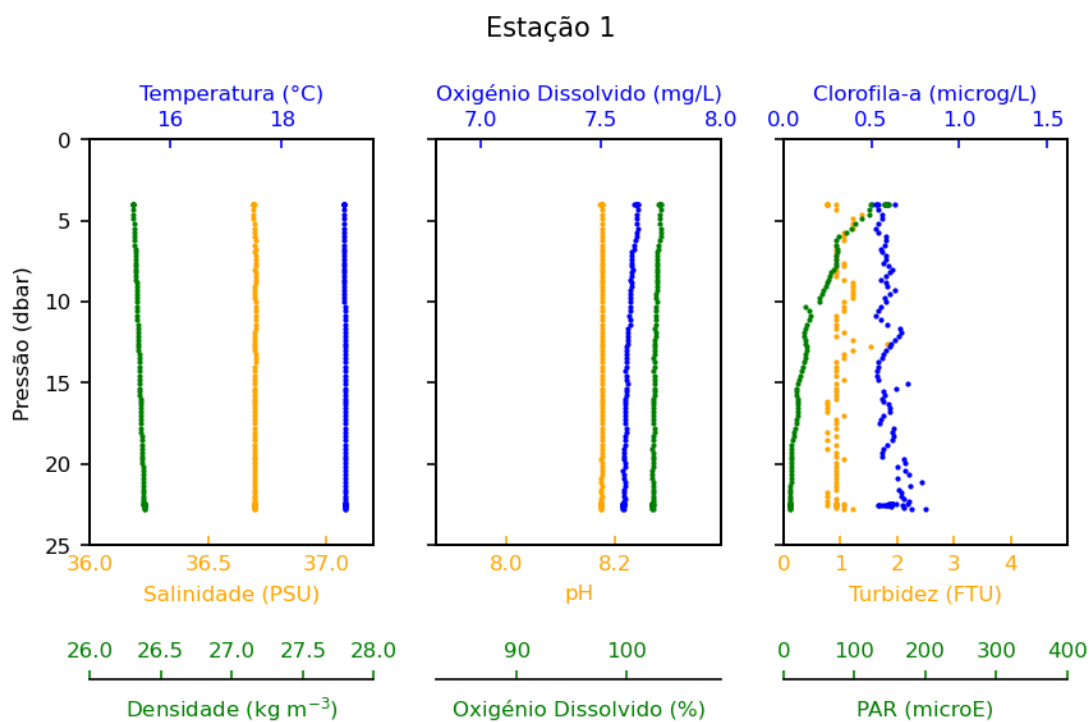


Figura 4.12: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 1.

Estação 2

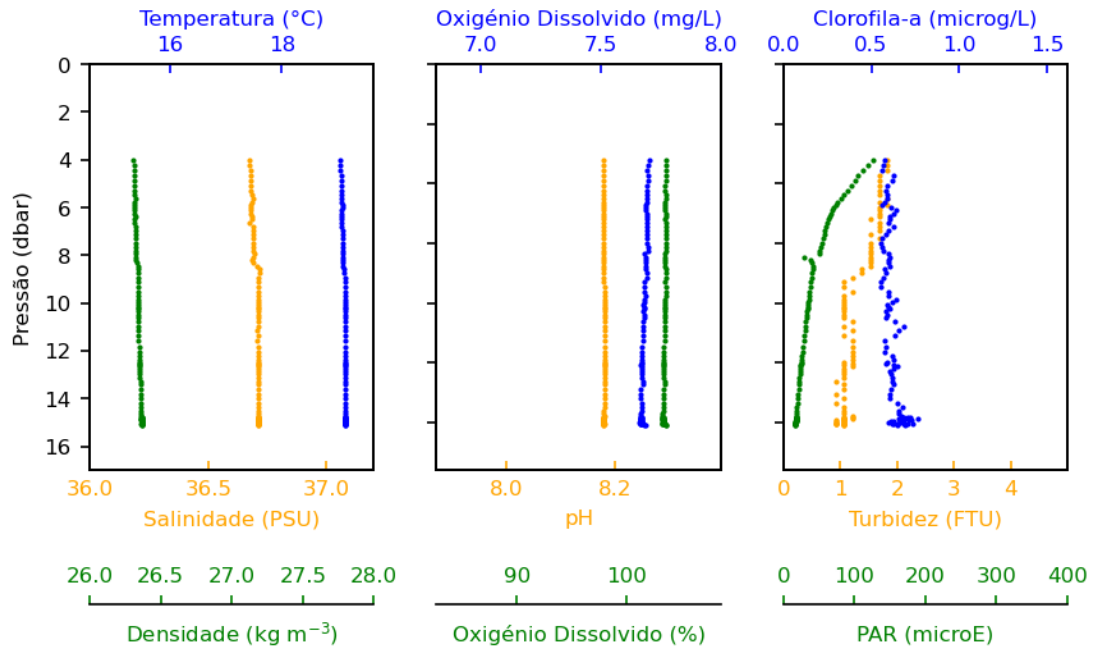


Figura 4.13: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigénio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 2.

Estação 3

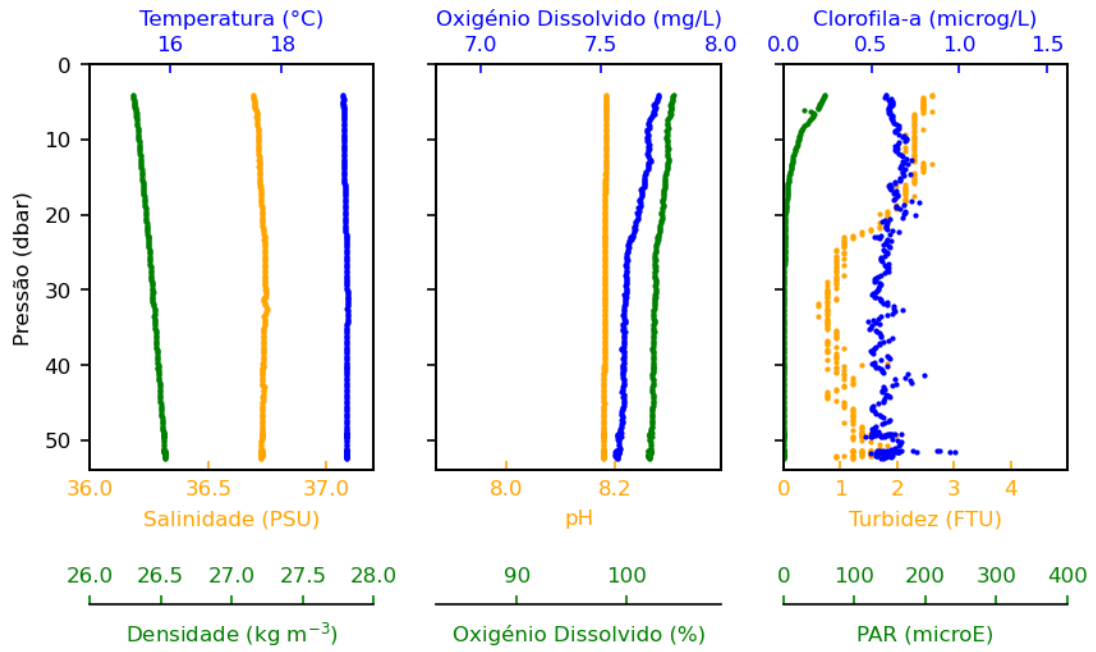


Figura 4.14: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigénio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 3.

Estação 4

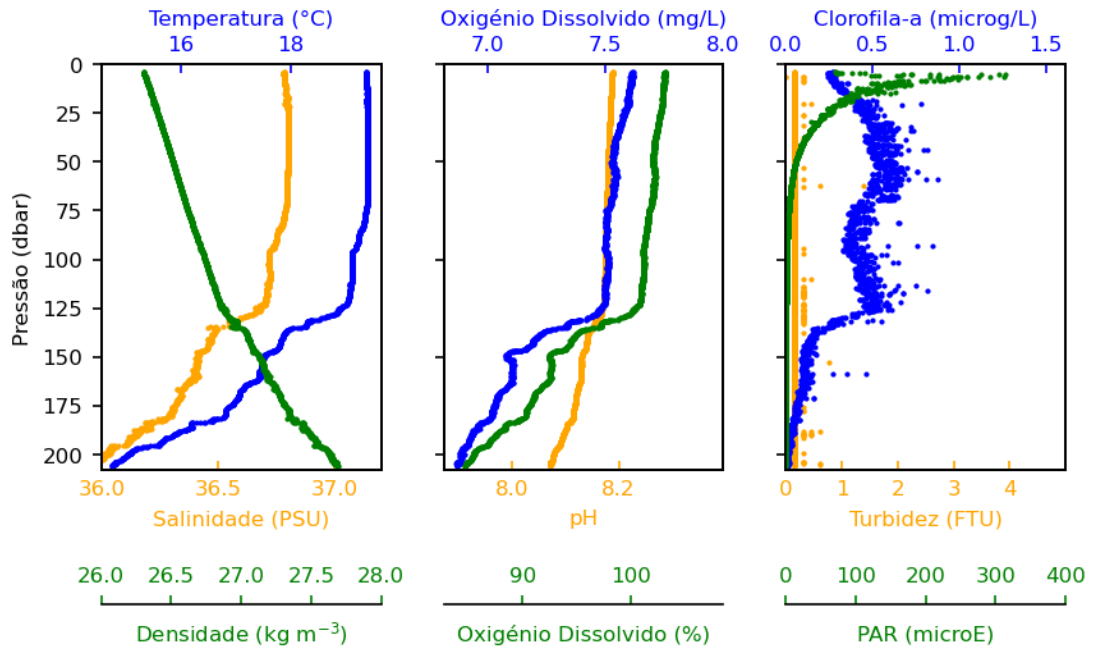


Figura 4.15: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 4.

Estação 5

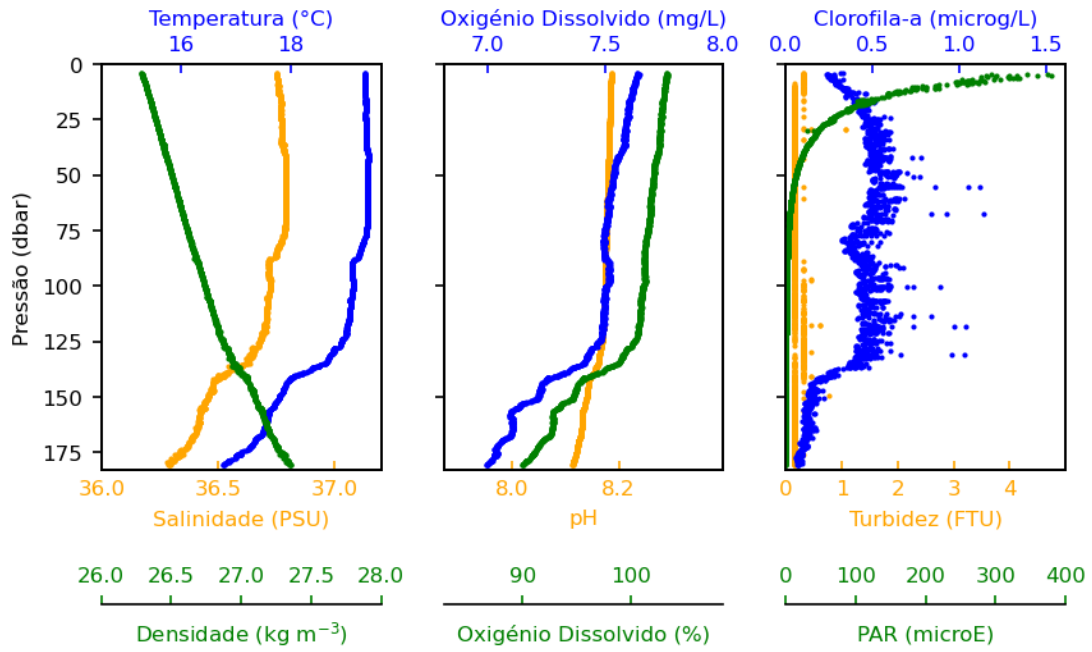


Figura 4.16: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 5.

Estação 6

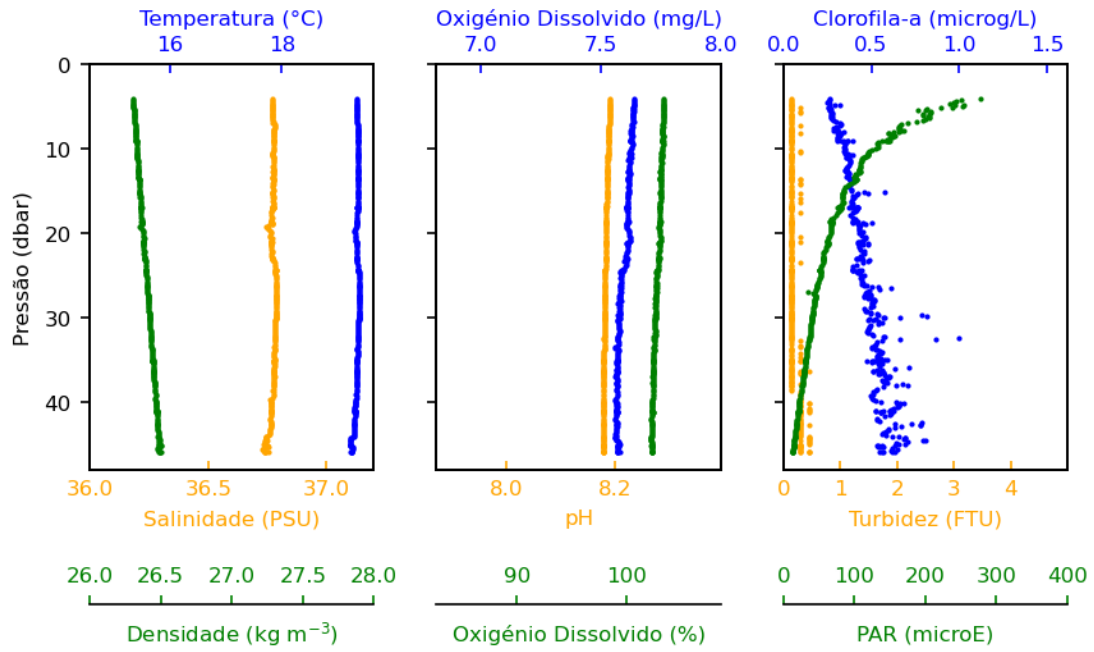


Figura 4.17: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 6.

Estação 7

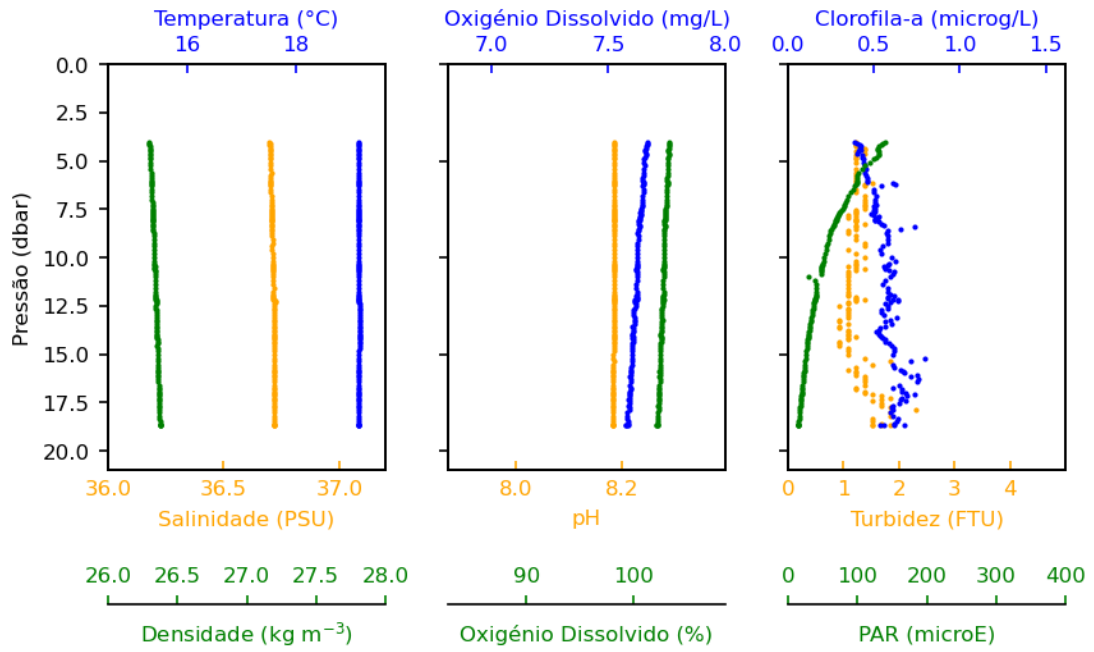


Figura 4.18: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 7.

Estação 8

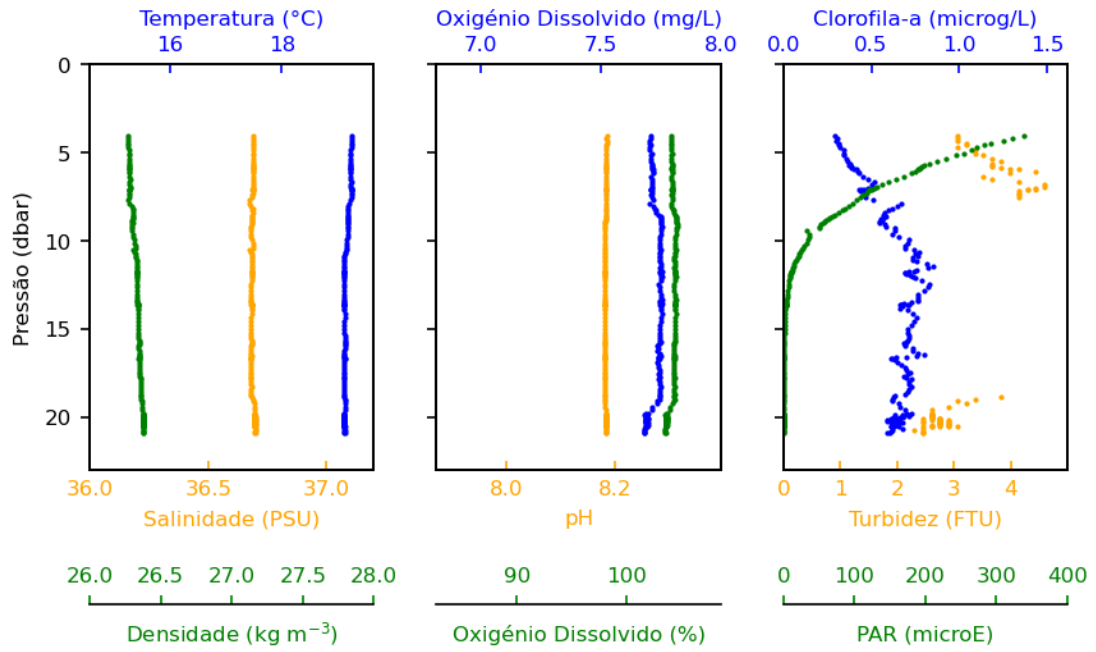


Figura 4.19: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigénio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 8.

Estação 9

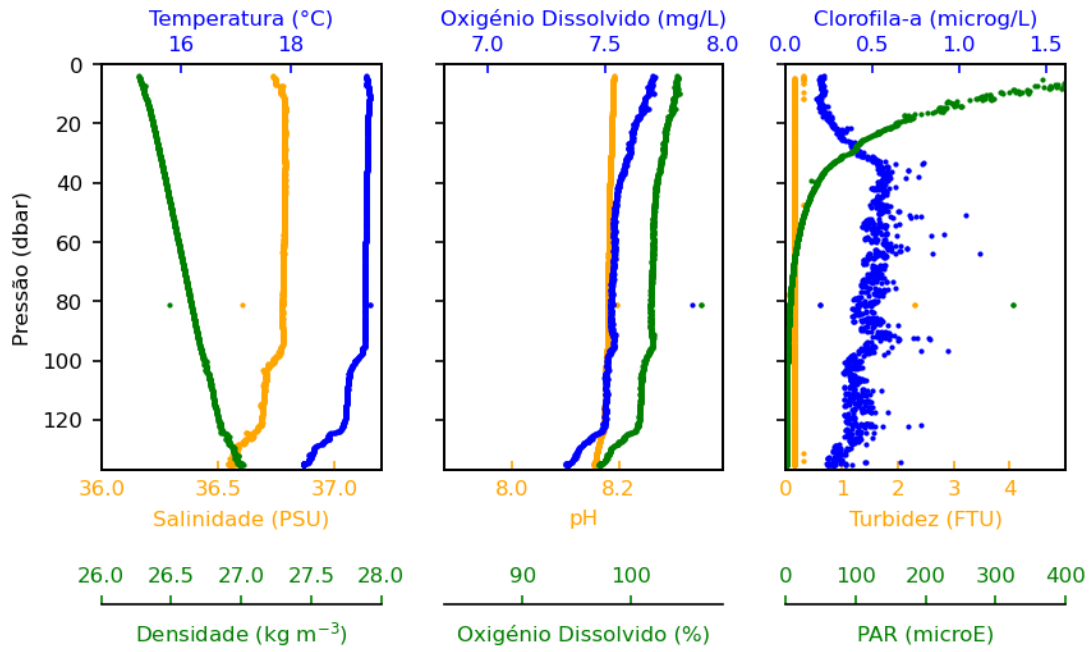


Figura 4.20: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 9.

Estação 10

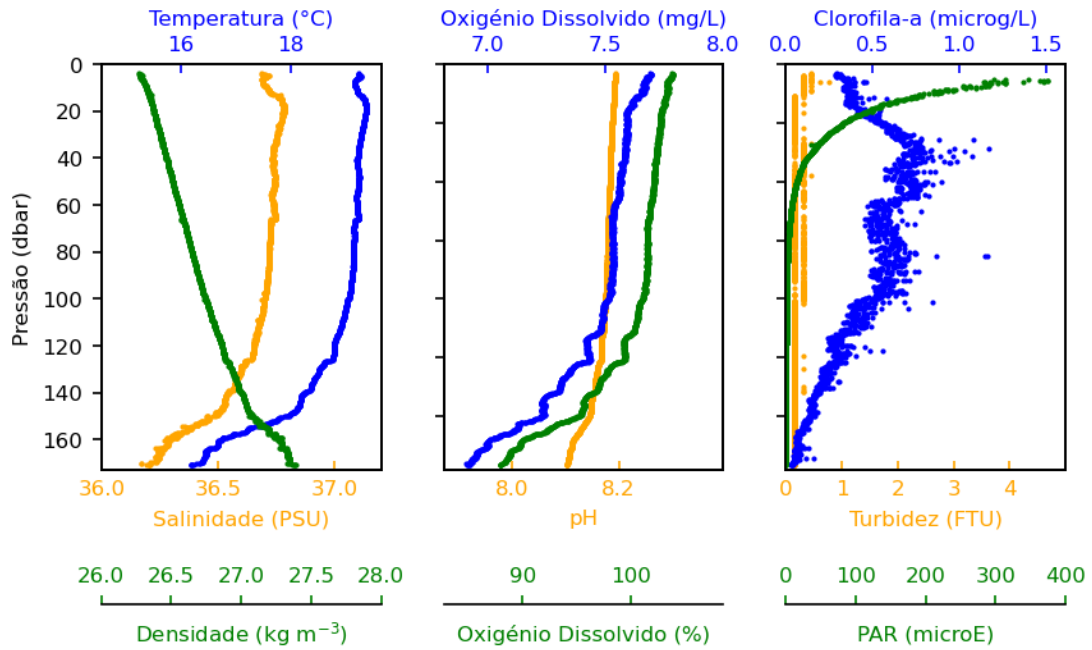


Figura 4.21: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), message=FALSE, warning=FALSE, salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 10.

Estação 11

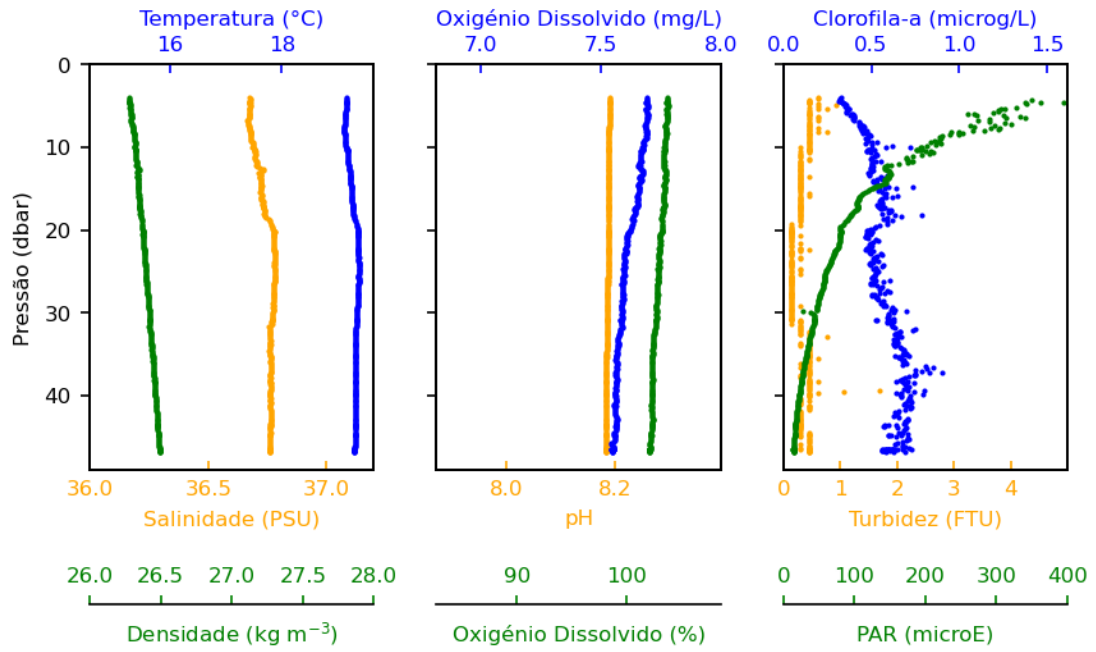


Figura 4.22: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), message=FALSE, warning=FALSE, salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 11.

Estação 12

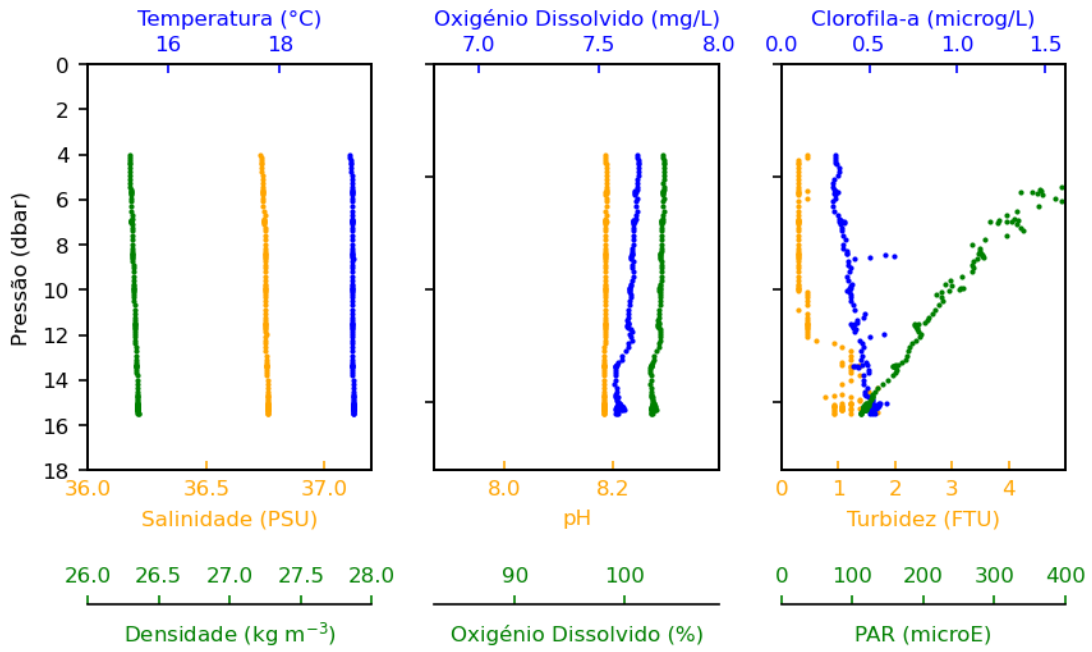


Figura 4.23: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 12.

Estação 13

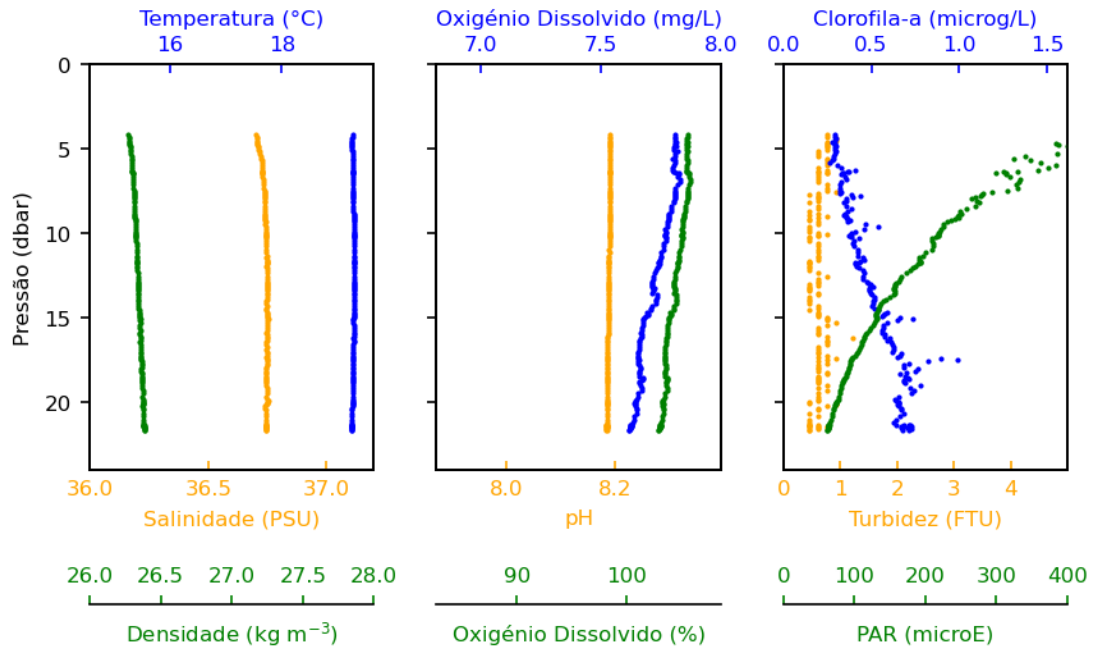


Figura 4.24: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 13.

Estação 14

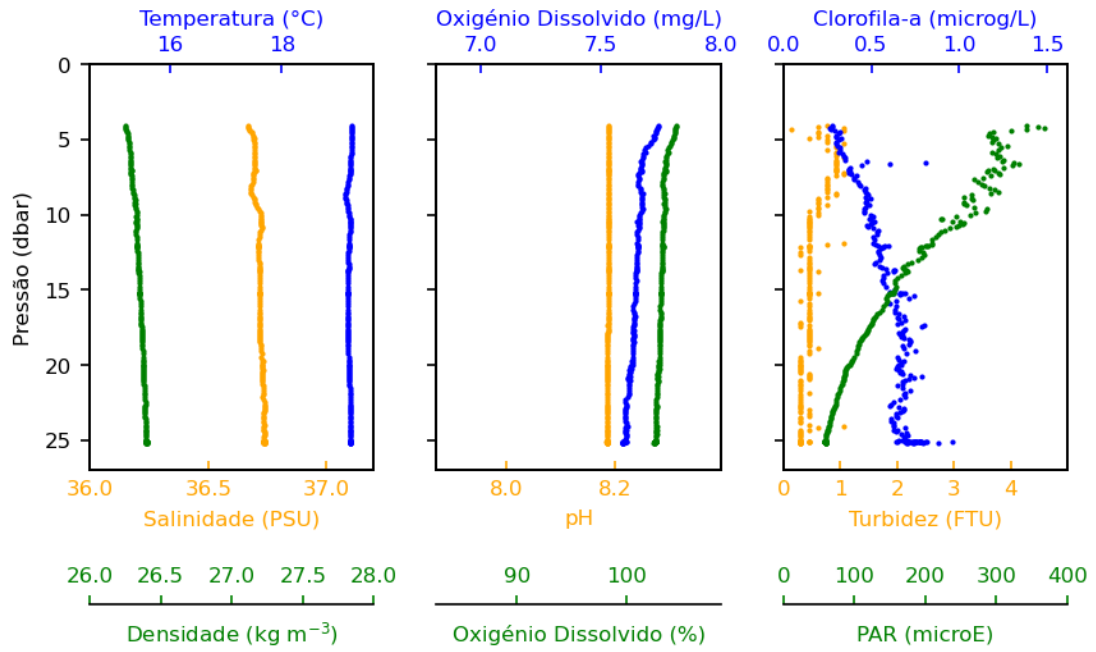


Figura 4.25: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 14.

Estação 15

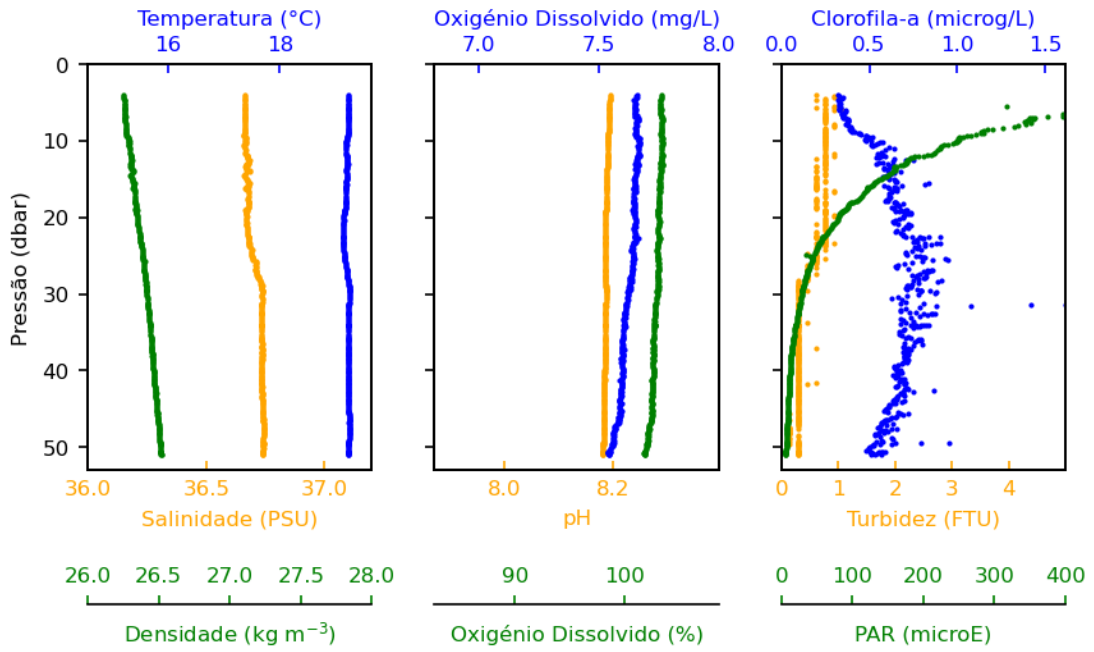


Figura 4.26: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 15.

Estação 16

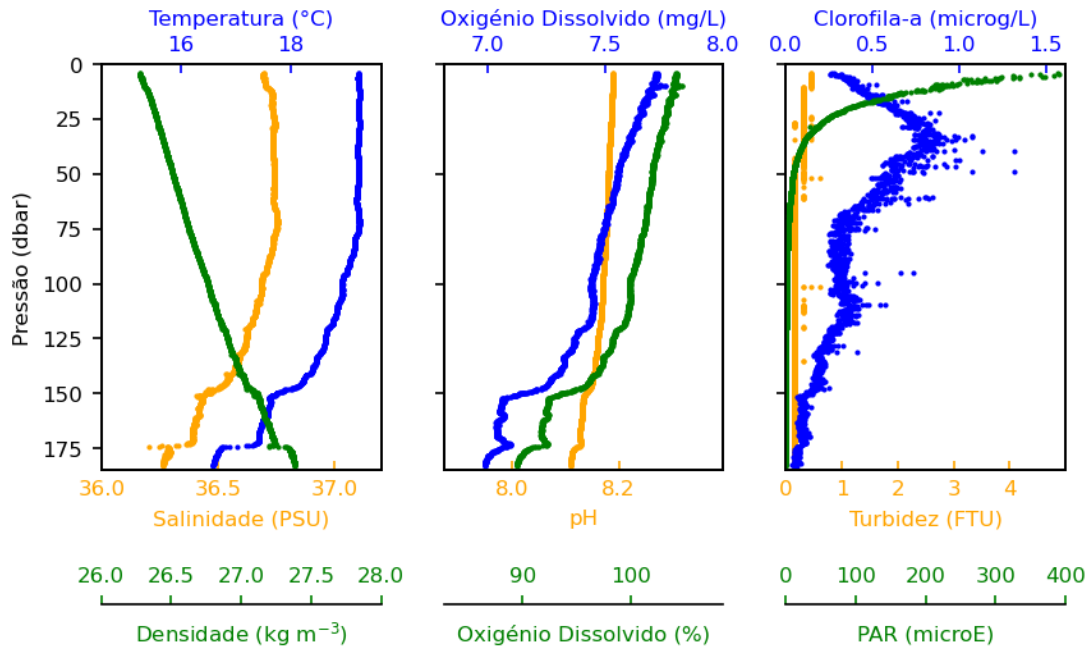


Figura 4.27: Variabilidade ao longo da coluna de água de temperatura (°C), salinidade (PSU), densidade (kg m⁻³), oxigênio dissolvido (em concentração, mg/L, e em percentagem de saturação), pH, concentração de clorofila-a (µg/L), turbidez (FTU) e PAR (Radiação Fotossintética Ativa, µE) na estação 16.

Agradecimentos

A equipa do OOM gostaria de agradecer ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) pelo acesso aos dados das estações meteorológicas e à Professora Doutora Alexandra Cravo (Universidade do Algarve) pela consultoria no programa de monitorização de qualidade da água.



Observatório
Oceânico
da Madeira



Observatório Oceânico da Madeira
Edifício Madeira Tecnopolo, Piso 0
Caminho da Penteadá, 9020-105 Funchal, Portugal
oomteam@arditi.pt | (+351) 291 721 216

