



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

MARIA DAS NEVES MORANT BRAID

**CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO OCEÂNICA DA CADEIA
VITÓRIA-TRINDADE COM BASE NA AVALIAÇÃO DOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COLUNA D'ÁGUA**

Salvador
2008

MARIA DAS NEVES MORANT BRAID

**CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO OCEÂNICA DA CADEIA
VITÓRIA-TRINDADE COM BASE NA AVALIAÇÃO DOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COLUNA D'ÁGUA**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Química, Instituto de Química, Universidade
Federal da Bahia, como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutora em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Vera Lúcia Câncio Souza Santos

Salvador
2008

Braid, Maria das Neves Morant.

B814 **Caracterização da Região Oceânica da Cadeia Vitória-Trindade com base na Avaliação os parâmetros físico-químicos da coluna d'água. / Maria das Neves Morant Braid – Salvador, 2008.**
181 f.

Orientador: Profa Dra. Vera Lúcia Câncio Souza Santos
Tese (doutorado) Universidade Federal da Bahia. Instituto de Química, 2008.

1. Atlântico Sul - Cadeia Vitória-Trindade. 2. Parâmetros físico – químicos. 3. Nutrientes. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Química. II. Santos, Vera Lúcia Câncio Souza. III. Título.

CDU: 504.42: 551.464.1

TERMO DE APROVAÇÃO

MARIA DAS NEVES MORANT BRAID

CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO OCEÂNICA DA CADEIA
VITÓRIA-TRINDADE COM BASE NA AVALIAÇÃO DOS
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COLUNA D'ÁGUA

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em
Química, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Salvador, 28 de novembro de 2007.

*Da vida, o mais importante
não é o que escolhemos,
ou mesmo o que alcançamos.*

Essencial é aquilo que nos é dado.

*Agradeço a Deus por meus pais;
meus filhos, Elke, Manuela e Milton;
minha pequenina neta, Isabelle.*

*A eles tudo dedico,
porque, partilham comigo
a maravilhosa experiência de amar.*

AGRADECIMENTOS

Agradecer significa reconhecer valiosas contribuições para a nossa mudança profissional e, principalmente, pessoal. Sou muito grata aos que me apoiaram para conquistar essa meta. Reconheço, ainda, a importância dos empecilhos, porque me exigiram novas rotas.

Agradeço à Profa. Dra. Vera Lúcia Cândia Souza Santos e ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia, representando todas as pessoas e instituições que possibilitaram a execução e partilha deste trabalho.



*"A dark, illimitable ocean, without bound,
Without dimension, where length, breadth, and height,
And time, and place, are lost: where eldest Night
And Chaos, ancestors of Nature, hold
Eternal anarchy, amidst the noise
Of endless wars, and by confusion stand."¹*

(John Milton, 1851)

¹ *Um escuro, ilimitável oceano, sem fronteiras,
Sem dimensão, onde extensão, amplitude, e altura,
E tempo, e espaço, estão perdidos: onde a mais antiga Noite
E caos, ancestrais da Natureza, mantêm
Eterna anarquia, entre o ruído
Das lutas sem fim e confusão permanente.*

RESUMO

Em área oceânica do Atlântico Sul (20°15'- 21°10'S; 28°49'- 35°55'W), ao longo da Cadeia Vitória-Trindade (CVT), ocorreram dois cruzeiros de pesquisa, no navio Astro Garoupa, em 1998 (verão) e 2000 (outono). Na coluna d'água, da superfície aos 200 m de profundidade, foram coletadas amostras em 23 estações, localizadas em perfis paralelos à costa. O estudo visou caracterizar a região da CVT, por meio da avaliação da distribuição, espacial e temporal, dos principais parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes inorgânicos (fosfato, silicato, nitrito e nitrato). Os valores médios, no verão e outono, respectivamente, apresentaram temperatura (23,82 e 25,25°C) e salinidade (36,69 e 37,01 USP) com variações típicas de regiões tropicais; oxigênio dissolvido (99,8 % e 92,0 %) com taxas próximas da saturação, indicando pouca demanda biológica e influência de processos físicos; pH alcalino (8,283 e 8,374), dentro da faixa própria de águas oceânicas; alcalinidade total (2,170 e 2,524 meq.L⁻¹) regulada, principalmente, pelo sistema carbonato; concentrações dos nutrientes (μmol.L⁻¹), fosfato-P (0,172 e 0,389), silicato (0,733 e 1,186), nitrito-N (0,033 e 0,019) e nitrato-N (0,743 e 0,878), conforme ambientes com baixa produtividade primária. A estrutura termohalina provocou a estratificação da coluna d'água, apresentando termoclina mais rasa em 1998 (verão) que em 2000 (outono). Para avaliar as relações mais relevantes entre os parâmetros estudados, foram empregados procedimentos quimiométricos, com a análise de componentes principais (PCA) mostrando a separação da coluna d'água em duas zonas contíguas, eufótica e disfótica. Em geral, na zona eufótica, as concentrações foram muito baixas para os nutrientes, indicando taxa de captação rápida e baixos níveis de remineralização da matéria orgânica, predominando águas quentes, salinas e pobres em nutrientes; na zona disfótica, ocupada por águas frias e produtivas, o fosfato e nitrato apresentaram correlações significativas e seus teores mostraram a tendência de aumentar com a profundidade, de acordo com perfis encontrados no Atlântico Sul. Evidência de ressurgência nas imediações do banco Jaseur, mais próximo da costa, foi associada ao Giro de Vitória, que ocorre na região por causa do desvio da Corrente do Brasil. O estudo das massas d'água indicou a presença da Água Tropical (AT) na camada superficial e, aos 200 m, da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O domínio da AT, com águas quentes e pobres em nutrientes, permitiram caracterizar a CVT como uma região oligotrófica, influenciada pela sazonalidade, condizente com áreas oceânicas tropicais.

Palavras-chave: Atlântico Sul - Cadeia Vitória Trindade; parâmetros físico-químicos; nutrientes.

ABSTRACT

Two research cruises were made in the South Atlantic Ocean area (20°15'- 21°10'S; 28°49'- 35°55'W) along the Vitória-Trindade Seamount chain (VTC) on the Astro Garoupa ship, one in the summer of 1998 and another in the Autumn of 2000. Water column samples were collected at 200 m deep at 23 stations located in profiles parallel to the coast. This study aimed to characterize the VTC region by evaluation of the distribution, in space and time, of the main physical-chemical parameters: Temperature, salinity, pH, alkalinity, dissolved oxygen, and inorganic nutrients (phosphate, silicate, nitrite and nitrate). The mean summer and autumn values were as follows: Temperature (23.82 and 25.25°C) and salinity (36.69 and 37.01 USP), a typical variation of tropical regions; dissolved oxygen (99.8 % and 92.0 %), a rate close to saturation, which indicates low biological demand and the influence of physical processes; alkaline pH (8.283 and 8.374), in the range of ocean waters; alkalinity (2.170 and 2.524 meq.L⁻¹) regulated mainly by the carbonate system; nutrients concentrations (μmol.L⁻¹), phosphate-P (0.172 and 0.389), silicate (0.733 and 1.186), nitrite-N (0.033 and 0.019) and nitrate-N (0.743 and 0.878), in agreement with values of environments with low biological productivity. The thermohaline structure provoked the stratification of the water column, with shallower thermocline in 1998 (summer) than in 2000 (autumn). To evaluate the most relevant relations between the parameters studied, it was used Chemometrics procedures such as principal component analysis (PCA), which indicated the separation of the water column between the two contiguous zones, euphotic and dysphotic. In general, the euphotic zone presented very low concentrations of nutrients, indicating a faster capture rate and low remineralization levels of organic matter; warm, saline and nutrient-poor waters predominate. In the cold and productive waters of the dysphotic zone, phosphate and nitrate had important correlations and their contents tended to increase with depth, in agreement with the profiles found in the South Atlantic. Evidences of upwelling were observed close to Jaseur bank, closer to the coast, associated to the Vitoria Eddy, which occurs in the region due to the Brazil Current deviation. The study of water masses indicated the presence of Tropical Water (TW) on the top layer and of South Atlantic Central Water (SACW) at 200 m. The prevalence of TW with warm nutrient-poor waters allowed characterizing the VTC as an oligotrophic region, influenced by seasonality, in agreement with tropical ocean areas.

Keywords: South Atlantic - Vitoria Trindade seamount chain; physical-chemical parameters; nutrients.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Representação da estratificação da coluna d'água	19
Figura 1.2	Temperatura anual na superfície dos oceanos	21
Figura 1.3	Salinidade anual na superfície dos oceanos	23
Figura 1.4	Os equilíbrios do sistema carbonato e a faixa de pH dos oceanos	25
Figura 1.5	Perfil vertical típico para Alcalinidade e Carbono Inorgânico Dissolvido	26
Figura 1.6	Concentração anual de Oxigênio Dissolvido na superfície dos oceanos	28
Figura 1.7	Representação esquemática das transformações do nitrogênio	30
Figura 1.8	Concentração anual de nitrato na superfície dos oceanos	32
Figura 1.9	Concentração anual de fosfato na superfície dos oceanos	32
Figura 1.10	Concentração anual de silicato na superfície dos oceanos	33
Figura 1.11	Esquema de classificação dos biomas em função da circulação das águas	34
Figura 1.12	Localização da Cadeia Vitória-Trindade no Atlântico Sul	37
Figura 2.1	Navio Astro Garoupa	39
Figura 2.2	Localização das estações de amostragem na CVT	41
Figura 3.1	Profundidades local e da termoclina em 1998 (verão) e 2000 (outono)	50
Figura 3.2	Período das amostragens em 1998 (verão) e 2000 (outono)	51
Figura 3.3	Condições da amostragem em 1998 (verão)	52
Figura 3.4	Condições da amostragem em 2000 (outono)	53
Figura 3.5	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Jaseur em 1998 (verão)	55
Figura 3.6	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Jaseur em 2000 (outono)	56
Figura 3.7	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Davis em 1998 (verão)	57
Figura 3.8	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Davis em 2000 (outono)	58
Figura 3.9	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Dogaressa em 1998 (verão)	59
Figura 3.10	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Dogaressa em 2000 (outono)	60
Figura 3.11	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Colúmbia em 1998 (verão)	61
Figura 3.12	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Colúmbia em 2000 (outono)	62
Figura 3.13	Variação vertical dos parâmetros de Trindade e Martin Vaz em 1998 (verão)	63

Figura 3.14	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Trindade em 2000 (outono)	64
Figura 3.15	Variação vertical dos parâmetros no Perfil Martin Vaz em 2000 (outono)	65
Figura 3.16	Variação horizontal da temperatura para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	67
Figura 3.17	Variação horizontal da temperatura para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	68
Figura 3.18	Variação horizontal da salinidade para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	69
Figura 3.19	Variação horizontal da salinidade para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	70
Figura 3.20	Variação horizontal do pH para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	71
Figura 3.21	Variação horizontal do pH para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	72
Figura 3.22	Variação horizontal de OD para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	73
Figura 3.23	Variação horizontal de OD para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	74
Figura 3.24	Variação horizontal do silicato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	75
Figura 3.25	Variação horizontal do silicato para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	76
Figura 3.26	Variação horizontal do fosfato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	77
Figura 3.27	Variação horizontal do fosfato para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)	78
Figura 3.28	Variação horizontal do nitrato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)	79
Figura 3.29	Variação horizontal do nitrato para 1 m, 50 m e 200 m, 2000 (outono)	80
Figura 3.30	Diagramas T-S para 1998 (verão) e 2000 (outono) na zona eufótica	82
Figura 3.31	Diagramas T-S para 1998 (verão) e 2000 (outono) na zona disfótica	83
Figura 3.32	Diagramas T-S, de 1 m até 200m, para 1998 (verão) e 2000 (outono)	84
Figura 3.33	Valores individuais da Temperatura , média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	86
Figura 3.34	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre a temperatura em 1998 (verão) e 2000 (outono)	86
Figura 3.35	Valores individuais da salinidade, média e Intervalo de Confiança da média em 1998 (verão) e 2000 (outono)	87
Figura 3.36	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre a salinidade em 1998 (verão) e 2000 (outono)	88
Figura 3.37	Valores individuais do pH, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	89
Figura 3.38	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o pH em 1998	

	(verão) e 2000 (outono)	90
Figura 3.39	Valores individuais da alcalinidade, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	91
Figura 3.40	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre alcalinidade, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	91
Figura 3.41	Valores individuais de oxigênio dissolvido, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	93
Figura 3.42	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre oxigênio dissolvido (%), em 1998 (verão) e 2000 (outono)	93
Figura 3.43	Valores individuais do silicato, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	94
Figura 3.44	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o silicato em 1998 (verão) e 2000 (outono)	95
Figura 3.45	Valores individuais do fosfato, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	96
Figura 3.46	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o fosfato em 1998 (verão) e 2000 (outono)	96
Figura 3.47	Valores individuais do nitrato, média e Intervalo de Confiança da média, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	98
Figura 3.48	Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o nitrato, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	98
Figura 3.49	Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão)	103
Figura 3.50	Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona eufótica em 2000 (outono)	103
Figura 3.51	Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão)	104
Figura 3.52	Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 2000 (outono)	104
Figura 3.53	Matriz de Correlação entre os parâmetros [1 m – 200 m] em 1998 (verão)	105
Figura 3.54	Matriz de Correlação entre os parâmetros [1 m – 200 m] em 2000 (outono)	105
Figura 3.55	Dendrograma do perfil Jaseur em 1998 (verão) e 2000 (outono)	107
Figura 3.56	Dendrograma do perfil Davis em 1998 (verão) e 2000 (outono)	107
Figura 3.57	Dendrograma do perfil Dogaressa em 1998 (verão) e 2000 (outono)	108

Figura 3.58 Dendrograma do perfil Colúmbia em 1998 (verão) e 2000 (outono)	108
Figura 3.59 Dendrograma do perfil Trindade em 1998 (verão) e 2000 (outono)	109
Figura 3.60 Dendrograma do perfil Martin Vaz em 1998 (verão) e 2000 (outono)	109
Figura 3.61 Dendrograma dos parâmetros à 1m, em 1998 e 2000	111
Figura 3.62 Dendrograma dos parâmetros aos 50 m, em 1998 e 2000	111
Figura 3.63 Dendrograma dos parâmetros aos 130 m para 1998 (verão) e aos 100 para 2000 (outono)	112
Figura 3.64 Dendrograma dos parâmetros aos 200 m, em 1998 e 2000	112
Figura 3.65 Dendrograma dos parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão) e 2000 (outono)	113
Figura 3.66 Dendrograma dos parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão) e 2000 (outono)	114
Figura 3.67 Dendrograma dos parâmetros [1m – 200 m], 1998 (verão) e 2000 (outono)	114
Figura 3.68 Dendrograma das estações nas profundidades de 1 m, 50 m e 200m, em 2000 (outono)	116
Figura 3.69 Análise de Componentes Principais para Jaseur em 1998 (verão) e 2000 (outono)	119
Figura 3.70 Análise de Componentes Principais para Davis em 1998 (verão) e 2000 (outono)	120
Figura 3.71 Análise de Componentes Principais para Dogaressa em 1998 (verão) e 2000 (outono)	121
Figura 3.72 Análise de Componentes Principais para Colúmbia em 1998 (verão) e 2000 (outono)	122
Figura 3.73 Análise de Componentes Principais para Trindade em 1998 (verão) e 2000 (outono)	123
Figura 3.74 Análise de Componentes Principais para Martin Vaz em 1998 (verão) e 2000 (outono)	124
Figura 3.75 Análise de componentes principais para 1 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)	126
Figura 3.76 Análise de componentes principais para 50 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)	127
Figura 3.77 Análise de componentes principais em 130 m para 1998 (verão) e 100 m para 2000 (outono)	128

Figura 3.78	Análise de componentes principais para 200 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)	129
Figura 3.79	Análise de componentes principais para a zona eufótica, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	132
Figura 3.80	Análise de componentes principais para a zona disfótica, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	133
Figura 3.81	Análise de componentes principais para 1 - 200 m, em 1998 (verão) e 2000 (outono)	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Detalhamento das operações realizadas nos cruzeiros	39
Tabela 2.2	Estações de coleta na CVT	40
Tabela 2.3	Unidades dos parâmetros físico-químicos	46
Tabela 3.1	Profundidades local e da termoclina em 1998 (verão) e 2000 (outono)	49
Tabela 3.2	Variação da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na CVT	85
Tabela 3.3	Variação da salinidade (USP) na CVT	87
Tabela 3.4	Variação do pH na CVT	88
Tabela 3.5	Variação da alcalinidade ($\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	90
Tabela 3.6	Variação do oxigênio dissolvido (%) na CVT	92
Tabela 3.7	Variação do oxigênio dissolvido ($\text{mg} \cdot \text{O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	92
Tabela 3.8	Variação do silicato ($\text{umol Si} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	94
Tabela 3.9	Variação de fosfato-P ($\text{umol} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	95
Tabela 3.10	Variação de Nitrito-N ($\text{umol} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	97
Tabela 3.11	Variação de Nitrato-N ($\text{umol} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT	97
Tabela 3.12	Correlações entre os parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão)	99
Tabela 3.13	Correlações entre os parâmetros na zona eufótica em 2000 (outono)	100
Tabela 3.14	Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão)	100
Tabela 3.15	Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 2000 (outono)	101
Tabela 3.16	Correlação entre os parâmetros [1 a 200m] em 1998 (verão)	101
Tabela 3.17	Correlação entre os parâmetros [1 a 200m] em 2000 (outono)	102
Tabela 3.18.-	Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2) em relação aos perfis para 1998(verão) e 2000 (inverno)	117
Tabela 3.19 -	Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2) em relação às profundidades, para 1998(verão) e 2000 (inverno)	117
Tabela 3.20 -	Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2), para as zonas eufótica e disfótica, em 1998(verão) e 2000 (inverno)	130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Absorbância
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
AES	Água Equatorial Superficial
AT	Água Tropical
CB	Corrente do Brasil
CNB	Corrente Norte do Brasil
CSE	Corrente Sul Equatorial
CTD	Conductivity-Temperature-Depth (Condutividade-Temperatura-Profundidade)
CVT	Cadeia Vitória-Trindade
FIA	Flow Injection Analysis (Análise por Injeção em Fluxo)
GPS	Geographic Position System (Sistema de Posição Geográfica)
HCA	Análise por Agrupamento Hierárquico
IC	Intervalo de Confiança
LC	Limite de Confiança
LD -	Limite de Detecção
NIST	National Institute of Standard and Technology
OD	Oxigênio Dissolvido
PCA	Análise de Componentes Principais.
PC1	Primeira Componente Principal
PC2	Segunda Componente Principal
PFQ	Parâmetros Físico-Químicos
Q1 e Q3	Faixa Interquartílica
REVIZEE	Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na ZEE
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NAS ÁGUAS OCEÂNICAS	19
1.2.	OBJETIVOS	36
1.3.	ÁREA DE ESTUDO	37
2	MATERIAIS E MÉTODOS	39
2.1	AMOSTRAGEM	39
2.2	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	42
2.2.1	Temperatura e salinidade	42
2.2.2	Valores de pH	42
2.2.3	Alcalinidade	43
2.2.4	Oxigênio dissolvido	43
2.2.5	Nutrientes inorgânicos	43
2.2.6	Unidades dos parâmetros físico-químicos	46
2.3	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	46
2.3.1	Estatística descritiva	46
2.3.2	Análise multivariada	47
2.4.	NORMALIZAÇÃO DO TEXTO	48
3	RESULTADOS	49
3.1	CONDIÇÕES DAS COLETAS	49
3.2	RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	54
3.2.1	Variação vertical dos parâmetros físico-químicos	54
3.2.2	Variação horizontal dos parâmetros físico-químicos	66
3.3	ESTUDO DAS MASSAS D'ÁGUA	81
3.4	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	85
3.4.1	Temperatura	85
3.4.2	Salinidade	87
3.4.3	Valores de pH	88

3.4.4 Alcalinidade	89
3.4.5 Oxigênio dissolvido	92
3.4.6 Silicato	94
3.4.7 Fosfato	95
3.4.8 Nitrito	97
3.4.9 Nitrato	97
3.5 MATRIZES DE CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	99
3.6 ANÁLISE POR AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO	106
3.6.1 Dendrogramas dos parâmetros em relação aos perfis	106
3.6.2 Dendrogramas dos parâmetros em relação à profundidade	111
3.6.3 Dendrogramas dos parâmetros nas zonas eufótica e disfótica	113
3.6.4 Dendrogramas das estações em relação às profundidades	115
3.7 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	117
3.7.1 Análise de componentes principais em relação aos perfis	118
3.7.2 Análise de componentes principais em relação à profundidade	125
3.7.3 Análise de componentes principais nas zonas eufótica e disfótica	130
4 DISCUSSÃO	135
5 CONCLUSÕES	148
REFERÊNCIAS	152
Apêndice A Curvas analíticas médias para as determinações dos nutrientes em 1998	165
Apêndice B Curvas analíticas médias para as determinações dos nutrientes em 2000	166
Apêndice C Detalhamento das amostragens em 1998 (verão)	167
Apêndice D Detalhamento das amostragens em 2000 (outono)	168
Apêndice E Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 1998 (verão)	169
Apêndice F Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 2000 (outono)	172
Apêndice G Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 1998 (verão)	175
Apêndice H Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 2000 (outono)	177
Anexo	181

1 INTRODUÇÃO

Dois cruzeiros de pesquisa amostraram a região localizada ($20^{\circ}15'$ - $21^{\circ}10'S$ a $28^{\circ}49'$ - $35^{\circ}55'W$) na Zona Econômica Exclusiva brasileira e suas adjacências, compreendendo diversos bancos submarinos e ilhas da Cadeia Vitória-Trindade, em dezembro de 1998 e maio de 2000. Estudos inéditos para a caracterização da área foram efetuados, com base na análise de fatores que regulam o meio, temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido e nutrientes inorgânicos, considerando as distribuições espaço-temporal na coluna d'água.

Os montes submarinos são considerados importantes feições geomorfológicas do fundo oceânico, porque apresentam uma gama considerável de formas e tipos de substratos, abrigando diversos ecossistemas (SMITH, 1988; EPP, 1989; CALDER, 2000). A presença dessas topografias pode provocar alterações na coluna d'água e, portanto, no meio (GENIM, 2004). Apesar da relevância das regiões marinhas com topografia complexa, as pesquisas nestes locais são muito laboriosas, porque investigam áreas remotas e de difícil amostragem, resultando em um número reduzido de trabalhos sobre o assunto. A carência de informação sobre a estrutura das águas adjuntas a essas feições tem sido um dos principais empecilhos para o gerenciamento dos recursos bióticos, assim como o acompanhamento das alterações nos fatores abióticos do ambiente.

A pesquisa apresentada analisa importantes indicadores físico-químicos e suas relações na coluna d'água da Cadeia Vitória-Trindade, em diferentes épocas do ano, trazendo um aporte ao conhecimento sobre as características do meio em que se dá a produtividade primária e, conseqüentemente, auxiliando na compreensão da dinâmica da região estudada.

1.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NAS ÁGUAS OCEÂNICAS

O compartimento oceânico pode ser representado por um modelo que divide as águas em duas camadas, superficial e profunda (Figura 1.1). A separação entre elas acontece por causa de uma zona com acentuado gradiente de temperatura, a termoclina, que funciona como uma barreira de mistura e, normalmente, inicia na base da zona eufótica. A termoclina é bem evidente nas águas tropicais e temperadas, mas, está pouco desenvolvida nas altas latitudes. Muitas vezes, a sua presença ou ausência caracteriza um ambiente marinho e influencia na distribuição dos constituintes na coluna d'água (CHESTER, 1990; SARMIENTO, 2006).

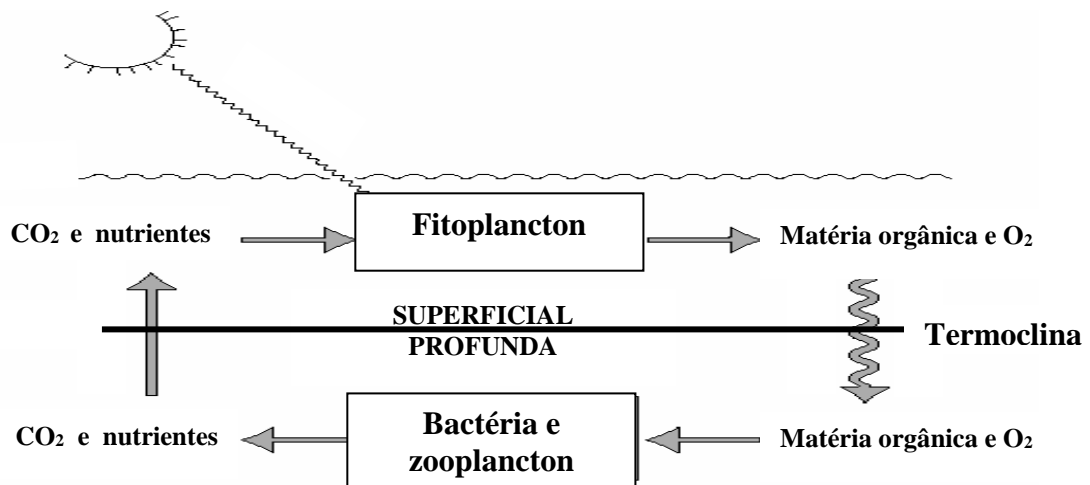


Figura 1.1 - Representação da estratificação da coluna d'água.

Fonte: Modificado de SARMIENTO, 2006.

A camada superficial está sujeita aos processos que ocorrem nas interfaces terra/mar e ar/mar, conseqüentemente, suas características dependem dos aportes externos de material e das condições meteorológicas. De outro modo, as águas da camada profunda não sofrem diretamente essas influências, portanto, apresentam maior estabilidade em relação às suas propriedades. Os reservatórios interagem, principalmente, via mistura vertical por meio de fluxos ascendente e descendente, com as taxas de troca reguladas por fatores dos ciclos hidrológico e biológico. Como resultado, a estratificação das águas oceânicas produz um eficiente sistema de transporte de massa e energia que se mantém pela busca do equilíbrio, com esse estado sustentado por milhões de anos (BROECKER, 1974; WUNSCH, 2004).

A produtividade primária nos oceanos abertos, onde não há fontes externas significativas de material, depende principalmente da energia do sol e dos processos bioquímicos de reciclagem, absorção/remineralização, que controlam os teores dos nutrientes oriundos de aportes internos. Além disso, outros fatores como turbulência e ressurgência modificam as trocas entre as camadas, porque os movimentos verticais transportam águas da camada mais profunda, ricas em nutrientes, para aquelas de superfície (MARSHAL, 1999). Desse modo, o desenvolvimento fitoplanctônico é favorecido, fazendo com que as zonas onde ocorrem esses fenômenos apresentem uma abundante e variada biota. O transporte de nutrientes pela ressurgência é fundamental para a sustentabilidade do meio, sobretudo em ambientes marinhos tropicais e equatoriais, que apresentam baixa produtividade biológica.

Ao longo da coluna d'água estão dissolvidos os constituintes maiores, os íons Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} e K^+ , que juntos perfazem 99,8% da massa total dos solutos na água do mar. Eles estão presentes em proporções constantes entre si e têm suas concentrações controladas, principalmente, por processos físicos de adição e remoção de água (GANACHAUD, 2003). Seus tempos médios de residência são maiores do que os tempos médios de residência das águas nos oceanos, daí serem denominados de íons conservativos.

As demais substâncias dissolvidas na água do mar incluem os gases, nutrientes inorgânicos, íons metálicos e compostos orgânicos, dentre outros. Eles são chamados de não conservativos, porque, suas distribuições são controladas tanto por processos físicos como bioquímicos (LIBES, 1992; ARRIGO, 2005). Apesar desses constituintes estarem presentes somente numa pequena fração da massa total dissolvida, a reatividade de muitos deles influencia na dinâmica dos fatores bióticos do sistema marinho.

As reações dos constituintes não-conservativos são, sobretudo, reguladas por equilíbrios de oxidação-redução. Na coluna d'água, o principal agente oxidante é o oxigênio dissolvido (O_2), por causa da sua abundância e potencial padrão (1,23 V) relativamente alto do par $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (MEDHAM, 2002). Além disso, muitas reações que envolvem este gás são rápidas e mediadas por enzimas catalíticas, produzidas por uma variedade de organismos marinhos. Embora ocorram agentes oxidantes mais fortes que o oxigênio, eles não exercem o controle sobre a química redox do oceano, porque apresentam concentrações muito baixas e as suas reações são cineticamente desfavorecidas. Uma vez que O_2 funciona como um poderoso agente oxidante, o equilíbrio termodinâmico e a cinética predizem que os elementos biologicamente ativos devem estar presentes nos seus estados de oxidação mais altos.

Por razões similares àquelas discutidas para o oxigênio, a matéria orgânica pode ser considerada como o mais importante agente redutor na água do mar. A sua oxidação aeróbica

libera uma grande quantidade energia, portanto, funciona como uma rota química preferencial para os organismos que empregam esta energia nas suas atividades metabólicas (FALKOWISK, 1998). Em condições anaeróbicas, os organismos utilizam outros agentes oxidantes diferentes do O_2 e, do mesmo modo, quando acontece a ausência da matéria orgânica, outros compostos funcionam como agentes redutores (TYRRELL, 1999; DEUTSCH, 2007). As reações de oxidação-redução mediadas biologicamente tendem a alcançar um estado próximo ao equilíbrio, por isso, o comportamento dos constituintes bioativos tem servido para caracterizar regiões marinhas.

Um dos principais parâmetros no estudo das águas oceânicas é a temperatura, porque controla praticamente todos os processos que regem a dinâmica do meio. A variação temporal e espacial na insolação causa diferenças na temperatura da superfície do mar, que diminui com o aumento da latitude. As águas, em latitudes média e baixa, apresentam temperaturas altas, com os maiores valores, em torno de $28^{\circ}C$, ocorrendo nos trópicos, (Figura 1.2).

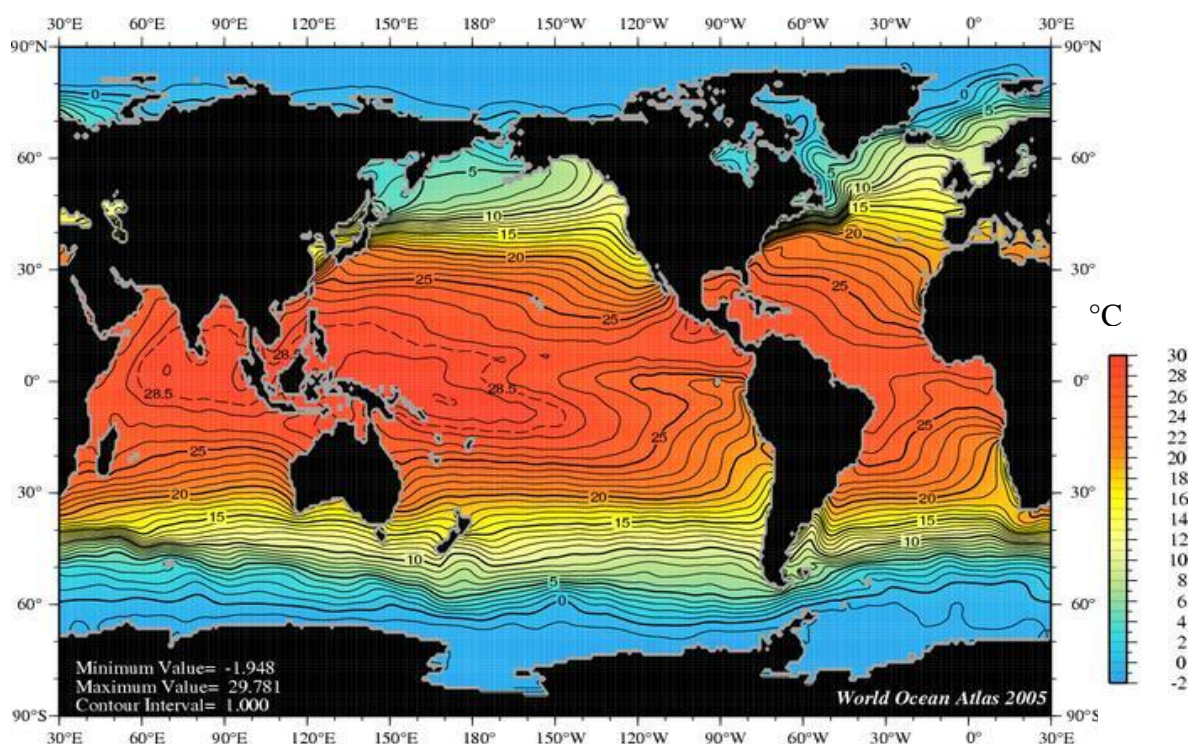


Figura 1.2 - Temperatura anual na superfície dos oceanos.

Fonte: World Ocean Atlas 2005¹.

¹ LOCARNINI, R. A.; MISHONOV, A. V.; ANTONOV, J. I.; BOYER, T. P.; GARCIA, H. E. **World Ocean Atlas 2005, Volume 1: Temperature**. Washington, D.C.: S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office, 2006. 182 p.

Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

Em latitudes baixa e média, a diferença de temperatura em decorrência do aquecimento superficial promove a estratificação da coluna d'água em três camadas. A primeira, zona superficial ou camada de mistura está em contato direto com a atmosfera, por isso, a massa líquida é aquecida pela energia solar, estando ainda sujeita à influência do sistema de ventos, atingindo profundidades de 50 a 200 m, ocupando em torno de 8% do volume total dos oceanos. A segunda, logo abaixo da camada superficial, caracterizada pela termoclina, onde sucede um rápido decréscimo da temperatura com o aumento da profundidade, forma uma zona intermediária que separa águas superficiais mais aquecidas daquelas frias e mais profundas; ocorre até os 1000 m e, em geral, corresponde a 12 % do volume oceânico. Nas regiões mais quentes e de baixa latitude a termoclina é permanente, entretanto, nas regiões frias e de alta latitude é quase ou totalmente ausente. Em latitudes médias, uma termoclina sazonal mais rasa pode se formar em algumas regiões, principalmente no verão. A última camada, abaixo da termoclina, se estende até o assoalho do oceano, sendo caracterizada por temperaturas baixas, em torno de 5^oC e chegando até 1^oC próximo ao fundo, ocupando aproximadamente 80% do volume total. Nas regiões polares, o resfriamento da camada superficial provoca o aumento da densidade, enquanto a formação do gelo promove o aumento da salinidade, resultando na convecção de águas densas e salinas até a camada de fundo (RILEY, 1973; CHESTER, 1990).

Nos oceanos, as grandes mudanças que ocorrem em resposta ao balanço hidrológico afetam as características da camada superficial, sobretudo a salinidade. Na sua definição original, a salinidade corresponde à massa (g) dissolvida em 1 kg de água do mar, após a oxidação completa do material orgânico, a conversão de todo o carbonato ao óxido, todo o brometo e iodeto trocados por cloreto (SARMIENTO, 2006). Anteriormente, este parâmetro foi citado em partes por mil (‰), indicando a massa (g) de soluto por kg de solução. Atualmente, a sua medida é obtida indiretamente pela condutividade e tem sido reportada em Unidade de Salinidade Prática (USP), a qual corresponde à razão entre as condutividades da amostra e de uma água padrão de referência. Como os íons majoritários apresentam alta concentração, eles são os principais responsáveis pelo teor da salinidade, porque, a contribuição das outras espécies dissolvidas torna-se pouco significativa. Uma vez que a quantidade dos íons conservativos permanece praticamente constante, a salinidade nos oceanos varia numa estreita faixa de 35 a 37 USP (KENISH, 1994).

A salinidade é regida por processos como a precipitação e a evaporação, o congelamento e o degelo, a dissolução dos carbonatos, advecção e difusão entre diferentes massas d'água (CHESTER, 1990; LIBES, 1992). Na superfície dos oceanos, este parâmetro

apresenta acentuadas variações com a latitude, desde a zona equatorial até a região polar, onde ocorrem os teores mais baixos (Figura 1.3).

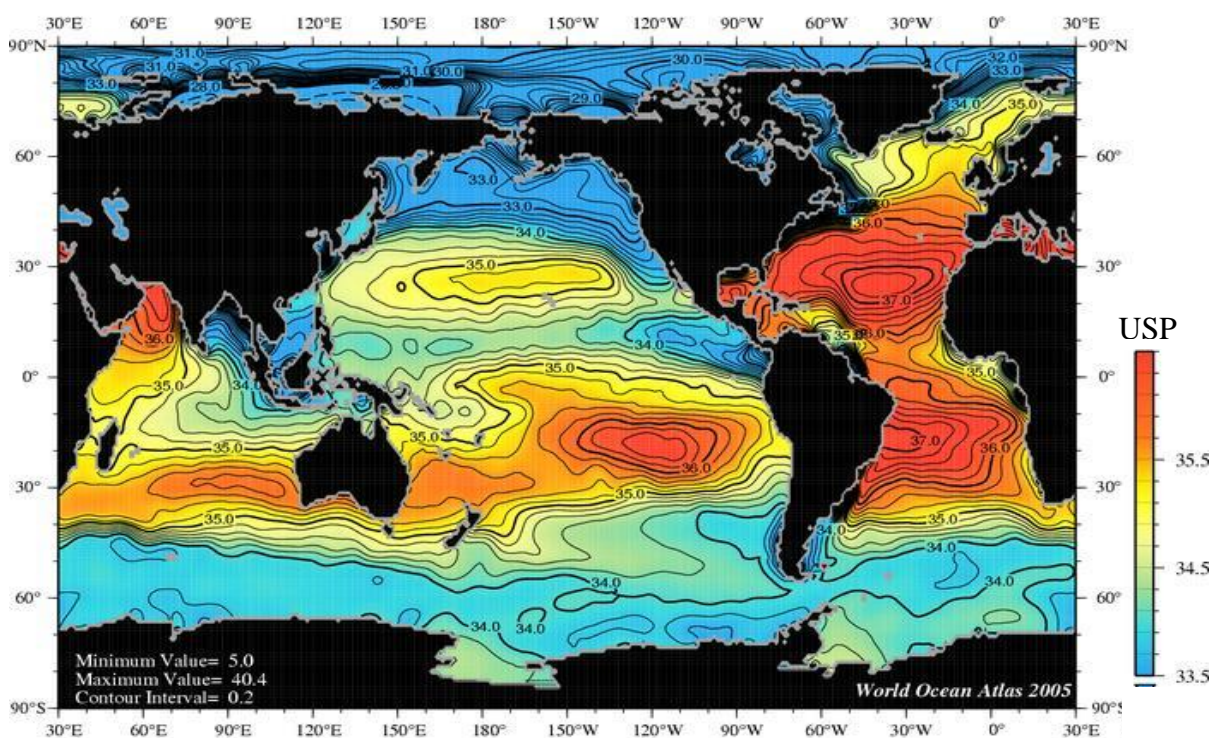


Figura 1.3 - Salinidade anual na superfície dos oceanos.

Fonte: World Ocean Atlas 2005².

As pequenas variações locais na salinidade costumam acontecer como resultado de flutuações na concentração de qualquer dos íons majoritários, no entanto, se a perturbação persistir, um novo estado de equilíbrio pode ser estabelecido. A mistura entre diferentes massas d'água provoca também alterações relativamente acentuadas. O perfil vertical apresenta uma diminuição da salinidade com o aumento da profundidade, porém, na faixa de 800 a 1500 m fica praticamente uniforme, evidenciando a sua relação com a temperatura.

Nos oceanos, a temperatura (T) e a salinidade (S) regulam a maioria dos processos físico-químicos e as suas variações promovem importantes efeitos na circulação das águas, porque afetam principalmente a densidade (SIEDLER, 2001; WEEB, 2001). Assim, a coluna d'água é marcada por diferentes massas d'água e a classificação delas se baseia na sua origem e profundidade, sendo estudadas por meio de diagramas T-S.

² ANTONOV, J. I.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; MISHONOV, A. V.; GARCIA, H. E. **World Ocean Atlas 2005, Volume 2: Salinity**. Washington, D.C.: S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 62, U.S. Government Printing Office, 2006. 182 p.

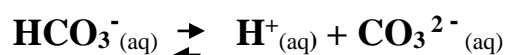
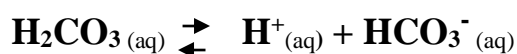
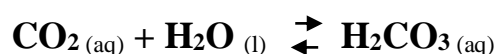
Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

As massas d'água que ocupam o Atlântico Sul são cinco, da superfície ao fundo: Água Tropical Superficial ou Água Tropical (AT), da superfície até aproximadamente os 200 m; Água Central do Atlântico Sul (ACAS), em torno dos 200 aos 500 m; Água Intermediária Antártica (AIA), de 500 a 1000 m; Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Antártica de Fundo (AAF), abaixo dos 1000 m. Na zona superficial, ocupada pela AT que apresenta temperatura média de 27 °C e salinidade superior a 36 USP, está localizada a camada de mistura e o topo da termoclina (25°C). Abaixo da AT ocorre a ACAS, com temperaturas e salinidades iguais ou inferiores aos 18°C e 36 USP, (MATSUURA, 1986; PETERSON, 1991; STRAMMA, 1999; SCHMID, 2001).

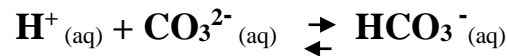
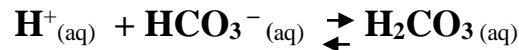
No oceano Atlântico Sul, como resultado dos ventos alísios, forma-se uma grande corrente denominada Corrente Sul Equatorial (CSE) que flui no sentido leste-oeste até encontrar a costa brasileira. Entre 5 a 10°S, a CSE se bifurca em dois ramos que formam a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a Corrente do Brasil (CB), a qual flui rumo ao sul, transportando águas quentes e salinas que correm paralelas à costa brasileira (EVANS, 1985). A estrutura oceanográfica da costa leste sul-americana está bem aceita, embora, possa haver algumas diferenças entre os autores, quanto à marcação das profundidades e os limites de temperatura e salinidade, para a classificação das diversas massas d'água.

No ambiente marinho, ocorrem importantes reações ácido-base que auxiliam na manutenção das condições estáveis do meio. As espécies dominantes que participam desses equilíbrios são o carbonato (CO_3^{2-}), o bicarbonato (HCO_3^-), o íon amônio (NH_4^+), o hidrogeno fosfato (HPO_4^{2-}), o dihidrogeno fosfato (H_2PO_4^-), o ácido bórico (H_3BO_3) e o ácido silícico (H_2SiO_3). No entanto, o sistema carbonato praticamente controla o pH na coluna d'água, porque a influência das outras espécies torna-se negligenciável, uma vez que suas concentrações são relativamente baixas (CHESTER, 1990).

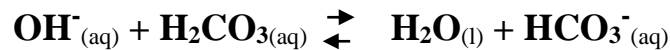
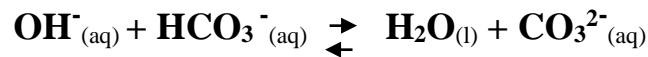
Os equilíbrios que regulam o sistema carbonato funcionam como um eficiente sistema tampão e são dependentes das taxas do dióxido de carbono (CO_2) dissolvido. As reações que envolvem a formação e dissolução do ácido carbônico são:



Quando ocorre a adição de ácidos, o sistema tampão previne mudanças no pH:



O sistema pode também prevenir as mudanças no pH quando ocorre a adição de bases:



Nos oceanos, devido aos equilíbrios do sistema carbonato, o pH varia numa estreita faixa, em torno de 7,5 e 8,4 com um valor médio de 8,0 (Figura 1.4).

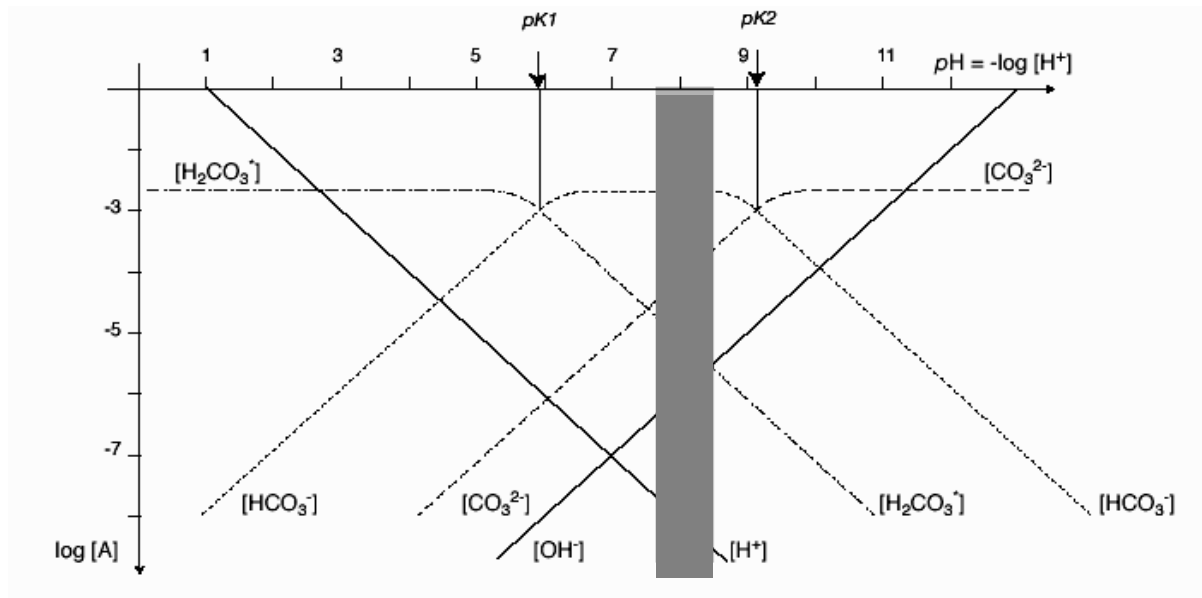


Figura 1.4 - Os equilíbrios do sistema carbonato e a faixa de pH dos oceanos.
Fonte: Modificado de SARMIENTO, 2006.

O pH da água do mar sofre ainda influências da temperatura, salinidade e pressão hidrostática. Em geral, seu valor diminui com profundidade, porque a diminuição da temperatura promove maior dissociação do ácido carbônico (RILEY 1973; HARVEY, 1974). Portanto, o perfil vertical deste parâmetro acompanha aqueles da temperatura e salinidade, ou seja, o pH diminui com o aumento da profundidade. Além do mais, como resultado da atividade biológica, abaixo da zona eufótica, os organismos utilizam o oxigênio (O₂) e liberam o dióxido de carbono (CO₂). Devido ao ácido formado pela hidrólise do CO₂, os valores de pH podem ser reduzidos até 7,5 nas camadas mais profundas (DAVIS, 1973).

As águas oceânicas possuem uma capacidade potencial de absorver grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), porque a solubilidade deste gás aumenta devido a sua reação com o carbonato (CO_3^{2-}) para formar o bicarbonato (HCO_3^-):



Além disso, a intensa atividade biológica na zona eufótica favorece o consumo do CO_2 para produzir material biogênico e carbonato de cálcio (CaCO_3), que imergem para as camadas mais profundas. Uma vez que o dióxido de carbono (CO_2) presente na camada superficial é rapidamente convertido, o Carbono Inorgânico Dissolvido (DIC) encontra-se nesta forma apenas em pequenas quantidades, em torno de 8%, o restante permanece como carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-). Na superfície dos oceanos, o balanço resultante entre essas espécies controla a produção do carbonato de cálcio (CaCO_3), assim como sua dissolução ao longo da coluna d'água. Estes processos, produção/dissolução, que envolvem o carbonato de cálcio são também os principais responsáveis pelo controle da alcalinidade nos mares (LIBES, 1972). A eficiência da absorção/reposição do dióxido de carbono irá depender do tipo e da quantidade do fitoplâncton como, também, das rotas e taxas de transporte da circulação marinha (ARRIGO, 2005). O perfil vertical da alcalinidade (Alk) acompanha o perfil do DIC, no entanto, seus teores variam numa faixa muito estreita, permanecendo praticamente constante na coluna d'água (Figura 1.5).

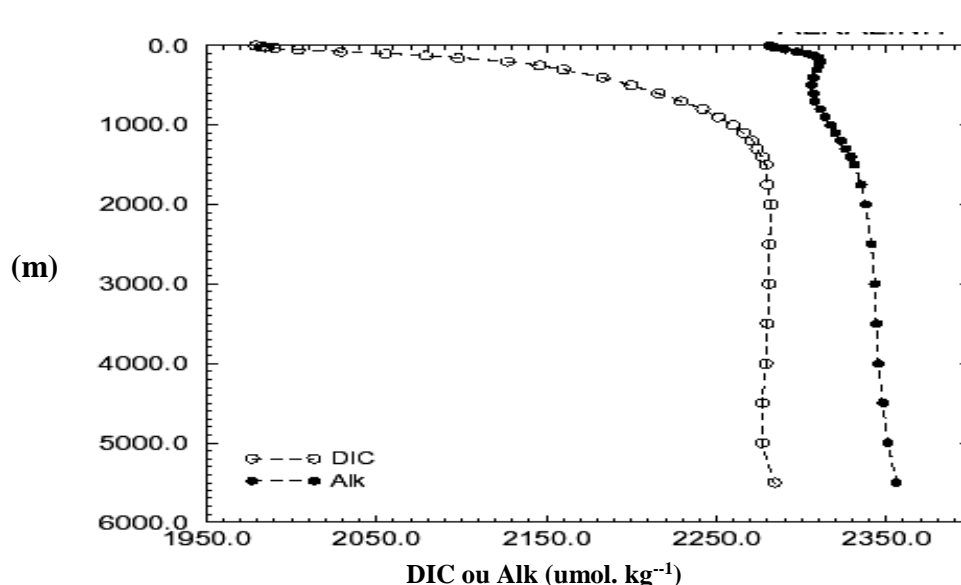
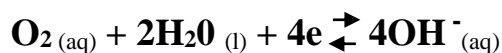


Figura 1.5 - Perfil vertical típico para Alcalinidade e Carbono Inorgânico Dissolvido³.
Fonte: Modificado de SARMIENTO, 2006.

³ Carbono Inorgânico dissolvido (DIC) e Alcalinidade (Alk).

A neutralidade do meio aquoso implica que o número total de cargas negativas deve ser igual ao número total de cargas positivas, por isso, a medida da alcalinidade total indica o excesso de bases necessárias para balancear o excesso de ácidos. Desse modo, o seu valor tem sido obtido pela titulação, com ácido clorídrico, de todas as bases fracas presentes na solução da água do mar (DICKSON, 1981).

No ambiente marinho, enquanto o dióxido de carbono (CO₂) reage parcialmente para formar ácido carbônico (H₂CO₃) e seus produtos de dissociação, com o oxigênio (O₂) ocorre principalmente uma dissolução física. Apesar da baixa reatividade do O₂, a ausência de significantes quantidades de outros pares redox faz com que o potencial de oxidação na água do mar seja influenciado por:



A solubilidade do gás na água é governada pela *Lei de Henry*:

$$C = \alpha p 10^4$$

onde, **C** é a concentração (mL O₂ L⁻¹), **α** é o *coeficiente de Bunsen* e **p** é a pressão parcial do gás na fase gasosa em equilíbrio com a fase aquosa. Esta equação permite estabelecer a taxa de saturação do oxigênio, com **α** dependente da temperatura e da salinidade (GRASSHOFF, 1983). O conteúdo de oxigênio dissolvido (OD) tem sido constantemente determinado juntamente com esses dois parâmetros, para a salinidade de 35 USP, em 0°C e 24°C, as concentrações na superfície do mar estão em torno de 8,8 e 5,5 mL O₂.L⁻¹, respectivamente (BROECKER, 1974). Nas condições de equilíbrio com a atmosfera, o oxigênio dissolvido apresenta 100% de saturação na camada superficial. No entanto, os processos de suprimento e remoção do gás na fase líquida são geralmente rápidos, causando desvios da idealidade.

Fatores físicos, como os ventos, são de grande importância na distribuição do oxigênio na camada superficial dos oceanos. O aumento da turbulência, em determinados locais, favorece a injeção de bolhas na água, podendo causar supersaturação. Por outro lado, em situações de calmaria, se forma um espesso filme de estagnação que isola a camada de mistura, nesse caso, o transporte do gás é feito principalmente por difusão molecular. Como este é um processo relativamente lento, mesmo favorecido pelo meio eletrolítico da camada líquida, as ondas são essenciais para promover o transporte turbulento, além de aumentarem a área superficial de troca com a atmosfera.

A entrada do oxigênio (O₂) na camada superficial, pelas trocas na interface ar-mar, é de fundamental importância para a vida marinha. Os gases dissolvidos na água, CO₂ e O₂, controlam importantes processos biogeoquímicos, participando da produção e da

decomposição da matéria orgânica, pela fotossíntese e respiração, respectivamente (SCHNEIDER, 2005). Assim, oxigênio dissolvido (OD) apresenta comportamento não conservativo e, muitas vezes, serve como indicador dos processos químicos e biológicos que ocorrem nos oceanos.

Na camada de mistura, a produção de OD pela fotossíntese, aliada ao transporte físico, pode causar supersaturação, com taxas em torno de 120%. Nesta zona, os altos teores do gás permitem a remineralização do material orgânico *in situ*, possibilitando assim o consumo no próprio local de produção (ARRIGO, 2005). Na termoclina, as concentrações mínimas são esperadas, porque a oxidação da matéria orgânica que se encontra acumulada na base da zona eufótica consome, praticamente, todo OD disponível. Desse modo, na termoclina comumente ocorrem as concentrações mínimas. Abaixo da termoclina, as correntes de fundo ricas em OD ocasionando um suprimento do gás, promovendo então taxas de reposição maiores que as de consumo.

Na superfície dos oceanos, a distribuição de OD varia de acordo com a latitude, com as maiores concentrações sendo encontradas nas regiões polares (Figura 1.6).

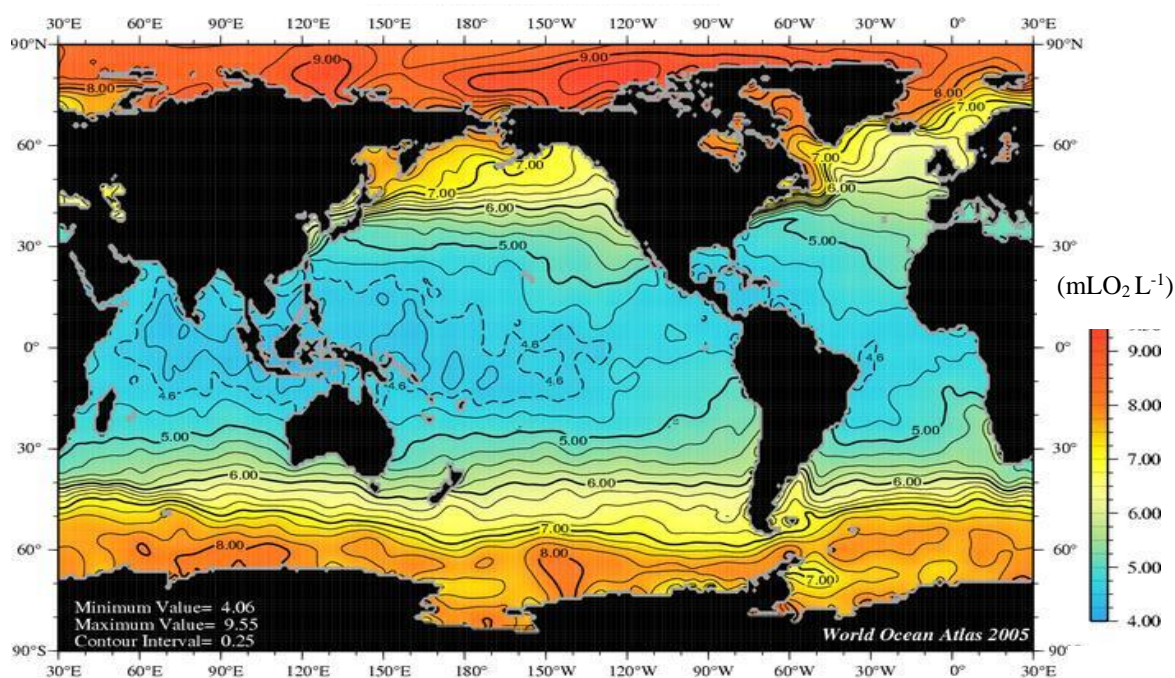


Figura 1.6 - Concentração anual de Oxigênio Dissolvido (OD) na superfície dos oceanos.

Fonte: World Ocean Atlas 2005 ⁴

⁴ GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; ANTONOV, J. I. **World Ocean Atlas 2005, Volume 3: Dissolved Oxygen, Apparent Oxygen Utilization, and Oxygen Saturation**. Washington D.C.: S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 63, U.S. Government Printing Office, 2006. 342 p.
Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

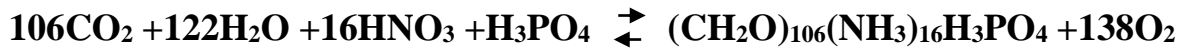
O perfil vertical do oxigênio dissolvido na coluna d'água sofre influência da absorção do gás na interface ar-mar; dos processos biológicos e das taxas de transporte físico, por isso, ele se distribui em zonas típicas. Na camada superficial, sobretudo nas profundidades de 10 a 20 m, ocorrem as maiores concentrações, com a solubilidade do gás na fase aquosa dependendo da temperatura, da salinidade, das interações com a atmosfera e do processo fotossintético. Abaixo da camada superficial, os teores do oxigênio dissolvido começam a diminuir, porque ele é consumido na degradação da matéria orgânica por mediação biológica. Com o aumento da profundidade, ocorre uma zona de concentrações mínimas que, em geral, coincide com o início da termoclina e vai até os 1000 m, aí as atividades biológicas aumentam a taxa de consumo do gás, a qual chega a exceder a taxa de reposição via circulação. Porém, o resfriamento nas zonas polares favorece aumentos na solubilidade do oxigênio e na densidade da água, promovendo a convecção de águas superficiais, densas e ricas em OD, até as camadas mais profundas, onde os teores voltam a crescer (GANACHAUD, 2003).

A quantidade do oxigênio disponível na fase líquida controla a vida marinha e vice-versa, por conseguinte, os fatores que determinam a solubilidade do gás também influenciam na composição da atmosfera (ARRIGO, 2005; SARMIENTO, 2006). Desse modo, os dois compartimentos (atmosfera-oceano) permanecem num estado de equilíbrio dinâmico, regulado principalmente pela presença da biota. A coluna d'água pode ser caracterizada pelas taxas de OD, assim como os ecossistemas marinhos.

Os elementos na água do mar têm sido classificados de acordo com sua distribuição no meio e o impacto que provocam nas atividades biológicas (BROECKER, 1982). Os *biolimitantes* são aqueles que controlam diversos processos bioquímicos, tais como nitrogênio na forma do nitrato (NO_3^-), fósforo na forma de fosfato (PO_4^{3-}) e silício na forma do ácido silícico (H_2SiO_3), eles apresentam concentrações muito baixas na camada superficial, indicando importante relação com a produtividade primária. Os *biointermediários*, como carbono e bário, apresentam depleção parcial na superfície, porque suas concentrações não são limitadas pelas atividades metabólicas, apesar de participarem dos processos biológicos. Os *bioilimitados* são os constituintes maiores, que não atuam diretamente na biota e suas distribuições permaneçam praticamente uniformes ao longo da coluna d'água.

Nos oceanos, os organismos autotróficos utilizam o carbono inorgânico sob a forma de CO_2 , os compostos inorgânicos de nitrogênio (N) e fósforo (P), a água e a energia solar para produzir protoplasma e O_2 , que sustentam o metabolismo dos organismos heterotróficos (SCHINEIDER, 2005). Como consequência, a razão atômica para os elementos C:N:P (106:16:1) encontrada na água do mar é semelhante àquela no fitoplâncton e traduz um

conceito das proporções naturais (REDFIELD, 1958). Com base nessa proporção, denominada de *Razão de Redfield*, ficou estabelecida uma fórmula empírica para a matéria orgânica, $C_{106}(H_2O)_{106}(NH_3)_{16}PO_4$, cuja produção pela fotossíntese pode ser representada por:



O sentido inverso desta reação de produção representa a respiração de organismos como bactérias, fungos, protozoários e outros. Uma vez que esta decomposição funciona como a via principal para a regeneração de nitrato e fosfato, o processo também é conhecido como remineralização. Além das concentrações dos constituintes envolvidos e das variáveis físicas do meio, os equilíbrios das reações de produção e remineralização da matéria orgânica dependem de fatores bióticos, portanto, muitos autores continuam pesquisando a Razão de Redfield em diferentes contextos oceanográficos (ANDERSON, 1994; KLAUSMEIER, 2004; SANUDOWILHELMY, 2004; CHRISTIAN, 2005; SCHNEIDER, 2005; DEUTSCH, 2007).

Na água do mar, as transformações do nitrogênio são geralmente mediadas biologicamente, com seus compostos apresentando diferentes formas (Figura 1.7).

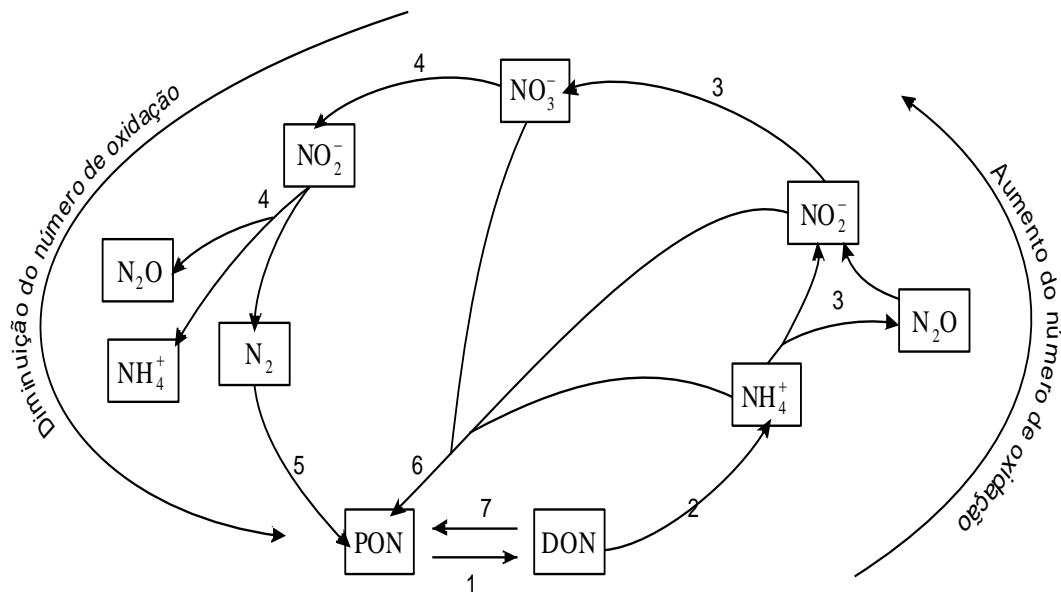


Figura 1.7 - Representação esquemática das transformações do nitrogênio⁵.
Fonte: Modificado de LIBES, 1992.

Na presença de oxigênio, a transformação do Nitrogênio Orgânico Dissolvido (DON) segue uma rota conhecida como nitrificação, onde ocorre a oxidação de constituintes

⁵ Nitrogênio Orgânico Particulado (PON) e Nitrogênio Orgânico Dissolvido (DON); 1) remineralização; 2) amonificação; 3) nitrificação; 4) denitrificação; 5) fixação do nitrogênio; 6) redução do nitrogênio e 7) assimilação do DON.

intermediários até a formação do nitrato (NO_3^-), porque este é mais estável. Por outro lado, em ambientes anaeróbicos acontece a denitrificação, devido ao meio altamente redutor que favorece a redução do nitrato até o N_2 , que forma o Nitrogênio Orgânico Particulado (PON).

Nos ciclos biogeoquímicos, o nitrato e o fosfato são praticamente removidos da camada de mistura pelo processo da fotossíntese, indicando que o fitoplâncton controla os seus teores e vice-versa. Na presença de oxigênio, uma parte da matéria orgânica é remineralizada e os nutrientes retornam para a solução, a outra parte imerge e sedimenta no fundo dos oceanos (FAUL, 2005). Portanto, as concentrações de nitrato e fosfato geralmente aumentam com a profundidade, enquanto as de oxigênio diminuem. As distribuições desses constituintes ao longo da coluna d'água dependem ainda do movimento das águas, das condições climáticas e do aporte de outras fontes (CORNELL, 2002; BATURIN, 2003).

Outro importante nutriente, o silício, encontra-se dissolvido como ácido orto-silícico (H_4SiO_4) e serve aos organismos marinhos, como as diatomáceas e radiolários, para a formação dos esqueletos e conchas. Quando o silício dissolvido está presente em abundância, as diatomáceas são as espécies dominantes, porque seu crescimento depende primariamente da presença do ácido silícico. A sílica das partes duras retorna para a coluna d'água por dissolução, aparentemente, este processo não envolve ação biológica, mas os detritos podem ser assimilados na cadeia alimentar por outros organismos e, então, expulsos como material fecal (CAPPELLEN, 2002). A dissolução depende da taxa de saturação com respeito ao silício, da taxa de produção da sílica pelos organismos e do tempo requerido para a concha chegar ao assoalho marinho (RAGUENEAU, 2000). Outros fatores como temperatura, pressão e composição da água, também controlam a dissolução. Eventualmente, a sílica biogênica depositada no fundo, converte sua estrutura amorfa em uma cristalina, o quartzo.

O material biogênico produzido na zona eufótica imerge e vai sendo remineralizado ou dissolvido. Desse modo, o intenso aporte descendente dos nutrientes (nitrato, fosfato e silicato) promove um acúmulo nas camadas mais profundas. Com o movimento horizontal das águas pelos oceanos, esses constituintes são carregados e suas concentrações aumentam com a idade das massas d'água (CHESTER, 1990). Eles são redistribuídos via circulação, com a segregação horizontal dependendo da eficiência de reciclagem desses constituintes, do fluxo descendente do material e das taxas de movimento das águas. Assim, no ambiente marinho, as variações geográficas nos teores dos nutrientes inorgânicos são muito acentuadas. Como regra geral, por causa da intensa atividade biológica, as concentrações dos nutrientes são muito baixas na superfície, com as variações em função da latitude apresentando os maiores teores, principalmente, no hemisfério sul (Figuras 1.8 a 1.10).

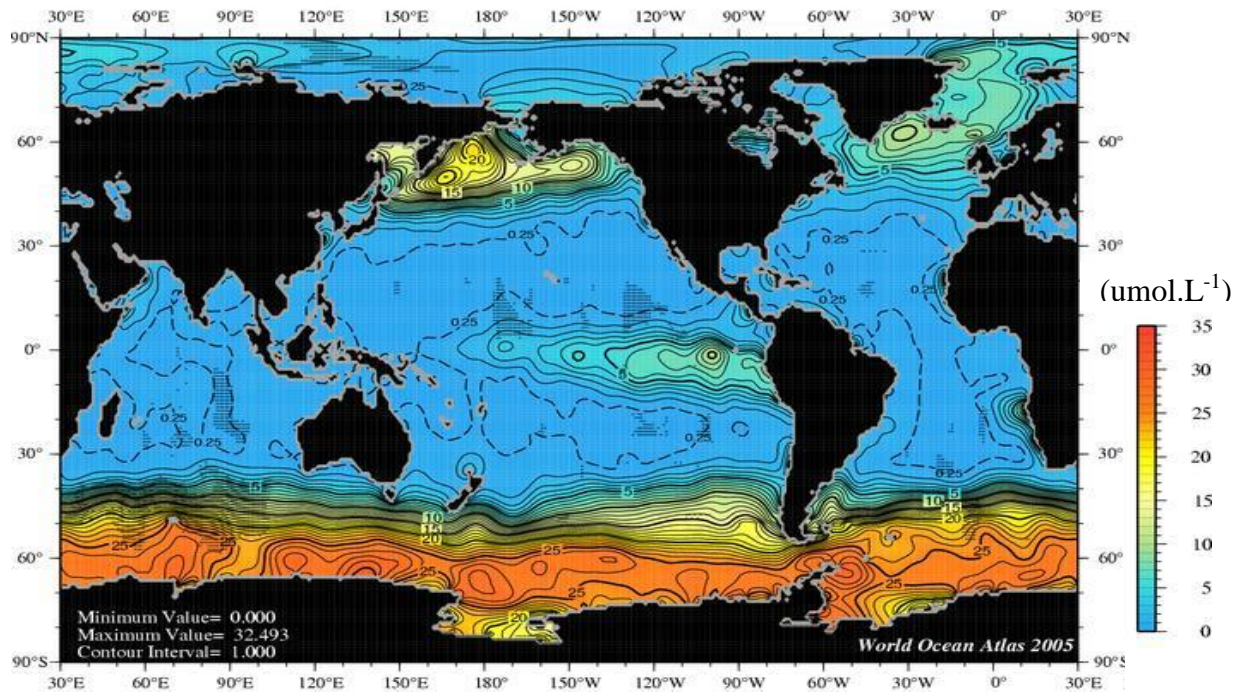


Figura 1.8 - Concentração anual de nitrato na superfície dos oceanos.
 Fonte: World Ocean Atlas 2005⁶

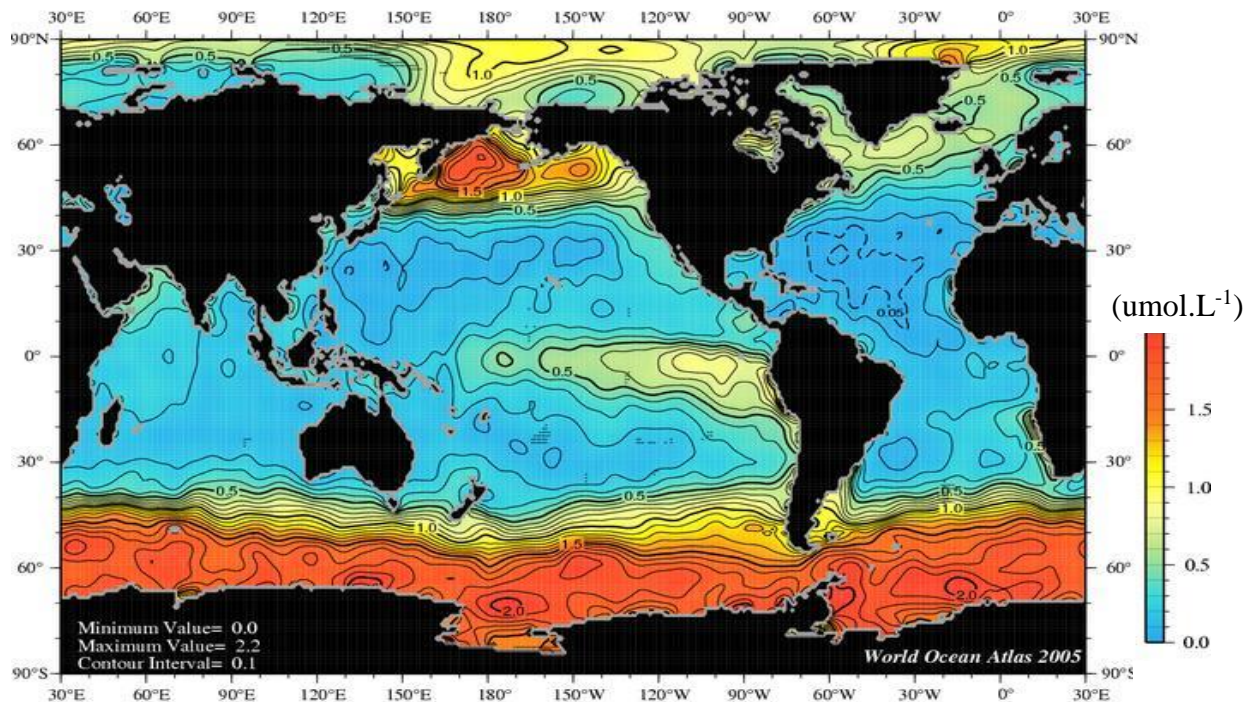


Figura 1.9 - Concentração anual de fosfato na superfície dos oceanos.
 Fonte: World Ocean Atlas 2005⁷

⁷ GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; ANTONOV, J. I. **World Ocean Atlas 2005, Volume 4: Nutrients (phosphate, nitrate, silicate)**. Washington, D.C.: S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 64, U.S. Government Printing Office, 2006. 396 p.
 Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

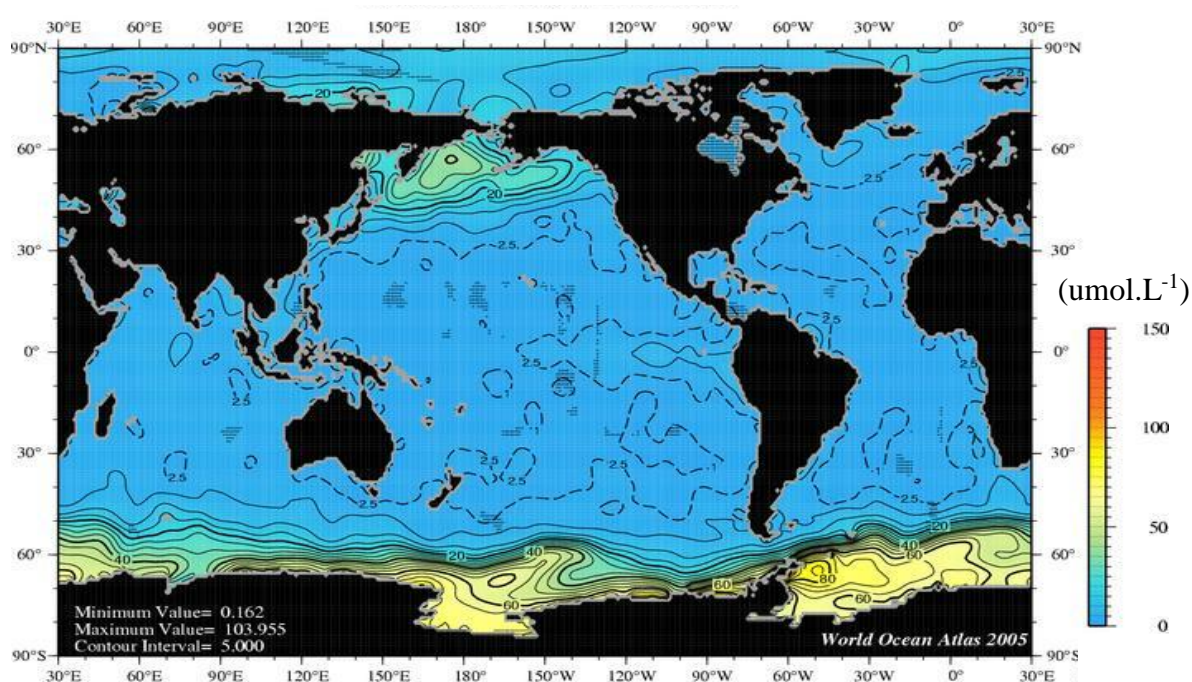


Figura 1.10 - Concentração anual de silicato na superfície dos oceanos.

Fonte: World Ocean Atlas 2005⁸

A manutenção de ecossistemas com produtividade alta depende do aporte de nutrientes para a zona eufótica, que pode acontecer por diferentes processos de mistura, principalmente, pela ressurgência. Considerando os mecanismos de transporte dos nutrientes para a camada superficial e seu impacto na dinâmica do meio, as áreas oceânicas foram classificadas como biomas (SARMIENTO, 2006). No *bioma com influência equatorial*, entre 5°N e 5°S, ressurgências e rápidas taxas de transporte horizontal garantem um alto aporte de nutrientes para a superfície. No *bioma subtropical com estratificação permanente*, logo após o equatorial, o ambiente na camada superficial permanece oligotrófico ao longo do ano, porque não ocorre mistura vertical no inverno, promovida pelo afundamento de águas superficiais mais frias e, portanto, mais densas. No *bioma subtropical com estratificação sazonal*, o afundamento da camada de mistura faz com que os nutrientes das camadas profundas retornem à superfície e fertilizem as águas mais rasas, alterando assim a biodisponibilidade dos nutrientes ao longo do ano. O *bioma subpolar* mantém relevante produtividade, pois ambos, ressurgência e mistura no inverno, garantem elevados aportes de nutrientes para a superfície (Figura 1.11)

⁸ GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; ANTONOV, J. I. **World Ocean Atlas 2005, Volume 4: Nutrients (phosphate, nitrate, silicate)**. Washington, D.C.: S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 64, U.S. Government Printing Office, 2006. 396 p.

Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

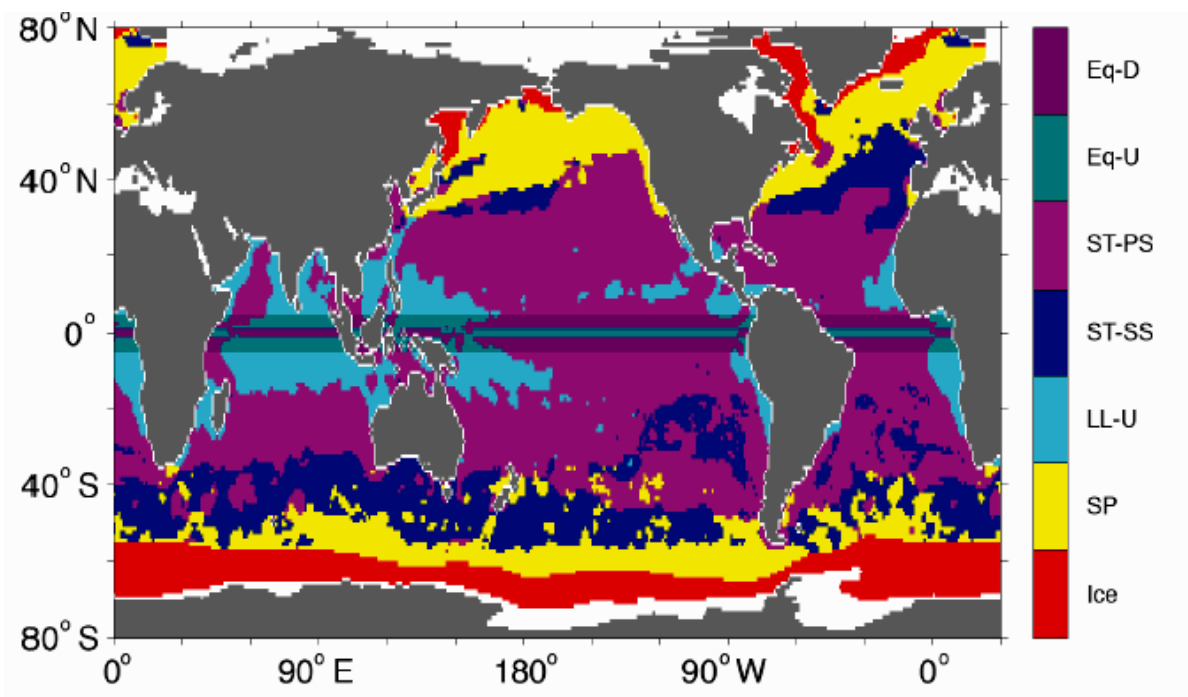


Figura 1.11 - Esquema de classificação dos biomas em função da circulação das águas.
Fonte: SARMIENTO, 2006⁹.

As características oligotróficas são típicas de biomas que apresentam estratificação da coluna d'água, porque a termoclina funciona como uma barreira de mistura que separa águas superficiais, quentes e pobres em nutrientes, daquelas frias e produtivas da camada de fundo.

Os métodos tradicionais empregados na determinação quantitativa de parâmetros físico-químicos na água do mar, apesar de apresentarem características favoráveis, são considerados muito laboriosos. Assim, o desenvolvimento de novas técnicas de análise tem sido um desafio para os químicos, sobretudo para as avaliações ambientais, que dependem de numerosos dados para investigar as relações mais significativas entre as variáveis que regem o meio. Uma revisão sobre sensores químicos e biológicos, aplicáveis nas determinações *in situ* de diversos analitos, apontou a necessidade de se desenvolver metodologias que, de fato, tornem esses avanços acessíveis (DALY, 2004).

Para as medidas de pH, sensores ópticos com faixa de transição de 7,2 a 9,2 têm sido empregados em determinações na água e nos sedimentos (SCHRODER, 2005). Técnicas utilizando estes sensores, em conjunto com sistemas FIA¹⁰, possibilitam medidas com maior

⁹ Os símbolos representam: **Eq-D**, bioma com influência equatorial e com circulação descendente (Downwelling-D); **Eq-U**, bioma com influência equatorial e com circulação ascendente (Upwelling-U); **ST-PS**, bioma subtropical com estratificação permanente; **ST-SS**, bioma subtropical com estratificação sazonal; **LL-U**, bioma em baixas latitudes e com circulação ascendente (Upwelling-U); **SP**, bioma subpolar; **Ice**, bioma correspondente às zonas dos mares gelados.

¹⁰ FIA (Flow Injection Analysis; Análise por Injeção em Fluxo).

rapidez, por isso são considerados muito apropriados para medidas no ambiente marinho (PINHEIRO, 2005). Para dosar alcalinidade, técnica potenciométrica usando analisador de fluxo com automação apresenta melhores características que o método tradicional (WATANABE, 2004); outro método promissor emprega titulação espectrofotométrica ácido-base, em substituição às técnicas volumétricas usuais (MARTZ, 2006).

Em relação às medidas de oxigênio dissolvido (OD), determinações com sensores de gás acoplados ao sistema CTD¹¹, além de possibilitar a investigação em locais remotos, apresenta a vantagem de medidas conjuntas com a temperatura e salinidade, em tempo real (EMERSON, 2002). A descrição de métodos para as medidas de OD usando *optodo* (sensor químico com fibra óptica) mostrou resultados com características bastante favoráveis (KORTZINGER, 2005). Este método, quando comparando com outros, tem sido considerado adequado em termos da qualidade dos resultados (TENGBERG, 2006).

Uma revisão sobre as determinações de nitrato e nitrito aponta as dificuldades de se extrapolar métodos para medidas em diferentes matrizes (MOORCROFT, 2001). Outra revisão sobre os métodos com FIA mostrou as características de várias adaptações, evidenciando as vantagens de medidas seqüenciais das amostras (ESTELA, 2005). De um modo geral, novos métodos de determinação de nutrientes vêm sendo estudados, apontando uma tendência a permanecer com FIA, porque funciona como uma ferramenta adequada para ser acoplada a diversas técnicas e permite monitoramento seqüencial de diversos parâmetros (DUTT, 2002; HANRAHAN, 2002; GALLIGNAMI, 2004; GRAY, 2006). Recentemente, técnica com extração tem sido estudada, possibilitando medidas de quantidades de analitos na ordem de nanomol (LIANG, 2007). Entretanto, um novo método com pré-concentração, para a quantificação de nanomols de ácido silícico em água do mar, embora promissor, ainda não está disponível para as rotinas (RIMMELIN-MAURY, 2007).

Apesar dos avanços nos métodos de determinação dos analitos na água do mar, continuam os desafios na busca de inovações para solucionar os problemas de medidas em amostras diferentes, química e fisicamente, com coletas em locais remotos (ITO, 2005; MARUO, 2006; OGURI, 2006; WORSFOLD, 2006; JOHNSON, 2007; ZHAO, 2007).

Uma vez que os mares passaram a ser territórios nacionais e foram incluídos na geografia de cada país costeiro, os programas envolvidos com as pesquisas de extensas áreas do ambiente marinho têm caráter decisivo para o gerenciamento dos recursos ambientais. Considerando a diversidade ecológica e a extensão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE)

¹¹CTD (Conductivity, temperature and depth; medidor em tempo real de condutividade e temperatura).

brasileira, o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) pode ser visto como um dos mais amplos e com objetivos mais complexos já desenvolvidos no país (BRASIL, 1994). Este Programa utilizou como estratégia, a participação da comunidade científica nacional e o aproveitamento da capacidade instalada nas universidades e instituições de pesquisas, sob a coordenação e o apoio governamental. A produção científica no âmbito do REVIZEE, *a priori*, não se constitui exclusividade do Programa, representando parte da contrapartida para as instituições envolvidas. Os trabalhos foram divulgados em forma de artigos, dissertações, teses (ALBUQUERQUE, 1997; ALMEIDA, 1999; AQUINO, 1999; OLIVEIRA, 1999; ADVINCULA, 2000; SILVA, 2000; BECKER, 2001; CAVALCANTI, 2002; CHEN, 2002; CARIA, 2003; MONTES, 2003; VELASCO, 2004; CARDOSO, 2006; WEIGERT, 2006). Ao longo do tempo, está previsto que as pesquisas no âmbito do REVIZEE continuarão sendo divulgadas, mesmo com o término do programa, pela importância das questões ambientais.

Como cerca de 40% das regiões costeiras da América do Sul estão em áreas brasileiras, o país tem atuação relevante na pesquisa oceanográfica. Assim, tornam-se imprescindíveis os estudos sobre as características das águas que circulam na ZEE nacional.

1.2. OBJETIVOS

Analisar os parâmetros físico-químicos da coluna d'água na Cadeia Vitória -Trindade, para caracterizar a região dentro do contexto oceanográfico, trazendo um aporte ao conhecimento da dinâmica que rege o meio ambiente investigado.

Objetivos específicos

- Determinar os valores da temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em amostras coletadas no verão e outono, para fornecer dados da variação espacial e temporal destes parâmetros.
- Analisar estatisticamente os resultados dos parâmetros físico-químicos, para sistematizar as informações e estabelecer as relações mais significativas entre eles.
- Caracterizar a área estudada, identificando os principais processos de natureza físico-química.

1.3. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado em área oceânica ($20^{\circ}15'-21^{\circ}10'S$ e $28^{\circ}49'-35^{\circ}55'W$), ao longo da Cadeia Vitória-Trindade (CVT), a qual se encontra numa zona de fratura (GUAZELLI, 1978; ALVES, 2002; ALVES, 2006) e avança pelo Atlântico Sul desde a plataforma continental brasileira, do banco Vitória ($38^{\circ}W$) até as ilhas Martin Vaz ($29^{\circ}W$), entre os paralelos de 20° e $21^{\circ}S$ (Figura 1.12).

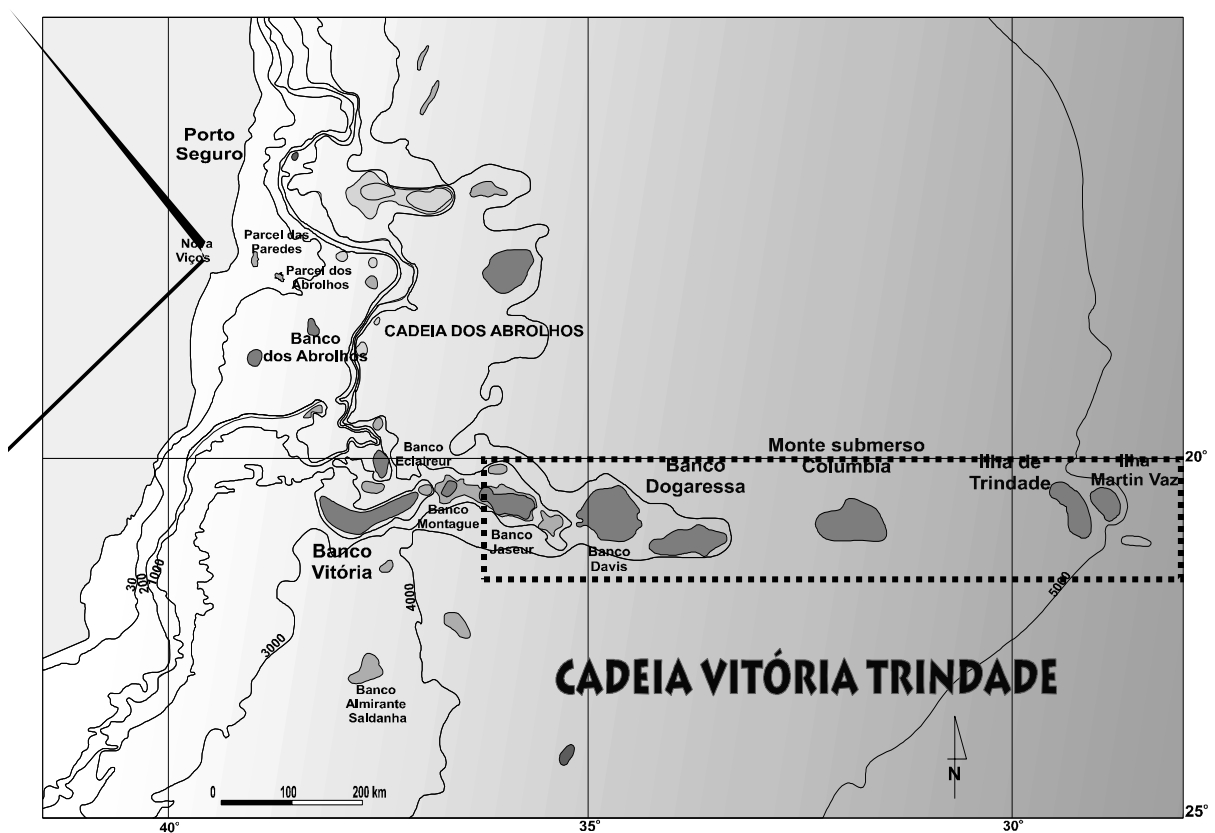


Figura 1.12 - Localização da Cadeia Vitória-Trindade no Atlântico Sul
Fonte: Modificado de AQUINO, 1999.

Na CVT encontram-se nove bancos submarinos, Vitória, Eclairer, Champlain, Congress, Montague, Jaseur, Davis, Dogaressa e Colúmbia, que estão alinhados de oeste para leste. Eles apresentam convexidade no topo, com profundidade em torno de 60 m, julgada excessiva para o desenvolvimento ativo de recifes, por isso, parecem não acumular material biogênico, sendo considerados como feições de abrasão marinha e recobertos com tênue capa de sedimentos (CHAVES, 1979). A Ilha de Trindade, de origem vulcânica, localizada a 620 milhas náuticas (1 160 km) da costa do Estado do Espírito Santo-BR, emerge desde 5.000 m

do fundo oceânico, com área aproximada de 9 km², onde se situa o Pico do Desejado (620 m), considerado a maior altitude do Atlântico Sul (ALMEIDA, 1961; BRASIL, 1968; FEINSTEIN, 1978; GUAZELLI, 1981). Na direção leste, 48 km de Trindade, três ilhas formam o conjunto Martin Vaz, elas não são ocupadas porque não há de nascentes de água.

A pesquisa esteve no âmbito do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE), que subdividiu a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira em quatro grandes regiões: *Norte*, do Oiapoque ao Parnaíba; *Nordeste*, da Foz do Parnaíba à Salvador; *Central*, de Salvador ao Cabo de São Tomé e *Sul*, do Cabo de São Tomé ao Chuí. A área investigada está inserida na região Central e se estende para leste, incluindo as ilhas de Trindade e Martin Vaz (BRASIL, 1994).

O ambiente oceanográfico sofre influência da Corrente Sul Equatorial (CSE), que flui em sentido leste-oeste e bifurca-se, entre 5° e 10° S, ao encontrar a costa brasileira. Então, os dois ramos seguem direções contrárias, a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a Corrente do Brasil (CB), que flui no sentido sul (STRAMMA, 1991). Esta última é formada por águas quentes, com temperatura média de 26°C e salinidade maior que 36 USP (CAMPOS, 1996; EVANS 1985; STRAMMA, 1999). Ao encontrar a Cadeia Vitória-Trindade a CB é desviada para sudoeste, aproximando-se de Vitória no Espírito Santo (ES), desvio conhecido como Giro de Vitória (SCHMID, 1995; CASTRO, 1987; GAETA, 1999; CAMPOS, 2006).

As massas d'água predominantes na coluna d'água estudada (até os 200 m de profundidade) são a Água Equatorial Superficial (AES), também conhecida como Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS). AT apresenta temperatura superficial em torno de 27°C e nas suas águas se encontra o topo da termoclina, na isoterma de 25°C (TRAVASSOS, 1999). Consequente à AT ocorre a ACAS, geralmente a partir dos 200m, caracterizada por temperaturas e salinidades iguais ou menores que 18°C e 36 USP, respectivamente (MATSUURA, 1986; SCHOTT, 1998; MÉMERY, 2000; GEBER, 2003).

Na maioria da extensão da ZEE brasileira, a produtividade biológica tem sido considerada oligotrófica, porque a depleção dos nutrientes nas águas tropicais superficiais não favorece o crescimento fitoplanctônico (MADUREIRA, 2004; PEREIRA, 2005). Na zona oceânica, no entanto, a presença de ressurgências topográficas, causadas por montes submarinos e ilhas, pode aumentar os níveis da biomassa ao promoverem ascensão de águas profundas, frias e ricas em nutrientes, para fertilizar a camada superficial (NONAKA, 2000).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAGEM

As atividades do presente estudo foram desenvolvidas no âmbito do programa REVIZEE¹², para obter informações da Cadeia Vitória-Trindade (CVT), localizada na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira. Dois cruzeiros de pesquisa (Tabela 2.1), no Navio Astro-Garoupa (Figura 2.1), amostraram 23 estações, em perfis paralelos à costa. Conforme as operações realizadas, os períodos foram denominados como 1998 (verão) e 2000 (outono).

Tabela 2.1 - Detalhamento das operações realizadas nos cruzeiros

Operação	Navio	Localização	Período
Central III	Astro Garoupa	20° 15' 00" S - 21° 10' 00" S	05/12/1998
		28° 49' 12" W - 35° 55' 00" W	11/12/1998
Central IV	Astro Garoupa	20° 15' 00" S - 21° 10' 00" S	26/04/2000
		28° 49' 12" W - 35° 55' 00" W	01/05/2000



Figura 2.1 - Navio Astro Garoupa
Fonte: SILVA, 2000.

¹² REVIZEE - Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva.

As coordenadas geográficas das estações foram obtidas por localizador GPS (*Geographic Position System; Sistema de Posição Geográfica*), marca *Trimble Navigation*, modelo NT 200 D, resolução de ± 100 m, com capacidade para captar no mínimo 05 satélites. O navio *Astro Garoupa* estava equipado com CTD (*conductivity-temperature-depth; condutividade-temperatura-profundidade*), medidor de condutividade e temperatura *in situ*, marca *Sea Bird* e modelo-SBE 9 PLUS, além de um amostrador de água do tipo *Rosette*, contendo 05 garrafas *Niskin* com capacidade de 10L.

As estações de coleta (Tabela 2.2), localizadas em perfis paralelos à costa (Figura 2.2), foram definidas pela comissão científica do REVIZEE, em função das correntes marinhas, fisiografia e significância da região para a produtividade pesqueira.

Tabela 2.2 - Estações de coleta na Cadeia Vitória - Trindade

Perfil	Estação (C)		Localização	
	1998 (verão)	2000 (outono)	Latitude (S)	Longitude (W)
Jaseur	87	87	20° 15' 00"	35° 55' 00"
Jaseur	88	88	20° 30' 00"	35° 55' 00"
Jaseur	89	89	20° 45' 00"	35° 55' 00"
Davis	90	90	20° 55' 00"	34° 45' 00"
Davis	91	91	20° 40' 17"	34° 46' 27"
Davis	92	92	20° 25' 00"	34° 45' 00"
Perfil III	93	-	20° 25' 00"	34° 20' 00"
Perfil III	94	94	20° 40' 00"	34° 20' 00"
Perfil III	95	95	20° 55' 00"	34° 20' 00"
Dogaressa	96	96	21° 10' 00"	34° 00' 00"
Dogaressa	97	97	20° 55' 30"	34° 00' 00"
Dogaressa	98	98	20° 40' 30"	34° 00' 00"
Perfil V	100	100	20° 45' 30"	32° 50' 00"
Columbia	102	102	20° 58' 00"	31° 50' 00"
Columbia	103	103	20° 43' 00"	31° 50' 00"
Columbia	104	104	20° 28' 00"	31° 50' 00"
Perfil VII	106	106	20° 35' 00"	30° 33' 00"
Trindade	108	108	20° 45' 00"	29° 21' 45"
Trindade	109	109	20° 30' 00"	29° 22' 00"
Trindade	110	110	20° 15' 00"	29° 21' 42"
Perfil IX	-	112	20° 43' 00"	29° 05' 00"
Martin Vaz	113	113	20° 58' 00"	29° 05' 00"
Martin Vaz	115	115	20° 28' 30"	28° 49' 12"
Martin Vaz	116	116	20° 15' 00"	28° 50' 00"

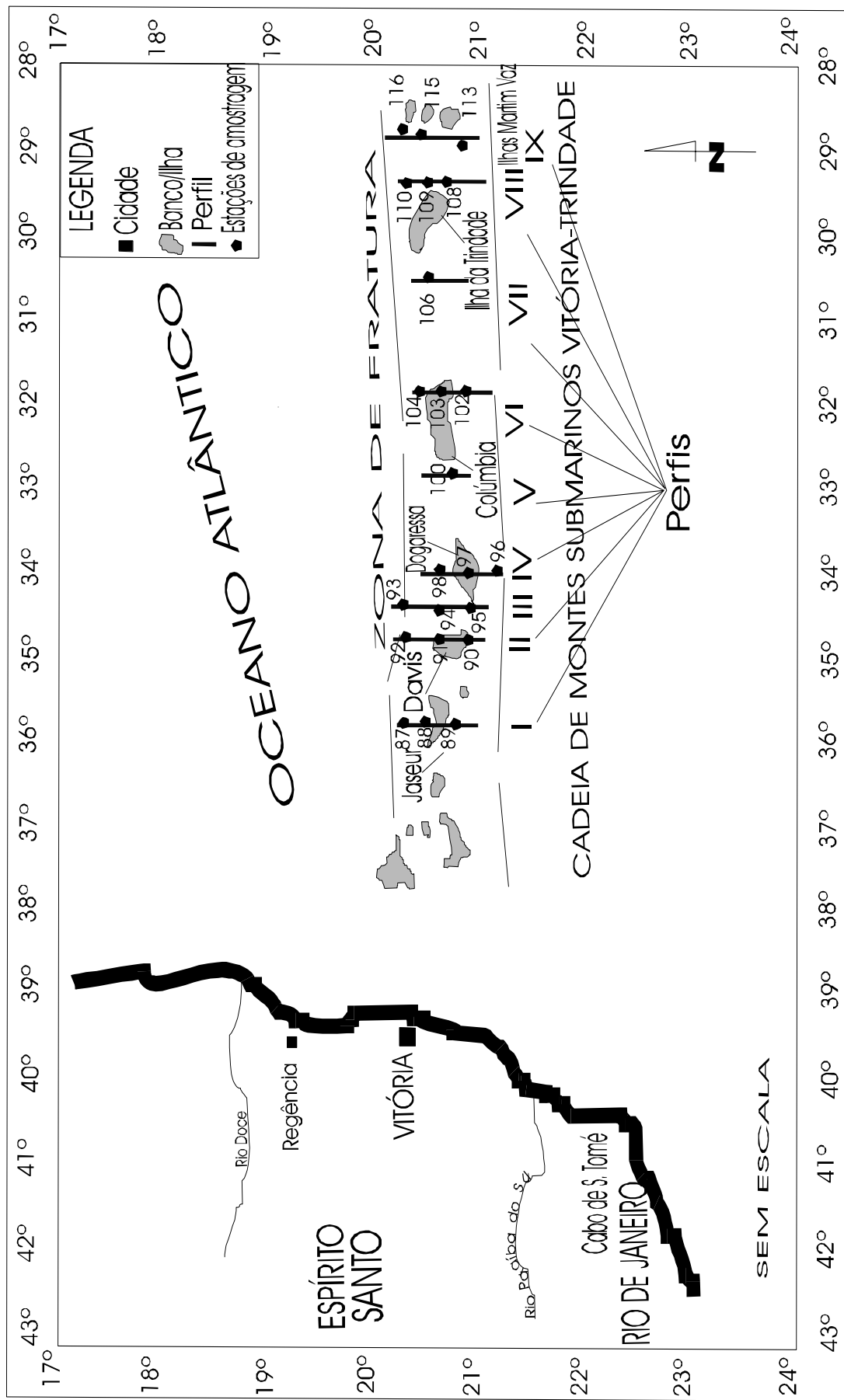


Figura 2.2 - Localização das estações de coleta na Cadeia Vitória-Trindade
 Fonte: Modificado de SILVA, 2000.

A estratégia amostral foi elaborada com o intuito de conhecer a distribuição, espacial e temporal, dos principais parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, alcalinidade, pH, oxigênio dissolvido e nutrientes inorgânicos (fosfato, silicato, amônia, nitrito, nitrato), na área de estudo. No entanto, houve problemas na estocagem das amostras para a determinação da amônia, com possível contaminação, portanto este parâmetro não foi considerado.

Para cada estação, os parâmetros físico-químicos foram determinados nas amostras coletadas em até cinco profundidades da coluna d'água, distribuídas entre a superfície (1 m) e os 200 m. As três primeiras profundidades foram definidas em função do índice de iluminação, 100%, 50% e 1%, obtidos através do disco de *Secchi* ($\phi = 30\text{cm}$). As duas últimas, em torno de 100 e 200m, foram escolhidas em função da termoclina.

2.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A temperatura e salinidade foram medidas *in situ*; o pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido, a bordo do navio Astro Garoupa. Os nutrientes inorgânicos (fosfato, silicato, nitrito e nitrato) foram determinados no laboratório do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (IQ-UFBA), destinado às pesquisas do REVIZEE.

2.2.1 Temperatura e salinidade

Determinadas por meio do CTD, perfilador que mede continuamente a condutividade e a temperatura, em tempo real.

2.2.2 Valores de pH

O pH foi obtido por potenciometria direta, com eletrodo de vidro combinado e medidor de pH, marca RADELKIS modelo OP 274. O sistema foi calibrado com soluções tampões¹³, na faixa adequada para o ambiente marinho, preparadas segundo recomendações do NIST (*National Institute of Standard and Technology; Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia*).

¹³ Tampão fosfato com pH em torno de 6,8 (0,025m KH_2PO_4 / 0,025m Na_2HPO_4) e tampão bórax com pH em torno de 9 (0,01m $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_7$), os valores de pH variam em função da temperatura (SKOOG, 1992).

2.2.3 Alcalinidade

A alcalinidade total foi determinada pelo método descrito por Grasshoff (1983) e Baptista (1987), baseado na titulação de retorno do sistema ácido-base, com adição de excesso de ácido clorídrico (HCl) à amostra analisada.

2.2.4 Oxigênio dissolvido

Oxigênio dissolvido (OD) foi medido em amostras transferidas para frascos apropriados ao procedimento empregado no *Método de Winkler* (GRASSHOFF, 1983). A taxa de saturação (%) foi obtida em função da temperatura e salinidade (WEISS, 1970).

2.2.5 Nutrientes inorgânicos

O material utilizado, vidrarias e frascos de amostragem, foi previamente tratado com solução de ácido clorídrico (HCl a 10%, v/v) e enxaguado com água deionizada. As amostras, imediatamente após as coletas, foram transferidas para frascos de polietileno de 500ml, previamente descontaminados, e mantidas congeladas, -12°C, em freezer (DORE, 1996a). As determinações foram efetuadas por espectrofotometria molecular no visível (GRASSHOFF, 1983). As medidas das absorbâncias (A), dos padrões e amostras, foram obtidas em espectrofotômetro de feixe duplo, VARIAN modelo DMS-80, com cubetas de 5 cm de percurso óptico. Os nutrientes (fosfato, silicato, nitrito e nitrato) foram determinados na mesma corrida analítica (ou lote) das amostras coletadas em um mesmo perfil.

- *Determinação do fosfato-P*

O fosfato inorgânico dissolvido foi determinado como ortofosfato ($P-PO_4^{3-}$), pelo método do azul de molibdênio. O princípio do método está baseado na reação dos íons com um reagente contendo molibdato, em meio ácido, formando o complexo fosfomolibdato, que é reduzido pelo ácido ascórbico a um composto azul intenso, com absorbância medida no comprimento de onda de 880 nm.

- *Determinação do silicato*

O silicato dissolvido (H_4SiO_4) foi determinado pelo método baseado na formação do ácido sílico-molibdico, quando a amostra é acidificada e tratada com solução de

heptamolibdato de amônio tetra hidratado, resultando num complexo de coloração azul, com absorvância medida em 810 nm.

- *Determinação do nitrito-N*

O nitrito (N-NO_2^-) foi determinado pelo método baseado na diazotação da sulfanilamida pelo nitrito presente na amostra, em meio ácido, que depois reage com outra amina, n-(1-naftil)-etilenodiamina dihidroclorato, formando um composto azo, púrpura-avermelhado, com absorvância medida em 540 nm.

- *Determinação do nitrato-N*

O nitrato (N-NO_3^-) foi determinado como íons nitrito (N-NO_2^-), formados por redução quantitativa dos íons nitrato presentes na amostra. A redução do nitrato ao nitrito se deu numa coluna de cádmio-cobre (Cd-Cu) e, logo após a passagem da amostra pela coluna redutora, seguiu-se o mesmo procedimento empregado para a determinação do nitrito. A concentração do nitrato foi obtida por diferença, entre a concentração total de nitrito e a concentração do nitrito determinada antes da redução, na mesma amostra.

As soluções padrão estoque dos nutrientes ($10\ 000\ \mu\text{mol L}^{-1}$) foram preparadas em água deionizada e com os reagentes, secos a 105°C , fosfato ácido de potássio (KH_2PO_4), hexaflúor silicato dissódico (Na_2SiF_6), nitrito de sódio anidro (NaNO_2) e nitrato de potássio (KNO_3) para o fosfato, silicato, nitrito e nitrato, respectivamente (GRASSHOFF, 1983).

As soluções padrão das curvas analíticas foram preparadas a partir da respectiva solução padrão estoque, dentro da faixa de linearidade entre absorvância e concentração (Apêndices A e B). No entanto, com o intuito de contornar as interferências da matriz, especialmente o efeito dos sais dissolvidos, os brancos e os padrões da curva analítica foram diluídos com água do mar natural, proveniente de locais amostrados, cujos teores dos analitos encontravam-se abaixo do limite de detecção dos métodos; portanto, os ensaios em branco foram semelhantes àqueles da água deionizada. A diluição com a água do mar da própria região foi uma alternativa para substituir a água do mar artificial, que apresentou contaminação por causa dos reagentes utilizados no seu preparo, além de teor de salinidade diferente daquele das amostras. Para cada analito, os padrões de calibração e os ensaios em branco seguiram os mesmos procedimentos das amostras. O controle da qualidade dos

resultados foi acompanhado por triplicatas de ensaios em branco, além de serem medidos pelo menos dois padrões de calibração, para cada corrida analítica (ou lote).

As equações analíticas, para cada nutriente, foram estabelecidas por modelo linear e com pelo menos cinco pontos. A partir das respectivas equações, o cálculo das concentrações (C_a) considerou o valor da absorbância ($A_{amostra} - A_{branco}$), com A_{branco} correspondendo à média das absorbâncias de três brancos, medidos na mesma corrida analítica. O Intervalo de Confiança (IC) das concentrações foi obtido por:

$$IC = \bar{C}_a \pm \frac{t s}{\sqrt{n}}$$

onde, \bar{C}_a ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) representa a concentração média do analito e $[t s / \sqrt{n}]$ o limite de confiança da média a 95%, calculado com o desvio padrão (s) das determinações em triplicata ($n=3$) e o valor de 4,30 para o *t de Student* (SKOOG, 1992).

- *Limite de Detecção e Limite de Quantificação*

Os limites de detecção (LD) dos métodos empregados na determinação dos nutrientes foram estabelecidos como $LD \geq 3\sigma_b$, expresso em concentração, onde o desvio padrão das medidas do branco (σ_b) foi calculado de pelo menos trinta resultados e as concentrações obtidas pelas curvas analíticas correspondentes. Do mesmo modo, o limite de quantificação (LQ) foi determinado como $LQ \geq 10\sigma_b$ (MILLER, 1993; BRASIL, 2003).

	Fosfato-P ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	$\mu\text{mol Si L}^{-1}$	Nitrito-N ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Nitrato-N ($\mu\text{mol L}^{-1}$)
LD	0,02	0,05	0,01	0,01
LQ	0,07	0,16	0,03	0,03

- *Validação da metodologia*

Com o objetivo de validar os métodos de determinação dos nutrientes e verificar a qualidade dos resultados, o laboratório de pesquisa do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da UFBA, no qual as amostras foram analisadas, participou do Programa de Intercalibração e Capacitação em Química Analítica Marinha (PROQUIMAR), proposto pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), do Ministério da Marinha. O material da intercalibração, *amostras de nutrientes padronizadas*, foi distribuído entre as instituições participantes para as determinações de fosfato, nitrito e nitrato. Em janeiro de 2000, foi encaminhado o gabarito das concentrações e as avaliações dos resultados das determinações nas amostras padronizadas (Anexo), os quais foram considerados *muito bons* e o laboratório do IQ-UFBA obteve *bom desempenho* no referido programa.

2.2.6 Unidades dos parâmetros físico-químicos

No presente trabalho, as unidades empregadas para expressar os resultados dos Parâmetros Físico-químicos (PFQ) permitem comparar os dados obtidos com aqueles reportados na literatura, além de possibilitar a utilização das informações em bancos de dados oceanográficos (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Unidades dos parâmetros físico-químicos

PFQ	Unidade
Temperatura	°C
Salinidade	USP
Alcalinidade total	meq.L ⁻¹
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ .L ⁻¹ e %
Silicato	μmol Si L ⁻¹
Fosfato-P	μmol.L ⁻¹
Nitrito-N	μmol.L ⁻¹
Nitrato-N	μmol.L ⁻¹

2.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

Os resultados da temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, fosfato, silicato, nitrito e nitrato foram analisados, por meio de procedimentos quimiométricos, com base na estatística descritiva e multivariada.

2.3.1 Estatística descritiva

Com o intuito de observar o padrão de distribuição, espacial e temporal, dos parâmetros físico-químicos estudados, foram obtidos os valores das médias e seus desvios, os intervalos máximos e mínimos, assim como a faixa interquartílica. Análise de variância (ANOVA) foi também empregada, para determinar o Intervalo de Confiança (IC) das médias e avaliar os principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre a distribuição dos parâmetros físico-químicos.

2.3.2. Análise multivariada

No presente trabalho, dois métodos de análise multivariada foram empregados, Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) e Análise de Componentes Principais (PCA). As duas técnicas foram escolhidas porque, além de complementares, têm grande aceitação na interpretação de dados químicos e ambientais (KOWALSKI, 1984; BRUNS, 1985; JOHNSON, 1998; VALENTIN, 2000; MALINOWSKI, 2002; PRADO, 2002; MINGOTI, 2005).

- *Análise de agrupamento hierárquico (HCA)*

A técnica, conhecida como *análise de cluster*, trata cada variável como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas amostras, ou vice-versa, construindo agrupamentos de acordo com suas similaridades. Uma representação bidimensional, dendrograma, mostra os dados agrupados por semelhança. O dendrograma hierarquiza as similaridades, apontando as principais correlações no conjunto de dados estudados. A interpretação fundamenta-se na proximidade entre as variáveis, indicando que elas devem também ser próximas, matematicamente, no espaço multidimensional.

Nesse trabalho, HCA foi empregada para encontrar as relações relevantes entre os dados em diversos contextos. O *método de Ward* foi escolhido como técnica hierárquica aglomerativa, o qual utiliza a análise das variâncias para determinar as distâncias entre os agrupamentos (VALENTIN, 2000). Os dendrogramas resultantes, onde no eixo vertical se encontra o índice de similaridade e no horizontal as variáveis ou as amostras, evidenciaram as relações mais significativas entre elas.

- *Análise de componentes principais (PCA)*

A técnica permite uma interpretação estatisticamente privilegiada do conjunto de dados, possibilitando visualizar os parâmetros no espaço bidimensional das Componentes Principais (PC). O método consiste, essencialmente, em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixos, ortogonais, mais conveniente para a análise dos resultados.

O objetivo principal da PCA é a obtenção de um número menor de combinações lineares (componentes principais) entre as variáveis, que retenham o máximo possível da informação contida no conjunto dos dados. As n-variáveis originais, através de suas

combinações lineares, geram n-componentes principais que são determinadas em ordem decrescente de máxima variância. Como as componentes são extraídas na ordem da mais explicativa para a menos explicativa, só algumas são responsáveis por grande parte da variância total. Os resultados da variância explicada (*eigenvalue* ou autovalor) em função das componentes principais mostram a importância relativa de cada uma delas, onde a primeira componente (PC1) detém mais informação estatística que a segunda (PC2) e assim por diante.

Em geral, PC1 e PC2 apresentam informação suficiente, ou percentagem de variância cumulativa alta, por isso, a interpretação já pode ser feita no plano definido por essas duas componentes (MASSART, 1998). No gráfico resultante, as variáveis com maior peso (*loadings*) são as mais importantes do ponto de vista estatístico, portanto, a análise deste plano permite compreender os padrões de associação existentes entre os dados originais.

No presente trabalho, o conjunto de dados foi tratado por PCA utilizando a matriz de correlação, porque as variáveis não estavam na mesma dimensão. Os resultados das análises, descritas por PC1 e PC2, indicaram:

- as porcentagens de variância (*autovalor*) de cada componente, no que se refere à explicação da variância total;
- os pesos (*loadings*) das variáveis originais e sua influência relativa na direção das componentes;
- os escores dos vetores de dados (*autovetores*), mostrando as projeções das amostras sobre os eixos das componentes.

A posição das variáveis no gráfico de PC1 e PC2 (peso das variáveis) indicou as suas influências relativas na definição dessas componentes dentro do conjunto de dados estudados. A projeção das amostras (escore das amostras), neste plano de análise, evidenciou quais parâmetros foram os principais responsáveis pela separação dos dados.

2.4. NORMALIZAÇÃO DO TEXTO

A organização do texto seguiu as normas da ABNT para trabalhos científicos (LUBISCO, 2003; ISKANDER, 2005). A elaboração utilizou os programas *Word* e *Excel*, ambos da *Microsoft Corporation*. Para as análises estatísticas e os gráficos correspondentes, foi empregado o programa *Minitab 14* do *software* da *Minitab Inc*.

3 RESULTADOS

3.1 CONDIÇÕES DAS COLETAS

Em relação aos dados das estações, as mais rasas encontravam-se nos bancos submarinos (C-88, C-91, C-97 e C-103) e na Ilha de Trindade (C-109). Na maioria das vezes, o início da termoclina ocorreu até os primeiros 50m em 1998 (verão) e, em 2000 (outono), abaixo desta profundidade (Tabela 3.1 e Figura 3.1).

Tabela 3.1 - Profundidades local e da termoclina em 1998 (verão) e 2000 (outono)

Perfil	Estação		Profundidade Local (m)	Início da Termoclina (m)	
	1998 (verão)	2000 (outono)		1998 (verão)	2000 (outono)
Jaseur	87	87	2615	30	64
Jaseur	88	88	57	0	35
Jaseur	89	89	3 390	15	47
Davis	90	90	3 800	-	65
Davis	91	91	63	22	0
Davis	92	92	760	36	70
Perfil III	93	-	4 110	27	
Perfil III	94	94	3 450	31	69
Perfil III	95	95	3 270	29	61
Dogaressa	96	96	4 500	25	-
Dogaressa	97	97	70	-	57
Dogaressa	98	98	3 500	15	64
Perfil V	100	100	4 300	16	61
Columbia	102	102	4 000	37	75
Columbia	103	103	80	49	67
Columbia	104	104	4 100	29	73
Perfil VII	106	106	4 900	15	69
Trindade	108	108	4 900	44	77
Trindade	109	109	65	12	-
Trindade	110	110	5 000	10	74
Perfil IX	-	112	-	-	76
Martin Vaz	113	113	4 800	40	71
Martin Vaz	115	115	240	53	78
Martin Vaz	116	116	5 100	49	83

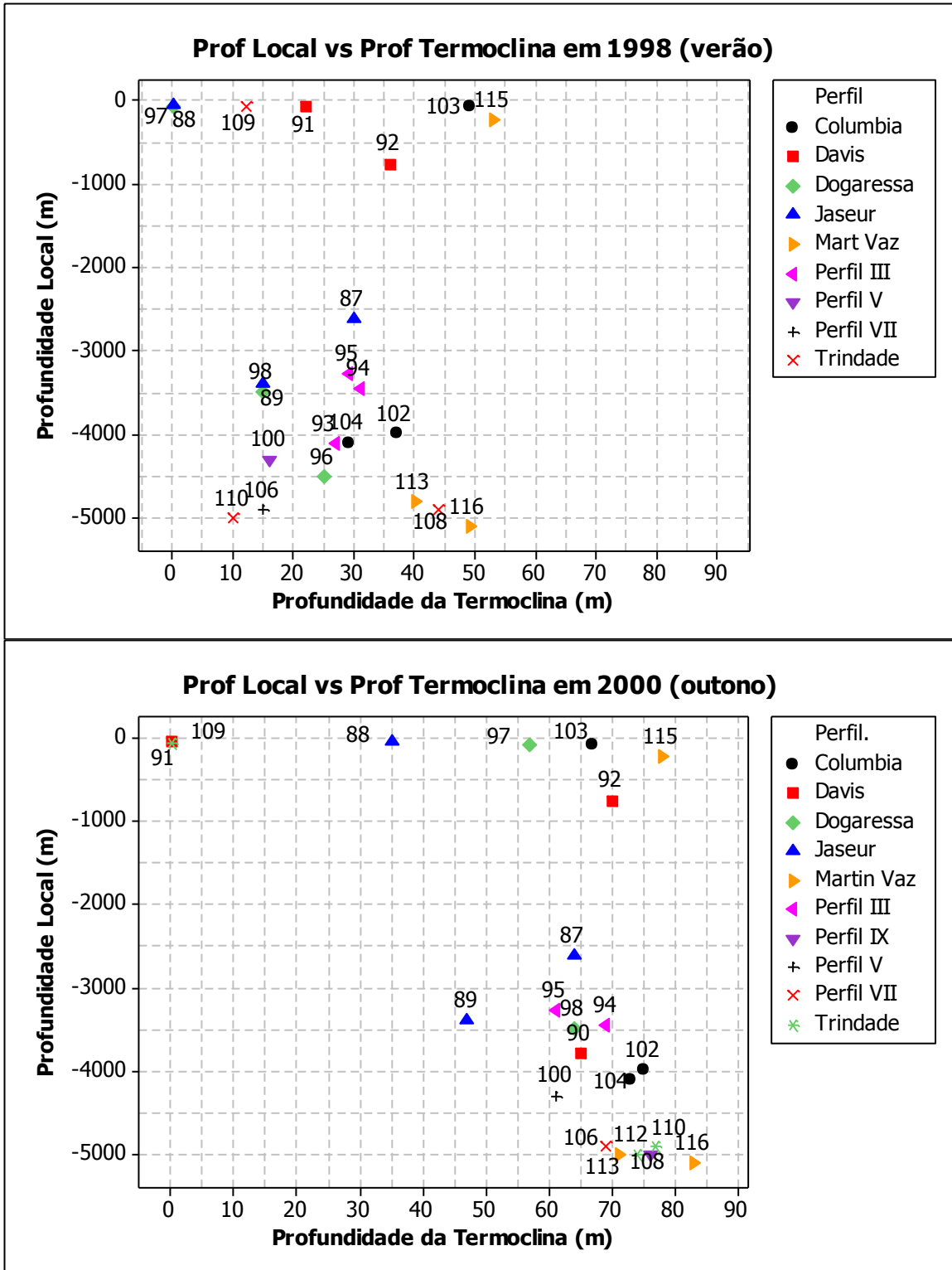


Figura 3.1 - Profundidades local e da termoclina em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Os detalhamentos sobre as condições da amostragem estão apresentados nos Apêndices C e D. As coletas nas estações de cada perfil ocorreram geralmente na mesma data (Figura 3.2). A força do mar, a velocidade dos ventos e a temperatura do ar variaram mais no verão que no outono (Figuras 3.3 e 3.4).

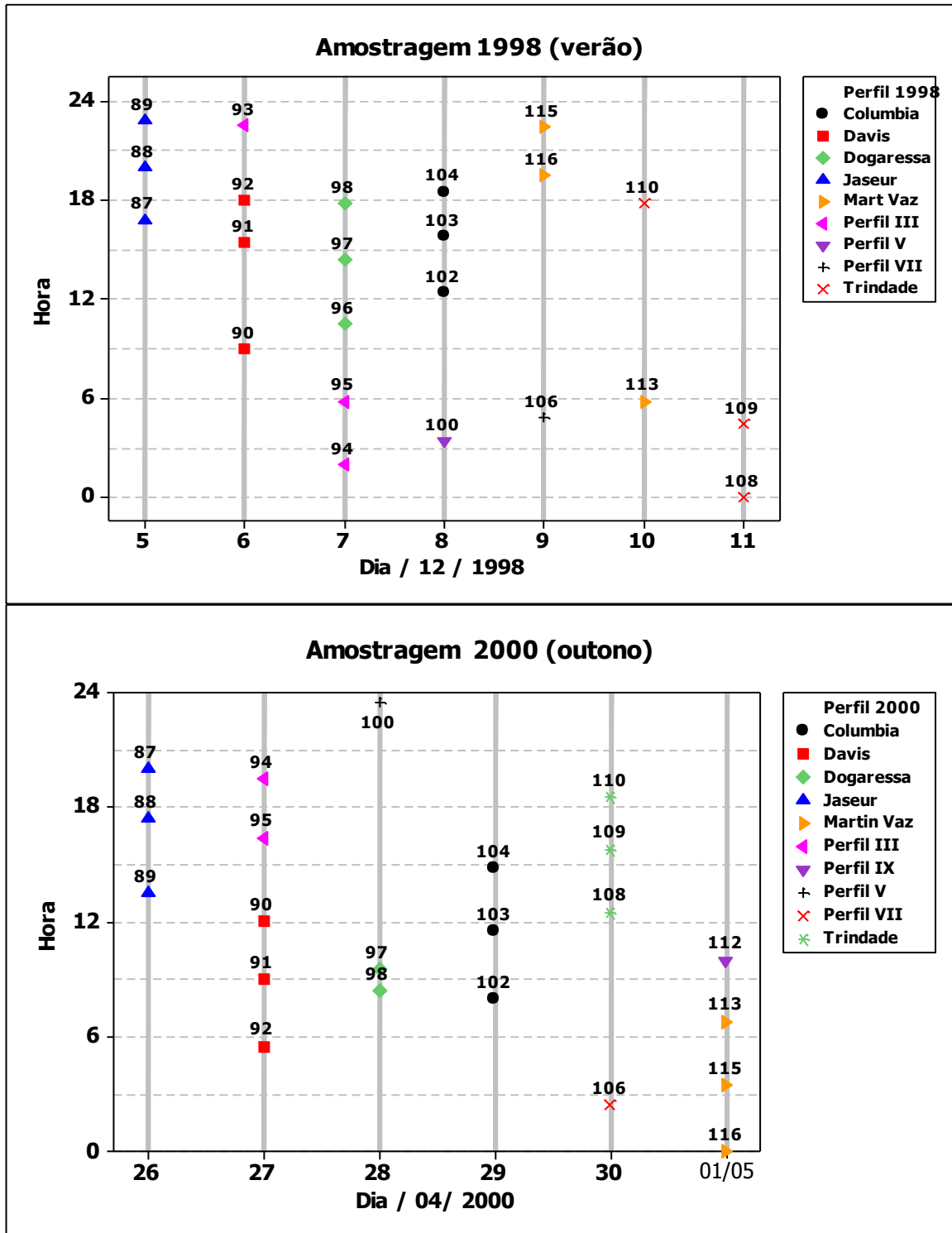


Figura 3.2 - Período das amostragens em 1998 (verão) e 2000 (outono).

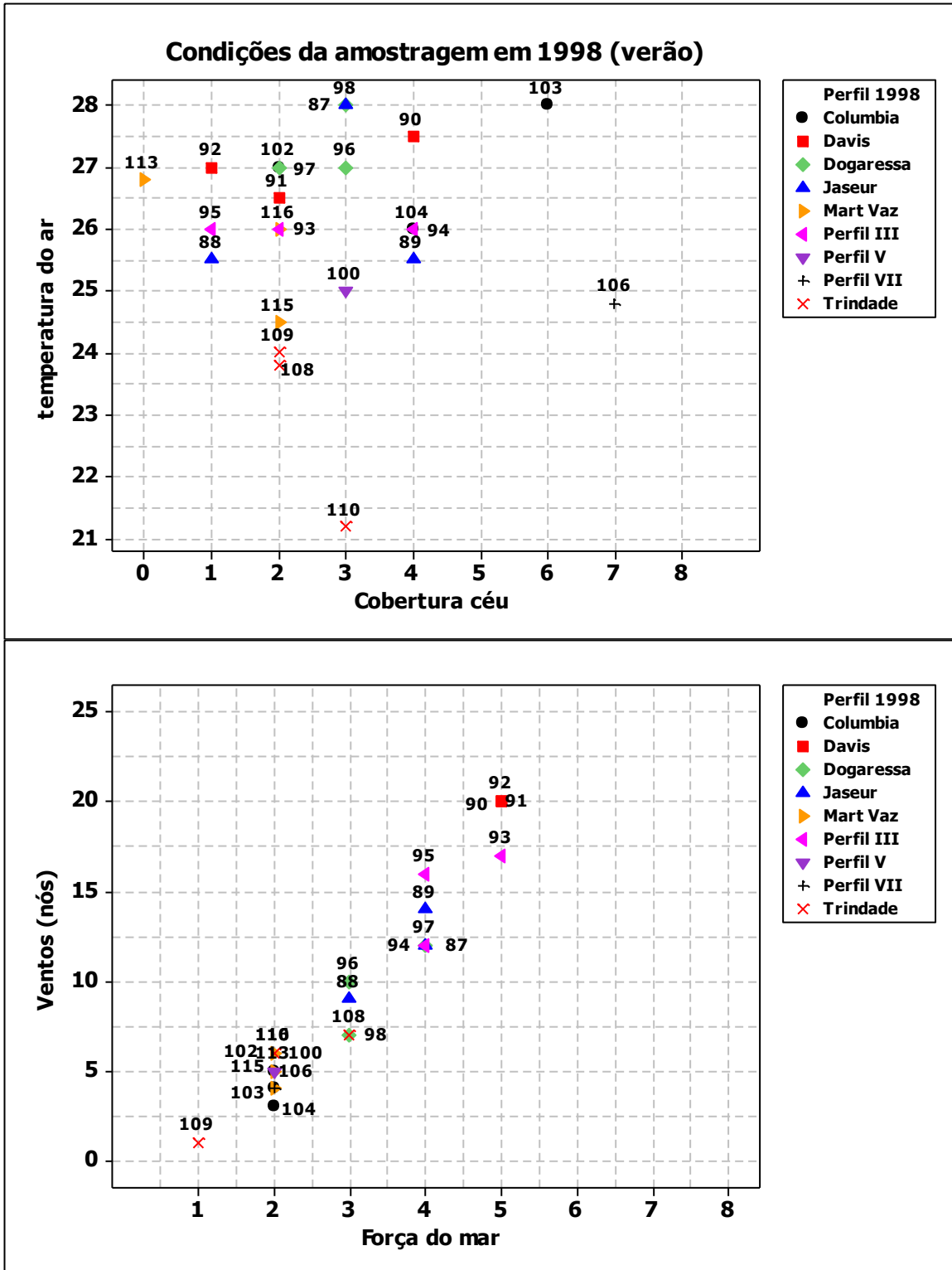


Figura 3.3 - Condições da amostragem em 1998 (verão).¹⁴

¹⁴ Cobertura do Céu (CC): 0 - totalmente aberto e 8 - encoberto.

Força do Mar (FM): Escala Beaufort, onde a Força (F) varia de 0 a 12 (KENISH, 1994)..

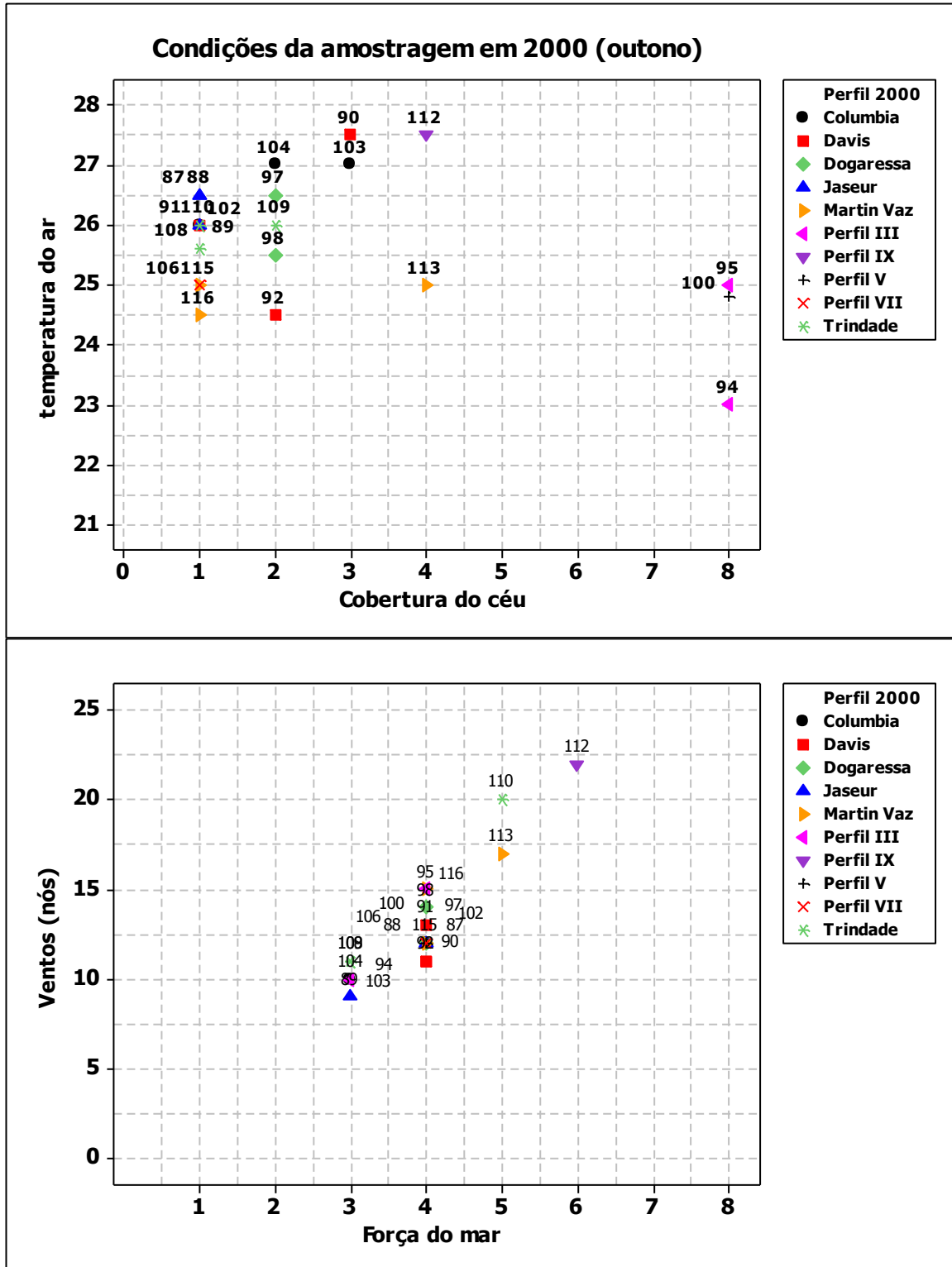


Figura 3.4 - Condições da amostragem em 2000 (outono).¹⁵

¹⁵ Cobertura do Céu (CC): 0 - totalmente aberto e 8 - encoberto.

Força do Mar (FM): Escala Beaufort, onde a Força (F) varia de 0 a 12 (KENISH, 1994).

3.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes inorgânicos (silicato, fosfato, nitrito e nitrato) foram determinados, para cada estação de coleta, em 1998 (verão) e 2000 (outono), da superfície até 200 m (Apêndices E a H). Entretanto, em 1998, os resultados dos nutrientes só estão reportados até a estação C-104 (Colúmbia), porque ocorreram problemas técnicos no navio que impediram o armazenamento das amostras de água do mar após esta estação.

Uma análise estatística preliminar, com o conjunto de dados obtidos neste trabalho, mostrou uma divisão da coluna d'água em duas camadas distintas. Seguindo critérios oceanográficos (SARMIENTO, 2006), baseados nos fenômenos físicos, químicos e biológicos próprios de cada zona, elas foram classificadas como:

- *zona eufótica*, assim denominada porque apresentou um índice de iluminação de até 1%, ocupando desde a superfície (1m) até os 70 m de profundidade;
- *zona disfótica*, logo abaixo da zona eufótica até os 200 m, assim nomeada porque ocupou uma região de luz difusa, que ocorre antes da zona afótica.

3.2.1 Variação vertical dos parâmetros físico-químicos

O comportamento vertical foi avaliado por gráficos de dispersão entre os parâmetros físico-químicos e as profundidades, nos perfis Jaseur, Davis, Dogaressa, Colúmbia, Trindade e Martin Vaz (Figuras 3.5 a 3.15).

Ns estações rasas (C-88, C-91, C-97, C-103, localizadas nos topos dos bancos, e na ilha de Trindade a C-109) os parâmetros apresentaram, em geral, comportamento praticamente constante em relação à profundidade, nos dois períodos estudados. Para as outras estações, na maioria das vezes, os resultados dos perfis verticais indicaram:

- relação inversa da temperatura, salinidade e pH com a profundidade, isto é, os valores diminuiram ao longo da coluna d'água ;
- aumento dos teores de oxigênio dissolvido (OD) com a profundidade, no verão, e comportamento inverso no outono;
- pouca variação da concentração do silicato na coluna d'água, com discreto aumento na camada de fundo;
- aumento dos teores de nitrato e fosfato com a profundidade, abaixo da zona eufótica.

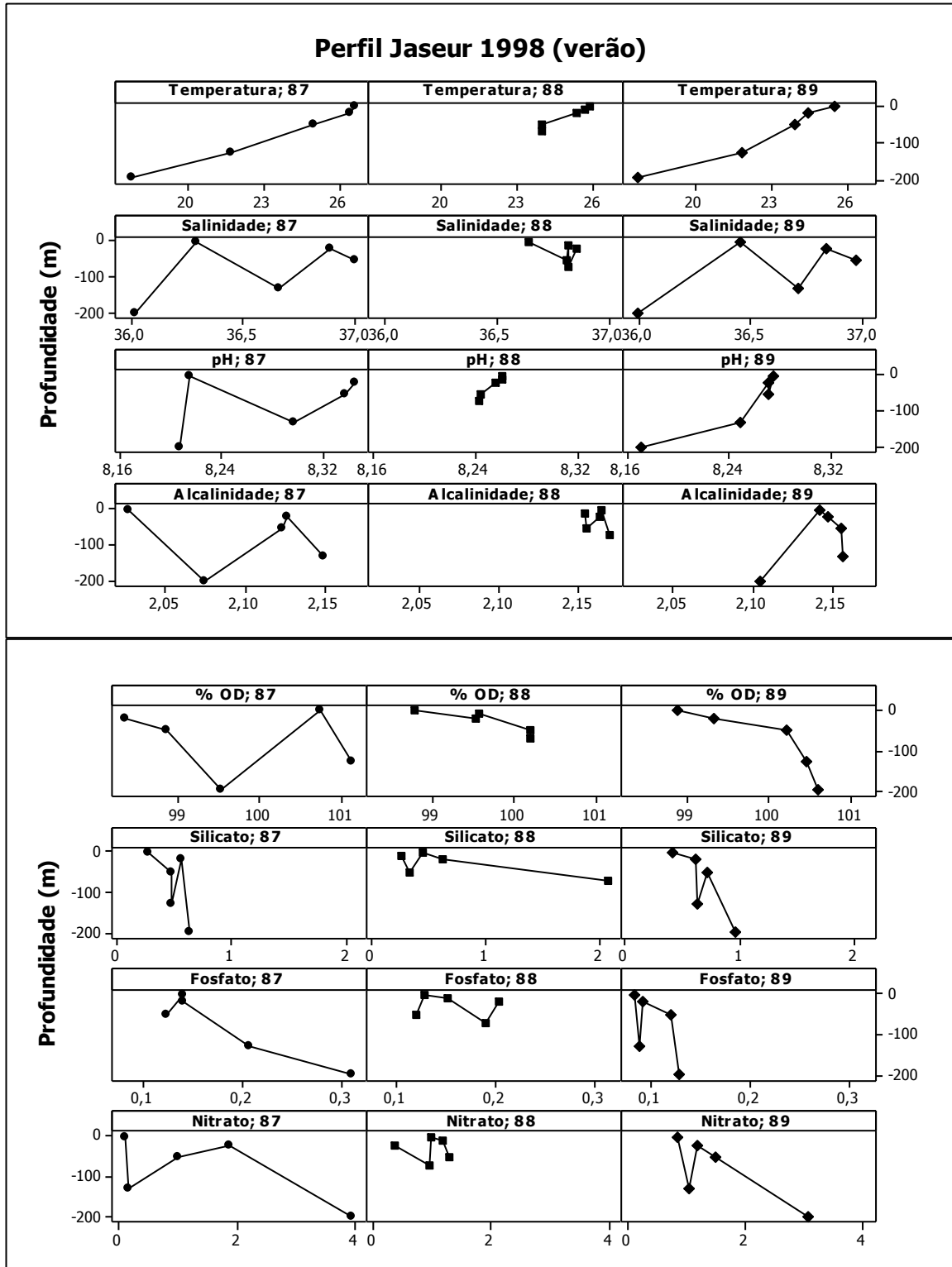


Figura 3.5 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Jaseur em 1998 (verão)

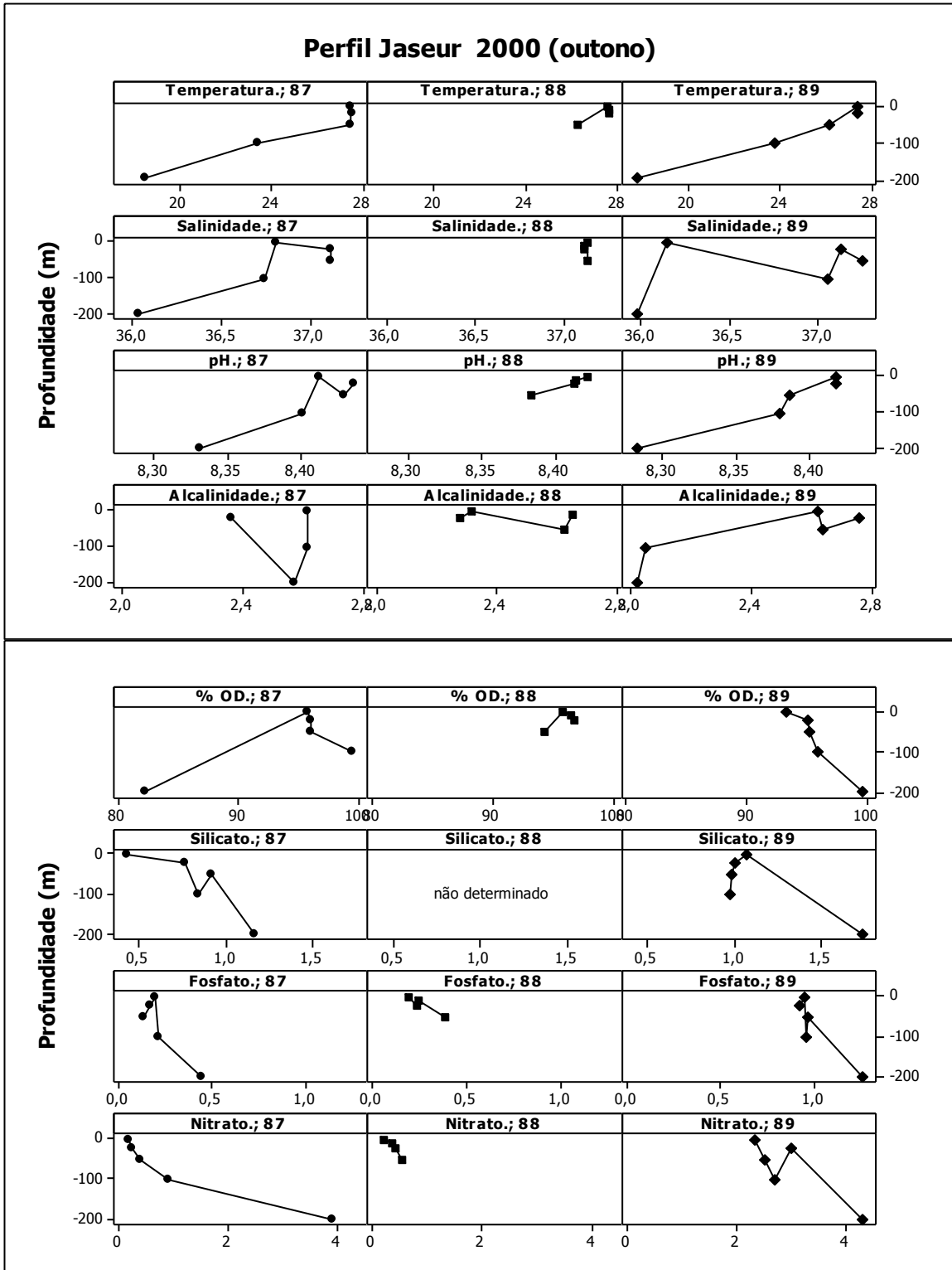


Figura 3.6 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Jaseur em 2000 (outono)

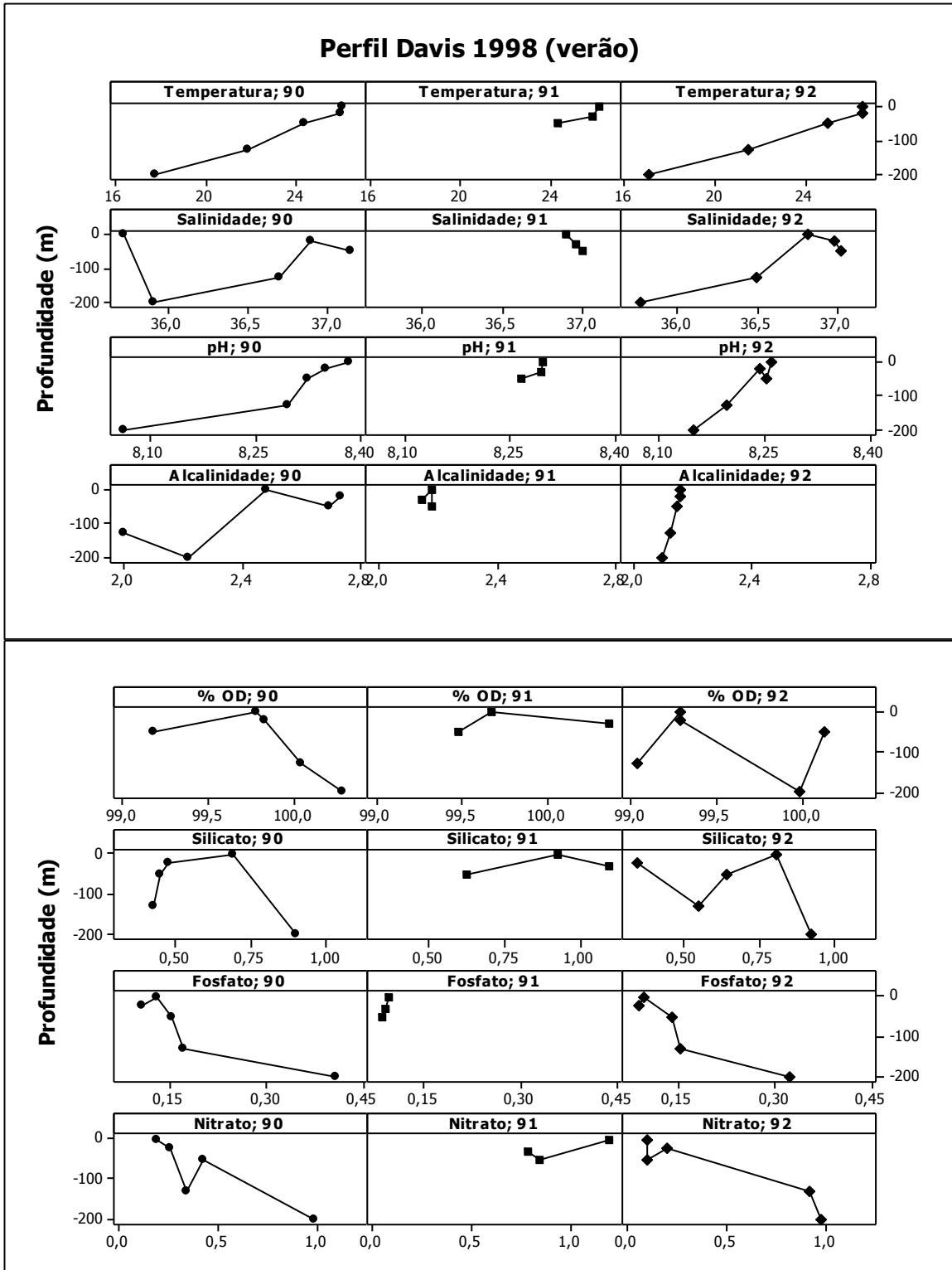


Figura 3.7 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Davis em 1998 (verão)

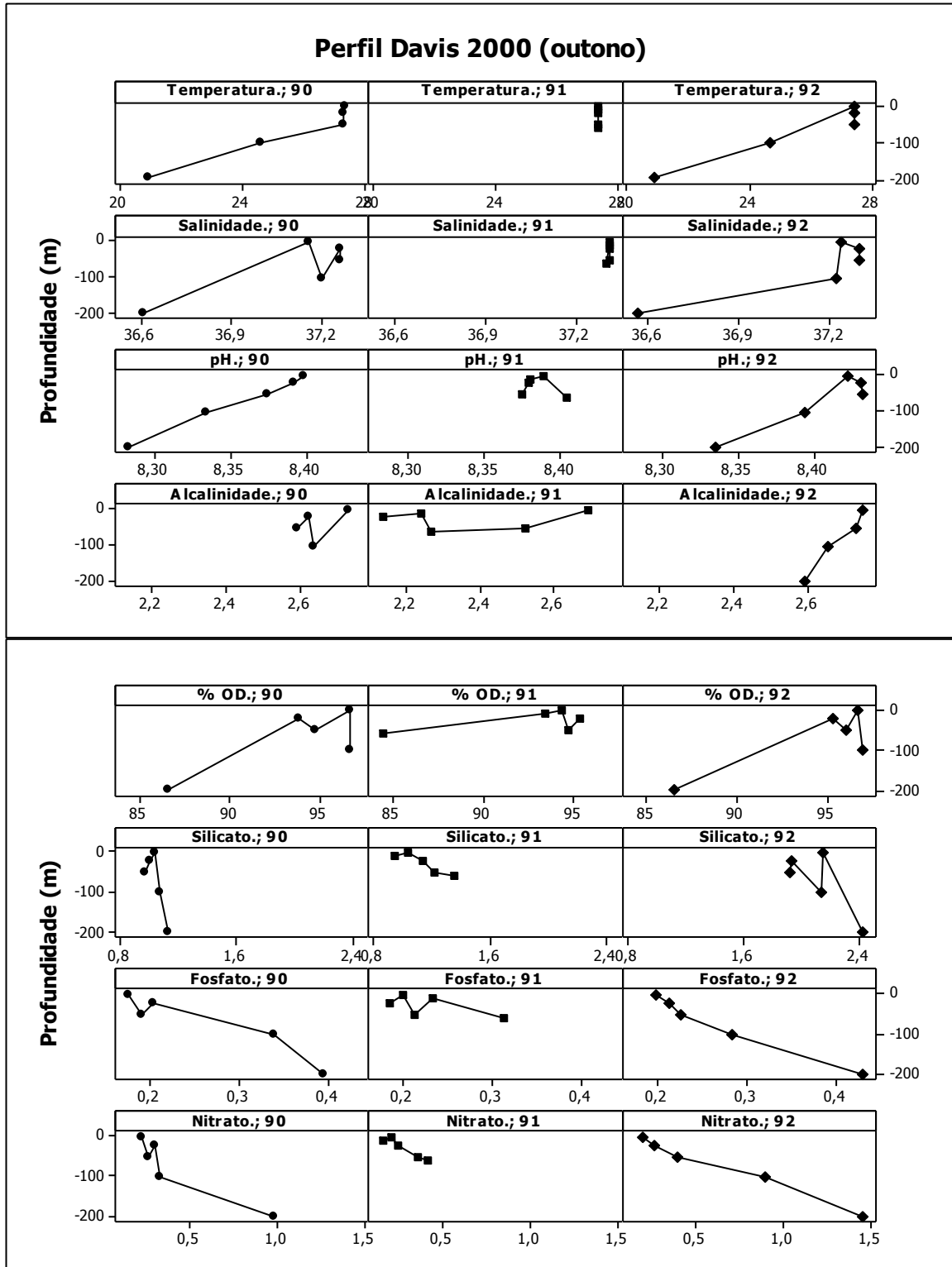


Figura 3.8 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Davis em 2000 (outono)

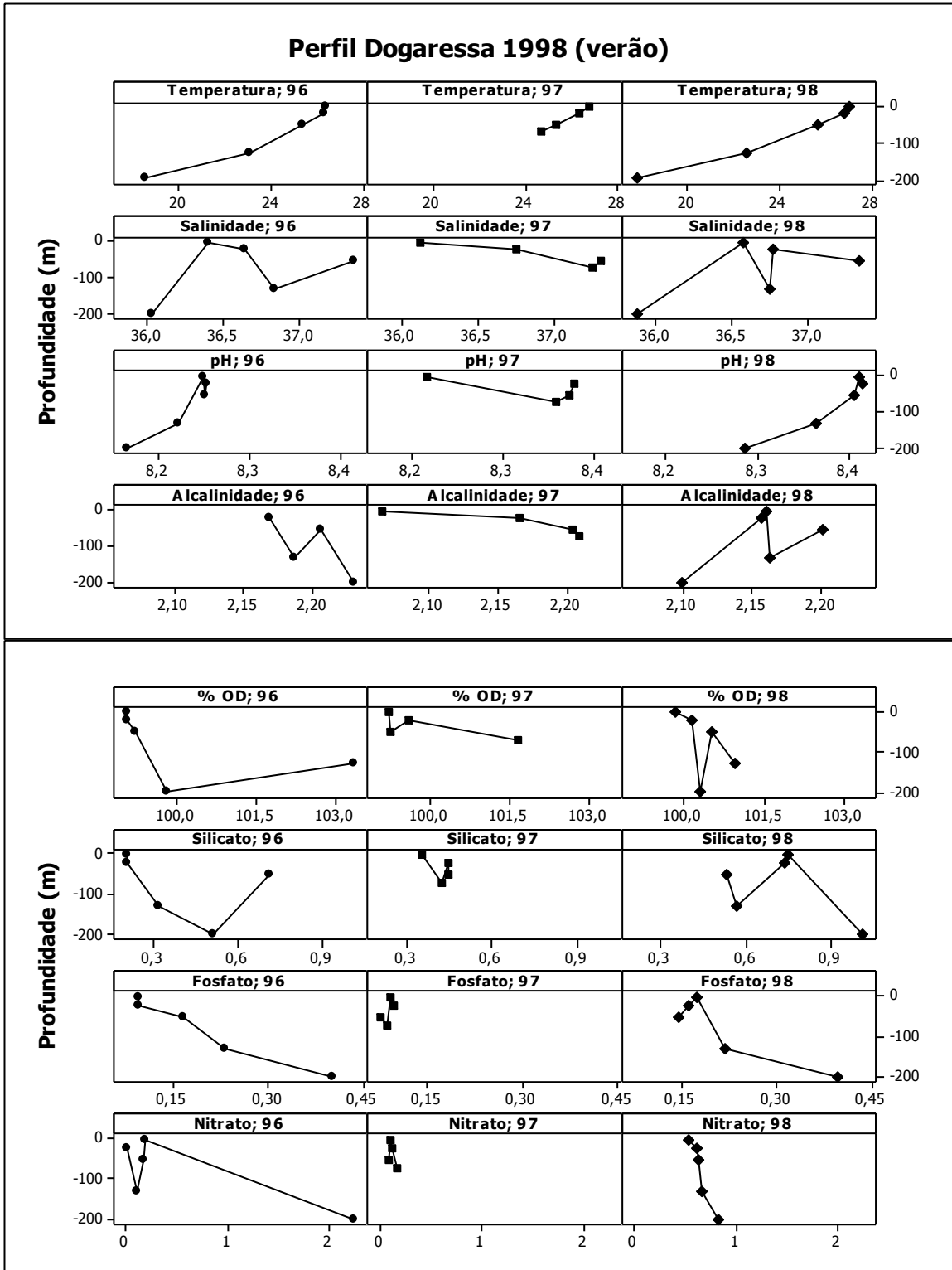


Figura 3.9 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Dogaressa em 1998 (verão)

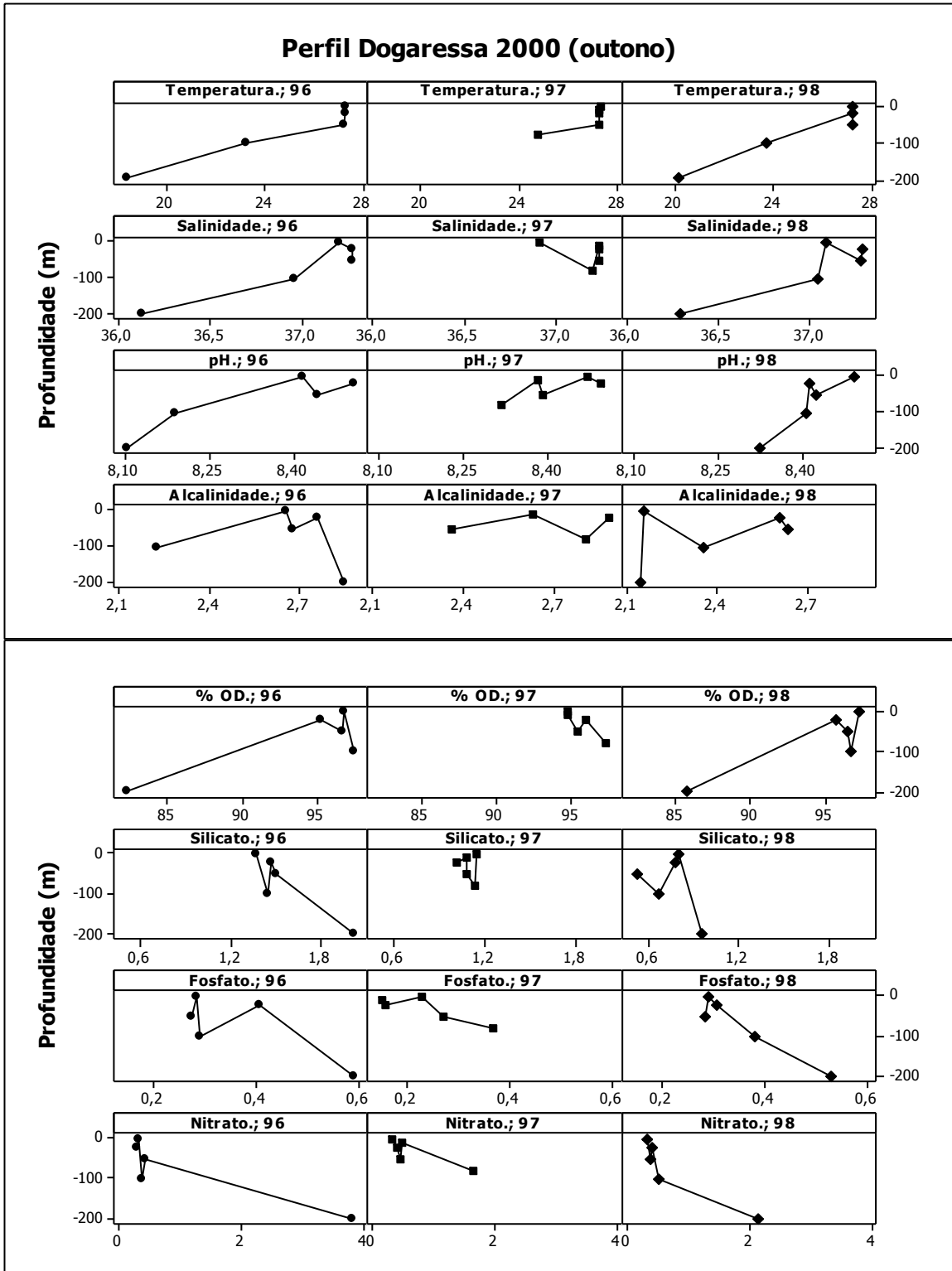


Figura 3.10 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Dogressa em 2000 (outono)

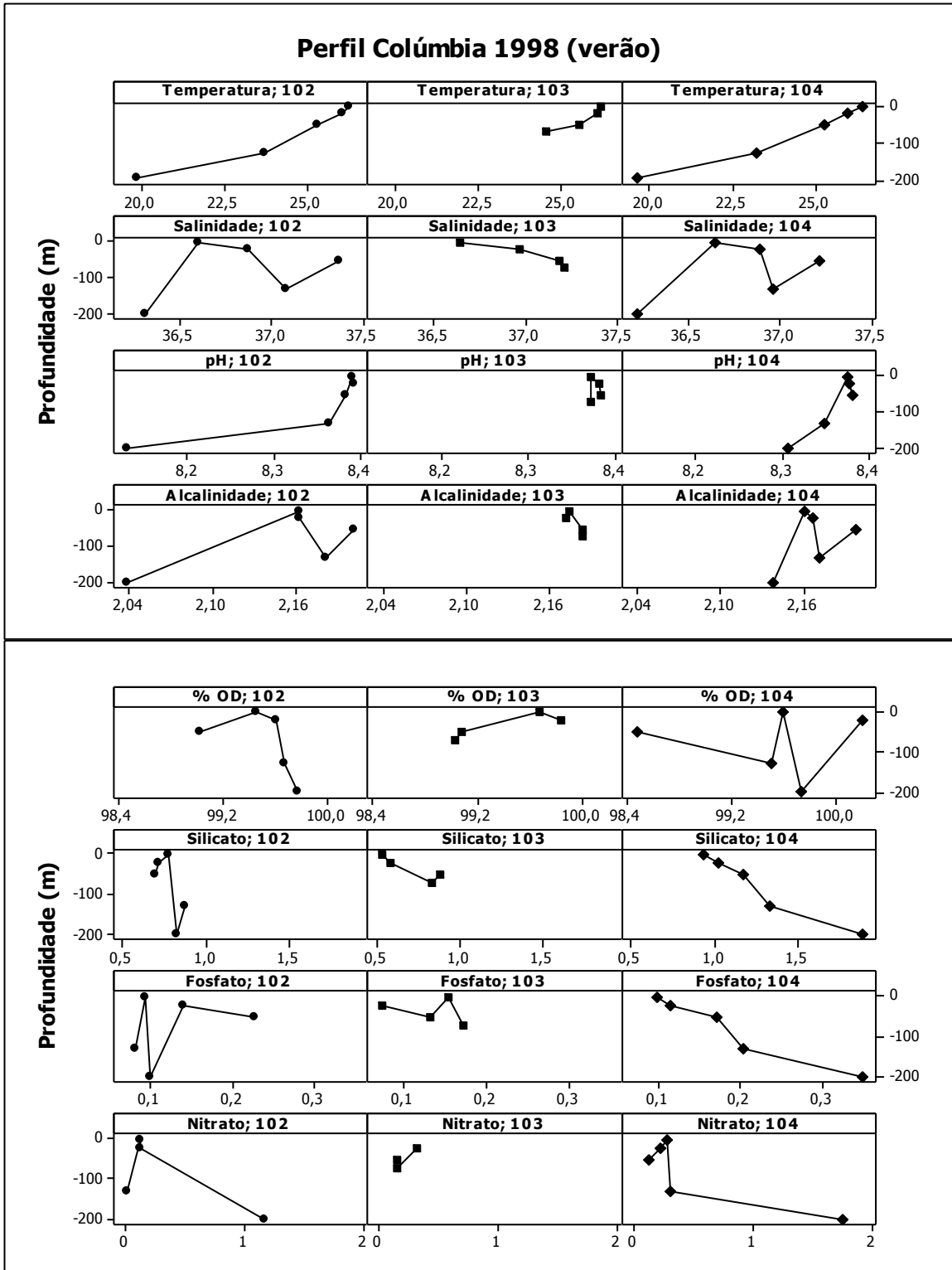


Figura 3.11 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Colúmbia em 1998 (verão)

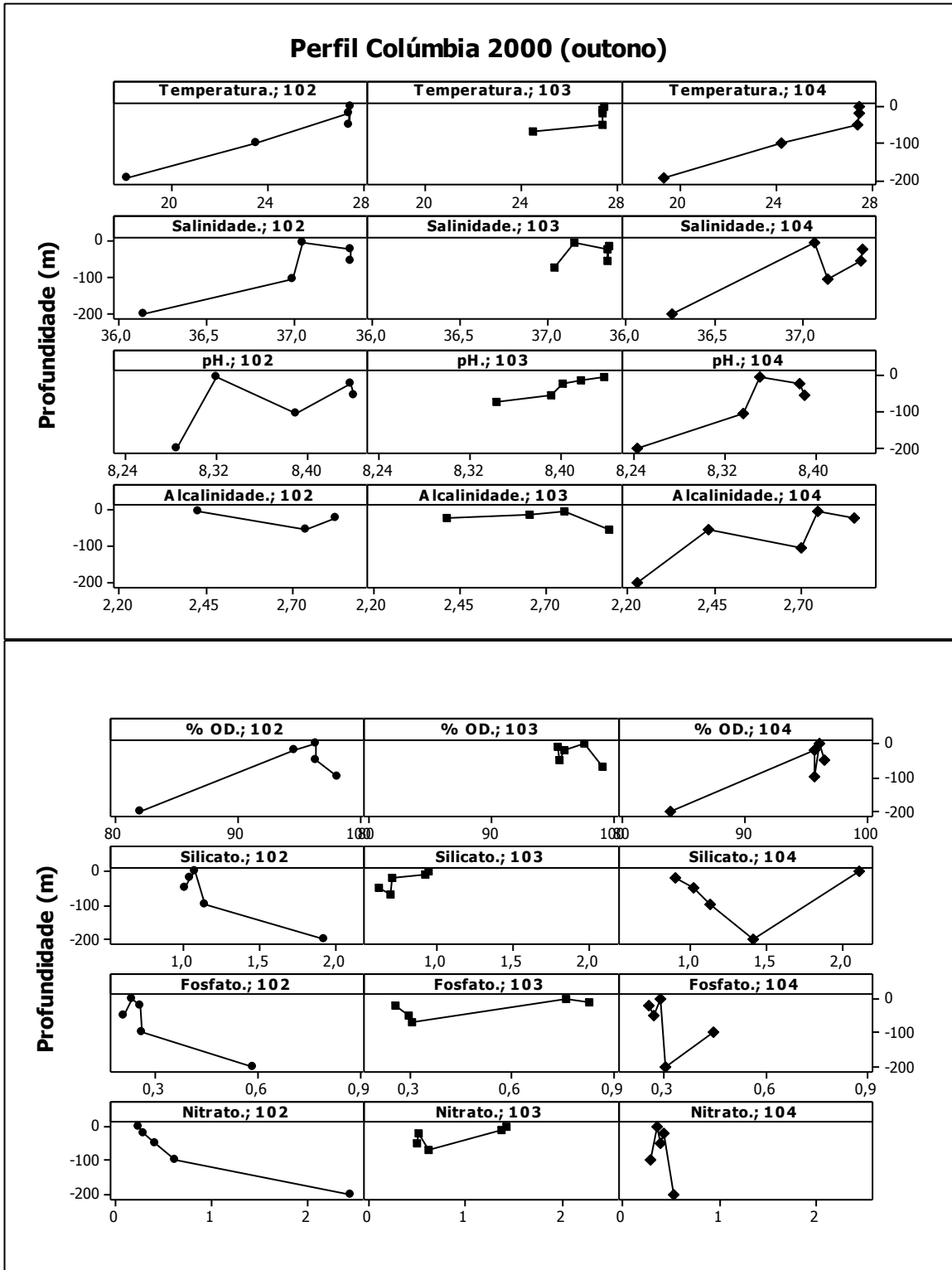


Figura 3.12 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Colúmbia em 2000 (outono)

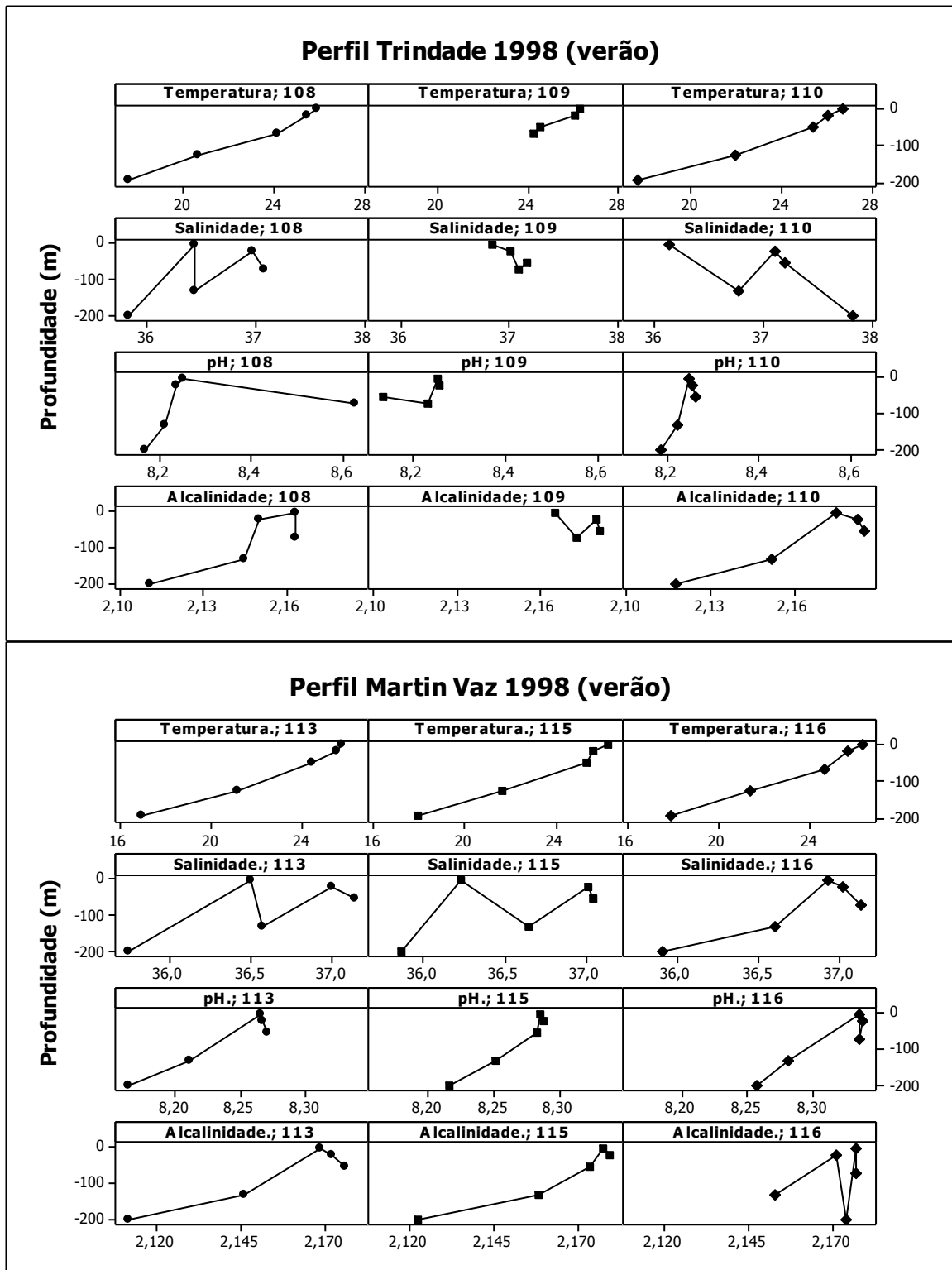


Figura 3.13 - Variação vertical dos parâmetros de Trindade e Martin Vaz em 1998 (verão)

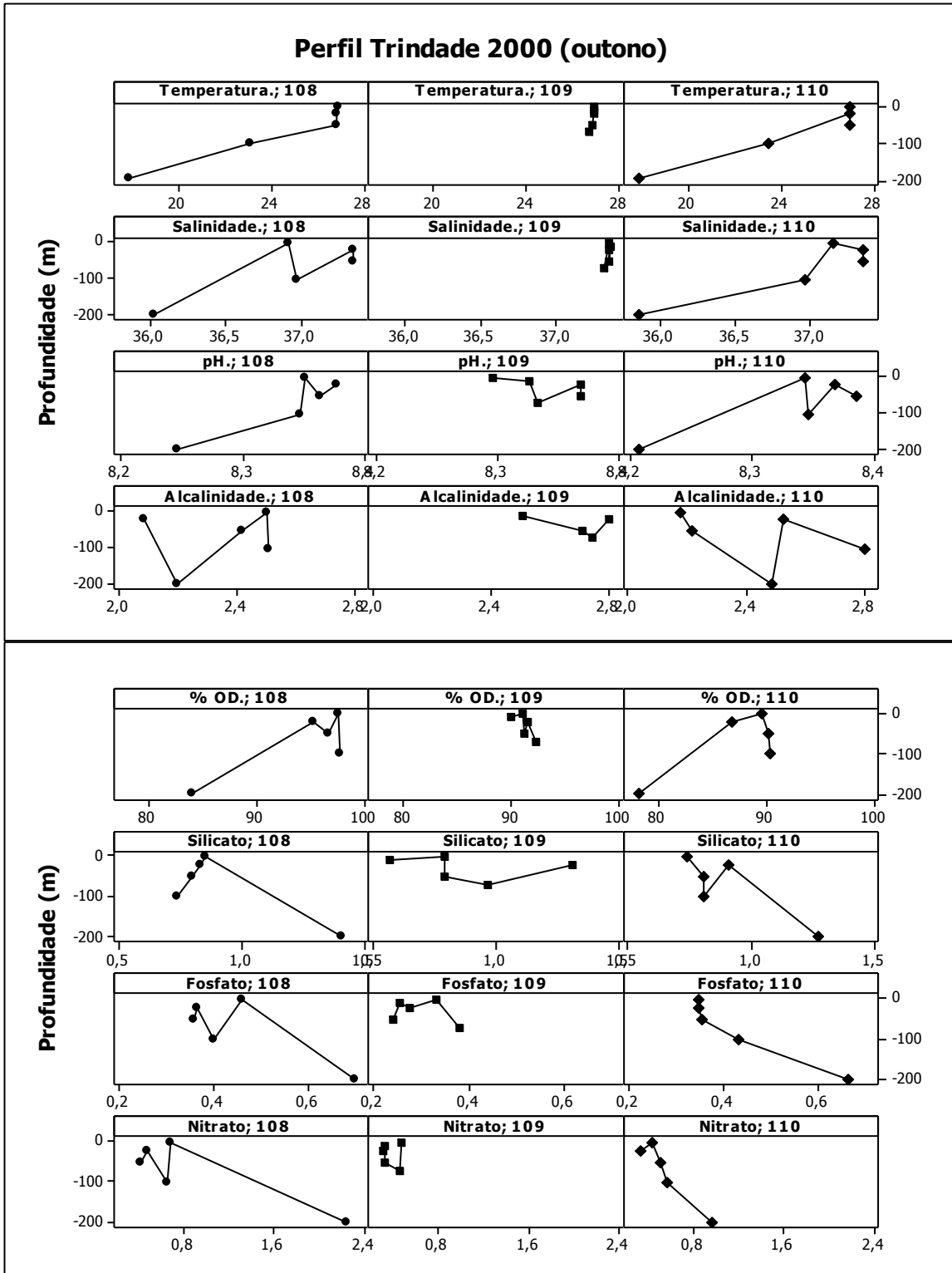


Figura 3.14 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Trindade em 2000 (outono)

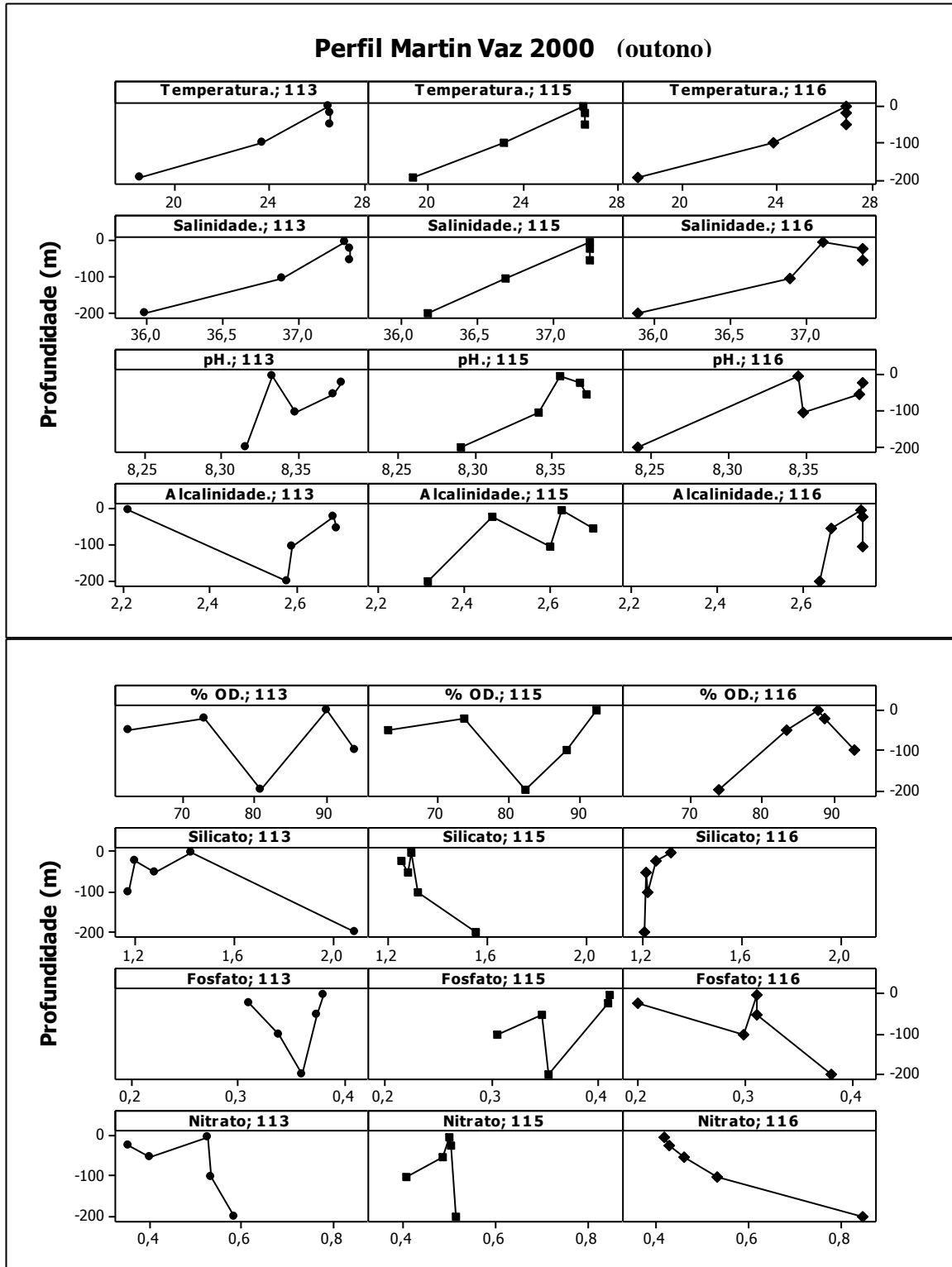


Figura 3.15 - Variação vertical dos parâmetros no Perfil Martin Vaz em 2000 (outono)

3.2.2 Variação horizontal dos parâmetros físico-químicos

Os estudos da variação horizontal, em 1998 (verão) e 2000 (outono), foram realizados por meio de gráficos de isolinhas em função da localização das estações, nas profundidades de 1 m, 50 m e 200 m. Em geral, as variações dos parâmetros em toda a extensão da área investigada mostraram:

- temperaturas mais altas nas estações rasas, as quais não apresentaram termoclina. Valores menores da temperatura na área de Trindade e Martin Vaz, indicando tendência a diminuir em longitudes mais baixas. O início da termoclina (25 °C), ocorrendo acima dos 50 m no verão, sendo mais profunda no outono. O predomínio da Água Tropical, porém, sobretudo no verão, a Água Central do Atlântico Sul ocupou os 200 m, com temperaturas abaixo dos 18°C (Figuras 3.16 e 3.17);
- salinidades mais baixas no verão que no outono, principalmente, na superfície (1m). Com a área de Trindade e Martin Vaz apresentando comportamento inverso em relação aos outros perfis, isto é, a salinidade aumentando no verão e diminuindo no outono (Figuras 3.18 e 3.19);
- valores de pH com amplitude muito estreita no verão e outono, evidenciando poucas mudanças desse parâmetro no ambiente marinho. O pH nas ilhas de Trindade e Martin Vaz foi mais baixo, possivelmente, por causa da longitude que influenciou também a temperatura (Figuras 3.20 e 3.21);
- oxigênio dissolvido (OD) com taxas de saturação mais altas no verão, com tendência a aumentar com a profundidade, em especial nas longitudes mais baixas, correspondentes às áreas de Trindade e Martin Vaz. No outono, esse comportamento foi contrário, isto é, os menores valores ocorreram aos 200 m (Figuras 3.22 e 3.23);
- silicato com teores aumentadas na região de Colúmbia. No outono, apresentou discretos aumentos em Davis, Trindade e Martin Vaz, (Figuras 3.24 e 3.25);
- fosfato com teores mais baixos na zona eufótica, no entanto, nas imediações de Jaseur foram encontrados valores mais altos, mesmo na superfície (1 m). Aumentos na concentração ocorreram também em Colúmbia, decrescendo em Trindade e Martin Vaz, no outono (Figuras 3.26 e 3.27);
- nitrato comportando-se do mesmo modo que o fosfato, isto é, com teores aumentados na região de Jaseur, tanto verão como no outono. Os menores valores ocorreram em Trindade e Martin Vaz, no outono (Figuras 3.28 e 3.29).

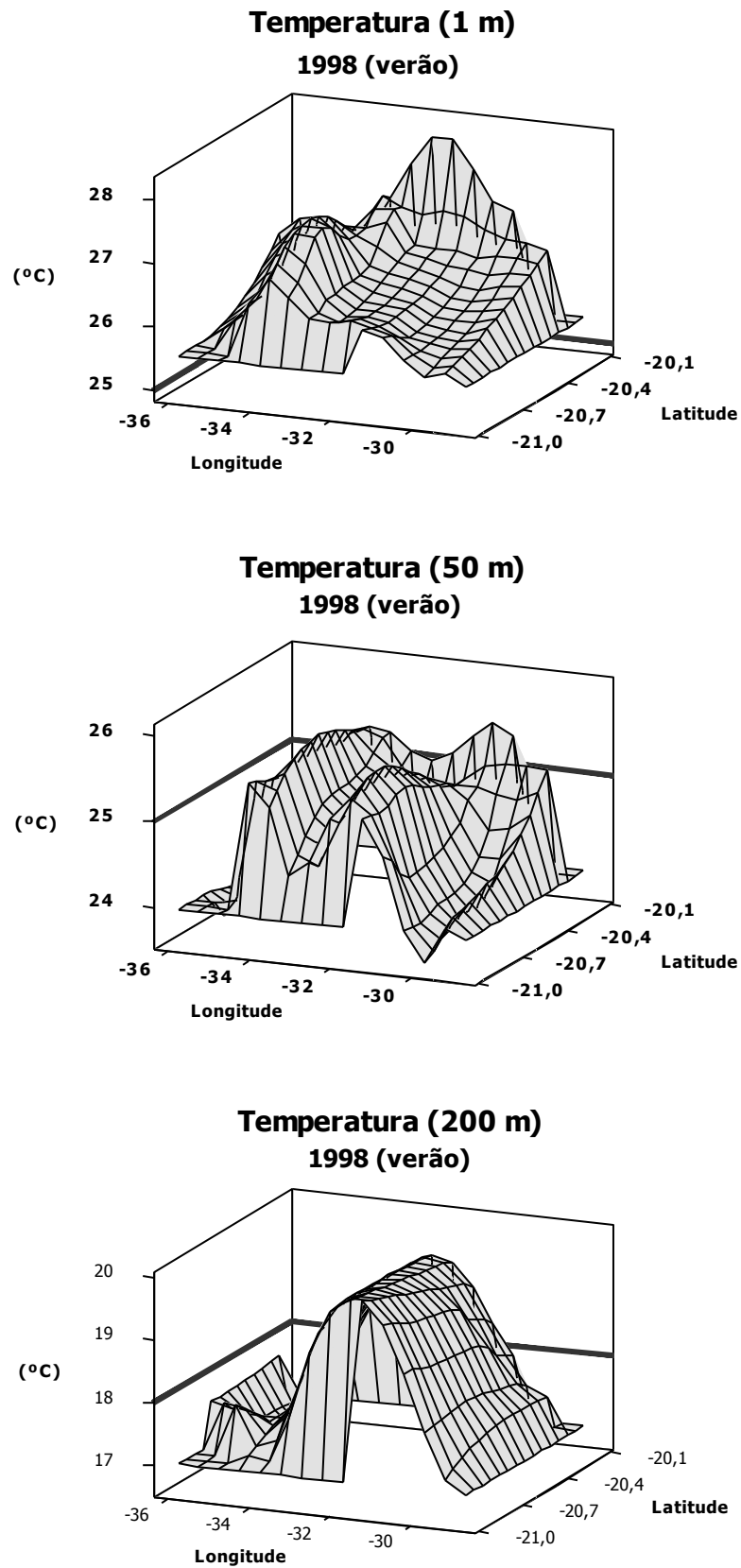


Figura 3.16 - Variação horizontal da temperatura para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

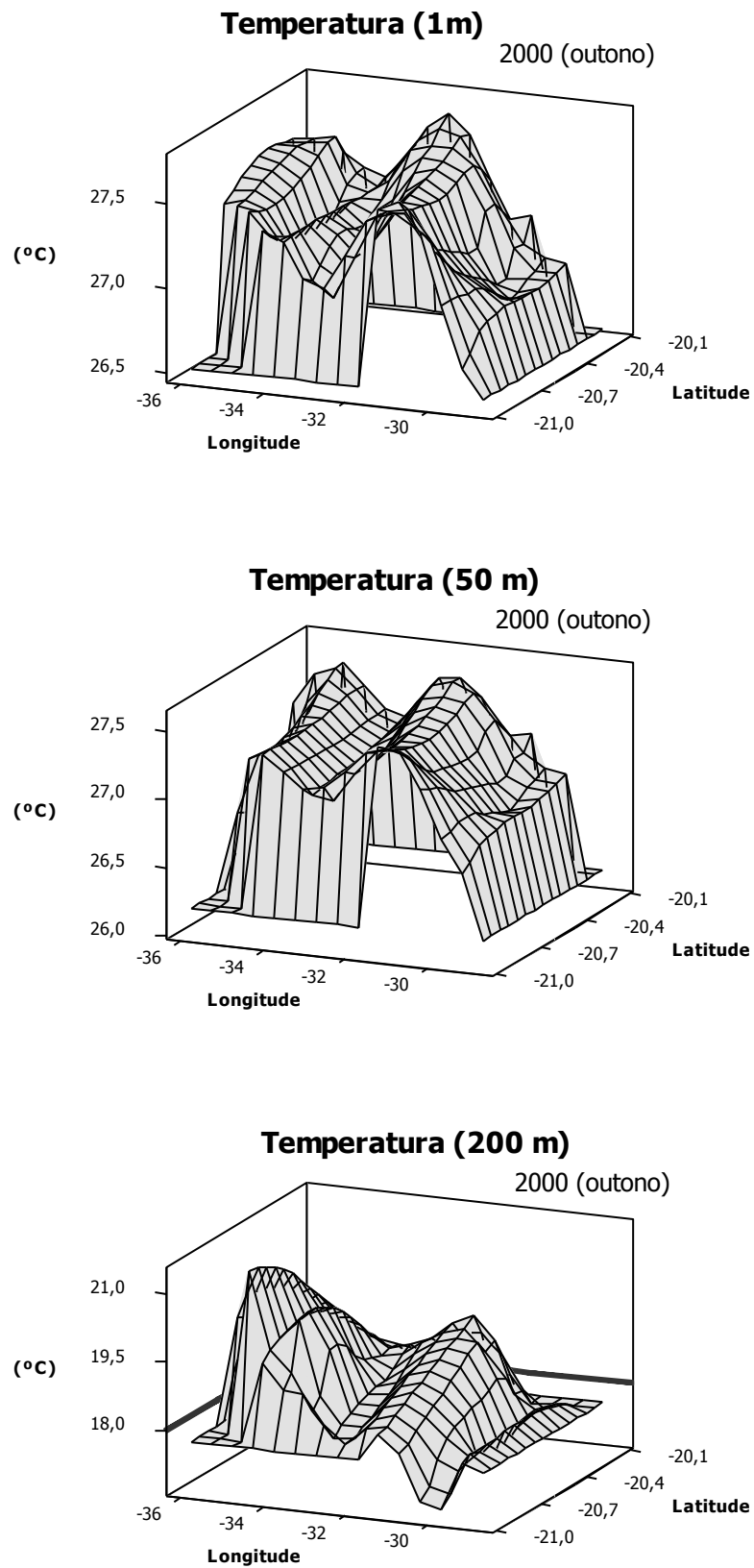


Figura 3.17 - Variação horizontal da temperatura para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

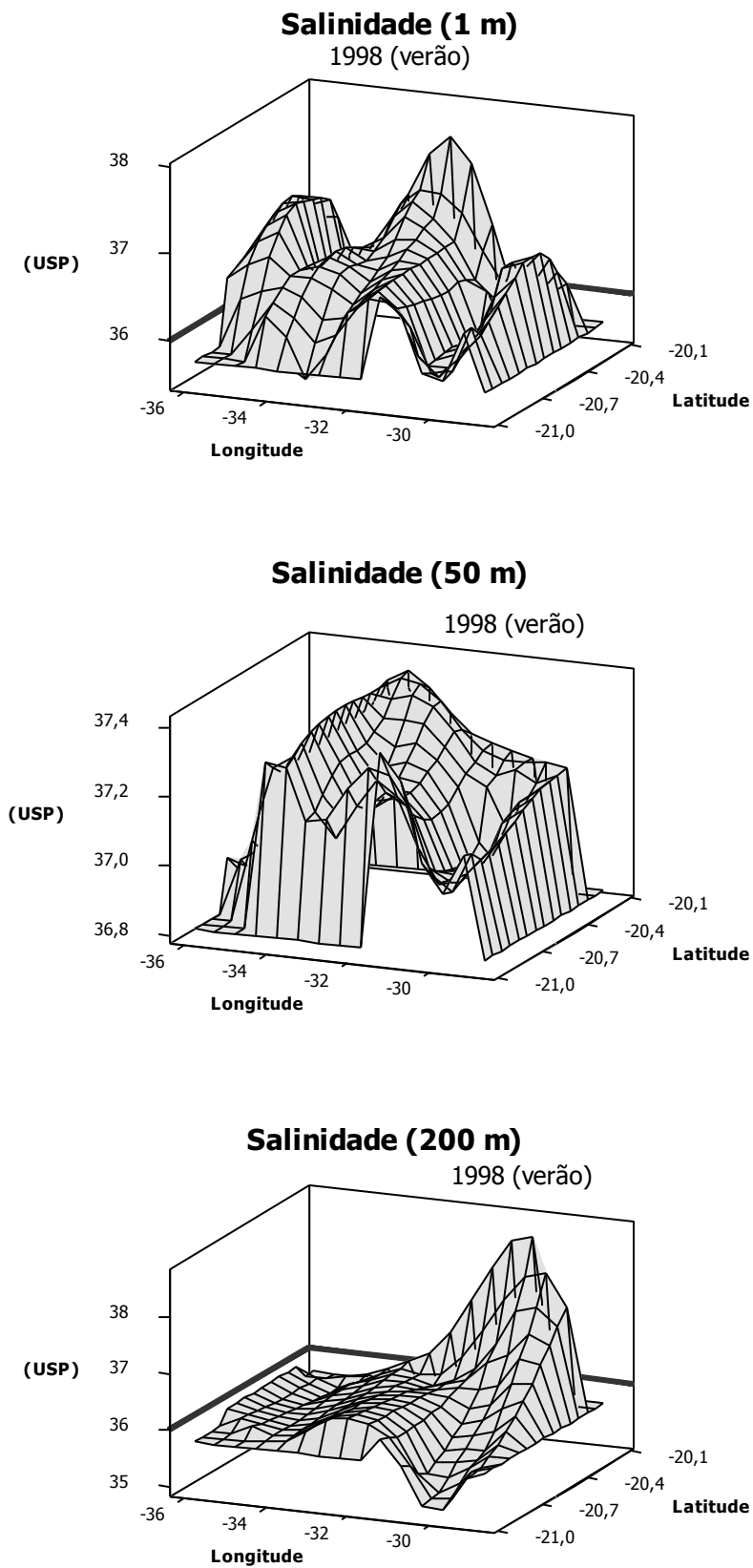


Figura 3.18 - Variação horizontal da salinidade para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

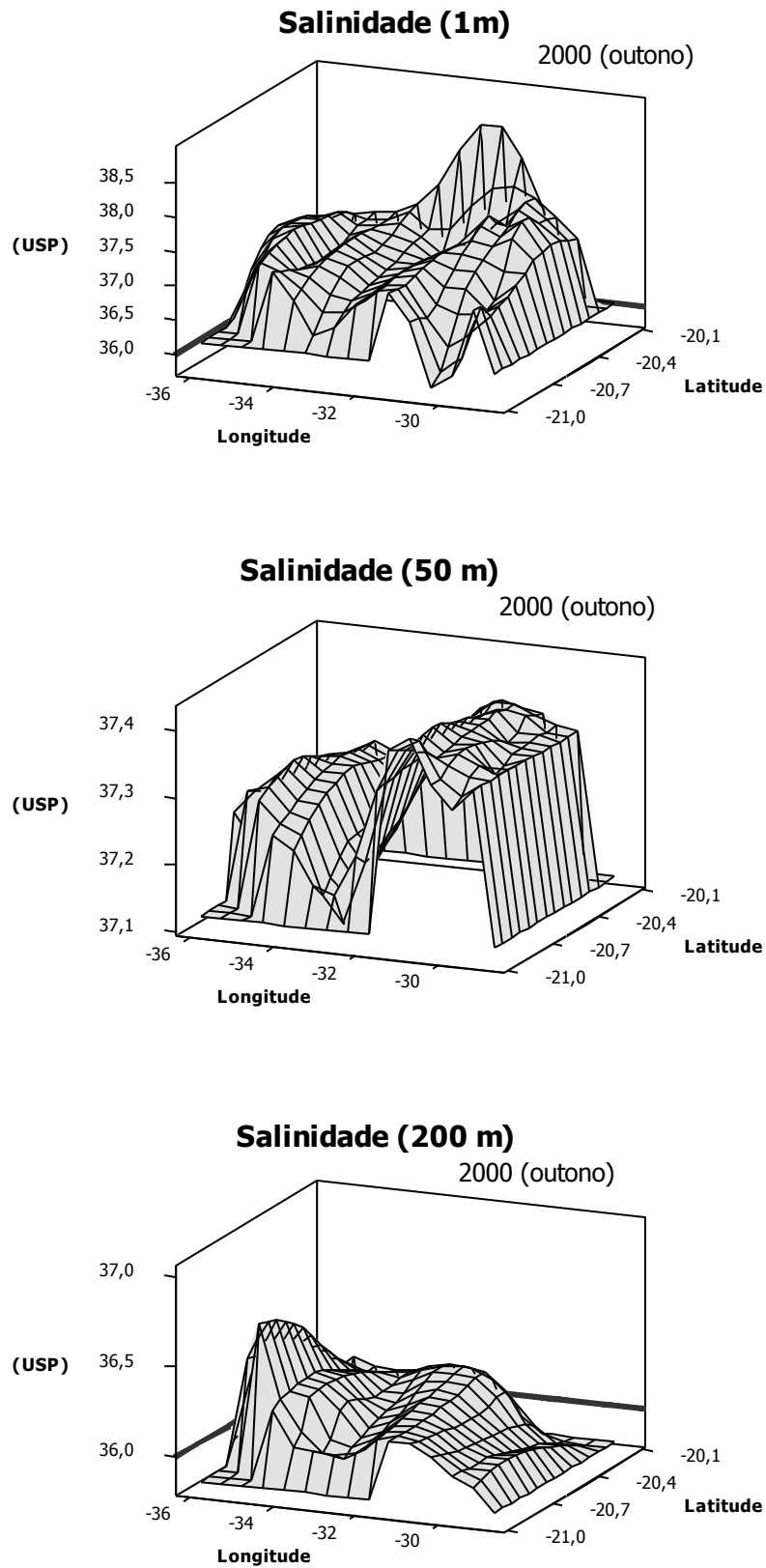


Figura 3.19 - Variação horizontal da salinidade para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

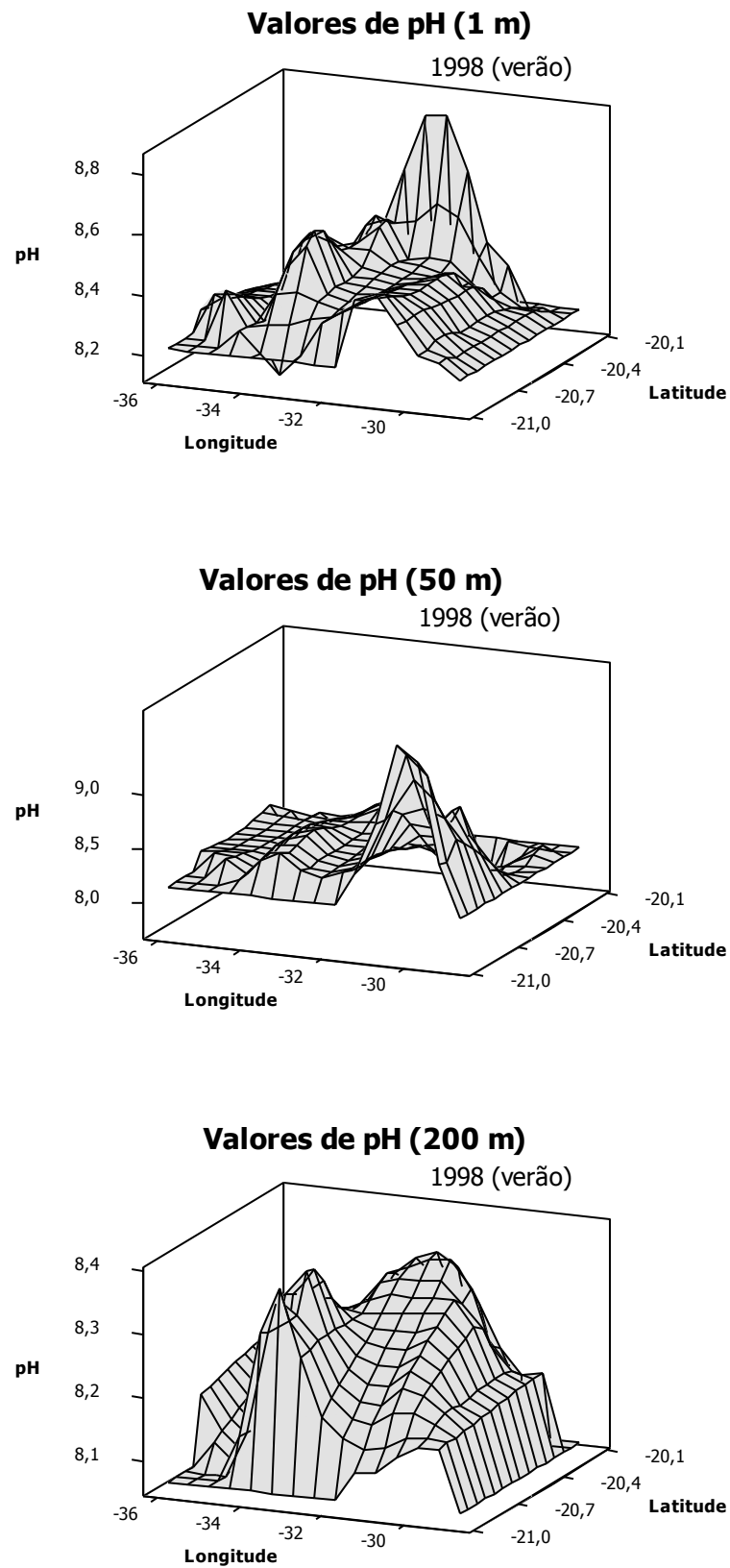


Figura 3.20 - Variação horizontal do pH para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

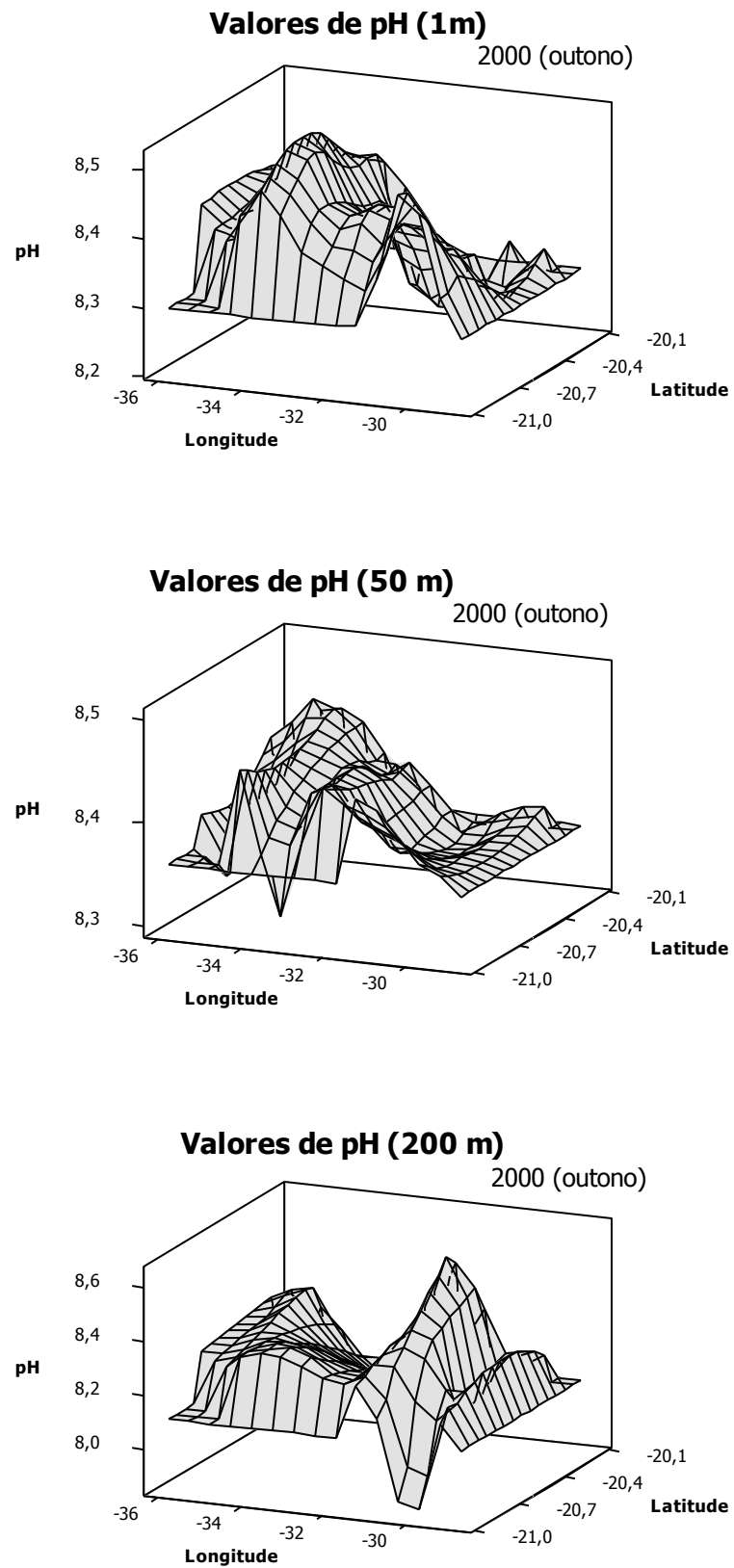


Figura 3.21 - Variação horizontal do pH para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

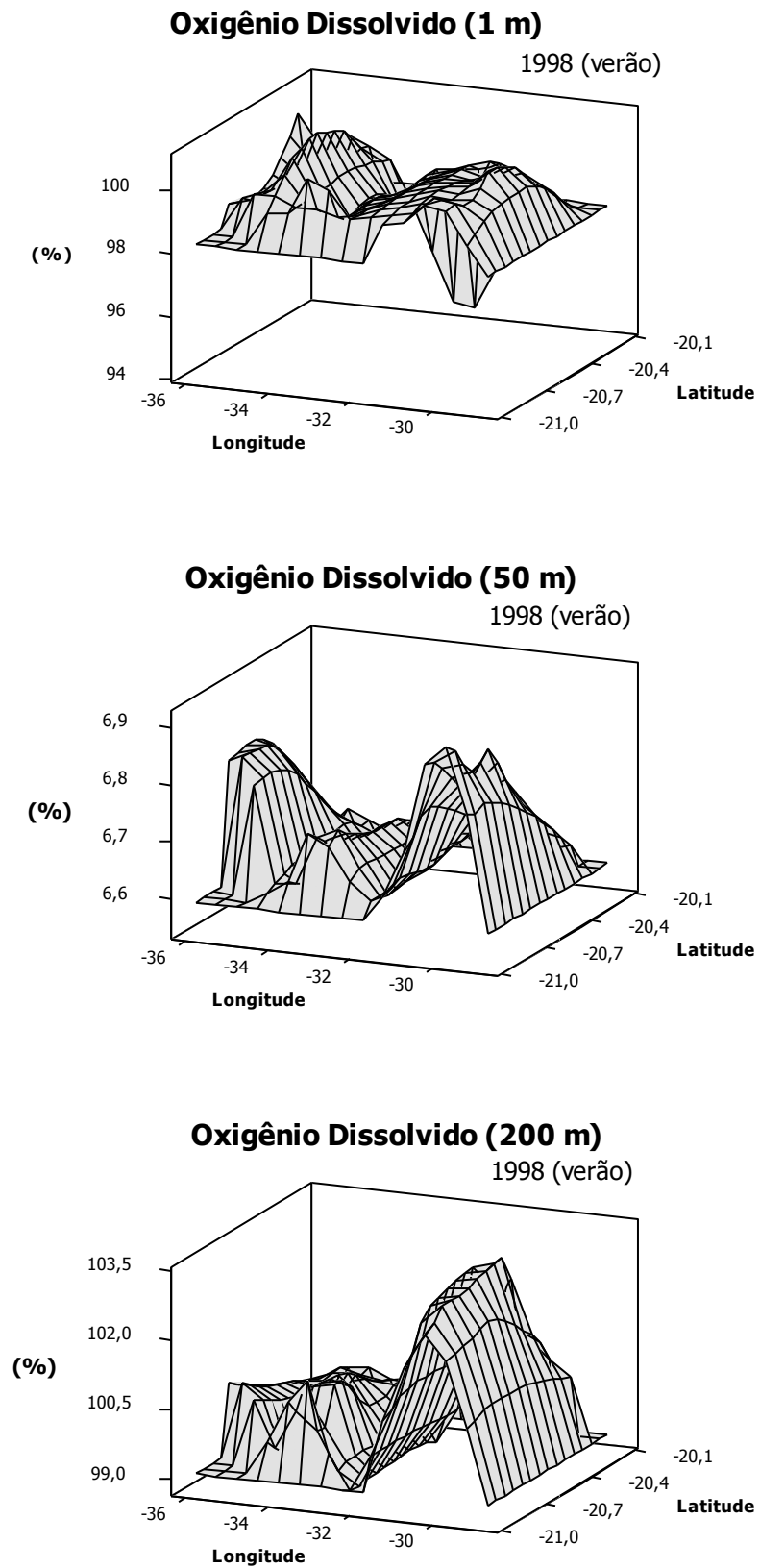


Figura 3.22 - Variação horizontal de OD para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

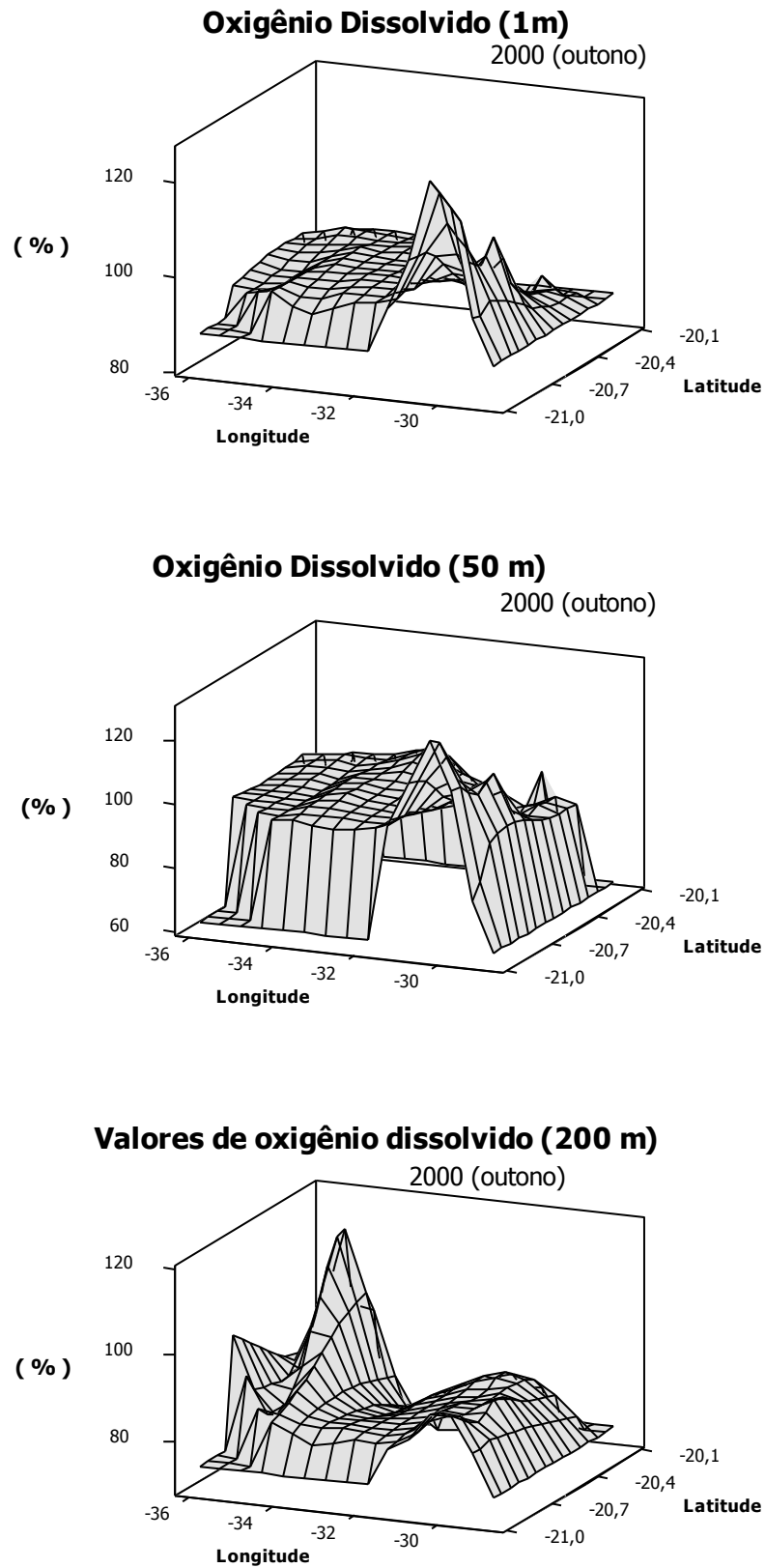


Figura 3.23 - Variação horizontal de OD para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

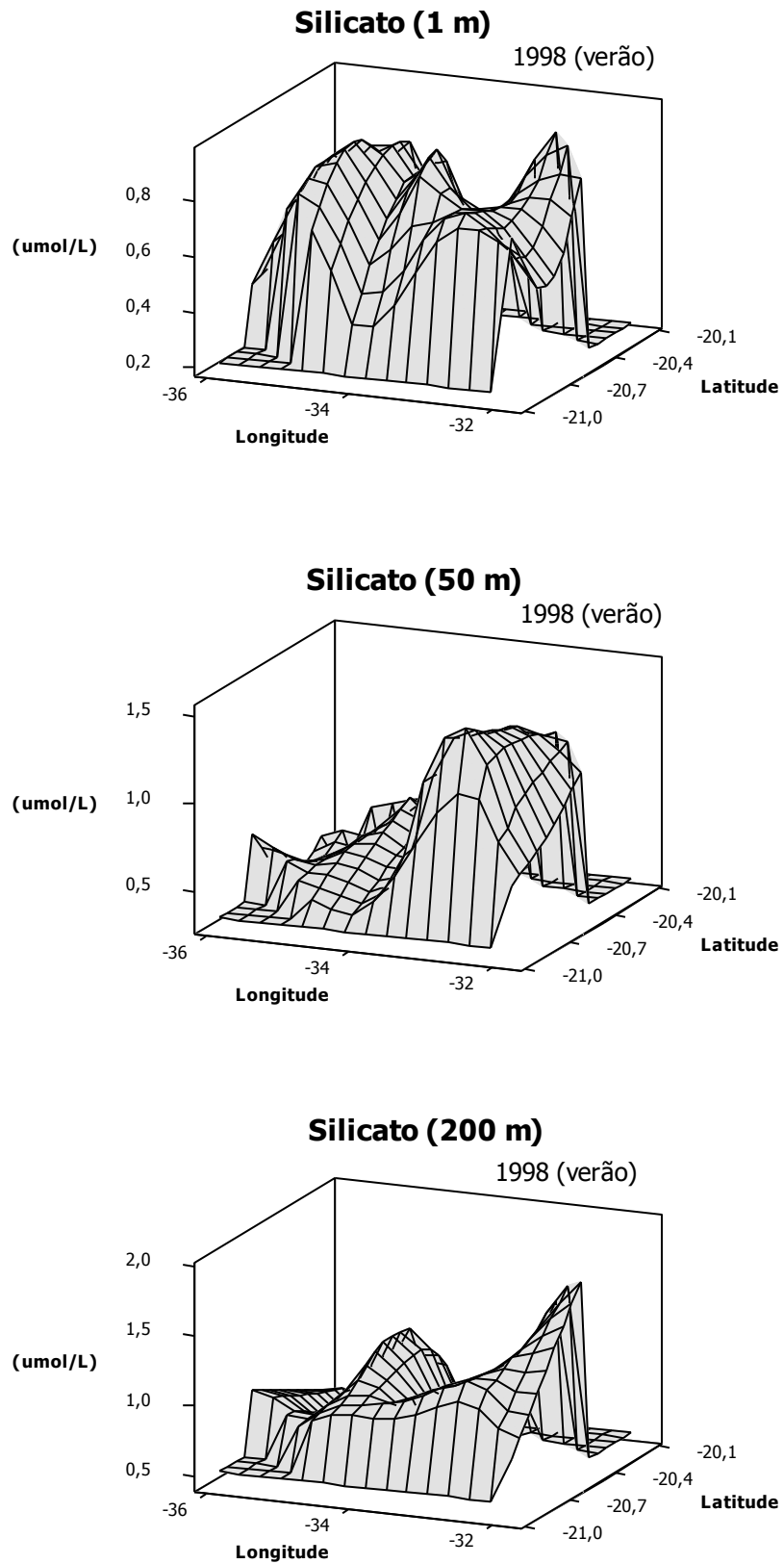


Figura 3.24 - Variação horizontal do silicato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

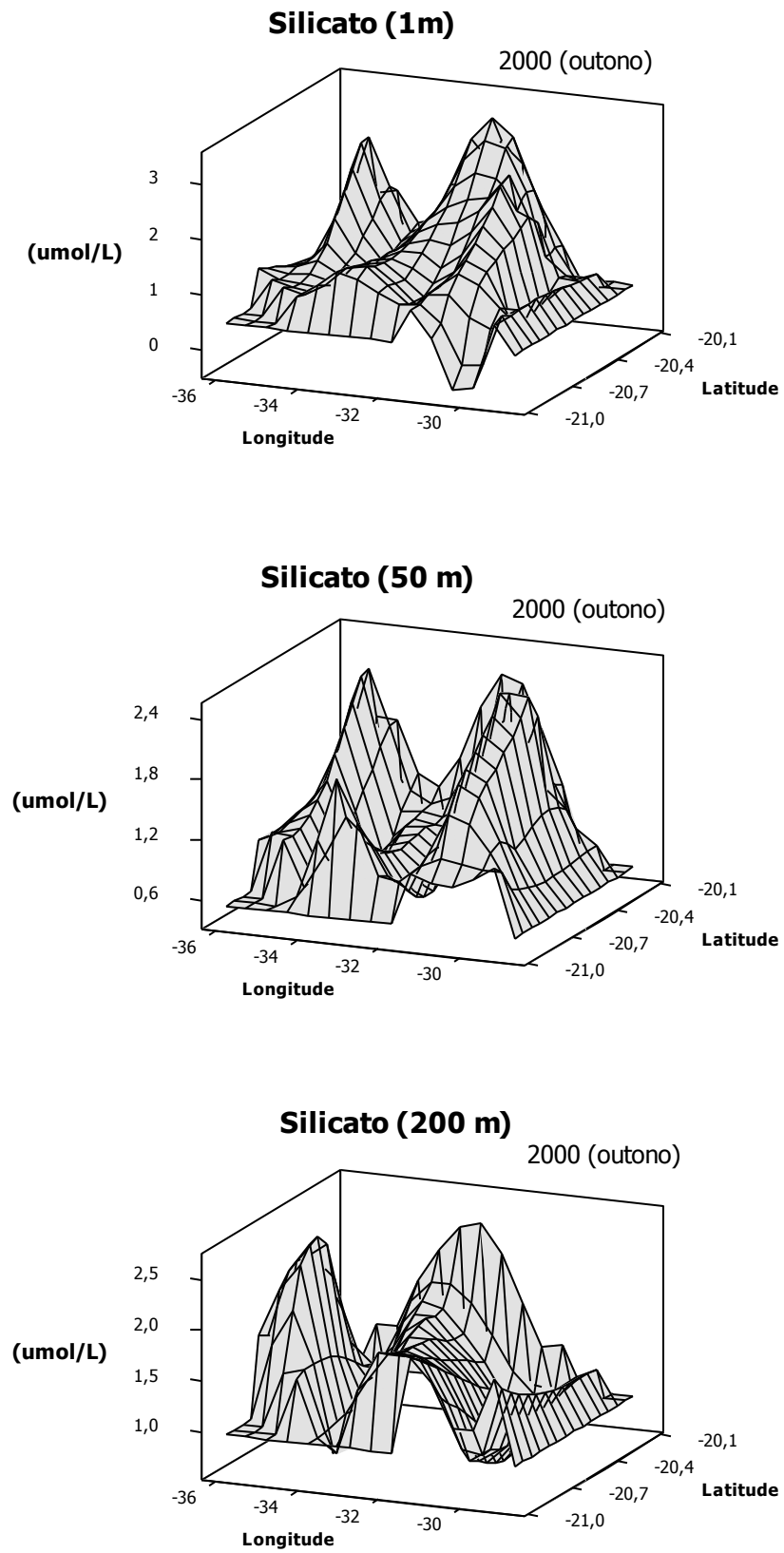


Figura 3.25 - Variação horizontal do silicato para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

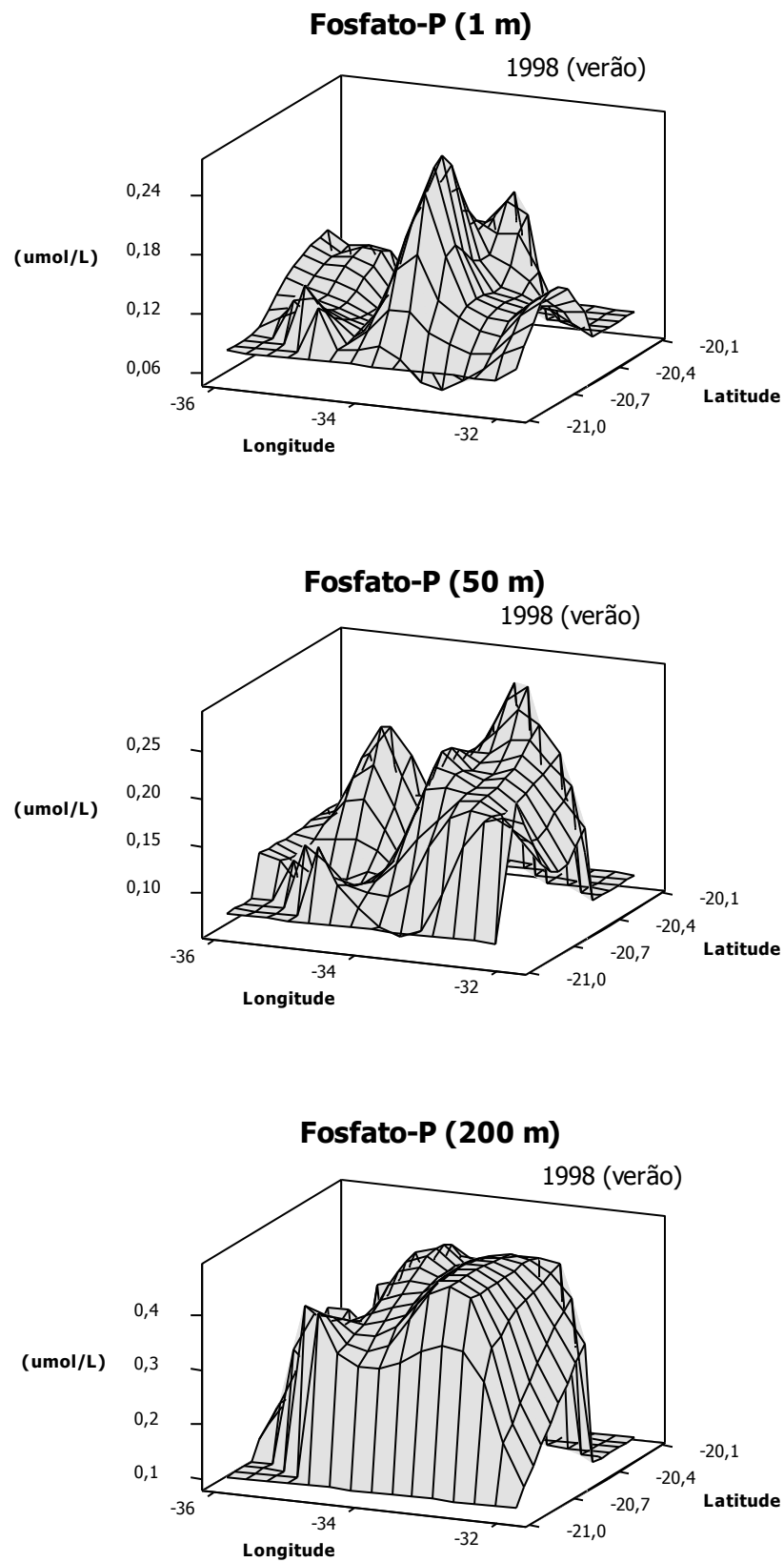


Figura 3.26 - Variação horizontal do fosfato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

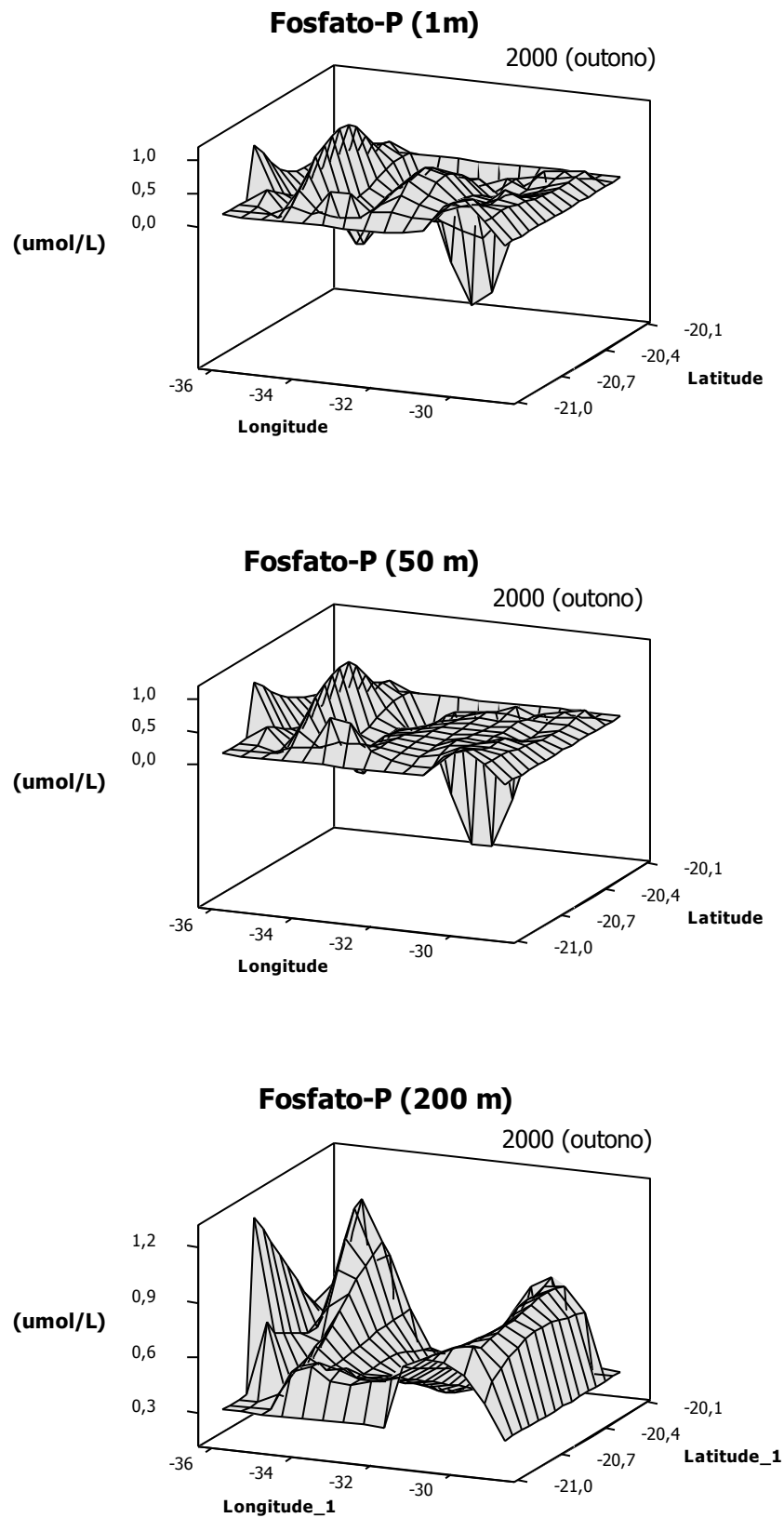


Figura 3.27 - Variação horizontal do fosfato para 1 m, 50 m e 200 m, em 2000 (outono)

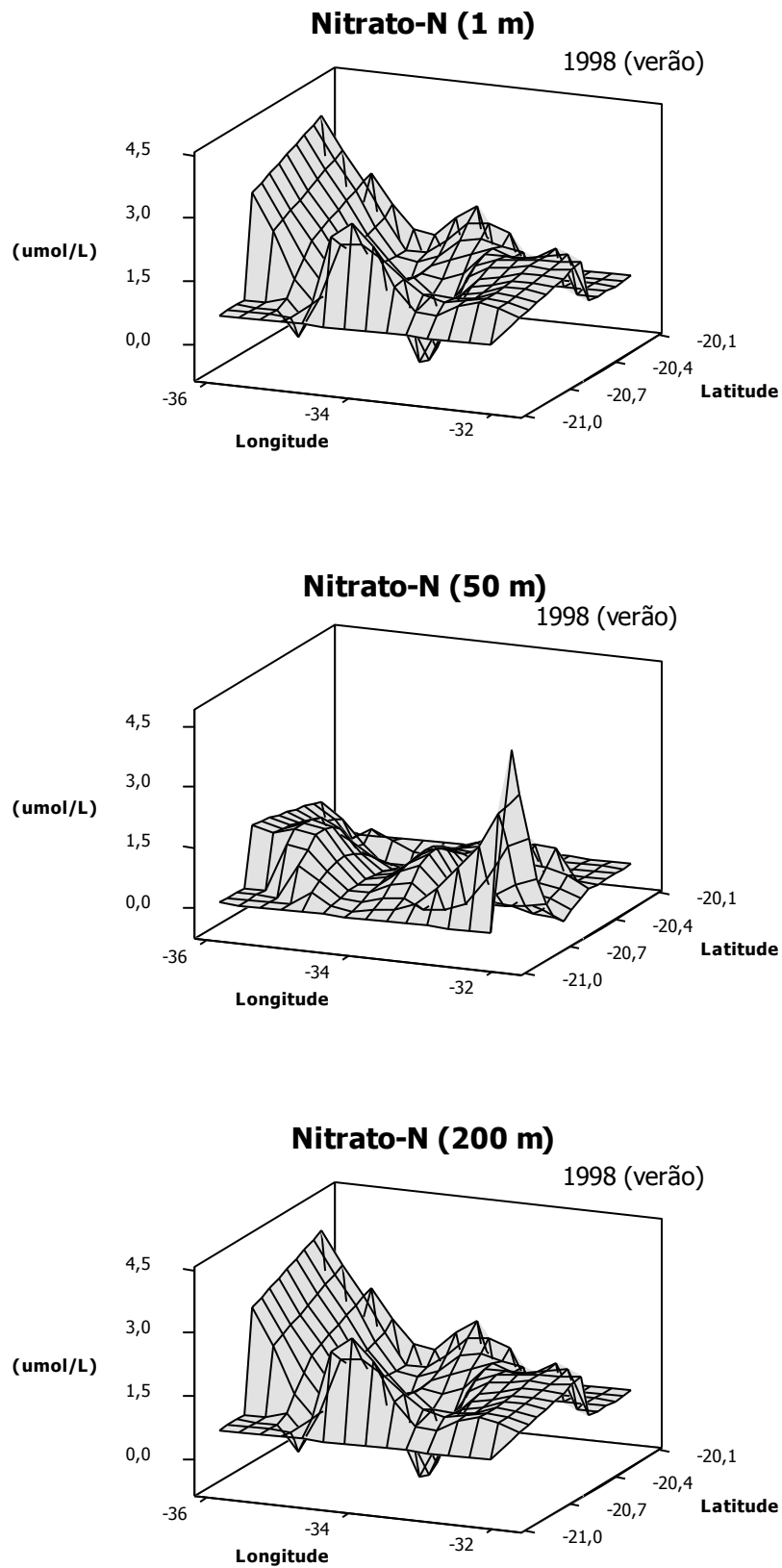


Figura 3.28 - Variação horizontal do nitrato para 1 m, 50 m e 200 m, em 1998 (verão)

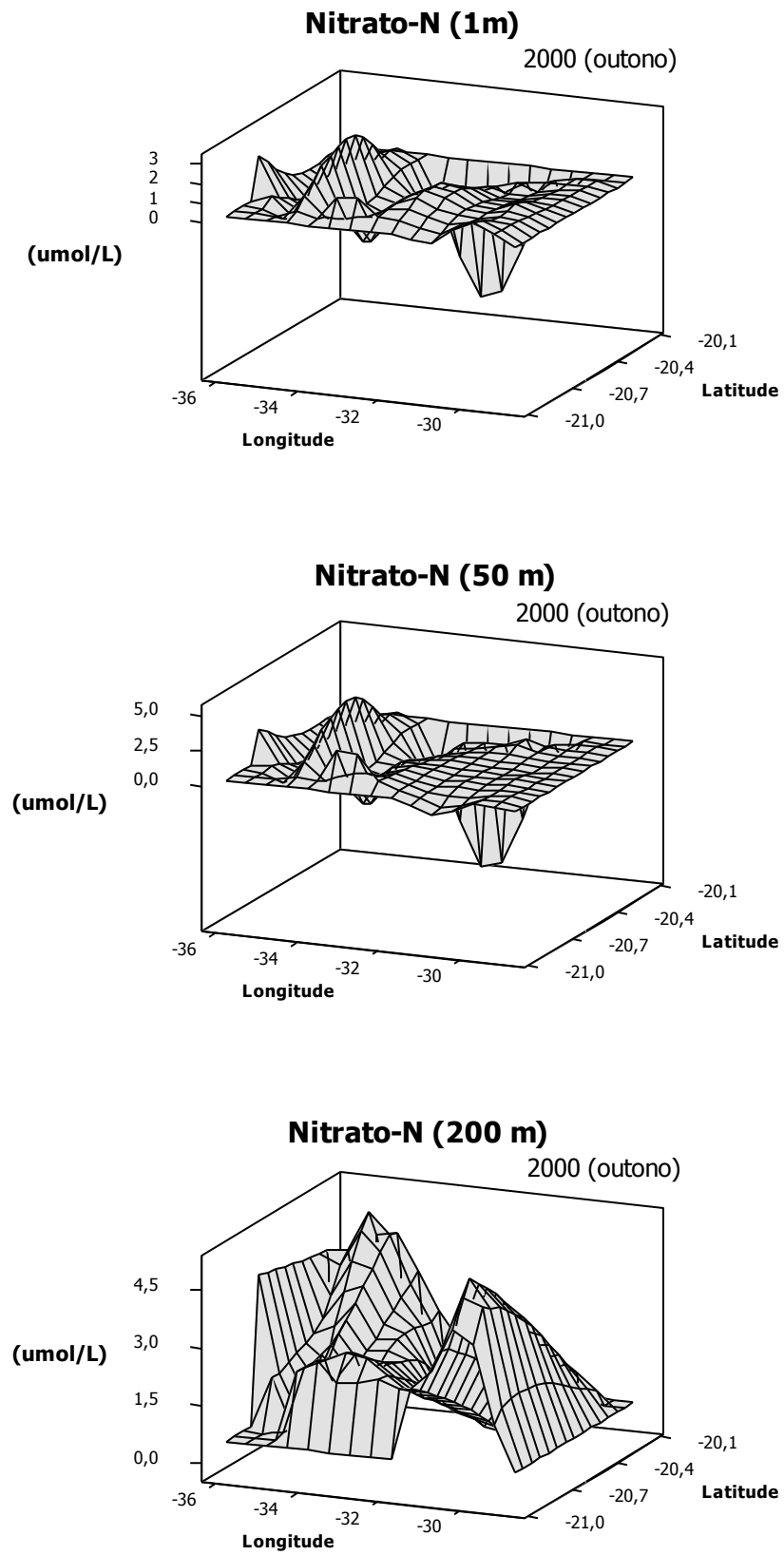


Figura 3.29 - Variação horizontal do nitrato para 1 m, 50 m e 200 m, 2000 (outono)

3.3 ESTUDO DAS MASSAS D'ÁGUA

Para descrever as principais massas d'água presentes da superfície até os 200 m, os resultados da temperatura (T) e salinidade (S) foram avaliados por meio de diagramas T-S. Com base na estrutura termohalina do Atlântico Sul Tropical, a interpretação dos dados considerou a camada superficial ocupada pela Água Tropical (AT), seguida pela Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a qual apresenta temperatura e salinidade igual ou menor que 18°C e 36 USP, respectivamente (MATSUURA, 1986). A termoclina foi marcada com o início (ou topo) ocorrendo na isoterma de 25°C (TRAVASSOS, 1999).

- O diagrama T-S correspondente à zona eufótica (Figura 3.30), mostrou que a AT ocupou toda a camada nos dois períodos estudados. No verão, houve maior estratificação das águas, motivada principalmente pela variação da salinidade, com uma termoclina rasa, tipicamente sazonal. No outono, a estrutura termohalina foi mais estável, isto é, apresentou pouca amplitude térmica; com a termoclina mais profunda iniciando, em geral, aos 70 m.
- A zona disfótica (Figura 3.31) apresentou um gradiente termohalino muito acentuado, marcado pela presença da termoclina. No verão, a área foi ocupada pelas duas massas d'água (AT e ACAS), com a ACAS ocorrendo aos 200 m, na maioria das estações. Entretanto, no outono, predominou a presença da AT, porque a intrusão da ACAS aconteceu em poucas estações (C-89 e C-110).
- O diagrama de toda a coluna d'água estudada (Figura 3.32), da superfície (1 m) até 200 m, evidenciou uma estrutura típica de ambientes estratificados, com água de salinidade máxima ocorrendo no topo da termoclina. Além disso, os resultados indicaram diferenças sazonais, porque o início da termoclina foi mais raso no verão que no outono. As duas zonas foram ocupadas preferencialmente pela AT, porém, ACAS ocupou os 200 m, principalmente no verão.

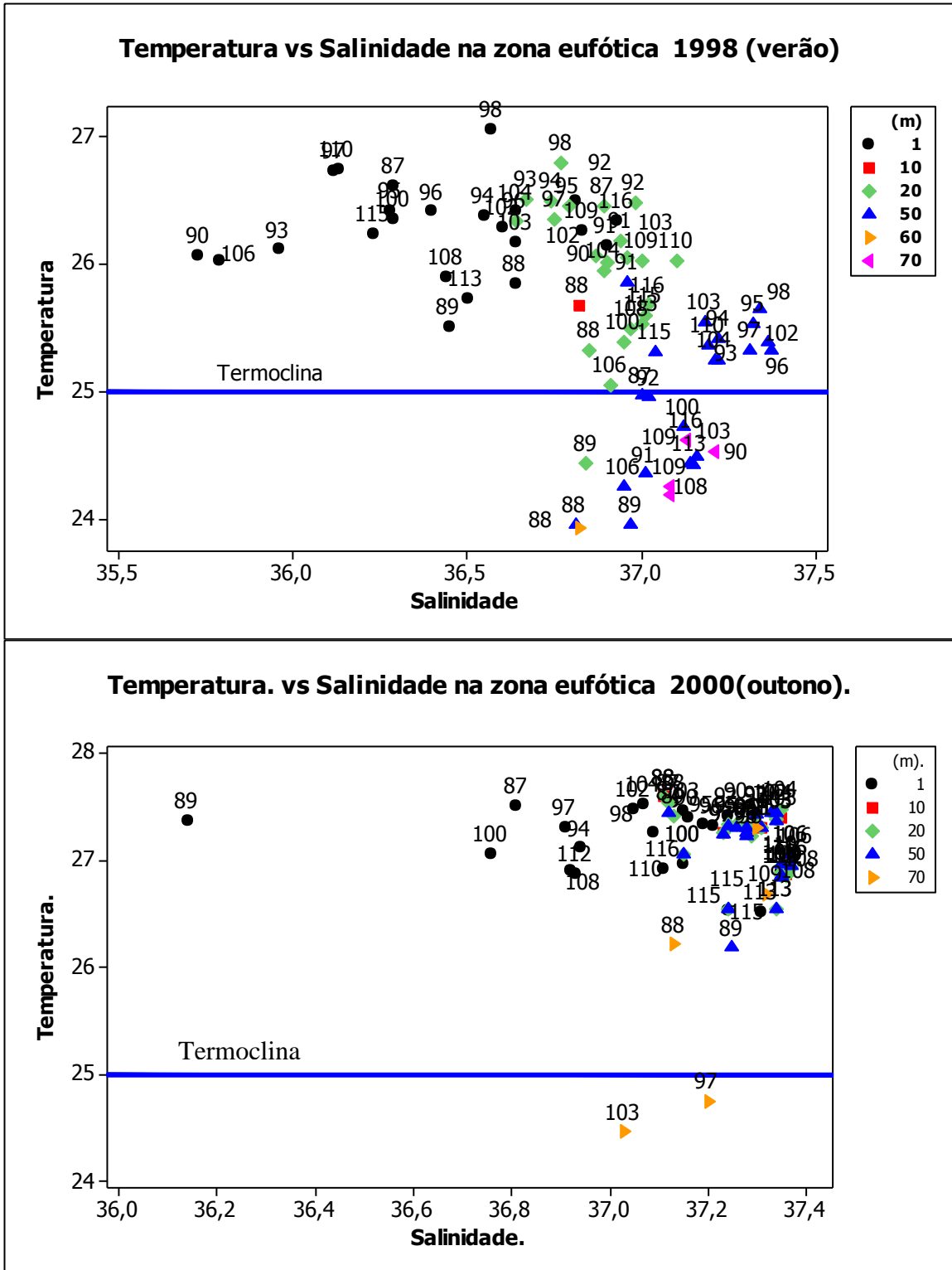


Figura 3.30 - Diagramas T-S para 1998 (verão) e 2000 (outono) na zona eufótica.

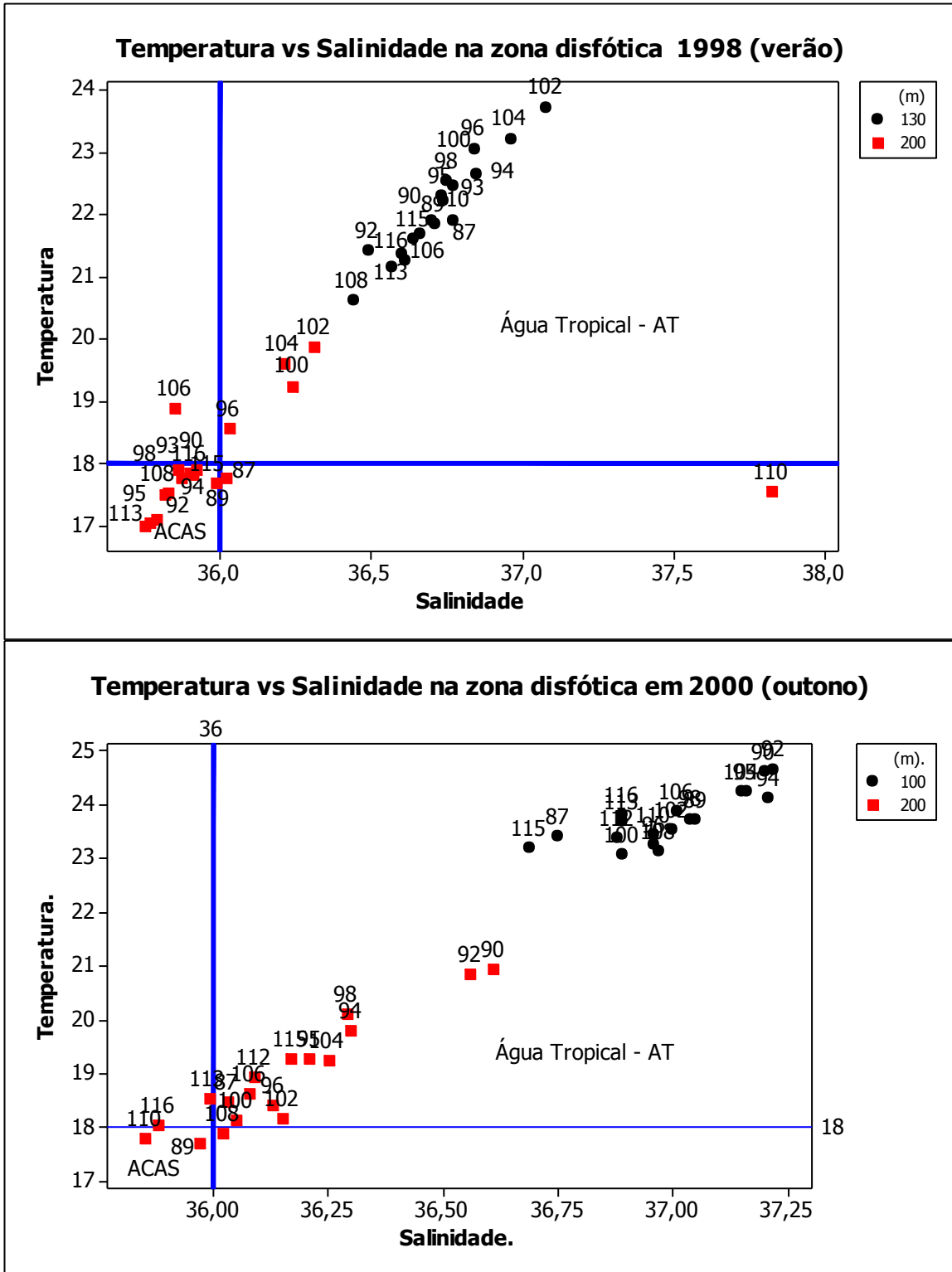


Figura 3.31 - Diagramas T-S para 1998 (verão) e 2000 (outono) na zona disfótica.

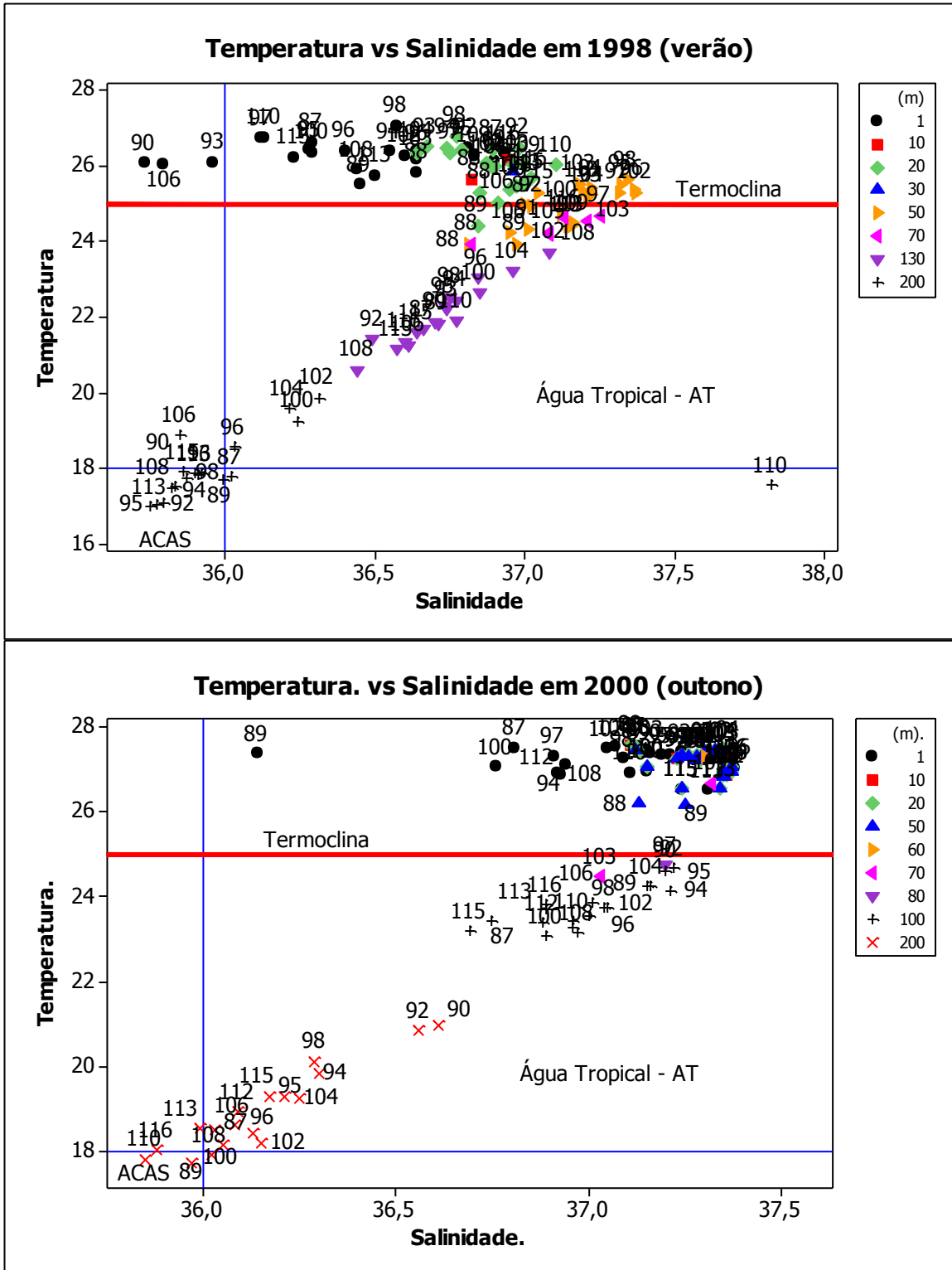


Figura 3.32 - Diagramas T-S, de 1 m até 200m, para 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Nos dois períodos estudados, 1998 (verão) e 2000 (outono), para cada parâmetro físico-químico (temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, fosfato, silicato, nitrito e nitrato) foram determinadas, as médias e seus desvios, as faixas interquartílicas (Q1 e Q3) e os teores máximo e mínimo, para as n determinações.

Diagramas com a representação da amplitude e dos intervalos de confiança (IC) das médias, indicaram a tendência da medida central e a dispersão dos resultados. Por análise de variância (ANOVA), foi avaliada a magnitude dos principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre os parâmetros investigados.

3.4.1 Temperatura

Os valores médios da temperatura na coluna d'água estiveram mais baixos no verão que no outono. No entanto, nos dois períodos, as dispersões (desvio da média) dos resultados estiveram muito próximas, sendo menor na zona eufótica (Tabela 3.2 e Figura 3.33).

Tabela 3.2 - Variação da temperatura (°C) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	111	23,82	0,28	21,90	26,07	27,05	16,99
2000 (outono)	114	25,25	0,29	23,73	27,31	27,59	17,71
Zona Eufótica (1 – 70 m)							
1998 (verão)	75	25,63	0,09	25,24	26,34	27,05	23,93
2000 (outono)	78	27,07	0,06	26,89	27,38	27,59	24,46
Zona Disfótica (~100 – 200 m)							
1998 (verão)	36	20,03	0,37	17,78	21,90	23,72	16,99
2000 (outono)	36	21,31	0,43	18,55	23,71	24,66	17,71

As estações mais rasas, ou seja, aquelas correspondentes aos bancos oceânicos (C-88; C-91; C-97; C-103) e a Ilha de Trindade (C-109), apresentaram as maiores médias, tanto em 1998 (verão) como em 2000 (outono). Em geral, no verão, as médias das estações estiveram abaixo dos 25°C, ao contrário de 2000. Em relação à profundidade, a área estudada apresentou características distintas nos dois períodos, principalmente na camada superficial. Em 1998 (verão), ocorreu uma termoclina sazonal mais rasa a partir dos 20 m; no outono, a coluna d'água mostrou uma termoclina que iniciou depois dos 50 m (Figura 3.34).

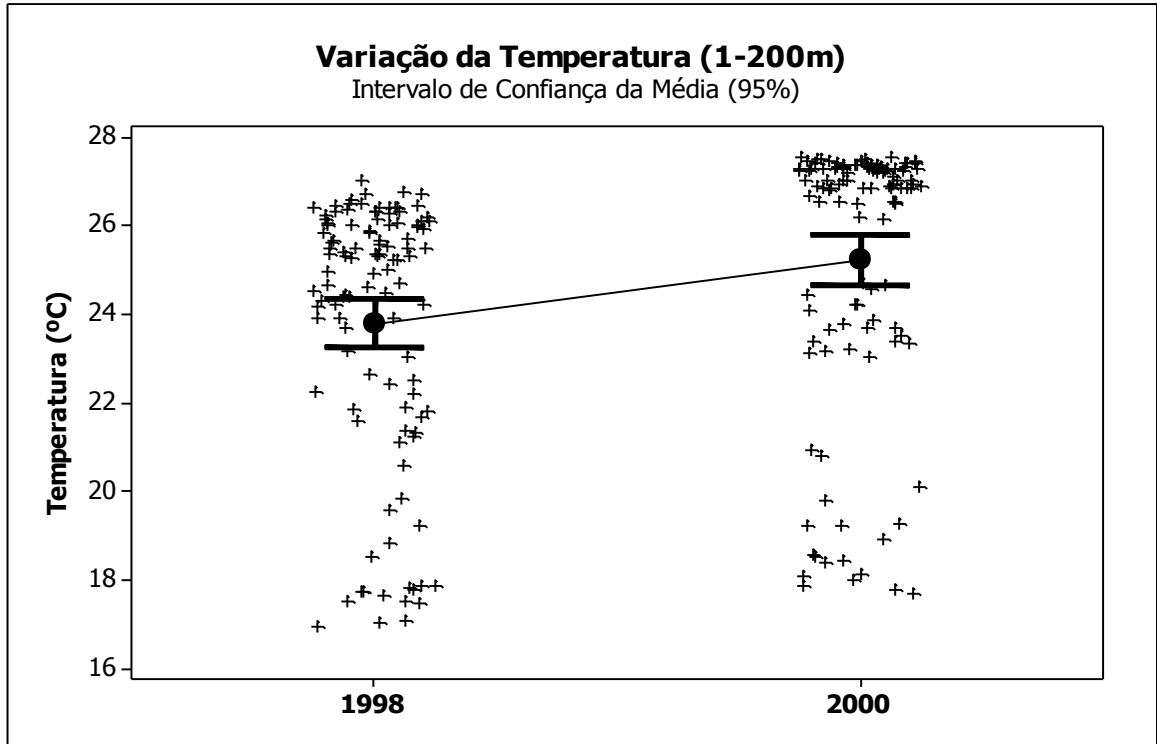


Figura 3.33 - Valores individuais da Temperatura (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (□), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

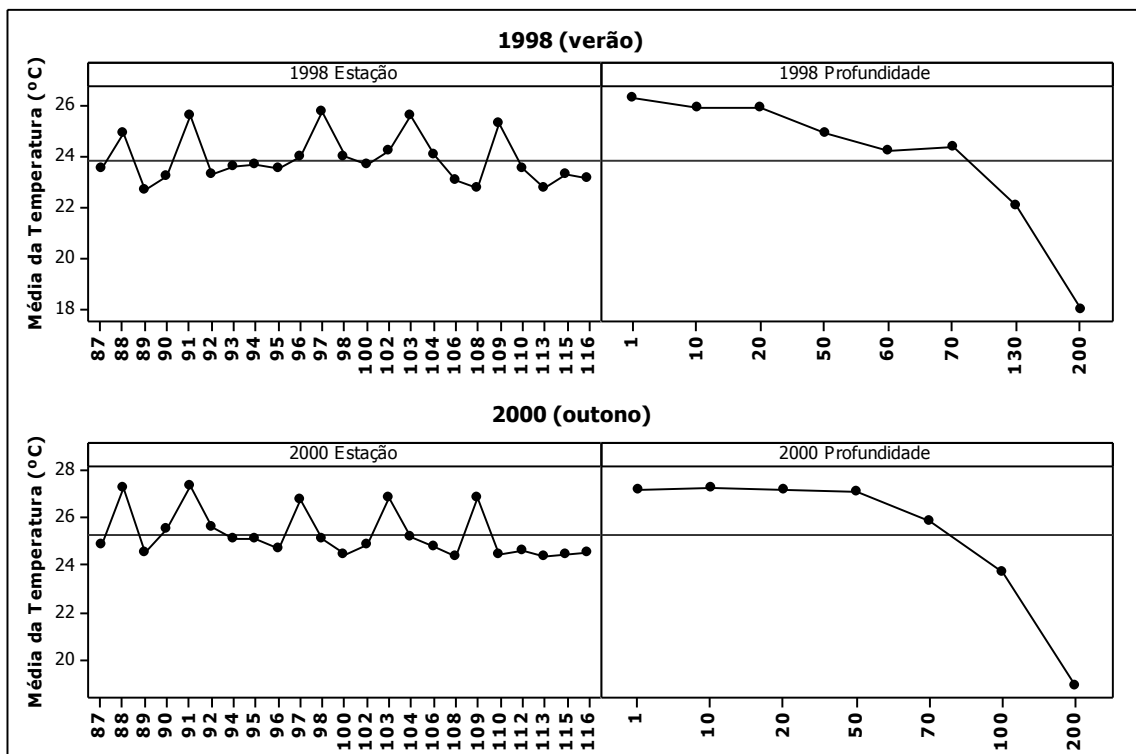


Figura 3.34 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre a temperatura em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.2 Salinidade

As médias mais altas para a salinidade foram encontradas em 2000 (outono); no entanto, nos dois períodos investigados, a dispersão dos resultados (desvio da média) foi maior na zona disfótica (Tabela 3.3 e Figura 3.35).

Tabela 3.3 - Variação da salinidade (USP) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até- 200 m							
1998	111	36,69	0,04	36,44	37,00	37,82	35,70
2000	114	37,01	0,04	36,92	37,31	37,38	35,85
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998	75	36,84	0,04	36,64	37,08	37,37	35,73
2000	78	37,22	0,02	37,15	37,34	37,38	36,14
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998	36	36,38	0,08	35,90	36,74	37,82	35,75
2000	36	36,57	0,08	36,10	36,99	37,22	35,85

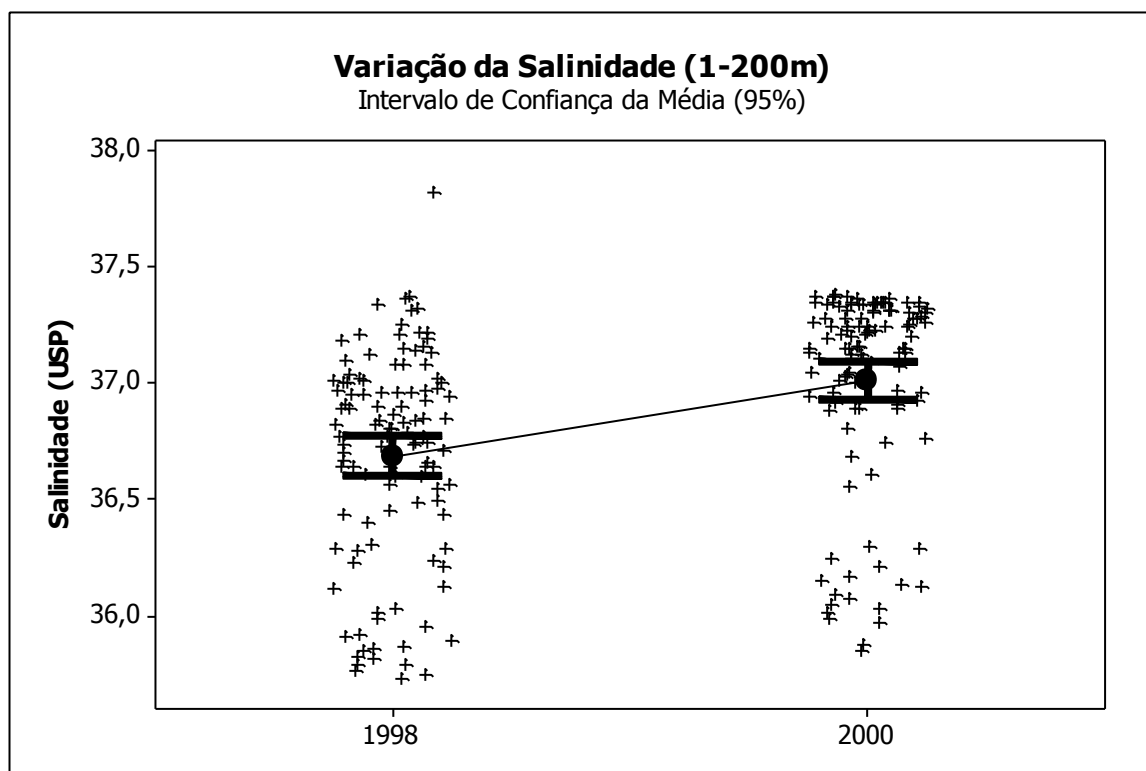


Figura 3.35 - Valores individuais da salinidade (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (▭), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Em relação às estações, as maiores médias da salinidade foram encontradas para os locais de menor profundidade. No verão, um pico de salinidade máxima ocorreu aos 50 m, porém, a estrutura da coluna d'água mostrou-se mais homogênea no outono. Aos 70 m, iniciou a haloclina, com um acentuado gradiente na zona disfótica, nos dois períodos estudados (Figura 3.36).

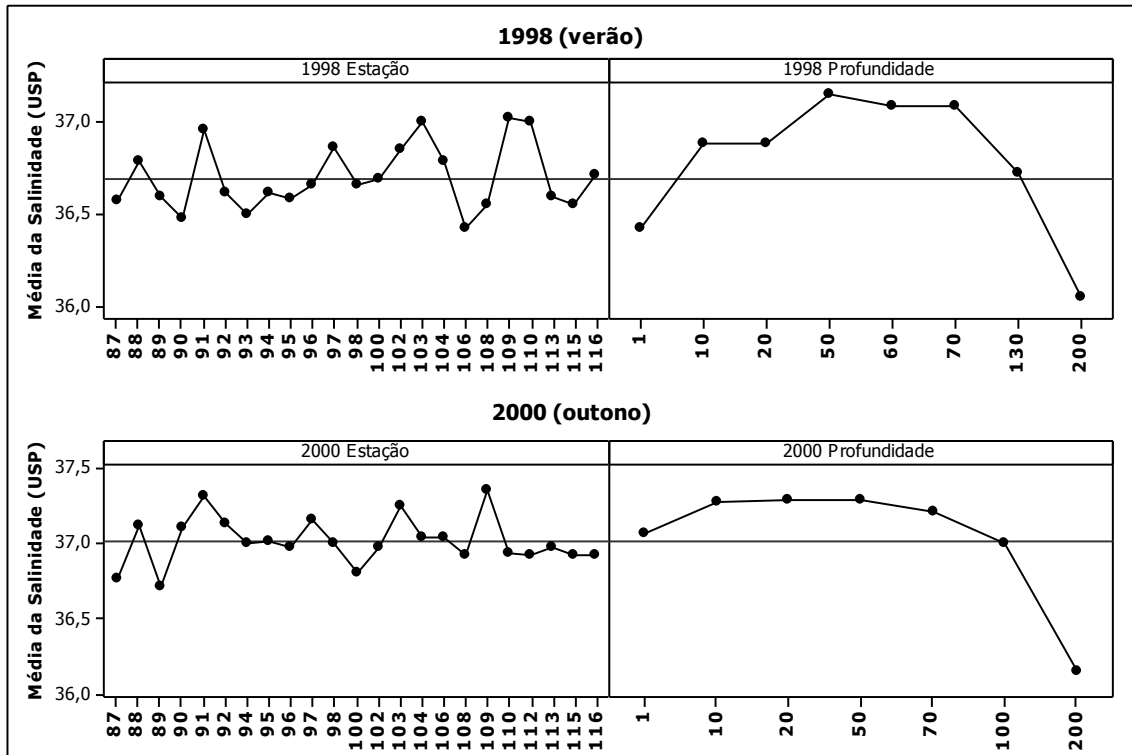


Figura 3.36 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre a salinidade em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.3 Valores de pH

Os valores do pH variaram num intervalo muito estreito, sempre na faixa alcalina, com as médias mais altas no outono. No entanto, nos dois períodos estudados, a dispersão dos valores (desvio da média) esteve muito próxima, sendo maior na zona disfótica (Tabela 3.4 e Figura 3.37).

Tabela 3.4 - Variação do pH na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até- 200 m							
1998 (verão)	111	8,283	0,008	8,241	8,348	8,625	8,064
2000 (outono)	114	8,374	0,006	8,342	8,418	8,510	8,104
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	75	8,307	0,008	8,255	8,371	8,625	8,134
2000 (outono)	78	8,394	0,005	8,368	8,429	8,508	8,296
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998 (verão)	36	8,232	0,012	8,170	8,285	8,364	8,064
2000 (outono)	36	8,331	0,013	8,287	8,377	8,510	8,104

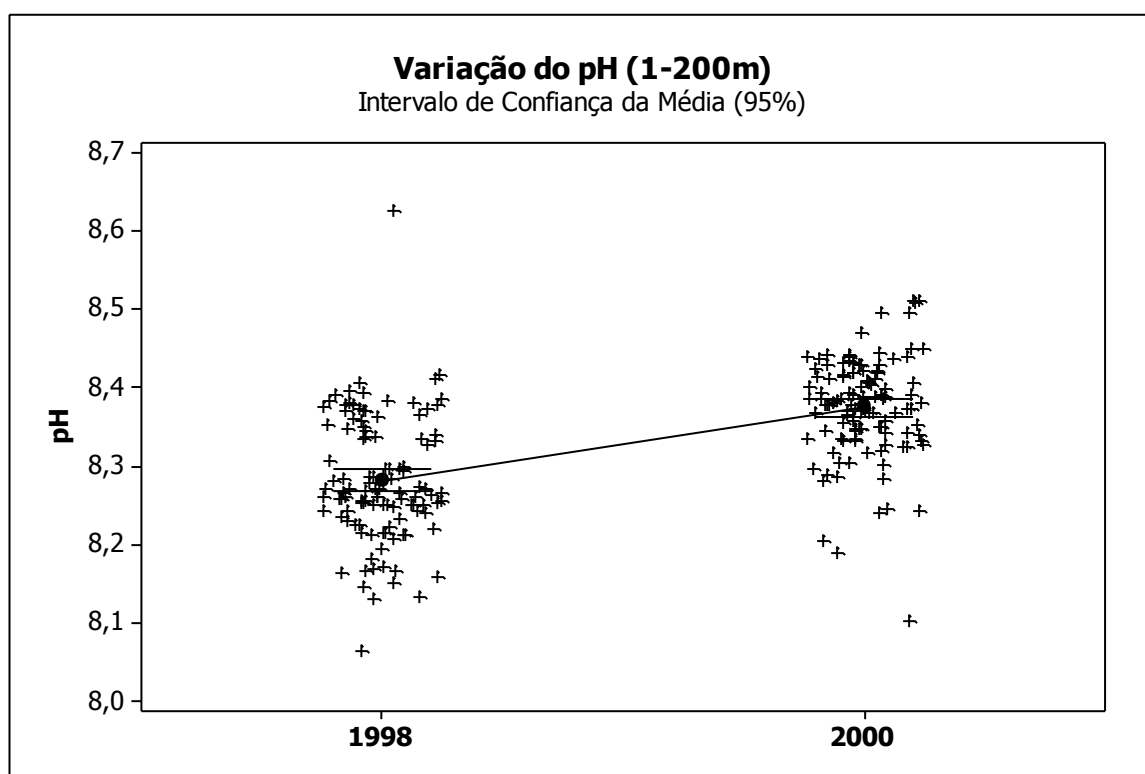


Figura 3.37 - Valores individuais do pH (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (□), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Em relação às estações, no verão, as maiores médias dos valores de pH foram encontradas entre as estações C-97 e C-108. Em geral, no outono, os valores estiveram mais altos até a estação C-103. Apesar de ocorrer um pico aos 60 m no verão, as médias para os dois períodos tendem a diminuir com a profundidade, principalmente, na zona disfótica (Figura 3.38).

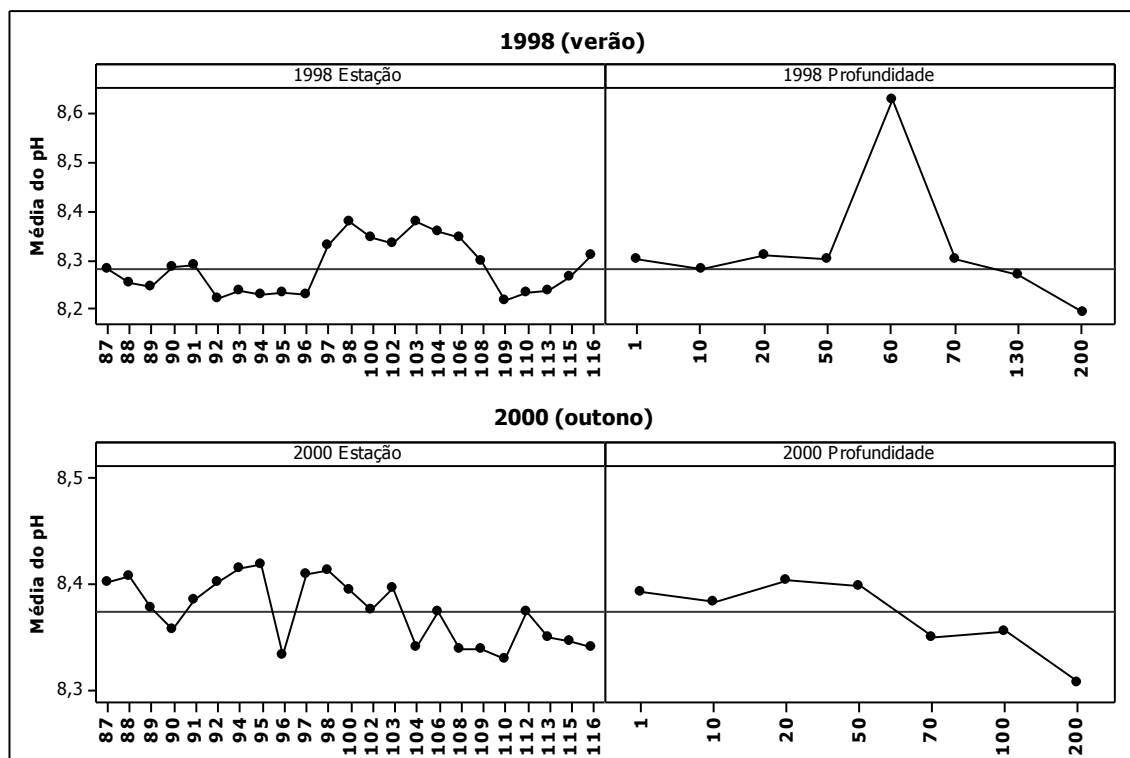


Figura 3.38 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o pH em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.4 Alcalinidade

Alcalinidade variou numa faixa muito estreita; com as médias mais altas encontradas no período de 2000 (outono), assim como a dispersão dos resultados (desvio da média), principalmente, na zona disfótica (Tabela 3.5 e Figura 3.39).

Tabela 3.5 - Variação da alcalinidade ($\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	111	2,170	0,009	2,145	2,180	2,736	2,000
2000 (outono)	114	2,524	0,022	2,332	2,697	2,881	2,016
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	75	2,186	0,012	2,156	2,181	2,736	2,027
2000 (outono)	78	2,567	0,024	2,425	2,720	2,881	2,052
Zona Disfótica (~100 – 200 m)							
1998 (verão)	36	2,137	0,008	2,107	2,171	2,230	2,000
2000 (outono)	32	2,427	0,044	2,222	2,633	2,846	2,016

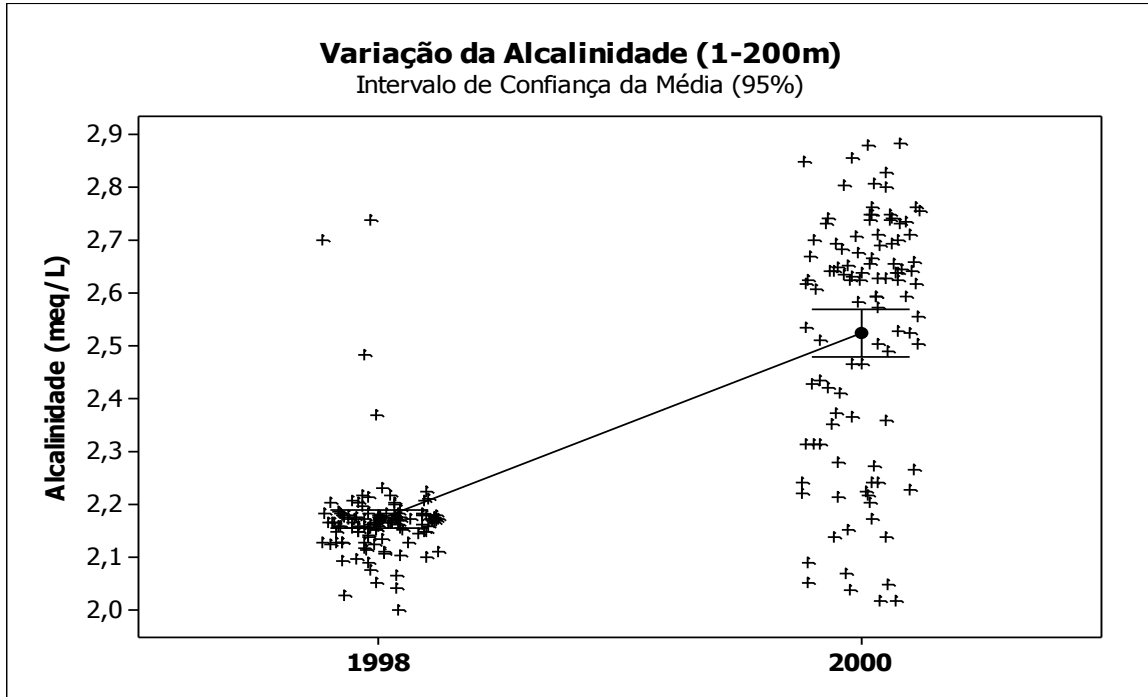


Figura 3.39 - Valores individuais da alcalinidade (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (┄), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

A representação da alcalinidade em relação às estações e profundidade mostrou pouca variação, com tendência a diminuir na zona disfótica. No entanto, no verão, ocorreram picos nas estações C-90 e C-96 e, apesar da amplitude estreita no outono, apareceu um comportamento variado com respeito às estações (Figura 3.40).

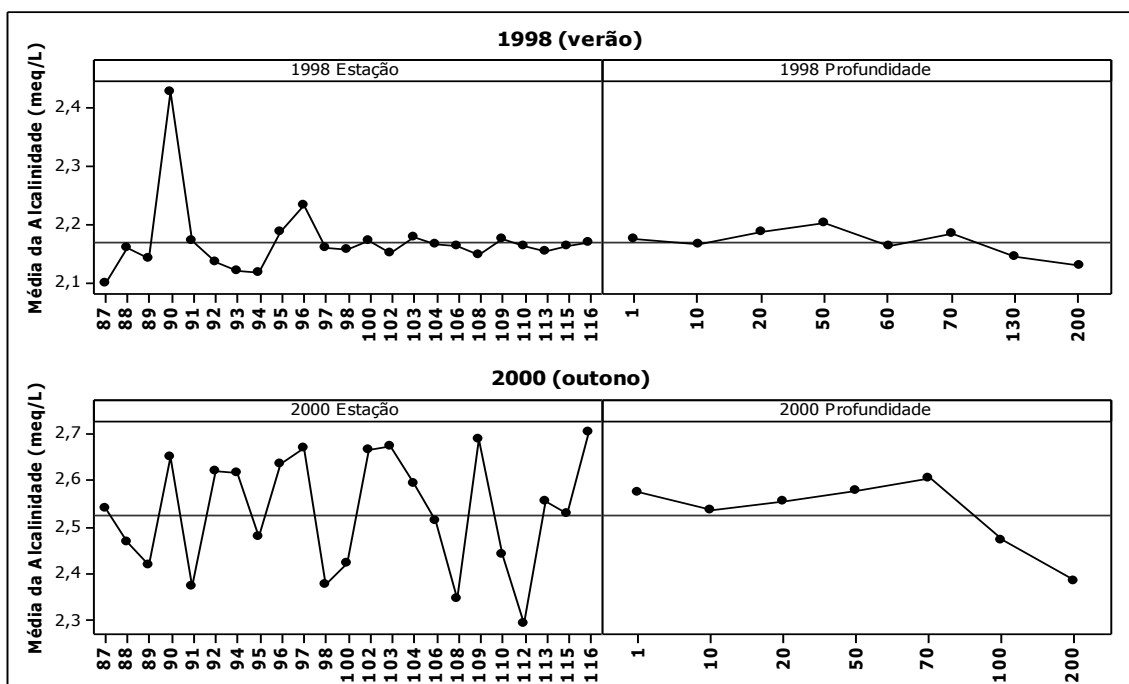


Figura 3.40 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre alcalinidade, em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.5 Oxigênio dissolvido

A taxa de saturação (%) de oxigênio dissolvido (OD) variou numa estreita faixa, com as médias mais altas encontradas em 1998 (verão), ao contrário dos outros parâmetros. No entanto, em 2000 (outono) a amplitude e a dispersão dos resultados foram maiores (Tabela 3.6 e Figura 3.41).

Tabela 3.6 - Variação do oxigênio dissolvido (%) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 até 200 m							
1998 (verão)	111	99,8	0,1	99,2	100	103	97,8
2000 (outono)	114	92,0	0,7	89,8	96,4	107	62,4
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	75	99,6	0,1	99,1	100	102	97,8
2000 (outono)	78	92,9	0,8	91,4	96,4	99,2	62,4
Zona Disfótica (~100 - 200 m)							
1998 (verão)	36	100	0,2	99,6	100	103	98,8
2000 (outono)	36	90,1	1,3	83,1	96,9	107	73,8

As concentrações do oxigênio dissolvido¹⁶ foram apresentadas também em $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, porque os teores assim expressos servem para diversos propósitos na área da oceanografia química (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Variação do oxigênio dissolvido ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	111	6,85	0,04	6,56	7,05	7,79	6,46
2000 (outono)	114	6,17	0,02	6,05	6,27	6,89	5,42
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	75	6,61	0,01	6,54	6,64	6,80	6,46
2000 (outono)	78	6,08	0,02	5,94	6,21	6,73	5,42
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998 (verão)	36	7,33	0,05	7,05	7,65	7,79	6,82
2000 (outono)	36	6,36	0,04	6,22	6,50	6,89	5,62

¹⁶ Conversão dos valores de oxigênio dissolvido: $1 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} = 16 \text{ umol O}_2 \text{ L}^{-1}$ e $1 \text{ ml O}_2 \text{ L}^{-1} = 11,2 \text{ umol O}_2 \text{ L}^{-1}$ (LIBES, 1992)

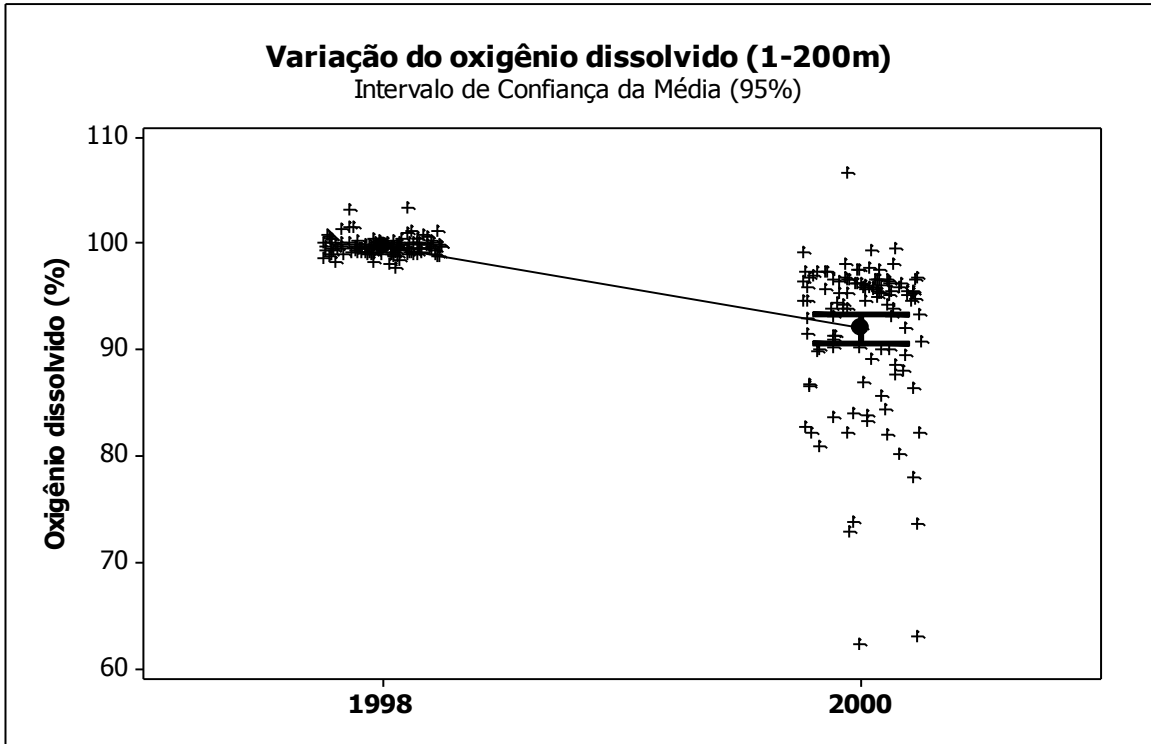


Figura 3.41 - Valores individuais de oxigênio dissolvido (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (□), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Em 1998 (verão), a taxa de saturação de oxigênio dissolvido (%) mostrou uma estreita faixa, aumentando com a profundidade. Em 2000 (outono), os valores diminuíram com a profundidade e foram mais altos que a média geral até a estação C-108 (Figura 3.42).

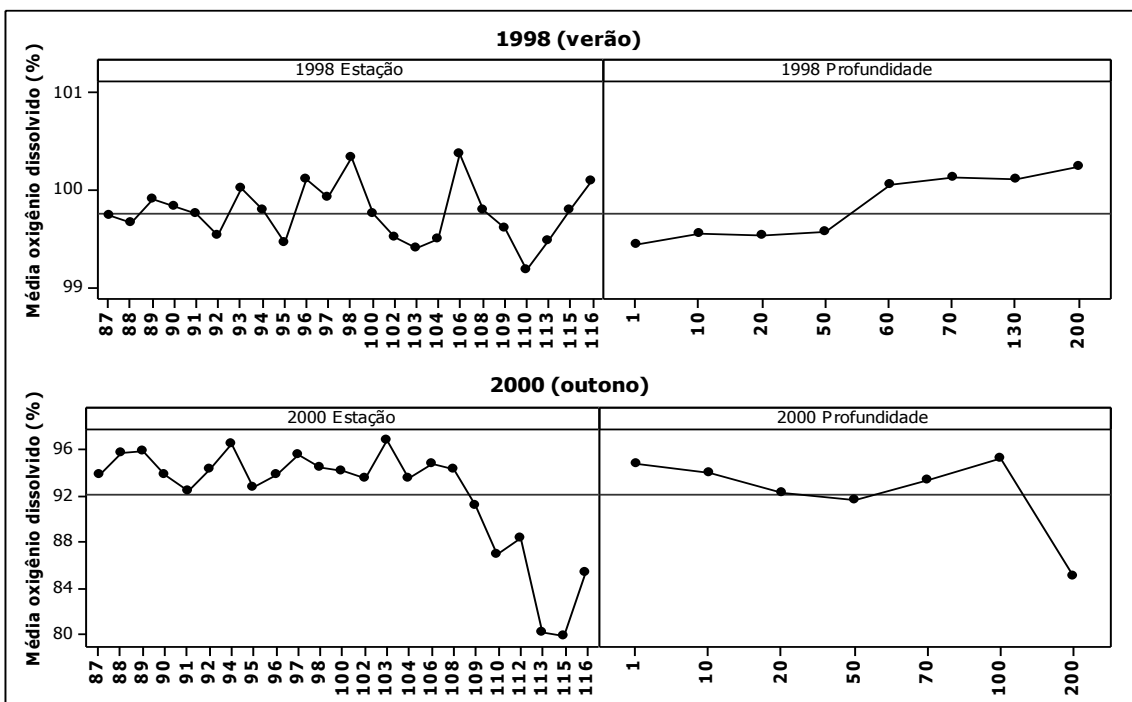


Figura 3.42 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre oxigênio dissolvido (%), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.6 Silicato

As médias mais altas para o silicato ocorreram em 2000 (outono), no entanto, as dispersões (desvio da média) foram próximas nos dois períodos (Tabela 3.8 e Figura 3.43).

Tabela 3.8 - Variação do silicato ($\mu\text{mol Si. L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	72	0,733	0,043	0,492	0,901	2,07	0,211
2000 (outono)	114	1,19	0,05	0,843	1,35	3,19	0,432
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	50	0,680	0,048	0,450	0,807	2,07	0,211
2000 (outono)	78	1,11	0,05	0,804	1,29	2,85	0,432
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998 (verão)	22	0,856	0,093	0,551	1,01	1,89	0,323
2000 (outono)	36	1,35	0,09	0,963	1,54	3,19	0,659

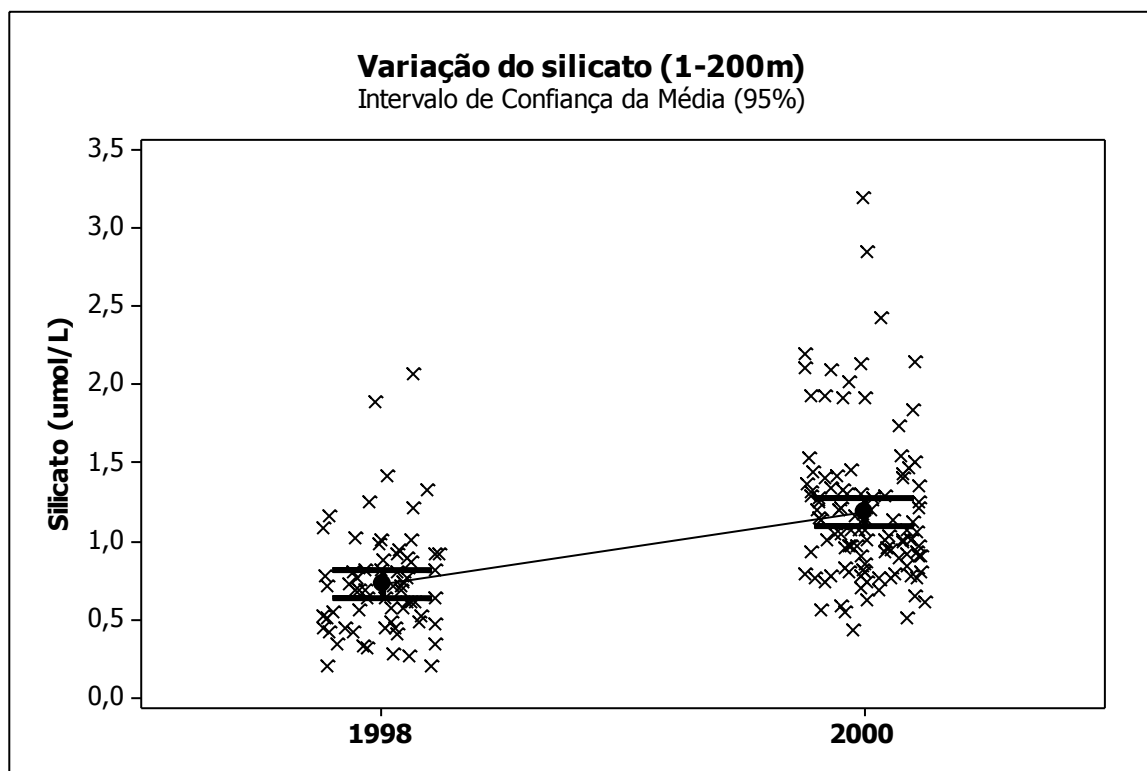


Figura 3.43 - Valores individuais do silicato (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (☐), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Os valores de silicato mostraram uma grande amplitude, entretanto, não se evidenciou um padrão em relação às estações ou à profundidade. No verão e outono, ocorreram pontos mínimos aos 10 m, com uma possível acumulação na zona disfótica (Figura 3.44).

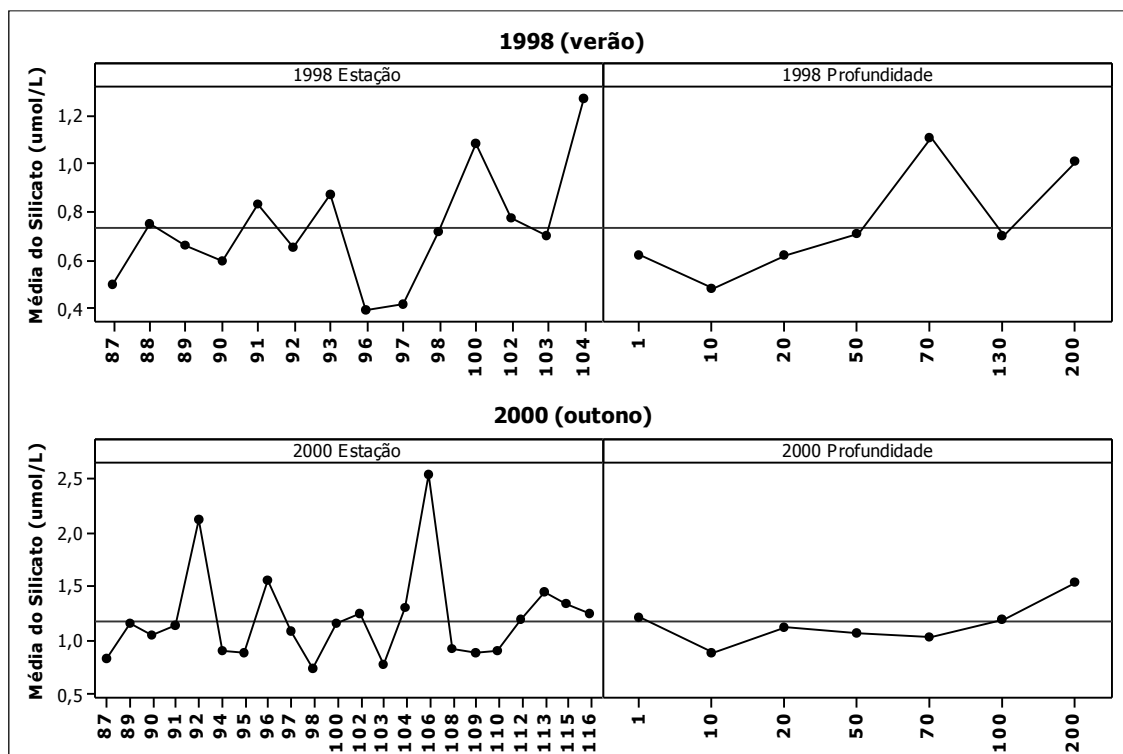


Figura 3.44 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o silicato em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.7 Fosfato

As médias mais altas para o fosfato ocorreram em 2000 (outono), assim como as dispersões dos resultados (Tabela 3.9 e Figura 3.45).

Tabela 3.9: Variação de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	72	0,172	0,014	0,095	0,199	0,780	0,073
2000 (outono)	114	0,389	0,022	0,241	0,407	1,26	0,14
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	50	0,136	0,014	0,094	0,152	0,780	0,073
2000 (outono)	78	0,341	0,025	0,223	0,353	1,10	0,135
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998 (verão)	22	0,252	0,026	0,151	0,360	0,465	0,083
2000 (outono)	36	0,496	0,042	0,325	0,592	1,26	0,219

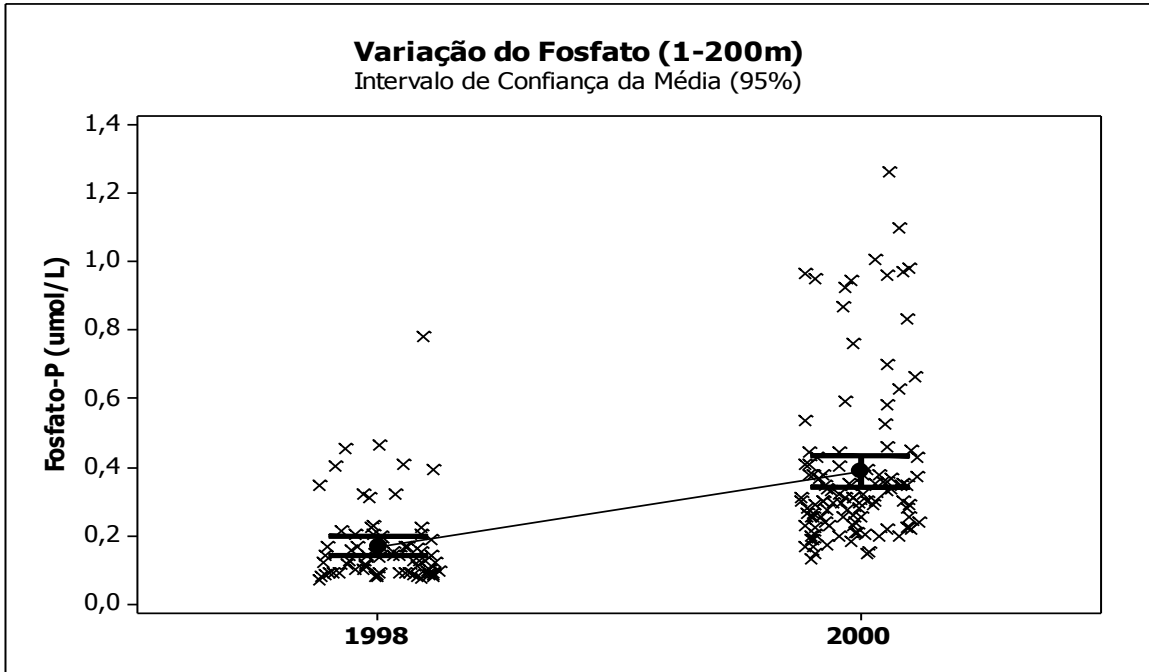


Figura 3.45 - Valores individuais do fosfato (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (⊠), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Em relação às estações, em 2000 (outono), para o fosfato ocorreram dois picos nas estações C-89 e C-94. Em relação à profundidade, os valores da zona eufótica estiveram abaixo da média geral nos dois períodos, gradientes de concentração iniciaram em torno dos 70m, coincidindo com o final da zona eufótica (Figura 3.46).

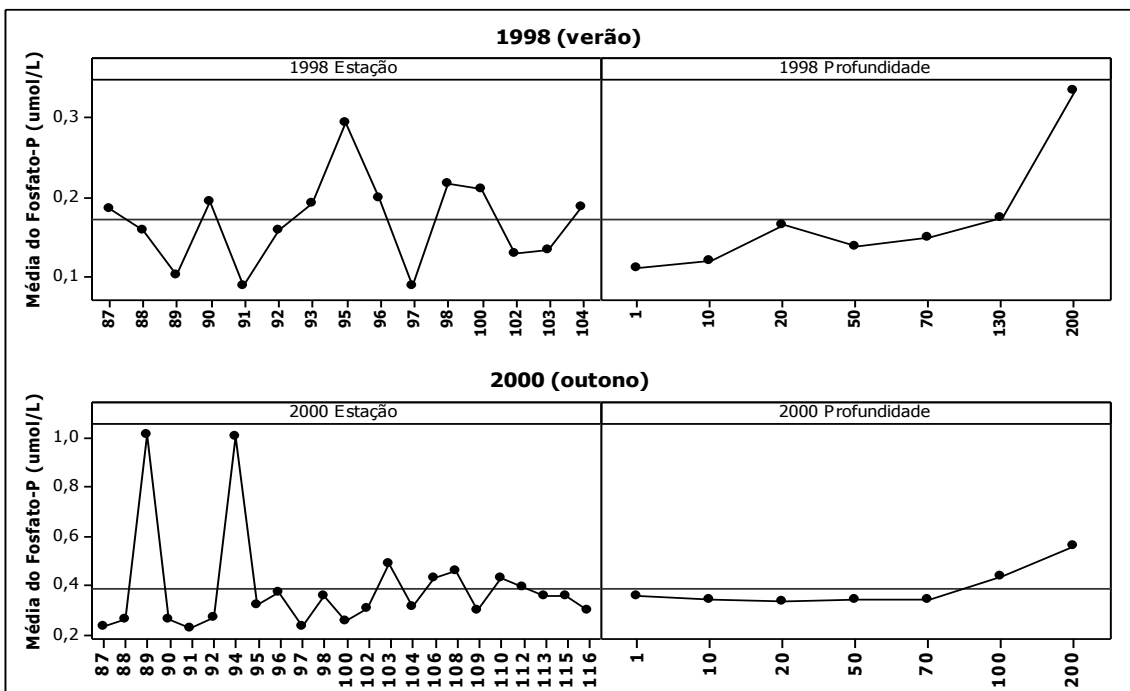


Figura 3.46 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o fosfato em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.4.8 Nitrito

O nitrito apresentou concentrações muito baixas, geralmente próximas ao Limite de Detecção do método ($\leq 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$), tanto em 1998 (verão) como em 2000 (outono). Entretanto, como muitos valores apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação ($\leq 0,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$), o nitrito não foi considerado nas análises estatísticas dos resultados (Tabela 3.10). A depleção deste nutriente na coluna d'água confirmou sua participação como um composto intermediário nos processos de oxidação da matéria orgânica para a produção do nitrato (nitrificação), em ambientes aeróbicos.

Tabela 3.10: Variação de Nitrito-N ($\mu\text{mol L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 m até 200 m							
1998 (verão)	72	0,033	0,004	0,016	0,420	0,213	$\leq 0,01$
2000 (outono)	114	0,019	0,001	0,016	0,020	0,046	$\leq 0,01$
Zona Eufótica (1 - 70 m)							
1998 (verão)	50	0,028	0,003	$\leq 0,01$	0,037	0,118	$\leq 0,01$
2000 (outono)	78	0,019	0,001	0,016	0,019	0,046	$\leq 0,01$
Zona Disfótica (100 - 200 m)							
1998 (verão)	22	0,048	0,013	0,018	0,048	0,213	0,017
2000 (outono)	36	0,019	0,001	0,016	0,021	0,041	$\leq 0,01$

3.4.9 Nitrato

As médias mais altas para o nitrato ocorreram em 2000 (outono); no entanto, as dispersões dos resultados estiveram próximas nos dois períodos (Tabela 3.11 e Figura 3.47).

Tabela 3.11 - Variação de Nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) na CVT

Período	n	Média	Desvio da média (95%)	Q1	Q3	Máximo	Mínimo
1 até 200 m							
1998 (verão)	72	0,743	0,108	0,139	0,992	4,65	$\leq 0,01$
2000 (outono)	114	0,878	0,096	0,328	0,825	4,52	0,158
ZONA EUFÓTICA (0 - 70 m)							
1998 (verão)	50	0,591	0,110	0,129	0,843	4,65	$\leq 0,01$
2000 (outono)	78	0,605	0,081	0,307	0,470	3,58	0,158
ZONA DISFÓTICA (100 - 200 m)							
1998 (verão)	22	1,08	0,23	0,165	1,35	3,97	$\leq 0,01$
2000 (outono)	36	1,48	0,22	0,521	2,43	4,52	0,284

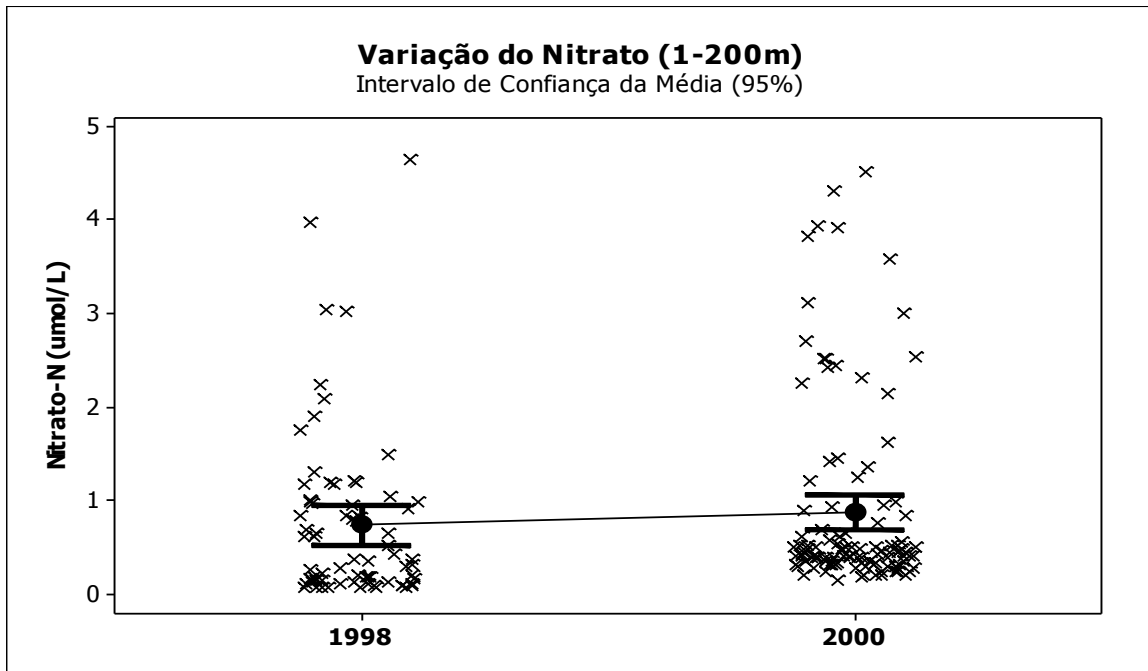


Figura 3.47 - Valores individuais do nitrato (+), média (●) e Intervalo de Confiança da média (⊥), em 1998 (verão) e 2000 (outono).

Em relação às estações, ocorreram dois picos nas estações C-89 e C-94, em 2000 (outono), do mesmo modo que no fosfato. Nos dois períodos estudados, na maioria das vezes, os valores na zona eufótica foram mais baixos que a média geral e gradientes de concentração, iniciaram após os 70 m (Figura 3.48).

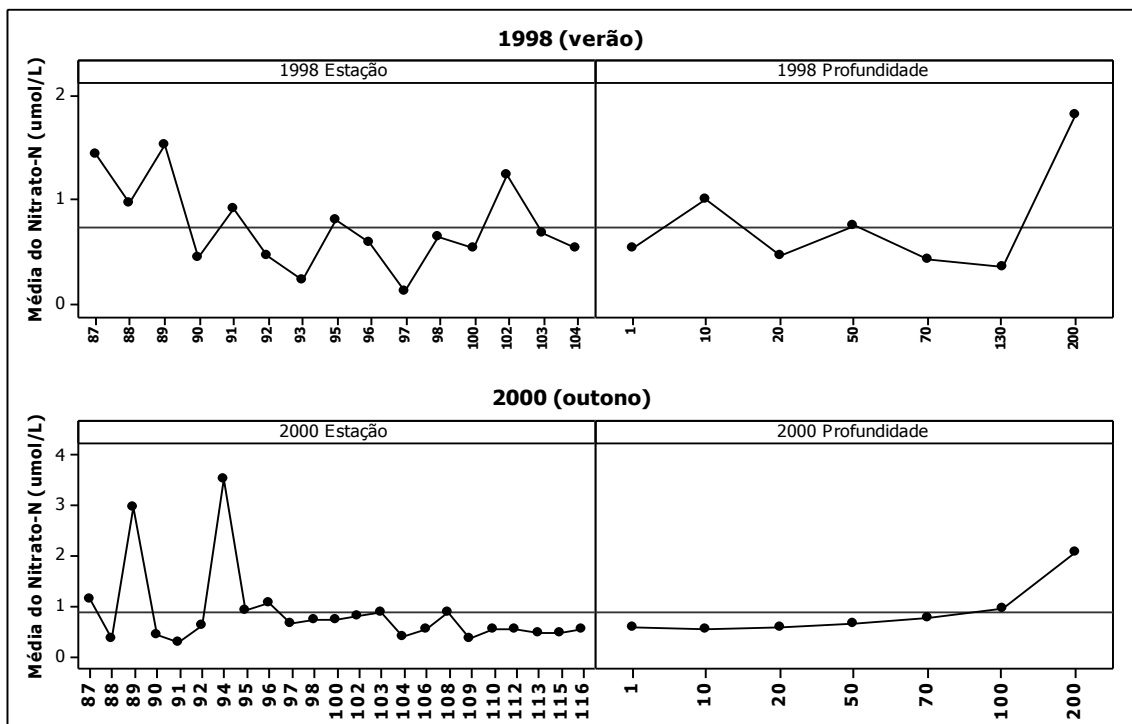


Figura 3.48 - Principais efeitos dos fatores, estação e profundidade, sobre o nitrato em 1998 (verão) e 2000 (outono).

3.5 MATRIZES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Com o objetivo de esclarecer as principais relações de dependência entre os parâmetros, temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato e nitrato, foram determinadas as correlações entre os resultados encontrados nas zonas eufótica e disfótica e na coluna d'água (1- 200m) amostrada, em 1998 (verão) e 2000 (outono).

O estudo tomou como base os coeficientes de *correlação de pearson* (r) e a *significância* (p), onde quanto maior o r menor será o p . A interpretação dos resultados considerou a significância de $p \leq 0,001$, indicando que os dados estavam altamente correlacionados, ou seja, não se ajustaram ao teste de correlação nula.

- *Zona eufótica*

Em 1998 (verão), a análise mostrou correlação positiva entre o fosfato e o silicato e negativa entre a temperatura e a salinidade, não aparecendo outras relações significativas entre as variáveis (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 - Correlações entre os parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão)¹⁷

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	0,544 0						
Nitrato	0,094 0,526	0,075 0,621					
Temperatura	0,025 0,862	-0,289 0,052	-0,244 0,095				
Salinidade	0,133 0,362	0,217 0,148	0,229 0,117	-0,511 0			
Alcalinidade	-0,008 0,956	-0,097 0,521	-0,07 0,638	-0,098 0,406	0,044 0,709		
pH	0,07 0,632	0,245 0,101	0,157 0,287	-0,015 0,897	0,078 0,511	0,148 0,207	
OD (%)	-0,21 0,148	0,064 0,672	-0,213 0,146	-0,123 0,297	-0,029 0,808	-0,098 0,404	0,082 0,489

¹⁷Para cada parâmetro, acima está o coeficiente de correlação (r) e abaixo a significância (p).

Em 2000 (outono), as correlações mais significativas foram entre o nitrato com o fosfato e entre o pH e a temperatura (Tabela 3.13).

Tabela 3.13 - Correlações entre os parâmetros na zona eufótica em 2000 (outono)

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	-0,166						
	0,159						
Nitrato	0,925	-0,208					
	0	0,077					
Temperatura	-0,094	0,032	-0,107				
	0,415	0,415	0,354				
Salinidade	-0,221	0,072	-0,277	-0,041			
	0,053	0,545	0,048	0,721			
Alcalinidade	0,105	0,226	0,169	-0,052	-0,041		
	0,381	0,062	0,156	0,661	0,729		
pH	0,073	-0,171	0,134	0,481	-0,208	0,148	
	0,527	0,146	0,244	0	0,068	0,212	
OD (%)	-0,038	-0,059	0,066	0,238	-0,185	0,007	0,254
	0,743	0,619	0,568	0,036	0,104	0,955	0,025

- *Zona disfótica*

Em 1998 (verão), as correlações foram negativas entre o nitrato e a temperatura, além do nitrato com a salinidade; ocorreram, ainda, correlações positivas da temperatura com a salinidade e o pH (Tabela 3.14).

Tabela 3.14 - Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão)

Parâmetros	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	0,34						
	0,167						
Nitrato	0,289	0,068					
	0,217	0,79					
Temperatura	-0,638	-0,215	-0,742				
	0,002	0,392	0				
Salinidade	-0,661	-0,208	-0,704	0,736			
	0,002	0,407	0,001	0			
Alcalinidade	0,204	0,069	-0,178	0,247	0,133		
	0,388	0,787	0,454	0,146	0,44		
pH	-0,353	0,212	-0,413	0,634	0,465	0,192	
	0,127	0,398	0,07	0	0,004	0,2614	
OD (%)	-0,161	-0,358	-0,251	0,019	-0,015	0,327	0,109
	0,497	0,145	0,286	0,911	0,931	0,052	0,527

Em 2000 (outono), as correlações foram positivas entre o fosfato e o nitrato, a temperatura e salinidade, além do oxigênio dissolvido (OD) com a temperatura e a salinidade (Tabela 3.15).

Tabela 3.15 - Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 2000 (outono)

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	0,245						
	0,163						
Nitrato	0,763	0,166					
	0	0,349					
Temperatura	-0,29	-0,29	-0,443				
	0,091	0,096	0,008				
Salinidade	-0,23	-0,265	-0,375	0,984			
	0,184	0,131	0,026	0			
Alcalinidade	-0,334	-0,093	-0,078	0,209	0,183		
	0,006	0,626	0,677	0,251	0,317		
pH	-0,029	-0,322	-0,122	0,37	0,344	-0,136	
	0,868	0,063	0,484	0,026	0,04	0,459	
OD (%)	0,139	-0,162	-0,024	0,701	0,713	-0,026	0,329
	0,425	0,361	0,89	0	0	0,888	0,05

- Na coluna d'água (1-200 m)

Em 1998 (verão), apesar dos coeficientes (r) não apresentarem valores elevados, as correlações se mostrarem altamente significativas ($p \leq 0,001$) entre o fosfato e o silicato; da temperatura com salinidade, além do pH com a temperatura e a salinidade. As correlações negativas foram entre a temperatura e o fosfato, além do nitrato e com OD (Tabela 3.16).

Tabela 3.16 - Correlação entre os parâmetros [1 a 200m] em 1998 (verão)

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	0,383						
	0,001						
Nitrato	0,234	0,075					
	0,049	0,548					
Temperatura	-0,433	-0,179	-0,411				
	0	0,148	0				
Salinidade	-0,259	0,052	-0,253	0,519			
	0,028	0,674	0,033	0			

continua

Tabela 3.16 - Correlação entre os parâmetros [1 a 200m] em 1998 (verão)

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Alcalinidade	-0,147	-0,121	-0,182	0,229	0,167		
	0,217	0,331	0,129	0,016	0,079		
pH	-0,222	0,16	0,148	0,520	0,39	0,241	
	0,061	0,195	0,217	0	0	0,011	
OD (%)	0,149	0,163	-0,113	-0,314	-0,153	-0,066	-0,06
	0,211	0,188	0,348	0,001	0,108	0,494	0,53

Em 2000 (outono), ocorreram correlações positivas, altamente significativas, entre o nitrato e o fosfato; a temperatura e a salinidade, o pH com a temperatura e salinidade, além daquelas de OD com a temperatura, a salinidade e o pH. As correlações negativas foram entre o fosfato com a temperatura e a salinidade; o nitrato com a temperatura e a salinidade, ainda entre o pH com o silicato; (Tabela 3.17).

Tabela 3.17 - Correlação entre os parâmetros [1 a 200m] em 2000 (outono)

Parâmetro	Fosfato	Silicato	Nitrato	Temperatura	Salinidade	Alcalinidade	pH
Silicato	0,061						
	0,531						
Nitrato	0,841	0,076					
	0	0,439					
Temperatura	-0,354	-0,283	-0,507				
	0	0,003	0				
Salinidade	-0,356	-0,242	-0,493	0,895			
	0	0,011	0	0			
Alcalinidade	-0,154	0,041	-0,08	0,3	0,254		
	0,12	0,685	0,423	0,002	0,009		
pH	-0,132	-0,32	-0,213	0,555	0,425	0,13	
	0,166	0,001	0,024	0	0	0,185	
OD (%)	0,029	-0,129	-0,053	0,384	0,341	0,041	0,333
	0,764	0,182	0,58	0	0	0,678	0

Com o intuito de representar todo o conjunto de dados e evidenciar as importantes relações encontradas, foram obtidos gráficos das matrizes de correlação entre os parâmetros físico-químicos. De um modo geral, em 1998 (verão), as correlações se mostraram baixas, apesar de significativas. Em 2000 (outono), o sistema mostrou altas correlações entre importantes parâmetros, especialmente, as relações da temperatura com a salinidade e do fosfato com o nitrato (Figuras 3.49 a 3.54).

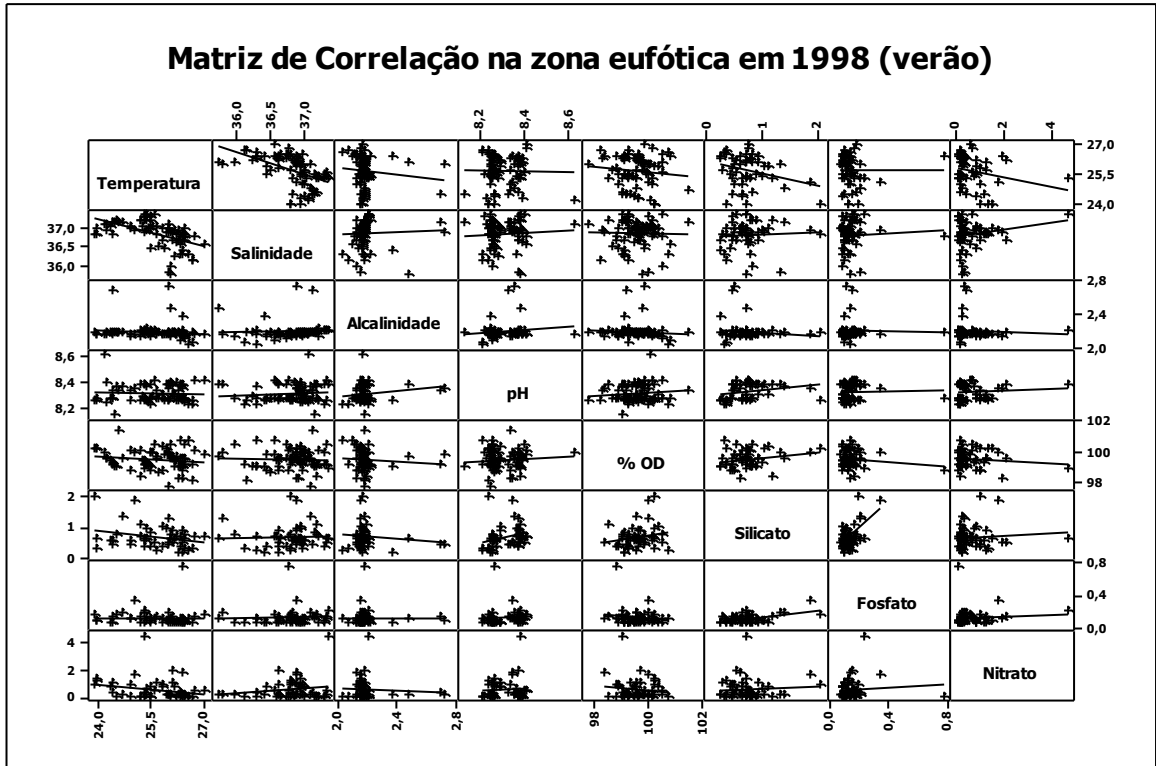


Figura 3.49 - Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão)

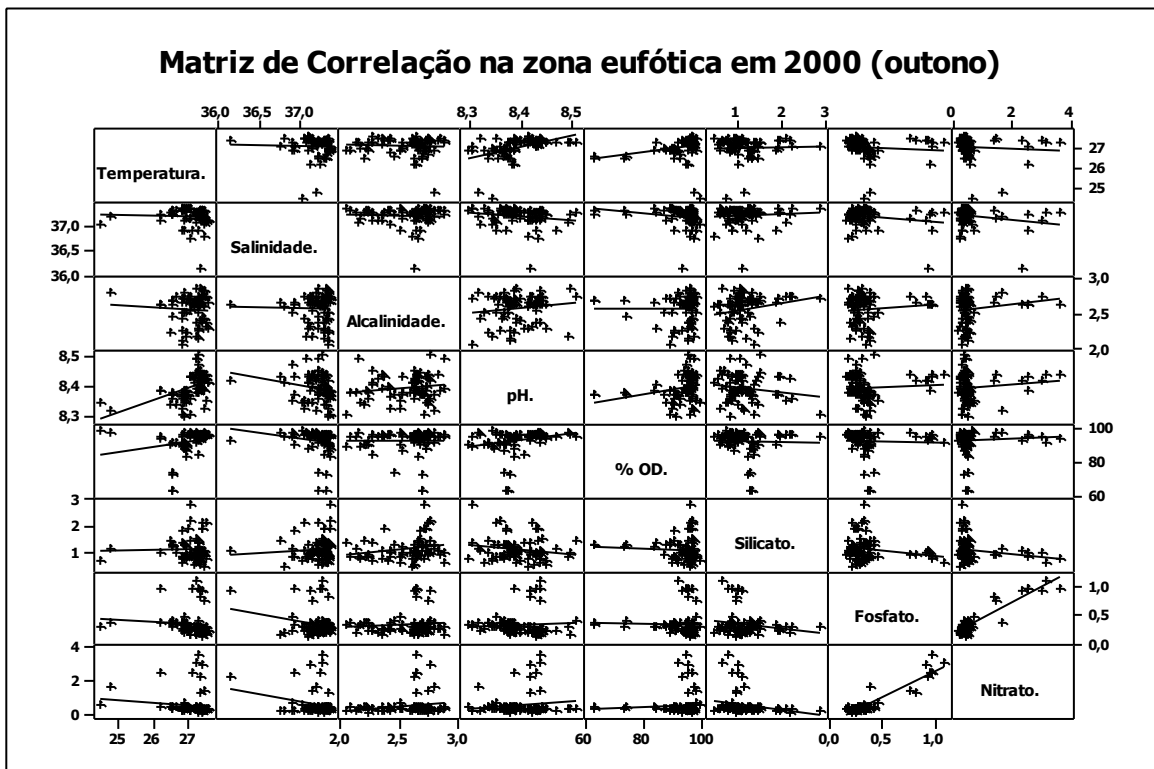


Figura 3.50 - Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona eufótica em 2000 (outono)

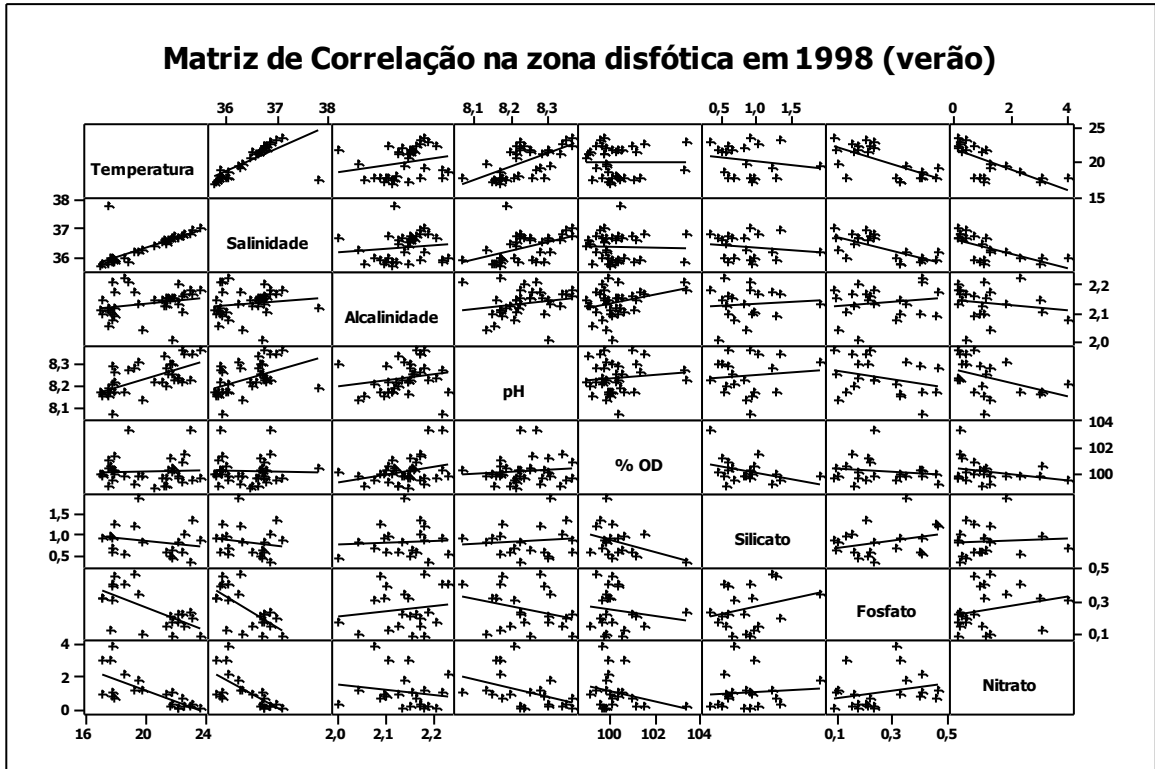


Figura 3.51 - Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão)

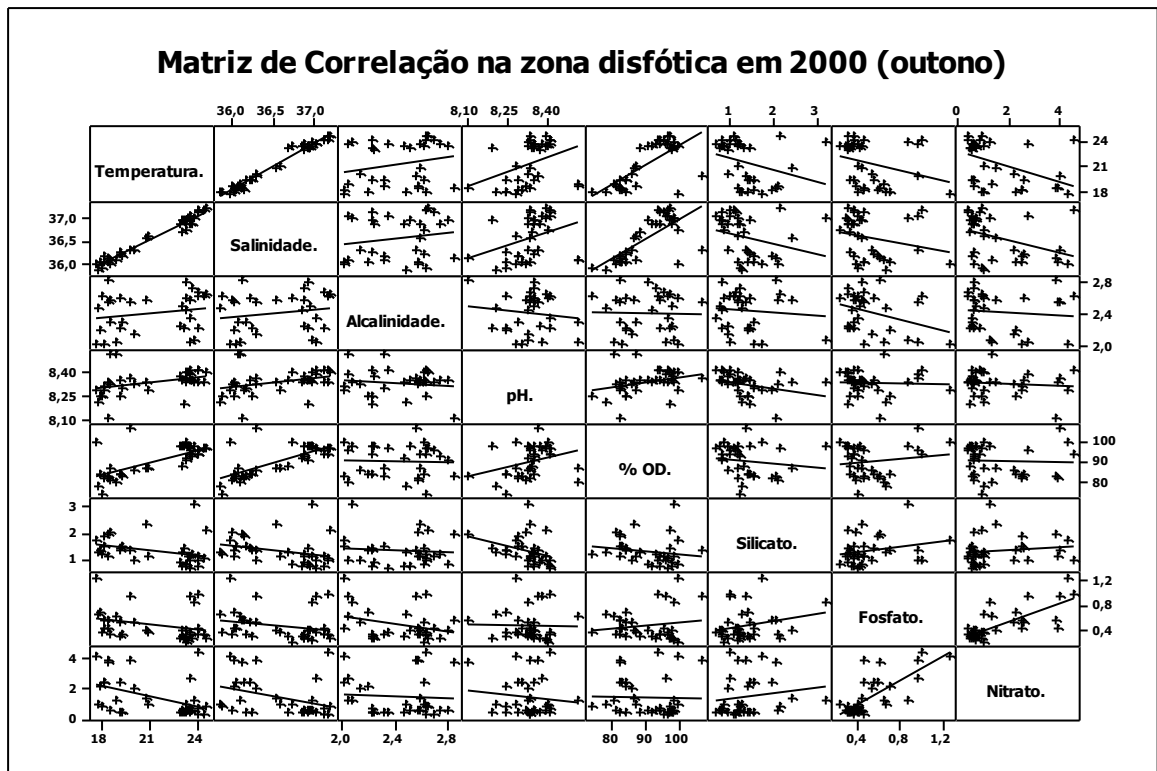


Figura 3.52- Matriz de Correlação entre os parâmetros na zona disfótica em 2000 (outono)

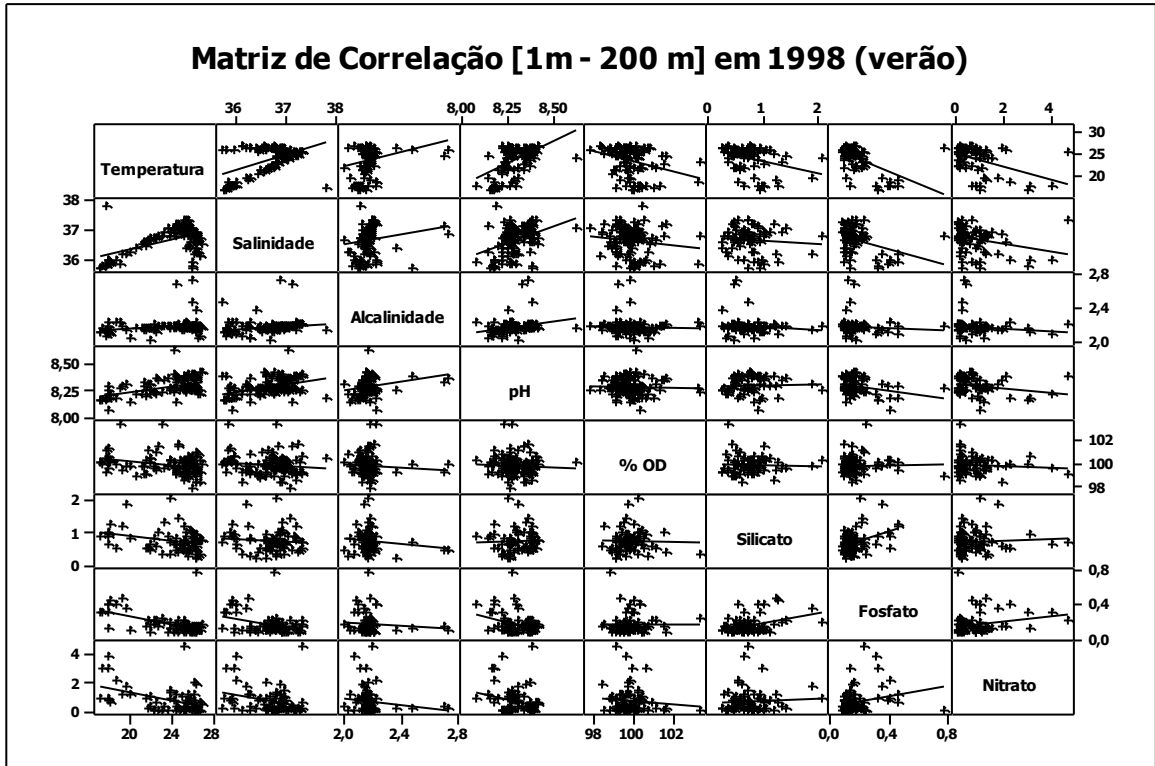


Figura 3.53 - Matriz de Correlação entre os parâmetros [1 m – 200 m] em 1998 (verão)

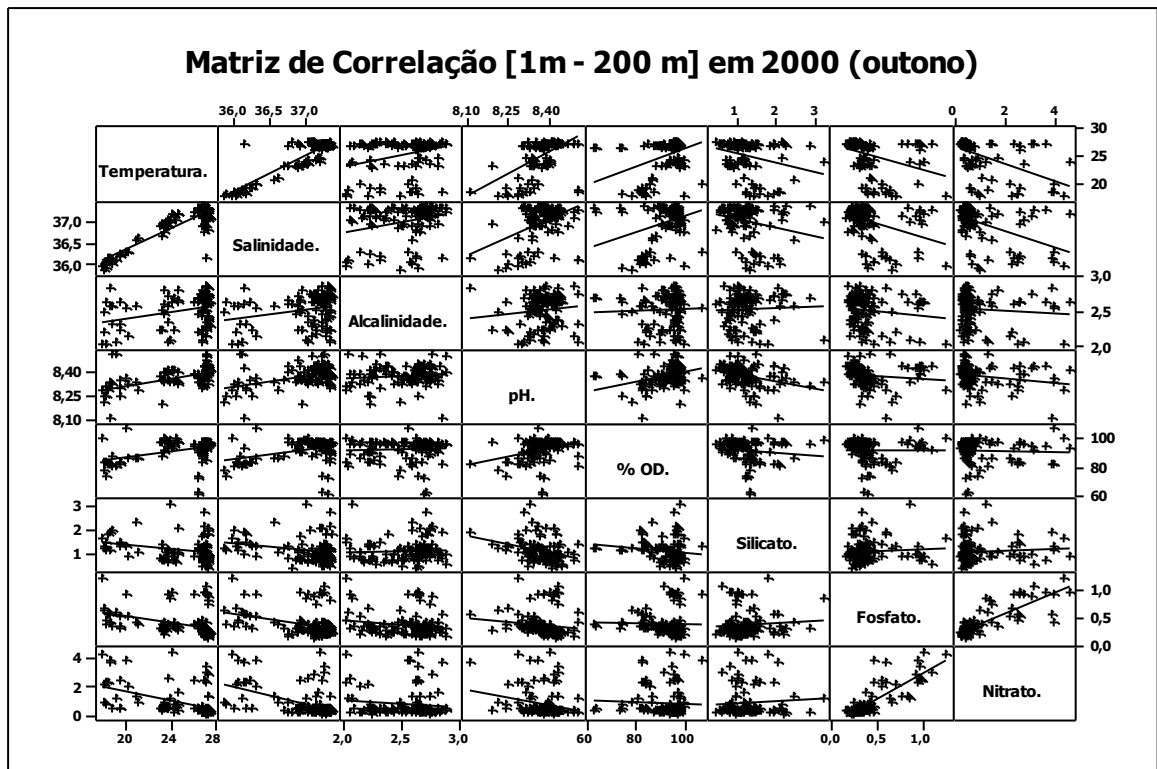


Figura 3.54 - Matriz de Correlação entre os parâmetros [1 m – 200 m] em 2000 (outono)

3.6 DENDROGRAMAS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Análises por Agrupamento Hierárquico (HCA) foram efetuadas para investigar as relações mais relevantes a partir do conjunto de dados. Os dendrogramas de similaridade foram obtidos para os parâmetros (temperatura, salinidade, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato e nitrato) em relação aos perfis, à profundidade e às zonas eufótica e disfótica. Em 1998 (verão), os nutrientes não estão apresentados em Trindade e Martin Vaz, porque não foram determinados neste período.

3.6.1 Dendrogramas dos parâmetros em relação aos Perfis

As análises dos comportamentos dos parâmetros em Jaseur, Davis, Dogaressa, Colúmbia, Trindade e Martin Vaz possibilitaram esclarecer as relações mais relevantes em cada perfil estudado, para os períodos de 1998 (verão) e 2000 (outono).

- Em Jaseur, o comportamento das variáveis foi muito parecido nos dois períodos, com dois grupos inversamente correlacionados. A estrutura termohalina esteve bem definida e os nutrientes mostraram-se semelhantes, sobretudo no outono (Figura 3.55).
- Os dendrogramas do perfil Davis, indicaram também dois grupos, com comportamentos semelhantes ao de Jaseur. Em 2000 (outono), a temperatura e salinidade, assim como fosfato e nitrato estiveram bem correlacionados (Figura 3.56).
- Dogaressa apresentou similaridade entre o fosfato e nitrato; entretanto, a estrutura termohalina não esteve bem correlacionada no verão (Figura 3.57).
- Em Colúmbia, os parâmetros dividiram-se em dois grupos, inversos entre si, com a estrutura termohalina estabilizada e os nutrientes apresentando características semelhantes, com ressalva em 2000 (outono) para o silicato (Figura 3.58).
- Para Trindade, em 1998 (verão), ocorreu um comportamento distinto dos outros perfis, onde a salinidade, o pH e o OD estiveram pouco relacionados com a temperatura, indicando influência de outros fatores nessa época da amostragem. Em 2000 (outono), a estrutura da coluna d'água indicou um comportamento regido por processos térmicos e biológicos, evidenciado pelas correlações entre as variáveis (Figura 3.59).
- Nas ilhas Martin Vaz, a estrutura termohalina foi estável nos dois períodos. Em 2000 (outono), o fosfato e o nitrato associaram-se de forma diferente daquela encontrada nos outros perfis, onde estiveram, em geral, bem correlacionados (Figura 3.60).

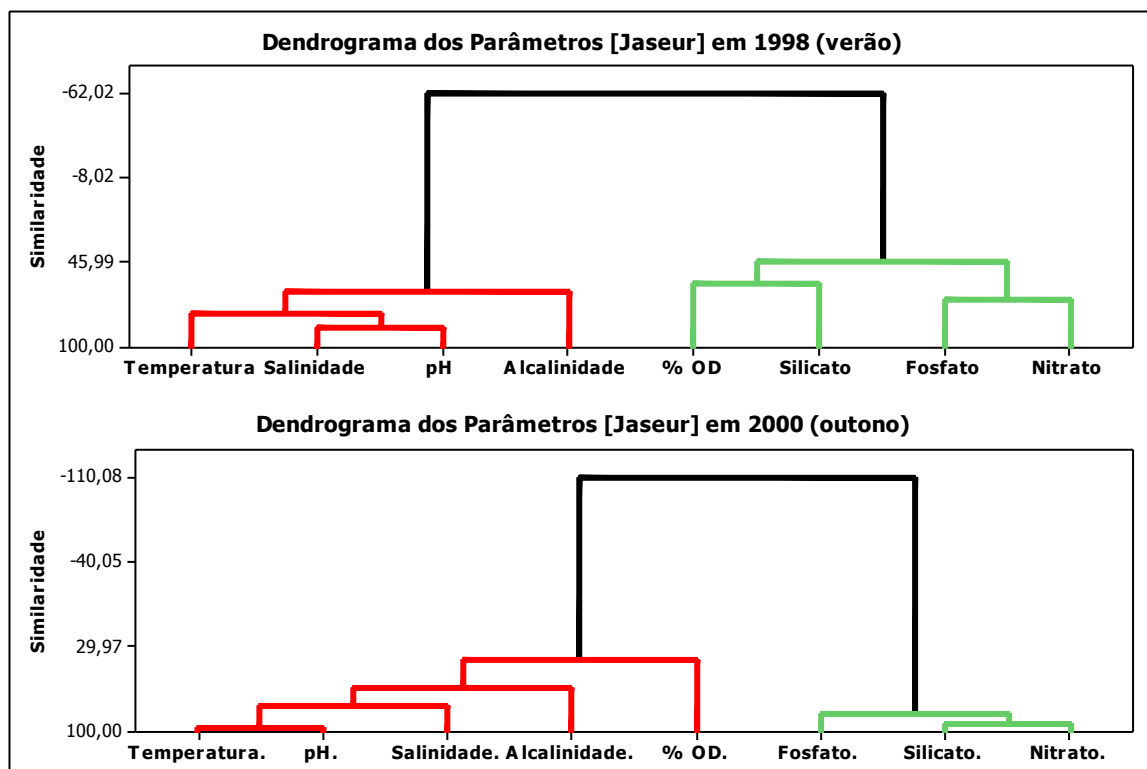


Figura 3.55 - Dendrograma do perfil Jaseur em 1998 (verão) e 2000 (outono)

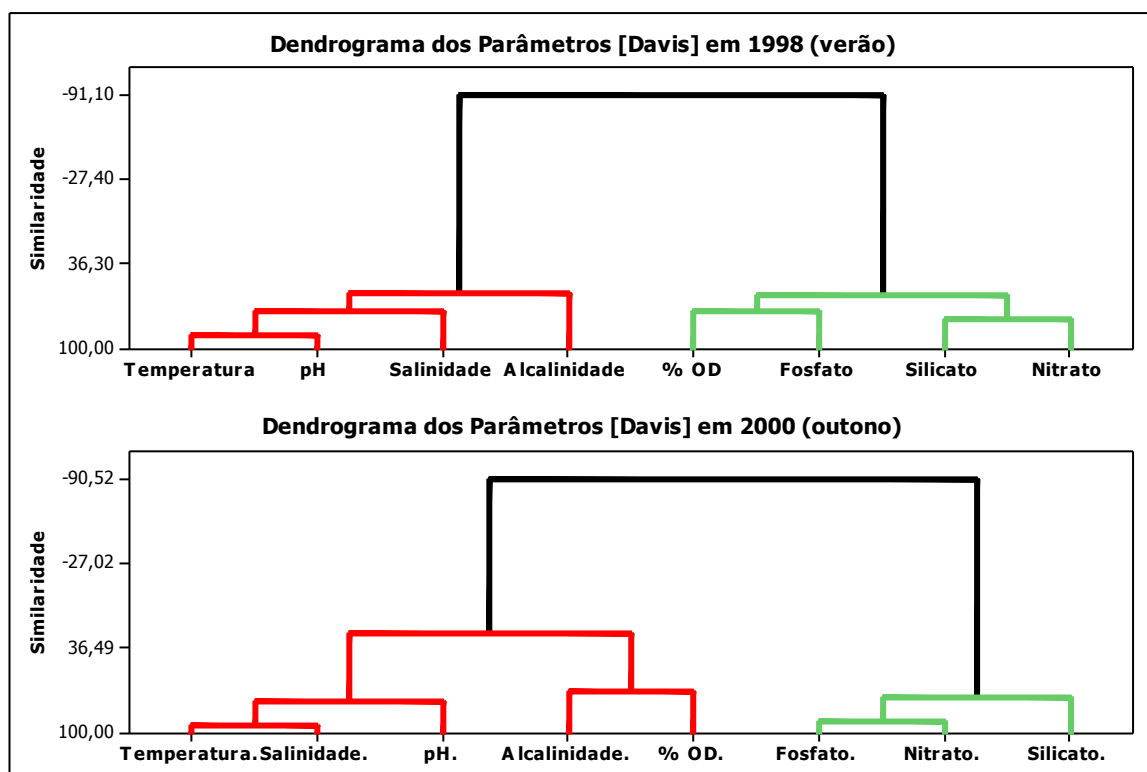


Figura 3.56 - Dendrograma do perfil Davis em 1998 (verão) e 2000 (outono)

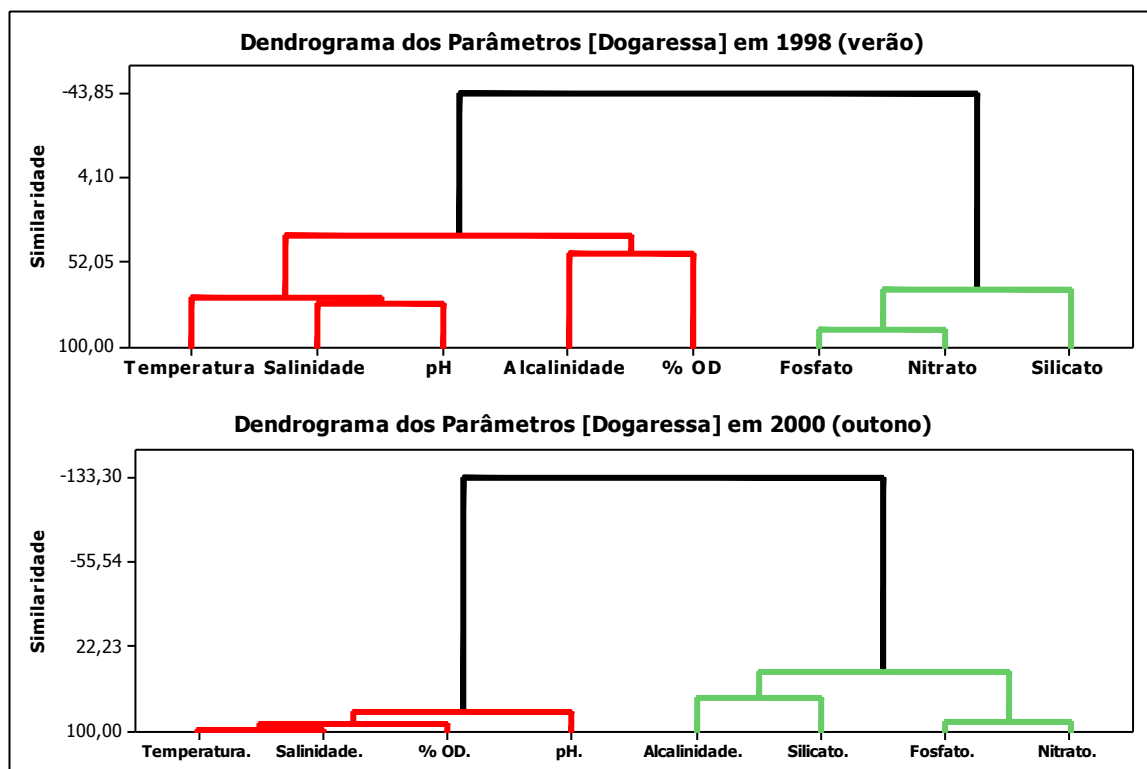


Figura 3.57 - Dendrograma do perfil Dogaressa em 1998 (verão) e 2000 (outono)

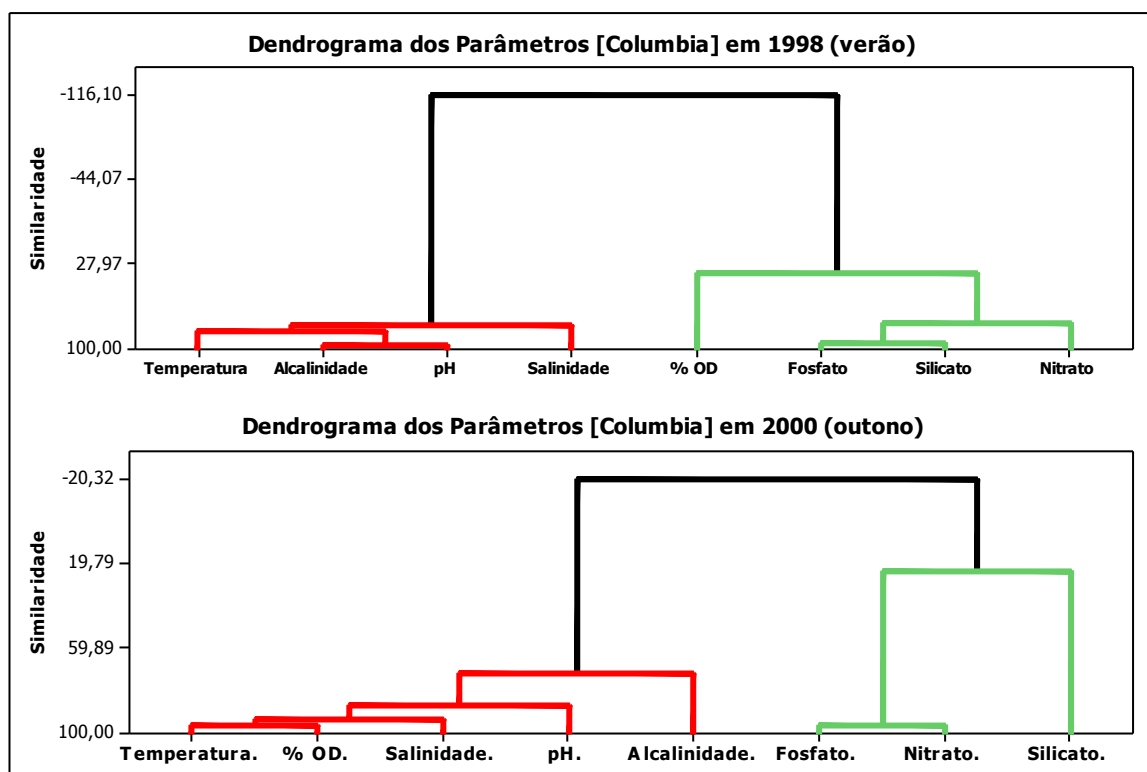


Figura 3.58 - Dendrograma do perfil Colúmbia em 1998 (verão) e 2000 (outono)

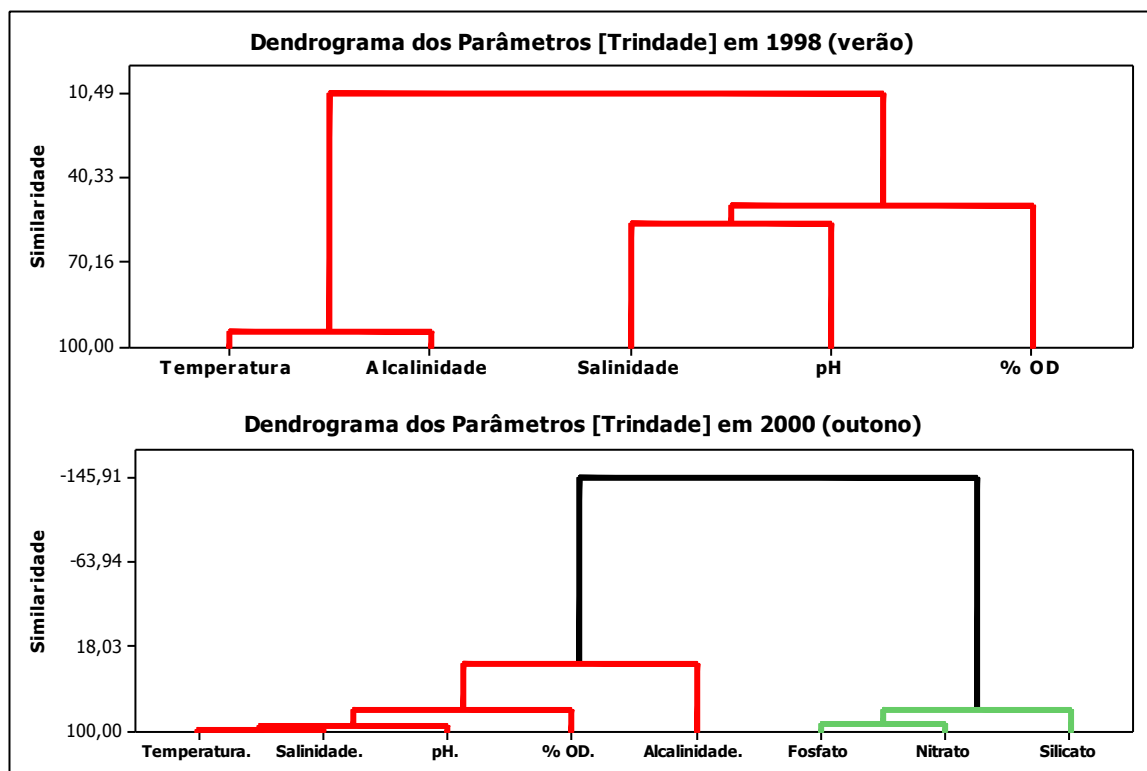


Figura 3.59 - Dendrograma do perfil Trindade em 1998 (verão) e 2000 (outono)

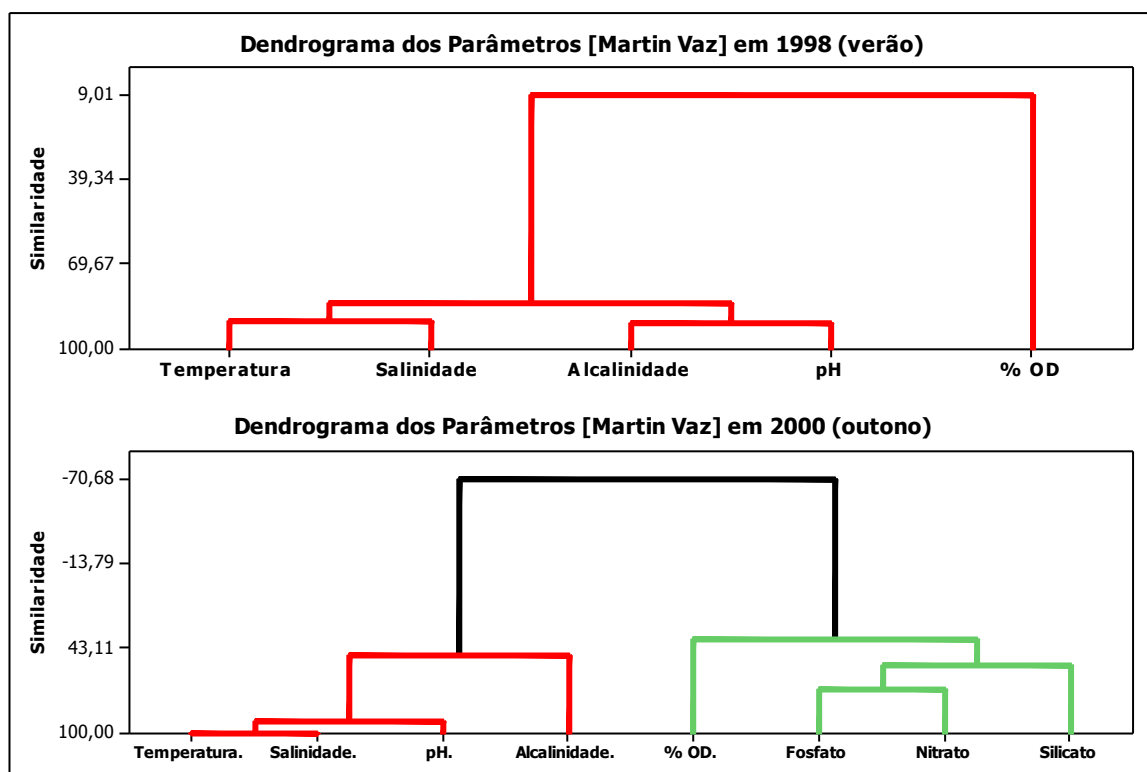


Figura 3.60 - Dendrograma do perfil Martin Vaz em 1998 (verão) e 2000 (outono)

3.6.2 Dendrogramas dos parâmetros em relação à profundidade

Para investigar as relações mais relevantes entre os parâmetros ao longo da coluna d'água, foram analisados dendrogramas para as profundidades de 1m; 50 m; 100 m e 200 m, nos períodos de 1998 (verão) e 2000 (outono).

- Na profundidade de 1m, os dendrogramas foram distintos para os dois períodos investigados. Em 1998 (verão), não ocorreram similaridades importantes entre as variáveis. Em 2000 (outono), fosfato e nitrato apresentam alta correlação, com comportamento inverso aos outros parâmetros (Figura 3.61).
- Na profundidade de 50 m, o dendrograma de 1998 (verão) mostrou pouca similaridade entre os parâmetros, exceto para a temperatura e salinidade. Em 2000 (outono), ocorreram dois grupos com comportamento inverso; no primeiro, a temperatura foi semelhante ao OD; no outro, fosfato e nitrato apresentaram comportamento semelhante (Figura 3.62).
- Em 1998 (verão) e 2000 (outono), aos 130 m e aos 100 m, respectivamente, os dendrogramas apresentaram similaridade entre temperatura e salinidade, apesar de não ocorrer a separação de grupos. Além disso, em 2000 (outono), nitrato e fosfato mostraram alta correlação (Figura 3.63).
- Nos dendrogramas aos 200 m, nos dois períodos estudados, ocorreram dois grupos; com o primeiro apresentando similaridade entre a temperatura e a salinidade, que se relacionaram inversamente com as variáveis do outro grupo. Em 2000 (outono), o fosfato, oxigênio dissolvido e nitrato apresentaram comportamentos semelhantes (Figura 3.64).

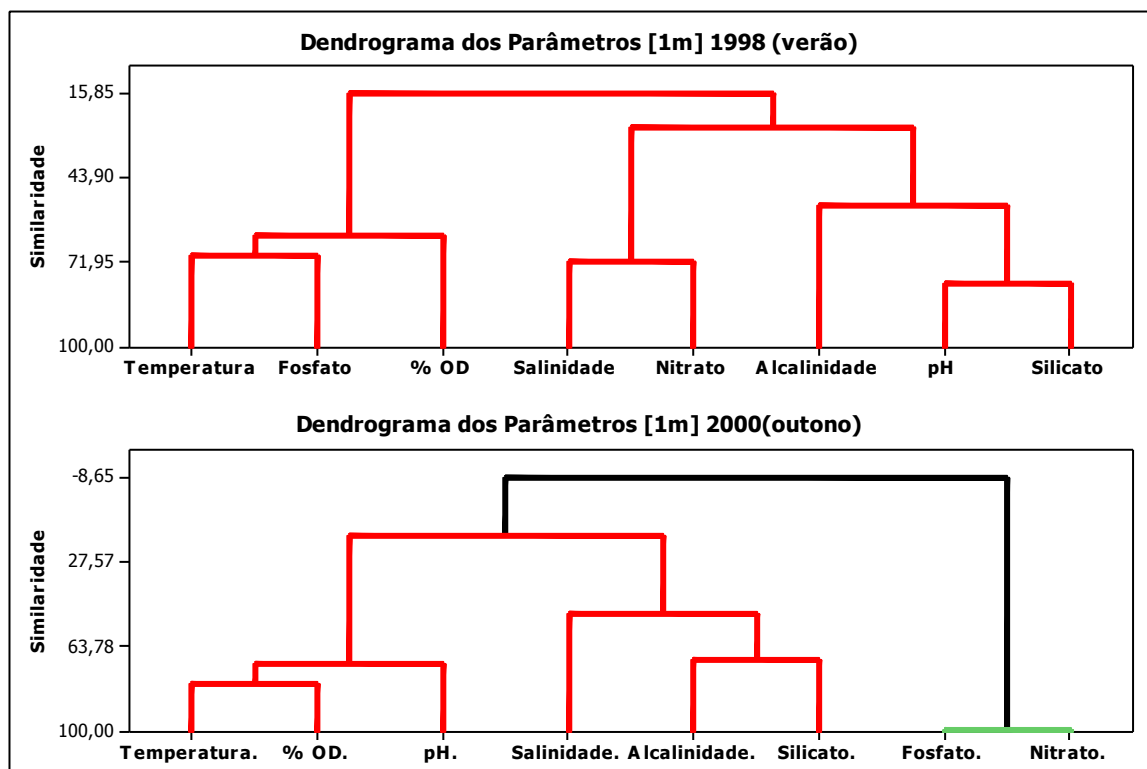


Figura 3.61 - Dendrograma dos parâmetros à 1m, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

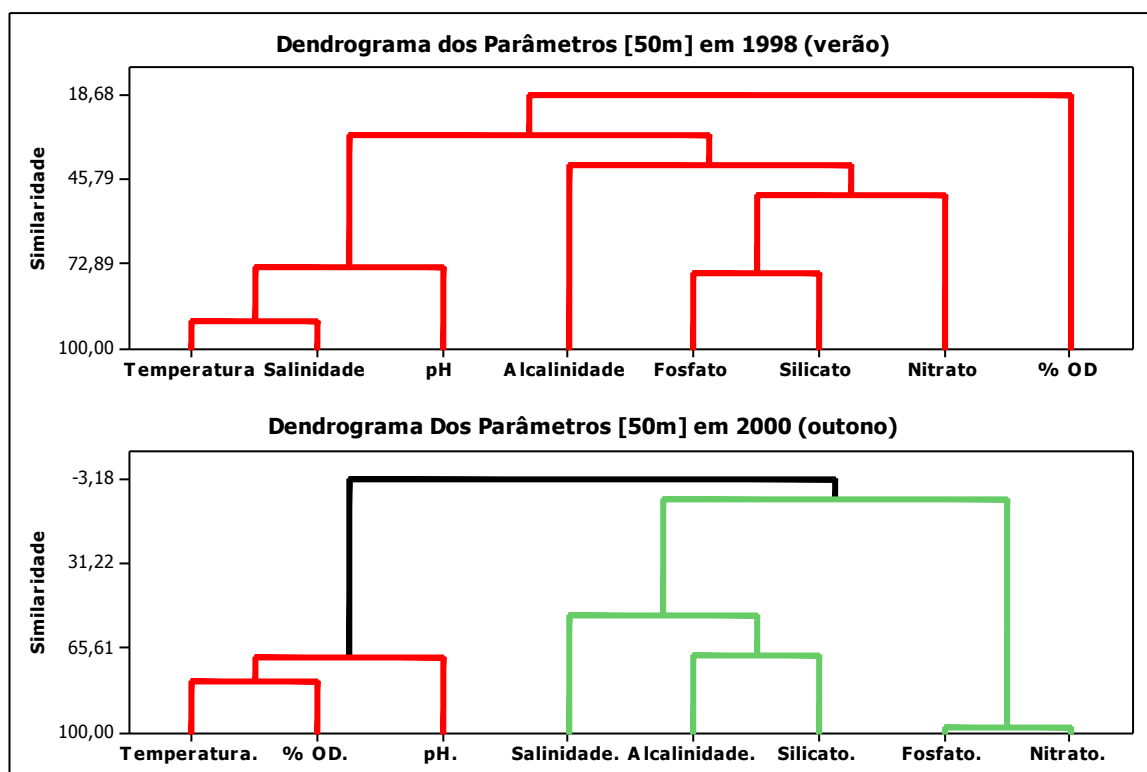


Figura 3.62 - Dendrograma dos parâmetros aos 50 m, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

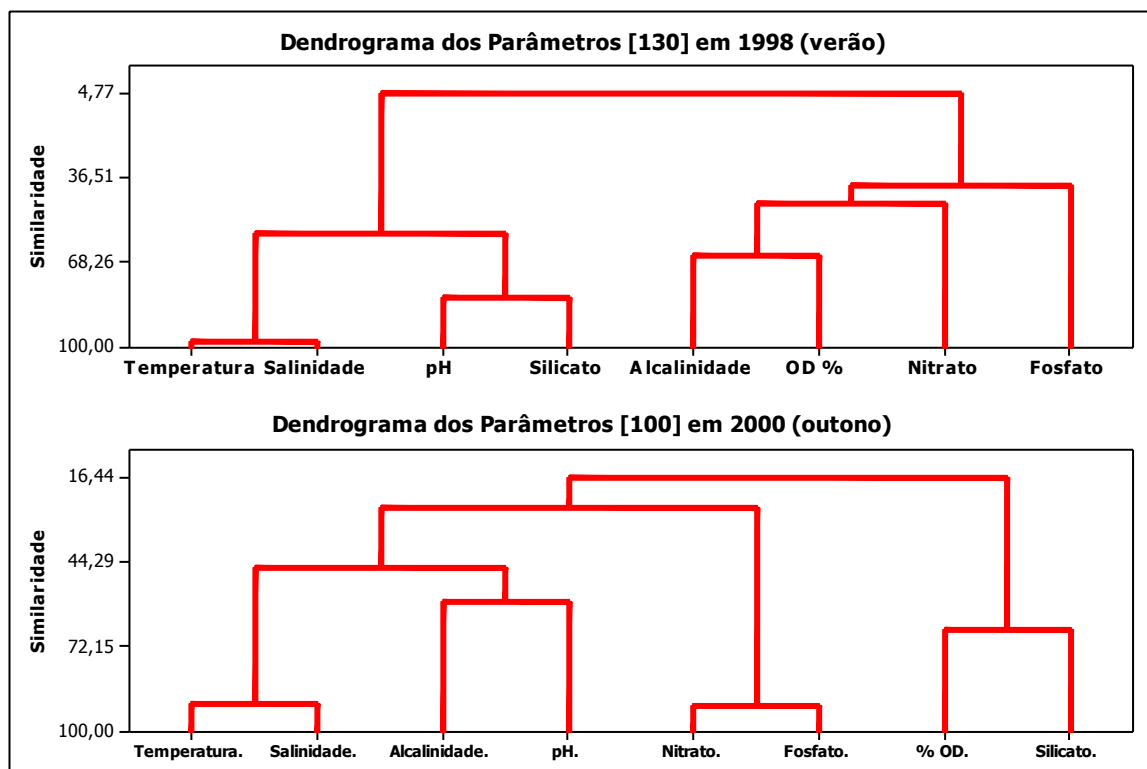


Figura 3.63 - Dendrograma dos parâmetros aos 130 m para 1998 (verão) e aos 100 m para 2000 (outono)

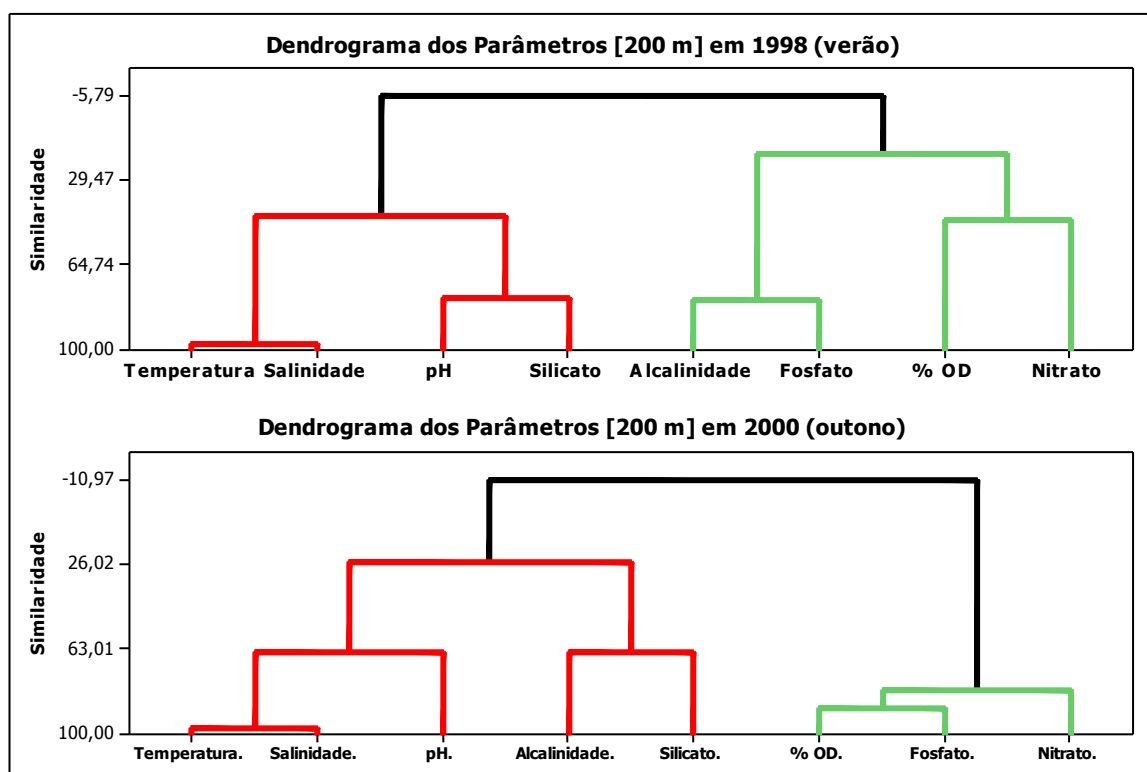


Figura 3.64 - Dendrograma dos parâmetros aos 200 m, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

3.6.3 Dendrogramas dos parâmetros nas zonas eufótica e disfótica

Os dendrogramas nas zonas eufótica e disfótica e aquele que corresponde à coluna d'água investigada (1 m até 200 m) foram analisados, com o intuito de investigar as relações relevantes entre os parâmetros nas diferentes camadas.

- Na zona eufótica, as análises não indicaram grupos com similaridades importantes. Entretanto, em 2000 (outono), o fosfato e o nitrato apresentaram semelhança no comportamento (Figura 3.65).
- Na zona disfótica, ocorreram dois grupos com comportamentos distintos e inversos. Nos dois períodos estudados, as correlações entre a temperatura e a salinidade indicaram uma estrutura termohalina estabilizada. Para os nutrientes, as similaridades ocorreram entre o fosfato, silicato e nitrato, principalmente no outono (Figura 3.66).
- Nos dendrogramas para 1 a 200 m, dois grupos apresentam correlações inversas. Em 1998 (verão), um agrupamento apresentou relações entre a temperatura, pH e salinidade; enquanto no outro, oxigênio dissolvido (OD) se associou aos nutrientes. Em 2000 (outono), a similaridade foi entre a temperatura e a salinidade, como também entre o fosfato e o nitrato (Figura 3.67).

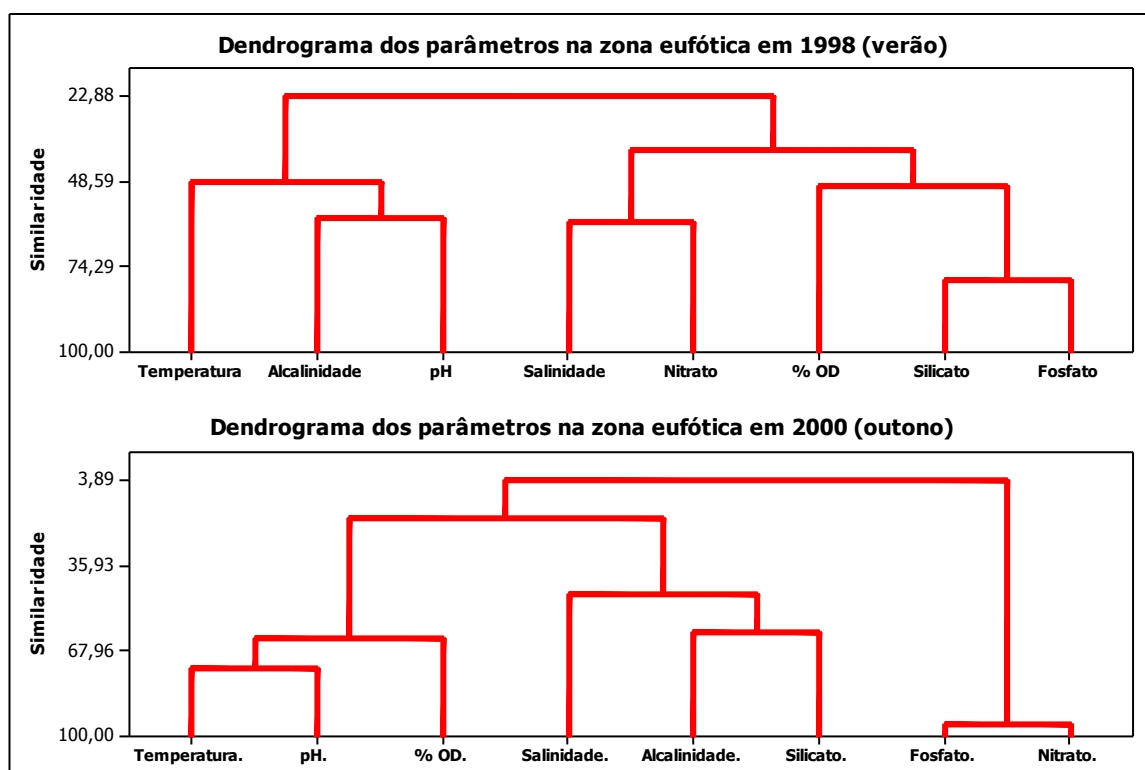


Figura 3.65 - Dendrograma dos parâmetros na zona eufótica em 1998 (verão) e 2000 (outono)

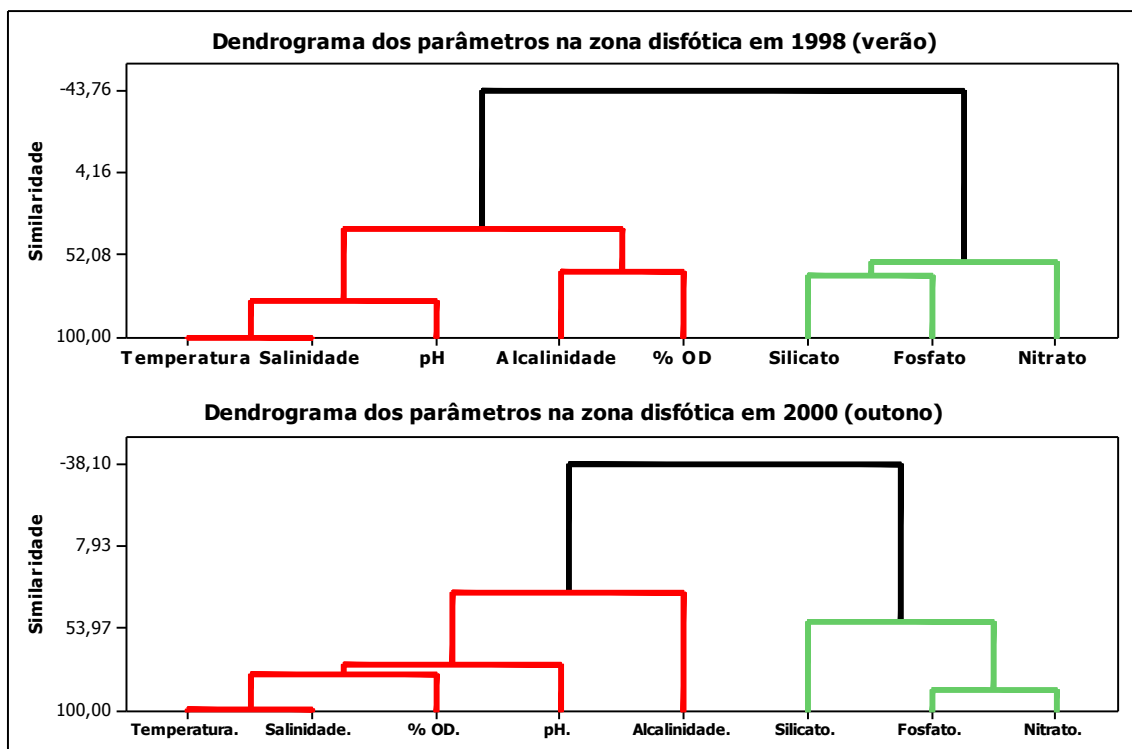


Figura 3.66 - Dendrograma dos parâmetros na zona disfótica em 1998 (verão) e 2000 (outono)

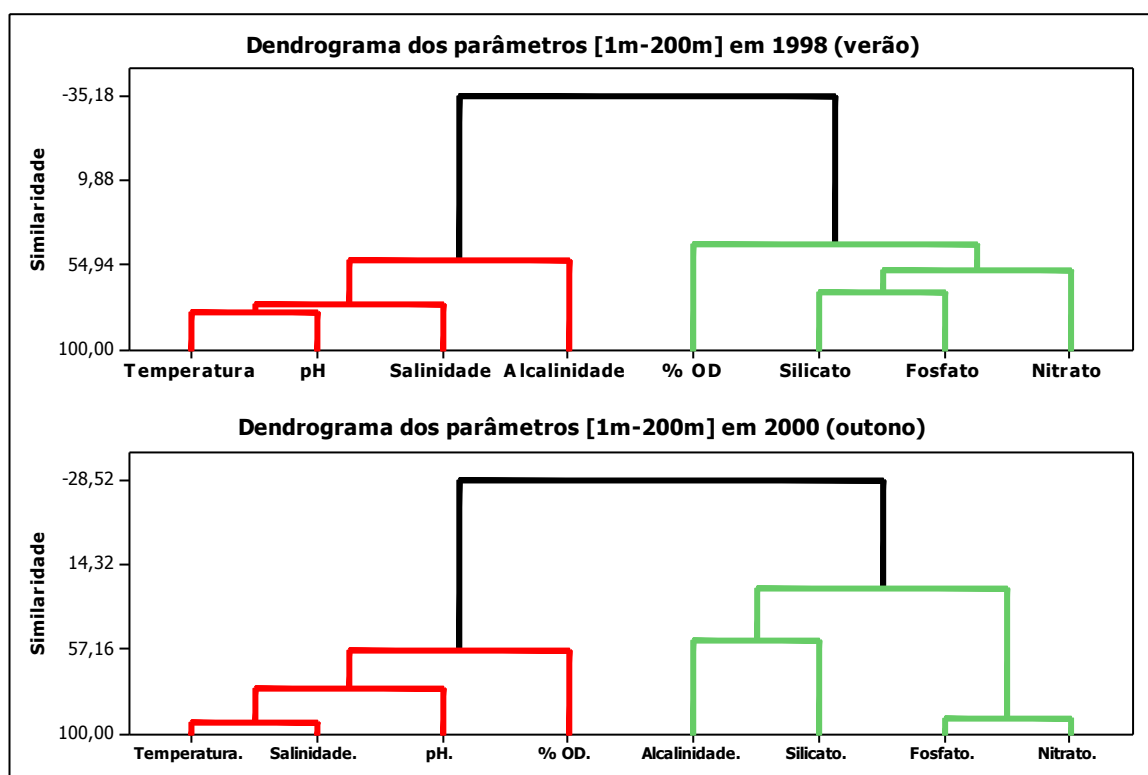


Figura 3.67 - Dendrograma dos parâmetros [1m - 200 m], 1998 (verão) e 2000 (outono)

3. 6.4 Dendrograma das Estações em relação às profundidades

Com o objetivo de investigar a similaridade entre as estações, foram elaborados os dendrogramas em diferentes profundidades da coluna d'água (1 m; 50 m e 200 m), considerando a temperatura, a salinidade, a taxa de saturação de oxigênio dissolvido (%) e os teores de fosfato e nitrato. Estes parâmetros foram escolhidos, porque estão relacionados com a estrutura termohalina e a biodisponibilidade do meio. As análises foram efetuadas para 2000 (outono), pois, os nutrientes não foram determinados em 1998 (verão) para as estações após o perfil Colúmbia.

As análises agruparam as estações que apresentaram características semelhantes, em toda a extensão da região investigada, nas diferentes profundidades (Figura 3.68).

- Na superfície (1 m), ocorreram três grupos. O primeiro, foi formado pelas estações de Jaseur até Colúmbia; o último, com comportamento inverso ao primeiro, foi formado pelas estações localizadas nas ilhas de Trindade e Martin Vaz. O agrupamento intermediário incluiu as estações C-89, C-103 e C-108. Nesta profundidade, a geomorfologia pode ter influenciado, uma vez que os grupos corresponderam aos bancos submarinos em contraste com as ilhas oceânicas. A separação dos grupos indicou também a influência da longitude, porque as estações referentes às ilhas estão localizadas em baixa longitude, onde a temperatura e a salinidade foram mais baixas.
- Aos 50m, ocorreram também três grupos. O primeiro, foi formado pelas estações do perfil Jaseur e das ilhas Martin Vaz, o qual mostrou comportamento inverso ao das estações do último grupo. Entretanto, a estação C-89, também no perfil Jaseur, ficou destacada em relação a todas as outras, por suas propriedades distintas, como a presença de águas frias e ricas em de nutrientes. Nesta profundidade, a longitude e a geomorfologia parecem não influenciar nos agrupamentos, porque a maioria das estações formou um único grupo.
- Aos 200 m, a estação C-89 destacou-se novamente em relação às outras, que formaram dois grupos. O primeiro, com a maioria das estações; o último foi formado pelas estações do perfil Davis (C-90 e C-92), semelhantes àquela do perfil Dogressa (C-98). Estas estações oceânicas estavam localizadas em áreas muito próximas, com estrutura termohalina semelhante.

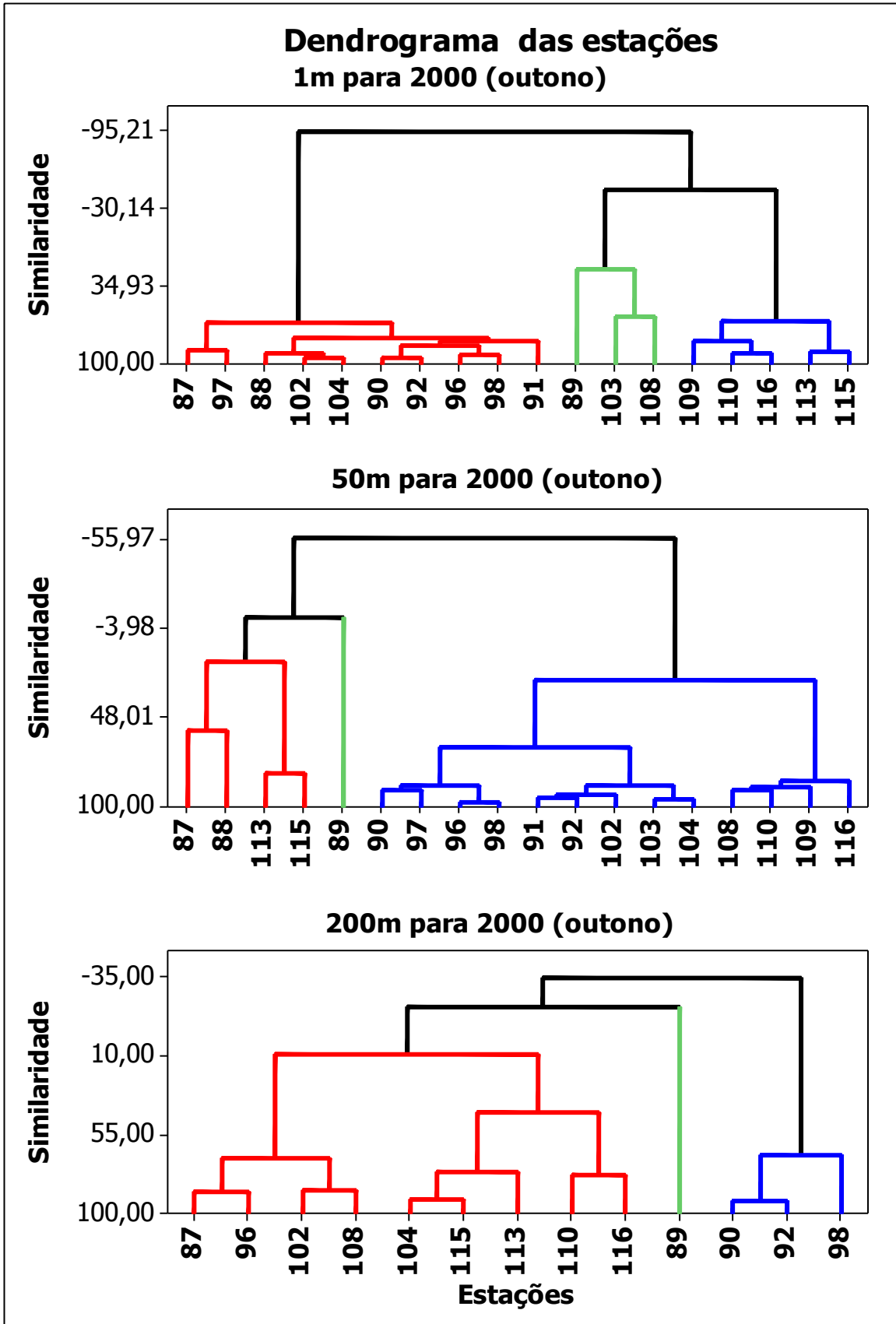


Figura 3. 68 - Dendrograma das estações nas profundidades de 1 m, 50 m e 200m, em 2000 (outono)

3.7 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

As análises por PCA permitiram visualizar os pesos das variáveis e os escores das amostras em planos bidimensionais, formados pelos eixos das componentes principais (PC1 e PC2). Os estudos foram efetuados para os perfis, as profundidades e as zonas eufótica e disfótica. Em 1998 (verão), os nutrientes não estão reportados em Trindade e Martin Vaz, porque não foram determinados para este período.

As variâncias cumulativas, ou variância explicada, das componentes principais (PC1 e PC2), em relação aos perfis e às profundidades, encontram-se nas Tabela 3. 18 e 3.19.

Tabela 3. 18.- Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2), em relação aos perfis para 1998(verão) e 2000 (inverno)

	Jaseur		Davis		Dogaressa		Colúmbia		Trindade		Martin Vaz	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
1998 (verão)												
Variância	3,70	1,62	4,07	1,99	3,11	1,96	4,72	3,14	2,46	1,13	3,37	1,03
Proporcional	0,441	0,180	0,453	0,221	0,345	0,219	0,525	0,349	0,493	0,226	0,675	0,205
Cumulativa	0,441	0,621	0,453	0,674	0,345	0,564	0,525	0,874	0,403	0,719	0,675	0,880
2000 (outono)												
Variância	4,80	1,90	4,83	1,92	5,25	1,72	4,33	2,29	5,76	1,27	4,38	1,44
Proporcional	0,533	0,211	0,537	0,214	0,584	0,191	0,481	0,254	0,640	0,141	0,487	0,160
Cumulativa	0,533	0,744	0,537	0,751	0,584	0,775	0,481	0,735	0,640	0,781	0,487	0,647

Tabela 3.19 - Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2) em relação às profundidades, para 1998(verão) e 2000 (inverno)

	1 m		50 m		~ 100 m		200 m	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
1998 (verão)								
Variância	2,35	1,735	3,64	1,785	3,53	2,09	3,08	1,78
Proporcional	0,261	0,192	0,405	0,198	0,392	0,232	0,342	0,198
Cumulativa	0,261	0,453	0,405	0,603	0,392	0,624	0,342	0,540
2000 (outono)								
Variância	3,04	1,86	2,33	2,03	2,94	1,79	2,74	2,36
Proporcional	0,337	0,207	0,259	0,226	0,327	0,199	0,305	0,262
Cumulativa	0,337	0,544	0,259	0,485	0,327	0,526	0,305	0,567

3.7.1 Análise de componentes principais em relação aos Perfis

O estudo foi elaborado para os perfis Jaseur, Davis, Dogaressa, Colúmbia, Trindade e Martin Vaz, em 1998 (verão) e 2000 (outono). O comportamento das variáveis (gráfico de pesos) e suas influências nas estações (gráfico de escores) possibilitaram descrever as características da coluna d'água nos perfis investigados.

Os resultados das Análises de Componentes Principais em cada perfil indicaram que:

- Jaseur apresentou águas quentes e salinas, exceto aos 200m, onde as temperaturas e salinidades foram mais baixas e o meio esteve rico em nutrientes; as estações C-87 e C-89, mostraram diferenças em relação às outras estações (Figura 3.69);
- Davis apresentou características diferentes nas camadas mais profundas, onde ficou evidenciada a presença da ACAS aos 200m, por causa das águas frias e ricas em nutrientes nas estações C-90 e C-92, principalmente em 1998 (verão). Para as outras profundidades, as temperaturas e salinidades foram mais altas (Figura 3.70);
- Dogaressa mostrou águas com temperatura e salinidade mais baixas, além de ricas em nutrientes aos 200m, nas estações C-96 e C-98, tanto no verão como no outono. Nas outras profundidades, as águas quentes e oligotróficas indicam a presença da Água Tropical (Figura 3.71);
- Colúmbia apresentou águas ricas em silicato na estação C-104, que se destacou nos dois períodos estudados. Em 2000 (outono), as águas rasas da C-103 estiveram ricas em nitrato e fosfato (Figura 3.72);
- Em Trindade, no período de 1998 (verão), ocorreram águas frias e ricas em oxigênio dissolvido (OD), contrastando com as águas mais rasas que mostraram taxas menores de OD, indicando um comportamento anômalo nesta época da amostragem. Em 2000 (outono), aos 200 m, as águas das estações foram mais frias e ricas em nutrientes (Figura 3.73);
- Martin Vaz, em geral, apresentou as mesmas características de Trindade, isto é, em 1998 (verão) ocorreram, aos 200 m, águas com elevado teor de OD, indicando uma situação atípica nesses perfis adjacentes. Entretanto, em 2000 (outono), aos 200 m, o meio mostrou-se produtivo e com teor mais baixo de OD (Figura 3.74).

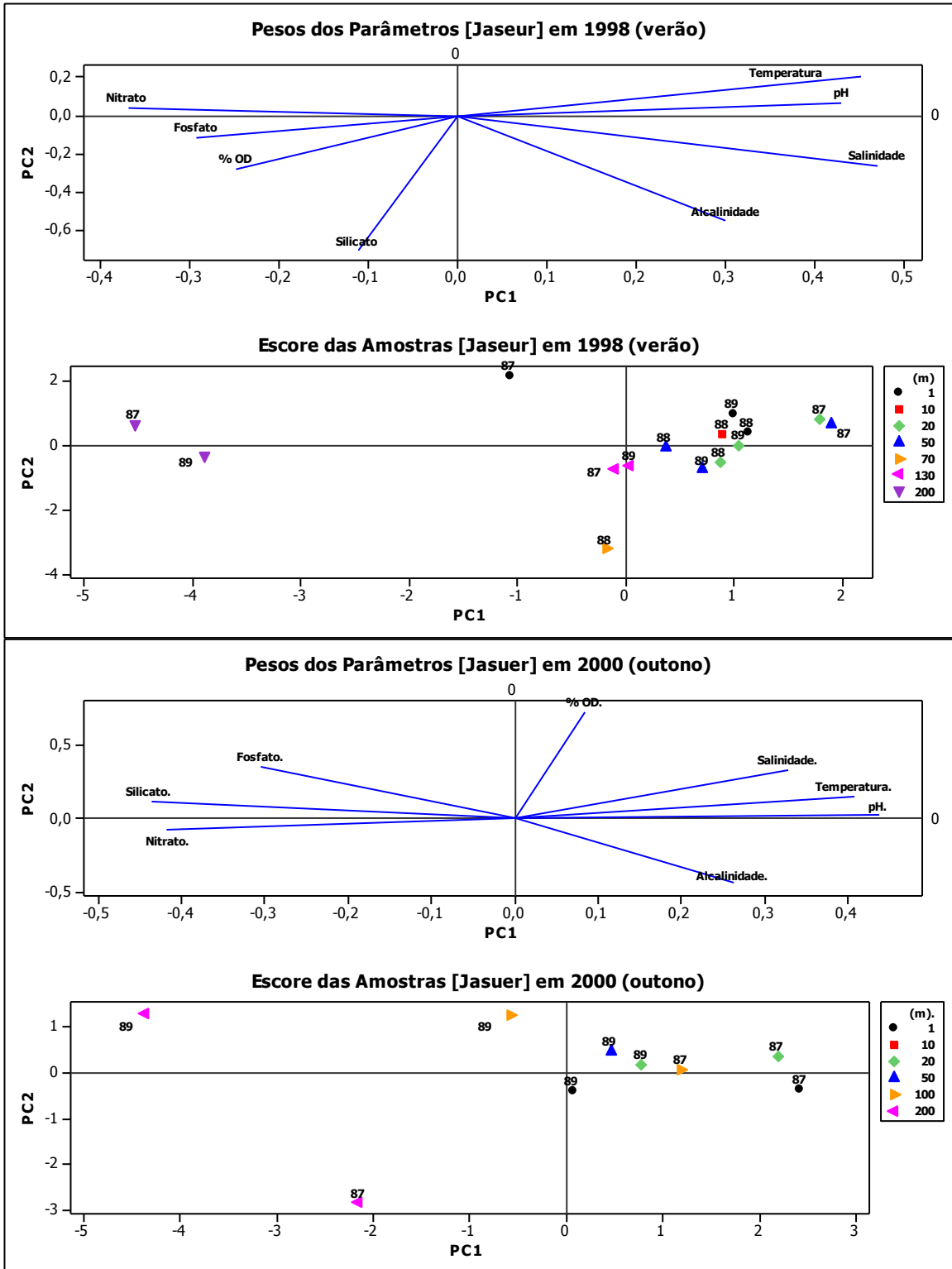


Figura 3.69- Análise de Componentes Principais para Jaseur em 1998 (verão) e 2000 (outono)

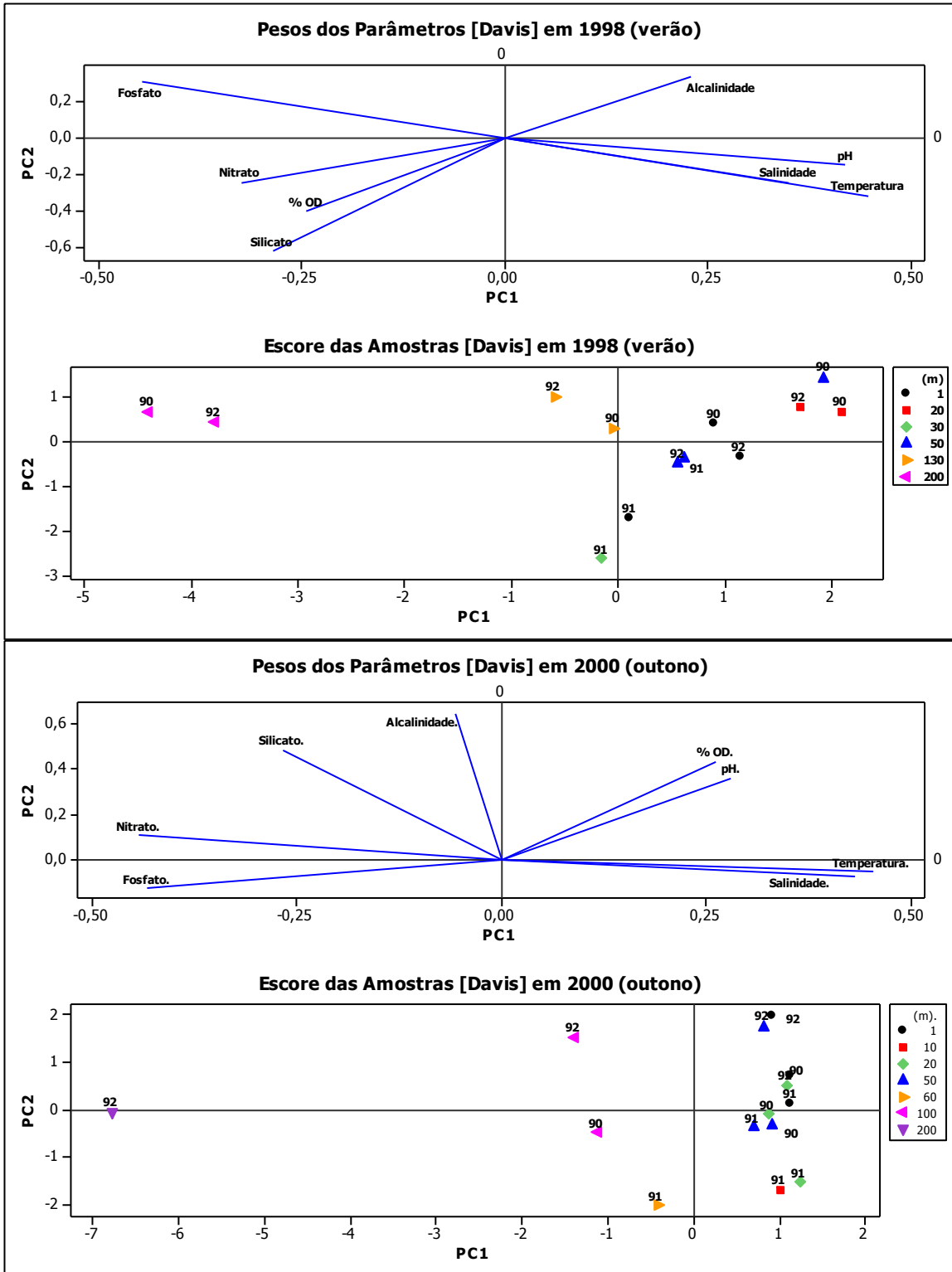


Figura 3.70- Análise de Componentes Principais para Davis em 1998 (verão) e 2000 (outono)

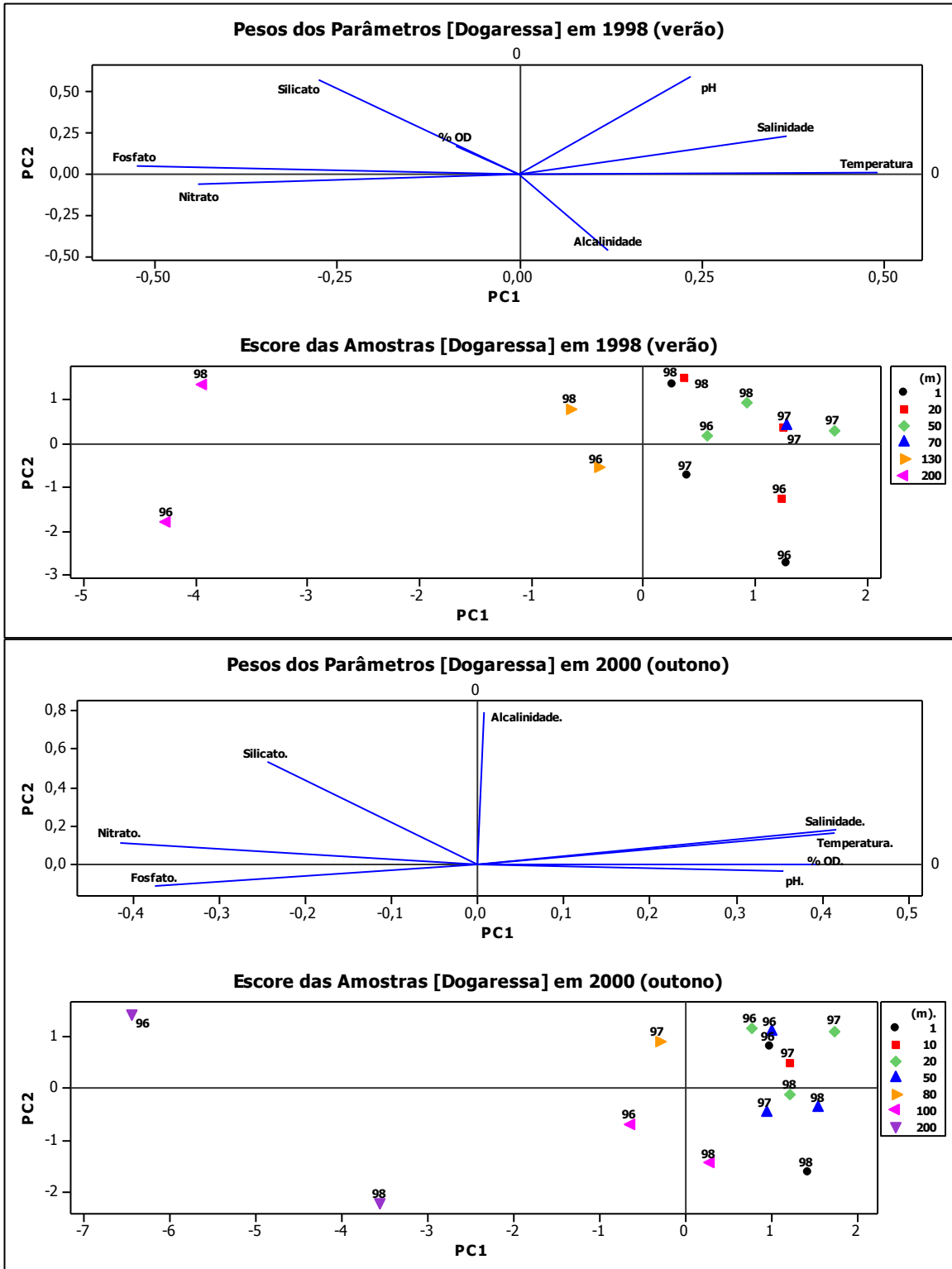


Figura 3.71- Análise de Componentes Principais para Dogaressa em 1998 (verão) e 2000 (outono)

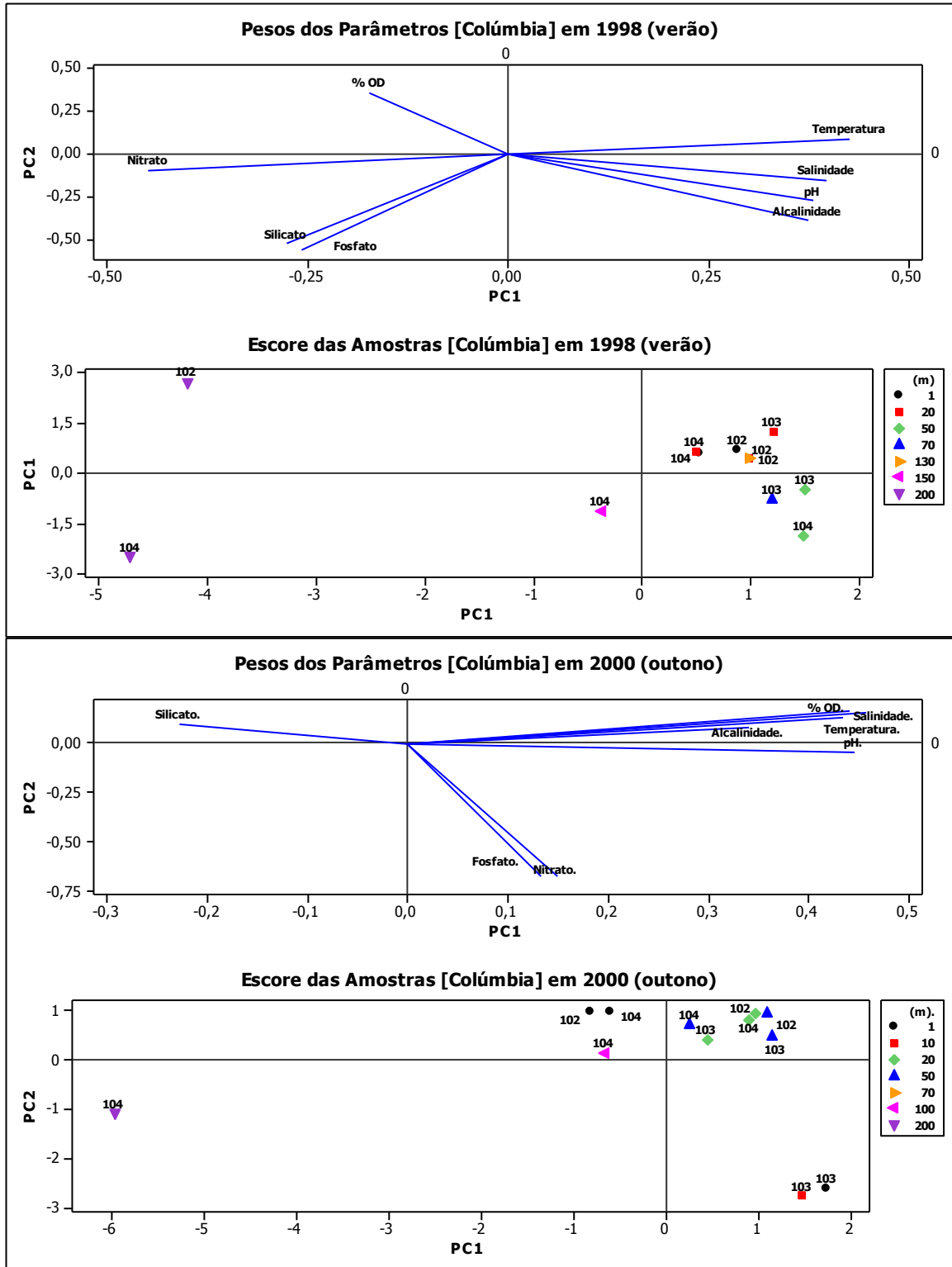


Figura 3.72 - Análise de Componentes Principais para Colúmbia em 1998 (verão) e 2000 (outono)

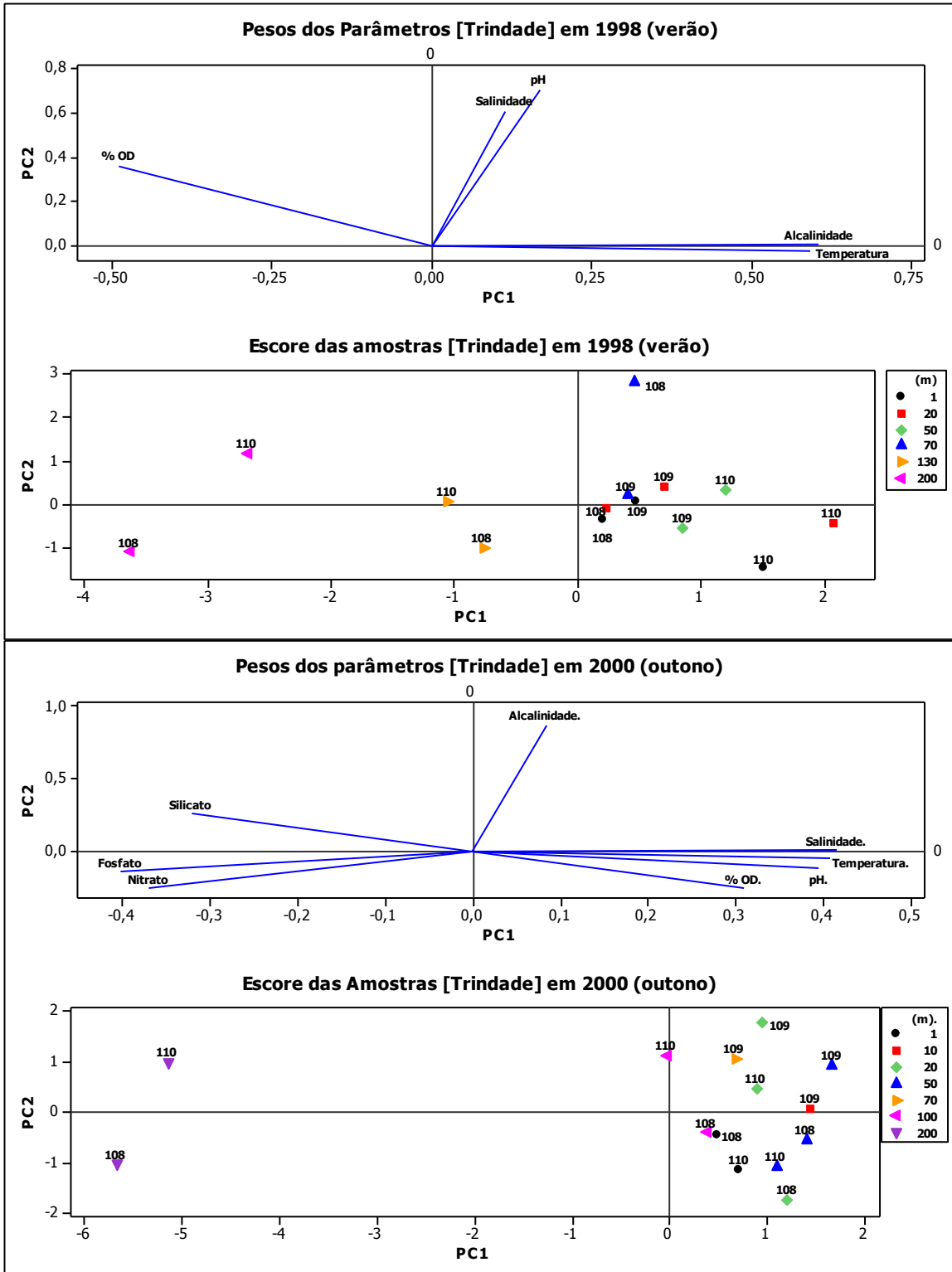


Figura 3.73 - Análise de Componentes Principais para Trindade em 1998 (verão) e 2000 (outono)

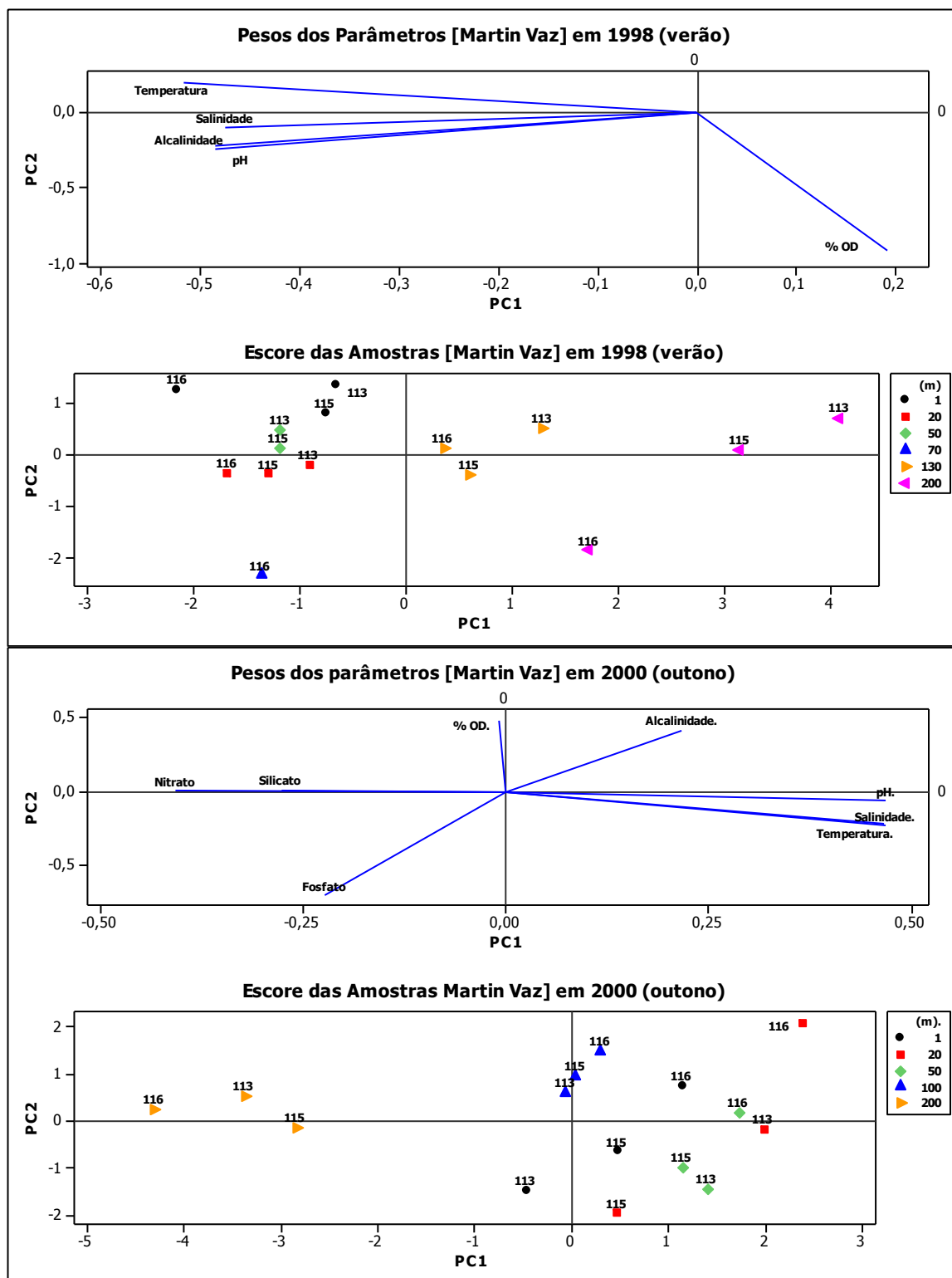


Figura 3.74 - Análise de Componentes Principais para Martin Vaz em 1998 (verão) e 2000 (outono)

3.6.2. Análise de Componentes Principais em relação às profundidades

Os comportamentos das variáveis e suas influências nas estações amostradas foram analisados em quatro profundidades (1; 50; 100 e 200 m), visando investigar as características da coluna d'água ao longo da Cadeia Vitória-Trindade.

Os resultados das Análises de Componentes Principais em cada perfil indicaram que:

- na camada de 1m, nos dois períodos, a salinidade apresentou comportamento distinto em relação à temperatura, sobretudo em 2000 (outono). Em geral, os perfis mostraram águas quentes, com depleção dos nutrientes. A estação C-89 foi diferenciada no verão pelo nitrato e, no outono, pelo nitrato e fosfato. Colúmbia se destaca, no outono, pela influência do silicato. Em Trindade e Martin Vaz ocorreram águas com temperatura e salinidade mais baixas, quando comparadas com as de outros perfis (Figura 3.75);
- aos 50m, em geral, as águas das estações apresentaram-se quentes e pobres em nutrientes, exceto para o perfil Jaseur, que se destacou com águas frias e ricas em nitrato e fosfato. Colúmbia, novamente, mostra diferença em relação ao silicato, em especial a estação C-104, no verão (Figura 3.76);
- aos 130m, em 1998 (verão), as águas apresentaram estrutura termohalina estável, isto é, com o mesmo comportamento para a temperatura e salinidade, inverso ao dos nutrientes. A estação C-89, novamente, ficou destacada por causa do nitrato e fosfato. A estação C-106 foi separada pelo silicato, no entanto, nesta profundidade o perfil Colúmbia não apresenta diferenças em relação a este nutriente. No outono, as águas em Trindade e Martin Vaz mostraram temperaturas e salinidades mais baixas, influenciadas ainda pela alcalinidade (Figura 3.77);
- aos 200m, nos dois períodos estudados, as variáveis termohalinas se correlacionaram muito bem e contrárias aos nutrientes. Na maioria das estações, predominaram águas frias, pouco salinas e ricas em nutrientes. Em 1998 (verão), OD foi responsável pela separação das estações; no entanto, em 2000 (outono), a separação foi causada pela alcalinidade, com destaque para Martin Vaz. A estação C-89, sobretudo em 2000 (outono), apresentou as mesmas propriedades que aquelas das outras profundidades, ou seja, águas com temperatura e salinidade baixas e ricas em nutrientes, em especial nitrato e fosfato, indicando constância nas características desta estação (Figura 3.78).

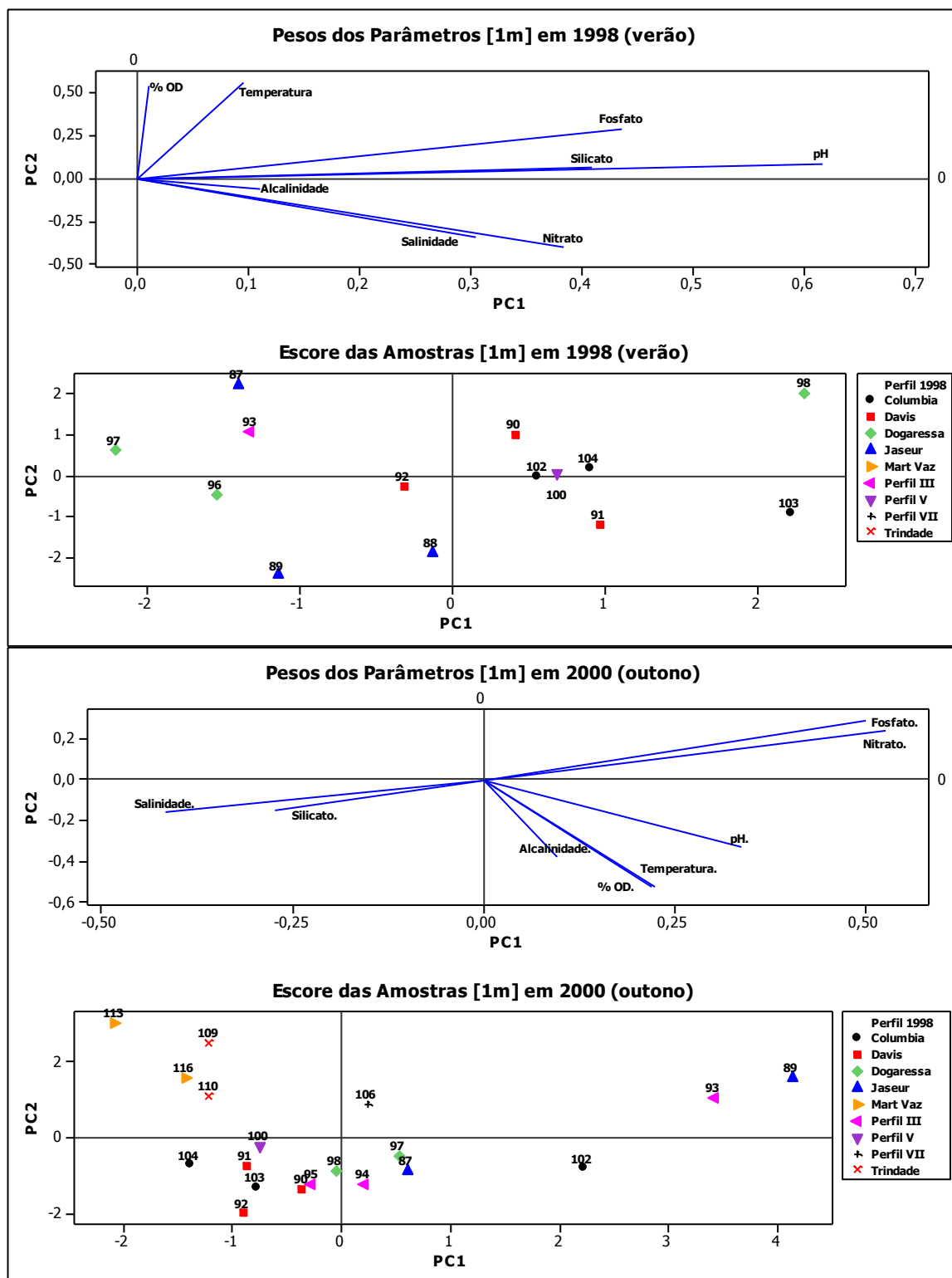


Figura 3.75 - Análise de componentes principais para 1 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)

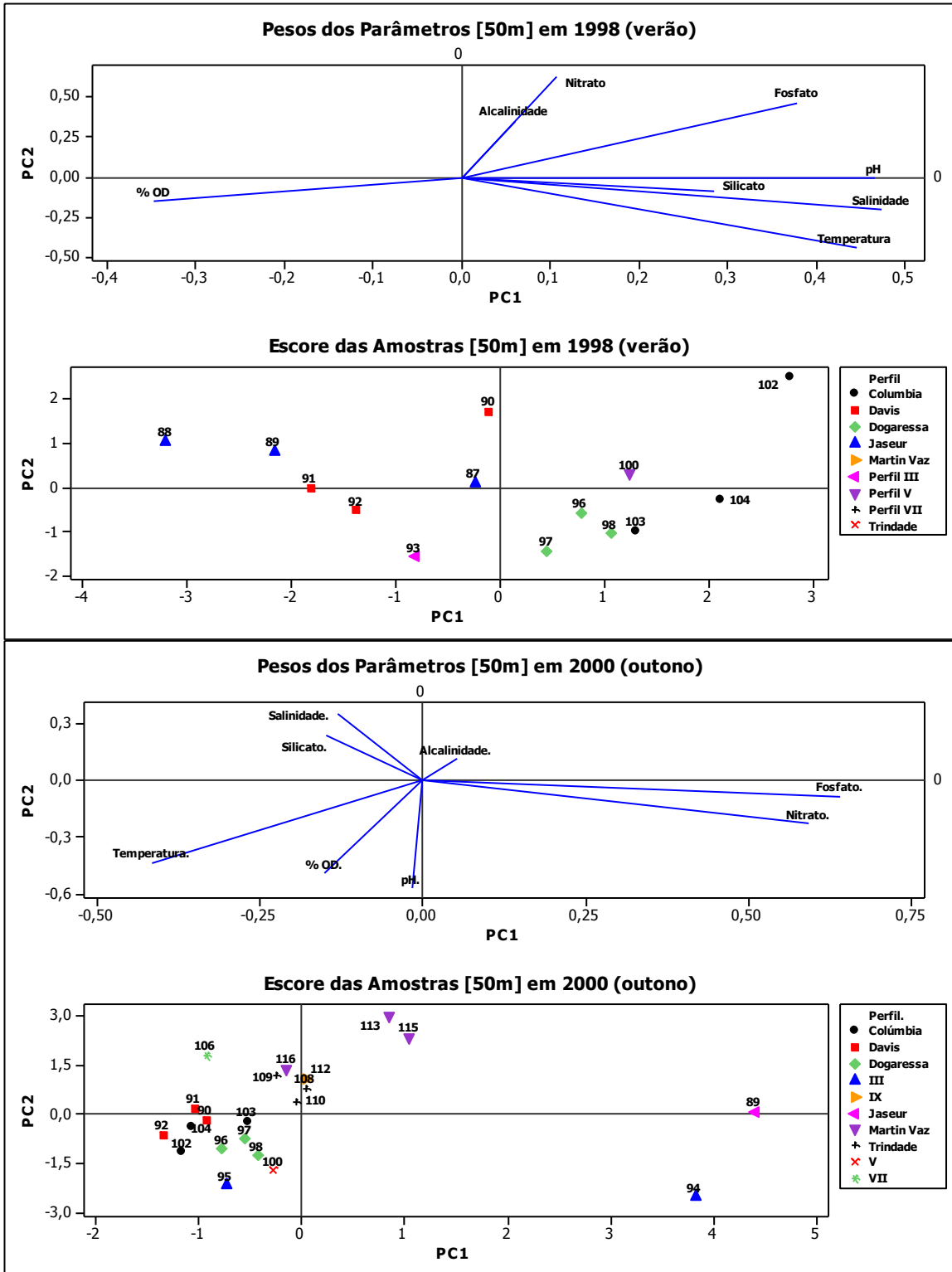


Figura 3.76 - Análise de componentes principais para 50 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)

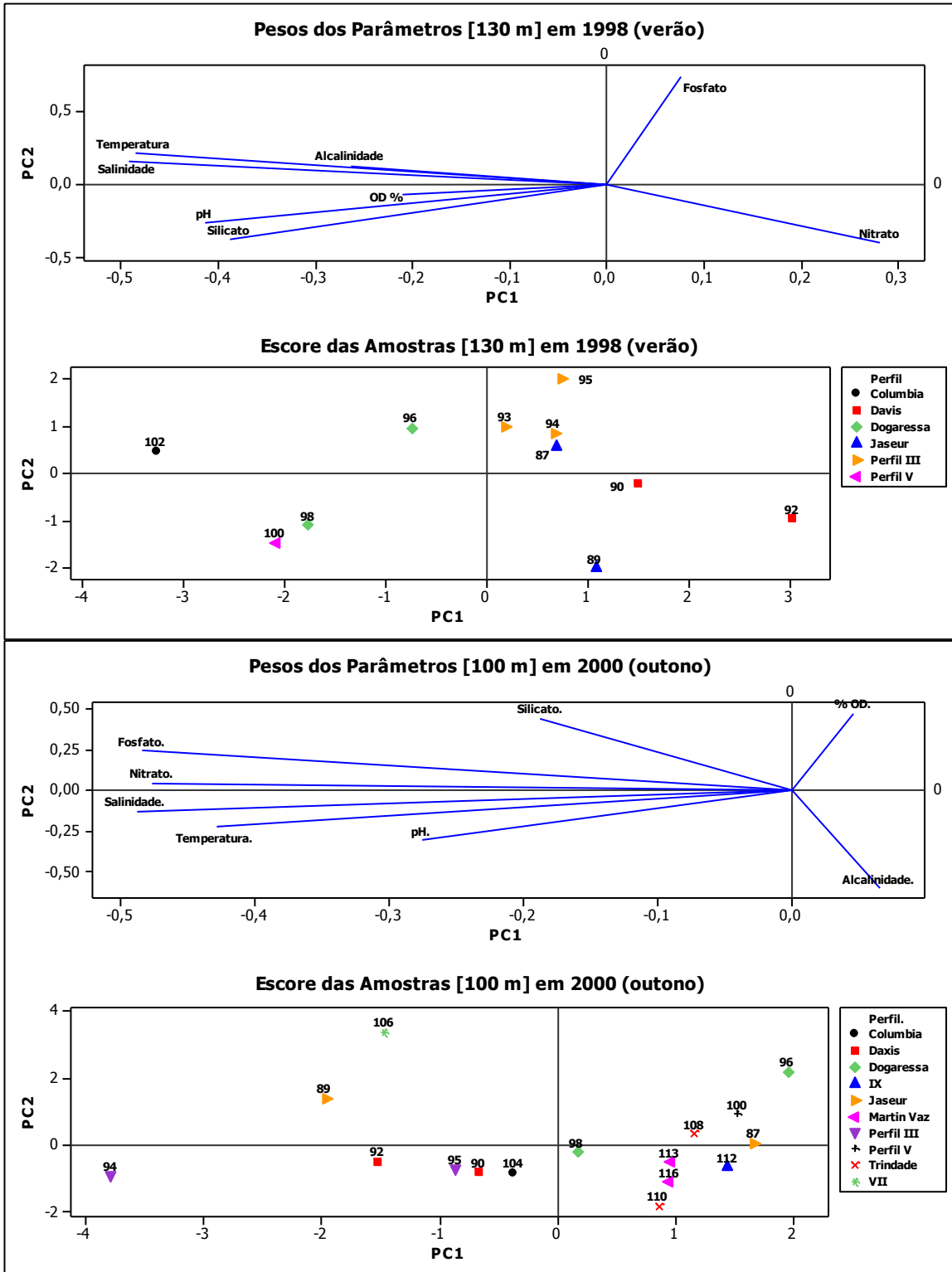


Figura 3.77 - Análise de componentes principais em 130 m para 1998 (verão) e 100 m para 2000 (outono)

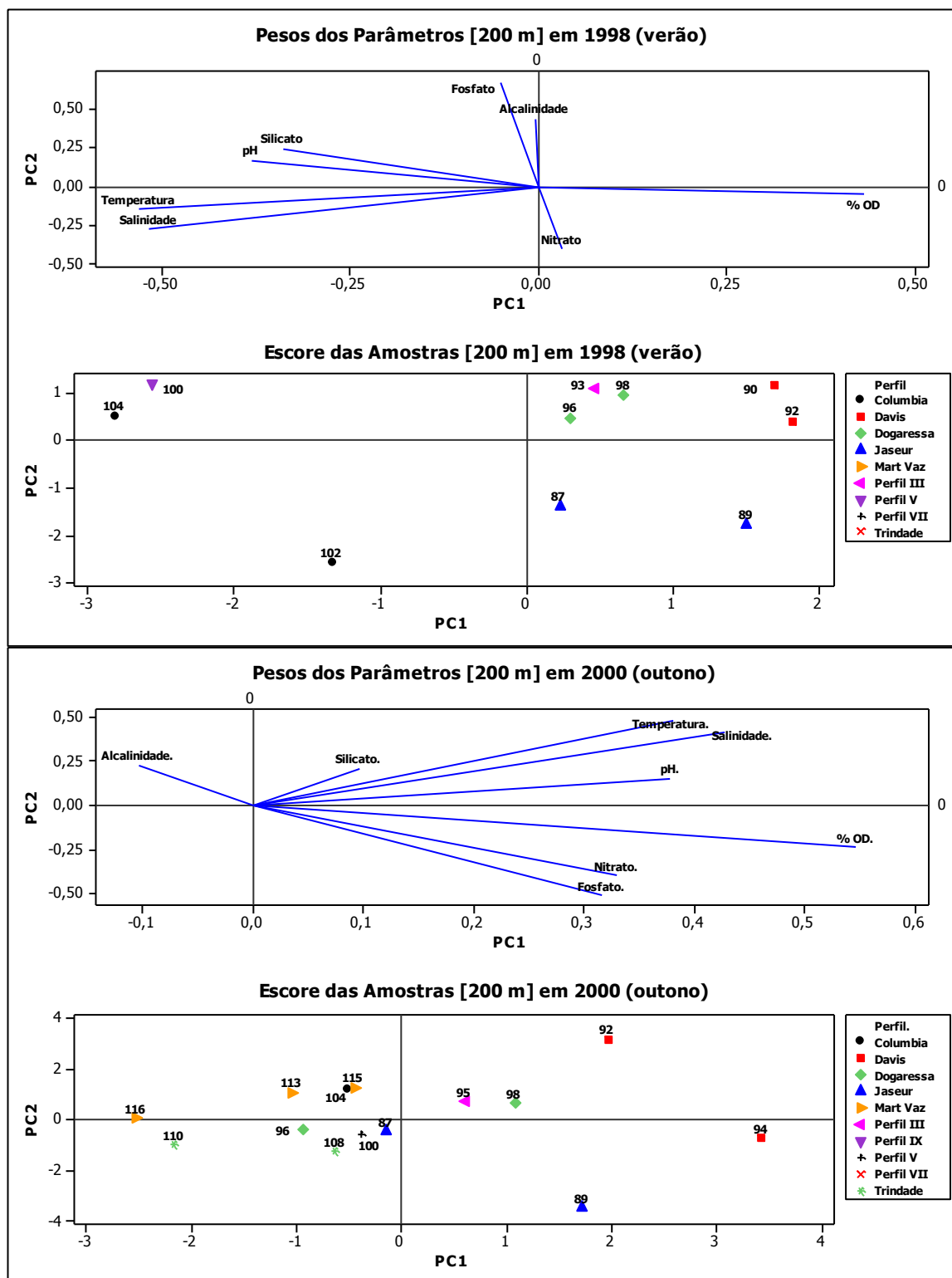


Figura 3.78- Análise de componentes principais para 200 m em 1998 (verão) e 2000 (outono)

3.6.3 Análise de componentes principais para as zonas eufótica e disfótica

O estudo com o conjunto de todos os dados foi efetuado por PCA, com o objetivo de investigar a macroestrutura do sistema. Os resultados mostraram a separação entre duas zonas distintas, que foram denominadas eufótica e disfótica. A variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2) encontra-se na Tabela 3. 20.

Tabela 3.20 - Variância cumulativa das componentes principais (PC1 e PC2), para as zonas eufótica e disfótica, em 1998(verão) e 2000 (inverno)

Autovalor	Zona fótica		Zona disfótica		(1 – 200m)	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
	1998 (verão)					
Variância	2,38	1,48	3,40	2,20	2,91	1,28
Proporcional	0,264	0,165	0,378	0,245	0,323	0,142
Cumulativa	0,264	0,429	0,378	0,623	0,323	0,465
	2000 (outono)					
Variância	2,36	1,82	3,40	2,20	3,37	1,65
Proporcional	0,262	0,203	0,378	0,245	0,375	0,184
Cumulativa	0,262	0,465	0,378	0,623	0,375	0,559

- na zona eufótica, em 1998 (verão), as águas mostraram influência da temperatura, com as mais quentes ocupando desde a superfície (1 m) até os 20 m de profundidade; em 2000 (outono), as estações se agruparam, principalmente, por causa da salinidade. Além disso, no outono, a estação C-89, do perfil Jaseur, destacou-se das outras estações devido aos teores de fosfato e nitrato, inclusive aos 20 m. Em geral, as estações se agrupam na área central dos planos de análise, indicando a complexidade das relações entre os parâmetros que regulam o meio, evidenciando um comportamento típico da camada de mistura. (Figura 3.79).
- na zona disfótica, nos dois períodos estudados, as águas foram divididas em duas camadas com propriedades distintas. No verão, aos 130 m, as estações apresentaram águas com salinidade e temperatura mais altas, além de baixo teor de nutrientes, quando comparadas com a camada mais profunda (200 m), indicando a presença da Água Tropical; aos 200 m, a distribuição das estações no plano de análise mostrou teores mais altos de nutrientes e temperaturas e salinidades mais baixas, confirmando a intrusão da ACAS neste período. No outono, a distribuição da maioria das estações no

plano de análise não mostrou a influência dos nutrientes, indicando a dominância da AT nesta época, que ocorreu desde a superfície até os 200 m, ou seja, em toda a coluna d'água investigada. A estação C-89 apresentou diferenças nos teores de nitrato e fosfato, em relação às outras estações, confirmando a ocorrência de ressurgência das águas profundas, frias e produtivas, que ascendem para as camadas superiores e fertilizam as águas rasas desta estação. (Figura 3.80).

- a análise incluindo o conjunto de todos os dados (1 aos 200 m), especialmente a projeção das estações nos planos das componentes principais, evidenciou as características da coluna d'água na área investigada. As águas da zona eufótica, até os 70 m, foram agrupadas por temperaturas e salinidades mais altas, com baixo teor dos nutrientes. Uma camada de transição, aos 100 m, apresentou propriedades pouco definidas, tanto que se localizou próxima ao centro do plano de análise. Aos 200 m, as águas estiveram com temperaturas e salinidades mais baixas e teores mais altos dos nutrientes. A influência da sazonalidade pode ser observada pela diferença entre as distribuições nos dois períodos estudados. No verão, aos 200 m, as águas foram mais ricas em nutrientes, indicando a presença da ACAS nesta camada; enquanto que no outono, apesar de ocorrerem águas frias, elas não apresentaram influências em relação aos nutrientes, evidenciando a dominância da AT mesmo nessa profundidade.

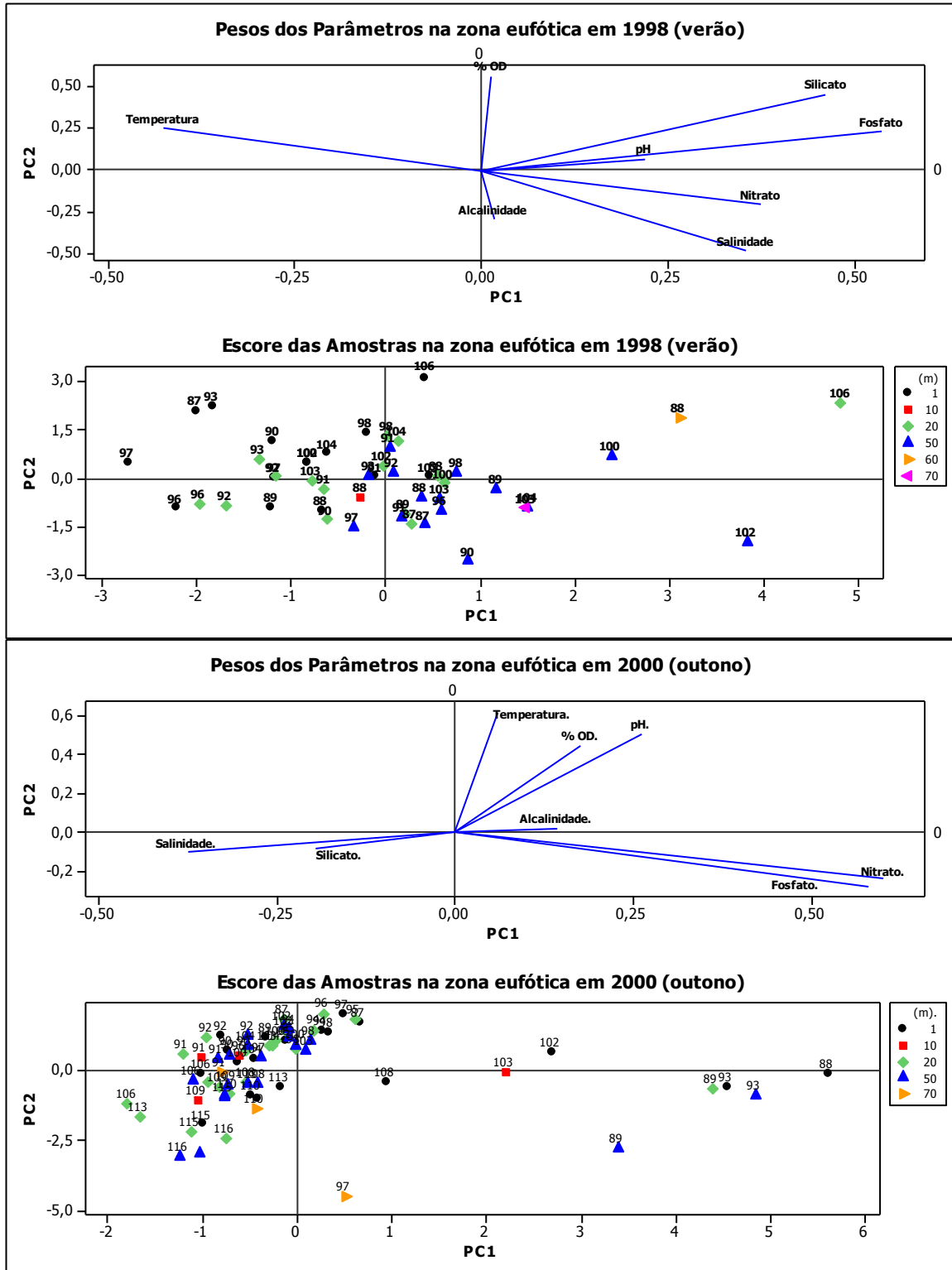


Figura 3.79 - Análise de componentes principais para a zona eufótica, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

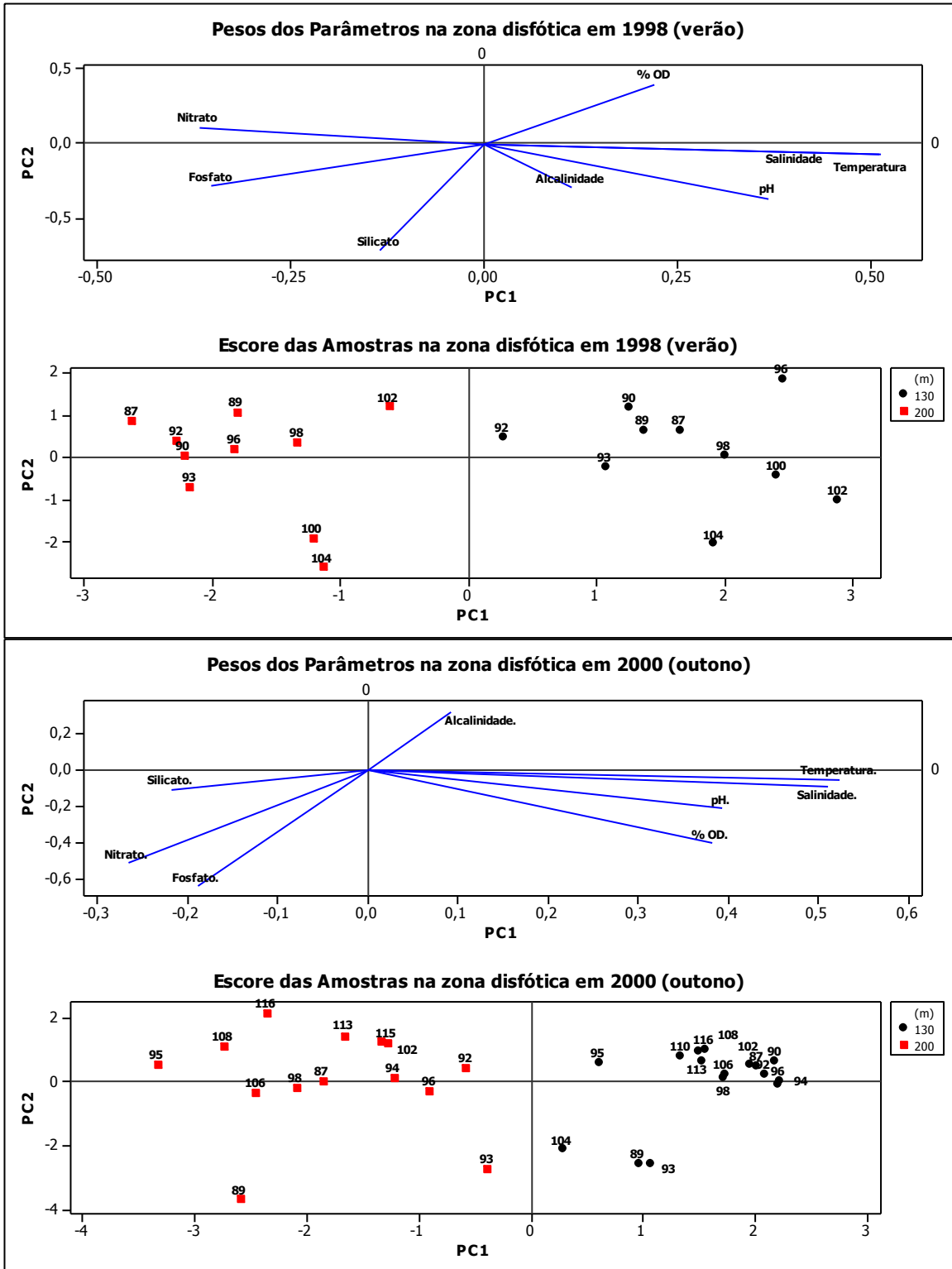


Figura 3.80 - Análise de componentes principais para a zona disfótica, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

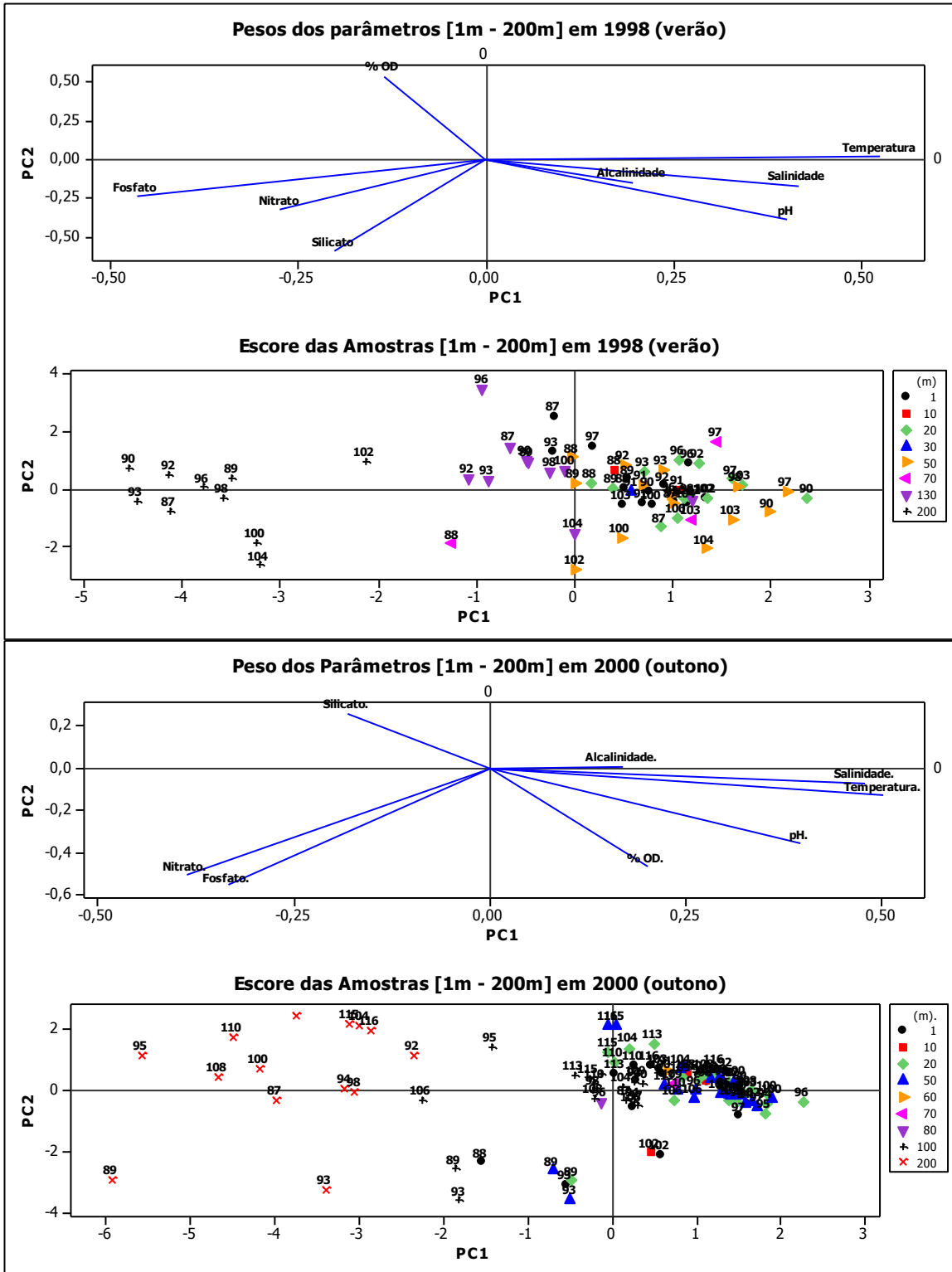


Figura 3.81 - Análise de componentes principais para 1 - 200 m, em 1998 (verão) e 2000 (outono)

4 DISCUSSÃO

Nos ambientes de baixa latitude, as trocas de massa e energia na interface ar/mar são consideradas as principais responsáveis pelas variações temporais e espaciais na superfície dos oceanos (KENNISH, 1994). Essas trocas são geralmente reguladas pelas condições ambientais, as quais dependem do grau de insolação e do sistema de ventos, que por sua vez dependem da época do ano. Desse modo, as características da primeira camada, designada como zona de mistura, são fortemente influenciadas pelas forças externas (BRAINERD, 1995). Na área investigada, as condições ambientais durante as coletas foram diferentes nos dois períodos. Em 1998 (verão), houve grande variação da força do mar e da velocidade dos ventos, entretanto, estes fatores estiveram mais estáveis em 2000 (outono); a temperatura do ar foi também distinta, apresentando maior amplitude térmica no verão. Por conseguinte, as diferenças encontradas nas características da coluna d'água, sobretudo na zona eufótica, podem estar associadas às variações das condições ambientais na amostragem, as quais foram influenciadas pela sazonalidade.

As águas tropicais são marcadas por grandes variações da temperatura ao longo da coluna d'água, com os valores mais altos na camada superficial. Nestes ambientes, um acentuado gradiente entre a temperatura e a profundidade acontece na termoclina, que se encontra presente durante todo o ano, mantendo assim a estratificação das camadas. No entanto, em algumas regiões a camada termoclinal apresenta variações sazonais, sobretudo no verão, quando ocorre mais rasa (CHESTER, 1990). A termoclina funciona como uma barreira de mistura que impede as trocas de materiais entre as camadas, inclusive dos nutrientes, sendo esta uma das causas dos baixos níveis da biomassa nos ambientes estratificados (TRAVASSOS, 1999). No presente trabalho, as amplitudes para a temperatura, 16,99 a 27,05°C, no verão, e 17,71 a 27,59°C no outono (Tabela 3.2, p.85), apresentaram-se numa faixa típica encontrada em ambientes tropicais. Estudos no nordeste brasileiro, nas áreas do Rochedo de São Pedro e São Paulo, indicaram valores na camada superficial entre 27,12 e 28,26°C (SALES, 1998); temperaturas na faixa de 16,55 a 28,60°C foram reportados em área da CVT (AQUINO, 1999); outra pesquisa na região nordeste brasileira, indicou valores em

torno de 28°C na camada de mistura, com elevação deste parâmetro nas águas superficiais, no outono (BECKER, 2001). Portanto, os resultados encontrados para a variação da temperatura estão de acordo com aqueles reportados em áreas tropicais do Atlântico Sul. Na região investigada, a estratificação da coluna d'água ficou evidente nos perfis verticais da temperatura, cujos valores diminuíram com o aumento da profundidade. Além do mais, os resultados encontrados indicaram a influência da sazonalidade na termoclina, porque, em 1998 (verão) o topo (25°C) ocorreu até os primeiros 50 m e, em 2000 (outono), abaixo desta profundidade. Estudos anteriores na região nordeste brasileira reportaram também uma termoclina que se instalou até os 120m, com dependência sazonal em relação à profundidade (MEDEIROS, 1999).

Em áreas oceânicas, a salinidade muitas vezes depende da localização e da sazonalidade, porque estes fatores influenciam nas condições meteorológicas que regulam o ciclo hidrológico. Na superfície do mar, ela varia entre 33 e 37,5 USP, com os valores máximos aparecendo em zonas tropicais, onde as altas temperaturas e as velocidades dos ventos produzem evaporação e precipitação (MONTES, 2003). Neste estudo, as médias para a salinidade, 36,69 USP, no verão, e 37,01 USP no outono (Tabela 3.3, p.87), foram condizentes com os achados em outras pesquisas. Valores entre 35,63 a 37,18 USP foram encontrados na região central da ZEE (AQUINO, 1999); outro estudo, na região oceânica do nordeste brasileiro, registrou valores médios de 36,52 e 36,92 USP no verão e outono, respectivamente (BECKER, 2001). Desse modo, os resultados para a salinidade e suas variações na região investigada foram compatíveis com as características de regiões tropicais, conforme os valores citados anteriormente, além de outros (COSTA, 1991; TRAVASSOS, 1999). Os perfis verticais encontrados na área de estudo mostraram os teores da salinidade diminuindo com o aumento da profundidade, com um gradiente mais acentuado iniciando na base da zona eufótica. A influência sazonal foi observada pelas diferenças no início da haloclina, que se instalou, em 1998 (verão), depois dos 50m e só ocorreu a partir dos 70m em 2000 (outono). Em geral, os perfis verticais típicos para a salinidade apresentam os maiores valores na camada superficial dos oceanos com diminuição ao longo da coluna d'água (SARMIENTO, 2006), indicando a influência da temperatura na solubilidade dos sais dissolvidos.

Os diagramas (T-S) obtidos dos valores da temperatura (T) e salinidade (S), para a área estudada, mostraram picos de salinidade máxima que, em geral, coincidiram com o início da termoclina. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados em ambientes estratificados, onde águas de salinidade máxima ocorrem frequentemente na base da zona

eufótica (SCHOTT, 1998; STRAMMA, 1999; MÉMERY, 2000). Na maioria das estações investigadas, foram encontradas duas massas d'água, AT e ACAS¹⁸, sendo que ACAS ocupou os 200 m, em 1998 (verão), e AT predominou em 2000 (outono) mesmo aos 200 m. A estrutura termohalina do sudeste brasileiro tem sido bastante estudada, mostrando que, ao largo da costa, as águas sofrem influência da AT e da ACAS. A camada superficial da CB¹⁹ é ocupada pela AT, uma massa d'água quente e salina que circula nas proximidades da quebra da plataforma continental até os 200m, onde então ocorre a ACAS ($T \leq 18^{\circ}\text{C}$ e $S \leq 36$ USP) que é relativamente fria (MATSSURA, 1986; SIGNORINI, 1989). AT se caracteriza por sua condição oligotrófica e ACAS, ao contrário, como água rica em nutrientes. Desta forma, ACAS apresenta uma fertilidade potencial, aumentando a produtividade primária em ambientes que recebem iluminação suficiente para a produção da matéria orgânica, podendo ascender até as águas superficiais por meio de processos físicos, como ressurgências ou vórtices ciclônicos (VALENTIN, 1984; BRANDINI, 1990; MESQUITA, 1993; CAMPOS, 1996; KAMPEL 2003). Estudos indicam que, durante o verão, ACAS penetra em direção à costa, atingindo muitas vezes a parte mais interna da plataforma continental com águas frias e ricas em nutrientes. Alterando, nesse período, a estrutura termohalina da região sudeste brasileira (SIGNORINI, 1978; CASTRO, 1987). Portanto, a influência sazonal, encontrada nos resultados do presente trabalho, está de acordo com o sistema de circulação do Atlântico Sul, reportado pelos autores anteriormente citados, além de outros (COSTA, 1991; PETERSON, 1991; TRAVASSOS, 1999; MEDEIROS, 1999; MONTES, 2003).

Na superfície dos oceanos, o pH depende da temperatura, salinidade, pressão parcial do oxigênio dissolvido e CO_2 , oscilando entre 8,10 e 8,84 (SVERDRUP, 1942). No ambiente marinho, a faixa de 7,50 a 8,40, com um valor médio de 8,00, tem sido citada por outros autores (DAVIS, 1973; CHESTER, 1990; LIBES, 1992). Os valores de pH encontrados na região investigada, 8,064 a 8,625, no verão, e 8,104 a 8,510 no outono (tabela 3.4, p.89), estiveram sempre na faixa alcalina, como previsto para a água do mar. Estudos anteriores, em zonas tropicais, indicaram o pH em área da CVT variando entre 7,823 e 8,300 (AQUINO, 1999); outra pesquisa registrou uma faixa de pH entre 7,54 e 8,45 na ZEE do nordeste brasileiro (BECKER, 2001); uma variação de 8,22 a 8,95, no verão, foi citada também na região nordeste (MONTES, 2003). O pH é um parâmetro que indica, em especial, o equilíbrio entre os componentes do sistema carbonato na água do mar. Portanto, os aumentos na

¹⁸ Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul

¹⁹ Corrente do Brasil

concentração total de CO₂ com a profundidade são acompanhados pelo decréscimo do pH, causado pelo ácido formado na hidrólise do CO₂, o qual foi produzido na remineralização da matéria orgânica particulada (HARVEY, 1974). Em geral, nos oceanos, o pH apresenta valores mais elevados na zona superficial, com o aumento nessa camada regido, principalmente, pela ação biológica. Nas águas rasas, os organismos utilizam os íons carbonato para a formação de conchas, no entanto, abaixo da zona de mistura, o processo de remineralização das conchas pode provocar a redução do pH (RILEY, 1973). Isto acontece, porque o ácido gerado pela hidrólise do CO₂ provoca a dissolução do carbonato de cálcio, aumentando o teor de CO₂ e consequentemente reduzindo o pH. Desse modo, a variação do pH na água do mar é resultante, sobretudo, das reações que envolvem o carbono inorgânico nos oceanos (LIBES, 1992; SARMIENTO, 2006). Os processos biogeoquímicos também alteram o pH, com a fotossíntese e denitrificação promovendo o aumento, enquanto a respiração e a nitrificação diminuem seu valor (ZHANG, 2000). As variações do pH encontrados no presente estudo mostraram perfis verticais com uma redução discreta da superfície para o fundo, seguindo o modelo de distribuição nos oceanos, isto é, valores maiores na camada superficial.

Nos oceanos, a alcalinidade está principalmente relacionada aos processos de dissociação e precipitação do carbonato de cálcio, apresentando assim característica não conservativa (CHESTER, 1990; BATES, 1996). Os seus valores variam muito pouco e são controlados pelo balanço entre as cargas dos íons presentes na água do mar, especialmente, as espécies do sistema carbonato (HARVEY, 1974). Na coluna d'água investigada, a alcalinidade total apresentou valores médios de 2,170 meq.L⁻¹ e 2,524 meq.L⁻¹ no verão e outono, respectivamente (Tabela 3.5, p. 90). Em estudo anterior, na região central da ZEE brasileira, as variações na camada superficial estiveram entre 2,410 e 2,604 meq.L⁻¹ (AQUINO, 1999). Apesar da importância do estudo desse parâmetro, que informa sobre a dinâmica do ambiente com relação ao carbono inorgânico dissolvido e suas influências no meio, a alcalinidade tem sido pouco reportada na ZEE brasileira. Conforme os resultados encontrados nesse trabalho, alcalinidade total variou numa estreita faixa, apresentando valores condizentes com aqueles de áreas oceânicas (SARMIENTO, 2006).

De acordo com a literatura, as taxas de oxigênio dissolvido (OD) sofrem acentuadas variações de um lugar para outro, com os teores do gás dissolvido na coluna d'água sendo regulados tanto por processos físicos como bioquímicos (CHESTER, 1990; LIBES, 1992; KENISH, 1994). As variações nos teores de OD podem servir como indicador da atividade biológica do meio (WILLIAMS, 1981) e, ainda, descrever a presença do gás carbônico em

águas profundas (KEELING, 1992). Os perfis verticais do carbono orgânico dissolvido podem também ser acompanhados pelas concentrações de oxigênio encontradas no ambiente (OGURA 1970). Na área investigada, as taxas de saturação do oxigênio dissolvido variaram de 97,8 a 103 %, em 1998 (verão), e em 2000 (outono) entre 62,4 a 107 % (Tabela 3.6, p. 92), os resultados mostraram águas saturadas ou próximas à saturação, indicando influência dos processos físicos, com pequena demanda biológica. Pesquisa no nordeste brasileiro relatou uma faixa de 63,7 a 86,0 %, no outono (BECKER, 2001); em outro trabalho, também na ZEE do nordeste, os teores estiveram mais altos, entre 91,4 e 107,1%, no verão, e de 94,5 a 102,9%, no outono (MONTES, 2003). A distribuição vertical geralmente encontrada para o oxigênio dissolvido mostra uma camada superficial bem misturada, onde o gás está em equilíbrio com a atmosfera, seguida por uma zona que apresenta teores máximos, muitas vezes situados na base da camada eufótica, indicando alta produtividade, com aporte do gás gerado pela fotossíntese (RILEY, 1973). Abaixo desta, o teor de oxigênio decresce com o aumento da profundidade, evidenciando a oxidação da matéria orgânica e a ausência de produtores primários na zona disfótica. Na camada superficial, o comportamento de OD pode ser explicado pelos processos bioquímicos que aí ocorrem, onde uma grande quantidade de organismos, como fitoplâncton e bactérias, são responsáveis pela produção e consumo do oxigênio, respectivamente (CHESTER, 1990; LIBES, 1992). Ainda nesta camada, o transporte de oxigênio pode ser regulado pelos níveis de saturação e solubilidade do gás, pelas interações na interface ar/mar, sendo a entrada de bolhas de ar um fator muito importante para a sua distribuição na coluna d'água (BOYER, 1999). Abaixo da zona onde não ocorre mais a fotossíntese, normalmente, a concentração de OD é reduzida por causa do consumo promovido pela degradação da matéria orgânica, indicando a utilização biológica maior do que o aporte por processos físicos (LOUANCHI, 2001). Na área de estudo, foram observados perfis verticais de OD com aumento gradativo a partir dos 50 m, atingindo um máximo por volta dos 100 m; a partir daí o comportamento do oxigênio mostrou-se inverso nos dois períodos. Em 2000 (outono), os teores tendem a diminuir com o aumento da profundidade, porém, em 1998 (verão), os valores continuaram a aumentar ao longo da coluna d'água. Dessa forma, no outono, os perfis encontrados seguiram o padrão esperado, isto é, ocorreu a redução dos teores com o aumento da profundidade.

No pH encontrado na água do mar, o silício dissolvido está presente na forma de Si(OH)_4 , cuja concentração é relativamente baixa, com médias em torno de $1 \mu\text{mol Si.L}^{-1}$. Na camada superficial dos oceanos, a concentração do silicato normalmente é baixa, devido a sua maior utilização para compor a estrutura rígida dos organismos. O silício não participa da

produção da matéria orgânica, contudo, funciona como um elemento estrutural que constitui as carapaças e esqueletos de diatomáceas e outras espécies, tanto que a distribuição deste constituinte é muito variável, dependendo inclusive do tipo de organismos presentes e da geomorfologia da região (LIBES, 1992). Com a dissolução das partes duras, o nutriente retorna ao meio aquático, no entanto, a remineralização do silicato ocorre por processo de dissolução física, mais lenta, quando comparada com a recuperação bioquímica dos outros nutrientes. Além do mais, a solubilização das carapaças acontece em camadas mais profundas, por isso, o aumento da concentração do silicato ocorre, em geral, abaixo da nitraclina. Na área investigada, os resultados para o silicato, 0,211 a 2,07 $\mu\text{mol Si.L}^{-1}$ no verão, e 0,432 a 3,19 $\mu\text{mol Si.L}^{-1}$, no outono (Tabela 3.8, p. 94), apesar da grande amplitude, não ocorrem acentuadas mudanças nos teores das zonas eufótica e disfótica. As maiores concentrações foram encontradas na região de Colúmbia, que mostrou características diferenciadas em relação a este nutriente. Estudo anterior, no nordeste brasileiro, reportou um valor médio de 3,0 $\mu\text{mol Si.L}^{-1}$ (COSTA, 1991); em outro, as médias foram de 3,60 e 3,69 $\mu\text{mol Si.L}^{-1}$, no verão e outono, respectivamente (BECKER, 2001). Investigação em área da CVT, mostrou uma faixa de 0,695 a 2,43 $\mu\text{mol Si.L}^{-1}$ (AQUINO, 1999). Os resultados encontrados para este nutriente estão de acordo com os perfis descritos na literatura, porque as variações mais acentuadas na sua distribuição só ocorreram abaixo da profundidade investigada, ou seja, depois dos 200 m, justificando a relativa constância nos teores do nutriente. As diferenças observadas em Colúmbia podem estar associadas aos organismos presentes no meio ou, ainda, à formação geomorfológica desta área. Em geral, o silicato não funciona como elemento biolimitante no ambiente marinho, a não ser quando a relação silicato:nitrogênio ≤ 1 ocorre no meio (CONLEY, 1992). Com base na proporção entre estes dois nutrientes, os resultados mostraram valores ≥ 1 , indicando a biodisponibilidade do silicato na região investigada.

Na água do mar, o fósforo inorgânico dissolvido apresenta-se, principalmente, como íon ortofosfato (HPO_4^{2-}), que possibilita a assimilação pelo fitoplâncton, participando assim da cadeia trófica. Em geral, as concentrações de fosfato são muito baixas na camada de mistura, entretanto, com a morte e degradação dos organismos, o nutriente é liberado e retorna à coluna d'água, sendo acumulado nas camadas mais profundas (CHESTER, 1990). Na área de estudo, os valores de fosfato-P foram muito baixos na zona eufótica quando comparados com aqueles da zona disfótica, por isso, os perfis verticais indicaram a tendência de aumentar com a profundidade, com a fosfaclina se instalando em torno dos 70m. Os resultados das médias foram de 0,172 e 0,389 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, no verão e outono, respectivamente (Tabela 3.9, p.95). Pesquisa realizada na costa dos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco,

reportou valores para o fosfato-P entre 0,01 e 1,81 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, considerados mais elevados do que aqueles encontrados normalmente (MARINHO, 1998). Outra pesquisa na camada superficial da CVT, mostrou o fosfato-P entre 0,091 a 0,228 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (AQUINO, 1999). Para a ZEE nordestina, no verão, as médias de fosfato-P estiveram em torno de 0,12 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ (MEDEIROS, 1999). Ainda na costa do nordeste, foram reportadas concentrações de 0,11 e 0,20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, no verão e outono (BECKER, 2001). Estudos do ciclo sazonal do fosfato em oceano aberto relatou teores médios de 0,16 e 0,24 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, no verão e outono, respectivamente, com valores mais altos nas camadas mais profundas (CONKRIGHT, 2000). As variações do fosfato-P, encontradas no presente estudo, estão de acordo com aquelas reportadas em ambientes tropicais, onde o perfil vertical típico apresenta aumento da concentração com a profundidade.

O nitrito possui baixa estabilidade, por ser um composto intermediário nas transformações do nitrogênio, sendo praticamente quase indetectável em águas com intensa atividade biológica, onde as reações de oxidação até a forma mais estável, nitrato, são muito favorecidas (GRASSHOFF, 1983). Em ambientes oligotróficos, como nos oceanos tropicais, a concentração de nitrito-N apresenta-se muito baixa, em torno de 0,01 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, atingindo valores um pouco mais altos na base da camada eufótica, conhecida como zona de nitrito primário máximo; em águas mais profundas, ocorre um outro máximo secundário que está associado aos baixos teores de oxigênio, que promovem a redução do nitrato ao nitrito (KIEFER, 1981; ZAFIRIOU, 1992). Estudos do comportamento deste nutriente, durante quatro anos, mostraram de que esses dois picos são consistentes com a separação vertical dos processos biológicos, oxidativos e redutivos, responsáveis pela produção do nitrito (DORE, 1996b). Os processos de produção de nitrito, mediados biologicamente, são a oxidação da amônia por bactérias nitrificantes e redução do nitrato por organismos denitrificantes. A rota preferencial para produção do nitrito depende principalmente dos teores de oxigênio, em águas ricas em OD a oxidação da amônia é favorecida; no entanto, nas regiões anaeróbicas, a redução do nitrato ao nitrito torna-se significativa (SARMIENTO, 2006). Nos dois períodos aqui estudados, 1998 (verão) e 2000 (outono), os valores encontrados para o nitrito-N, geralmente, estiveram próximos ao limite de detecção do método, $\leq 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 3.10, p.97). Em pesquisas no nordeste brasileiro, os valores de nitrito-N no verão foram mais baixos que no outono, com um pico de concentração em 0,5 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, associado com a nitraclina (MONTES, 2003); no entanto, outro estudo nessa região, apresentou concentrações bem menores que estas e um duplo pico no outono (BECKER, 2001). Portanto, os resultados

encontrados estão condizentes com aqueles esperados em ambientes aeróbicos, onde o nitrito sofre oxidação muito rápida, justificando os baixos teores deste nutriente na área estudada.

O nitrogênio participa da composição estrutural dos organismos vivos e tem sido considerado biolimitante, uma vez que é rapidamente esgotado na superfície das águas marinhas (DUGDALE, 1967). A distribuição do nitrato na coluna d'água pode ser explicada pelos comportamentos dos compostos inorgânicos do nitrogênio (amônia, nitrito e nitrato), que são regulados pelos processos de nitrificação e desnitrificação. Na oxidação do nitrogênio, nitrificação, as espécies intermediárias, amônia e nitrito, possuem baixa estabilidade, sobretudo na zona eufótica onde os organismos produtores estão presentes. Normalmente, nesta zona, amônia e nitrito são encontrados em concentrações muito baixas, porque as reações de oxidação até a forma mais estável, nitrato, são bastante favorecidas (GRASSHOFF, 1983). No entanto, em áreas com iluminação suficiente, por causa da fotossíntese, o nitrato é também rapidamente esgotado na superfície dos oceanos, indicando que a taxa de absorção vem a ser maior do que a taxa de reposição. Em ambientes aeróbicos, a produção do nitrato pelo processo oxidativo, mediado biologicamente, aumenta a sua concentração na coluna d'água, o qual imerge e se acumula nas camadas mais profundas, fazendo da base da zona eufótica um local onde ocorrem altas taxas de assimilação e regeneração (WARD, 1989). Os teores de nitrato-N encontrados na área investigada, $\leq 0,01$ a $4,65 \mu\text{mol.L}^{-1}$, no verão, e $0,158$ a $4,52 \mu\text{mol.L}^{-1}$ no outono (Tabela 3.10, p.97), de um modo geral, foram muito baixos na zona eufótica quando comparados com aqueles da zona disfótica. Em estudo anterior, concentrações na faixa de $0,07$ a $2,77 \mu\text{mol.L}^{-1}$ foram reportados na ZEE central (AQUINO, 1999). No nordeste brasileiro, no inverno de 1986, foi registrada concentração mínima de $1,22 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na zona eufótica (COSTA, 1991). No entanto, outros estudos em comissões no nordeste apresentaram valores bem menores que este de 1886, com média de $0,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nos primeiros 50 metros, aumentando ao longo da coluna d'água (MONTES, 2003). Os resultados obtidos neste trabalho, na maioria das vezes, mostraram teores de nitrato muito baixos na superfície com aumento em profundidades maiores, estando condizente com perfis verticais encontrados em ambientes estratificados. No entanto, na região investigada, alguns locais apresentaram teores aumentados mesmo na superfície, com destaque para Jaseur, sugerindo processos físicos de reposição do nutriente nesta camada. Locais onde são observados perfis com concentrações de nitrato relativamente altas nas águas superficiais, indicam a ocorrência do transporte de nitrato para a zona eufótica, representando uma importante fonte de nitrogênio disponível para a produção orgânica. A ressurgência, em especial, promove uma taxa de reposição mais alta que a de consumo,

mantendo altos níveis do nutriente na zona eufótica, conseqüentemente, favorecendo a produtividade nos locais onde este fenômeno acontece (SARMIENTO, 2006).

Nos oceanos, dentre os elementos biolimitantes, nitrogênio e fósforo, o controle da produção primária tem sido atribuído especialmente ao nitrato (RILEY, 1973; HARVEY 1974). Isto acontece por causa da maior biodisponibilidade do fosfato, que se recicla rapidamente dentro do sistema marinho (AIDAR, 1993; KELLER 1989; CONKRIGHT, 2000). Diversos pesquisadores consideram também o nitrogênio como fator biolimitante nas águas costeiras e oceânicas do Brasil (TEIXEIRA, 1973; TEIXEIRA, 1981; TEIXEIRA, 1991; BRANDINI, 1990; METZLER, 1996). No ambiente investigado, com base nas concentrações de nitrato e fosfato, as estimativas das relações entre nitrogênio e fósforo foram sempre menores que aquelas previstas na Razão de Redfield (REDFIELD, 1958; KLAUSMEIER, 2004). Estes resultados indicaram maior disponibilidade do fósforo que do nitrogênio, portanto, as condições oligotróficas do meio estão, sobretudo, associadas às baixas concentrações do nitrogênio na zona eufótica.

Os resultados obtidos nas análises estatísticas dos dados evidenciaram as principais influências na distribuição espacial e temporal dos PFQ²⁰ estudados. Os valores para os parâmetros, em geral, foram menores em 1998 (verão) que em 2000 (outono), mostrando os efeitos da sazonalidade nas características da coluna d'água da região investigada. Em relação à distribuição vertical dos PFQ, houve pouca dispersão nas estações rasas, ou seja, naquelas localizadas no topo dos bancos submarinos, C-88; C-91; C-97; C-103 e C-109 na Ilha de Trindade. Nestes locais, a maioria dos parâmetros apresentou comportamento praticamente constante em relação à profundidade, nos dois períodos estudados, indicando que não houve a estratificação das águas, por causa da ausência da termoclina.

Nas estações mais profundas, entretanto, os perfis verticais dos PFQ apresentaram comportamentos distintos. Nos dois períodos, de um modo geral, a temperatura, a salinidade e o pH relacionaram-se inversamente com a profundidade, isto é, eles diminuíram ao longo da coluna d'água, apresentando comportamentos típicos de ambientes tropicais, marcados pela termoclina. Além do mais, na maioria das vezes, as relações entre esses parâmetros e os nutrientes (nitrato e fosfato) foram inversas e significativas, indicando a dependência entre eles no ambiente marinho. Os teores do nitrato e do fosfato mostraram a tendência de aumentar com a profundidade, com a nutriclina iniciando geralmente na base da zona eufótica. Para estes nutrientes, as relações encontradas nas análises estatísticas, apontaram

²⁰ Parâmetros físico-químicos - PFQ

tanto a similaridade no comportamento como a estreita dependência entre eles. As concentrações e comportamentos destes nutrientes, nitrato e fosfato, foram próprios de áreas oligotróficas que ocorrem nos ambientes tropicais. As concentrações muito baixas na superfície contrastando com maiores teores abaixo da zona eufótica, indicam o efeito da barreira ecológica promovida pela termoclina, que influencia no fluxo de material entre as camadas (MONTES, 2003; SARMIENTO, 2006).

A concentração do nitrito esteve sempre muito baixa quando comparada com aquela do nitrato, sugerindo a sua posição intermediária no processo de regeneração do nitrato em águas aeróbicas. Porém, não foi possível inferir sobre o padrão de distribuição do nitrito na coluna d'água, porque os seus resultados estiveram muito próximos do limite de detecção do método, impossibilitando a sua inclusão nas análises estatísticas. O silicato mostrou certa constância com a profundidade, exceto em Colúmbia, que apresentou teores aumentados na camada disfótica em relação aos outros perfis, possivelmente, por causa do tipo de organismos presentes ou da geomorfologia deste local.

Em 1998 (verão), as taxas do oxigênio dissolvido variaram em torno da saturação e aumentaram com a profundidade, principalmente, nas estações dos perfis de Trindade e Martin Vaz que sofreram os efeitos deste comportamento anômalo. Em 2000 (outono), os teores diminuíram com a profundidade, indicam a remineralização da matéria orgânica mediada por processos bioquímicos, portanto, foram condizentes com o perfil esperado. As menores taxas de oxigênio dissolvido em camadas mais profundas são causadas pelo consumo do gás, com conseqüente liberação do nitrato e fosfato, promovendo o acúmulo destes nutrientes ao longo da coluna d'água, para serem redistribuídos, via circulação, tanto horizontal como verticalmente. Todavia, os resultados anômalos em Trindade e Martin Vaz, dois perfis adjacentes, carecem de investigações para esclarecer as causas responsáveis por esses achados, que podem ter sido um evento ambiental isolado, ou um ciclo sazonal próprio da região, dentre outros.

As análises estatísticas em relação às estações, com base nos dendrogramas obtidos, considerando as propriedades termohalinas e os teores de fosfato, nitrato e oxigênio dissolvido, indicaram padrões diferentes quanto à profundidade. Na superfície (1 m), as estações agruparam-se em função da longitude e, possivelmente, por causa das diferenças topográficas; isto é, as estações de Jaseur até Colúmbia, que correspondem também aos bancos submarinos, mostraram propriedades semelhantes; entretanto, as estações referentes às ilhas, Trindade e Martin Vaz, apresentaram características inversas àquelas do grupo com longitude mais alta. O padrão encontrado pode estar associado aos valores mais baixos da

salinidade e temperatura, quando comparadas às outras estações mais próximas da costa. Aos 50 m, as características da coluna d'água parecem não apresentar grande influência nem da topografia nem da localização, porque as estações de Jaseur e Martin Vaz apresentaram propriedades semelhantes, porém inversas às das outras estações. Este agrupamento pode ter acontecido, porque, o oxigênio dissolvido apresentou taxas mais baixas nessas áreas, indicando processos de oxidação da matéria orgânica com conseqüente taxa de consumo maior que a taxa de produção pela fotossíntese. Na profundidade dos 200 m, a maioria das estações formou um grupo, exceto algumas estações do perfil Davis e Dogaressa, localizadas em áreas muito próximas, indicando que na camada mais profunda as características dessas estações são muito semelhantes, tanto em relação à estrutura termohalina quanto aos teores de nitrato e fosfato. Além disso, nas profundidades investigadas, a estação C-89, em Jaseur, destacou-se de todas as outras, evidenciando características próprias.

As análises efetuadas pelos procedimentos quimiométricos, em especial, os dendrogramas para as estações em 2000 (outono) e os gráficos dos escores das estações nos planos das componentes principais (PC1 e PC2), indicaram evidências de ressurgência nas proximidades de Jaseur (estação C-89), banco mais próximo da costa, onde ocorreram águas frias, pobres em OD e ricas em nutrientes, mesmo na camada superficial, permitindo inferir que nas suas imediações a produtividade primária deve ser alta, como é próprio de regiões em que a ressurgência acontece. As distribuições, horizontal e vertical, dos compostos inorgânicos do fósforo e nitrogênio são controladas por diversos processos como: circulação oceânica, com destaque para a ressurgência; mediação bioquímica, com produção e remineralização da matéria orgânica; afundamento de material particulado ao longo da coluna d'água e movimentação migratória dos organismos, dentre outros (PELEGRINI, 1991; CHESTER, 1993; SARMIENTO, 2006). As suas distribuições têm sido consideradas fundamentais para investigar os processos biogeoquímicos que regulam o meio, porque, a produção da biomassa nos oceanos sofre influência da biodisponibilidade desses constituintes (RESSUREIÇÃO, 1990; TYRRELL, 1999). Nos oceanos tropicais, normalmente, esses nutrientes ocorrem em concentrações baixas e se distribuem ao longo da coluna d'água segundo um comportamento padrão. Os teores são muito baixos na superfície e, a partir da base da camada eufótica, aumentam com a profundidade, com a nutriclina apresentando um comportamento inverso ao da termoclina (MONTES, 2003). No entanto, em áreas de ressurgência, o transporte de nutrientes de camadas mais profundas até a camada superficial favorece uma rápida reciclagem da matéria orgânica. Como resultado, ocorre acumulação dos organismos ao longo da coluna d'água, com conseqüente diminuição da sedimentação do

fitoplâncton, possibilitando uma remineralização na própria área de produção. Por isso, a presença dos nutrientes em águas superficiais frias e com baixo teor de OD são indicativos de processos de ressurgência (BECKER, 2001). Além do mais, estudos confirmam que nas imediações da latitude de 20°S a Corrente do Brasil permanece com fluxo estreito e raso até a latitude de 20.5° S, onde a Cadeia Vitória-Trindade forma uma barreira. Este obstáculo é contornado pela CB, preferencialmente, pela passagem mais próxima da costa, sendo o fenômeno conhecido como giro de Vitória (CAMPOS, 2006). Pesquisa da variabilidade sazonal, entre 19,5° a 22°S, mostrou que o desvio da CB devido à Cadeia Vitória-Trindade acontece em todas as estações do ano (NEVES, 2007). A subida da CB até a plataforma continental tem sido também observada por meandros e vórtices ciclônicos, que influenciam nas características do meio em que ocorrem (EVANS, 1985; GAETA, 1999; MADUREIRA, 2004).

Nos dois períodos estudados, 1998 (verão) e 2000 (outono), as análises estatísticas (HCA E PCA)²¹ com os dados da zona eufótica mostraram poucas relações significativas entre os parâmetros, indicando o caráter transiente das interações, devido a complexidade do sistema, impedindo a manutenção das condições de equilíbrio. Os processos que sucedem nesta zona, são controlados pelas trocas de massa e energia entre duas interfaces bem distintas, que delimitam as águas nessa camada. Uma superior, ar/água, apresentando grandes variações espaciais e temporais em relação à transferência de energia, como o grau de insolação e o sistema de ventos; além das permanentes trocas de massa, em particular, das trocas gasosas. No limite inferior da zona eufótica, em geral, inicia a termoclina que funciona como uma barreira de mistura dificultando o fluxo de materiais, que também está sujeita às variações espaciais e temporais associadas com a sazonalidade. Na área investigada, em 1998 (verão), ocorreu uma termoclina mais rasa que em 2000 (outono), promovendo a estratificação das lâminas d'água em profundidades distintas nos dois períodos. O afundamento da camada de mistura, no outono, foi considerado o efeito responsável por alterações na estrutura termohalina, causando por sua vez diferenças nos comportamentos de outros parâmetros físico-químicos. Além disso, a dinâmica na zona eufótica é regida por fenômenos bioquímicos, com o consumo dos nutrientes pelo processo da fotossíntese e a produção destes pela oxidação da matéria orgânica. Portanto, as trocas permanentes de massa e energia, entre as interfaces da camada eufótica e dentro da própria zona, impedem a estabilização do meio. Em ambientes oceânicos onde a termoclina está sempre presente,

²¹ Análise por agrupamento hierárquico – HCA; Análise de componentes principais – PCA.

admiti-se que as propriedades termohalinas da camada de mistura são influenciadas pela sazonalidade, como também pelos processos biológicos que regulam a biodisponibilidade no meio (SARMIENTO, 2006). Desse modo, os resultados encontrados nesse estudo, onde os parâmetros geralmente apresentam poucas relações de dependência, confirmaram a instabilidade própria da camada de mistura.

As características da zona eufótica indicaram ainda a presença da Água Tropical, evidenciada por temperatura e salinidade mais altas e pela depleção dos nutrientes, especialmente o nitrato e o fosfato, tanto no verão como no outono. As águas brasileiras, normalmente apresentam baixa produtividade, como consequência das águas superficiais quentes e salinas associadas aos baixos teores dos nutrientes (SIGNORINI, 1978). Portanto, a ocorrência de águas quentes, salinas e oligotróficas, encontradas na camada superficial da região estudada, são condizentes com as características de áreas tropicais marcadas pela presença da termoclina.

Na zona disfótica, as análises estatísticas mostraram relações significativas entre importantes parâmetros, evidenciando uma estrutura termohalina mais estabilizada que aquela da zona eufótica, sendo regida principalmente por processos físicos. Além disso, as diferenças encontradas para o comportamento dos nutrientes podem estar associadas com a profundidade da termoclina, que foi diferente nos dois períodos, influenciando na distribuição desses constituintes ao longo da coluna d'água. Em 1998 (verão), as correlações se apresentaram baixas, no entanto, foram significativas, indicando que o meio esteve mais complexo nesse período. Em 2000 (outono), de um modo geral, ocorreram relações altamente significativas entre a salinidade e a temperatura e entre o fosfato e nitrato, confirmando a ausência de processos de mistura. No verão, as análises indicaram a intrusão da ACAS aos 200 m, onde ocorreram águas frias e ricas em nutrientes, em especial o nitrato e o fosfato, na maioria das estações. No outono, as águas da zona disfótica não apresentaram acentuadas diferenças em relação aos nutrientes, apontando a presença da Água Tropical, a qual dominou da superfície até os 200 m. A influência da sazonalidade nessa zona foi verificada, por causa da diferença entre as características apresentadas nos dois períodos estudados.

5 CONCLUSÕES

1. Os resultados mostraram uma termoclina com influência sazonal, mais rasa no verão que no outono, responsável pela estratificação da coluna d'água. A sua presença influenciou as distribuições, temporal e espacial, da maioria dos parâmetros.
2. Os maiores valores para os parâmetros ocorreram no outono, quando comparados com aqueles encontrados no verão. Esta variação temporal esteve associada ao afundamento da camada de mistura que ocorreu neste período, promovendo a redistribuição dos constituintes ao longo da coluna d'água.
3. Nas estações rasas, localizadas no topo dos bancos submarinos e na C-109 da ilha de Trindade, os parâmetros físico-químicos apresentaram pouca variação. A maioria deles mostrou comportamento praticamente constante em relação à profundidade, indicando os efeitos da ausência da termoclina. Nas outras estações, onde a termoclina esteve presente, as distribuições ao longo da coluna d'água, em geral, apresentaram perfis característicos para cada variável estudada.
4. Em 1998 (verão) e 2000 (outono), a temperatura e a salinidade apresentaram relações inversas com a profundidade, isto é, diminuíram ao longo da coluna d'água, mostrando comportamentos típicos de ambientes tropicais, estratificados pela termoclina.
5. Os valores de pH variaram num intervalo muito estreito, sempre na faixa alcalina, com uma discreta tendência a diminuir ao longo da coluna d'água. O padrão encontrado, tanto no verão como no outono, indicou que os equilíbrios do sistema carbonato são os principais responsáveis pelo controle deste parâmetro.
6. O comportamento do oxigênio dissolvido foi diferente nos dois períodos investigados. No outono, a amplitude dos valores foi maior, com tendência a diminuir com a profundidade,

estando de acordo com o perfil esperado em ambientes estratificados, onde a taxa de consumo devido à remineralização da matéria orgânica, normalmente, é maior que a taxa de reposição do gás nas camadas mais profundas. No verão, os teores variaram em torno da saturação, com comportamento inverso àquele encontrado no outono, ou seja, os valores aumentaram com a profundidade, apresentando um perfil anômalo, sobretudo nas ilhas de Trindade e Martin Vaz.

7. Nos dois períodos estudados, verão e outono, ocorreram quantidades muito baixas do nitrato e do fosfato na superfície, com os valores aumentando abaixo da zona eufótica. Estes perfis foram condizentes com aqueles encontrados em ambientes tropicais, indicando o efeito da barreira ecológica formada pela termoclina.
8. Os teores do nitrito foram muito baixos, na maioria das vezes próximos ao limite de detecção do método analítico. Os resultados evidenciaram a sua posição intermediária no processo oxidativo da produção do nitrato em ambientes aeróbicos.
9. O silicato apresentou pouca variação com a profundidade. Entretanto no perfil Colúmbia, quando comparada com os outros locais investigados, os maiores teores foram encontrados, principalmente na camada disfótica, indicando influências das populações presentes ou da geomorfologia deste perfil.
10. Os compostos de nitrogênio foram considerados biolimitantes para a produção primária na área investigada. As relações entre nitrogênio e fósforo, estimadas dos teores de nitrato e fosfato, foram menores que aquelas previstas pelas proporções naturais, indicando uma carência de nitrogênio. A produtividade biológica na Cadeia Vitória-Trindade esteve dependente das taxas de regeneração dos compostos de nitrogênio, porque o fósforo esteve mais disponível, devida a sua rápida reciclagem no meio.
11. Os diagramas T-S mostraram picos de salinidade máxima que, em geral, coincidiram com o início da termoclina. No verão, ocorreram duas massas d'água, AT e ACAS, com a última ocupando os 200m. No outono, AT predominou em toda a coluna d'água, mesmo na profundidade dos 200m, com a ACAS presente apenas nas estações C-110 e C-89. A intrusão da ACAS, no verão, ocorrendo aos 200 m, evidenciou a dependência da estrutura termohalina com a sazonalidade.

12. No perfil Jaseur, a estação C-89 apresentou águas superficiais frias, com baixo teor de OD e ricas em nutrientes, especialmente nitrato e fosfato. As características desta estação indicaram ressurgência neste local, permitindo inferir que nas suas imediações a produtividade primária deve ser alta, como é próprio de regiões em que este fenômeno acontece. Os resultados encontrados em Jaseur, perfil mais próximo da costa, mostraram a influência do desvio da Corrente do Brasil ao encontrar a Cadeia Vitória-Trindade, fenômeno conhecido como o Giro de Vitória.

13. Na região estudada, a zona eufótica apresentou águas quentes, salinas e oligotróficas, indicando a presença da AT, tanto no verão como no outono. As características desta camada estão de acordo com aquelas de ambientes tropicais estratificados pela termoclina.

14. A zona disfótica mostrou estrutura termohalina estabilizada, com as águas apresentando teores mais altos dos nutrientes, especialmente nitrato e fosfato, confirmando o efeito da barreira ecológica da termoclina. Os padrões distintos encontrados para a distribuição dos parâmetros, no verão e outono, indicaram que a dinâmica do ambiente, mesmo em camadas mais profundas, ainda depende da sazonalidade.

RECOMENDAÇÕES DE NOVAS PESQUISAS

Estudos sobre a dinâmica do ambiente na Cadeia Vitória-Trindade, com base em planejamentos experimentais que levem em conta as influências espaço-temporal nas variáveis do meio, podem contemplar investigações sobre:

- as alterações em torno dos bancos oceânicos, como a presença de ressurgências, para esclarecer os efeitos da sazonalidade e da topografia da região em outras estações do ano;
- o comportamento anômalo do oxigênio dissolvido, que afetou Trindade e Martin Vaz em 1998 (verão), para esclarecer sobre a ocorrência de evento ambiental isolado ou ao ciclo sazonal próprio da região, dentre outros.
- as relações entre matéria orgânica, clorofila e nutrientes inorgânicos, para avaliar as condições bióticas do meio;
- os sítios ecológicos de comprovado interesse sócio-econômico, para promover a exploração sustentável dos recursos disponíveis na área.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, E.; GAETA, S. A.; GIANESELLA, S. M. F.; KUTNER, M. B. B.; TEIXEIRA, C. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila *a* e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba-SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico -IOUSP**, v.10, p. 9-13, 1993. Publicação especial.
- ADVINCULA, R. **Micronutrientes na camada eufótica da Região oceânica entre Recife e Salvador**. 2000. 117 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia da UFPE, Recife.
- ALBUQUERQUE, F. M. **Caracterização hidrogeoquímica do fósforo na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do nordeste brasileiro entre as Latitudes de 37°20'00" a 31°30'00"W**. 1997. 83 f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Departamento de Oceanografia e Liminologia da UFRN, Natal.
- ALMEIDA, E. **Uma análise das características da atmosfera sobre o oceano Atlântico tropical sul durante a segunda expedição do programa REVIZEE**. 1999. 150f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Programa de Pós-Graduação da UFPB, Campina Grande.
- ALMEIDA, F. M. **Geologia e petrologia da ilha de Trindade**. 1961. 181p. Monografia. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- ALVES, E.C. **Zonas de Fratura Oceânicas e suas Relações com a Compartimentação Tectônica do Sudeste do Brasil**. 2002. 247 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Departamento de Geologia da UFRJ, Rio de Janeiro.
- ALVES, E. C.; MAIA, M.; SICHEL, S. E.; CAMPOS, C. M. Zona de fratura de Vitória-Trindade no Oceano Atlântico sudeste e suas implicações tectônicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, p. 1-13, 2006.
- ANDERSON L A.; SARMIENTO, J. L. Redfield ratios of remineralization determined by nutrient data-analysis. **Global Biogeochemical Cycles**, v.8, p.65-80, 1994.
- ANTONOV, J. I.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; MISHONOV, A. V.; GARCIA, H. E. **World Ocean Atlas 2005, Volume 2: Salinity**. Washington, D.C.: S. Levitus Ed. NOAA Atlas NESDIS 62, U.S. Government Printing Office, 2006. 182p. Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>>. Acesso em: Dezembro 2007.
- AQUINO, R. F. **O estudo geoquímico da coluna d'água da região oceânica brasileira, cadeia Vitória-Trindade**. 1999. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências da UFBA, Salvador.

ARRIGO, K. R. Marine microorganisms and global nutrient cycles. **Nature**, v. 437, p. 349-355, 2005.

BAPTISTA, J. M.; BAUMGARTEN, M. G; NIENCHESKI, L. F. **Caderno de análises em oceanografia química**. Rio Grande: FURG, 1987. 22p.

BATES, N.R.; MICHAELS, F.A.; KNAP, A.H. Alkalinity changes in the Sargasso Sea: geochemical evidence f calcification? **Marine Chemistry**, v 51, p. 347-358. 1996.

BATURIN, G. N. Phosphorus cycle in the ocean. **Lithology and mineral resources**, v. 38, p. 101-110, 2003.

BECKER, H. **Caracterização física e química dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro: uma contribuição ao programa REVIZEE**. 2001. 180 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UFSC, São Carlos.

BOYER, T.; CONKRIGHT, M. E. S. Seasonal variability of dissolved oxygen, percent oxygen saturation, and apparent oxygen utilization in the Atlantic and Pacific Oceans. **Deep-Sea Research I**, v. 46, p 1593-1613, 1999.

BRAINERD K. E.; GREGG, M. C. Surface mixed and mixing layer depths. **Deep-Sea Research. I**, v. 42, p. 1521-1543, 1995.

BRANDINI, F.P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters of southeastern Brazil during winter (july/august 1982) and summer (February/march 1984). **Hydrobiologia**, v. 196, p.111-148, 1990.

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução nº 899, 29 de maio de 2003. **Guia para Validação de Métodos Analíticos e Bioanalíticos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/899_03re.htm>. Acesso em: novembro/2007.

BRASIL. Ministério da Marinha - Departamento de Geofísica da Diretoria de Hidrografia e Navegação, **Resumo Histórico e Origem da Ilha da Trindade**. Rio de Janeiro: DHN, 1968, 86 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE**”. Brasília: DIRPED, 1994.

BROECKER, W. S. **Chemical oceanography**. Orlando: Harcourt Brace Jovanovich Publishers. 1974. 214 p.

BROECKER, W.S.; PENG, W. **Tracers in the sea**. NY: Eldigio Press Lamont Doherty Geological Observatory, 1982. 690 p.

BRUNS, R. E.; Faigle, J. G. **Quimiometria**. Química Nova, v. 8, p. 84 -99, 1985.

CALDER, D.R. Assemblages of hydroids (Cnidária) from tree seamounts near Bermuda in the western North Atlantic. **Deep-Sea Research I**, v. 47, p.1125-1139, 2000.

CAMPOS, E. J. D. Equatorward translation of the Vitoria Eddy in a numerical simulation. **Geophysical Research Letters**, 33, p. 226- 307, 2006.

CAMPOS, E. J. D.; LORENZZETTI, J.A.; STEVENSON, M.R.; STECH, J.L.; SOUZA, R.B. Penetration Of Waters From The Brazil-Malvinas Confluence Region Along The South America Continental Shelf Up To 23°S. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n.1, p. 49-58, 1996.

CAPPELLEN, P.; DIXIT, S.; VAN BEUSEKOM, J. Biogenic silica dissolution in the oceans: reconciling experimental and field-based dissolution rates. **Global biogeochemical cycles**, v. 16 (4), p.1075 - 1084, 2002.

CARDOSO, I. A. **Análise cladística de oplophoridae (crustácea, decapoda, caridea) etaxonomia das espécies do talude do Brasil**. 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Departamento de Zoologia da UFRJ, Rio de Janeiro.

CARIA, A. P. **Estudo geoquímico da coluna d'água da região oceânica da Bahia: trecho Iléus a Salvador**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente), Instituto de Geociências da UFBA, Salvador.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L.B.; MIYAO, S.Y. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Boletim do Instituto Oceanográfico - IOUSP**, v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.

CAVALCANTI, E.H., **Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil com ênfase em copepoda**. 2002. 154 f. Dissertação (Mestrado em biologia) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFPE, Recife.

CHAVES, H.A.F. (ed). **Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**. Série Projeto REMAC (Reconhecimento da Margem Continental Brasileira). Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES, 1979. 177p. (Relatório Final).

CHEN, F.S. **Diagnóstico das condições oceanográficas na Bacia de Santos com base nos resultados da comissão Oceano Sudeste-I do Noc. Antares**. 2002. 167 f. Dissertação (Mestrado em oceanografia) - Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo.

CHESTER, R. **Marine geochemistry**. London: Chapman & Hall, 1990. 698 p.

CHRISTIAN, J. R. Biogeochemical cycling in the oligotrophic ocean: Redfield and non-Redfield models. **Limnology and oceanography**, v.50, p. 646-665, 2005.

CONKRIGHT, M. E.; GREGG, W. W.; LEVITUS, S. Seasonal cycle of phosphate in the open ocean. **Deep Sea Research I**, v. 47, p. 159-175; 2000.

CONLEY, D. J.; MALONE, T.C. Annual cycle of dissolved silicate in Chasapeake Bay: implications for the production and fate of phytoplankton biomass. **Marine Ecology**, v. 81, p. 121-128, 1992.

CORNELL, A.; RANDELL, C.; JICKELLS, T. Atmospheric inputs of dissolved organic nitrogen to the oceans. **Nature**, v. 376, p. 243-246, 2002.

COSTA, K. M. P. **Hidrologia e biomassa primária da região nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00'' e 2°44'30'' S e as longitudes de 35°56'30'' e 31°48'00'' W.** 1991. 217 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Departamento de Oceanografia da UFPE, Recife.

DALY, K.L.; BYRNE, R.H.; DICKSON, A. G. Chemical and biological sensors for time-series research: Current status and new directions. **Marine technology society journal**, 38 (2), p. 121-143, 2004.

DAVIS JR., R. A. **Principles of oceanography.** USA: Addison-Wesley Publishing, 1973, 434 p.

DEUTSCH, C.; SARMIENTO, J. L. Spatial coupling of nitrogen inputs and losses in the ocean. **Nature**, 445 (7124), p. 163-167, 2007.

DICKSON, A. G. An exact definition of total alkalinity and a procedure for the estimation of alkalinity and total inorganic carbon from titration data. **Deep Sea Research**, v. 28A, p. 609-623, 1981.

DORE, J. E.; HOULIHAN, T.; HEBEL, D.; TIEN, G.; TUPAS, L.; KARL, D. M. Freezing as a Method of Sample Preservation for the Analysis of Dissolved Inorganic Nutrients in Seawater. **Marine Chemistry**, vol. 53, p 173-185, 1996a.

DORE, J. E.; KARL, D. M. Nitrite distributions and dynamics at Station ALOHA. **Deep-sea research II**, v. 43 (2-3), p.385-402, 1996b.

DUGDALE, R. C.; GERIG, J. J. Uptake of new regenerated forms of the nitrogen in primary productivity. **Limnology Oceanography**, v.12, p. 65-695, 1976.

DUTT, J.; DAVIS, J. Current strategies in the nitrite detection and their application to field analysis. **Journal of enviromental monitoring**, 4 (3), p. 465-471, 2002.

EMERSON, S.; STUMP, C.; JOHNSON, B.; KARL, D.M. In situ determination of oxygen and nitrogen dynamics in the upper ocean. **Deep-sea research I**, 49 (5), p. 941-952, 2002.

EPP, D.; SMOOT, N. C. Distribution of seamouts in the North Atlantic. **Nature**, v. 337, p.254-257, 1989.

ESTELA, J. M.; CERDA, V. Flow analysis techniques for phosphorus: an overview. **Talanta** 66 (2), p. 307-33, 2005.

EVANS, D. L.; SIGNORINI, S. S. Vertical Structure of the Brazil Current, **Nature**, v. 315, p. 48-50, 1985.

FALKOWSKI, P. G.; BARBER, R. T.; SMETACEK, A. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. **Science**, v. 281, p. 200-206, 1998.

FAUL, K. L. Phosphorous distribution in sinking oceanic particulate matter. **Marine chemistry**, v.87, p. 307-327, 2005.

FEINSTEIN, R.; CLARK, H. C. The crustal structure beneath the Vitória-Trindade ridge. **Revista Brasileira de Geociências**, Vol. 8, n. 4, p. 270-283. 1978.

GAETA, S. A.; LORENZETTI, J. A.; MIRANDA, L. B.; SUSINI-RIBEIRO, S. M. M.; POMPEU, M.; ARAÚJO, C. E. S. The Vitória eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during austral fall of 1995. **Archive of fishers and marine research**, v. 47, p. 253-270, 1999.

GALLIGNANI, M.; VALERO, M.; AYALA, C.; BRUNETTO, M. D.; SANCHEZ, A.; BURGUERA, J. Flow analysis-vapor phase generation-Fourier transform infrared (FA-VPG-FTIR) spectrometric determination of nitrite. **Talanta**, v. 64 (5), p. 1290-1298, 2004.

GANACHAUD, A. Large-scale mass transports, water mass formation, and diffusivities estimated from World Ocean Circulation Experiment (WOCE) hydrographic data. **Journal of Geophysical Research**, v.108(C7), p. 3213-2135, 2003.

GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P; ANTONOV, J. I. **World Ocean Atlas 2005, Volume 3: Dissolved Oxygen, Apparent Oxygen Utilization, and Oxygen Saturation**. Washington, D.C.: S. Levitus Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office. 2006. 342 p. Disponível em:<<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: Dezembro 2007.

GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P; ANTONOV, J. I. **World Ocean Atlas 2005, Volume 4: Nutrients (phosphate, nitrate, silicate)** Washington, D.C.: S. Levitus Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office. 2006. 396 p. Disponível em:<<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>> Acesso em: dez. 2007.

GEBER, F.O. **Dinâmica de sistemas de banco oceânicos da Cadeia Norte do Brasil: caracterização experimental e simulação numérica**. 2003. 114 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da UFPE, Recife.

GENIIN, A. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. **Journal of Marine Systems**, v.50, p.2-20, 2004.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2nd. ed. New York: Verlag Chemie, 1983. 317 p.

GRAY, S.; HANRAHAN, G.; MCKELVIE, I.; TAPPIN, A.; WORSFOLD, P. Flow analysis techniques for spatial and temporal measurement of nutrients in aquatic systems. **Environmental chemistry**, v.3 (1), p.3-18, 2006.

GUAZELLI, W.; CARVALHO, J. C. **A Extensão da Zona de Fratura de Vitória-Trindade no Oceano e seu Possível Prolongamento no Continente**. Rio de Janeiro: CENPES/PETROBRÁS, v. 4, 1978 (Série Projeto REMAC).

GUAZELLI, W.; CARVALHO, J. **Estruturas da Margem Continental Leste Brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/DINTEP, v. 9, p.145-170, 1981 (Série Projeto REMAC).

HANRAHAN, G.; USSHER, S.; GLEDHILL, M.; High temporal and spatial resolution environmental monitoring using flow injection with spectroscopic detection. **Analytical chemistry**, v. 21 (4), p. 233-239, 2002.

HARVEY, H. W. **The chemistry and fertility of sea waters**, 3rd ed. London: Cambridge University Press, 1974. 240 p.

ISKANDER, J. **Normas da ABNT comentadas para trabalhos científicos**. 2^o ed. Curitiba: Juruá, 2005. 94p.

ITO, K.; TAKAYAMA, Y.; MAKABE, N.; MITSUI, R.; HIROKAWA, T. Ion chromatography for determination of nitrite and nitrate in seawater using monolithic ODS columns. **Journal of chromatography**, v.1083 (1-2), p. 63-67, 2005.

JOHNSON, K. S.; NEEDOBA, J. A.; RISER, S. C. Chemical sensor networks for the aquatic environment. **Chemical reviews**, v. 107 (2), p. 623-640, 2007.

JOHNSON, R.; WACHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4 th ed. USA: Prentice-Hall, 1998. 816 p.

KAMPEL, M. **Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor do oceano e dados in situ na costa sudeste brasileira**. 2003. 272 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo.

KEELING, R.; SHERTZ, S. Seasonal and interannual variations in the atmospheric oxygen and implications for the global carbon cycle. **Nature**, v. 358, p. 723-727, 1992.

KELLER, A. A. Modeling the effect of temperature, light and nutrients on primary productivity. An empirical and a mechanistic approach compared. **Limnology Oceanographic**, v. 34, p. 82-95, 1989.

KENISH, M. **Practical handbook of marine science**. 2nd ed. Florida: CRC press, 1994. 710 p.

KIEFER, D. A.; KREMER, J. N. Origins of vertical patterns of phytoplankton and nutrients in the temperature, open ocean: a stratigraphic hypothesis. **Deep-Sea Research**, v. 28, p. 1087-1105, 1981.

KLAUSMEIER, C. A. Optimal nitrogen-to-phosphorus stoichiometry of phytoplankton, **Nature**, v. 429, p.171-185, 2004.

KORTZINGER, A.; SCHIMANSKI, J.; SEND, U. High quality oxygen measurements from profiling floats: A promising new technique. **Journal of atmospheric and oceanic technology**, v. 22 (3), p. 302-308, 2005.

KOWALSKI, B. R. **Chemometrics: mathematical and statistics in chemistry**. Dordrecht: Riedel Publishing Company, 1984. 508 p.

LIANG, Y.; YUAN, D. Flow injection analysis of nanomolar level orthophosphate in seawater with solid phase enrichment and colorimetric detection. **Marine chemistry**, v. 103 (1-2), p. 122-130, 2007.

LIBES, S. **An introduction to marine biogeochemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1992. 734 p.

LOCARNINI, R. A.; MISHONOV, A. V.; ANTONOV, J. I.; BOYER, T. P.; GARCIA, H. E. **World Ocean Atlas 2005, Volume 1: Temperature**. Washington, D.C.: S. Levitus Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office. 2006.182 pp. Disponível em: <<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05F/woa05f.pl>>. Acesso em: Dezembro 2007.

LOUCHANCHI, F.; NAJJAR, R. G. Annual cycles of nutrients and oxigens in the upper layers of the North Atlantic Ocean. **Deep-Sea Research II**, v. 48, p. 2155-2171, 2001.

LUBISCO, N. L.; VIEIRA, S. C. **Manual de Estilo Acadêmico: Monografias, Dissertações e Teses**. Salvador: EDUFBA, 2003. 144 p.

MADUREIRA, L. S. P.; HABIAGA, R. P.; GONÇALVES, A.; GREIG, A. B.; DUVOISIN, A. C.; SOARES, C. F. ; FUSE, I. Y.; CALDEIRA, F. G.; CARVALHO, L. R.; WEUGERT, S. C.; SALDO, P. A.; FERREIRA, C. S. **Prospecção de recursos pelágicos por método hidroacústico na plataforma talude e região oceânica da costa central do Brasil**. São Paulo: IOUSP. Série documentos REVIZEE: Score Sul. 2004. 56 p.

MALINOWSKI, E. R. **Factor analysis in chemistry**. 3rd ed .New York: John Wiley & Sons, 2002. 432 p.

MARINO, H. I. Caracterização hidrogeoquímica do fósforo, nitrato, nitrito, sílica e amônia na ZEE do nordeste brasileiro. In: II Workshop REVIZEE - NE , **Livro de Resumos**, Genipabu - RN: 1998. p. 61, 1998.

MARSHAL, J.; SCHOTT, F. Open-ocean convection: Observations, theory, and models. **Reviews of geophysics**, v. 37, p. 1- 64, 1999.

MARTZ, T. R.; DICKSON, A. G.; DEGRANDPRE, M. D. Tracer monitored titrations: measurement of total alkalinity. **Analytical chemistry**, v. 78 (6), p.1817-1826, 2006.

MARUO, M.; DOI, T.; OBATA, H. Onboard determination of submicromolar nitrate in seawater by anion-exchange chromatography with lithium chloride eluent. **Analytical sciences**, v. 22 (9), p. 1175-178, 2006.

MASSART, D. L. **Handbook of chemometrics and qualimetrics**. Volume B edition. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. 732 p.

MATSUURA, Y. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). **Ciência e Cultura**, v.38, n.8, 1439-1450, 1986.

MEDEIROS, C.; MACÊDO, S. J.; FEITOSA, F. A.; KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. **Achieve of Fishery and Marine Research**. v. 47, p. 133-151, 1999.

MÉMERY, L.; ARHAN, M.; ALVAREZ-SALGADO, X. The waters masses along the western boundary of the south and equatorial Atlantic. **Progress in Oceanography**, v. 47, p. 69-98. 2000.

MENDHAN, J.; DENNEY, R.C.; BARNES, J.D. **Vogel: análise química quantitativa**. 6º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 462 p.

MESQUITA, H. S. Densidade e distribuição do bacterioplâncton nas águas de Ubatuba (23°S; 45°W), estado de São Paulo. **Instituto Oceanográfico-IOUSP**, v. 10, p. 45-63, 1993. (Publicação Especial).

METZLER, P. M. **Contribuição para o conhecimento dos processos de tomada e regeneração de compostos nitrogenados pelo plâncton na região oeste do Atlântico Sul**. 1996. 137 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo.

MILLER, J. C.; MILLER, J. N. **Statistic for analytical chemistry**. 3rd ed. New York: Prentice Hall, 1993. 256 p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 292 p.

MONTES, M. **Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: a importância do fluxo de difusão para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do nordeste brasileiro**. 2003. 179 f. Tese (Doutorado em Oceanografia). Depto de Oceanografia da UFPE, Recife.

MOORCROFT, M. J.; DAVIS, J.; COMPTON, R. G. Detection and determination of nitrate and nitrite: a review. **Talanta**, v. 54, p.785-803, 2001.

NEVES, A.S.; SOUZA, R. B.; MATA, M.M. Análise da variabilidade de altura dinâmica do oceano e comparações entre velocidades geostróficas obtidas a partir de dados altimétricos e derivadores de superfície na Bacia de Campos - Brasil. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 4627- 4633.

NONAKA, R. H; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K. Seasonal variation in larval assemblages in relations to oceanography conditions in the Abrolhos Bank region of western Brazil. **Fishery Bulletin**, v.98,. p.767 -784. 2000.

OGURA, N. The relation between dissolved organic carbon and apparent utilization in the Western North Pacific. **Deep-Sea Research**, v. 17, 221-231, 1970.

OGURI, K.; K. H.; GLUD R. N. Platinum octaethylporphyrin based planar optodes combined with an UV-LED excitation light source: An ideal tool for high-resolution O-2 imaging in O-2 depleted environments. **Marine chemistry**, v.100 (1-2), p. 95-107, 2006.

OLIVEIRA E. S. **Estudo Geoquímico da Coluna d'água da Região Oceânica no Sul da Bahia: trecho Porto Seguro a Ilhéus**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências da UFBA, Salvador.

PELLEGRINI, J. L.; CSANADY, G.T. Nutrient transport and mixing in the Gulf Stream. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, p. 2577-2583, 1991.

PEREIRA, A. F.; BELÉM, A. L.; CASTRO, B.. M. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. **Continental Shelf Research**, v. 25, p. 1521-1539, 2005.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1-75, 1991.

PINHEIRO, S. L.; RAIMUNDO, I. M. Use of Nafion (R) membranes for the construction of optical sensors for pH measurements. **Química nova**, v. 28 (5), p. 932-936, 2005.

PRADO, P. I.; THOMAS, M.; CARMO, R. L.; HOGAN, D. J. Ordenação Multivariada na Ecologia e seu Uso em Ciências Ambientais. **Ambiente e Sociedade**, v.10, p. 69-83, 2002.

RAGUENEAU, O. A review of the Si cycle in the modern ocean: recent progress and missing gaps in the application of biogenic opal as a paleoproductivity proxy, **Global and Planetary Change**, v. 26, p. 317-365, 2000.

REDFIELD, A.C. The biological control of chemical factory in the environment. **Ambiental Journal Science**, v. 46, p. 205-221, 1958.

RESSUREIÇÃO, M. G. **Variação anual da biomassa fitoplântica na plataforma continental de Pernambuco**: perfil em frente ao porto da Cidade do Recife, (08° 03' 38" Lat.S. 34° 52' 00" Long.W.). 1990. 306 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia Biológica). Depto. Oceanografia da UFPE, Recife.

RILEY, J. P.; CHESTER, R. **Introduction to marine chemistry**. 2nd ed. London: Academic Press, 1973. 465 p.

RIMMELIN-MAURY, P.; MOUTIN, T. A new method for nanomolar determination of silicic acid in seawater. **Analytica Chimica Acta**, v.587 (2), p. 281-286, 2007.

SALES, H. B.; SANTOS, C.; GUILHERME, D. N. Distribuição Horizontal e Vertical de Parâmetros Físico-Químicos nas Áreas dos Rochedos de São Pedro e São Paulo. In: II WORKSHOP REVIZEE - NE, 1998, Genipabu. **Livro de Resumos**, Rio Grande do Norte: UFRN, 1998. p. 61.

SANUDOWILHELMY, S.A. The impact of surface-adsorbed phosphorus on phytoplankton Redfield stoichiometry. **Nature**, v. 432, p. 897- 925, 2004.

SARMIENTO, J. L.; GRUBER, N. **Ocean Biogeochemical Dynamics**. U.K.: Princeton University Press, 2006. 303 p.

SCHNEIDER, B.; KARSTENSEN, J.; OSCHLIES, A.; SCHILTZER, R. Model-based evaluation of methods to determine C:N and P regeneration ratios from dissolved nutrients. **Global biogeochemistry cycles**, v. 19 (2), p. 54 - 67, 2005.

SCHMID, C.; MOLINARI, R. L.; AND GARZOLI, S. L. New observations of the intermediate depth circulation in the tropical Atlantic. **Journal of Marine Research**, v. 59(2), p. 281-312. 2001.

SCHMID, C.; SCHAFER, H.; PODESTA, G..The Vitória Eddy and its relation to the Brazil Current. **Journal of Physical Oceanography**, v. 25, p. 2532–2546, 1995.

SCHOTT, F. A.; FISCHER, J.; STRAMMA, L. Transports and pathways of the upper-layer circulation in the western tropical Atlantic. **Journal of Physical Oceanography**. v. 28, n.10, p. 1904-1928, 1998.

SCHRODER, C. R.; WEIDGANS, B. M.; KLIMANT, I. pH flourosensors for use in marine systems. **Analyst**, v. 130 (6), p. 907-916, 2005.

SIEDLER, G.; CHURCH, J.; GOULD J. **Ocean circulation and climate: observing and modeling the global ocean**. 1st ed. San Diego: Academic Press, 2001. 640 p.

SIGNORINI, S. R. On the circulation and the volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. **Deep-Sea Research**. v. 25, p. 481-490, 1978.

SIGNORINI, S. R.; MIRANDA, L. B.; EVANS, D. L.; STEVENSON, M. R.; INOSTROZA, H. M. Corrente do Brasil: estrutura térmica entre 19 [degrees] e 25 [degrees] circulação geostrófica. **Boletim do Instituto Oceanográfico-IOUSP**. v. 37(1), p. 33-49, 1989.

SILVA, C. A., **Avaliação geoquímica do cobre na coluna d'água na região oceânica, Vitória-Trindade, e sua relação com parâmetros físico-químicos**. 2000. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) Instituto de Geociências da UFBA, Salvador.

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J.; **Principles of instrumental analysis**. 4th ed. USA: Saunders College Publishing, 1992. 700 p.

SMITH, W. O. Seamonut statistics in the Pacific Ocean. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, p. 2899-2919, 1988.

STRAMMA, L. Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. **Journal Marine Research**, v. 49, p. 281-294, 1991.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, n. C9, p. 20863-20883, 1999.

SVERDRUP; H. V.; JOHNSON, M. W.; FLEMING, R. H. **The Oceans: their physics, chemistry and general biology**. New York: Prentice Hall, 1942. 1087 p

TEIXEIRA, C. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region (23°30'S e 45°06'W), Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico -IOUSP**, v. 22, p.49-58, 1973.

TEIXEIRA, C.; GAETA, S. A. Contribution of picoplankton to primary production in estuarine, coastal and equatorial water of Brazil. **Hydrobiologia**, v. 209, p. 117-122, 1991.

TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. G. The effects of nitrogen and phosphorus enrichments on phytoplankton in the region of Ubatuba (Lat. 23°30'S-Long. 45°06'W), Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico -IOUSP**, v. 30, p.77-86, 1981.

TENGBERG, A.; HOVDENES, J.; ANDERSSON, H. Evaluation of a lifetime-based optode to measure oxygen in aquatic systems. **Limnology and oceanography**, v. 4, p.7-17, 2006.

TRAVASSOS, P. P.; HAZIN, F. H.; ZAGAGLIA, J. R.; ROCHA, R. A.; SCHOBER, J. Thermohaline structure around seamounts and island of North-Eastern Brazil. **Archives Fishers. Marine Research**, v. 47, n. 2-3, p. 211-222. 1999.

TYRRELL, T. The relative influences of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. **Nature**, v. 400, p. 525-531, 1999.

VALENTIN, J. L. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). **Marine Biology**, v. 82, p. 259-276, 1984.

_____. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência., 2000. 118 p.

VELASCO, G. **Modelo ecotrófico da plataforma continental do sul do Brasil e cenários da exploração pesqueira da anchoíta (*Engraulis anchoita*) e do peixe-lanterna (*Maurolicus stehmanii*)**. 2004. 195 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Fundação Universidade do Rio Grande-FURG, RS.

WARD, B. B.; KILPATRICK, K. A.; RENGER, E. H.; EPPLEY, R.W. Biological nitrogen cycling in the nitraclina. **Limnology Oceanography**, v.24, n.3, p.493-513, 1989.

WATANABE, A., KAYANNE, H.; NOZAKI, K. A rapid, precise potentiometric determination of total alkalinity in seawater by a newly developed flow-through analyzer designed for coastal regions. **Marine chemistry**, v. 85 (1-2), p. 75-87, 2004.

WEBB, D. J.; SUGINOHARA, N. Oceanography: Vertical mixing in the ocean. **Nature**, v. 409, p. 37-45. 2001.

WEIGERT, S. C. **Avaliação hidroacústica de bancos submarinos e ilhas sobre a distribuição acústica de organismos pelágicos, na zona econômica exclusiva das regiões central e nordeste do Brasil**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em oceanografia), Programa de pós-graduação em oceanografia biológica da UFRG, RS.

WEISS, R. F. UNESCO International Oceanographic Tables. **Deep Sea Research**. v. 17, p. 721-735, 1970.

WILLIAMS, P. J.; PARDUE, D. A. In vitro and in situ derived rates of gross production, net community production and respiration of oxygen in the oligotrophic subtropical gyre of the North Pacific Oceans. **Deep-Sea Research**, v.38, p. 891-910, 1981.

WORSFOLD, P.J. Challenges in the determination of nutrient species in natural waters. **Microchimica acta**, v.154 (1-2), p. 45-48, 2006.

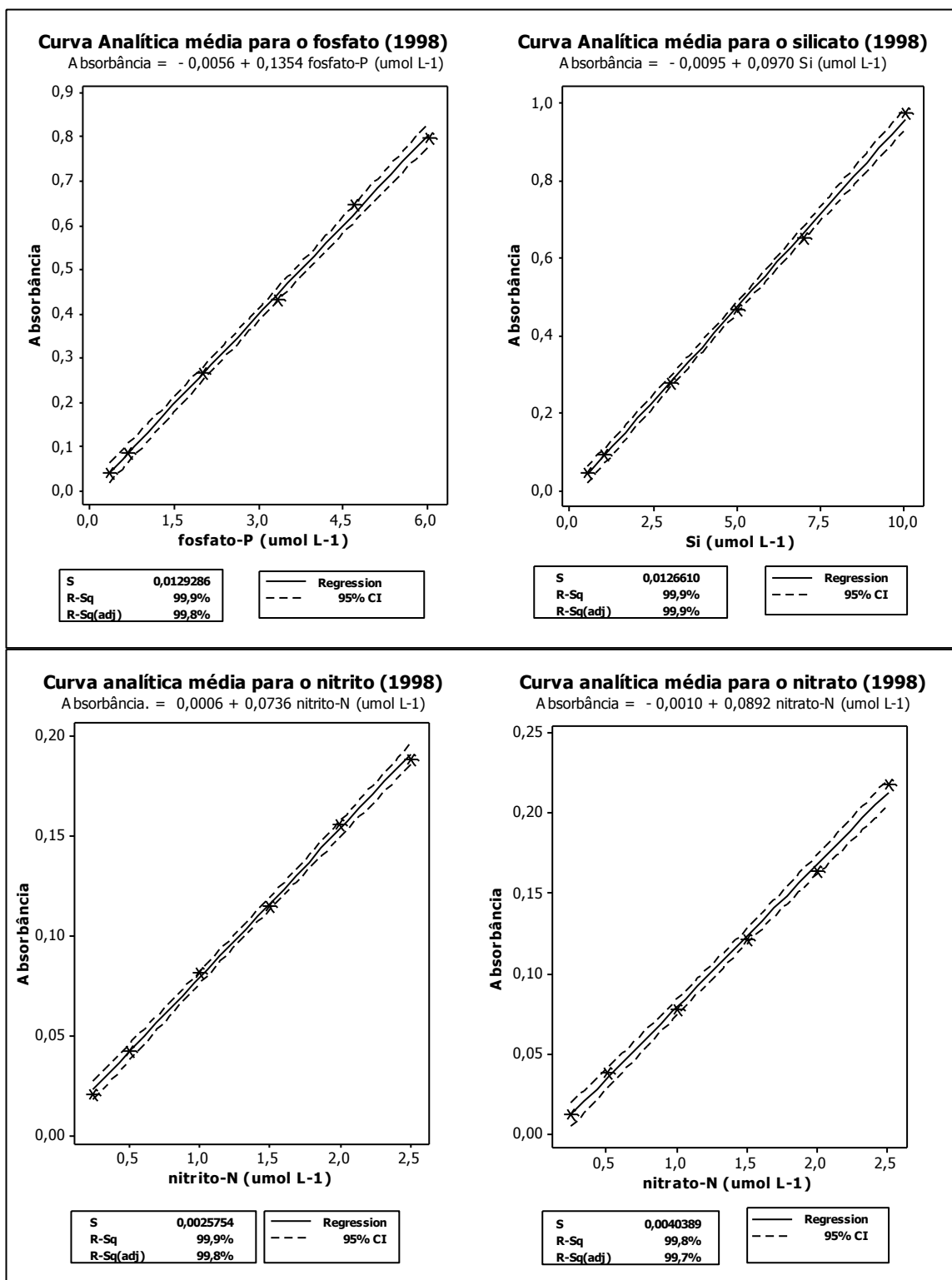
WUNSCH, C.; FERRARI, R. Vertical mixing, energy, and the general circulation of the oceans. **Annual Review Fluid Mechanical**, v. 36, p. 281–314, 2004.

ZAFIRIOU, O.C.; BALL, L.A.; HANLEY, Q. Trace nitrite in oxic water. **Deep-Sea Research**, v. 39, p. 1329-1347, 1992.

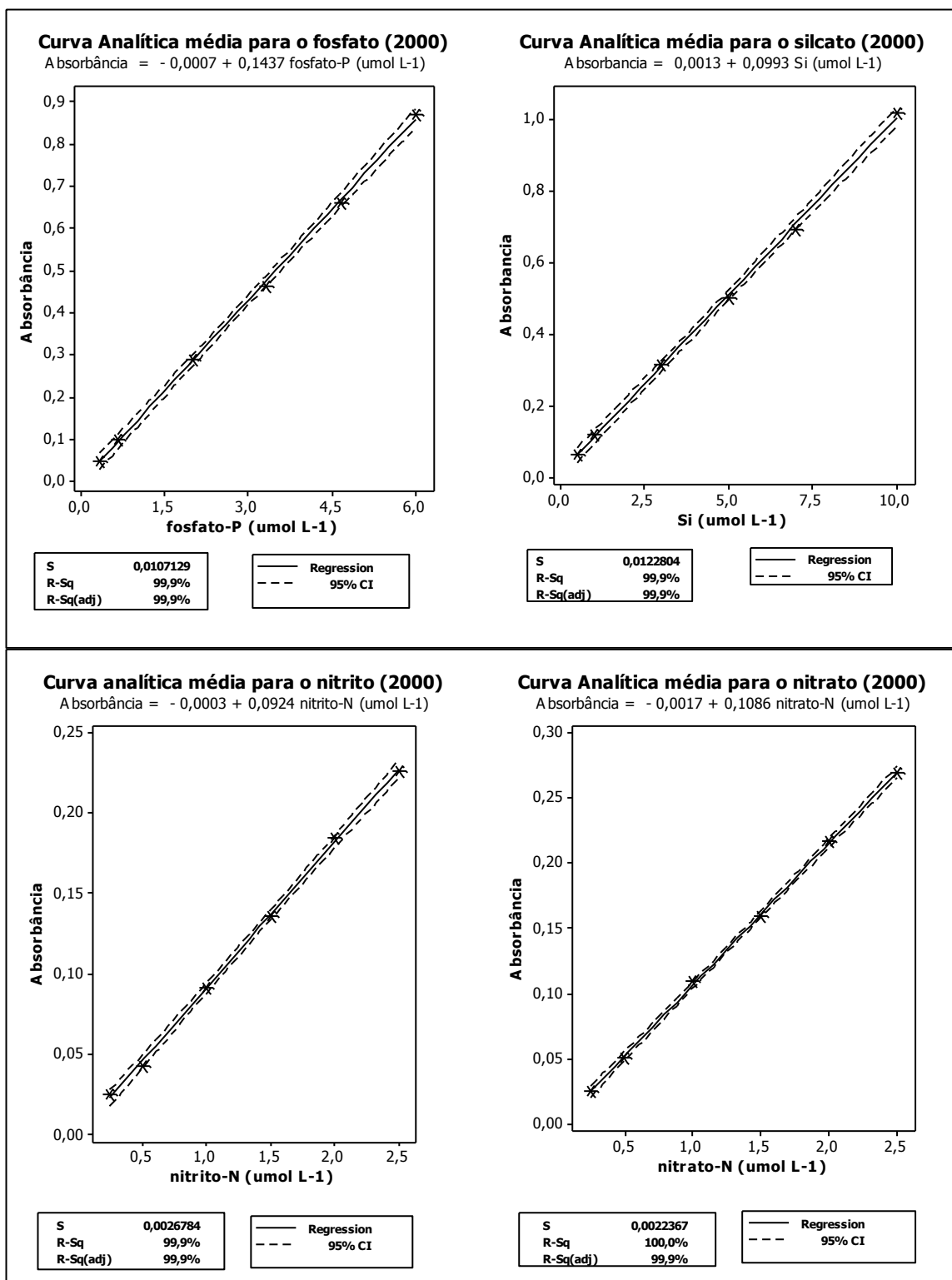
ZHANG, J.Z. The use of pH and buffer intensity to quantify the carbon cycle in the ocean. **Marine Chemistry**, v. 70, p. 121-131, 2000.

ZHAO, K.; SONG, Y.; ZHUANG, S.Q.; DAI, L.M.; FANG, Y.Z. Determination of nitrite with the electrocatalytic property to the oxidation of nitrite on thionine modified aligned carbon nanotubes. **Electrochemistry communications**. v. 9 (1), p. 65-70, 2007.

APÊNDICES



Apêndice A - Curvas analíticas médias para as determinações dos nutrientes em 1998



Apêndice B - Curvas analíticas médias para as determinações dos nutrientes em 2000

Apêndice C - Detalhamento das amostragens em 1998 (verão)

Perfil	Estação	Data	Hora	Temp do Ar (°c)	Ventos (nós)	FM²² (0 A 12)	CC²³ (0 A 8)
Jaseur	87	5/12/1998	16:45	28,00	N/12	F-4	3/8
Jaseur	88	5/12/1998	20:10	25,50	N/9	F-3	1/8
Jaseur	89	5/12/1998	22:40	25,50	N/14	F-4	4/8
Davis	90	6/12/1998	09:10	27,50	N/20	F-5	4/8
Davis	91	6/12/1998	15:25	26,50	N/20	F-5	2/8
Davis	92	6/12/1998	18:00	27,00	N/20	F-5	1/8
Perfil III	93	6/12/1998	22:30	26,00	N/17	F-5	2/8
Perfil III	94	7/12/1998	02:00	26,00	N/12	F-4	4/8
Perfil III	95	7/12/1998	05:45	26,00	N/16	F-4	1/8
Dogaressa	96	7/12/1998	10:30	27,00	N/10	F-3	3/8
Dogaressa	97	7/12/1998	14:25	27,00	N/12	F-4	2/8
Dogaressa	98	7/12/1998	17:40	28,00	N/7	F-3	3/8
Perfil V	100	8/12/1998	03:25	25,00	N/5	F-2	3/8
Columbia	102	8/12/1998	12:15	27,00	N/5	F-2	2/8
Columbia	103	8/12/1998	15:40	28,00	NW/4	F-2	6/8
Columbia	104	8/12/1998	18:30	26,00	N/3	F-2	4/8
Perfil VII	106	9/12/1998	04:40	24,80	E/4	F-2	7/8
Trindade	108	11/12/1998	00:05	23,80	NE/7	F-3	-
Trindade	109	11/12/1998	04:20	24,00	E/1	F-1	-
Trindade	110	10/12/1998	17:40	21,20	NE/6	F-2	3/8
Martin Vaz	113	10/12/1998	05:50	26,80	NE/5	F-2	0/8
Martin Vaz	115	9/12/1998	22:15	24,50	NE/4	F-2	-
Martin Vaz	116	9/12/1998	19:30	26,00	NE/6	F-2	-

²² Força do Mar (FM): Escala Beaufort, onde a Força (F) vai de 0 a 12 (KENISH, 1994).

²³ Cobertura do Céu (CC): 0 - totalmente aberto e 8 - encoberto.

Apêndice D - Detalhamento das amostragens em 2000 (outono)

Perfil	Estação	Data	Hora	Temp do Ar (°C)	Ventos (nós)	FM²⁴ (0 a 12)	CC²⁵ (0 a 8)
Jaseur	87	26/4/2000	20:00	-	E/12	F-4	1/8
Jaseur	88	26/4/2000	17:20	26,50	E/12	F-4	1/8
Jaseur	89	26/4/2000	13:35	26,00	SE/9	F-3	1/8
Davis	90	27/4/2000	11:53	27,50	SE/11	F-4	3/8
Davis	91	27/4/2000	08:50	26,00	E/13	F-4	1/8
Davis	92	27/4/2000	05:20	24,50	E/11	F-4	2/8
Perfil III	94	27/4/2000	19:35	23,00	E/10	F-3	8/8
Perfil III	95	27/4/2000	16:15	25,00	E/15	F-4	8/8
Dogaressa	97	28/4/2000	09:30	26,50	E/12	F-4	2/8
Dogaressa	98	28/4/2000	08:15	25,50	E/14	F-4	2/8
Perfil V	100	28/4/2000	23:20	24,80	E/12	F-4	8/8
Columbia	102	29/4/2000	08:05	26,00	E/12	F-4	1/8
Columbia	103	29/4/2000	11:30	27,00	E/10	F-3	3/8
Columbia	104	29/4/2000	14:40	27,00	-	F-3	2/8
Perfil VII	106	30/4/2000	02:15	25,00	E-SE/12	F-4	1/8
Trindade	108	30/4/2000	12:25	25,60	NT	F-3	1/8
Trindade	109	30/4/2000	15:45	26,00	E/11	F-3	2/8
Trindade	110	30/4/2000	18:25	26,00	E/20	F-5	1/8
Perfil IX	112	1/5/2000	10:05	27,50	E/22	F-6	4/8
Martin Vaz	113	1/5/2000	06:40	25,00	E/17	F-5	4/8
Martin Vaz	115	1/5/2000	03:20	25,00	E/12	F-4	1/8
Martin Vaz	116	1/5/2000	00:10	24,50	E/15	F-4	1/8

²⁴ Força do Mar (FM): Escala Beaufort, onde a Força (F) vai de 0 a 12 (KENISH, 1994).

²⁵ Cobertura do Céu (CC), 0 - totalmente aberto e 8 - encoberto.

Apêndice E - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 1998 (verão)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq .L ⁻¹)	pH	OD (mg L ⁻¹)	OD (%)
Jaseur	87	1	26,61	36,29	2,027	8,215	6,52	101
Jaseur	87	20	26,45	36,89	2,127	8,345	6,52	98,4
Jaseur	87	50	24,97	37,00	2,123	8,337	6,68	98,9
Jaseur	87	130	21,69	36,66	2,149	8,297	7,08	101
Jaseur	87	200	17,77	36,02	2,075	8,207	7,65	99,5
Jaseur	88	1	25,84	36,64	2,164	8,261	6,59	98,8
Jaseur	88	10	25,67	36,82	2,154	8,260	6,60	99,6
Jaseur	88	20	25,32	36,85	2,163	8,256	6,64	99,5
Jaseur	88	50	23,95	36,81	2,155	8,244	6,80	100
Jaseur	88	70	23,93	36,82	2,169	8,243	6,80	100
Jaseur	89	1	25,50	36,45	2,142	8,274	6,64	98,9
Jaseur	89	20	24,43	36,84	2,147	8,270	6,74	99,3
Jaseur	89	50	23,95	36,97	2,156	8,271	6,80	100
Jaseur	89	130	21,83	36,71	2,157	8,248	7,06	100
Jaseur	89	200	17,67	35,99	2,104	8,169	7,66	100
Davis	90	1	26,07	35,73	2,483	8,385	6,60	99,8
Davis	90	20	26,01	36,90	2,736	8,353	6,56	99,8
Davis	90	50	24,42	37,15	2,698	8,327	6,73	99,2
Davis	90	130	21,89	36,70	2,000	8,297	7,06	100
Davis	90	200	17,81	35,91	2,217	8,064	7,65	100
Davis	91	1	26,14	36,90	2,180	8,297	6,55	99,7
Davis	91	10	26,18	36,94	2,175	8,298	6,54	99,5
Davis	91	30	25,85	36,96	2,147	8,295	6,58	100
Davis	91	50	24,35	37,01	2,181	8,266	6,75	99,5
Davis	92	1	26,49	36,81	2,157	8,259	6,51	99,3
Davis	92	20	26,48	36,98	2,154	8,241	6,51	99,3
Davis	92	50	24,95	37,02	2,147	8,251	6,68	100
Davis	92	130	21,41	36,49	2,125	8,195	7,13	99,0
Davis	92	200	17,04	35,77	2,094	8,147	7,77	100
III	93	1	26,11	35,96	2,128	8,260	6,59	100
III	93	20	26,51	36,67	2,128	8,264	6,52	99,6
III	93	50	25,24	37,22	2,126	8,258	6,64	100
III	93	130	22,21	36,74	2,135	8,225	7,01	99,7
III	93	200	17,88	35,92	2,089	8,171	7,63	100
III	94	1	26,38	36,55	2,091	8,259	6,54	101
III	94	20	26,50	36,74	2,109	8,262	6,52	100
III	94	50	25,41	37,22	2,224	8,253	6,62	99,2

Apêndice E - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 1998 (verão)

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq .L ⁻¹)	pH	continua	
							OD (mg L ⁻¹)	OD (%)
III	94	130	22,46	36,77	2,106	8,212	6,98	99,3
III	94	200	17,49	35,82	2,052	8,151	7,70	99,1
III	95	1	26,42	36,28	2,214	8,270	6,54	99,1
III	95	20	26,45	36,79	2,173	8,270	6,52	98,9
III	95	50	25,53	37,32	2,199	8,225	6,60	100
III	95	130	22,29	36,73	2,205	8,231	7,00	99,6
III	95	200	17,08	35,79	2,148	8,158	7,76	99,8
Dogaressa	96	1	26,41	36,40	2,369	8,250	6,54	99,1
Dogaressa	96	20	26,34	36,64	2,169	8,254	6,54	99,1
Dogaressa	96	50	25,38	37,36	2,206	8,252	6,62	99,2
Dogaressa	96	130	23,05	36,84	2,187	8,223	6,91	103
Dogaressa	96	200	18,55	36,03	2,230	8,167	7,53	99,8
Dogaressa	97	1	26,73	36,12	2,066	8,215	6,52	99,2
Dogaressa	97	20	26,35	36,75	2,166	8,377	6,53	99,6
Dogaressa	97	50	25,32	37,31	2,204	8,372	6,62	99,2
Dogaressa	97	70	24,69	37,25	2,209	8,358	6,78	102
Dogaressa	98	1	27,05	36,57	2,160	8,411	6,46	99,8
Dogaressa	98	20	26,80	36,77	2,157	8,415	6,48	100
Dogaressa	98	50	25,64	37,34	2,201	8,406	6,59	100
Dogaressa	98	130	22,53	36,75	2,162	8,364	6,98	101
Dogaressa	98	200	17,75	35,87	2,099	8,286	7,65	100
V	100	1	26,35	36,29	2,160	8,370	6,55	99,0
V	100	20	25,39	36,95	2,170	8,370	6,63	99,4
V	100	50	24,72	37,12	2,180	8,360	6,70	99,6
V	100	130	22,65	36,85	2,170	8,340	6,96	102
V	100	200	19,24	36,24	2,180	8,280	7,43	99,3
Colúmbia	102	1	26,28	36,60	2,163	8,391	6,55	99,5
Colúmbia	102	20	26,07	36,87	2,163	8,392	6,56	99,6
Colúmbia	102	50	25,32	37,37	2,202	8,383	6,62	99,0
Colúmbia	102	130	23,72	37,08	2,182	8,363	6,82	99,7
Colúmbia	102	200	19,86	36,31	2,039	8,131	7,34	99,8
Colúmbia	103	1	26,17	36,64	2,174	8,372	6,55	99,7
Colúmbia	103	20	26,05	36,96	2,171	8,381	6,56	99,8
Colúmbia	103	50	25,54	37,18	2,183	8,383	6,61	99,1
Colúmbia	103	70	24,53	37,21	2,183	8,371	6,72	99,0
Colúmbia	104	1	26,41	36,64	2,160	8,375	6,53	99,6
Colúmbia	104	20	25,95	36,89	2,166	8,377	6,57	100

Apêndice E - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 1998 (verão)

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq.L⁻¹)	pH	OD (mg L⁻¹)	OD (%)
Colúmbia	104	50	25,24	37,21	2,197	8,381	6,64	98,5
Colúmbia	104	150	23,21	36,96	2,171	8,348	6,88	99,5
Colúmbia	104	200	19,59	36,21	2,137	8,306	7,38	99,7
VII	106	1	26,03	35,79	2,153	8,377	6,60	100
VII	106	20	25,05	36,91	2,156	8,351	6,67	100
VII	106	50	24,25	36,95	2,167	8,395	6,76	99,6
VII	106	130	21,26	36,61	2,125	8,331	7,14	99,0
VII	106	200	18,87	35,85	2,217	8,268	7,79	103
Trindade	108	1	25,90	36,44	2,163	8,251	6,59	99,8
Trindade	108	20	25,49	36,97	2,150	8,236	6,62	99,2
Trindade	108	70	24,18	37,08	2,163	8,625	6,79	100
Trindade	108	130	20,61	36,44	2,145	8,212	7,23	98,8
Trindade	108	200	17,53	35,83	2,111	8,168	7,69	101
Trindade	109	1	26,26	36,83	2,165	8,252	6,54	99,7
Trindade	109	20	26,03	37,00	2,180	8,255	6,56	100
Trindade	109	50	24,49	37,16	2,181	8,134	6,72	99,0
Trindade	109	70	24,25	37,08	2,173	8,232	6,76	99,6
Trindade	110	1	26,74	36,13	2,175	8,244	6,51	98,2
Trindade	110	20	26,03	37,10	2,183	8,253	6,55	97,8
Trindade	110	50	25,36	37,19	2,185	8,260	6,62	99,2
Trindade	110	130	21,90	36,77	2,152	8,221	7,05	100
Trindade	110	200	17,54	37,82	2,117	8,183	7,69	100
Martin Vaz	113	1	25,73	36,50	2,169	8,266	6,61	98,7
Martin Vaz	113	20	25,53	37,00	2,172	8,267	6,61	99,9
Martin Vaz	113	50	24,44	37,14	2,176	8,271	6,73	99,2
Martin Vaz	113	130	21,15	36,57	2,146	8,212	7,16	99,6
MartinVaz	113	200	16,99	35,75	2,112	8,165	7,77	100
MartinVaz	115	1	26,23	36,23	2,177	8,285	6,54	99,2
Martin Vaz	115	20	25,59	37,01	2,179	8,287	6,61	99,9
MartinVaz	115	50	25,31	37,04	2,173	8,283	6,64	99,5
MartinVaz	115	130	21,60	36,64	2,158	8,251	7,10	100
MartinVaz	115	200	17,90	35,86	2,122	8,215	7,63	100
MartinVaz	116	1	26,34	36,93	2,177	8,336	6,53	98,3
MartinVaz	116	20	25,68	37,02	2,171	8,338	6,60	99,8
MartinVaz	116	70	24,62	37,13	2,177	8,336	6,71	101
MartinVaz	116	130	21,36	36,60	2,153	8,281	7,13	99,6
MartinVaz	116	200	17,85	35,90	2,174	8,257	7,64	101

Apêndice F - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 2000 (outono)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq .L ⁻¹)	pH	OD (mg L ¹)	OD (%)
Jaseur	87	1	27,50	36,81	2,616	8,412	6,09	95,8
Jaseur	87	20	27,54	37,12	2,363	8,436	6,10	96,0
Jaseur	87	50	27,44	37,12	*	8,429	6,10	96,0
Jaseur	87	100	23,41	36,75	2,615	8,401	6,89	99,4
Jaseur	87	200	18,48	36,03	2,570	8,331	6,20	82,2
Jaseur	88	1	27,53	37,13	2,314	8,422	6,22	95,7
Jaseur	88	10	27,59	37,11	2,649	8,414	6,17	96,4
Jaseur	88	20	27,59	37,11	2,277	8,412	6,19	96,7
Jaseur	88	50	26,21	37,13	2,624	8,383	6,18	94,2
Jaseur	89	1	27,36	36,14	2,622	8,418	6,05	93,3
Jaseur	89	20	27,41	37,13	2,762	8,418	6,12	95,0
Jaseur	89	50	26,18	37,25	2,640	8,386	6,24	95,2
Jaseur	89	100	23,72	37,05	2,046	8,379	6,56	95,9
Jaseur	89	200	17,71	35,97	2,016	8,282	6,25	99,7
Davis	90	1	27,39	37,16	2,733	8,398	6,23	96,7
Davis	90	20	27,33	37,26	2,624	8,392	6,05	93,9
Davis	90	50	27,30	37,26	2,593	8,374	6,11	94,8
Davis	90	100	24,61	37,20	2,640	8,334	6,48	96,7
Davis	90	200	20,94	36,61	*	8,283	6,20	86,6
Davis	91	1	27,31	37,31	2,691	8,389	6,08	94,4
Davis	91	10	27,31	37,31	2,240	8,380	6,02	93,4
Davis	91	20	27,31	37,31	2,137	8,379	6,14	95,3
Davis	91	50	27,31	37,31	2,522	8,374	6,10	94,7
Davis	91	60	27,31	37,30	2,265	8,404	5,44	84,4
Davis	92	1	27,41	37,24	2,749	8,422	6,23	96,7
Davis	92	20	27,42	37,30	2,371	8,431	6,14	95,3
Davis	92	50	27,43	37,30	2,730	8,432	6,19	96,1
Davis	92	100	24,66	37,22	2,657	8,394	6,47	97,0
Davis	92	200	20,84	36,56	2,593	8,334	6,21	86,4
III	94	1	27,11	36,94	2,636	8,429	6,24	96,8
III	94	20	27,28	37,28	*	8,439	5,89	91,4
III	94	50	27,30	37,28	2,639	8,439	6,09	94,5
III	94	100	24,12	37,21	2,636	8,408	6,33	93,3
III	94	200	19,81	36,30	2,556	8,362	6,37	107
III	95	1	27,34	37,19	2,645	8,442	6,23	96,7
III	95	20	27,34	37,24	2,631	8,449	6,05	93,9
III	95	50	27,32	37,24	2,272	8,450	6,13	95,1

Apêndice F - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 2000 (outono)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq .L ⁻¹)	pH	OD (mg L ¹)	OD (%)
III	95	100	24,24	37,16	2,221	8,407	6,37	93,9
III	95	200	19,26	36,21	2,623	8,348	6,26	84,0
Dogaressa	96	1	27,32	37,21	2,655	8,418	6,24	96,8
Dogaressa	96	20	27,32	37,28	2,763	8,508	6,14	95,3
Dogaressa	96	50	27,26	37,28	2,681	8,443	6,23	96,7
Dogaressa	96	100	23,25	36,96	2,228	8,189	6,74	97,5
Dogaressa	96	200	18,41	36,13	2,846	8,104	6,27	82,4
Dogaressa	97	1	27,31	36,91	*	8,470	6,10	94,7
Dogaressa	97	10	27,25	37,23	2,628	8,380	6,10	94,7
Dogaressa	97	20	27,25	37,23	2,881	8,495	6,18	95,9
Dogaressa	97	50	27,24	37,23	2,358	8,389	6,15	95,4
Dogaressa	97	80	24,74	37,20	2,803	8,316	6,52	97,3
Dogaressa	98	1	27,25	37,09	2,150	8,494	6,27	97,3
Dogaressa	98	20	27,22	37,29	2,607	8,413	6,17	95,8
Dogaressa	98	50	27,22	37,28	2,632	8,425	6,22	96,5
Dogaressa	98	100	23,73	37,04	2,350	8,406	6,56	96,7
Dogaressa	98	200	20,11	36,29	2,138	8,325	6,29	85,7
V	100	1	27,05	36,76	2,653	8,435	6,28	97,5
V	100	20	27,05	37,15	2,667	8,430	6,20	96,2
V	100	50	27,05	37,15	2,532	8,430	6,22	96,5
V	100	100	23,06	36,89	2,241	8,372	6,76	97,6
V	100	200	18,13	36,05	2,016	8,302	6,31	82,9
Colúmbia	102	1	27,48	37,05	2,428	8,320	6,21	96,4
Colúmbia	102	20	27,44	37,33	2,828	8,438	6,10	94,7
Colúmbia	102	50	27,45	37,33	2,739	8,441	6,21	96,4
Colúmbia	102	100	23,53	37,00	*	8,391	6,80	98,1
Colúmbia	102	200	18,16	36,15	*	8,286	6,25	82,1
Colúmbia	103	1	27,46	37,15	2,749	8,437	6,29	97,6
Colúmbia	103	10	27,39	37,35	2,650	8,416	6,15	95,4
Colúmbia	103	20	27,38	37,34	2,408	8,400	6,18	95,9
Colúmbia	103	50	27,36	37,34	2,878	8,390	6,16	95,6
Colúmbia	103	70	24,46	37,03	*	8,342	6,73	99,2
Colúmbia	104	1	27,52	37,07	2,747	8,351	6,19	96,1
Colúmbia	104	20	27,48	37,35	2,853	8,386	6,16	95,6
Colúmbia	104	50	27,45	37,34	2,432	8,390	6,21	96,4
Colúmbia	104	100	24,23	37,15	2,700	8,336	6,49	95,6
Colúmbia	104	200	19,25	36,25	2,223	8,242	6,26	83,8

Apêndice F - Valores de temperatura, salinidade, alcalinidade, pH e OD, em 2000 (outono)

Perfil	Estação	Prof (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (USP)	Alcalinidade (meq .L ⁻¹)	pH	OD (mg L ⁻¹)	OD (%)
VII	106	1	27,04	37,38	2,711	8,370	6,24	96,8
VII	106	20	27,05	37,37	2,707	8,304	6,16	95,6
VII	106	50	27,06	37,37	2,756	8,357	6,20	96,2
VII	106	100	23,87	37,01	2,068	8,328	6,66	98,2
VII	106	200	18,61	36,08	2,314	8,510	6,50	87,0
Trindade	108	1	26,90	36,92	2,504	8,352	6,29	97,6
Trindade	108	20	26,86	37,35	2,090	8,377	6,20	95,4
Trindade	108	50	26,83	37,35	2,421	8,364	6,28	96,6
Trindade	108	100	23,13	36,97	2,509	8,348	6,77	97,7
Trindade	108	200	17,89	36,02	2,202	8,246	6,40	84,0
Trindade	109	1	26,89	37,35	*	8,296	5,91	90,9
Trindade	109	10	26,87	37,36	2,503	8,325	5,84	89,8
Trindade	109	20	26,88	37,35	2,798	8,368	5,94	91,4
Trindade	109	50	26,85	37,35	2,709	8,368	5,92	91,1
Trindade	109	70	26,69	37,32	2,742	8,333	5,99	92,2
Trindade	110	1	26,96	37,15	2,173	8,343	5,82	89,5
Trindade	110	20	26,95	37,35	2,526	8,368	5,64	86,8
Trindade	110	50	26,96	37,35	2,215	8,386	5,86	90,2
Trindade	110	100	23,43	36,96	2,806	8,346	6,24	90,2
Trindade	110	200	17,80	35,85	2,488	8,205	5,95	78,0
IX	112	1	26,87	36,93	2,675	8,370	5,87	90,3
IX	112	20	26,85	37,36	2,052	8,304	5,80	89,2
Martin Vaz	113	1	26,51	37,31	2,212	8,333	5,87	90,1
Martin Vaz	113	20	26,54	37,34	2,689	8,379	5,79	72,9
Martin Vaz	113	50	26,54	37,34	2,694	8,373	5,85	62,4
Martin Vaz	113	100	23,68	36,89	2,591	8,349	6,38	94,0
Martin Vaz	113	200	18,53	35,99	2,581	8,316	6,05	81,0
Martin Vaz	115	1	26,53	37,24	2,628	8,355	6,00	92,1
Martin Vaz	115	20	26,55	37,24	2,464	8,368	5,85	73,6
Martin Vaz	115	50	26,55	37,24	2,700	8,372	5,91	63,1
Martin Vaz	115	100	23,18	36,69	*	8,341	6,09	88,1
Martin Vaz	115	200	19,28	36,17	2,314	8,290	6,15	82,3
Martin Vaz	116	1	26,92	37,11	2,732	8,345	5,70	87,7
Martin Vaz	116	20	26,93	37,37	2,736	8,387	5,76	88,6
Martin Vaz	116	50	26,94	37,37	2,664	8,385	5,42	83,5
Martin Vaz	116	100	23,80	36,89	2,737	8,348	6,31	93,0
Martin Vaz	116	200	18,03	35,88	2,638	8,240	5,62	73,8

Apêndice G - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 1998 (verão)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P (umol L ⁻¹)		Silicato (umol Si L ⁻¹)		Nitrito-N (umol L ⁻¹)	Nitrato-N (umol L ⁻¹)	
			Média	± LC *	Média	± LC *	Média [#]	Média	± LC *
Jaseur	87	1	0,142	0,017	0,279	0,033	0,016	0,119	0,024
Jaseur	87	20	0,142	0,012	0,578	0,048	≤ 0,01	1,90	0,06
Jaseur	87	50	0,124	0,007	0,492	0,066	0,017	1,01	0,04
Jaseur	87	130	0,208	0,012	0,492	0,071	0,018	0,171	0,019
Jaseur	87	200	0,312	0,018	0,647	0,059	0,020	3,97	0,10
Jaseur	88	1	0,128	0,008	0,450	0,050	≤ 0,01	0,974	0,045
Jaseur	88	10	0,152	0,005	0,268	0,041	0,018	1,19	0,03
Jaseur	88	20	0,204	0,013	0,636	0,066	≤ 0,01	0,374	0,065
Jaseur	88	50	0,119	0,007	0,338	0,017	≤ 0,01	1,31	0,05
Jaseur	88	70	0,190	0,011	2,07	0,23	≤ 0,01	0,955	0,041
Jaseur	89	1	0,083	0,002	0,414	0,038	0,035	0,846	0,036
Jaseur	89	20	0,091	0,007	0,612	0,043	0,041	1,18	0,03
Jaseur	89	50	0,119	0,012	0,713	0,089	0,118	1,49	0,02
Jaseur	89	130	0,088	0,003	0,622	0,036	0,201	1,04	0,06
Jaseur	89	200	0,128	0,013	0,953	0,087	0,213	3,04	0,15
Davis	90	1	0,130	0,008	0,693	0,056	≤ 0,01	0,194	0,027
Davis	90	20	0,106	0,009	0,480	0,028	≤ 0,01	0,261	0,042
Davis	90	50	0,153	0,011	0,453	0,053	≤ 0,01	0,425	0,032
Davis	90	130	0,172	0,017	0,427	0,040	0,023	0,347	0,018
Davis	90	200	0,408	0,019	0,901	0,082	0,032	0,992	0,053
Davis	91	1	0,095	0,007	0,921	0,094	0,096	1,19	0,04
Davis	91	10	0,086	0,009	0,697	0,04	0,021	0,800	0,032
Davis	91	30	0,088	0,006	1,09	0,12	0,057	0,780	0,012
Davis	91	70	0,083	0,007	0,622	0,056	0,061	0,840	0,051
Davis	92	1	0,095	0,011	0,807	0,075	0,024	0,100	0,018
Davis	92	20	0,086	0,007	0,343	0,023	0,040	0,200	0,007
Davis	92	50	0,138	0,009	0,642	0,095	0,034	0,100	0,019
Davis	92	130	0,152	0,013	0,546	0,039	0,044	0,920	0,052
Davis	92	200	0,322	0,017	0,919	0,095	0,048	0,980	0,032
III	93	1	0,081	0,007	0,821	0,082	≤ 0,01	0,200	0,031
III	93	20	0,105	0,013	0,693	0,054	≤ 0,01	0,088	0,007
III	93	50	0,095	0,009	0,773	0,056	≤ 0,01	≤ 0,01	*
III	93	130	0,227	0,013	0,805	0,067	0,019	≤ 0,01	*
III	93	200	0,454	0,017	1,26	0,25	0,017	0,650	0,060
III	95	1	0,085	0,009	*		0,021	*	*
III	95	20	0,780	0,054	*		≤ 0,01	≤ 0,01	*

Apêndice G - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato em 1998 (verão)

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P (umol L ⁻¹)		Silicato (umol Si L ⁻¹)		Nitrito-N (umol L ⁻¹)	Nitrato-N (umol L ⁻¹)	
			Média	± LC *	Média	± LC *	Média [#]	Média	± LC*
III	95	50	0,105	0,011	*		0,027	≤ 0,01	*
III	95	130	0,171	0,013	*		0,030	≤ 0,01	*
III	95	200	0,322	0,018	*		0,029	3,02	0,12
Dogaressa	96	1	0,095	0,011	0,211	0,045	0,019	0,189	0,012
Dogaressa	96	20	0,095	0,009	0,211	0,035	≤ 0,01	0,189	0,034
Dogaressa	96	50	0,166	0,011	0,713	0,098	0,015	0,184	0,017
Dogaressa	96	130	0,232	0,015	0,323	0,028	0,017	0,121	0,018
Dogaressa	96	200	0,402	0,018	0,515	0,045	0,018	2,24	0,06
Dogaressa	97	1	0,091	0,008	0,350	0,027	0,036	0,096	0,009
Dogaressa	97	20	0,095	0,009	0,446	0,074	0,056	0,120	0,019
Dogaressa	97	50	0,076	0,007	0,446	0,042	0,046	0,083	0,006
Dogaressa	97	70	0,086	0,008	0,419	0,027	0,049	0,155	0,009
Dogaressa	98	1	0,172	0,014	0,745	0,062	≤ 0,01	0,520	0,043
Dogaressa	98	20	0,158	0,009	0,734	0,045	0,018	0,609	0,023
Dogaressa	98	50	0,144	0,011	0,531	0,058	≤ 0,01	0,624	0,041
Dogaressa	98	130	0,216	0,015	0,564	0,036	*	0,647	0,032
Dogaressa	98	200	0,395	0,013	1,01	0,12	*	0,826	0,051
V	100	1	0,122	0,009	0,777	0,064	0,022	0,382	0,017
V	100	20	0,113	0,009	0,985	0,085	0,032	0,698	0,058
V	100	50	0,207	0,015	1,42	0,09	0,020	0,174	0,019
V	100	130	0,146	0,011	1,01	0,10	0,048	0,147	0,025
V	100	200	0,465	0,018	1,21	0,10	0,052	1,22	0,06
Colúmbia	102	1	0,095	0,009	0,772	0,058	0,048	0,128	0,032
Colúmbia	102	20	0,142	0,014	0,713	0,065	0,052	0,129	0,018
Colúmbia	102	50	0,227	0,015	0,697	0,082	0,016	4,65	0,22
Colúmbia	102	130	0,083	0,008	0,878	0,074	0,018	≤ 0,01	*
Colúmbia	102	200	0,100	0,008	0,825	0,086	0,043	1,17	0,03
Colúmbia	103	1	0,153	0,014	0,529	0,073	0,085	2,09	0,10
Colúmbia	103	20	0,073	0,008	0,574	0,038	0,016	0,316	0,036
Colúmbia	103	50	0,130	0,008	0,873	0,065	0,018	0,139	0,033
Colúmbia	103	70	0,172	0,014	0,825	0,075	0,017	0,149	0,025
Colúmbia	104	1	0,098	0,009	0,928	0,058	0,020	0,276	0,017
Colúmbia	104	20	0,113	0,008	1,02	0,11	0,016	0,217	0,021
Colúmbia	104	50	0,169	0,012	1,17	0,10	0,019	0,110	0,005
Colúmbia	104	130	0,202	0,011	1,33	0,09	*	0,304	0,009
Colúmbia	104	200	0,348	0,015	1,89	0,22	0,023	1,75	0,03

Apêndice H - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 2000 (outono)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P (umol L ⁻¹)		Silicato (umol Si L ⁻¹)		Nitrito-N (umol L ⁻¹)	Nitrato-N (umol L ⁻¹)	
			Média	± LC	Média	± LC	Média	Média	± LC
Jaseur	87	1	0,198	0,022	0,432	0,028	0,018	0,201	0,019
Jaseur	87	20	0,170	0,011	0,767	0,018	0,016	0,251	0,006
Jaseur	87	50	0,135	0,006	0,913	0,062	0,015	0,395	0,045
Jaseur	87	100	0,219	0,012	0,840	0,028	0,020	0,932	0,153
Jaseur	87	200	0,444	0,031	1,17	0,05	0,016	3,92	0,23
Jaseur	88	1	0,191	0,011	*	*	0,016	0,201	0,018
Jaseur	88	10	0,241	0,012	*	*	0,016	0,328	0,027
Jaseur	88	20	0,233	0,021	*	*	0,018	0,396	0,019
Jaseur	88	50	0,381	0,016	*	*	0,019	0,512	0,034
Jaseur	89	1	0,944	0,045	1,07	0,04	0,018	2,32	0,01
Jaseur	89	20	0,923	0,085	0,999	0,036	0,017	3,01	0,26
Jaseur	89	50	0,965	0,045	0,974	0,062	0,025	2,52	0,12
Jaseur	89	100	0,958	0,031	0,968	0,056	0,027	2,70	0,21
Jaseur	89	200	1,26	0,11	1,74	0,11	0,021	4,31	0,19
Davis	90	1	0,177	0,008	1,05	0,01	0,015	0,234	0,018
Davis	90	20	0,205	0,016	1,01	0,03	0,018	0,312	0,042
Davis	90	50	0,191	0,006	0,974	0,018	0,022	0,274	0,028
Davis	90	100	0,339	0,021	1,08	0,04	0,016	0,332	0,032
Davis	90	200	0,395	0,022	1,14	0,10	0,021	0,986	0,066
Davis	91	1	0,198	0,011	1,04	0,03	0,016	0,201	0,018
Davis	91	10	0,233	0,031	0,938	0,052	0,019	0,158	0,056
Davis	91	20	0,184	0,018	1,14	0,12	0,017	0,238	0,034
Davis	91	50	0,212	0,009	1,22	0,06	0,018	0,352	0,130
Davis	91	60	0,311	0,009	1,35	0,04	0,022	0,412	0,051
Davis	92	1	0,198	0,006	2,15	0,12	0,017	0,184	0,032
Davis	92	20	0,212	0,021	1,93	0,05	0,016	0,252	0,018
Davis	92	50	0,226	0,031	1,91	0,06	0,019	0,386	0,027
Davis	92	100	0,283	0,011	2,13	0,10	0,017	0,892	0,102
Davis	92	200	0,430	0,035	2,42	0,11	0,016	1,45	0,09
III	94	1	0,979	0,035	0,822	0,098	0,017	2,52	0,10
III	94	20	1,10	0,12	0,593	0,028	0,017	3,12	0,12
III	94	50	0,972	0,038	0,767	0,042	0,016	3,58	0,02
III	94	100	1,01	0,10	0,971	0,004	0,018	4,52	0,22
III	94	200	0,951	0,047	1,35	0,12	0,020	3,94	0,03
III	95	1	0,255	0,012	0,956	0,042	0,016	0,453	0,028
III	95	20	0,241	0,009	0,546	0,028	0,017	0,354	0,056

Apêndice H - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 2000 (outono)

continua

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P (umol L ⁻¹)		Silicato (umol Si L ⁻¹)		Nitrito-N (umol L ⁻¹)	Nitrato-N (umol L ⁻¹)	
			Média	± LC	Média	± LC	Média	Média	± LC
III	95	50	0,226	0,021	0,632	0,098	0,018	0,383	0,045
III	95	100	0,346	0,031	0,782	0,053	0,019	0,76	0,03
III	95	200	0,536	0,043	1,45	0,10	0,019	2,54	0,23
Dogaressa	96	1	0,283	0,018	1,37	0,03	0,015	0,328	0,056
Dogaressa	96	20	0,409	0,053	1,47	0,06	*	0,312	0,028
Dogaressa	96	50	0,276	0,011	1,51	0,05	0,016	0,453	0,065
Dogaressa	96	100	0,290	0,016	1,45	0,04	0,017	0,401	0,032
Dogaressa	96	200	0,592	0,061	2,02	0,10	0,015	3,83	0,13
Dogaressa	97	1	0,226	0,008	1,14	0,04	0,015	0,302	0,027
Dogaressa	97	10	0,149	0,009	1,08	0,10	0,018	0,462	0,034
Dogaressa	97	20	0,156	0,006	1,00	0,04	0,016	0,389	0,023
Dogaressa	97	50	0,269	0,020	1,08	0,10	0,022	0,453	0,051
Dogaressa	97	80	0,367	0,011	1,13	0,05	0,023	1,62	0,07
Dogaressa	98	1	0,290	0,035	0,798	0,052	0,017	0,321	0,017
Dogaressa	98	20	0,304	0,019	0,771	0,036	0,016	0,385	0,036
Dogaressa	98	50	0,283	0,021	0,518	0,028	0,016	0,354	0,023
Dogaressa	98	100	0,381	0,036	0,659	0,034	0,017	0,501	0,066
Dogaressa	98	200	0,529	0,045	0,946	0,085	0,023	2,14	0,10
V	100	1	0,149	0,006	1,42	0,11	0,016	0,198	0,018
V	100	20	0,170	0,009	0,938	0,056	0,017	0,201	0,032
V	100	50	0,219	0,011	1,01	0,09	0,017	0,412	0,065
V	100	100	0,297	0,036	0,907	0,038	0,016	0,485	0,045
V	100	200	0,451	0,028	1,54	0,06	0,018	2,43	0,132
Colúmbia	102	1	0,233	0,006	1,08	0,03	0,021	0,252	0,023
Colúmbia	102	20	0,255	0,009	1,05	0,05	0,020	0,302	0,028
Colúmbia	102	50	0,205	0,006	1,01	0,11	0,018	0,412	0,032
Colúmbia	102	100	0,262	0,009	1,15	0,05	0,023	0,623	0,034
Colúmbia	102	200	0,585	0,068	1,93	0,09	0,023	2,45	0,13
Colúmbia	103	1	0,761	0,064	0,938	0,041	0,033	1,42	0,07
Colúmbia	103	10	0,831	0,061	0,920	0,063	0,046	1,37	0,10
Colúmbia	103	20	0,255	0,009	0,706	0,034	0,033	0,512	0,033
Colúmbia	103	50	0,297	0,011	0,615	0,034	0,032	0,485	0,032
Colúmbia	103	70	0,304	0,012	0,688	0,040	0,030	0,621	0,051
Colúmbia	104	1	0,290	0,011	2,10	0,10	0,017	0,353	0,025
Colúmbia	104	20	0,255	0,006	0,901	0,056	0,017	0,412	0,056
Colúmbia	104	50	0,269	0,009	1,01	0,04	0,017	0,385	0,023

Apêndice H - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 2000 (outono)

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P ($\mu\text{mol L}^{-1}$)		Silicato ($\mu\text{mol Si L}^{-1}$)		Nitrito-N ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Nitrato-N ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	
			Média	\pm LC	Média	\pm LC	Média	Média	\pm LC
			continua						
Colúmbia	104	100	0,444	0,035	1,12	0,09	0,018	0,284	0,028
Colúmbia	104	200	0,304	0,024	1,41	0,11	0,022	0,521	0,086
VII	106	1	0,255	0,009	1,91	0,091	0,017	0,401	0,034
VII	106	20	0,304	0,012	2,85	0,108	0,016	0,289	0,018
VII	106	50	0,304	0,025	2,20	0,115	0,018	0,325	0,051
VII	106	100	0,866	0,095	3,19	0,215	0,041	1,21	0,10
VII	106	200	*	*	*	*	*	*	*
Trindade	108	1	0,459	0,031	0,852	0,041	0,021	0,685	0,025
Trindade	108	20	0,367	0,018	0,834	0,087	0,020	0,478	0,045
Trindade	108	50	0,360	0,031	0,798	0,034	0,018	0,415	0,051
Trindade	108	100	0,402	0,028	0,743	0,042	0,016	0,654	0,086
Trindade	108	200	0,698	0,053	1,41	0,10	0,022	2,25	0,23
Trindade	109	1	0,332	0,015	0,785	0,028	0,016	0,462	0,065
Trindade	109	10	0,255	0,026	0,566	0,051	0,016	0,325	0,032
Trindade	109	20	0,276	0,031	1,30	0,08	0,017	0,302	0,051
Trindade	109	50	0,241	0,011	0,785	0,034	0,016	0,325	0,033
Trindade	109	70	0,381	0,009	0,962	0,069	0,023	0,451	0,056
Trindade	110	1	0,346	0,027	0,737	0,077	0,021	0,425	0,023
Trindade	110	20	0,346	0,022	0,907	0,068	0,017	0,325	0,045
Trindade	110	50	0,353	0,011	0,804	0,028	0,017	0,502	0,025
Trindade	110	100	0,430	0,016	0,804	0,055	0,016	0,562	0,065
Trindade	110	200	0,662	0,082	1,27	0,11	0,021	0,951	0,125
IX	112	1	0,332	0,006	1,83	0,09	0,016	0,285	0,056
IX	112	20	0,325	0,035	1,33	0,11	$\leq 0,01$	0,302	0,027
IX	112	50	0,353	0,009	0,804	0,077	$\leq 0,01$	0,415	0,032
IX	112	100	0,325	0,019	0,767	0,051	$\leq 0,01$	0,521	0,086
IX	112	200	0,627	0,029	*	*	$\leq 0,01$	1,25	0,10
Martim Vaz	113	1	0,381	0,021	1,43	0,09	0,017	0,529	0,056
Martim Vaz	113	20	0,311	0,012	1,20	0,08	0,016	0,356	0,051
Martim Vaz	113	50	0,374	0,016	1,28	0,11	0,018	0,401	0,018
Martim Vaz	113	100	0,339	0,009	1,18	0,08	0,016	0,534	0,033
Martim Vaz	113	200	0,360	0,041	2,09	0,12	0,019	0,586	0,032
Martim Vaz	115	1	*	*	1,29	0,17	0,016	*	*
Martim Vaz	115	20	0,409	0,039	1,25	0,07	0,017	0,501	0,023
Martim Vaz	115	50	0,346	0,032	1,27	0,09	0,016	0,485	0,051
Martim Vaz	115	100	0,304	0,032	1,32	0,06	0,016	0,406	0,033

Apêndice H - Valores de fosfato, silicato, nitrito e nitrato, em 2000 (outono)²⁶

Perfil	Estação	Prof (m)	Fosfato-P (umol L ⁻¹)		Silicato (umol Si L ⁻¹)		Nitrito-N (umol L ⁻¹)	Nitrato-N (umol L ⁻¹)	
			Média	± LC	Média	± LC	Média	Média	± LC
Martim Vaz	115	200	0,353	0,012	1,55	0,22	0,019	0,512	0,027
Martim Vaz	116	1	0,311	0,009	1,31	0,07	0,018	0,412	0,086
Martim Vaz	116	20	0,198	0,006	1,25	0,08	0,017	0,423	0,056
Martim Vaz	116	50	0,311	0,021	1,21	0,08	0,019	0,458	0,045
Martim Vaz	116	100	0,297	0,015	1,22	0,12	0,019	0,527	0,065
Martim Vaz	116	200	0,381	0,028	1,20	0,03	0,021	0,846	0,102

²⁶ * LC - Limite de confiança da média [ts/\sqrt{n}] a 95 %, com desvio padrão (s) e *t student* (4,30), para n=3.

O limite de confiança (LC) para o nitrito não foi considerado porque as medidas apresentaram muita instabilidade, com teores próximos ao limite de detecção do método ($\leq 0,01$ umol L⁻¹).

PROQUIMAR