



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II – CAMPINA GRANDE

**EVOLUÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM UMA REPRESA NORDESTINA DE
RECENTE FORMAÇÃO. REPRESA SÃO SALVADOR – SAPÉ – PB.**

JEAN LEITE TAVARES

CAMPINA GRANDE

MARÇO, 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II – CAMPINA GRANDE

**EVOLUÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM UMA REPRESA NORDESTINA DE
RECENTE FORMAÇÃO. REPRESA SÃO SALVADOR – SAPÉ – PB.**

JEAN LEITE TAVARES

CAMPINA GRANDE
2000

JEAN LEITE TAVARES

**EVOLUÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM UMA REPRESA NORDESTINA DE
RECENTE FORMAÇÃO. REPRESA SÃO SALVADOR – SAPÉ – PB.**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado em Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para a
obtenção do grau de Mestre

Área de concentração: Recursos Hídricos

Sub-área de concentração: Engenharia Sanitária e Ambiental

Orientadoras: Prof^a Dr^a Beatriz S. O. de Ceballos

Prof^a Dr^a Annemarie König

Campina Grande – PB
Março/2000



T231e Tavares, Jean Leite.
Evolução da eutrofização em uma represa nordestina de recente formação. Represa São Salvador / Jean Leite Tavares. - Campina Grande, 2000.
134 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2000.
"Orientação : Profa. Dra. Beatriz S. O. de Ceballos, Profa. Dra. Annemarie König".
Referências.

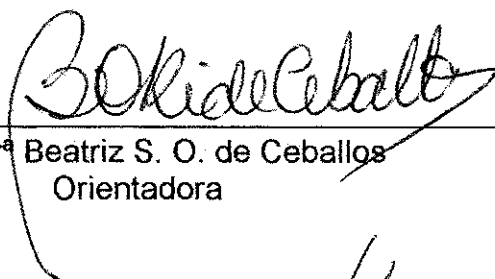
1. Recursos Hídricos. 2. Represa São Salvador - Sapé (PB) - Eutrofização. 3. Eutrofização - Evolução. 4. Engenharia Civil - Dissertação. I. Ceballos, Beatriz S. O. de. II. König, Annemarie ". III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 624:556.18(043)

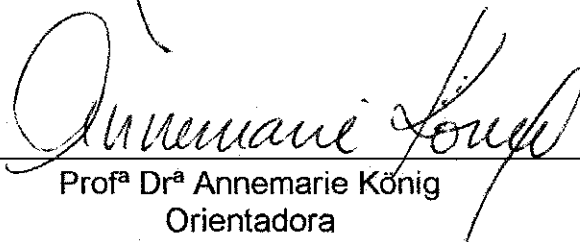
EVOLUÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO EM UMA REPRESA NORDESTINA DE
RECENTE FORMAÇÃO. REPRESA SÃO SALVADOR – SAPÉ – PB.

JEAN LEITE TAVARES

COMISSÃO EXAMINADORA:



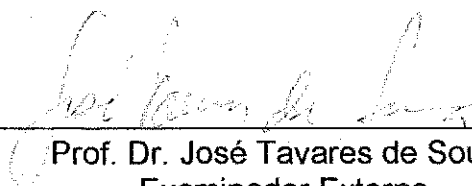
Profª Drª Beatriz S. O. de Ceballos
Orientadora



Profª Drª Annemarie König
Orientadora



Prof. Dr. Rui de Oliveira
Examinador Interno



Prof. Dr. José Tavares de Sousa
Examinador Externo

Campina Grande – PB
Março de 2000

"...quero uma água que transpasse os corpos mais duros
que o vento do amor ainda não pode roçar
uma água que não coubesse em si
nem nos vasos infinitos
e que não fosse só líquido
e de passagem pelos acidentes naturais
e que compusesse no ar algo que de tão gasoso
desse corpo em mim a alma a almas invisíveis....
quero uma água que não jorrasse do vazio do céu
nem do jarro da terra
e não alimentasse em vão
a sede do vão das bocas
mas vazasse a fome
de um largo coração aos prantos
que nunca sentiu por ela
nada
nem nadou ou bebeu dessa impossível água".

Bené Fonteles

Este trabalho é dedicado,

À minha família e a Érika Roméria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

Às professoras Beatriz Susana Ovruski de Ceballos e Annemarie König pela dedicação, apoio e orientação no desenvolvimento deste trabalho e principalmente da minha base profissional.

À minha família e à minha noiva Érika Roméria, por todas as dificuldades e superações que já enfrentamos.

Aos colegas de mestrado, especialmente a Bemvindo, Bárbara e Nilana, exemplos de amizade, sinceridade e companheirismo.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFPB – Campus II, especialmente aos professores Rui de Oliveira e Carlos Fernandes.

Aos amigos e colegas da AESA: Cristina, Valmária, Fátima e Alves.

Aos colegas de laboratório: Fayrus, Sakaé, Valéria, Alysson, Abigail, Luciano, Márcio, Petrucio, Janailton, Nivson, Eduardo, Érika e a todos os outros companheiros na minha passagem pelo Laboratório de Saneamento.

À comunidade de pescadores do município de Sapé pela colaboração nos trabalhos de campo.

Ao Departamento de Matemática e Estatística do Campus II da UFPB pelo apoio nas análises estatísticas dos resultados.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto – LMRS pelo apoio nos estudos de campo e análise batimétrica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro.

A todos àqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos avaliar os aspectos sanitários da qualidade da água nos compartimentos horizontais e verticais da represa São Salvador localizada no município de Sapé-Pb (7°06'S; 35°14'5"W) estado da Paraíba e inserida na micro região homogênea do Agreste e comparar os dados desta pesquisa com os já existentes para avaliar a eutrofização do estado trófico da represa, em três diferentes épocas climáticas. Os dados analisados compreenderam o período de janeiro de 1996 a julho de 1998, que foram agrupados em distintas épocas climáticas de acordo com as precipitações nos períodos para compara-los com uma média climática de acordo com as precipitações nos períodos para compara-los com uma média climática mensal dos últimos 30 anos na região estudada. Os períodos foram divididos em três épocas de chuva (Chuva 1, Chuva 2 e Chuva 3) e duas épocas de seca (Seca 1 e Seca 2). Os 7 pontos dos compartimentos horizontais estudados (4 nas margens e 3 no centro da represa) foram analisados nos períodos Chuva 1 (C1), Seca 1 (S1) e Seca 2 (S2). Foi feita uma análise de agrupamento utilizando o software SPSS 8.0 for Windows, objetivando acompanhar o avanço da eutrofização nos compartimentos horizontais. Este estudo mostrou uma alternância da qualidade da água nos pontos próximos à entrada do tributário principal, o riacho São Salvador, pertencente à Bacia Inferior do rio Paraíba e que sofre a influência dos despejos da estação de tratamento dos esgotos da cidade de Sapé (Pb), com baixa eficiência na remoção de patógenos, material orgânico e sólidos em suspensão, contribuindo para a deterioração da qualidade da água da represa. Foram utilizados dois índices de classificação trófica: o IET de Carlson modificado, que classificou a represa como eutrófica nos períodos de estiagem e de eu-hipereutrófica no período de chuvas e o índice de Carlson adaptado, que classificou a represa como meso-eutrófica nos períodos de estiagem e de eutrófica na chuva. Utilizou-se também a classificação proposta pela OECD que utilizava valores limites para a classificação trófica e nesta represa evoluiu de meso-eutrófica na Seca 1, para eutrófica na Chuva 1 para chegar a hipereutrófica na Seca 2. Segundo a classificação proposta pela resolução CONAMA 20/86 as águas da represa se classificam em classe 2, devido ao uso prioritário para o abastecimento público, no entanto, as variáveis físicas, químicas e biológicas na água da represa classificam-na como classe 3, sendo propícia para o consumo humano após tratamento convencional. Quanto à balneabilidade, as águas da represa foram consideradas impróprias para este uso. Isto ocorreu devido às inúmeras atividades antrópicas desenvolvidas nas suas margens. O estudo dos compartimentos verticais realizado em dois pontos (RS6 e RS1) mostrou a influência da macrófita submersa *Elodea canadensis* na deterioração da qualidade da água no ponto RS6 enquanto que no ponto RS1, a qualidade da água apresentou seus melhores valores devido este ponto estar protegido dos pulsos poluidores oriundos das margens.

ABSTRACT

This work aimed the evaluation of sanitary aspects of water quality in the horizontal and vertical compartments of São Salvador reservoir, located in the municipal district of Sapé (7°06'S; 35°14'5"W) state of Paraíba and inserted in the micro region of the Agreste. Also compared this data with the existent in the order to evaluate the evolution of the dam trophic state, in three different climatic times. The analyzed data comprised the period of January of 1996 to July of 1998, inserted in different climatic times according to the precipitations. The periods were divided in three rainy season (Rain 1, Rain 2 and Rain 3) and two dry seasons (Dry 1 and Dry 2). The 7 points studied in the horizontal compartments (4 in the margins and 3 in the center of the dams) were analyzed in the Rain 1 (C1), Dry 1 (S1) and Dry 2 (S2). A grouping analysis using the software SPSS 8.0 for Windows was carried out to accompany the progress of eutrophication in the horizontal compartments. The results showed an alternative of water quality in those points near the entrance of the main tributary, the São Salvador stream, belonging to the Inferior Basin of the Paraíba river which receives the influence of the final effluent of the Sapé Wastewater Treatment Plant, with low efficiency for the removal of pathogens, organic material and suspended solids, contributing to the dam water quality deterioration. Two indexes for trophic classification were used: modified Carlson index, which classified the dam as eutrophic in the dry season and as eu-hipereutrophic in the rainy season and the adapted Carlson index, which classified the dam as meso-eutrophic in the dry season and as eutrophic in the rainy season. It was also used the classification proposed by OECD (which uses limits values for the trophic classification) and this dam was considered as meso-eutrophic in the Dry Season 1 and went to eutrophic in Rain 1 reaching hipereutrophic level in the Dry Season 2. According to the CONAMA 20/86 classification the dam water Class 3 being suitable for human consumption after conventional treatment. These waters were classified as inappropriate for bathing due to the several human activities developed in the margins. The study of the submerged macrophyte *Elodea canadensis* in the deterioration of water quality in RS6 while in RS1, presented the best water quality because was better protected from the polluted pulses originated from of the margins.

ÍNDICE

1.0 – INTRODUÇÃO	01
1.1 – Consumo de água.....	01
1.2 – Objetivos.....	02
2.0 – REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 – Represas artificiais.....	03
2.1.1 – Conceitos de represas.....	03
2.1.2 – Breve histórico da construção de represas.....	04
2.1.3 – Estudo e importância das represas.....	05
2.1.4 – Proteção da qualidade das águas de represas.....	06
2.2 – Importância de estudos sistemáticos em mananciais.....	07
2.3 – A qualidade da água.....	08
2.4 – Eutrofização artificial.....	12
2.5 – Causas da eutrofização artificial.....	14
2.6 – Tipologia de lagos e represas.....	15
2.7 – Estratégias para o controle da eutrofização.....	17
2.8 – Contaminação fecal.....	19
2.9 – Indicadores de contaminação fecal.....	20
2.10 – Morfologia de lagos e represas.....	20
2.11 – Estudos de avaliação trófica de corpos aquáticos no Nordeste brasileiro.....	21
2.12 – Classificação e balneabilidade da represa de acordo com a resolução CONAMA Nº 20/86.....	22
3.0 – MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 – Região estudada.....	25
3.2 – Características climatológicas.....	25
3.3 – Estruturas topográficas e geológicas.....	25
3.4 – Descrição do local amostrado.....	27
3.5 – Seleção dos pontos amostrados.....	29
3.6 – Períodos estudados.....	32
3.7 – Coleta dos dados primários. Período e frequência.....	32
3.8 – Metodologia de coleta para as análises físicas, químicas e microbiológicas.....	33
3.9 – Variáveis analisadas.....	35
3.10 – Índice de estado trófico (IET).....	36

3.11 – Análises estatísticas.....	36
3.11.1 – Estatística descritiva.....	36
3.11.2 – Análise de agrupamento.....	36
3.11.3 – Análise de correlação múltipla de Pearson.....	36
4.0 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	37
4.1 – Índices pluviométricos.....	37
4.2 – Transparência e zona fótica.....	40
4.3 – Resultados do estudo dos compartimentos horizontais.....	42
4.3.1 – Temperatura da água.....	42
4.3.2 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	46
4.3.3 – Condutividade elétrica.....	47
4.3.4 – Dureza.....	48
4.3.5 – Alcalinidade.....	48
4.3.6 – Cloreto.....	49
4.3.7 – Oxigênio dissolvido.....	49
4.3.8 – Turbidez.....	51
4.3.9 – Ortofosfato solúvel.....	51
4.3.10 – Fósforo total.....	52
4.3.11 – Clorofila “a”.....	52
4.3.12 – Sólidos totais e suas frações.....	53
4.3.13 – Sólidos suspensos e suas frações.....	54
4.3.14 – Nitrogênio amoniacal.....	54
4.3.15 – Nitrato.....	55
4.3.16 – Coliformes fecais.....	56
4.3.17 – Estreptococos fecais.....	56
4.3.18 – Bactérias heterótrofas mesófilas.....	57
4.4 – Análise de agrupamento dos compartimentos horizontais.....	57
4.5 – Análise de correlações múltiplas de Pearson nos compartimentos horizontais.....	60
4.6 – Avaliação dos níveis tróficos.....	64
4.6.1 – Análise da classificação trófica com o índice de estado trófico de Carlson modificado por Kratzer & Brezonik (1981) (IET _c).....	65
4.6.2 – Análise da classificação trófica com o índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. (IET _m).....	65
4.6.3 – Análise da classificação trófica segundo o sistema da OECD (1982).....	68

4.7 – Classificação e balneabilidade da represa São Salvador segundo a resolução CONAMA nº 20/86.....	73
4.8 – Apresentação dos resultados do estudo dos compartimentos verticais.....	74
4.8.1 – Resultados do estudo vertical no ponto RS6.....	74
4.8.1.1 – Temperatura da água.....	86
4.8.1.2 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	86
4.8.1.3 – Condutividade elétrica.....	87
4.8.1.4 – Oxigênio dissolvido.....	87
4.8.1.5 – Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅ ²⁰).....	88
4.8.1.6 – Dureza.....	88
4.8.1.7 – Alcalinidade.....	90
4.8.1.8 – Ortofosfato solúvel.....	90
4.8.1.9 – Fósforo total.....	90
4.8.1.10 - Cloreto.....	91
4.8.1.11 – Clorofila “a”	91
4.8.1.12 – Nitrogênio amoniacal.....	92
4.8.1.13 - Nitrato.....	93
4.8.1.14 – Sólidos totais e suas frações.....	93
4.8.1.15 – Sólidos suspensos e suas frações.....	94
4.8.1.16 – Coliformes fecais.....	94
4.8.1.17 – Bactérias heterótrofas mesófilas.....	95
4.8.2 – Resultados do estudo vertical no ponto RS1C.....	95
4.8.2.1 – Temperatura da água.....	107
4.8.2.2 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	107
4.8.2.3 – Condutividade elétrica.....	108
4.8.2.4 – Oxigênio dissolvido.....	108
4.8.2.5 – Dureza.....	110
4.8.2.6 – Alcalinidade.....	110
4.8.2.7 – Ortofosfato solúvel.....	110
4.8.2.8 – Fósforo total.....	110
4.8.2.9 – Cloreto.....	111
4.8.2.10 – Clorofila “a”	111
4.8.2.11 – Nitrogênio amoniacal.....	111
4.8.2.12 – Nitrato.....	112
4.8.2.13 – Sólidos totais e suas frações.....	112
4.8.2.14 – Sólidos suspensos e suas frações.....	113

4.8.2.15 – Coliformes fecais.....	113
4.8.2.16 – Bactérias heterótrofas mesófilas.....	113
5.0 – DISCUSSÃO.....	115
5.1 – Variáveis físicas, químicas e biológicas.....	115
5.1.1 – Temperatura.....	115
5.1.2 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	116
5.1.3 – Condutividade elétrica.....	116
5.1.4 – Dureza.....	117
5.1.5 – Alcalinidade.....	118
5.1.6 – Cloretos.....	118
5.1.7 – Oxigênio dissolvido.....	119
5.1.8 – Turbidez.....	120
5.1.9 – Transparência.....	120
5.1.10 – Ortofosfato solúvel.....	121
5.1.11 – Fósforo total.....	121
5.1.12 – Clorofila “a”.....	122
5.1.13 – Sólidos.....	123
5.1.14 – Nitrogênio amoniacal.....	123
5.1.15 – Nitrato.....	125
5.1.16 – Bactérias indicadoras de contaminação fecal.....	125
5.2 – Discussão dos agrupamentos dos compartimentos verticais.....	127
5.3 – Discussão da classificação trófica da represa São Salvador.....	127
5.4 – Discussão da classificação e da balneabilidade da represa São Salvador segundo a resolução CONAMA nº 20/86.....	129
6.0 – CONCLUSÕES.....	130
7.0 – BIBLIOGRAFIA.....	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Localização geográfica do estado da Paraíba com suas Bacias hidrográficas e respectivos açudes.....	26
Figura 3.2 - Bacia de drenagem e batimetria da represa São Salvador - Sapé (PB)...	28
Figura 3.3 - Pontos da margem e do centro da represa São Salvador.....	31
Figura 3.4 - Sistema coletor em profundidade (coletor e bomba peristáltica).....	34
Figura 4.1 - Pluviometria média mensal no período de janeiro de 1996 a julho de 1998, médias pluviométricas mensais de 30 anos na cidade de Sapé e volume observado no açude São Salvador no período estudado.....	38
Figura 4.2 - Precipitações em cada época estudada Chuva 1 (Mar/96 a Jul/96), Seca 1 (Jan/Fev96 + Set/Out/Nov/Dez96), Seca 2 (Set/97 a Fev/98) e Chuva 3 (Mar/98 a Jul/98) e as acumuladas (somatório das médias mensais) nos respectivos meses durante os últimos 30 anos.....	39
Figura 4.3 - Transparência, zona fótica e profundidade total dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) no período Seca 2.....	41
Figura 4.4.a a 4.7.g -Oscilações temporais das variáveis físicas, químicas e biológicas nos compartimentos horizontais(Anexo 1)	
Figura 4.8 - Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) na época Chuva 1 (mar - ju/96).....	58
Figura 4.9 - Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) na época Seca 1 (jan-fev e set-dez/96).....	58
Figura 4.10 - Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) na época Seca 2 (set/97 a fev/98).....	58

Figura 4.11 - Variação do índice de estado trófico de Carlson modificado (IETm) para clorofila "a" (Cl "a") dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé - PB) nas épocas Seca 1, Chuva 1 e Seca 2.....	67
Figura 4.12 - Variação do índice de estado trófico de Carlson modificado (IETm) para a concentração de fósforo total (Ptotal) dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé - PB) nas épocas Seca 1, Chuva 1 e Seca 2.....	67
Figura 4.13 - Variação do índice de estado trófico de Carlson adaptado por Toledo Jr. (IETjr) para clorofila "a" (Cl "a") dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé - PB) nas épocas Seca 1, Chuva 1 e Seca 2.....	70
Figura 4.14 - Variação do índice de estado trófico de Carlson adaptado por Toledo Jr. (IETjr) para a concentração de fósforo total (Ptotal) dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé - PB) nas épocas Seca 1, Chuva 1 e Seca.....	70
Figura 4.15 - Distribuição espaço-temporal dos valores de temperatura nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	75
Figura 4.16 - Distribuição espaço-temporal dos valores de pH nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	75
Figura 4.17 - Distribuição espaço-temporal dos valores de condutividade elétrica nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	75
Figura 4.18 - Distribuição espaço-temporal dos valores de oxigênio dissolvido nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	76
Figura 4.19 - Distribuição espaço-temporal dos valores da demanda bioquímica de oxigênio nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	76
Figura 4.20 - Distribuição espaço-temporal dos valores de dureza nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	77

Figura 4.21 - Distribuição espaço-temporal dos valores da alcalinidade nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	77
Figura 4.22 - Distribuição espaço-temporal dos valores de ortofosfato solúvel nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	78
Figura 4.23 - Distribuição espaço-temporal dos valores de fósforo total nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	78
Figura 4.24 - Distribuição espaço-temporal dos valores de cloreto nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	79
Figura 4.25 - Distribuição espaço-temporal dos valores de clorofila "a" nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	79
Figura 4.26 - Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrogênio amoniacal nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	80
Figura 4.27 - Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrato nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	80
Figura 4.28 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	81
Figura 4.29 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais fixos nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	81
Figura 4.30 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	81
Figura 4.31 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos totais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	82
Figura 4.32 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos fixos nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	82

Figura 4.33 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	82
Figura 4.34 - Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/100mL dos coliformes fecais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	83
Figura 4.35 - Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/mL de bactérias heterótrofas mesófilas nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).....	84
Figura 4.36 - Distribuição espaço-temporal dos valores de temperatura nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	96
Figura 4.37 - Distribuição espaço-temporal dos valores de pH nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	96
Figura 4.38 - Distribuição espaço-temporal dos valores de condutividade elétrica nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	97
Figura 4.39 - Distribuição espaço-temporal dos valores do oxigênio dissolvido nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	97
Figura 4.40 - Distribuição espaço-temporal dos valores de dureza nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	98
Figura 4.41 - Distribuição espaço-temporal dos valores da alcalinidade nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	98
Figura 4.42 - Distribuição espaço-temporal dos valores de ortofosfato solúvel nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	99
Figura 4.43 - Distribuição espaço-temporal dos valores de fósforo total nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	99

Figura 4.44 - Distribuição espaço-temporal dos valores de cloreto nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	100
Figura 4.45 - Distribuição espaço-temporal dos valores de clorofila "a" nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	100
Figura 4.46 - Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrogênio amoniacal nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	101
Figura 4.47 - Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrato nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	101
Figura 4.48 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	102
Figura 4.49 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais fixos nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	102
Figura 4.50 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	102
Figura 4.51 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos totais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	103
Figura 4.52 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos fixos nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	103
Figura 4.53 - Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	103
Figura 4.54 - Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/100mL de coliformes fecais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....	104

Figura 4.55 - Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/mL de bactérias heterótrofas mesófilas nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).....104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Índice de Carlson modificado por KRATZER & BREZONIK (1981).....	16
Tabela 2.2 - Índice de Carlson modificado por TOLEDO Jr. (1983).....	17
Tabela 2.3 - Tipologias de lagos para regiões temperadas e tropicais.....	18
Tabela 2.4 - Limites máximos das variáveis para classificação das águas doces segundo a resolução CONAMA nº 20/86, analisados na represa São Salvador.....	23
Tabela 2.5 - Critérios da balneabilidade das águas (de acordo com a resolução CONAMA nº 20/86).....	24
Tabela 3.1 - Dados técnicos da represa São Salvador - Sapé (PB) obtidos a partir de batimetria.....	27
Tabela 3.2 - Coordenadas dos pontos amostrados	35
Tabela 3.3 - Variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da represa São Salvador.....	35
Tabela 4.1 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas e químicas da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).....	43
Tabela 4.2 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas e químicas da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).....	44

Tabela 4.3 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis microbiológicas da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998)	45
Tabela 4.4 - Valores de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% sat) para os pontos de coleta da represa e do açude São Salvador (Sapé - PB)	50
Tabela 4.5 - Grupos formados pelos compartimentos horizontais após a análise de agrupamento nas 3 épocas estudadas na represa São Salvador - Sapé - PB	59
Tabela 4.6 - Correlações entre as medianas das variáveis físicas, químicas e biológicas no perfil horizontal da represa São Salvador (Sapé - PB). Época Seca 2 (Set/97 a Fev/98)	61
Tabela 4.7 - Tipologia dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) coletados nas épocas Seca1, Chuva 1 e Seca 2 com base no índice de estado trófico de Carlson modificado (IETc)	66
Tabela 4.8 - Tipologia dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) coletados nas épocas Seca1, Chuva 1 e Seca 2 com base no índice de estado trófico de Carlson modificado por TOLEDO (IETm)	69
Tabela 4.9 - Tipologia dos pontos da represa São Salvador (Sapé - PB) coletados nas épocas Seca1, Chuva 1 e Seca 2 com base na classificação trófica da OECD (1982) o índice de estado trófico de Carlson modificado por TOLEDO (IETm)	72
Tabela 4.10 - Classificação das águas do riacho São Salvador segundo a resolução CONAMA nº 20/86	73
Tabela 4.11 - Balneabilidade das águas do riacho São Salvador	73

Tabela 4.12 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/97 a Fev/98) 84

Tabela 4.13 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/97 a Fev/98)85

Tabela 4.14 - Valores de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% de sat) para os compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé - PB)..... 89

Tabela 4.15 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Chuva 3 (Abr/Jul - 98)..... 105

Tabela 4.16 - Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador, Sapé (PB). Período Chuva 3 (Abr/Jul - 98)..... 106

Tabela 4.17 - Valores de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% de sat) para os compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB)..... 109

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Coordenadas dos pontos amostrados.....	30
---	----

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1 – Consumo de água

A água, na sociedade atual, assume um papel cada vez mais importante, seja através do consumo doméstico, das práticas agrícolas ou das atividades industriais. Segundo estimativas da ONU, cerca de 26 países distribuídos por todos os continentes já enfrentam sérias dificuldades ocasionadas pela falta d'água conseqüente do aumento do consumo e pela poluição dos mananciais. Dados que evidenciam estas conclusões, mostram que o consumo total de água do mundo passou de aproximadamente 2×10^3 km³/ano em 1960 para $5,3 \times 10^3$ km³/ano na época atual (TUNDISI, 1999), enquanto a OMS (1987) afirma que na América Latina e Caribe são liberados anualmente 400 m³/s de esgotos não tratados que escoam para rios, lagos e mares.

MEYBEC (1989) observa que as condições climáticas e hidrológicas em várias regiões do globo acarretam uma distribuição desigual dos recursos hídricos. Segundo VON SPERLING (1999), o principal problema enfrentado quanto aos mananciais de água não é a quantidade destes, mas sim a localização geográfica dos mesmos e a qualidade, em contínua deterioração. Enquanto de um lado a Europa e a Ásia detêm 72% da população mundial, possuem somente 27% da água potável (ESTEVES, 1998), do outro há regiões com grande disponibilidade de recursos hídricos como a América do Sul que possui uma taxa de água por habitante 10 vezes maior do que aquelas regiões (MEYBEC, 1989).

TUNDISI (1999) se refere aos problemas trazidos à saúde humana, resultantes da poluição dos recursos hídricos, dentre eles os de ordem reprodutiva com alterações no equilíbrio hormonal e sistema imunológico com conseqüências à integridade das próximas gerações.

Estes fatos obrigam as autoridades e pesquisadores a investirem no desenvolvimento de técnicas alternativas que visem o aumento da disponibilidade de recursos hídricos tais como: dessalinização da água do mar, reuso de esgotos domésticos e industriais tratados, além de um gerenciamento dos recursos existentes visando a preservação e recuperação da qualidade dos ambientes aquáticos.

O Brasil é um bom exemplo da distribuição naturalmente irregular de recursos hídricos. Se por um lado possui a maior bacia fluvial do mundo, a bacia amazônica, com cerca de 20% de toda a água doce da Terra (TUNDISI, 1999), também possui o Nordeste brasileiro, região castigada por fortes secas e caracterizada por sua condição climática semi-árida. Esta região apresenta precipitações pluviométricas médias anuais em torno de 400 mm/ano e possui um balanço hídrico negativo (PORTUGAL FILHO, 1995; apud NASCIMENTO, 1996). Atualmente, é bastante crítica a situação dos recursos hídricos no

NASCIMENTO, 1996). Atualmente, é bastante crítica a situação dos recursos hídricos no Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, devido às poucas chuvas caídas na região nos últimos anos (SERPA, 1999).

Com o alto nível de desenvolvimento social, cultural e tecnológico alcançado pela humanidade ao longo do tempo, também cresceram as opções tecnológicas para o uso da água, observando-se um aumento do consumo de água através dos tempos. As técnicas e processos tecnológicos mais avançados aumentaram o consumo dos recursos hídricos seja para o uso doméstico, agrícola ou industrial.

Dentre os usos da água, a agricultura é a atividade de maior consumo, principalmente em países em desenvolvimento e de economia essencialmente agrícola. Segundo MEYBECK (1989), a irrigação e outros usos agrícolas são responsáveis por aproximadamente 80% da utilização da água em escala global.

Para suprir a demanda de água em regiões áridas e semi-áridas, a construção de açudes surgiu como uma alternativa apropriada, sendo bastante utilizada no Nordeste brasileiro.

A falta de água e a deterioração de muitos mananciais, mostram a importância de estudos que contribuam para a melhoria e controle da qualidade dos recursos hídricos existentes. Notadamente, devem-se destacar pesquisas sobre a eutrofização dos corpos d'água, principalmente em regiões como o Nordeste brasileiro, onde esses mananciais assumem importância fundamental no desenvolvimento sócio-econômico.

1.2 – Objetivos

Esta pesquisa tem por objetivos:

- 1) avaliar aspectos sanitários e biológicos da qualidade da água da represa São Salvador (Sapé – PB) nos compartimentos horizontais e verticais;
- 2) avaliar a variação dos aspectos sanitários e biológicos da água da represa São Salvador comparando os dados deste trabalho com os já existentes;
- 3) avaliar a evolução do estado trófico da represa São Salvador.

2.0 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Represas artificiais

2.1.1 – Conceitos de represas

Quando a humanidade dominou a técnica da agricultura, passou a sentir a necessidade de armazenar água para as diversas atividades, dentre elas a irrigação e o uso doméstico. Com o avanço cultural, o homem aprendeu a construir diques e represas com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para os diversos usos e, deste modo, a construção dos mesmos se difundiu bastante.

As represas podem ser definidas como ambientes lacustres provenientes do barramento artificial de cursos d'água e que também podem receber as denominações de açudes, barramentos, etc., dependendo da região (SPERLING, 1999).

As barragens podem ter origem natural, quando formadas a partir de atividades tectônicas ou vulcânicas, através do derretimento de geleiras, barramento de rios por deslizamento de material mineral, formadas pela atividade erosiva de rios, dissolução de rochas, depressões naturais de terrenos, etc. São artificiais quando formadas através do barramento proposital de um rio ou pela construção de reservatório para serem cheios com água de chuva (SPERLING, 1999; ESTEVES, 1998).

As represas podem ser classificadas de acordo com o material utilizado para sua construção e os principais tipos de represas são: de terra, de enrocamento ou de concreto. Os dois primeiros tipos são conhecidos desde a antiguidade e o último foi desenvolvido a partir do século XIX. A escolha do tipo de represa depende da sua utilidade, das características da região onde será construída, do custo de construção, etc. Na região Nordeste predominam as barragens de enrocamento e/ou terra porque são relativamente pequenas e com o objetivo principal de armazenar água. Caso o objetivo seja a produção de energia elétrica, deve-se construir grandes estruturas de concreto (MOLLE & CADIER, 1992).

Segundo ESTEVES (1998), as represas possuem baixos tempos de detenção hidráulica e em consequência, estes corpos d'água são considerados ecossistemas intermediários entre rios e lagos. Entretanto, os açudes nordestinos são ambientes que possuem elevados tempos de detenção hidráulica a fim de acumular mais água, visto que a principal fonte é a precipitação pluviométrica.

Essa característica contribui bastante para o progresso do processo de salinização no interior da represa: a água armazenada por períodos prolongados e sob condições de elevada insolação, fica sujeita à evaporação e conseqüente aumento da

concentração de sais durante as estiagens. Nas chuvas, ocorre a recarga hídrica dos mananciais. Nesta época, embora ocorra diluição dos sais, o escoamento superficial proveniente da bacia de drenagem carrega materiais orgânicos e inorgânicos, contribuindo para a acumulação destes, no corpo aquático. Em conseqüência, nos açudes nordestinos é freqüente observar fortes flutuações dos valores de condutividade elétrica, da concentração de sais e das propriedades associadas como alcalinidade, dureza, etc. entre a época de seca e a chuvosa, como destacou WRIGHT (1981), em seus estudos limnológicos em açudes do interior da Paraíba. Todavia, a maioria destas águas tem condutividade elétrica bem superior a 4500 $\mu\text{mhos/cm}$ (CEBALLOS et al., 1997).

Uma outra característica destacada por ESTEVES (1988) é a grande variação do nível d'água das represas, devido ao consumo que pode ser intenso em um curto intervalo de tempo e a recarga durante as chuvas.

2.1.2 – Breve histórico da construção de represas

O homem, através dos séculos construiu grandes represas artificiais. Atualmente, estas têm como objetivo a geração de energia elétrica.

PAIVA (1982), afirma que os sumerianos, por volta de 5.000 anos a.C., já construíam diques e barragens de tijolos cozidos ao sol, visando controlar as águas do rio Eufrates. Os primeiros dados sobre construções de represas remontam ao ano 4000 a.C., no Oriente Médio. Nessa região, foi erguida a represa de Jawa, construída aproximadamente a 3000 a.C. e mantendo-se em pé até os dias atuais. Uma outra antiga represa, construída em 2600 a.C. foi a de El Kafra na cidade do Cairo, capital do Egito. Formada sobre enrocamento de cascalho e rocha alterada, tinha 14 m de altura e comportava 87000 m^3 . A represa mais antiga ainda em uso, localiza-se na Síria e foi construída por volta do ano 1300 a.C. (SPERLING, 1999).

Na Roma antiga, a construção de represas não teve o mesmo sucesso obtido com outras obras. No entanto, os engenheiros do império bizantino, aproximadamente 500 anos d.C., concluíram a construção de uma represa de arco, que serviu de modelo para este tipo de estrutura. Na Europa, até o século XIX se construíram represas de terra, enrocamento e de alvenaria. Com a Revolução Industrial, houve uma crescente demanda de água e energia para o funcionamento das fábricas e centros urbanos, o que exigia a construção de barragens mais complexas. Em 1850, pesquisas do inglês William John Macquom Rankine, permitiram desenvolver a moderna teoria estrutural que possibilitou a construção de represas com estruturas de concreto.

Neste século, as represas passaram a ser calculadas como estruturas monolíticas tridimensionais. Assim, a distribuição da pressão na barragem é dividida entre pontos dispersos da estrutura. Por sua vez, o avanço da computação permitiu que a tecnologia para construção de barragens se baseasse em métodos analíticos que dividem a estrutura monolítica em blocos separados (PARKER, 1971).

2.1.3 – Estudo e importância das represas

As represas artificiais são formadas para satisfazer pelo menos um dos seguintes objetivos: abastecimento de água, regularização da vazão de rios, obtenção de energia elétrica, irrigação, navegação, recreação, etc.

TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI (1995), destacam a construção de grandes reservatórios no sudeste brasileiro, principalmente em São Paulo, nos últimos 20 anos.

CEBALLOS (1995) destaca que na região do semi-árido do Nordeste do Brasil, os açudes têm uma grande importância econômica e social. Nos períodos de estiagem toda atividade humana depende desses mananciais e suas águas passam a ser utilizadas para múltiplos usos, tais como irrigação, dessedentação de animais, consumo humano e piscicultura.

A falta de água nas estiagens prolongadas, quando os açudes secam por completo, gera grandes migrações aos centros urbanos e junto com isso, fortes pressões sociais, justificando a preocupação de cientistas e até analistas militares de que as guerras num futuro próximo serão pela posse dos recursos hídricos (SERPA, 1999).

Segundo PAIVA (1982), a construção de açudes de maior porte no nordeste brasileiro se iniciou na época do segundo império, sendo o primeiro grande açude o de Cedro, na cidade de Quixadá (Ce). A construção destes reservatórios se intensificou a partir de 1944/1945 quando houve um grande e drástico período de estiagem.

TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI (1995) observaram que o número e o tamanho dos ecossistemas aquáticos artificiais têm aumentado em todas as regiões do globo, sendo a construção de represas uma das conseqüências do desenvolvimento industrial e do aumento populacional. Os autores destacam a grande importância de estudos limnológicos e sanitários nestes ecossistemas pois, constituem informações básicas que servem para providenciar medidas de proteção da qualidade da água.

Segundo MARGALEF (1981), a qualidade da água de um manancial é o resultado da drenagem da bacia hidrográfica correspondente. Assim, essa qualidade depende das ações praticadas no solo das bacias e, em conseqüência, torna-se necessária à gestão do uso do solo para a manutenção da qualidade dos recursos

hídricos. O mesmo autor afirma que, se por um lado, a construção de represas aumenta a disponibilidade de água, por outro provoca sérias alterações hidrológicas, climáticas e ecológicas. Além disso, uma nova fonte de água estimula o desenvolvimento industrial e populacional, o que provoca um aumento da produção de esgotos domésticos e industriais que serão afastados das zonas urbanizadas e destinadas aos rios, lagos e represas. As descargas orgânicas e inorgânicas nos corpos aquáticos provocam modificações de diferentes graus na qualidade hídrica (SPERLING, 1996), destacando-se a contaminação fecal, a eutrofização e a poluição com substâncias tóxicas.

2.1.4 - Proteção da qualidade das águas de represas

BRANCO & ROCHA (1977), citam algumas medidas para a proteção da qualidade das águas de represas, as quais também podem ser aplicadas a pequenos e médios açudes:

1) manutenção da cobertura vegetal autóctone : a vegetação rasteira constitui uma barreira física ao transporte de material, reduzindo o aporte de substâncias poluentes para os mananciais. A presença desta vegetação, além de dar maior estabilidade ao solo quanto à erosão, exerce uma importante influência na evapotranspiração, pois como a superfície das folhas é bem maior que a superfície do solo correspondente, menos água de chuva chega a este, e a que, chega tem seu impacto atenuado o que reduz o escoamento superficial e a infiltração, que são as principais vias de aportes difusos de material poluente aos corpos d'água;

2) criação de uma faixa de segurança sanitária: que tem como principal vantagem, servir como zona de transição entre a região de atividade antrópica (doméstica, industrial e agrícola) e o corpo d'água, reduzindo o contato do meio aquático com um ambiente terrestre já impactado. Para realizar estas funções a faixa deverá ter características semelhantes às do ambiente natural;

3) limpeza prévia dos terrenos a serem inundados: são recomendadas medidas de precaução e limpeza das áreas a serem inundadas para evitar ou retardar o surgimento de problemas como a eutrofização, demanda excessiva de oxigênio dissolvido e assoreamento dos corpos d'água. É desaconselhável a queima da vegetação da área a ser inundada pois os nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) contidos nas cinzas enriquecem a água e são facilmente absorvidos pelas algas e macrófitas, acarretando, em prazos mais ou menos longos, eutrofização e crescimento exagerado de vegetação e algas.

2.2 - Importância de estudos sistemáticos em mananciais

A gestão dos recursos hídricos se torna cada vez mais importante na sociedade moderna. Os usos múltiplos dos ambientes lacustres artificiais justificam o seu gerenciamento pelo poder público. RODRIGUEZ et al. (1998), observaram a importância da criação de planos diretos para o melhor planejamento dos diversos usos, manutenção e recuperação dos recursos hídricos, objetivando conciliar os múltiplos usos dos corpos d'água com a escassez e a má distribuição geográfica destes. Este planejamento deve ser feito sobre uma base de dados precisa a partir de estudos das variáveis físicas, químicas e microbiológicas, bem como da interação destas com dados geológicos, meteorológicos e morfológicos para se expressar, da forma mais precisa possível, a realidade de cada ecossistema (TUNDISI, 1999).

TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI (1995), estudando a represa de Broa (SP), apresentam alguns dos objetivos de se estudar os corpos aquáticos artificiais:

1) obter informações sobre o mecanismo de funcionamento destes ecossistemas tais como a relação entre fatores climatológicos, físicos, químicos, biológicos e hidrológicos;

2) estudar as principais relações entre o reservatório e sua bacia de drenagem (incluindo os impactos antrópicos) e medir os efeitos destas associações nos processos ecológicos no manancial;

3) produzir uma metodologia de pesquisa que possa ser utilizada comparativamente em outro ecossistema aquático continental natural ou artificial no Brasil;

4) desenvolver estratégias de gestão para prevenção ou correção dos efeitos da eutrofização além de fornecer uma base de dados para o melhor aproveitamento do ecossistema através de usos múltiplos.

BRANCO (1986), destaca a importância da existência de uma rotina de análises da qualidade da água de represas, com frequências de amostragens variando entre mensal, quando não há problemas com a qualidade da água, até análises diárias quando os problemas são mais graves.

PAYNE (1986) destaca as diferenças entre os ecossistemas aquáticos de regiões tropicais daquelas com clima temperado. Segundo este autor, os efeitos do clima sobre o metabolismo dos organismos em regiões tropicais tornam cada corpo d'água diferente do outro, necessitando assim, estudos específicos e adaptados a cada condição.

Como exemplo da utilização de dados obtidos através de estudo sistemático dos recursos hídricos, CEBALLOS et al. (1998), aplicando análises de componentes principais, elaboraram um procedimento para a caracterização rápida do grau de degradação de

ambientes aquáticos. Nesse trabalho, os autores reduziram um conjunto de 14 variáveis a um total de 7, sendo estas últimas relacionadas ao crescimento da biomassa algal e aos níveis tróficos e sanitários.

2.3 - A Qualidade da água

A água, do ponto de vista da potabilidade, deve estar incluída num conceito de pureza totalmente diferente do conceito químico, sendo a pureza química uma propriedade indesejável para a água potável (DACACH, 1975). A água, por ser o elemento fundamental para a vida (cerca de 2/3 do peso corporal humano é constituído de água), deve manter um certo valor osmótico nos líquidos tissulares visando preservar o funcionamento dos órgãos e evitar a perda de água por diálise. Além disso, muitos elementos químicos necessários à manutenção das condições de saúde estão dissolvidos na água, destacando-se o flúor e o iodo (BRANCO, 1986).

Na utilização racional dos recursos hídricos, é fundamental a distinção entre padrões de qualidade e padrões de potabilidade. O primeiro se refere a todos os usos possíveis do corpo d'água, enquanto o segundo se refere restritamente ao uso para alimentação.

Entre os usos possíveis dos corpos d'água que afetam sua qualidade sanitária, podem ser citados os usos domésticos, o uso pastoril, os recreacionais, criação de peixes, irrigação agrícola e usos em processos industriais (SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998). SIMONEAU (1986), utilizando métodos estatísticos de análise de agrupamento em rios da região de Quebec (Canadá), mostrou que as atividades antropogênicas e as características geológicas da bacia de drenagem influenciam na qualidade da água dos mananciais.

Em 1646, Willem Pies, médico da corte de Nassau escrevia, a respeito das águas do Brasil: "Os velhos naturais são não menos solertes em distinguir pelo gosto as diferenças das águas, que os nossos em discernir as várias qualidades dos vinhos, acusam de imprudência os que colhem águas sem de nenhum modo as discriminar. Quanto a eles, buscam as mais tênues e doces, que não deixam nenhum depósito e as conservam ao ar livre em lugares elevados (de preferência aos subterrâneos por causa do topor) por dias e noites, em bilhas de barro, onde não obstante os raios a prumo do sol, se tornam num momento mui fresco" (BRANCO, 1986).

Um conceito estritamente ecológico para a poluição seria que esta é constituída por toda e qualquer alteração de natureza física, química, biológica ou de regime hidrológico que gere modificações de qualquer tipo no ecossistema, com alterações da

biota. Segundo BRANCO (1986) este conceito exclui a possibilidade dos múltiplos usos do recurso hídrico, onde a poluição e inadequação estão relacionadas ao tipo de uso que se deseja fazer da água.

Algumas variáveis afetam diretamente a qualidade da água, dentre as quais, destacam-se:

- temperatura: que é um importante fator modificador da qualidade da água, pela influência direta sobre o metabolismo dos organismos aquáticos e pela relação com os gases dissolvidos. Assim, os aumentos de temperatura diminuem as concentrações de oxigênio dissolvido, gás carbônico, pH e a viscosidade, entre outras propriedades (HAMMER 1979; SAWYER et al., 1994).

Segundo HAMMER (1979), um outro fator relacionado à temperatura e de grande importância ecológica é a estratificação térmica. Neste fenômeno, a camada mais superficial do corpo d'água (epilímnio), apresenta as maiores temperaturas o que, juntamente com o aporte de nutrientes, favorece o aumento da produtividade na camada superficial. O autor também afirma que o crescimento de organismos no epilímnio provoca um aumento de turbidez com conseqüente diminuição da transparência o que afeta a fotossíntese na coluna do corpo d'água. Como conseqüência do crescimento algal, pode haver problemas com toxinas, além de surgimento de odores e sabores inadequados à água (ESTEVES, 1998). No hipolímnio (parte inferior da coluna d'água do lago ou represa estratificada), além da presença de alguns organismos adaptados à menor intensidade luminosa, ocorre a sedimentação da matéria orgânica resultante da redução das algas e de outros organismos do epilímnio. Como conseqüência, no hipolímnio há condições anaeróbias, com aumento das concentrações de dióxido de carbono além de eventuais liberações de gases tóxicos como o gás sulfídrico (HAMMER, 1979). A estratificação térmica acarreta também a estratificação física, química e biológica.

Segundo KLEEREKOPER (1944) e ESTEVES (1998), a estratificação térmica em regiões tropicais ocorre de maneira diferenciada das regiões de clima temperado. Em regiões tropicais, o normal é a ocorrência de estratificação e desestratificação térmicas diárias, enquanto que nas regiões temperadas ocorrem as estratificações de inverno e de verão com desestratificação na primavera e outono. Na primavera, ocorre o descongelamento dos lagos com um conseqüente equilíbrio térmico entre a água descongelada e a água abaixo do nível do gelo, com temperatura próxima a 4°C. Deste modo, há uma homotermia da coluna d'água com circulação total da massa de água. Com a chegada do verão e o aquecimento da camada mais superficial, ocorre um gradiente térmico e de densidade na coluna d'água que se intensifica com o transcorrer dessa estação. A estratificação de verão apresenta as três camadas: epilímnio, hipolímnio e

metalimnio. Há uma marcante descontinuidade da temperatura, chamada de termoclina. No outono, a entrada de águas mais frias nos lagos acarreta uma diminuição gradual da temperatura na coluna d'água causando a quebra da estratificação térmica de verão. Neste período ocorre a chamada circulação de outono. No inverno, a camada d'água superior se congela, enquanto a camada inferior passa a ter temperaturas próximas a 4°C. Nesta época, há formação de apenas duas camadas distintas, onde só a líquida mais interna circula. Este fenômeno, é chamado de circulação inversa ou circulação de inverno.

Segundo ESTEVES (1998) nas regiões de clima tropical a variação sazonal da temperatura é pouco acentuada quando comparada à variação diária. O mesmo autor também afirma que o padrão de estratificação diária para regiões tropicais, pode não ocorrer, especialmente em locais com freqüentes modificações da direção dos ventos, o que causa uma desestratificação permanente nos corpos aquáticos de pequenas profundidades (SPERLING, 1999).

LAWS (1993) destaca dois importantes efeitos da modificação da temperatura: o primeiro se refere à solubilidade dos gases, especialmente o oxigênio que, segundo o autor, com um aumento de 10°C na temperatura, a solubilidade daquele se reduz em aproximadamente 20%. O segundo efeito é que modificações na temperatura também afetam as taxas das reações químicas e de todos os processos fisiológicos dos organismos aquáticos pois afetam as enzimas e hormônios que controlam as reações bioquímicas destes. Como ilustração a Lei de Van't Hoof afirma que o aumento da temperatura em 10°C, provoca a duplicação da atividade metabólica dos organismos aquáticos.

- pH: segundo BRANCO (1986), as variações do pH de um ecossistema aquático podem provocar sérias conseqüências sobre os microrganismos. A maioria dos organismos aquáticos consegue sobreviver entre valores de pH de 5 a 9, sendo a faixa ótima em torno do neutro.

Segundo PAYNE (1986), o pH de lagos tropicais pode variar muito, de valores próximos a 4 em alguns lagos das bacias Amazônica e do Zaire, para 11 em lagos da África Oriental mas afirma que a maioria dos lagos possui pH entre 6 e 8. Este autor também se refere a modificações no pH causadas pela atividade fotossintética, quando, em poucas horas, o pH varia de menos de 8 para até 11 unidades. SAWYER et al. (1994), afirma que valores altos de pH foram observados em áreas onde há rápido crescimento de algas, principalmente em corpos d'água de pequena profundidade. Este fenômeno ocorre devido à retirada de gás carbônico da água pela atividade fotossintética das algas, o que provoca redução da capacidade de tamponação do corpo d'água favorecendo o aumento

do pH. Por outro lado, a redução dos níveis de gás carbônico provoca a dissociação do íon HCO_3^- , liberação de íons hidroxila o que também contribui para o aumento do pH.

ESTEVES (1998), observa que é comum encontrar valores altos de pH em regiões de balanço hídrico negativo como ocorre com os açudes do da região do semi-árido do Nordeste brasileiro com valores superiores a 8. Na época de estiagem, este fato é acentuado pelos altos valores de carbonatos e bicarbonatos encontrados nas águas e que se tornam mais concentrados pela evaporação.

- Sais minerais: os sais minerais quando em concentrações elevadas em um corpo d'água, podem ser considerados fatores de poluição física e química, pois afetam o equilíbrio osmótico da água acarretando a morte de microrganismos não adaptados aos novos valores de salinidade (BRANCO, 1986).

Segundo ESTEVES (1998), os ambientes aquáticos continentais sofrem grande influência da geologia da região nas concentrações de íons, devido principalmente ao intemperismo das rochas e ao escoamento superficial WRIGHT (1981) confirmou estes dados através de estudos em açudes paraibanos onde encontrou, durante as estiagens, aumentos na concentração de cloreto devido à maior evaporação.

Os principais íons a destacar são o cloreto e principalmente o cálcio, essencial para o crescimento de algas, macrófitas e moluscos. Encontra-se na forma de carbonato e bicarbonato de cálcio, possuindo grande influência na ciclagem de elementos importantes como o fosfato, além de estar relacionado com os valores do pH devido à capacidade tamponante destes sais (alcalinidade) e a maior solubilidade dos mesmos em condições de baixo pH. As chuvas aportam a matéria orgânica das margens e conseqüentemente há a entrada de CO_2 no meio aquático podendo provocar uma leve queda do pH. Valores naturais de pH podem ser da ordem de 5 (SAWYER et al., 1994).

Outro íon importante é o magnésio que juntamente com o cálcio fornecem as características de dureza às águas. Esse também se relaciona com a formação da molécula de clorofila e contribui para o metabolismo do nitrogênio nos organismos aquáticos (BRANCO, 1986).

- Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): a redução dos níveis de oxigênio dissolvido pela poluição orgânica é decorrente da atividade dos organismos aeróbios que utilizam o oxigênio, na respiração, para a oxidação da matéria orgânica biodegradável. Este processo é chamado de Demanda Bioquímica de Oxigênio o qual é avaliado através do consumo de oxigênio dissolvido de uma amostra incubada,

durante cinco dias, sob condições de escuridão (para evitar a atividade fotossintética das algas) na temperatura de 20°C.

Segundo ESTEVES (1998), entre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes para os ecossistemas aquáticos pois é fundamental para a maioria dos seres vivos e para que se verifiquem fenômenos aeróbios de biodegradação. (HAMMER, 1979; PAYNE, 1986).

SPERLING (1996), afirma que em ecossistemas aquáticos, as principais fontes produtoras de oxigênio são a reaeração atmosférica e a fotossíntese, enquanto as principais fontes de consumo são a oxidação da matéria orgânica dissolvida e a presente no sedimento (demanda bentônica) e a nitrificação. O mesmo autor afirma que um dos efeitos mais nocivos da matéria orgânica em corpos d'água é a depleção dos níveis de oxigênio dissolvido, devido ao consumo pelos decompositores.

Outro fenômeno que interfere na distribuição do oxigênio dissolvido nos corpos aquáticos é a estratificação química, que em lagos e represas tropicais, independe da estratificação térmica e é mais comum em represas formadas sobre densa cobertura vegetal (ESTEVES, 1998). O mesmo autor se refere aos níveis de oxigênio dissolvido na coluna vertical de represas construídas sobre áreas com vegetação, em regiões de clima tropical onde a decomposição da biomassa causa intensas reduções nos níveis de oxigênio, principalmente nos primeiros anos em toda a coluna d'água. Após estes anos iniciais, a desoxigenação fica mais restrita aos períodos de estiagem. Outro problema desta época é a grande concentração de gases sulfídrico e metano no hipolimnio, piorando as condições de sobrevivência da biota.

WRIGHT (1981) chama atenção sobre a variação diária dos níveis de oxigênio dissolvido em lagos tropicais, contrariamente às variações sazonais observadas em lagos temperados. ESTEVES (1998), justifica estas variações afirmando que os níveis de oxigênio na água dependem diretamente do processo fotossintético, da respiração e da decomposição de matéria orgânica no meio aquático. Estes fenômenos dependem da intensidade da luz e da temperatura, que variam diariamente em regiões tropicais. HAMMER (1979), observa que a concentração de oxigênio varia em ordem inversa à temperatura e em menor grau com a salinidade.

2.4 – Eutrofização Artificial

Segundo VOLLENWEIDER (1981), a eutrofização de um corpo d'água é o resultado do aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. Estes provocam um aumento da produtividade do manancial

Segundo ESTEVES (1998), foi NAUMANN que, em 1930 na Suécia, fez uma primeira classificação dos lagos quanto aos níveis de poluição. Auxiliado por pedologistas, classificou como eutróficos os lagos com pouca transparência, alta produtividade algal e com concentrações elevadas de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica e como oligotróficos os lagos com muita transparência, com pequena população algal e pequenas concentrações de nutrientes e matéria orgânica. Com o passar dos anos outras classificações intermediárias foram introduzidas. Uma visão maior das classificações de lagos segundo os níveis de eutrofização mais usadas atualmente é apresentada no item de tipologia dos lagos e represas.

EL-SHAARAWI et al. (1986), afirmam que o principal impacto da eutrofização em um ecossistema aquático é o aumento da biomassa. Os mesmos autores, embasados em dados coletados no período de 1967 a 1981 no lago Ontario (Canadá), associaram a clorofila "a" com outros fatores físicos e químicos (concentração de fósforo, transparência de Secchi, concentração de nitrogênio) para caracterizar o grau de eutrofização do corpo d'água. SUESS (1981) destaca os riscos à saúde pública devido ao avanço do processo de eutrofização.

Segundo ODUM (1971), a eutrofização pode ser natural ou artificial, a eutrofização natural ou autóctone, é um processo lento e contínuo, ocasionado pelo aumento de nutrientes, principalmente pela entrada de folhas, galhos, animais, etc. no corpo d'água. A eutrofização artificial ou alóctone, que também é chamada de antrópica, é ocasionada pelo aporte de nutrientes com os despejos de esgotos domésticos e industriais, além do escoamento superficial que arrasta materiais de áreas agrícolas e urbanas. BRANCO (1986), observa que a eutrofização natural é um processo que ocorre pelo envelhecimento do corpo d'água através dos séculos. Segundo VOLLENWEIDER (1981), esse tipo de eutrofização é de pouca ou nenhuma importância dentro do presente contexto de poluição generalizada. O processo de eutrofização de maior interesse que é enfocado diariamente, ocorre em curtos períodos de tempo, em poucos anos ou décadas e é a eutrofização artificial

Ao contrário da eutrofização natural, a artificial é um processo dinâmico que provoca rapidamente grandes modificações no metabolismo do corpo d'água. Devido às mudanças da qualidade da água a eutrofização é considerada um tipo de poluição e, por isso, desde a década de 60, uma atenção considerável vem sendo dispensada por instituições científicas e autoridades públicas para o efetivo controle deste fenômeno.

A eutrofização pode trazer sérios problemas aos reservatórios artificiais, principalmente os de pequeno porte devido ao menor efeito atenuante da massa de água. O crescimento excessivo de algas, por exemplo, pode encarecer substancialmente os

custos no tratamento da água para abastecimento; pode também ocasionar a liberação de toxinas prejudiciais aos seres humanos, gerando um sério problema de saúde pública; além de impedir a utilização eficiente do recurso hídrico, por exemplo, pelo entupimento dos filtros em estações de tratamento de água e pela geração de odor e sabor na água (VOLLENWIEDER, 1981).

Problemas deste tipo são particularmente sérios em regiões semi-áridas onde a preservação de reservatórios de água é crucial para a sobrevivência da estrutura econômica dessas localidades.

2.5 – Causas da eutrofização artificial

VOLLENWEIDER (1981) observa que a eutrofização artificial é causada por três elementos interrelacionados e ligados ao crescimento demográfico mundial:

a) o aumento rápido e generalizado da população mundial com forte tendência à urbanização e com o conseqüente aumento dos dejetos urbanos descarregados nos rios, lagos e áreas costeiras. Além disso, os detergentes que, desde o fim da II Guerra Mundial vêm sendo mais consumidos, passaram a conter polifosfato, elemento facilmente transformado em ortofosfato solúvel e rapidamente assimilado pelos produtores primários;

b) uma rápida industrialização, ligada ao crescimento populacional com o correspondente aumento dos dejetos industriais, alguns dos quais contêm nutrientes necessários ao crescimento de algas e macrófitas; c) intensificação da agricultura e mudanças nos métodos de produção, através do estímulo às monoculturas, aumento do uso de fertilizantes químicos, descarga direta de dejetos agrícolas em corpos d'água, etc. TAVARES et al. (1998), destacam a importância das chuvas como fator modificador da qualidade da água em represas do Nordeste brasileiro, onde na época chuvosa o arraste de material fecal e orgânico, rico em nutrientes eutrofizantes, a partir das margens provoca alterações acentuadas na qualidade da água. CEBALLOS (1995) observa que embora nas primeiras chuvas ocorra uma piora na qualidade da água, com aumento da turbidez, DBO_5 , sólidos, etc., quando estas continuam, há uma tendência da massa líquida diluir e atenuar os efeitos do material aportante trazido pelo escoamento superficial

Ainda se discute quais são as concentrações limitantes de fósforo e nitrogênio para o processo de eutrofização. MEYBEC et al. (1990), a partir de equações que representam as reações básicas de formação da biomassa e mineralização do fitoplâncton, calcularam que 31 mg/m^3 de fósforo (P) e 224 mg/m^3 de nitrogênio (N), são necessárias para a produção de 3000 mg/m^3 de massa seca de fitoplâncton. Estes valores correspondem a aproximadamente 15000 mg/m^3 ou 15 cm^3 de volume de fitoplâncton por

metro cúbico, contendo de 20 a 30 mg de clorofila. Estes resultados são extremos e podem ser alcançados quando o corpo d'água possui concentrações de P próximas a 30 mg/m³ e de 200 a 300 mg/m³ de N. A partir destes dados, os autores afirmam que se a taxa N/P estiver na faixa de 7 a 10, o fósforo deve ser considerado o fator limitante do processo de eutrofização. No entanto, se esta taxa (N/P), for inferior a 7, o nitrogênio se torna o fator limitante.

SAWYER (1944); apud METCALF & EDDY (1991), pesquisando a floração de algumas algas no lago Wisconsin (Estados Unidos), observou que o fenômeno ocorria quando as concentrações de nitrogênio e de fósforo eram iguais ou superiores a 0,30 mg/L e 0,01 mg/L, respectivamente, portanto em uma razão 30:1. Esta relação evidenciaria a maior necessidade de nitrogênio por parte dos organismos fotossintetizantes. No entanto, o nitrogênio pode ser fixado a partir do ar atmosférico ou provir de águas de chuvas, enquanto o fósforo possui como única fonte alóctone, os despejos domésticos, industriais e agropastoris. Daí, ser a redução total ou parcial deste nutriente a mais visada em sistemas de tratamento terciários de esgotos (METCALF & EDDY, 1991).

2.6 – Tipologia de lagos e represas

A tipologia de um corpo aquático pode ser avaliada através de classificações tróficas e Índices de Estado Trófico (IET). Este último, foi desenvolvido com a finalidade de classificar as águas de lagos e reservatórios, facilitando assim, a comunicação ao público sobre o estado de trofia de um determinado ecossistema aquático.

Como a eutrofização é um fenômeno que depende de inter-relações de fatores físicos, químicos e biológicos (VOLLEWEIDER, 1981), as classificações tróficas e os Índices de Estado Trófico se baseiam em variáveis que correspondem a estes fatores. Assim, as principais variáveis utilizados são N-NH₃, Nitrato, Nitrito, Fósforo total e Ortofosfato (fatores químicos), Transparência (fator físico) e Clorofila "a" (fator biológico).

Através das concentrações de clorofila "a", transparência da água e de fósforo total, CARLSON (1977) propôs o IET que posteriormente sofreu alterações propostas por KRATZER & BREZONIK (1981); apud MINOTI (1999). Para a obtenção deste índice, foram utilizadas as seguintes equações:

1) Equações de CARLSON (1977), modificado por KRATZER & BREZONIK (1981):

$$\bullet \text{ IET (Ds)} = 10 \times (6 - \ln \text{Ds}/\ln 2) \quad \text{Eq. 2.1}$$

$$\bullet \text{ IET (Pt)} = 10 \times [6 - \ln 48/(\text{Pt}/\ln 2)] \quad \text{Eq. 2.2}$$

$$\bullet \text{ IET (Cl "a")} = 10 \times \{6 - [(2,04 - 0,68 \times \ln \text{Cl" a}) / \ln 2]\} \quad \text{Eq. 2.3}$$

Onde:

Ds = leitura da transparência do Disco de Secchi (m)

Pt = concentração de fósforo total na superfície ($\mu\text{g/L}$)

Cl"a" = concentração do pigmento clorofila "a" na superfície ($\mu\text{g/L}$).

Os resultados obtidos com as equações anteriores, são comparados aos determinados na Tabela 2.1, a seguir para se obter o grau de trofia do corpo d'água:

Estado Trófico	IET
Ultra – oligotrófico	<20
Oligotrófico	21 – 40
Mesotrófico	41 – 50
Eutrófico	51 – 60
Hipereutrófico	> 61

FONTE: MINOTI (1999)

Tabela 2.1 – Índice de Carlson alterado por KRATZER & BREZONIK (1981)

Como forma de avaliar os resultados obtidos pelo IET de CARLSON, desenvolvido para países de clima temperado, foi proposto um modelo simplificado para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais (TOLEDO Jr., 1983). Para este índice, realizou-se também, transformações lineares dos valores obtidos para as variáveis já utilizadas no modelo anterior, acrescentando-se ainda o fosfato inorgânico (ortofosfato). Para a obtenção deste índice, foram utilizadas as seguintes equações:

2) Equações de TOLEDO Jr. (1983):

$$\bullet \text{ IET (S)} = 10 \times \{6 - [0,64 + (\ln S / \ln 2)]\} \quad \text{Eq. 2.4}$$

$$\bullet \text{ IET (P)} = 10 \times [6 - \ln(80,32/P) / \ln 2] \quad \text{Eq. 2.5}$$

$$\bullet \text{ IET (PO}_4\text{)} = 10 \times [6 - \ln(21,67/\text{PO}_4) / \ln 2] \quad \text{Eq. 2.6}$$

$$\bullet \text{ IET (Cl)} = 10 \times [6 - 2,04 - (0,695 \times \ln \text{Cl}) / \ln 2] \quad \text{Eq. 2.7}$$

Onde:

S = leitura da transparência do Disco de Secchi (m)

P = concentração de fósforo total na superfície ($\mu\text{g/L}$)

PO_4 = concentração de fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)

Cl = concentração do pigmento clorofila "a" na superfície ($\mu\text{g/L}$).

O autor propõe a utilização de um IET médio abrangendo todas as outras equações anteriormente citadas. Para este cálculo, utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{IET} = \frac{\text{IET}(\text{S}) + 2[\text{IET}(\text{P}) + \text{IET}(\text{PO}_4) + \text{IET}(\text{Cl})]}{7} \quad \text{Eq. 2.8}$$

Os resultados obtidos com a Equação 2.8, são comparados aos determinados na Tabela 2.2, a seguir para se obter o grau de trofia do corpo d'água:

Estado Trófico	IET
Oligotrófico	[44
Mesotrófico	44 < IET < 54
Eutrófico	≥ 54

FONTE: MINOTI (1999)

Tabela 2.2 – Índice de Carlson modificado por TOLEDO Jr. (1983)

Na Tabela 2.3, notam-se as diferenças de classificação e de faixas de valores para cada autor, o que torna difícil uma classificação definida do corpo d'água. Devido a estes complicadores, SPERLING (1994) recomenda a adoção de critérios ecológicos e a avaliação da produtividade primária para uma melhor visualização do estado trófico de corpos d'água tropicais.

2.7 – Estratégias para o Controle da Eutrofização

Segundo VOLENWEIDER (1981), várias tecnologias têm sido desenvolvidas nas últimas décadas para o combate à eutrofização. Estas podem ser curativas, preventivas ou ambas. O controle da carga de nutrientes é, usualmente, o caminho mais adotado, porém não é sempre praticável. Algumas das medidas mais comumente adotadas são:

a) medidas fora do corpo d'água:

- tratamento dos resíduos (visando a redução completa ou parcial de nutrientes, notadamente N e P);
- uso de compostos químicos para favorecer a precipitação direta de substâncias nutritivas nos afluentes;
- construção de bacias de sedimentação primária, visando a retenção de material sólido arrastado pelo escoamento superficial;
- reflorestamento das áreas circunvizinhas aos corpos d'água;
- restrição do uso de fertilizantes e controle da fértil-irrigação;

Autor	Estado Trófico	Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$)	Cl "a" ($\mu\text{g/L}$)		Transp (m)		N-NH ₃ (mgN/L)	Nitrato (mgN/L)	Nitrito (mgN/L)
			Med	Máx	Med	Min			
VOLLENWEIDER (1968)	Ultraoligotrófico	< 5							
	Oligotrófico					0 - 0,3	0 - 1	0 - 0,5	
	Oligomesotrófico	5 - 10				0,3 - 2	1 - 5	0,5 - 5	
	Mesotrófico					2 - 15	5 - 50	5 - 15	
	Mesoeutrófico	10 - 30							
	Eutrófico								
	Eupolitrófico	30 - 100							
	Politrófico	> 100							
DOBSON (1981)	Ultraoligotrófico	0 - 3,3	0 - 0,7						
	Oligotrófico	3,3 - 10	0,7 - 2						
	Mesotrófico	10 - 30	2 - 6						
	Eutrófico	30 - 90	6 - 18						
	Hipereutrófico	> 90	> 18						
OECD ⁽¹⁾ (TUNDISI et al. 1988)	Ultraoligotrófico	< 4	< 1 < 2,5						
	Oligotrófico	< 10	< 2,5 < 8						
	Mesotrófico	10 - 35	2,5-8 8-25						
	Eutrófico	35 - 100	8-25 25-75						
	Hipereutrófico	> 100	> 25 > 75						
IET ⁽²⁾ CARLSON (1977) Modificado por KRATZER & BREZONIK (1981)	Ultraoligotrófico Índice: [20	< 3	< 0,34		≥ 16				
	Oligotrófico Índice: 21 - 40	3 - 12	0,34 - 2,6						
	Mesotrófico Índice: 41 - 50	12 - 24	2,6 - 6,4						
	Eutrófico Índice: 51 - 60	24 - 48	6,4 - 20						
	Hipereutrófico Índice: ≥ 61	> 48	> 20		< 1				
ROSICH et al (1968); apud CULLEN & SAMALLS (1981)	Oligotrófico	5	0,3 - 3						
	Mesotrófico	5 - 30	2 - 15						
	Eutrófico	30 - 1000	10 - 500						

(1) OECD: concentração média anual de fósforo total; concentração média anual e concentração máxima de clorofila "a" na zona eufótica; valor médio e mínimo anual de transparência.

(2) IET: fósforo total e clorofila "a" determinados em amostras de superfície.

FONTE: CEBALLOS (1995)

Tabela 2.3 – Tipologias de lagos para regiões temperadas e tropicais

- restrição para o estabelecimento de áreas de confinamento de gado;

b) medidas dentro do corpo d'água:

- manipulação física do ecossistema aquático, através de desestratificação, aeração e retirada de água do hipolímnio;
- manipulação química com sedimentação, através da precipitação de nutrientes dentro do corpo d'água com posterior inativação e remoção do sedimento;
- manipulação biológica, através da coleta mecânica da biomassa (macrófitas, algas, peixes, etc.) e aplicação de algicidas, pesticidas, herbicidas, etc. No entanto, esta medida é bastante combatida, pois pode provocar alterações nas comunidades aquáticas.

2.8 – Contaminação Fecal

A água é um elemento indispensável à vida e se faz necessário colocar à disposição dos consumidores um abastecimento satisfatório, fazendo-se o possível para se obter a melhor qualidade permitida pelas circunstâncias econômicas e sociais (OMS, 1995).

O lançamento de dejetos nos corpos d'água acarreta a entrada de matéria fecal e com ela a contaminação dos mananciais com microrganismos patogênicos. A presença destes faz dos esgotos e dos corpos d'água por eles degradados, excelentes vias de disseminação de doenças de veiculação hídrica, principalmente as diarréicas (OLIVEIRA, 1987).

Segundo LEÓN & CAVALLINI (1996), na América Latina e Caribe, coletam-se anualmente, aproximadamente cerca de 40 milhões de metros cúbicos de águas servidas e que são lançadas sem tratamento adequado em rios, lagos e mares. Os mesmos autores calculam que, para o ano 2000, esse volume chegue a 100 milhões de metros cúbicos, agravando ainda mais o nível de contaminação dos recursos hídricos.

As doenças de veiculação hídrica causadas por organismos enteropatogênicos são um grave problema de saúde pública, causando a morte de cerca de 4 milhões de crianças todos os anos (OMS, 1987).

CEBALLOS (1990), afirma que os microrganismos patogênicos mais freqüentes nos esgotos são: vírus (poliovírus, hepatovírus e rotavírus); bactérias enteropatogênicas (*Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae, spp.*, *Campylobacter spp.*, *Yersinia spp.*); protozoários (*Giardia spp.*, *Entamoeba spp.*); helmintos (*Schistosoma mansoni*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata*, *Trichuris trichuris*, *Ancylostoma duodenale*).

2.9 – Indicadores de contaminação fecal

Como é inviável quantificar cada organismo patogênico separadamente devido à complexidade dos métodos e ao tempo gasto para se obter resultados, desde o princípio do século, utilizam-se organismos indicadores de contaminação fecal que, segundo FEACHEM et al. (1983), devem possuir as seguintes características:

- serem componentes normais da biota intestinal de animais de sangue quente;
- serem de origem exclusivamente fecal;
- não se reproduzirem no ambiente externo;
- estarem presentes sempre que houver organismos patogênicos no meio;
- apresentar-se em números mais elevados que os organismos patogênicos;
- ter taxa de mortalidade igual ou inferior aos patógenos;
- possibilitarem suas quantificações, identificações e isolamentos através de técnicas fáceis e econômicas;
- não serem patogênicas.

Atualmente, os organismos indicadores de contaminação fecal mais utilizados são: coliformes fecais e estreptococos fecais e, mais recentemente, *E. coli* que, a partir da edição do Standard Methods de 1992, está sendo mais intensamente utilizada.

2.10 – Morfologia de Lagos e Represas

SPERLING (1997) destaca a importância da morfologia dos lagos e das represas, especialmente a profundidade relativa, sobre a qualidade de suas águas.

SPERLING (1999) afirma que corpos lênticos rasos podem sofrer mais intensamente os processos de eutrofização, pois há maior tendência à polimixia e conseqüentemente distribuição de nutrientes em toda a coluna d'água, bastando haver uma fonte de energia externa (ex.: vento). Já os de maior profundidade podem apresentar dificuldades para a circulação vertical da massa líquida (meromixia) e, por conseguinte, menor distribuição dos nutrientes na coluna d'água.

Um dos parâmetros morfológicos mais importantes segundo SPERLING (1999) é o da profundidade relativa (Z_R). Esta é tida como a relação entre a profundidade máxima do lago ou represa e o seu diâmetro médio. Este último equivale ao diâmetro de um círculo que possua área igual à do lago. Desta forma, tem-se:

$$Z_R = \frac{\text{Profundidade máxima} \times 100}{\text{Diâmetro médio}} = Z'_R = \frac{\text{Profundidade máxima} \times 100}{2 \times (A/\pi)^{1/2}} \quad \text{Eq. 2.9}$$

Onde:

A = Área do lago ou represa (m²);

Profundidade máxima do lago ou represa (m).

A profundidade relativa é fornecida em unidades percentuais [%]. Lagos pequenos e profundos apresentam elevadas profundidades relativas ($Z_R > 5\%$), enquanto que naqueles grandes e rasos o valor deste parâmetro é pequeno ($Z_R \leq 5\%$).

2.11 – Estudos de Avaliação Trófica de Corpos Aquáticos no Nordeste Brasileiro

Segundo ESTEVES (1998), os primeiros estudos limnológicos no Nordeste brasileiro foram realizados por STILMAN WRIGHT, que a partir 1934, através da Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste (CTPN), estudou vários açudes nordestinos, especialmente os açudes Bodocongó, Puxinanã, Velho e Simão. Também participaram destes estudos DROUET, PATRICK e SMITH, que analisaram de modo qualitativo o fitoplâncton destes ambientes (CEBALLOS, 1995).

DROUET (1936); apud GURGEL (1979), também realizou estudos limnológicos em ambientes aquáticos na região de Fortaleza - CE no ano de 1936.

SCHUBART (1941); apud CEBALLOS (1995), no período de 1935 a 1941 fez estudos limnológicos em lagos de Pernambuco, levantando dados morfológicos, físicos e químicos destes mananciais.

MELLO & CHACON (1976) também estudaram o açude Soledade e observaram a grande salinidade e alcalinidade deste ambiente, outro fato importante destacado pelos autores foi o da baixa produtividade do fitoplâncton.

WATANABE et al. (1989) estudaram a influência de plantas aquáticas nas características físicas e químicas de açudes paraibanos, destacando as modificações sobre pH, dureza, alcalinidade e salinidade das águas destes açudes à medida que se distanciavam geograficamente do litoral e relacionaram estas modificações às interferências geológicas e à diminuição das chuvas que alteravam o metabolismo destes corpos d'água.

Em 1990, CHAMIXÃES, estudou as algas do açude de Apipucus localizado na região metropolitana de Recife- PE.

CEBALLOS et al. (1995, 1995a, 1997) observaram a variação qualitativa de variáveis físicas, químicas e sanitárias em vários açudes de diferentes bacias hidrográficas da Paraíba, destacando-se a variabilidade da condutividade elétrica devido à influência da estiagem nas concentrações de sais, dureza e alcalinidade. Os autores destacaram também o nível de contaminação fecal que se mostrou relativamente elevado. Os mesmos observaram a diminuição das concentrações de coliformes fecais com o aumento da condutividade elétrica, indicando um efeito osmótico do aumento da concentração dos sais na viabilidade dos coliformes fecais.

TAVARES et al. (1998) correlacionaram os índices pluviométricos com modificações nas variáveis físicas, químicas e biológicas no açude São Salvador.

Estudos limnológicos enfocando o avanço da eutrofização neste mesmo açude também foram realizados por MARSIGLIA (1998) e FERNANDES (1997).

Mais recentemente, MARTINS et al. (1999) também avaliaram os níveis tróficos em três açudes paraibanos de diferentes bacias hidrográficas. DUARTE (1999) aplicou a análise por Índices de Estado Trófico em três corpos d'água lânticos na região de Natal (RN).

2.12 – Classificação e Balneabilidade da Represa de Acordo com a Resolução CONAMA N° 20/86

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n° 20 de 18 de junho de 1986, classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional, através de indicadores e parâmetros pré - determinados, visando a proteção destes mananciais, o uso adequado dos mesmos e a proteção à saúde das comunidades por eles servidas.

Esta resolução classifica os corpos d'água e seus trechos para adequar os custos de controle da poluição aos níveis de qualidade exigidos para os diferentes usos destes mananciais. A Tabela 2.4 apresenta os valores máximos para a classificação das águas doces da Resolução CONAMA N° 20/86.

A Resolução CONAMA N° 20/86 também estabelece critérios para a balneabilidade (recreação de contato primário). Quanto a este uso, as águas são classificadas como EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA. A Tabela 2.5 estabelece os critérios para esta avaliação.

Variáveis	Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
CF ⁽¹⁾ (UFC/100mL)	Ausentes ⁽²⁾	≤ 1.000	≤ 1.000	≤ 4.000	Não Especificado
DBO ₅ ²⁰ (mg/L)	Não Especificado	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	Não Especificado
OD (mg/L)	Não Especificado	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
Turbidez	Não Especificado	≤ 40 uT	≤ 100 uT	≤ 100 uT	Não Especificado
pH	Não Especificado	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
N-NH ₃ (mg/L)	Não Especificado	Ausente	Ausente	1,0	Não Especificado
Nitrato (mg/L)	Não Especificado	10	10	10	Não Especificado
Cloretos (mg/L)	Não Especificado	250	250	250	Não Especificado
PT (mg/L) ⁽³⁾	Não Especificado	0,025	0,025	0,025	Não Especificado

FONTE: Resolução CONAMA N° 20/86

(1) CF – Coliformes Fecais; (2) a Resolução se refere a coliformes totais; (3) PT – Fósforo Total

Tabela 2.4 – Limites máximos das variáveis para a Classificação das Águas Doces da Resolução CONAMA N° 20/86, analisados na Represa São Salvador.

Classificação	Critérios (Resolução CONAMA N° 20/86)
EXCELENTE (3 estrelas)	≤ 250 UFC/100 mL de Coliformes Fecais
MUITO BOAS (2 estrelas)	≤ 500 UFC/100 mL de Coliformes Fecais
SATISFATÓRIAS (1 estrela)	≤ 1000 UFC/100 mL de Coliformes Fecais
IMPRÓPRIAS	<p>Quando ocorrer no trecho:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- não enquadramento nas categorias anteriores; 2- ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmitidas por via hídrica; 3- sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão; 4- recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive de galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída; 5- presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação; 6- pH < 5 ou > 8; 7- presença, na água, de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados; 8- presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose, caso em que os avisos de intermediação ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário; 9- outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato.

FONTE: Resolução CONAMA N° 20/86

Tabela 2.5 – Critérios para Balneabilidade das Águas (Resolução CONAMA 20/86).

3.0 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Região estudada

O local de estudo foi a represa São Salvador localizada a 6 quilômetros do município de Sapé (7° 06' S; 35° 14'5"O, 124m a.n.m), no estado da Paraíba no Nordeste brasileiro e distante cerca de 35 quilômetros da capital, João Pessoa. A represa São Salvador e seu principal tributário, o riacho do mesmo nome, estão situados na Bacia Inferior do rio Paraíba, na microrregião do Agreste paraibano (Figura 3.1).

A bacia do rio Paraíba está totalmente contida no estado, sendo o Paraíba o seu rio principal. Este tem sua nascente no Planalto da Borborema e se estende, no sentido SE – NE alcançando o oceano Atlântico, onde forma um importante estuário que é uma zona de preservação ambiental. (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

3.2 – Características climatológicas

O tipo de clima preponderante é o BSh de Köpen: quente e seco no verão e úmido no inverno. A temperatura varia entre a média mínima de 18°C e a média máxima de 34°C , com uma média anual de 25°C. A pluviosidade média anual varia em torno de 890 a 990mm e se concentra geralmente entre os meses de março a setembro. Alguns verões apresentaram balanço hídrico negativo, com a evaporação superando a precipitação. A taxa média de evaporação é de 700mm/ano. Apresenta nebulosidade entre 50 e 60% (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

3.3 – Estruturas topográficas e geológicas

A topografia da região é de terrenos planos sem acidentes geográficos de maior relevância. Há pequenas elevações na zona rural. O quadro geológico é composto por rochas cristalinas e/ou cristalofílicas de baixa infiltração e conseqüente alto escoamento superficial cobertas parcialmente por sedimentos do grupo Barreiras, sob extensa camada de intemperismo cujas espessuras atingem dezenas de metros. As rochas não alteradas são *gnaiiss*, migmatitas e granitos e surgem em talvegues de alguns riachos. Quanto as características, o solo é arenoso e argiloso de baixa fertilidade e lixiviado (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

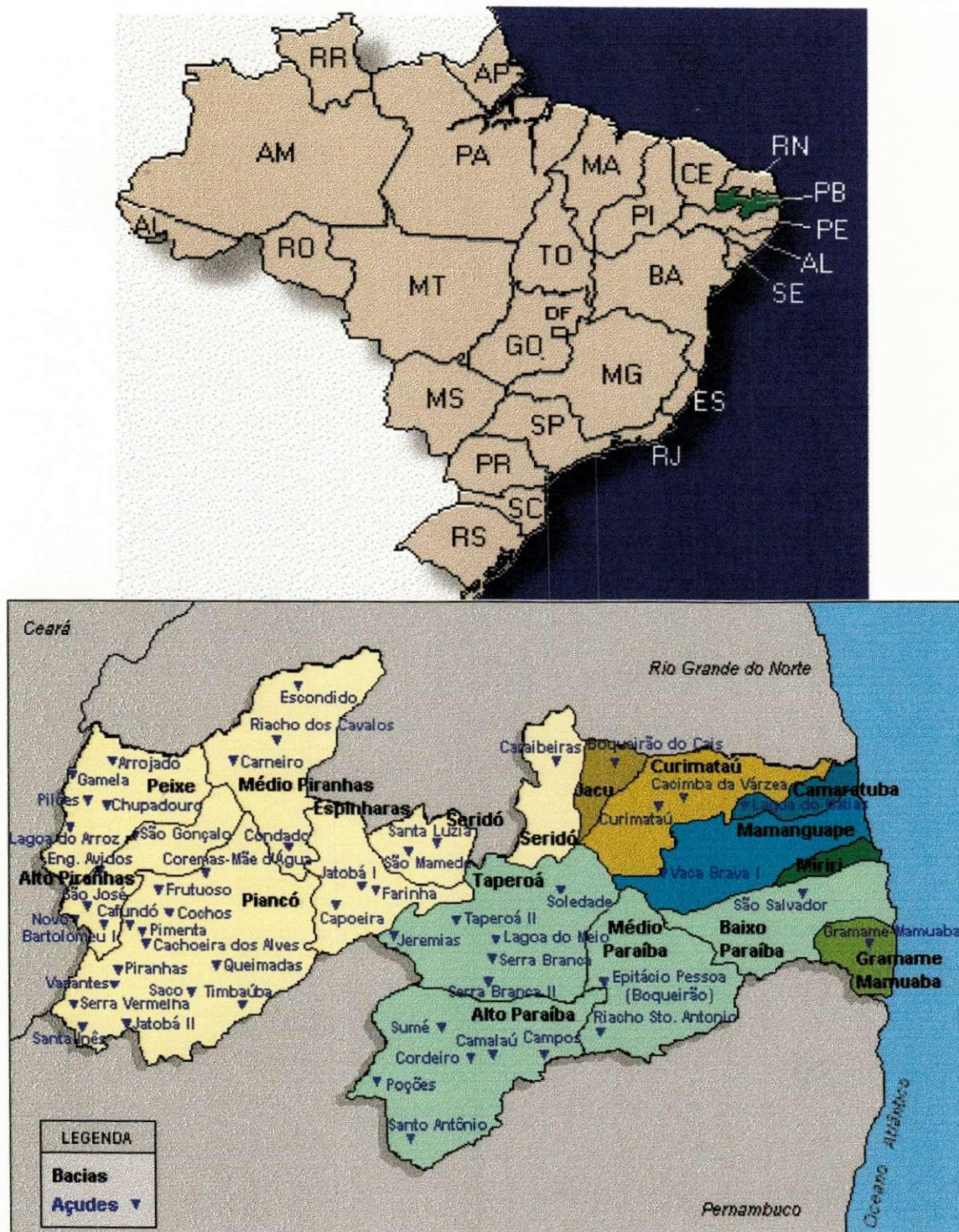


Figura 3.1 – Localização Geográfica do Estado da Paraíba com suas Bacias Hidrográficas e respectivos açudes.

3.4 – Descrição do local amostrado

A Figura 3.2 apresenta um esquema da bacia de drenagem do riacho e da represa São Salvador, além da representação digitalizada da análise batimétrica e os dados de latitude e longitude dos pontos estudados.

A construção do açude São Salvador teve início em meados de 1992 com o represamento do riacho São Salvador e atingiu sua cota máxima em agosto de 1993. Um dado importante é que o terreno inundado não foi previamente desmatado. Os objetivos principais da construção da represa foram a regularização da vazão do riacho São Salvador e o suprimento d'água potável para os municípios de Sapé, Mari, Caldas Brandão e Mulungu. No projeto, estimou-se atender até o ano 2030 uma população de 177.800 habitantes. Um outro objetivo foi o de fornecer uma vazão constante a jusante da barragem para perenizar o rio, atendendo às necessidades da população ribeirinha. A Tabela 3.1, apresenta os dados técnicos da Represa São Salvador.

DADOS TÉCNICOS DA REPRESA SÃO SALVADOR – SAPÉ (PB)	
Cota 0	61,85 m
Profundidade média	6,40 m
Profundidade máxima	16,30 m
Extensão Longitudinal	3.700 m
Extensão Latitudinal	2.100 m
Cota de Soleira (sangria)	62,00 m
Volume esperado (projeto) para cota 0	12.348.115 m ³
Área esperada (projeto) para cota 0	1.926.470 m ²
Volume real para cota 0	12.099.900 m ³
Área real para cota 0	1.889.000 m ²

Fonte: LMRS (1997)

Tabela 3.1 – Dados técnicos da represa São Salvador – Sapé (PB) obtidos a partir de batimetria (LMRS, 1997).

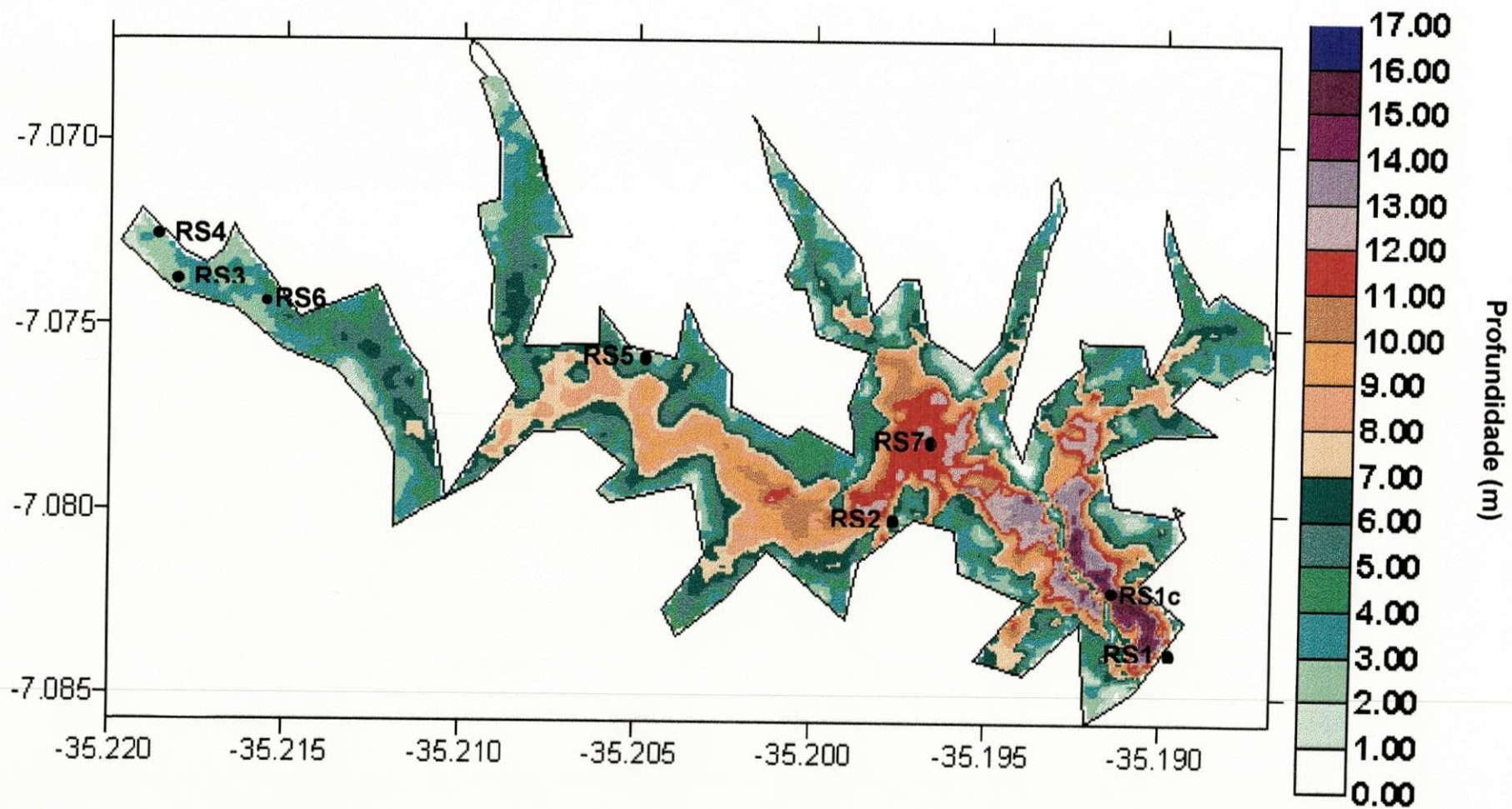


Figura 3.2 – Bacia de drenagem e batimetria da represa São Salvador – Sapé (PB)

Fonte: LMRS

3.5 – Seleção dos pontos amostrados

Na represa, foram demarcados 7 pontos de coleta, sendo 4 nas margens e 3 no centro como vistos na figura anterior. Os pontos foram escolhidos de acordo com os seguintes fatores: presença/ausência de ação antrópica, despejo de esgotos, escoamento agrícola, recreação, pesca, acessibilidade e proximidade da barragem/sangradouro. A distância entre os pontos foi definida a partir da parede da barragem. A seguir, são apresentadas as características de cada ponto:

Ponto RS1: situado cerca de 400 – 500m a partir da barragem, medidos em linha reta na direção sul da margem esquerda da represa. Este local é utilizado para lavagem de roupas, recreação de contato primário e dessedentação de alguns animais, principalmente cabras.

Ponto RS2: localizado na margem sul da represa, a aproximadamente 1.200m do ponto anterior em linha reta. Este ponto é caracterizado pela grande quantidade de caramujos dos gêneros *Ampullaridae* e *Thiaridae* (identificados pelo Departamento de Ecologia – CCEN – UFPB). Próximo às margens, há culturas de cana-de-açúcar, mandioca, milho e feijão, adubadas com esterco bovino. Neste local foi observado intenso movimento de carros pipas que captam água sem tratamento da represa, para fornecer às comunidades e sítios da região.

Ponto RS3: situado na margem, distante 2.200m do anterior. Este ponto apresenta nas suas proximidades, abundante crescimento de macrófitas submersas (*Elodea canadense*) e flutuantes (*Salvinia auriculata*), o qual favorece o acúmulo de resíduos sólidos como plásticos (copos, sacolas), papéis e trapos, causando um forte impacto de poluição visual. O local é utilizado como balneário, para lavagem de veículos e como ancoradouro de barcos de pescadores. Nos fins de semana são instaladas barracas de bebidas, churrascos e sanduíches.

Ponto RS4: Está situado no extremo oeste da represa próximo do local de entrada do riacho São Salvador onde há a formação de um “delta” devido ao assoreamento causado pela sedimentação dos sólidos carregados pelo riacho. O ponto está localizado a aproximadamente 1.800m do ponto anterior, na direção leste. Suas principais características são a grande quantidade de material sedimentado e abundância de vegetação aquática flutuante, com predominância de *Eicchornia*

crassipes e *Elodea canadensis*, que cobre toda a superfície do espelho d'água e que geram caminhos preferenciais para a água. Na sua margem direita há uma horta fertilizada com esterco bovino e que é irrigada com água captada próxima a esse ponto.

Ponto RS5: situado na margem nordeste a 2.000 m da barragem, medidos em linha reta. Nas suas margens há plantações de cana-de-açúcar e criação de gado.

Ponto RS6: localizado no centro da massa d'água, com orientação sul, a 1.400 m do ponto anterior. Esta área é facilmente identificada pelos coqueiros que ficaram parcialmente submersos após o enchimento da represa.

Ponto RS7: situado na parte central da represa, na direção sudeste. Foi caracterizado pela abundante vegetação, parcialmente coberta pela água. Está a cerca de 1.500 metros do ponto anterior.

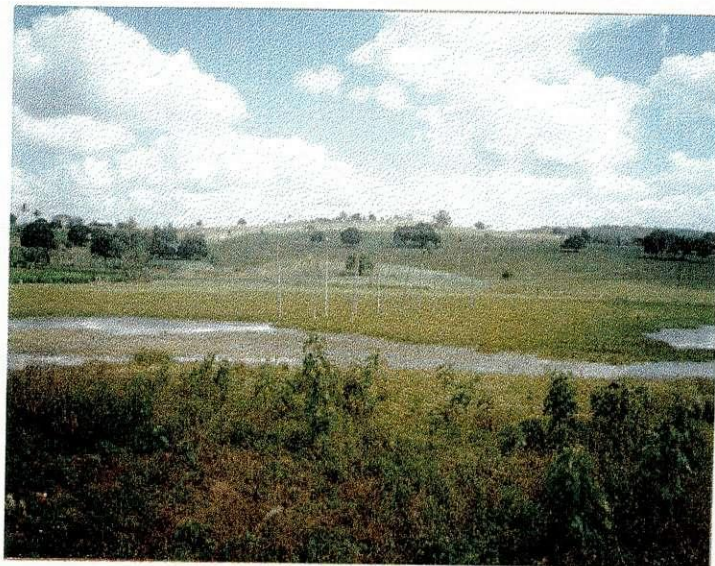
O Quadro 3.1, apresenta as coordenadas de longitude e latitude dos pontos amostrados.

Quadro 3.1 – Coordenadas dos pontos amostrados (LMRS, 1997)

Coordenadas dos pontos de amostragem				
Pontos	Longitude (°)	Latitude (°)	Longitude	Latitude
RS1	- 35,191611	- 7,085222	W 35° 11' 29,8"	S 7° 05' 06,8"
RS2	- 35,201916	- 7,081777	W35° 12' 06,9"	S 7° 04' 54,4"
RS3	- 35,218611	- 7,073861	W35° 13' 10,6"	S 7° 04' 22,3"
RS4	-35,219277	- 7,072972	W35° 13' 13,0"	S 7° 04' 22,7"
RS5	-35,204277	- 7,077000	W35° 12' 15,4"	S 7° 04' 37,2"
RS6	-35,214861	- 7,074861	W35° 13' 00,7"	S 7° 04' 29,5"
RS7	-35,203333	- 7,078083	W35° 12' 12,0"	S 7° 04' 41,1"

Na Figuras 3.3. são mostrados os pontos RS2 (da margem) e RS6 (do centro), respectivamente da represa São Salvador em Sapé (PB).

(a)



(b)

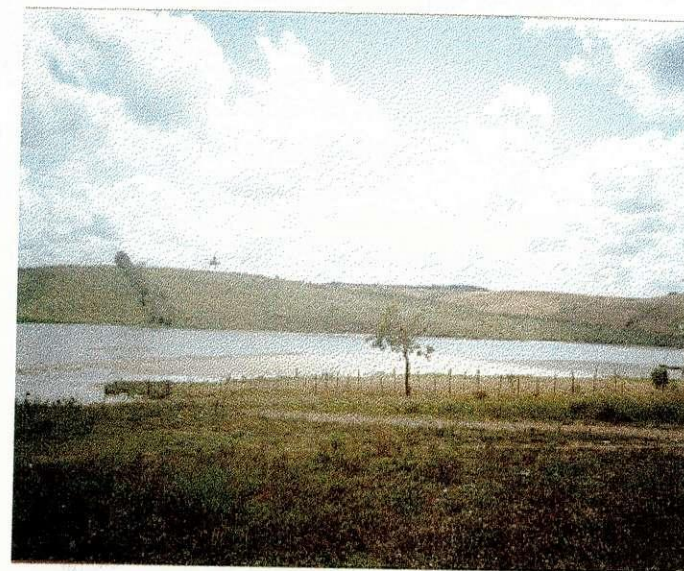


Figura 3.3 – Pontos das margem (a) e do centro (b) da represa São Salvador – Sapé - PB

3.6 – Períodos estudados

No presente trabalho, foram utilizados dois conjuntos de dados:

→ dados primários: levantados em campo e referentes ao período de setembro de 1997 a julho de 1998.

→ dados secundários: cujas séries temporais formam parte do banco de dados da represa São Salvador, monitorada pela Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AES/DEC/CCT/UFPA – Campus II). Com base nestes dados, já foram elaboradas 2 dissertações de mestrado: FERNANDES, R. M. L. (1997) e MARSIGLIA, W. I. M. L. (1998) e foram publicados vários trabalhos.

Os dados secundários são referentes ao período de janeiro a dezembro de 1996.

Os dados horizontais foram coletados nos mesmos pontos descritos anteriormente e a frequência de coleta foi mensal, quando possível quinzenal. Já para os dados verticais, foram feitas coletas em dois pontos: no ponto RS6 e em um outro próximo cerca de 100 metros ao RS1, denominado de RS1c. Esta mudança foi devida à pouca profundidade do ponto RS1.

3.7 – Coleta dos dados primários. Período e frequência

O período de amostragem foi de 02/09/1997 a 01/07/1998 e a frequência foi quinzenal ou mensal. Foram realizados dois tipos de estudos:

a) Estudo dos Compartimentos Horizontais: foram feitas coletas e análises nos 7 pontos da represa, nos primeiros 30 cm da coluna d'água.

b) Estudo dos Compartimentos Verticais: em dois pontos centrais e até 4 metros de profundidade.

Após a obtenção de uma série temporal suficiente de resultados da qualidade da água da represa nos compartimentos horizontais, foram escolhidos dois pontos para os estudos de avaliação da qualidade nos compartimentos verticais. Os pontos escolhidos foram RS1c, distante cerca de 100 metros do ponto RS1 e o ponto RS6 próximo ao local de entrada do principal tributário.

Os estudos do compartimento vertical no ponto RS1c foram realizados nos dias 04/04/98, 25/04/98, 12/05/98, 03/06/98 e 01/07/98 em três horários diferentes – 8, 10 e 12 horas.

Os estudos do compartimento vertical no pontos RS6: as coletas foram feitas nos dias 02/09/97, 26/09/97, 25/10/97, 29/11/97 e 21/01/98 e em um único horário – 8, 10 ou 12 horas.

3.8 – Metodologia de coleta para as análises físicas, químicas e microbiológicas

a) Metodologia para coleta e análises das amostras superficiais dos compartimentos horizontais, foram feitas nos primeiros 30 cm da lâmina d'água, de forma manual, mergulhando recipientes específicos para cada tipo de análise (físicas, químicas e microbiológicas).

Na região central da represa, as coletas foram feitas com o auxílio de um balde plástico perfeitamente limpo e desinfectado, amarrado a um barbante. Para estas coletas foi usado um barco a remo com os materiais necessários: termômetro, balde plástico, garrafas de vidro de cor âmbar para as amostras destinadas às análises microbiológicas e garrafas plásticas para as análises físicas e químicas e frascos padrões de DBO para a análise de oxigênio dissolvido e DBO₅.

b) Metodologia para as análises de amostras dos compartimentos verticais:

Nos compartimentos verticais as amostras foram retiradas das profundidades - 0, 50, 100, 150, 200, 300, 350 e 400 cm (nessa ordem) em relação à superfície do espelho d'água. Para estas coletas foi utilizado um barco a remo, provido com o material já descrito para as coletas das amostras dos compartimentos horizontais, além de uma bomba peristáltica manual e mangueira acoplada à bomba. No extremo livre da mangueira se colocou um "coletor" metálico pintado de branco, constituído de dois discos separados 10 cm entre si e soldados a um tubo metálico oco de 20cm de diâmetro (Figura 3.4).

Para a coleta de amostra, desde a superfície até 4 metros de profundidade, o conjunto coletor e disco de Secchi era imerso lentamente até a profundidade desejada. Para a coleta na profundidade subsequente procedia-se da seguinte maneira: atingida a profundidade desejada, bombeava-se bastante água através da mangueira (aproximadamente 3 litros), que eram descartados e só depois se procedia ao bombeamento para efetuar a coleta. Inicialmente, coletavam-se as amostras para a análise de oxigênio dissolvido em frascos padrões de DBO (com fixação logo após a coleta), depois as garrafa para a análise microbiológica (1 litro) e finalmente para as análises físicas e químicas (2 litros). Ambos os recipientes eram preservados em caixas de isopor com gelo. A coleta na coluna d'água era feita no sentido superfície – fundo com a finalidade de não quebrar uma eventual estratificação da coluna d'água formada pelo gradiente de temperatura nas diferentes profundidades.

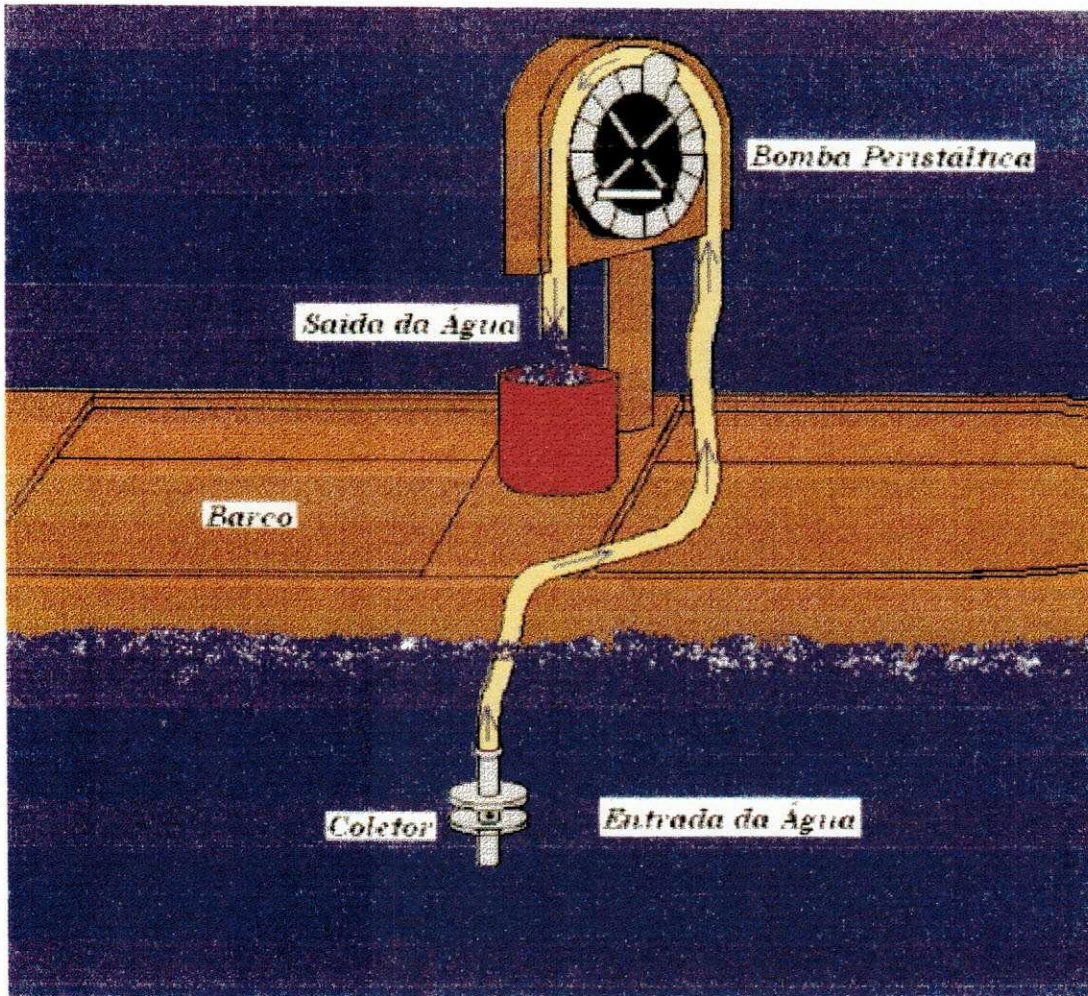


Figura 3.4 – Sistema coletor em profundidade (coletor e bomba peristáltica)

3.9 – Variáveis analisadas

A Tabela 3.2, a seguir apresenta as variáveis analisadas nas amostras de água da represa São Salvador no período de estudo.

Parâmetros	Métodos	Referência
Temperatura (°C)	Termômetro de Filamento de Mercúrio	APHA, 1989
pH	Potenciométrico	APHA, 1989
Condutividade elétrica ($\mu\text{mho/cm}$)	Resistência Elétrica	APHA, 1989
Dureza (mg/L)	Titulométrico	APHA, 1989
Alcalinidade (mg/L)	Titulométrico	APHA, 1989
Transparência (cm)	Disco de Secchi	COLE, 1975
Turbidez (UT)	Nefelométrico	APHA, 1989
DBO ₅ ²⁰ (mg/L)	Frascos Padrões	APHA, 1989
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Winkler Modificado	APHA, 1989
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nesslerização Direta	APHA, 1989
Nitrato (mg/L)	Método de Rodier	RODIER, 1975
Fósforo Total (mg/L)	Espectofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA, 1989
Ortofosfato solúvel (mg/L)	Espectofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA, 1989
Sólidos Totais e frações (mg/L)	Gravimétrico	APHA, 1989
Clorofila "a" ($\mu\text{g/L}$)	Extração a quente com metanol 90%	JONES, 1979
Coliformes Fecais (UFC/100 mL)	Membrana Filtrante	APHA, 1989
Estreptococos Fecais (UFC/100mL)	Membrana Filtrante	APHA, 1989
Bactérias Heterótrofas Mesófilas (UFC/mL)	Contagem Padrão em Placa	APHA, 1989

Tabela 3.2 – Variáveis físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas analisadas nas amostras de água da represa São Salvador (de setembro de 1997 a julho de 1998).

3.10 – Índice de Estado Trófico (IET)

Este estudo foi feito utilizando os índices propostos por IET de CARLSON (1977) alterado por KRATZER & BREZONIK (1981), IET modificado por TOLLEDO JR. (1983) e também foram avaliados os valores limites propostos pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) para países de clima temperado. Para estas análises foram considerados os valores e equações descritos anteriormente no item 2.7. e no Quadro 2.3.

3.11 – Análises Estatísticas

Para as análises da estatística descritiva foram utilizadas as ferramentas do aplicativo Excel do WINDOS.

3.11.1 – Estatística Descritiva

Na análise estatística descritiva foram calculados a média aritmética, média geométrica, desvio padrão, mediana, mínimo, máximo e número de dados de todas as variáveis e pontos coletados na época estudada (setembro de 1997 a julho de 1998).

3.11.2 – Análise de Agrupamento

Para a análise de agrupamento foi utilizado o programa estatístico SPSS 8.0 for WINDOS (NORUSIS, 1992). Para esta análise foram processados os dados das coletas feitas na superfície da água de todos os pontos, correspondentes ao período de janeiro de 1996 a fevereiro de 1998 e classificadas em 3 épocas, denominadas Chuva1 (C1), Seca1 (S1) e Seca2 (S2).

3.11.3 – Análise de correlação múltipla de Pearson

Para esta análise, foi utilizado o aplicativo Statistical Package for Social Science (SPSS) versão for Windows (NORUSIS, 1992). Foram feitas correlações múltiplas de Pearson com os dados das coletas feitas na superfície da água para todos os pontos no período de setembro de 1997 a fevereiro de 1998 e para os dados das coletas feitas na coluna d'água de 0 a 4 metros, nos pontos RS1c e RS6, no período de março a julho de 1998.

4.0 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 – Índices pluviométricos

A Figura 4.1 apresenta as variações médias mensais da precipitação pluviométrica no período de janeiro de 1996 a julho de 1998, a precipitação média mensal de 30 anos no município de Sapé (PB), o volume observado no açude São Salvador durante o período de estudo, assim como a capacidade máxima de armazenamento de água no ano.

A distribuição pluviométrica na região (de acordo com as informações fornecidas pelo LMRS – UFPB com base nos dados coletados na estação meteorológica da EMEPA – PB no município de Sapé), permitiu a caracterização de cinco épocas distintas: Chuva1 (mar/96 - jul/96), Seca1 (jan/fev/96 e set/out/nov/dez/96), Chuva2 (mar/97 - jul/97), Seca2 (set/97 - fev/98) e Chuva3 (mar/98 - jul/98). Para definir o início das épocas secas e chuvosas, aplicou-se o critério utilizado por CEBALLOS (1995), que considerava como mês de transição para um período de estiagem, quando a pluviometria mensal fosse cerca de 50% menor que a pluviometria do mês anterior e como mês inicial de um período de chuvas, quando a pluviometria mensal fosse cerca de 50% maior que a do mês anterior.

Observa-se que excetuando os períodos Seca2 (S2) e Chuva3 (C3), o volume do açude esteve sempre próximo à sua capacidade máxima de armazenamento. Na S2, a diminuição do volume da água acumulada coincide com o decréscimo da precipitação pluviométrica no período.

A Figura 4.2 mostra a comparação das precipitações acumuladas em cada época estudada e as precipitações acumuladas nos meses respectivos durante os últimos 30 anos (valores climáticos médios). Os volumes totais precipitados e as médias pluviométricas mensais em cada época foram: Chuva1 (C1) – volume total precipitado de 819,6mm e pluviometria média mensal de 163,9mm/mês; Seca1 (S1) – volume total precipitado de 195,7mm e pluviometria média mensal de 32,6mm/mês; Chuva2 (C2) – volume total precipitado de 736,1mm e pluviometria média mensal de 147,2mm/mês; S2 – volume total precipitado de 136,3 mm e pluviometria média mensal de 22,7mm/mês e finalmente, C3 com volume total precipitado de 392,3 mm e pluviometria média mensal de 78,5mm/mês.

Os resultados evidenciam que após uma época com um bom nível pluviométrico (C1), houve uma rigorosa estiagem (S2) seguida de outro período de chuvas (C2), com uma pluviometria total acumulada 10% menor que a época chuvosa anterior. Em seguida, houve outra época com estiagem intensa (S2), quando o somatório dos níveis pluviométricos foi 30% menor que o período de estiagem anterior, seguido de outro

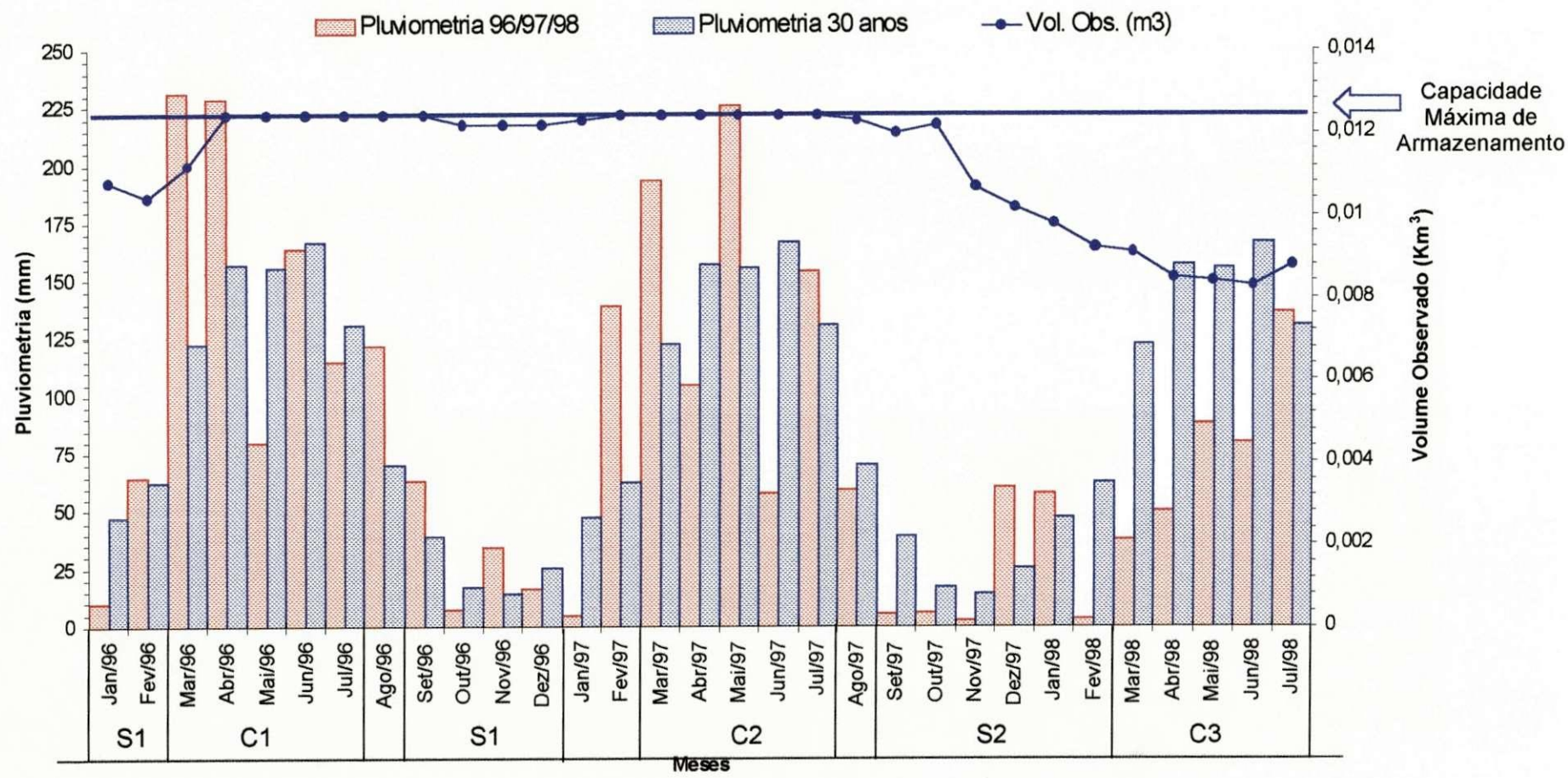
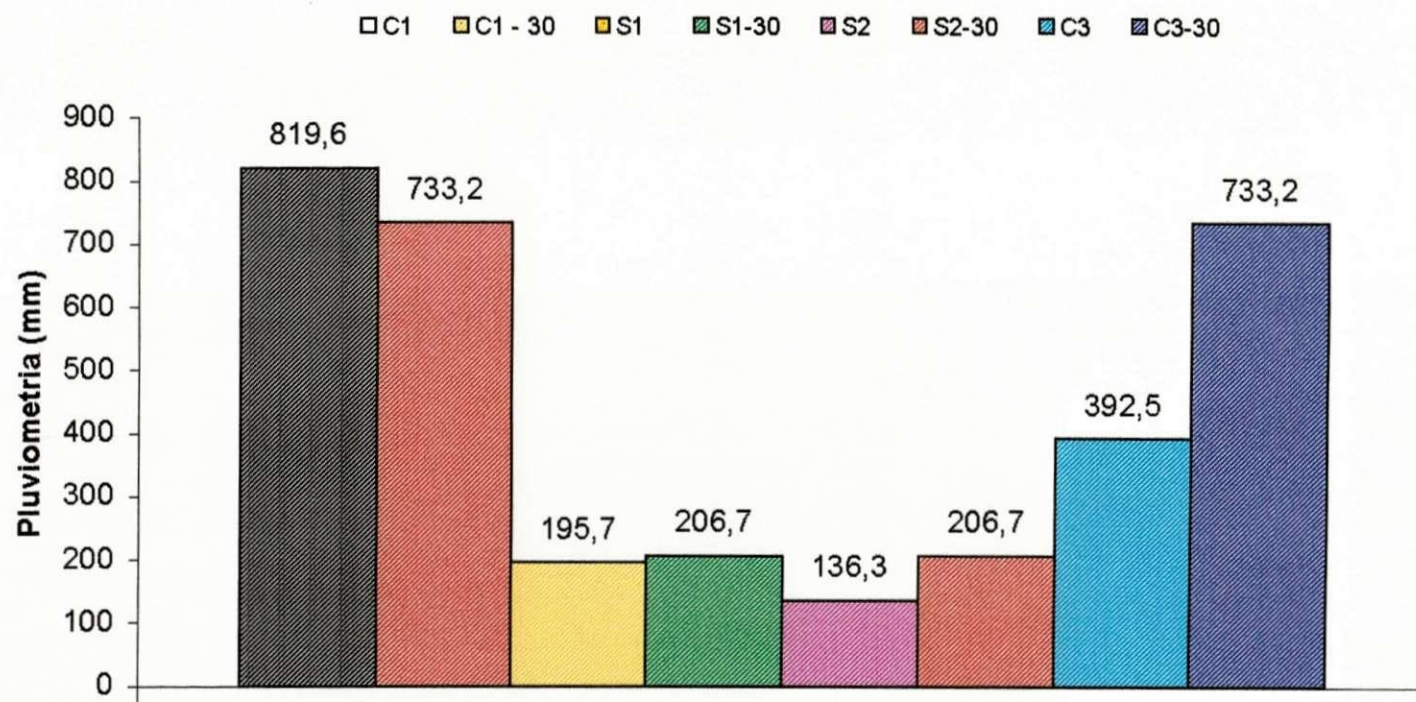


Figura 4.1 – Pluviometria média mensal no período de janeiro de 1996 a julho de 1998, médias pluviométricas mensais de 30 anos na cidade de Sapé e volume observado no açude São Salvador no período estudado.



Períodos de estudos com a distribuição das chuvas

Figura 4.2 – Precipitações em cada época estudada Chuva1 (Mar/96 a Jul/96), Seca1 (Jan/Fev96 + Set/Out/Nov/Dez96), Seca2 (Set/97 a Fev/98) e Chuva 3 (Mar/98 a Jul/98) e as acumuladas (somatório das médias mensais) nos respectivos meses durante os últimos 30 anos.

período de chuvas (C3) com baixos índices pluviométricos. O volume total de chuvas acumulado neste período foi 52% menor que o C1 e 47% menor que o da C2.

Observa-se que a época C1 apresentou um total pluviométrico acumulado 10,5% maior que a média climática, enquanto Chuva2 foi praticamente igual à média climática e Chuva3 foi cerca de 46,5% menor que a média climática. As épocas S1 e S2 apresentaram a pluviometria acumulada inferiores que a média climática de 30 anos. Estes valores confirmam a intensificação da estiagem durante o período de estudo dos compartimentos horizontais. Já os estudos dos compartimentos verticais coincidem com o início de um novo período de chuvas. Este fato é de grande importância, pois a pluviometria afeta o volume armazenado, contribui para a entrada de material das margens para dentro da represa e com a sua diminuição, ocorre uma redução da umidade relativa do ar, favorecendo a evaporação, o que acarreta o aumento da concentração de espécies químicas, notadamente sais como os carbonatos e cloretos (ESTEVES, 1998) nos corpos d'água, gerando modificações ecológicas e sanitárias.

4.2 – Transparência e Extensão da Zona Fótica

Segundo ESTEVES (1998), quando não há disponibilidade de aparelhos mais sofisticados, a medida da transparência através do disco de Secchi, pode através da multiplicação dos valores desta variável por uma constante, fornecer a zona fótica. ISHI (1987, apud ESTEVES, 1998) afirma que, no Brasil, o fator 3 é o mais utilizado pelos limnólogos. Neste trabalho foi utilizado este número para se multiplicar pela transparência e se obter a extensão da zona fótica.

A Figura 4.3 apresenta a transparência, a extensão da zona fótica e a profundidade total dos pontos estudados nos compartimentos horizontais (todos os pontos, exceto RS1c, no período S2) e nos compartimentos verticais (RS6 no período S2 e RS1c no período C3). O ordenamento dos pontos na Figura 4.3 (RS4, RS3, RS6, RS2, RS5, RS7, RS1c e RS1) segue a distribuição dos mesmo à medida em que se distanciam do impacto da descarga do riacho São Salvador.

Nota-se que houve um aumento gradual da transparência desde RS4 até RS7. A transparência apresentou flutuações, sendo mais elevadas em RS7, no estudo dos compartimentos horizontais e em RS6 no estudo dos compartimentos verticais, apesar deste ponto ser mais impactado que o RS1c.

A zona fótica atingiu valores desde 0,9 m em RS2 e RS1 até 6 m em RS7. A profundidade iluminada variou entre 23,8% da coluna d'água em R1c até 100% nos pontos das margens.

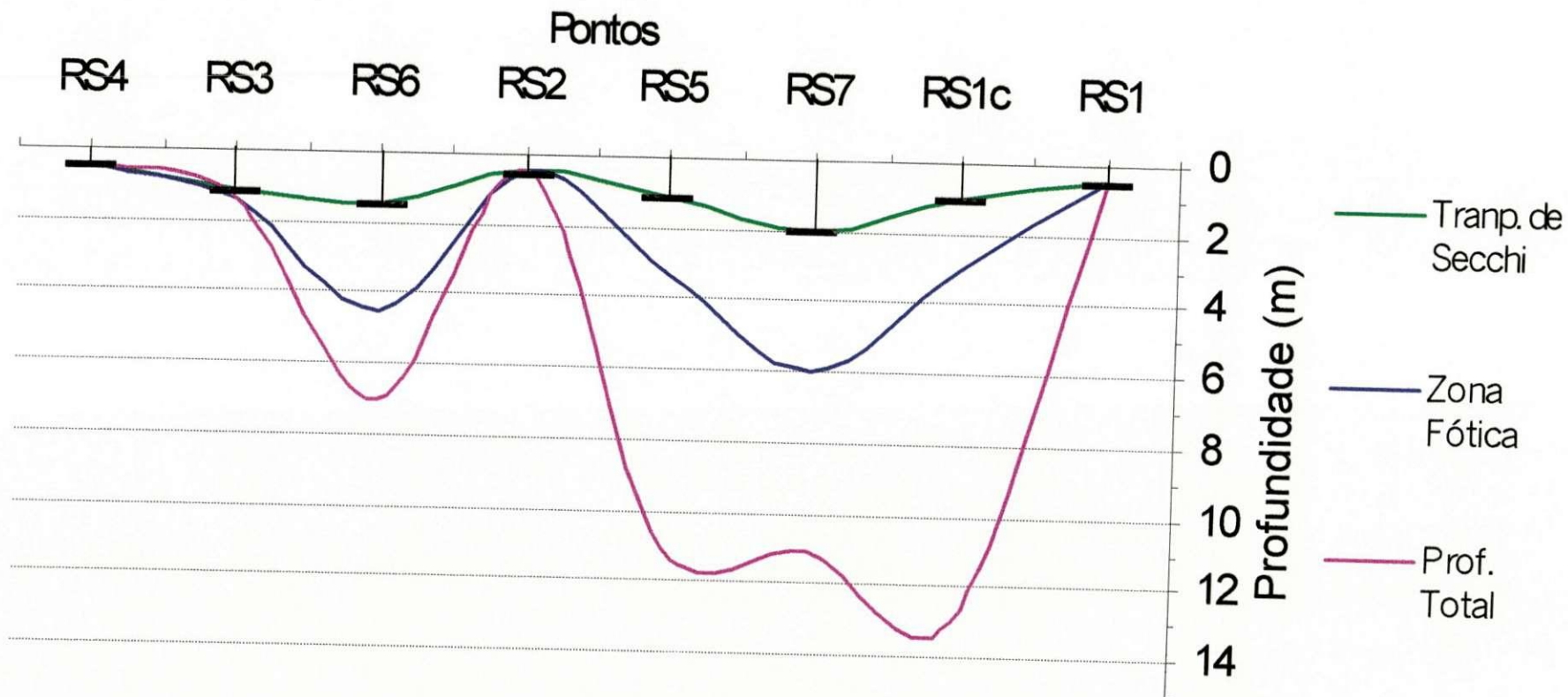


Figura 4.3 – Transparência, Extensão da Zona Fótica e Profundidade Total dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) no período Seca 2

Os valores médios de transparência são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1). Variaram de 0,4 em RS2 e RS4 até 2 m em RS7, um ponto do centro da represa pouco impactado. Os menores valores (0,3 m) ocorreram em RS4 e RS2, podendo estar associados ao material fitoplancônico em suspensão, que esteve presente em grandes quantidades nos dois pontos ou à presença de ácido húmico proveniente da biodegradação das macrófitas e vegetação submersa.

Em algumas coletas nos pontos das margens, a transparência foi total, ou seja, o disco de Sechi tocou o fundo da lagoa e ainda era visível. Esta variável não foi usada na análise do grau de eutrofização, pois prejudicaria a interpretação dos resultados.

Não foram feitas medições de transparência nos períodos Chuva 1 e Seca 1.

4.3 – Resultados do estudo dos compartimentos horizontais

As Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam os resultados da análise estatística descritiva (valores médios, desvios padrões, mínimos, máximos, medianas e número de dados) das variáveis físicas, químicas e biológicas do estudo horizontal na represa São Salvador, no município de Sapé (PB) no período S2 (set/97 - fev/98) referente aos dados primários.

As distribuições temporais das variáveis físicas, químicas e biológicas dos pontos dos compartimentos horizontais da represa São Salvador ao longo dos períodos Chuva1 (mar/96 - jul/96), Seca1 (jan/fev/96 e set/out/nov/dez/96) e Seca 2 (set/97 - fev/98), são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g. (Anexo 1).

4.3.1 – Temperatura da água

As variações temporais dos valores médios de temperatura da água nos diferentes pontos estudados dos compartimentos horizontais para os períodos C1 (mar/96 - jul/96), S1 (jan/fev/96 e set/out/nov/dez/96) e S2 (set/97 - fev/98), são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

No período S2 a temperatura da água teve fortes flutuações em um mesmo ponto de coleta e entre os diferentes pontos (mínima de 22°C e máxima de 32°C). Esse comportamento extremo, foi observado no ponto RS2. Já nos pontos RS1 e RS3 a amplitude térmica foi de 7 e 8°C e nos demais não superou os 4°C em todas as coletas.

Todas as coletas foram iniciadas no horário de 8 às 9 horas e concluídas entre 10 e 11 horas e a seqüência de execução das amostragens seguiu a mesma ordem, começando por RS1 e seguindo com RS2, RS7, RS5, RS6, RS3 e finalizando em RS4.

Tabela 4.1– Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas e químicas da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).

Variável Ponto	Ta °C	pH	Ce µmhos/cm	Transp m	Turb uT	OD mg/L	Dur mgCaCO ₃ /L	Alc mgCaCO ₃ /L	DBO ₅ mg/L	Cl "a" µg/L	Cloreto mg/L
RS1	27,3 ± 3,34	8,6 ± 0,3	738,5 ± 73,5	0,3 ± 0,07	9,0 ± 1,2	7,9 ± 2,1	46,8 ± 4,4	101,7 ± 7,5	1,9 ± 1,2	7,8 ± 5,1	144,2 ± 54,1
	22,0 – 30,0	8,1 – 9,0	603,0 – 820,0	0,2 – 0,4	7,7 – 11,0	6,2 – 11,4	40,0 – 51,0	95,0 – 110,0	0,3 – 3,3	0,7 – 13,6	89,6 – 213,5
	28,7 6	8,5 6	753,0 6	0,3 3	8,8 6	7,2 5	47,5 6	100,0 6	2,0 5	8,2 6	127,0 6
RS2	27,5 ± 4,3	8,5 ± 0,2	745,0 ± 79,3	0,3 ± 0,1	9,3 ± 9,8	8,4 ± 1,7	47,5 ± 2,4	100,0 ± 6,3	2,5 ± 0,9	7,9 ± 4,5	141,7 ± 58,0
	22,0 – 32,0	8,3 – 8,8	595,0 – 829,0	0,2 – 0,4	3,1 – 29,0	7,1 – 11,4	44,0 – 50,0	95,0 – 110,0	1,3 – 3,7	3,0 – 15,5	83,2 – 216,0
	29,0 6	8,6 6	760,0 6	0,3 3	6,0 6	7,7 5	48,5 6	97,5 6	2,4 5	6,8 6	122,5 6
RS3	28,3 ± 3,0	8,2 ± 0,4	758,5 ± 101,1	1,1 ± 0,3	9,0 ± 10,1	6,8 ± 2,5	49,8 ± 5,8	108,0 ± 15,0	1,9 ± 0,7	7,2 ± 5,4	150,0 ± 65,1
	23,0 – 30,0	7,7 – 8,7	628,0 – 923,0	0,9 – 1,4	2,5 – 29,0	4,7 – 1,2	45,0 – 60,0	95,0 – 125,0	1,3 – 3,0	1,8 – 17,3	83,2 – 232,7
	29,5 5	8,2 6	762,5 6	0,9 3	4,5 6	6,2 6	47,5 6	105,0 6	1,6 5	6,6 6	130,8 6
RS4	29,2 ± 1,0	7,6 ± 0,2	800,0 ± 172,7	0,5 ± 0,6	21,9 ± 22,4	3,8 ± 2,4	56,0 ± 14,7	117,5 ± 26,2	2,5 ± 1,4	9,4 ± 13,1	155,2 ± 76,3
	28,0 – 30,0	7,3 – 8,0	620,0 – 1079,0	0,1 – 1,2	1,2 – 54,0	1,5 – 7,3	45,0 – 79,0	95,0 – 160,0	0,5 – 4,3	1,4 – 35,5	90,8 – 259,0
	29,5 4	7,5 6	785,5 6	0,3 3	15,5 6	3,3 6	48,5 6	110,0 6	2,6 5	4,6 6	121,8 6
RS5	29,7 ± 1,7	8,3 ± 0,1	786,5 ± 45,4	1,1 ± 0,1	3,4 ± 0,7	7,4 ± 1,4	49,0 ± 3,7	102,5 ± 6,5	1,8 ± 1,6	5,1 ± 2,3	109,4 ± 23,9
	28,5 – 32,0	8,2 – 8,4	745,0 – 851,0	0,2 – 2,0	2,8 – 4,3	5,6 – 8,8	45,0 – 53,0	95,0 – 110,0	0,4 – 3,5	3,1 – 8,2	88,0 – 132,3
	29,2 4	8,2 4	775,0 4	1,2 3	3,2 4	7,6 4	49,0 4	102,5 4	1,5 3	4,5 4	108,7 4
RS6	29,0 ± 1,2	8,3 ± 0,2	723,5 ± 107,4	1,5 ± 0,4	3,5 ± 1,3	6,9 ± 1,7	47,6 ± 2,4	107,5 ± 8,7	1,5 ± 0,8	5,5 ± 2,8	155,6 ± 57,0
	27,0 – 30,0	8,0 – 8,7	580,0 – 860,0	1,0 – 2,1	2,2 – 6,0	3,7 – 8,2	45,0 – 50,0	95,0 – 115,0	0,5 – 2,4	2,6 – 9,5	96,0 – 218,0
	29,0 5	8,2 6	758,5 6	1,4 5	3,1 6	7,4 6	49,0 5	110,0 4	1,4 4	4,5 5	129,3 5
RS7	29,1 ± 1,7	8,2 ± 0,1	747,5 ± 79,9	2,0 ± 1,3	3,6 ± 0,6	6,5 ± 0,8	47,8 ± 3,4	101,7 ± 6,1	1,9 ± 1,2	6,2 ± 4,2	157,6 ± 60,3
	27,0 – 31,0	8,1 – 8,4	618,0 – 860,0	1,2 – 3,0	2,6 – 4,1	5,5 – 7,5	44,0 – 52,0	95,0 – 110,0	0,6 – 3,3	1,3 – 12,7	94,4 – 228,0
	29,2 4	8,2 6	763,5 6	1,4 4	3,6 6	6,5 6	48,0 6	102,5 6	1,5 5	4,7 6	129,3 5

Ta = Temperatura da água; Ce: Condutividade elétrica; Transp: Transparência; Turb: Turbidez; OD: Oxigênio Dissolvido; Dur: Dureza; Alc: Alcalinidade; DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias e Cl "a": Clorofila "a".

Média ± Desvio Padrão
Mínimo – Máximo
Mediana
Nº de dados

Tabela 4.2 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas e químicas da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998)

Variável Ponto	N - NH ₃ mg/L	Nitrato mg/L	PT mg/L	OF mg/L	ST mg/L	STF mg/L	STV mg/L	SST mg/L	SSF Mg/L	SSV mg/L
RS1	0,06 ± 0,07 0 - 0,2 0,04 4	0,2 ± 0,2 0 - 0,4 0,1 5	0,7 ± 1,0 0,05 - 2,9 0,2 6	0,04 ± 0,08 0 - 0,2 0,01 6	514,9 ± 80,0 406,7 - 637,0 523,5 6	329,4 ± 66,8 219,0 - 406,0 345,5 6	185,5 ± 29,3 151,0 - 231,0 178,0 6	36,0 ± 11,3 23,0 - 51,0 32,0 5	17,4 ± 15,0 3,0 - 38,0 12,0 5	18,6 ± 7,3 6,0 - 24,0 20,0 5
RS2	0,1 ± 0,1 0,02 - 0,4 0,1 4	0,1 ± 0,1 0 - 0,2 0,1 5	0,9 ± 1,0 0,05 - 2,33 0,6 6	0,05 ± 0,1 0 - 0,2 0,01 6	554,3 ± 200,8 371,0 - 846,0 496,0 6	311,2 ± 153,4 33,0 - 460,0 368,5 6	243,2 ± 135,6 54,0 - 386,0 273,0 6	55,5 ± 59,2 20,0 - 144,0 29,0 4	41,0 ± 66,2 1,0 - 140,0 11,5 5	14,5 ± 7,6 4,0 - 21,0 16,5 4
RS3	0,3 ± 0,2 0,03 - 0,5 0,2 4	0,2 ± 0,2 0 - 0,5 0,2 5	0,4 ± 0,4 0,05 - 1,2 0,3 6	0,04 ± 0,1 0 - 0,2 0 6	673,6 ± 264,0 392,0 - 966,0 707,0 5	362,0 ± 75,7 243,0 - 428,0 380,0 5	311,6 ± 209,5 77,0 - 545,0 279,0 5	43,0 ± 21,1 21,0 - 78,0 38,0 5	22,8 ± 19,5 2,0 - 47,0 27,0 5	20,2 ± 12,1 8,0 - 34,0 19,0 5
RS4	0,5 ± 0,7 0,05 - 1,5 0,2 4	0,2 ± 0,2 0 - 0,4 0,2 5	0,6 ± 0,7 0 - 1,7 0,4 6	0,06 ± 0,1 0 - 0,2 0 6	632,8 ± 138,9 428,0 - 819,0 644,0 5	451,8 ± 146,9 290,0 - 685,0 454,0 5	181,0 ± 113,5 52,0 - 361,0 168,0 5	78,2 ± 36,8 42,0 - 110,0 80,5 4	45,3 ± 24,4 15,0 - 66,0 50,0 4	33,0 ± 18,5 6,0 - 46,0 40,0 4
RS5	0,3 ± 0,3 0,02 - 0,5 0,3 3	0,2 ± 0,1 0 - 0,2 0,2 4	0,3 ± 0,4 0,03 - 0,8 0,2 4	0,07 ± 0,1 0 - 0,2 0,01 4	521,3 ± 113,4 448,0 - 652,0 464,0 3	366,3 ± 42,9 327,0 - 416,0 360,0 3	155,0 ± 128,4 36,0 - 292,0 137,0 3	24,7 ± 10,3 18,0 - 40,0 20,5 4	13,0 ± 14,3 2,0 - 32,0 9,0 4	11,8 ± 5,7 6,0 - 17,0 12,0 4
RS6	0,03 ± 0,03 0 - 0,06 0,03 3	0,1 ± 0,1 0 - 0,3 0,2 5	0,4 ± 0,2 0,04 - 0,6 0,4 5	0,06 ± 0,1 0 - 0,3 0 5	521,0 ± 118,4 424,0 - 669,0 446,0 5	398,6 ± 104,5 338,0 - 582,0 343,0 5	122,4 ± 118,0 48,0 - 331,0 82,0 5	24,0 ± 8,9 14,0 - 33,0 28,0 5	12,6 ± 9,8 0 - 22,0 15,0 5	11,4 ± 3,6 6,0 - 15,0 12,0 5
RS7	0,03 ± 0,05 0 - 0,1 0,01 4	0,2 ± 0,4 0 - 1,0 0 5	0,3 ± 0,4 0,06 - 1,1 0,1 6	0,04 ± 0,08 0 - 0,2 0 5	515,7 ± 91,6 405,0 - 601,0 521,5 6	317,5 ± 71,7 199,0 - 375,0 347,0 6	198,2 ± 144,2 69,0 - 401,0 159,0 6	26,7 ± 11,0 15,0 - 38,0 27,0 4	12,5 ± 14,1 0 - 32,0 8,5 4	14,5 ± 7,7 6,0 - 22,0 15,0 4

N-NH₃: Nitrogênio Amoniacal; PT: Fósforo Total; OF: Ortofosfato Solúvel; ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SST: Sólidos Suspensos Totais
SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis

Média ± Desvio Padrão
Mínimo - Máximo
Mediana
Nº de dados

Tabela 4.3 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis microbiológicas da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).

Pontos	Variável	CF (UFC/100mL)	EF (UFC/100mL)	BHM (UFC/mL)
RS1		$1,6 \times 10^3 \pm 2,0$ $8,9 \times 10^2 - 3,7 \times 10^3$ $1,3 \times 10^3$ 4	$1,8 \times 10^3 \pm 6$ $2,9 \times 10^2 - 3,3 \times 10^4$ 10^3 5	$5,0 \times 10^4 \pm 7$ $8,9 \times 10^3 - 6,0 \times 10^5$ $2,5 \times 10^4$ 5
RS2		$1,6 \times 10^3 \pm 5$ $3,4 \times 10^2 - 1,3 \times 10^4$ $1,2 \times 10^3$ 4	$7,9 \times 10^3 \pm 5$ $1,9 \times 10^2 - 8,1 \times 10^3$ $5,7 \times 10^2$ 5	$2,4 \times 10^4 \pm 6$ $5,1 \times 10^3 - 2,8 \times 10^5$ $1,5 \times 10^4$ 4
RS3		$1,5 \times 10^3 \pm 5$ $1,8 \times 10^2 - 4,0 \times 10^3$ $2,7 \times 10^3$ 4	$5,7 \times 10^2 \pm 7$ $5,8 \times 10^1 - 1,9 \times 10^3$ $1,7 \times 10^3$ 3	$2,1 \times 10^4 \pm 3$ $1,1 \times 10^4 - 1,4 \times 10^5$ $1,3 \times 10^4$ 5
RS4		$1,5 \times 10^3 \pm 6$ $1,5 \times 10^2 - 1,4 \times 10^4$ $1,4 \times 10^3$ 6	$2,7 \times 10^2 \pm 15$ $1,3 \times 10^1 - 8,1 \times 10^3$ $2,2 \times 10^2$ 4	$4,9 \times 10^4 \pm 9$ $5,0 \times 10^5 - 10^6$ $2,6 \times 10^4$ 5
RS5		$1,9 \times 10^2 \pm 30$ $1,8 \times 10^1 - 1,9 \times 10^3$ $1,9 \times 10^2$ 2	$3,0 \times 10^2 \pm 0$ $3,0 \times 10^2 - 3,0 \times 10^2$ $3,0 \times 10^2$ 1	$1,4 \times 10^4 \pm 2$ $8,5 \times 10^3 - 2,2 \times 10^4$ $1,4 \times 10^4$ 2
RS6		0 0 - 0 0 0	$5,2 \times 10^2 \pm 1$ $3,9 \times 10^2 - 8,1 \times 10^2$ $4,4 \times 10^2$ 3	$2,5 \times 10^4 \pm 3$ $7,9 \times 10^3 - 7,4 \times 10^4$ $2,6 \times 10^4$ 4
RS7		$2,6 \times 10^2 \pm 14$ $2,6 \times 10^1 - 4,5 \times 10^3$ $1,5 \times 10^2$ 3	$1,1 \times 10^3 \pm 0$ $10^3 - 1,5 \times 10^3$ $1,1 \times 10^3$ 2	$1,4 \times 10^4 \pm 3$ $5,0 \times 10^3 - 4,8 \times 10^4$ $1,3 \times 10^4$ 4

CF: Coliformes Fecais; EF: Estreptococos Fecais e BHM: Bactérias Heterótrofas Mesófilas

Média ± Desvio Padrão
 Mínimo – Máximo
 Mediana
 Nº de dados

As altas amplitudes térmicas observadas nos pontos RS1, RS2 e RS3 no período S2 podem ser explicadas por estes estarem situados nas margens da represa, onde há intensa proliferação de macrófitas aquáticas que reduzem o efeito do vento sobre a massa d'água nestes locais, acarretando uma diminuição da circulação e conseqüente acúmulo de calor com elevação da temperatura.

Para os outros pontos, a amplitude térmica máxima de 4°C está dentro do esperado para açudes localizados no nordeste brasileiro e para outras regiões tropicais (WRIGHT, 1934; CEBALLOS, 1995). O horário de coleta foi sempre o mesmo em todos os pontos.

Em climas tropicais as flutuações temporais para uma mesma hora são pequenas enquanto que a variação num mesmo dia tem amplitude maior. KLEEREKOPER (1944), avaliou diferenças de temperatura de 10 a 15°C num mesmo local em diferentes horários, num mesmo dia.

Os valores médios de temperatura, foram bastante constantes, o mesmo aconteceu com os valores medianos que se aproximaram das médias. Os valores dos desvios padrões não ultrapassaram 15,6% dos valores médios.

Para os períodos C1 (mar/96 - jul/96), os valores médios para a temperatura variaram entre 28,4°C em RS2 e 29,2°C em RS3, RS5 e RS6. Na S1 (jan/fev/96 e set/out/nov/dez/96), os valores médios de temperatura variaram entre 28,5°C em RS7 e 29,9°C em RS1. Esta amplitude entre os pontos permite afirmar que a temperatura não causou variações espaciais e temporais significativas nas variáveis físicas, químicas e biológicas na represa (CEBALLOS, 1995), sendo estas, segundo KLEEREKOPER (1944), normais para ambientes lacustres de regiões tropicais.

Nota-se que houve grandes diferenças entre as amplitudes térmicas do período S2 em relação aos outros períodos. Provavelmente, isto ocorreu pelo maior desenvolvimento de macrófitas aquáticas com o decorrer do tempo e pelo aumento do período de estiagem, aumentando os efeitos da intensa insolação.

4.3.2 – Potencial hidrogeniônico (pH)

As variações temporais dos valores médios de pH nos compartimentos horizontais para S2, S1 e C1, estão nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

No período S2, os valores médios de pH variaram de 7,5 em RS4 a 8,5 em RS1 e 8,6 em RS2, mostrando tendência a valores básicos. Os outros pontos apresentaram valores médios de pH iguais a 8,2. Os valores médios maiores nos pontos centrais da represa podem estar relacionados com a atividade fotossintética.

Os menores valores de pH foram obtidos no ponto RS4, por este ser um local fortemente impactado com as descargas de material orgânico proveniente do tributário principal e que ao serem degradadas pelos organismos decompositores, liberam CO₂ e ácidos orgânicos fracos que provocam a diminuição do pH.

Para o período C1 (mar/96 - jul/96), os valores médios de pH variaram entre 7,2 em RS4 e 7,9 em RS1 e RS6. Vários fatores podem ter contribuído para os menores valores de pH neste período, primeiro: o maior aporte de material orgânico proveniente das margens e do tributário principal, segundo: com as chuvas pode ter havido menor insolação com conseqüente diminuição da atividade fotossintética e o aumento da turbidez ocasionada pela entrada de material, o que pode ter provocado um sombreamento que limitou a entrada de luz na massa d'água com conseqüente diminuição da atividade fotossintética.

Para o período S1 (jan/fev/96 e set/out/nov/dez/96), os valores médios de pH variaram entre 7,5 em RS4 e 8,6 em RS2. Observa-se que, novamente, houve aumento dos valores de pH, principalmente nos pontos das margens, ocasionado pela maior atividade fotossintética no período seco. O menor valor no ponto RS4 foi ocasionado pelo aporte de material orgânico proveniente do riacho São Salvador, mais concentrado devido à evaporação causada por temperaturas mais elevadas do período de estiagem e que nesta época passou a ser o principal fornecedor de água para a represa.

4.3.3 – Condutividade elétrica (CE)

As variações da CE nos períodos S2, S1 e C1, estão nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

A condutividade elétrica média no período S2, foi relativamente alta, e variou entre 723,5 em RS6 e 800 µmhos/cm em RS4. Os valores maiores obtidos no ponto RS4, estiveram associados à entrada de íons dissolvidos provenientes da bacia de drenagem e do rio. Este ponto, por ser mais impactado, recebe um maior aporte de material. Outro motivo para o aumento da condutividade elétrica neste ponto, é o aporte de sais vindos da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Sapé, que tem seu efluente, com vazão aproximada de 11 L/s (CEBALLOS et al., 1995a), despejado no riacho São Salvador e que por sua vez deságua próximo do ponto RS4.

No período C1, os valores médios de condutividade elétrica variaram entre 751 em RS3 e 779 µmhos/cm. A redução dos valores desta variável no período de chuva se deve à maior diluição dos sais dentro da represa. Para o período S1, os valores médios de condutividade elétrica variaram entre 713,2 µmhos/cm em RS1 e 769,3 µmhos/cm em RS4.

Estes dados mostram que no período de chuvas houve, diluição dos íons dentro da massa líquida, este efeito se estendeu até o período S1. No entanto, no período S2 com o prolongamento e intensificação da estiagem, os íons se tornaram cada vez mais concentrados, aumentando consideravelmente a condutividade elétrica.

4.3.4 – Dureza

As variações temporais dos valores médios de dureza nos diferentes pontos do compartimento horizontal para S2, S1 e C1, são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

Estes valores foram bastante semelhantes entre todos os pontos, variando entre 46,8 (RS1) a 49,8 mgCaCO₃/L (RS3), exceto em RS4 que apresentou o maior valor médio (56,0 mgCaCO₃/L). Esta maior concentração, pode estar associada à entrada de cálcio e magnésio, arrastados pelas águas do riacho São Salvador contaminado com esgotos. É importante destacar que este ponto apresentou também a maior amplitude, com valores variando de 45,0 a 79,0 mgCaCO₃/L.

Para o período C1, os valores médios de dureza variaram entre 83,6 mgCaCO₃/L em RS3 e 91,2 mgCaCO₃/L em RS1 e RS2. Para o período S1, os valores médios flutuaram entre 98,4 mgCaCO₃/L em RS1 até 105,9 mgCaCO₃/L em RS4.

A redução dos valores de dureza no período S2 pode ter sido ocasionada pela menor entrada de sais resultante da diminuição das chuvas.

4.3.5 – Alcalinidade

As variações dos valores médios de alcalinidade para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

Estes valores variaram entre 100 mgCaCO₃/L em RS2 e 117,5 mgCaCO₃/L em RS4, indicando uma distribuição bastante regular desta variável. A presença de maiores concentrações em RS4 e de menores valores nos outros pontos pode ter sido consequência dos mesmos fatores que agiram sobre a dureza (maior atividade fotossintética).

Para o período C1, os valores médios variaram entre 97 mgCaCO₃/L em RS2 e 103,3 mgCaCO₃/L em RS6. Para o período S1, os valores médios estiveram entre 81 mgCaCO₃/L em RS1 e 94,9 mgCaCO₃/L em RS3.

4.3.6 – Cloreto

As variações temporais dos valores médios de cloreto para os períodos estudados são apresentadas nas Figuras 4.4.a a 4.4.g (Anexo 1).

Estes oscilaram de 109,4 mg/L em RS5 até 157,6 mg/L em RS7. Para o período Chuva 1, os valores médios variaram entre 9,4 mg/L em RS4 e 17,6 mg/L em RS7. Na Seca 1, os valores médios variaram entre 7,4 mg/L em RS4 e 15,0 mg/L em RS2. Estes dados evidenciam que com o avanço da estiagem, houve grande concentração deste sal. Nota-se também que o ponto RS4 apresentou as menores concentrações. Entretanto, os valores médios permaneceram inferiores ao limite de 250 mg/L, recomendados pelo CONAMA (20/86) como valores máximos de cloreto para se considerar uma água como doce.

Outra observação importante é a grande disparidade na concentração de cloretos no período chuvoso, que variou entre 9,4 e 17,6 mg/L; para o período seco quando esteve entre 109,4 e 157,6 mg/L. WRIGHT (1981) encontrou concentrações de cloretos em açudes nordestinos de 800 mg/L no período chuvoso e de 2100mg/L no período seco e afirmou que estes valores altos são consequência do acúmulo de sais causado pela falta de chuvas na região, havendo grande evaporação gerada pelas altas temperaturas ambientais.

4.3.7 – Oxigênio dissolvido

As variações temporais dos valores médios de oxigênio dissolvido nos diferentes pontos estudados para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.5.a a 4.5.g (Anexo 1).

Estes valores médios variaram de 3,8 mg/L em RS4 a 8,4 mg/L em RS2, com predominância de valores em torno de 7,0 mg/L para os pontos restantes, exceto RS1, com 7,9 mg/L. Os resultados evidenciam uma melhor qualidade da água no referente à oxigenação no setor da barragem (pontos RS1 e RS2), enquanto no setor próximo à entrada do tributário (RS4), a água sofre um aporte contínuo de material orgânico biodegradável, com a conseqüente depleção dos níveis de oxigênio dissolvido. Estes resultados também são vistos em termos de percentuais de saturação do oxigênio no corpo d'água na Tabela 4.4, durante a época S2. O maior valor ocorreu em RS2 com 102,28%, enquanto em RS4 foi obtido o menor, correspondente a 43,65%.

Os baixos valores para os desvios padrões mostram pouca flutuação desta variável, embora tenham ocorrido concentrações pontuais mínimas de 1,5 mg/L (RS4) e máximas de 11,4 mg/L (RS1 e RS2).

Pontos de Coleta	OD obs (mg/L)	OD sat (mg/L)	% de sat
RS1	7,3	7,7	95,31%
RS2	7,8	7,6	102,28%
RS3	6,2	7,6	82,01%
RS4	3,3	7,6	43,65%
RS5	7,6	7,6	100,09%
RS6	7,3	7,6	96%
RS7	6,5	7,6	85,61%

Tabela 4.4 – Valores médios de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% de sat) para os pontos de coleta da represa no açude São Salvador (Sapé – PB).

Os valores médios de oxigênio dissolvido (OD) para os período C1 variaram entre 4,1mg/L em RS4 e 6,6 mg/L em RS1. Os menores valores de OD foram ocasionados pelo maior aporte de material pelas chuvas, que reduziu a penetração da luz solar e consequentemente a fotossíntese. Também influenciou a biodegradação desse novo material.

Para o período S1, os valores de OD variaram entre 4,1mg/L em RS4 e 7,0 mg/L em RS1.

4.3.8 – Turbidez

As variações temporais dos valores médios de turbidez são apresentadas nas Figuras 4.5.a a 4.5.g (Anexo 1).

Analisando estes resultados, percebe-se que os locais de coleta podem ser reunidos em 3 grupos de pontos com valores bem próximos para esta variável. O primeiro é formado pelos pontos RS1, RS2 e RS3, com valores médios próximos a 9 uT. O segundo, é formado pelo ponto RS4, com valor médio de 22 uT, que foi a maior turbidez encontrada e relacionada com o maior impacto do tributário, apresentando as maiores quantidades de material em suspensão. Destaca-se o grande desvio padrão dos resultados neste local, provavelmente decorrente da instabilidade causada pela entrada de material exógeno. O terceiro grupo é formado pelos pontos RS5, RS6 e RS7 com valores médios entre 3,4 e 3,6 uT. O primeiro destes pontos, apesar de ser muito próximo da margem, esteve influenciado pela presença de vegetação da zona litorânea que diminuía a entrada de material orgânico na água. Os outros dois pontos, por serem centrais, sofreram menor ação desse material, que decantava antes de atingir estes locais.

Os períodos Chuva 1 e Seca 1 não foram analisados com relação a esta variável.

4.3.9 – Ortofosfato solúvel

As variações de ortofosfato solúvel nos diferentes pontos estudados para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.5.a a 4.5.g (Anexo1).

Os valores variaram entre 0 mg/L em todos os pontos, e o máximo de 0,3 mg/L em RS6. Destacam-se também os valores médios e medianos que, em todos os pontos, foram sempre próximos a zero. Isto porque o ortofosfato solúvel é a forma mais facilmente assimilável de fósforo e rapidamente é consumida pelos organismos do fitoplâncton e macrófitas. Por este motivo, o fósforo é tido pela maioria dos autores como o nutriente limitante à eutrofização. Provavelmente, a biomassa de *Elodea canadensis* assimilou rapidamente este nutriente.

4.3.10 – Fósforo total

As variações temporais dos valores médios de fósforo total nos diferentes pontos estudados para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.5.a a 4.5.g (Anexo 1). Os valores desta variável apresentaram oscilações entre 0 mg/L em RS4 e 2,9 mg/L em RS1.

Os maiores valores de fósforo total nos pontos das margens sugerem o aporte de compostos fosfatados ao corpo aquático por meio das atividades antrópicas.

No período C1, os valores médios variaram entre 0,2 mg/L em RS2 e 1,8 mg/L em RS4. Para S1, os valores médios foram de 0,04 em RS4 e RS6 a 0,2 mg/L em RS2. O maior valor observado em RS4 foi, provavelmente, causado pelo escoamento das águas de hortas que usavam estrume de gado como fertilizante e pelas águas do tributário.

4.3.11 – Clorofila “a”

Os valores de clorofila “a” são apresentados nas Figuras 4.5.a a 4.5.g (Anexo 1).

Estes variaram nos pontos das margens entre 5,1 $\mu\text{g/L}$ (RS2) e 7,9 $\mu\text{g/L}$ (RS5). Nos pontos centrais, a variação foi de 5,9 $\mu\text{g/L}$ em RS6 a 9,4 $\mu\text{g/L}$ em RS4. Os maiores valores no ponto RS4 são provavelmente causados pela entrada de algas carregadas pelas águas do rio, visto que a concentração média de clorofila “a” do efluente da ETE do município de Sapé foi de 640 $\mu\text{g/L}$ (CEBALLOS et al., 1995b), valor bastante alto e que mesmo com a diluição no percurso até a entrada da represa deve ter influenciado na concentração desta variável no ponto RS4.

Aplicando-se a equação de CARLSON (1977) sobre estes valores, pode-se classificar a represa São Salvador, quanto ao grau de trofia, como eutrófica; utilizando-se a equação de CARLSON modificada por TOLEDO Jr (1983, apud MINOTI, 1999), é classificada como meso - eutrófica. Segundo a OECD (TUNDISI et al., 1988), a mesma pode ser considerada eutrófica.

No período C1, os valores médios de clorofila “a” variaram entre 7,6 $\mu\text{g/L}$ em RS3 até 17,6 $\mu\text{g/L}$ em RS7. Para o período S1, os valores médios estiveram entre 7,4 $\mu\text{g/L}$ em RS4 até 16,0 $\mu\text{g/L}$ em RS2.

Os valores médios nos períodos C1 e S1 estiveram maiores que os encontrados na S2, provavelmente com a maior insolação neste último período as algas, deslocaram-se protegeram para pontos mais profundos da massa líquida.

4.3.12 – Sólidos totais e suas frações

As variações temporais dos valores médios dos sólidos totais e suas frações nos diferentes pontos estudados para as épocas C1, S1 e S2, são apresentadas nas Figuras 4.6.a a 4.6.g (Anexo 1).

Para a época S2, os valores médios de sólidos totais apresentaram fortes flutuações espaciais entre os diferentes locais de amostragem, com concentrações maiores em RS3 (673,0 mg/L) e as menores em RS1 (329,4 mg/L), com desvios padrões elevados (desde 20% do valor médio em RS1 até 40% em RS3). O comportamento desta variável em RS3 se associa com as atividades realizadas no mesmo (balneabilidades, lavagem de carros, dessedentação de animais, ancoradouro de barcos) e com a influência das mesmas, no momento da coleta. Deve-se observar que todas essas atividades envolvem revolvimento do material do fundo.

Os resultados das frações fixas e voláteis, também acompanharam o comportamento dos sólidos totais, embora com menores desvios padrões e em consequência com valores médios mais próximos às medianas. Houve predomínio da fração fixa na maioria dos pontos.

As concentrações de sólidos totais mostraram grande variação, apresentando valores médios entre 329,4 mg/L em RS1 e 673,3 em RS3. As medianas apresentaram uma variação de menor amplitude, com valor mínimo de 345,5 mg/L em RS1 e máximo de 707,0 mg/L em RS3.

Os sólidos totais fixos apresentaram valores medianos entre 178,0 em RS1 e 454,0 mg/L em RS4, este maior valor foi, provavelmente, provocado pela entrada de materiais inorgânicos introduzidos com o riacho São Salvador.

Os sólidos totais voláteis apresentaram valores medianos entre 31,0 mg/L (RS1) e 279,0 mg/L (RS3). Estes dados sugerem a influência a presença de macrófitas no ponto central e a entrada de material alóctone orgânico através das margens.

No período C1, os valores médios dos sólidos totais estiveram entre 424 mg/L em RS1 e RS6 e 646,6 mg/L em RS3. Apesar do ponto RS4 ser onde entra o tributário, o ponto RS3 fica no delta do riacho São Salvador, o que explica o maior aporte dos sólidos totais neste ponto, neste período. Os sólidos totais fixos variaram na época chuvosa entre 163,8 mg/L em RS7 até 411,6 mg/L em RS4, já os sólidos totais voláteis variaram entre 115,0 mg/L em RS1 e 338,7 mg/L em RS3. Estes valores indicam que o maior aporte de sólidos totais e suas frações, no período C1 ocorreram devido à maior vazão do riacho São Salvador, que influenciou bastante a qualidade da água nos pontos próximos à entrada na represa.

Na época S1, os valores médios dos sólidos totais variaram entre 339 mg/L em RS6 e 689,0 mg/L em RS3. Para os sólidos totais fixos a variação neste período foi de 160,0 mg/L em RS4 até 625,0 mg/L em RS3, indicando a entrada de material suspenso de origem mineral através das águas do riacho São Salvador. Para os sólidos totais voláteis, a variação foi de 55 mg/L em RS6 até 292,0 em RS2. Este maior valor em RS2 indica que houve aporte de material orgânico das margens na época de estiagem, causada pela ação antrópica nestes locais.

4.3.13 – Sólidos suspensos e suas frações

As variações temporais dos valores médios de sólidos suspensos e suas frações nos diferentes pontos estudados para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.6.a a 4.6.g (Anexo 1).

Para a época S2, os valores médios dos sólidos suspensos totais variaram de 24,0 mg/L em RS6 até 78,2 mg/L em RS4, ambos pontos centrais, porém com diferentes níveis de impactos antropogênicos.

Os valores médios dos sólidos suspensos fixos variaram de 12,6 mg/L (RS6) a 45,3 mg/L (RS4). Já os valores extremos foram de 0 mg/L (RS6 e RS7) até 140,0 mg/L (RS2). Os valores medianos variaram de 8,5 em RS7 até 50 mg/L em RS4. Os desvios padrões para esta variável também foram muito altos e em RS2 (desvio padrão = 66,2) superou o valor médio (41,0).

Para os sólidos suspensos voláteis, os valores médios variaram de 11,4 mg/L em RS6 até 33,0 mg/L em RS4. Os valores extremos foram de 4 mg/L em RS2 até 46,0 mg/L em RS4. Para esta variável, os desvios padrões se apresentaram menores em relação aos valores médios, mas atingiram valores consideráveis como em RS4 (56% do valor médio).

Para o período C1, os valores médios dos sólidos suspensos totais variaram entre 12,8 mg/L em RS2 até 22,5 mg/L em RS4. Os suspensos fixos apresentaram valores médios entre 5,8 mg/L em RS2 até 9,4 mg/L em RS4, os suspensos voláteis flutuaram entre 7 mg/L em RS2 até 11,4 em RS3. Os resultados evidenciam o forte efeito poluidor do riacho, que afeta toda a represa, em particular os pontos mais próximos (RS4 e RS3).

4.3.14 – Nitrogênio amoniacal

As variações temporais dos valores médios de nitrogênio amoniacal nos diferentes pontos estudados para os períodos C1, S1 e S2 são apresentadas nas Figuras 4.7.a a 4.7.g (Anexo 1).

Na estiagem S2, observaram-se baixos valores médios de nitrogênio amoniacal em todos os pontos (Tabela 4.2). Nas margens, os valores variaram de 0,06 mg/L (RS1) a 0,3 mg/L (RS3) e no centro da represa, as flutuações foram de 0,03 mg/L (RS6 e RS7) a 0,5 mg/L (RS4). Estas concentrações permitiram agrupar os pontos em diferentes conjuntos de valores próximos ou semelhantes: 1) RS1 e RS2, que apesar de serem de margem, apresentam valores mais baixos por estarem situados na parte menos impactada; 2) RS3 e RS5, sob a influência da descarga do tributário (riacho São Salvador) tiveram valores cerca de 33% maiores que do grupo anterior. Estes pontos também apresentavam grande quantidade de macrófitas, que no processo de decomposição das proteínas, liberaram nitrogênio amoniacal. Na zona central, houve a formação evidente de 2 sub-grupos de pontos, um representado pelos pontos RS7 e RS6 (RS7 por ser influenciado pelas margens) e o outro no centro da represa, formado pelo ponto RS4 que sofreu grande ação antrópica, como já foi explicado.

Os valores medianos variaram entre 0,01mg/L em RS7 até 0,3 mg/L em RS5. A represa, quanto ao grau de trofia para esta variável é classificada como oligotrófica na tipologia sugerida por VOLLENWEIDER (1968). Este é o único autor, entre os pesquisados que considera valores limites de N-amoniacal na classificação trófica. É interessante esta conclusão, visto que todas as outras variáveis a classificaram como meso eutrófica, eutrófica e até hipereutrófica. Conclui-se que para avaliar o nível trófico de um corpo aquático, devem ser considerados o conjunto das variáveis que influenciam no processo (nitrogênio nítrico, fósforo total, ortofosfato, clorofila "a" e transparência).

Para o período C1, os valores médios de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,04 mg/L em RS2, até 0,06 mg/L em RS1 até 1,1mg/L em RS4. Estes valores indicam novamente a influência da carga poluidora do riacho São Salvador no ponto RS4, acentuadamente na época seca quando o efluente da ETE se tornou menos diluído pelas menores vazões do riacho e pela diminuição do volume d'água na represa.

4.3.15 – Nitrato

As variações temporais dos valores médios de nitrato nos diferentes pontos para os períodos estudados são apresentadas nas Figuras 4.7.a a 4.7.g (Anexo 1).

Os valores médios de nitrato variaram entre 0,1 a 0,2 mg/L em todos os pontos da represa. Estas concentrações foram resultado da entrada de nitrato a partir das margens e pela nitrificação, favorecida pelo oxigênio dissolvido em concentrações elevadas, que em todos os pontos superou 0,3 mg/L, concentração esta que é a mínima para as bactérias nitrificantes oxidem nitrogênio amoniacal em nitrito e este em nitrato (SAWYER et al., 1994).

Para esta variável, assim como para o nitrogênio amoniacal, destacaram-se os valores altos dos desvios padrões, indicando grande variabilidade. Estes resultados eram esperados devido aos fatores ambientais que afetam esta variável, destacando-se a ação de bactérias nitrificantes e a assimilação destes nutrientes pelos organismos bentônicos, do fito e do zooplâncton.

Para o período C1, os valores médios estiveram entre 0,11 mg/L em RS1 e RS5 até 0,18 mg/L em RS4. Na S1, os valores médios variaram entre 0,04 mg/L em RS6 até 0,12 mg/L em RS4. Novamente as maiores concentrações ocorreram no ponto RS4 e indicam uma poluição antiga neste local, fato comprovado pelas pesquisas anteriores que sempre destacaram este ponto como o mais impactado (FERNANDES, 1997; MARSIGLIA, 1998).

4.3.16 – Coliformes fecais

As variações temporais dos coliformes fecais nos diferentes pontos são apresentadas nas Figuras 4.7.a a 4.7.g (Anexo 1).

Os coliformes fecais apresentaram ampla distribuição na represa, com valores médios nas margens entre 2×10^2 UFC/100mL (RS5) a $1,6 \times 10^3$ UFC/ 100mL (RS1 e RS2). Para os pontos centrais, as variações foram de $2,6 \times 10^2$ UFC/100mL (RS7) até $1,5 \times 10^3$ UFC/100mL (RS4). Os valores extremos flutuaram entre 18 UFC/100mL (RS5) até $1,4 \times 10^4$ UFC/100mL (RS4) e as medianas variaram de $1,2 \times 10^3$ (RS2) até $2,7 \times 10^3$ (RS3). Os desvios padrões foram baixos indicando num mesmo ponto, pouca variabilidade.

Coliformes fecais nas concentrações observadas indicam que houve contaminação fecal mais acentuada nas margens, provavelmente pela entrada de fezes de animais. No ponto central RS4, as concentrações detectadas podem estar associadas à entrada de material fecal proveniente do riacho São Salvador assim como no ponto RS3 se relacionaram principalmente com atividades de recreação (balneabilidade). O ponto RS7, menos contaminado, teve menor impactos das margens e também maior insolação, fatores estes que junto com o pH, em torno de 8,3 e OD elevado (85,6% de saturação) exercem efeito bactericida. Situação semelhante foi observada em RS5, embora seja um ponto mais próximo à margem, mas com um menor impacto humano ou de animais.

4.3.17 Estreptococos fecais

As variações dos estreptococos fecais estão nas Figuras 4.7.a a 4.7.g (Anexo 1).

Os estreptococos fecais estiveram presentes em todos os locais amostrados com valores médios entre $2,7 \times 10^2$ UFC/100mL (RS4) até $7,9 \times 10^3$ UFC/100mL (RS2). Os

valores extremos variaram de $1,3 \times 10^1$ UFC/100mL (RS4) até $3,3 \times 10^4$ UFC/100mL (RS1). Os desvios padrões foram baixos, evidenciando pouca variabilidade. O menor valor da mediana foi de $2,2 \times 10^2$ UFC/100mL no ponto RS4 e o maior foi de $1,7 \times 10^3$ UFC/100mL no ponto RS3.

Os estreptococos fecais são bons indicadores de poluição fecal e o sub-grupo dos enterococos possuem alta resistência às condições adversas do ambiente, superiores às de coliformes fecais.

4.3.18 – Bactérias heterótrofas mesófilas

As bactérias heterótrofas mesófilas vivem em ambientes aquáticos mineralizando material orgânico dissolvido e particulado, processo no qual obtém a energia para suas atividades vitais de catabolismo e anabolismo (MARINELARENA & MARIAZZI, 1995).

As variações temporais das bactérias heterótrofas mesófilas são apresentadas nas Figuras 4.7.a a 4.7.g (Anexo 1).

As concentrações médias desta variável apresentaram um valor mínimo de $1,4 \times 10^4$ UFC/mL (RS5 e RS7) e um máximo de $5,0 \times 10^4$ UFC/mL (RS1 e RS4). Os valores extremos variaram do mínimo $5,0 \times 10^3$ UFC/mL em RS2 e RS7 até $1,0 \times 10^6$ UFC/mL em RS4. A maior mediana para esta variável foi de $2,6 \times 10^4$ UFC/mL encontrado nos pontos RS4 e RS6 e foi próxima aos valores médios (RS4 – $5,0 \times 10^4$ UFC/mL e RS6 – $2,5 \times 10^4$ UFC/mL).

Os maiores valores para estas bactérias ocorreram em RS4 e RS6 (pontos centrais) estando o primeiro bastante contaminado e o segundo com macrófitas em decomposição. RS1 também apresentou valores elevados. No entanto, a DBO_5 não expressou estas condições, pois os valores de DBO_5 foram menores que o limite de detecção da técnica (2 mg/L).

4.4 – Análise de agrupamento dos compartimentos horizontais

Os dendrogramas resultantes da análise de agrupamento nos três períodos estudados são apresentados nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10. e na Tabela 4.5.

A análise de agrupamento foi aplicada aos três períodos de dados coletado: Chuva1 (mar/96 a jul/96), Seca1 (jan/fev/96 + set/out/nov/dez/96) e Seca2 (set/97 a Fev/98).

Na Chuva 1, foram definidos 4 grupos: um composto pelos pontos RS1 e RS2, localizados na margem sudeste, distantes cerca de 1000 metros. Estes pontos sofrem ações antrópicas (lavagem de roupas e dessedentação de animais). Um segundo grupo,

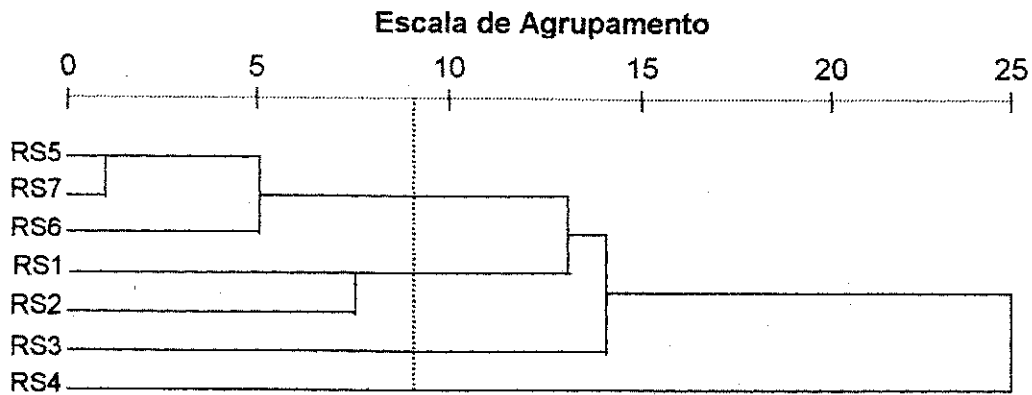


Figura 4.8 – Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) na época Chuva 1 (mar – jul/96).

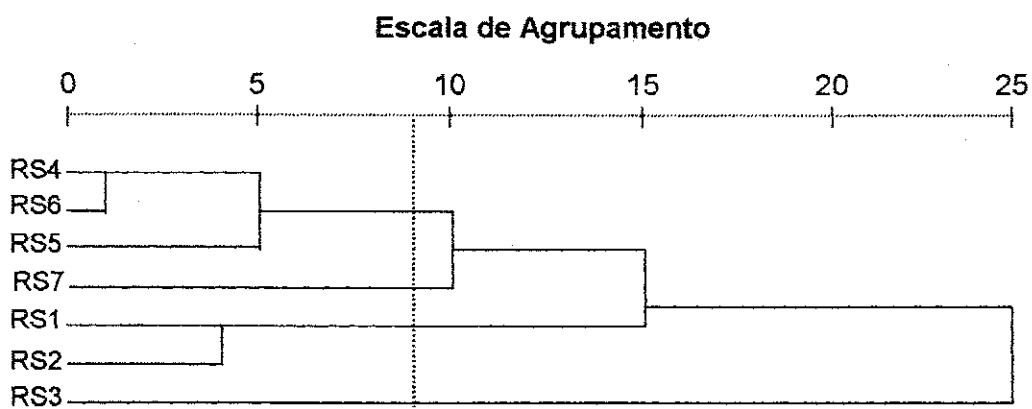


Figura 4.9 – Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) na época Seca 1 (jan-fev e set-dez/96).

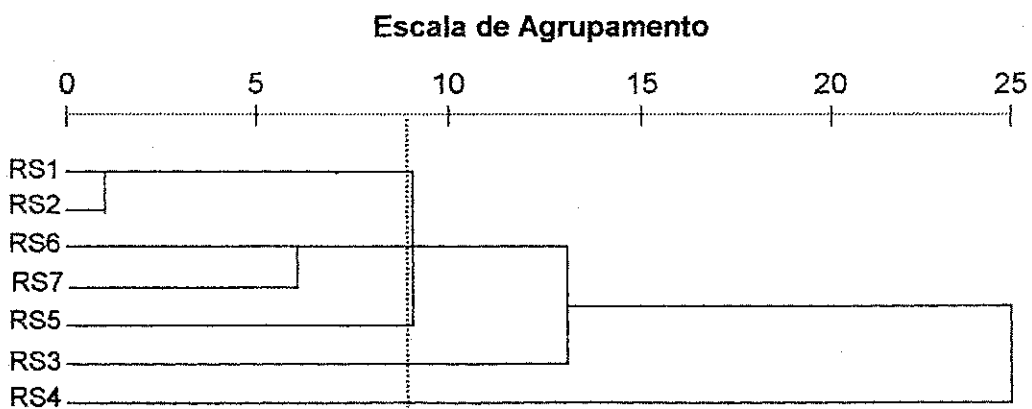


Figura 4.10 – Dendrograma da análise de agrupamento dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) na época Seca 2 (set/97 a fev/98).

Períodos	Grupos
Chuva 1	Grupo 1 – RS1 e RS2 Grupo 2 – RS3 Grupo 3 – RS4 Grupo 4 – RS5, RS6 e RS7
Seca 1	Grupo 1 – RS1 e RS2 Grupo 2 – RS3 Grupo 3 – RS4, RS5 e RS6 Grupo 4 – RS7
Seca 2	Grupo 1 – RS1 e RS2 Grupo 2 – RS3 Grupo 3 – RS4 Grupo 4 – RS5, RS6 e RS7

Tabela 4.5 – Grupos formados pelos compartimentos horizontais após a análise de agrupamento nas 3 épocas estudadas na represa São Salvador – Sapé – Pb.

foi formado só pelo ponto RS3 (margem), com características próprias como a lavagem de carro, recreação de contato primário, e ancoradouro, além de receber a influência das águas do riacho São Salvador. O terceiro grupo foi formado pelo ponto RS4, o mais impactado pelo riacho São Salvador. No 4º conjunto, se agruparam os pontos centrais (RS5, RS6 e RS7), com menor influência antropogênica nesta época.

Na Seca 1, novamente se formaram 4 conjuntos, permanecendo no primeiro grupo RS1 e RS2. O 2º grupo foi constituído pelo ponto RS3, que apresentou uma qualidade da água um pouco melhor do que o grupo posterior, mas que ainda tem influência da descarga do riacho São Salvador e dos usos da água neste local. Modificou-se o 3º grupo com a saída do ponto RS7 e entrada do RS4. Este resultado evidenciou uma deterioração da qualidade da água, pois os pontos RS5 e RS6 provavelmente, passaram a sofrer forte influência do riacho São Salvador, quando o delta de entrada se tornou mais longo. O 4º grupo, foi constituído pelo ponto RS7, ponto central com água de boa qualidade, com pouca influência das atividades nas margens.

Para a época Seca 2, os grupos formados apresentaram a mesma constituição que na Chuva 1, provavelmente com a diminuição da vazão do riacho São Salvador, resultado do período prolongado de estiagem, as influências ambientais colaboraram para manter a homogeneidade nas características físicas, químicas e biológicas da água nos diferentes pontos. Assim, os mesmos permaneceram agrupados como no período anterior.

4.5 – Análise de correlações múltiplas de Pearson nos compartimentos horizontais

Os resultados das correlações de Pearson entre as diversas variáveis analisadas nos compartimentos horizontais, são apresentadas na Tabela 4.6.

Para esta análise foram utilizados os dados primários, referentes à época Seca2, que compreende o período de setembro de 1997 a fevereiro de 1998.

Houve correlação significativa e positiva entre pH e OD ($r = 0,82$, $\alpha = 0,01$) evidenciando a relação entre aumento da concentração de OD e dos valores de pH, ocasionados pela atividade fotossintética que libera oxigênio dissolvido ao meio aquático, juntamente com o consumo de CO_2 e liberação de íons hidroxilas que aumentam o pH. O pH também se correlacionou significativa e negativamente com N-NH_4 ($r = -0,50$, $\alpha = 0,05$) e com SSV ($r = -0,50$, $\alpha = 0,05$). Ambas correlações estão associadas à presença de material orgânico e à sua biodegradação, liberando ácidos orgânicos (queda do pH) e aumentando a concentração de nitrogênio amoniacal proveniente da decomposição das proteínas. Outro fator que pode ter contribuído para esta correlação foi o de que: os pontos com maiores concentrações de nitrogênio amoniacal são aqueles que recebem esgotos e que possuem valores de pH menores.

Tabela 4.6 – Correlações entre as medianas das variáveis físicas, químicas e biológicas no perfil horizontal da represa São Salvador (Sapé – PB). Época Seca (Set/97 a Fev/98).

	Ta	pH	CE	OD	Tranp	Turb	Dur	Alc	OF	PT	Clt	DBO ₅	Cl "a"	N-NH ₃	Nit	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	CF	EF	BHM	
Ta	1																								
pH	-0,03	1																							
CE	0,40	-0,69	1																						
OD	0,10	0,82**	-0,15	1																					
Tranp	0,20	0,17	0,15	0,05	1																				
Turb	0,10	-0,32	0,35	-0,30	0,07	1																			
Dur	0,20	-0,40	0,65**	-0,50**	0,20	0,70**	1																		
Alc	0,30	-0,30	0,70**	-0,35	0,08	0,65**	0,92**	1																	
OF	0,10	0,04	-0,20	0,09	-0,25	0,11	-0,18	-0,25	1																
PT	-0,13	0,26	-0,14	0,23	0,10	0,13	0,05	0	0,14	1															
Clt	0,30	-0,26	0,60**	-0,50**	0,30	0,33	0,60**	0,55**	-0,14	-0,28	1														
DBO ₅	-0,34	-0,10	-0,30	-0,30	-0,30	0,13	0,17	-0,02	0,36	0,18	-0,01	1													
Cl "a"	-0,09	-0,25	0,10	-0,50**	0,26	0,33	0,50**	0,40	-0,17	0,12	0,51**	0,51**	1												
N-NH ₃	0	-0,50*	-0,18	-0,02	0,11	-0,16	-0,23	-0,31	-0,15	0,02	-0,20	-0,15	-0,02	1											
Nit	0,14	0,04	0,16	0,02	0,21	0,15	0,10	0,17	0,27	0,06	0,15	0,18	-0,12	-0,25	1										
ST	0,10	0,10	0,07	0	-0,13	-0,06	-0,07	-0,11	-0,36	-0,07	0,04	0,10	-0,14	-0,01	0,34	1									
STF	0,32	-0,12	0,53**	-0,10	0,07	0,60**	0,60**	0,65**	0,07	-0,17	-0,28	-0,6	0,10	-0,32	0,26	0,06	1								
STV	0,08	0,02	0,03	0,01	-0,14	-0,10	-0,12	0,16	0,36	-0,06	-0,06	0,10	-0,15	0,11	0,32	1,00**	-0,02	1							
SST	0,19	-0,24	0,01	-0,20	-0,08	0,70**	0,36	0,36	-0,12	0,25	0,04	0,20	0,50**	-0,01	-0,03	-0,09	0,33	-0,11	1						
SSF	0,20	-0,06	-0,02	0,06	-0,11	0,55**	0,22	0,31	-0,24	0,23	-0,13	0,05	0,28	-0,07	0,05	-0,11	0,30	-0,13	0,93**	1					
SSV	-0,05	-0,50**	0,09	-0,60**	0,10	0,60**	0,42	0,21	0,27	0,10	0,45	0,44	0,57**	0,18	-0,19	0,04	0,15	0,03	0,38	0,01	1				
CF	-0,25	0,14	-0,40	0,35	0,13	0,20	-0,32	-0,19	0,17	0,28	0,50*	-0,18	-0,32	0,18	0,26	-0,08	0,09	-0,13	0,35	0,45	-0,16	1			
EF	-0,08	0,42	0,55**	0,32	0,31	0,32	0,37	0,31	0	0,01	0,33	-0,48	0,07	-0,60**	-0,06	-0,13	0,41	-0,28	0,02	-0,07	0,25	-0,25	1		
BHM	0,52*	-0,10	0,70**	-0,23	0,48	0,50**	0,67**	0,67**	0,35	-0,09	0,74**	0,04	0,35	-0,26	0,16	0,11	0,52**	-0,11	0,17	0,01	0,43	-0,39	0,39	1	

Obs1: (*) $\alpha = 0,05$ e (**) $\alpha = 0,01$

Obs2: Ta – Temperatura, CE – condutividade elétrica, OD – Oxigênio Dissolvido, Tranp – Transparência, Turb – Turbidez, Dur – Dureza, Alc – Alcalinidade, OF – Ortófosfato, PT – Fósforo Total, Clt – Cloreto, Cl "a" – Clorofila "a", Nit – Nitrato, ST – Sólidos Totais, STF – Sólidos Totais Fixos, STV – Sólidos Totais Voláteis, SST – Sólidos Suspensos Totais, SSF – Sólidos Suspensos Fixos, SSV – Sólidos Suspensos Voláteis, CF – Coliformes Fecais, EF – Estreptococos Fecais e BHM – Bactérias Heterótrofas Mesófilas.

Houve correlações significativas e positivas entre a condutividade elétrica e a dureza ($r = 0,66$, $\alpha = 0,01$), condutividade elétrica e alcalinidade ($r = 0,70$, $\alpha = 0,01$), condutividade elétrica e cloreto ($r = 0,82$, $\alpha = 0,01$) e condutividade elétrica e sólidos totais fixos. Todas estas correlações estão associadas ao aumento da concentração de sais e compostos inorgânicos ocasionada pela intensificação da estiagem e conseqüente aumento da concentração de íons no meio aquático. A condutividade elétrica também esteve associada positiva e significativamente com o número de estreptococos fecais ($r = 0,55$, $\alpha = 0,01$). Esta relação se estabelece pela maior resistência dos EF às condições de alta CE, o qual ocorre nos locais com esgotos e pela evaporação. Houve correlação significativa e positiva entre condutividade elétrica e bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,68$, $\alpha = 0,01$), que pode ter sido ocasionada pela liberação de sais após a decomposição da matéria orgânica realizada por estes microrganismos, assim como pelo aumento das concentrações de bactérias heterótrofas mesófilas com o escoamento superficial.

Houve correlação significativa entre dureza e alcalinidade ($r = 0,92$, $\alpha = 0,01$) e dureza e cloreto ($r = 0,60$, $\alpha = 0,01$). Estas relações, podem dever-se à associação entre os íons cálcio e magnésio com os carbonatos, bicarbonatos (ligados à alcalinidade) e os íons cloretos. Estas associações são fundamentais para conferir a propriedade de dureza à água. A dureza também se correlacionou positiva e significativamente com a turbidez ($r = 0,68$, $\alpha = 0,01$) e com os sólidos totais fixos ($r = 0,60$, $\alpha = 0,01$) associadas à natureza inorgânica do material em suspensão que provoca turbidez e contém sais de cálcio e magnésio.

Houve correlação negativa e significativa entre dureza e o nível de oxigênio dissolvido ($r = -0,50$, $\alpha = 0,01$), porque com o aumento da concentração de sais, há redução da solubilidade do oxigênio no meio aquático.

A dureza também se correlacionou positiva e significativamente com a concentração de clorofila "a" ($r = 0,50$, $\alpha = 0,01$). Provavelmente, os íons cálcio e magnésio têm um papel fundamental na produção global do sistema aquático, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos, principalmente o magnésio que participa da formação da molécula de clorofila.

Houve correlação positiva e significativa entre dureza e bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,70$, $\alpha = 0,01$), sugerindo uma relação entre os sais de cálcio e magnésio com os sólidos suspensos fixos que poderiam estar servindo de abrigo às bactérias.

As correlações positivas e significativas entre alcalinidade e turbidez ($r = 0,65$, $\alpha = 0,01$), alcalinidade e cloreto ($r = 0,56$, $\alpha = 0,01$), alcalinidade e sólidos totais fixos ($r = 0,65$, $\alpha = 0,01$) e alcalinidade e bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,67$, $\alpha = 0,01$), podem estar indicando o aporte de sólidos suspensos inorgânicos ricos em sais, inclusive carbonatos e

bicarbonatos que são responsáveis por grande parte da alcalinidade de uma água. A relação com as bactérias heterótrofas foi explicada anteriormente.

A turbidez se correlacionou positiva e significativamente com os sólidos suspensos totais ($r = 0,72$, $\alpha = 0,01$), com os sólidos suspensos fixos ($r = 0,54$, $\alpha = 0,01$), com os sólidos suspensos voláteis ($r = 0,60$, $\alpha = 0,01$) e com as bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,50$, $\alpha = 0,01$), pois estes sólidos são uns dos principais componentes causadores de turbidez na água e entrariam no ecossistema aquático junto com as bactérias heterótrofas e também as protegeriam dos efeitos bactericidas do meio ambiente. Houve correlação significativa e positiva com os sólidos totais fixos, evidenciando uma maior fração inorgânica dos sólidos aportados à represa.

Houve correlação negativa e significativa entre oxigênio dissolvido e clorofila "a" ($r = -0,50$, $\alpha = 0,01$). Esta relação pode ter sido ocasionado pela intensa insolação que levou as algas a procurarem proteção contra a luz solar em camadas mais profundas do que aquelas onde foi coletada a amostra. Deste modo, o oxigênio produzido chegava até a superfície apesar da pequena concentração de clorofila "a".

Houve também, correlação negativa e significativa entre oxigênio dissolvido e cloreto ($r = -0,50$, $\alpha = 0,01$). Sabe-se que um aumento da concentração de sais reduz a solubilidade do oxigênio no meio aquático, por outro lado maiores concentrações de cloreto estão associadas a esgotos, que contêm menor concentração de oxigênio dissolvido. (SAWYER et al., 1994; HAMMER, 1979).

O oxigênio dissolvido também apresentou correlação negativa e significativa com os sólidos suspensos voláteis ($r = -0,60$, $\alpha = 0,01$) pois esta variável está relacionada ao material orgânico que sofre decomposição e causa depleção dos níveis de oxigênio dissolvido.

Houve correlação positiva e significativa entre clorofila "a" e cloretos ($r = 0,51$, $\alpha = 0,01$), que se explica pela entrada no corpo, destes íons junto com nutrientes que favorecem o desenvolvimento algal. A mesma explicação se dá à correlação entre cloreto e sólidos suspensos voláteis ($r = 0,50$, $\alpha = 0,05$).

A clorofila "a" também se correlacionou positiva e significativa com os sólidos suspensos totais ($r = 0,50$, $\alpha = 0,01$), provavelmente porque os microrganismos fitoplânctônicos constituíram uma fração maior do material suspenso.

O Cloreto se correlacionou positiva e significativamente com as bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,74$, $\alpha = 0,01$), provavelmente devido à entrada de sais junto com os esgotos domésticos.

Houve correlação negativa e significativa entre cloretos e CF ($r = -0,51$, $\alpha = 0,05$), devido a estas bactérias serem sensíveis ao aumento da concentração de sais que

provocam alterações no equilíbrio osmótico destas bactérias e maior condutividade elétrica (CEBALLOS, 1995).

Houve correlação significativa e positiva entre sólidos totais e sólidos totais voláteis ($r = 1,00$, $\alpha = 0,01$), indicando uma maior concentração de material orgânico, que foi introduzido nas amostras com as macrófitas em decomposição, com também, houve um maior aporte de material fecal. Também houve correlação positiva e significativa entre sólidos suspensos totais e sólidos suspensos fixos ($r = 0,93$, $\alpha = 0,01$), pois as frações inertes chegam ao corpo aquático a partir de numerosas fontes, contribuindo para a maior concentração de sólidos totais.

Houve correlação positiva e significativa entre sólidos suspensos fixos e bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,53$, $\alpha = 0,01$), de forma semelhante ao ocorrido com os sólidos totais.

4.6 – Avaliação dos níveis tróficos

Para esta avaliação, foram aplicados a classificação proposta pela ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO (OECD, 1982), o índice de estado trófico (IET) de CARLSON (1979), modificado por KRATZER & BREZONIK (1981, In: MINOTI, 1999) e o índice de estado trófico adaptado por TOLEDO Jr. (1983, In: MINOTI, 1999).

Os dois primeiros métodos foram desenvolvidos para regiões de climas temperados e o último é uma adaptação do IET de Carlson, visando sua melhor aplicabilidade em regiões de clima tropical.

CALIJURI (1988) e ESTEVES (1998) destacam os vários fatores como clima, condições do solo, desenvolvimento industrial ou agrícola que afetam o estado trófico de um corpo d'água, além de interferirem no metabolismo dos organismos aquáticos e devido a isso, defendem a aplicação de classificações tróficas apenas num contexto regional.

MARGALEF (1986), afirma que sistemas de classificação trófica apenas sugerem informações básicas que traduzem as condições locais, não servindo, portanto, para comparação entre ambientes localizados em regiões com características distintas.

SPERLING (1994) e CEBALLOS (1995), afirmam que as classificações tróficas utilizadas atualmente dão uma visão genérica da tipologia de um corpo d'água sendo necessário para uma caracterização mais completa, a utilização de critérios sanitários, ecológicos e de produtividade primária.

4.6.1 – Análise da classificação trófica com o índice de estado trófico de CARLSON modificado por KRATZER & BREZONIK (1981) (IETc).

O resultado da tipologia do açude São Salvador com base no IETc, é apresentados na Tabela 4.7. As Figuras 4.11 e 4.12 apresentam a variação do IETc para clorofila “a” e fósforo total, respectivamente, nos três períodos.

Observa-se, segundo esta classificação, que houve um avanço da eutrofização na represa, ao longo dos 3 períodos analisados.

No ponto RS1, houve um aumento do nível trófico de eutrófico nas épocas C1 e S1 para eu-hipereutrófico em S2. O ponto RS2, passou de eu-hipereutrófico, nas épocas C1 e S1 para hipereutrófico na época S2. O ponto RS3, apresentou uma oscilação, saindo de eu-hipereutrófico na Chuva1, melhorando para meso-eutrófico na Seca1 e piorando em seguida a qualidade trófica para eutrófico na Seca2. Para o ponto RS4, houve um comportamento semelhante ao ponto anterior, variando de eu-hipereutrófico na Chuva1, para meso-eutrófico na época Seca1 e decaindo a qualidade para hipereutrófico na Seca2. Para o ponto RS5, a variação foi de eu-hipereutrófico nas épocas Chuva1 e Seca1, para eutrófico na Seca2, o mesmo comportamento foi apresentado pelos pontos RS6 e RS7.

Conclui-se que houve uma piora na qualidade trófica das águas dos pontos RS1, RS2 e RS3, situados nas margens e portanto, sofrendo aporte de nutrientes e material em suspensão. O mesmo aconteceu para RS4. Em RS5, houve uma melhora na qualidade trófica da água e os pontos RS6 e RS7, apresentaram uma variação do nível trófico entre eutrófico e hipereutrófico durante as épocas.

A caracterização da represa pelo IET de Carlson, mostrou no geral, que a represa passou de eutrófica no primeiro período de estiagem para eu – hipereutrófica com a chegada das águas no período de chuvas e conseqüente arrasto de material das margens, no segundo período seco, a maior atividade fotossintética e o menor aporte de nutrientes contribuiu para que a represa voltasse a ser classificada como eutrófica.

4.6.2 – Análise da classificação trófica com o índice de estado trófico de CARLSON modificado por TOLEDO Jr. (IETm).

Este índice surgiu após as modificações no IET de CARLSON propostas por TOLEDO JR. que se baseou em uma seqüência de dados obtidos na represa de Barra Bonita (SP) no período de 1978 a 1980. Incluiu também uma nova variável para a determinação do índice, o ortofosfato, por ser a principal forma de fósforo em ambientes aquáticos localizados em regiões de clima tropical e além de ser o principal nutriente limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton (DUARTE, 1999).

Períodos	SECA 1	CHUVA1	SECA2
Pontos			
RS1	Eutrófico	Eutrófico	Eu – hipereutrófico
RS2	Eu – hipereutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
RS3	Eutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
RS4	Meso – eutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
RS5	Eu – hipereutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
RS6	Eutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
RS7	Eutrófico	Eu – hipereutrófico	Eutrófico
Classificação da Represa	Eutrófica	Eu - hipereutrófica	Eutrófica

Tabela 4.7 – Tipologia dos pontos da represa São Salvador (Sapé-PB) coletados nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2 com base no Índice de Carlson modificado (IETc).

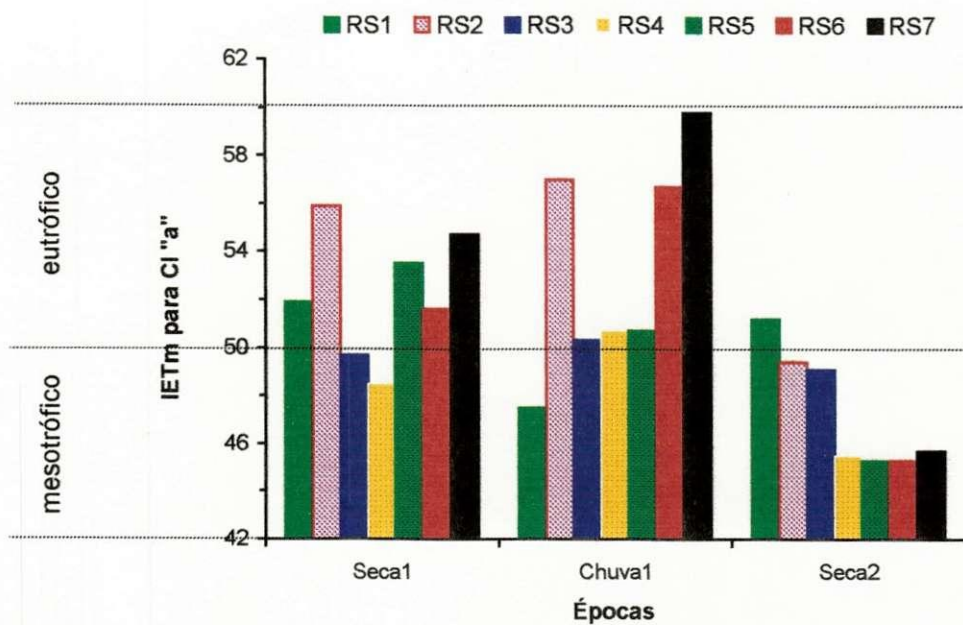


Figura 4.11 – Variação do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado (IETm) para Clorofila "a" (Cl "a") dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé-PB) nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2.

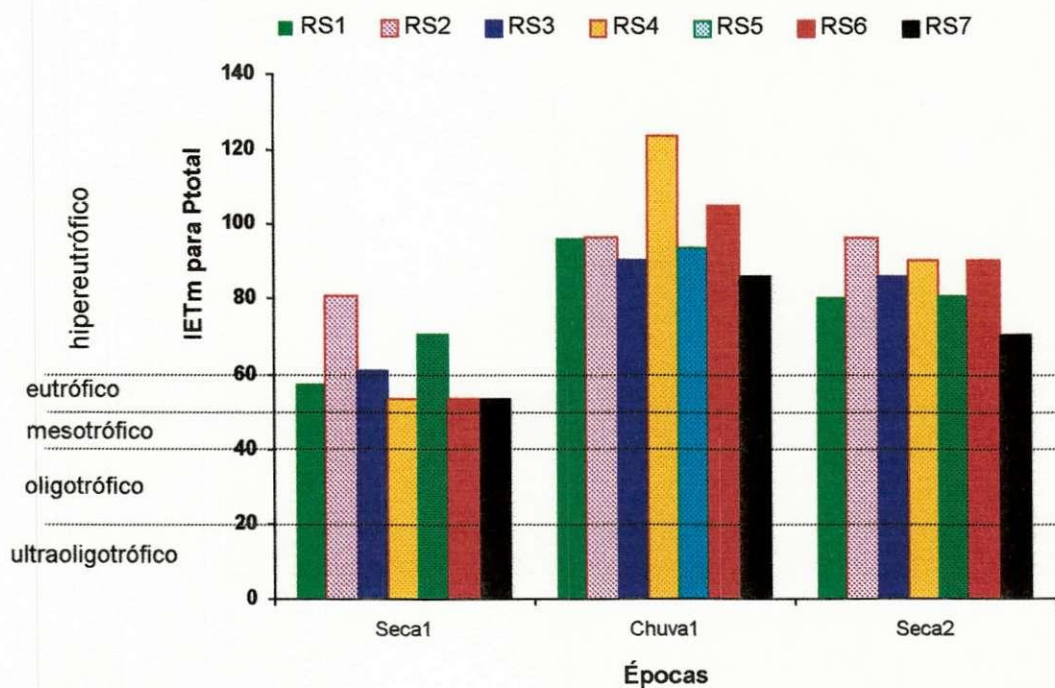


Figura 4.12 – Variação do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado (IETm) para a concentração de Fósforo Total (Ptotal) dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé-PB) nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2.

O resultado da tipologia do açude São Salvador com base no IETm, é apresentado na Tabela 4.8. As Figuras 4.13 e 4.14 apresentam a variação do IETm para clorofila "a" e fósforo total, respectivamente, nos três períodos estudados.

Nesta classificação também foi observada uma tendência ao aumento do nível de trofia na represa São Salvador, principalmente nos locais mais próximos às margens ou que experimentaram alguma ação antrópica.

Nesta classificação, a tipologia do ponto RS1 variou de mesotrófico nas épocas Chuva1 e Seca1, para meso-eutrófico na Seca2. O ponto RS2 apresentou uma sensível melhora no grau de trofia, variando de eutrófico nas épocas Chuva 1 e Seca 1, para hipereutrófico na Seca 2. O ponto RS3 apresentou uma piora no estado trófico, variando entre eutrófico nas épocas Chuva 1 e Seca 1 para hipereutrófico na Seca 2. O ponto RS4 apresentou-se como eutrófico na Chuva 1, depois foi classificado como mesotrófico na Seca 1 e em seguida voltou a ser eutrófico. O ponto RS5 apresentou-se como eutrófico na época Chuva 1, melhorando sua qualidade trófica para eutrófico na Seca 2 e depois sofreu novo aumento de trofia, ficando classificado na Seca 2 como eutrófico. O ponto RS5 apresentou uma recuperação do nível de trofia que variou de mesotrófico na Chuva 1 para eutrófico na Seca 1 e em seguida voltando novamente a ser mesotrófico na época Seca 2. Os pontos RS6 e Rs7 apresentaram uma variação semelhante, que caracterizou uma recuperação das condições tróficas, pois estes pontos foram classificados como eutróficos na Chuva1, melhorando a qualidade trófica em Seca 1 quando se tornaram meso-eutróficos e depois em Seca 2, quando foram classificados como mesotróficos.

No geral, esta classificação também mostrou uma melhora na qualidade trófica da água. A represa passou de meso – eutrófica no período S1, para eutrófica em C1, melhorando novamente para meso – eutrófica em S2.

4.6.3 – Análise da classificação trófica com o sistema da OECD (1982).

Esta classificação surgiu a partir de um estudo feito pela OECD para a avaliação das condições tróficas de lagos e reservatórios localizados em regiões de clima temperado. Neste sistema, são utilizados dois métodos de análise: o primeiro método é baseado em valores limites fixos e o outro com faixa de valores. O método de valores fixos deve ser utilizado como indicativo e o método com faixas de valores é mais adequado pois permite uma transição entre as diferentes classificações tróficas.

MEYBECK et al. (1990) afirmam que a utilização do sistema da OECD em regiões de clima tropical deve estar condicionada a modificações no critério de análise, como por exemplo, os valores limites para clorofila "a" em regiões de climas mais quentes devem ser aumentados.

Períodos	SECA 1	CHUVA1	SECA2
Pontos			
RS1	Mesotrófico	Mesotrófico	Meso – eutrófico
RS2	Eutrófico	Eutrófico	Meso – eutrófico
RS3	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico
RS4	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico
RS5	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
RS6	Meso – eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico
RS7	Meso – eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico
Classificação da Represa	Meso - eutrófica	Eutrófica	Meso - eutrófica

Tabela 4.8 – Tipologia dos pontos coletados nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2 com base no Índice de Carlson adaptado por Toledo Jr. (1983) (IETm).

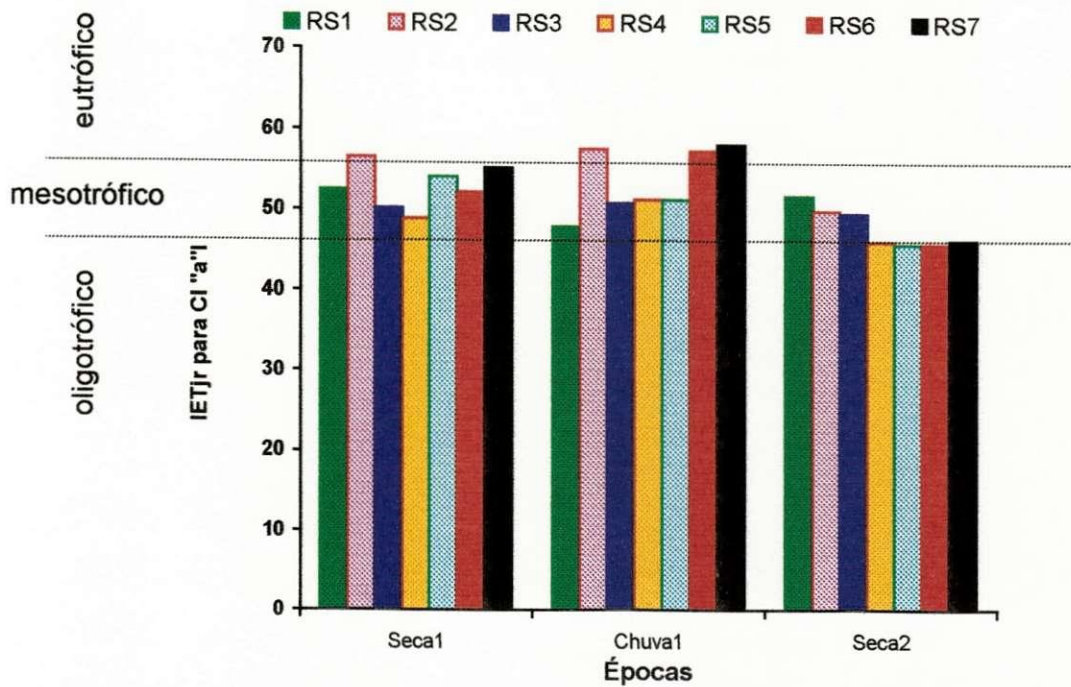


Figura 4.13 – Variação do Índice de Estado Trófico de Carlson adaptado por Toledo Jr. (IETjr) para Clorofila “a” dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé-PB) nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2.

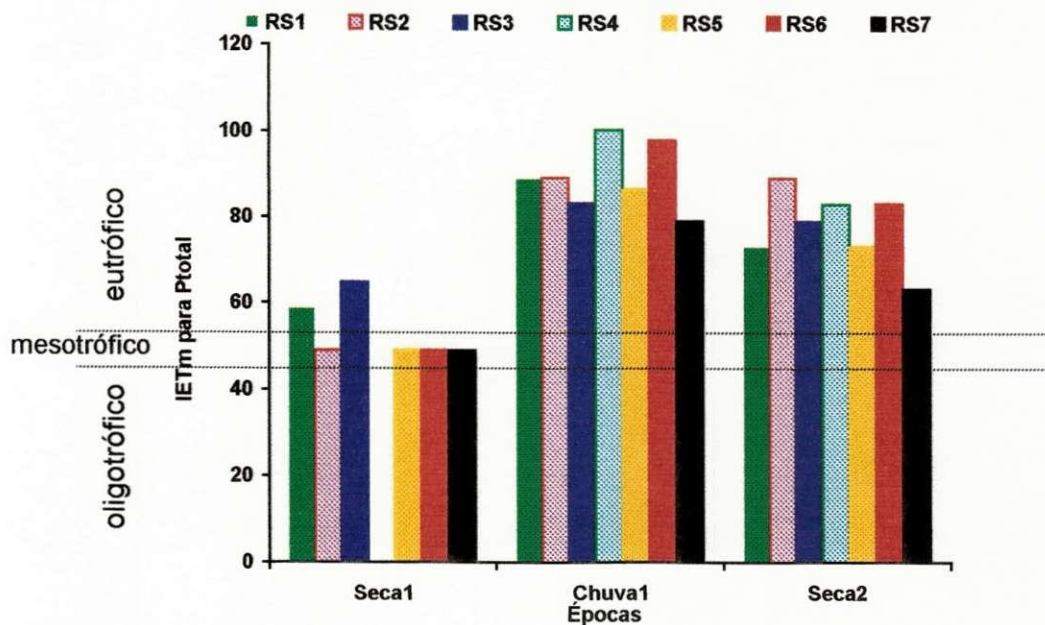


Figura 4.14 – Variação do Índice de Estado Trófico de Carlson adaptado por Toledo Jr. (IETm) para a concentração de Fósforo Total (Ptotal) dos pontos de coleta da represa São Salvador (Sapé-PB) nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2.

O resultado da tipologia da represa São Salvador, utilizando os critérios da OECD (1982), é apresentado na Tabela 4.9. Nesta classificação, todos os pontos mostraram um aumento do nível de trofia com o decorrer das épocas estudadas.

O ponto RS1 apresentou uma evolução de eutrófico nas épocas Chuva 1 e Seca 1 para hipereutrófico na seca 2. O ponto RS2 apresentou um nível trófico eu-hipereutrófico nas épocas Chuva 1 e Seca 1, evoluindo para hipereutrófico na Seca 2. O ponto RS3, que se apresentava eutrófico na Chuva 1, regrediu para meso-eutrófico na Seca 1 e depois sofreu novo aumento do nível de trofia para hipereutrófico na Seca 2. O ponto RS4 sofreu uma variação parecida com a do ponto anterior, estando como eutrófico na Chuva 1, melhorando seu estado de trofia na Seca 1, quando foi classificado como meso-eutrófico e depois progrediu bastante para hipereutrófico na Seca 2. O ponto RS5 mostrou um progressivo aumento do nível de trofia, variando de eutrófico na Chuva 1 para eu-hipereutrófico na Seca 1 e depois para hipereutrófico na Seca 2. Os pontos RS6 e RS7 apresentaram a mesma variação e foram classificados como eu-hipereutrófico na Chuva 1, diminuindo na Seca 1 para eutrófico e sofrendo novo aumento na Seca 2, quando se tornaram hipereutrófico.

Períodos	SECA 1	CHUVA1	SECA2
Pontos			
RS1	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
RS2	Eu – hipereutrófico	Eu – hipereutrófico	Hipereutrófico
RS3	Meso – eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
RS4	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
RS5	Eu – hipereutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
RS6	Meso – eutrófico	Eu – hipereutrófico	Hipereutrófico
RS7	Meso – eutrófico	Eu – hipereutrófico	Hipereutrófico
Classificação da Represa	Meso - eutrófica	Eutrófica	Hipereutrófica

Tabela 4.9 – Tipologia dos pontos coletados nas épocas Seca1, Chuva1 e Seca2 com base na Classificação Trófica da OECD (1982).

4.7 – Classificação e Balneabilidade da Represa São Salvador segundo a Resolução CONAMA N° 20/86

As Tabelas 4.10 e 4.11 a seguir apresentam o enquadramento em classes e para a classificação e a balneabilidade (em cada ponto) da represa São Salvador nas três épocas estudadas.

Variáveis	Períodos Estudados		
	Chuva 1	Seca 1	Seca 2
Coliformes Fecais (UFC/100mL)	Classe 1	Classe 1	Classe 3
DBO ₅ ²⁰ (mg/L)	Classe 1	Classe 1	Classe 1
OD (mg/L)	Classe 2	Classe 2	Classe 1
Turbidez (uT)	Sem dados	Sem dados	Classe 1
PH	Classe 1	Classe 1	Classe 1
N-NH ₃ (mg/L)	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Nitrato (mg/L)	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Cloretos (mg/L)	Sem dados	Sem dados	Classe 1
Fósforo Total (mg/L)	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Classificação Final da Represaa	Classe 3	Classe 3	Classe 3

Tabela 4.10 – Classificação das Águas do Riacho São Salvador

Pontos	Períodos Estudados		
	Chuva 1	Seca 1	Seca 2
RS4	Satisfatória	Satisfatória	Imprópria
RS3	Satisfatória	Imprópria	Imprópria
RS6	Excelente	Excelente	Imprópria
RS2	Satisfatória	Imprópria	Imprópria
RS5	Muito Boa	Muito Boa	Imprópria
RS7	Excelente	Muito Boa	Muito Boa
RS1	Imprópria	Imprópria	Imprópria
Classificação Final da Represa	Imprópria	Imprópria	Imprópria

Tabela 4.11 – Balneabilidade das Águas do Riacho São Salvador

4.8 – Apresentação dos resultados do estudo dos compartimentos verticais

Os estudos nos compartimentos verticais foram realizados em dois pontos (RS6 e RS1c), escolhidos após a análise dos resultados do perfil horizontal do corpo aquático. O ponto RS6 foi escolhido por estar impactado pela entrada do tributário e o RS1c por ser um dos mais protegidos das ações antrópicas, situando-se próximo ao baldo, local de captação de água para abastecimento urbano.

Os resultados apresentados nas Figuras 4.15 a 4.55 (Anexo 2), mostram a variação temporal das variáveis analisadas, de acordo com a profundidade de coleta nos dois pontos amostrados (RS6 e RS1c).

De acordo com a Eq. 2.9, a profundidade relativa da represa São Salvador foi de $Z_R = 1,0\%$. Segundo SPERLING (1999), este valor é baixo e indica uma tendência à circulação da massa de água que passa a ser limitada pelo aporte de energia externa, normalmente representado pela ação dos ventos. O mesmo autor afirma que lagos ou represas com circulação completa da massa líquida, apresentam freqüentes trocas de materiais entre o fundo e a superfície.

Este processo pode ter efeitos positivos para a oxigenação da massa líquida, como também pode provocar a ressuspensão de compostos reduzidos presentes no fundo, o que acarretaria prejuízos à vida aquática (SPERLING, 1997).

4.8.1 – Resultados do estudo vertical no ponto RS6

No ponto RS6 foram demarcados oito pontos ao longo da coluna d'água, RS6(0) – 0 m, RS6(1) – 0,50 m, RS6(2) – 1,00 m, RS6(3) – 1,50 m, RS6(4) – 2,00 m, RS6(5) – 3,00 m, RS6(6) – 3,5 m. Esta cota máxima foi estabelecida pela dificuldade em descer a maiores profundidades o dispositivo de coleta, devido à intensa quantidade de macrófitas submersas (*Elodea canadensis*) que foi encontrada neste local.

De acordo com a Figura 3.3, a profundidade máxima da represa neste ponto variou entre 5 e 7m, ou seja, a profundidade máxima estudada (3,5 m) representou entre 50 a 70% da profundidade total.

Os resultados dos 6 perfis realizados em RS6 são apresentados nas Figuras 4.15 a 4.35 e nas Tabelas 4.12 e 4.13 são apresentados os valores médios, desvios padrões, mínimos, máximos e medianos para variáveis físicas, químicas e biológicas.

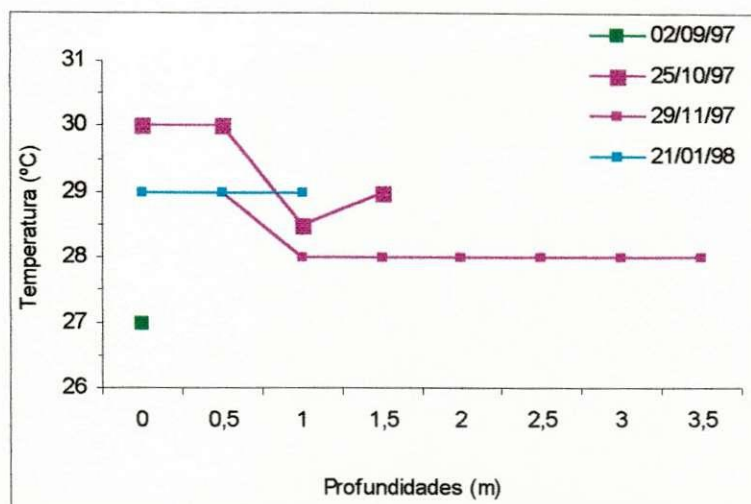


Figura 4.15 – Distribuição espaço-temporal dos valores de temperatura nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

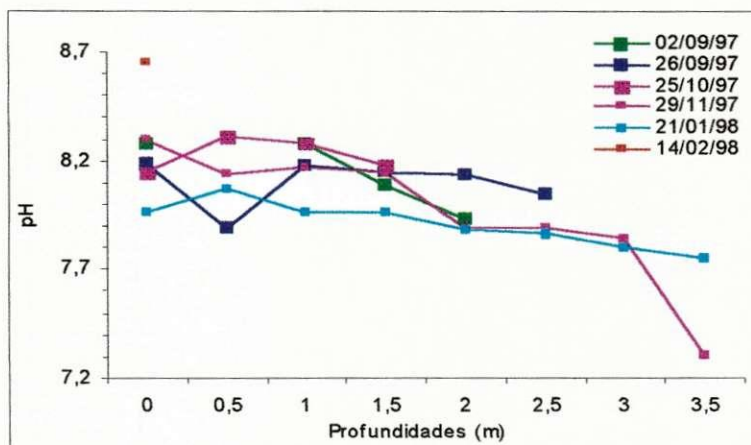


Figura 4.16 – Distribuição espaço-temporal dos valores de pH nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

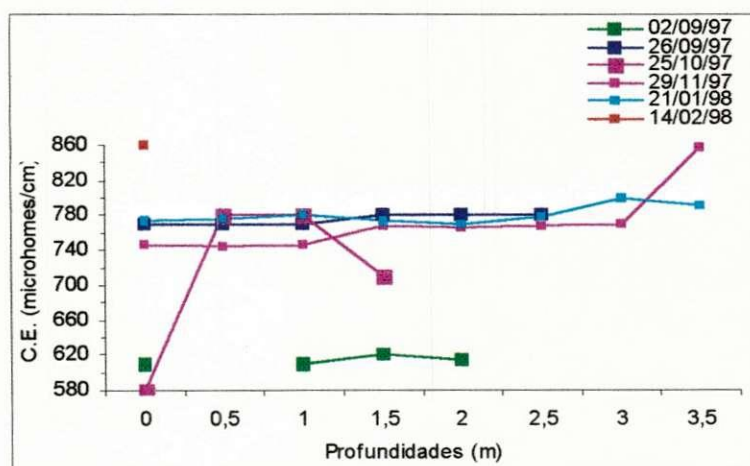


Figura 4.17 – Distribuição espaço-temporal dos valores de condutividade elétrica nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

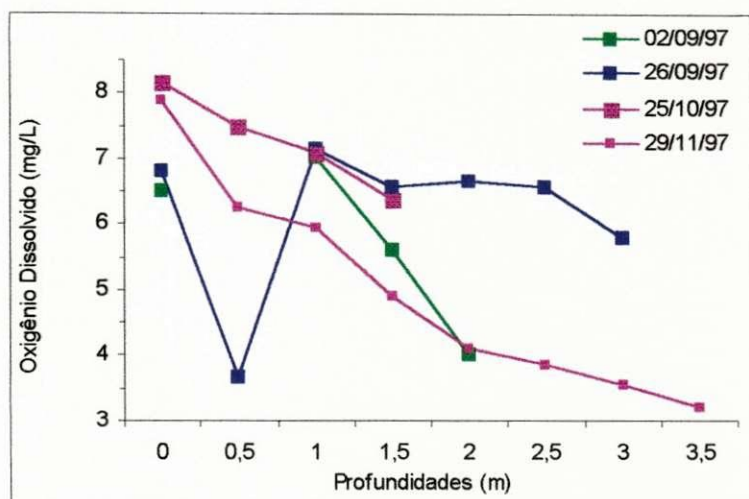


Figura 4.18 – Distribuição espaço-temporal dos valores do oxigênio dissolvido nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

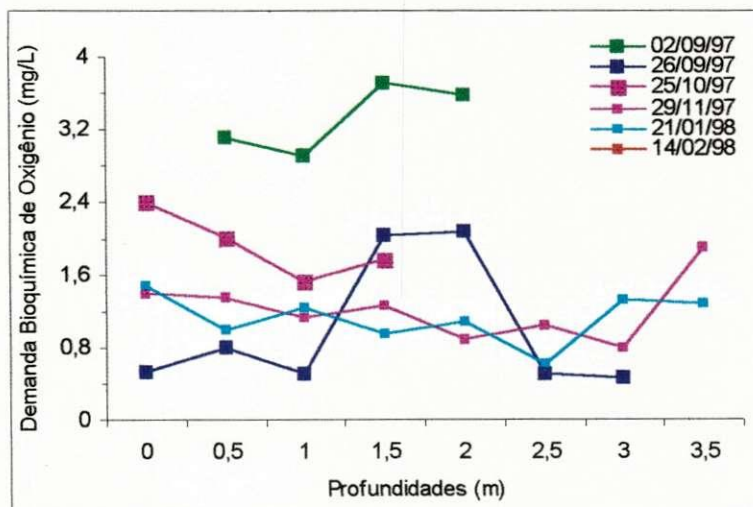


Figura 4.19 – Distribuição espaço-temporal dos valores da demanda bioquímica de oxigênio nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

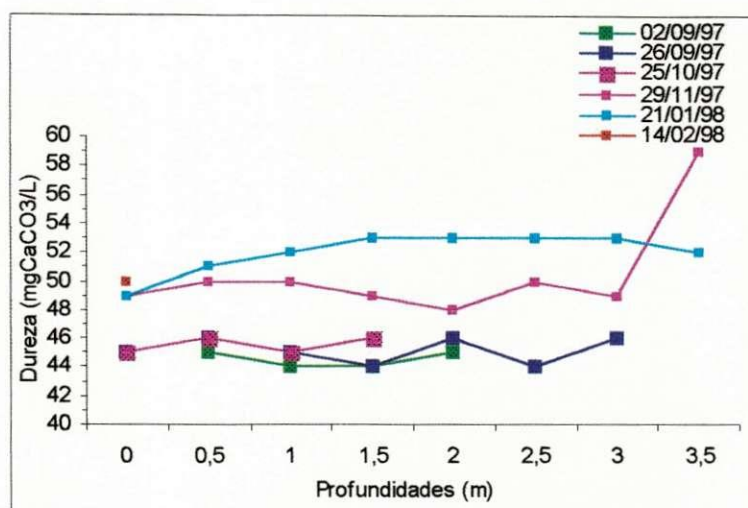


Figura 4.20 – Distribuição espaço-temporal dos valores da dureza nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

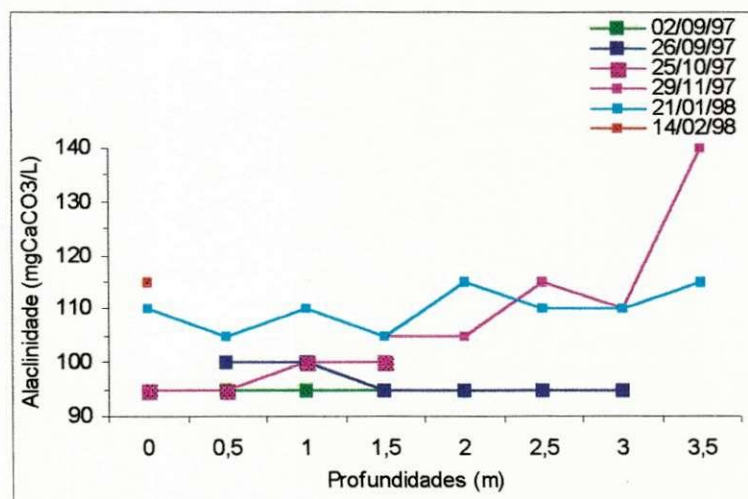


Figura 4.21 – Distribuição espaço-temporal dos valores da alcalinidade nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

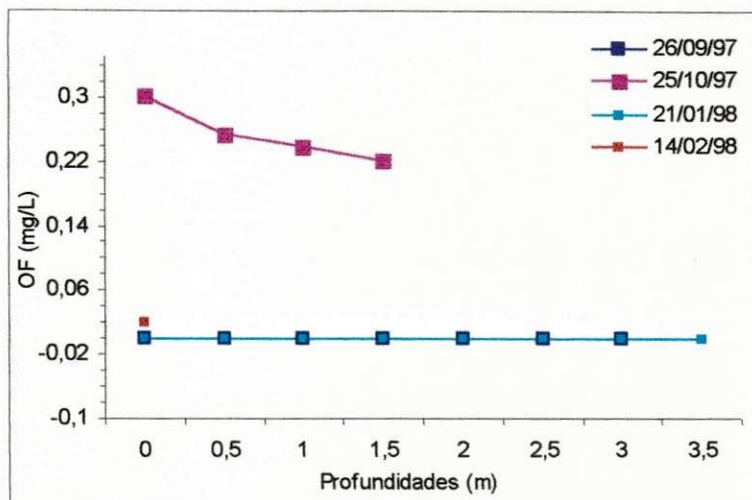


Figura 4.22 – Distribuição espaço-temporal dos valores de ortofosfato solúvel nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

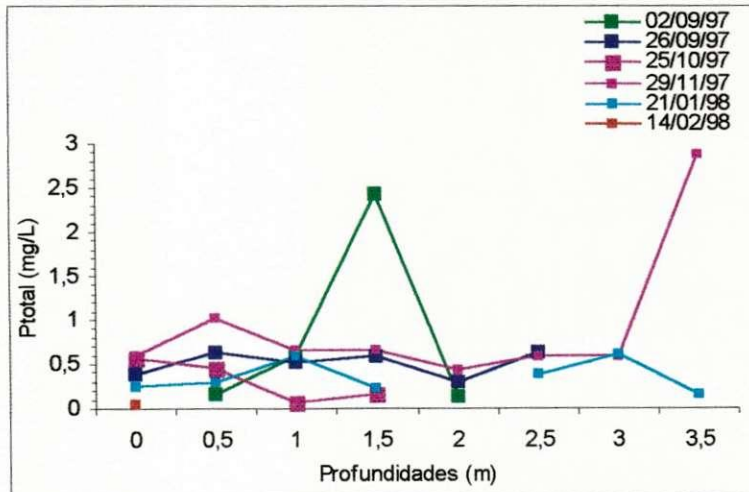


Figura 4.23 – Distribuição espaço-temporal dos valores de fósforo total nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

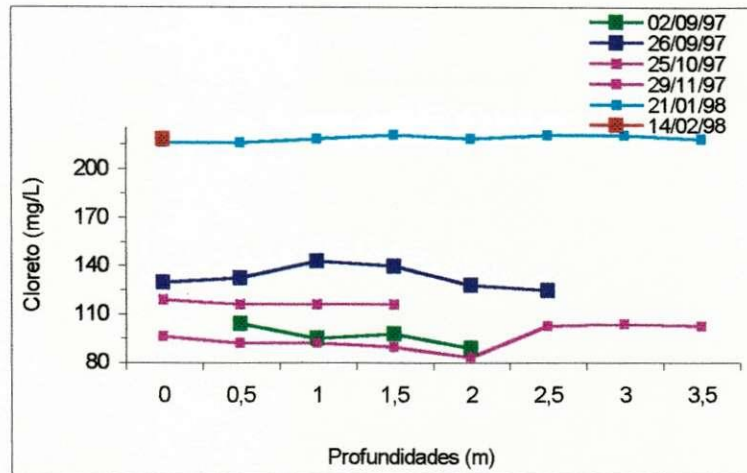


Figura 4.24 – Distribuição espaço-temporal dos valores de cloreto nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

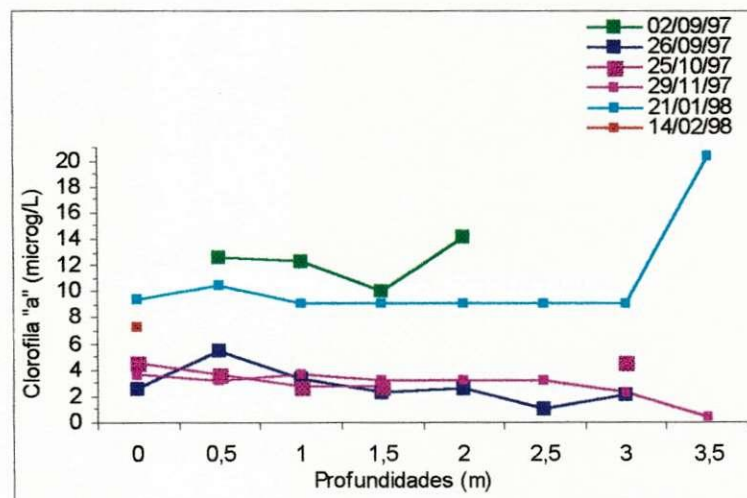


Figura 4.25 – Distribuição espaço-temporal dos valores de clorofila "a" nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

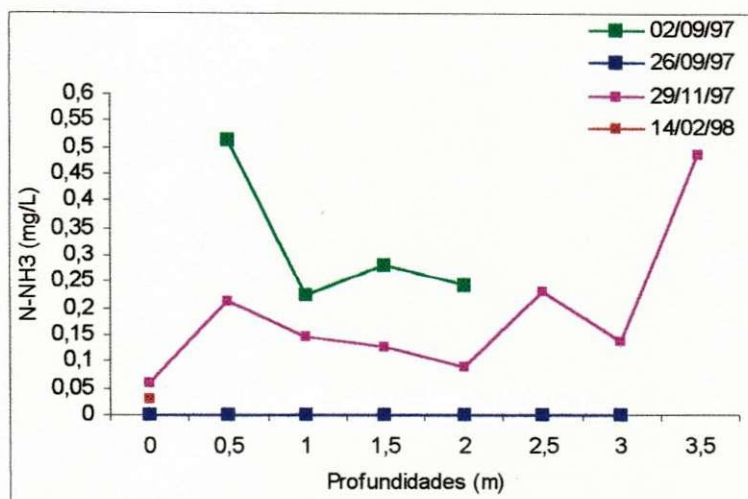


Figura 4.26 – Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrogênio amoniacal nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

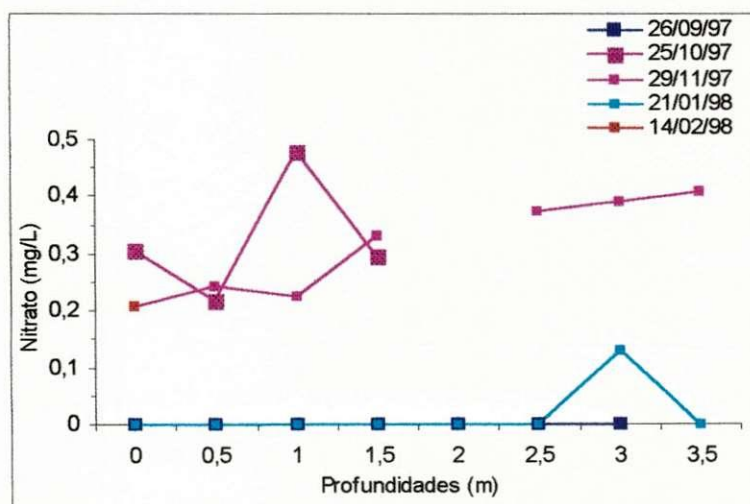


Figura 4.27 – Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrato nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

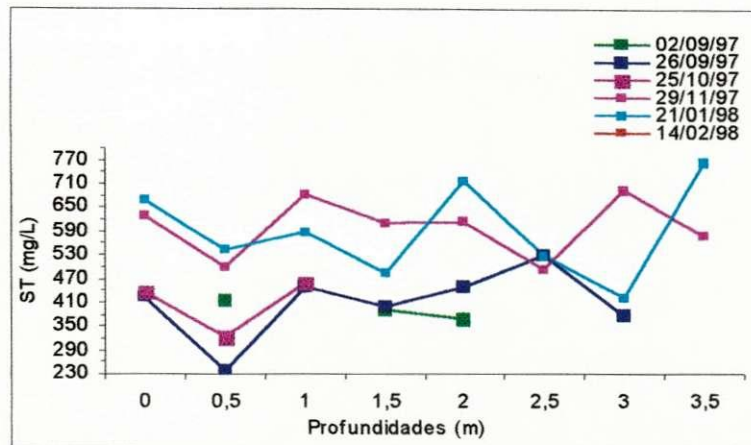


Figura 4.28 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

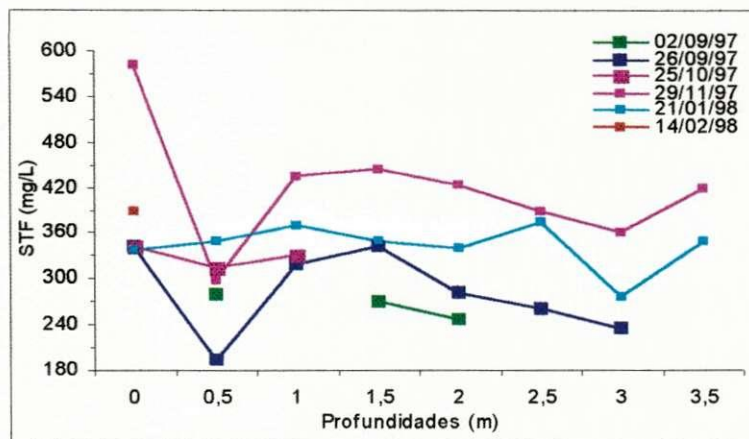


Figura 4.29 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais fixos nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

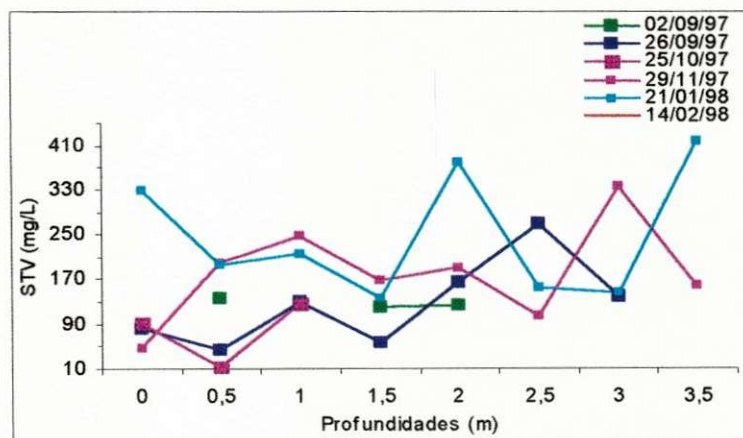


Figura 4.30 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

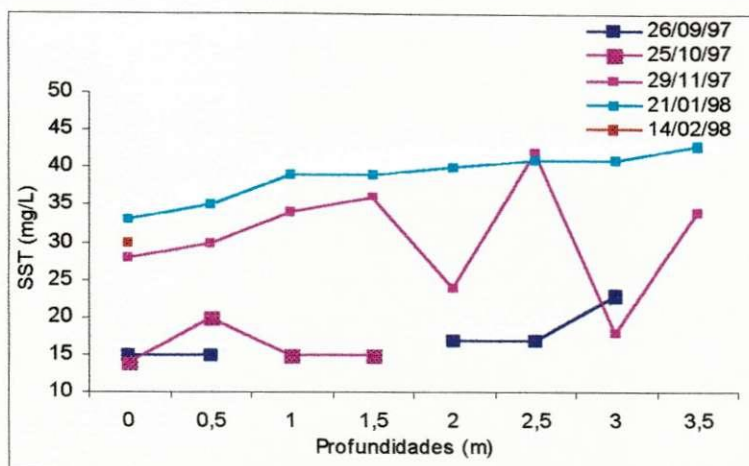


Figura 4.31 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos totais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

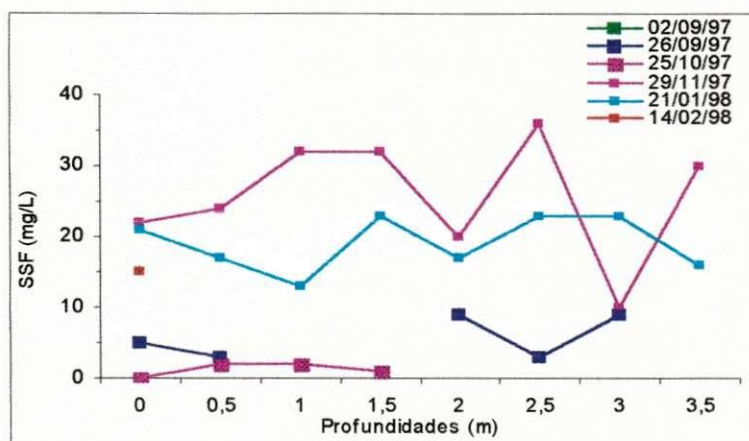


Figura 4.32 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos fixos nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

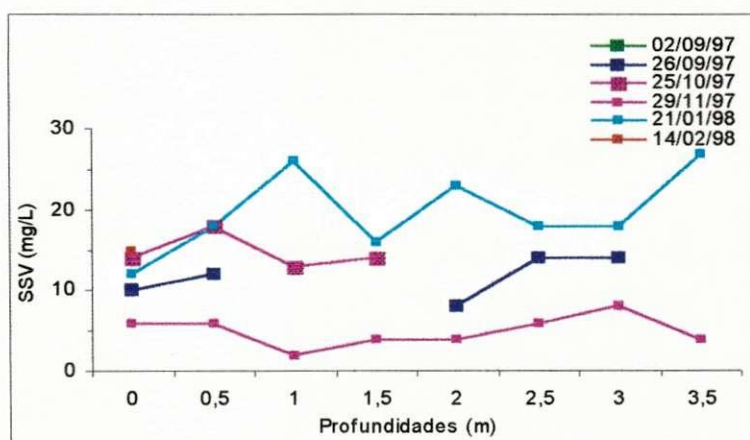


Figura 4.33 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

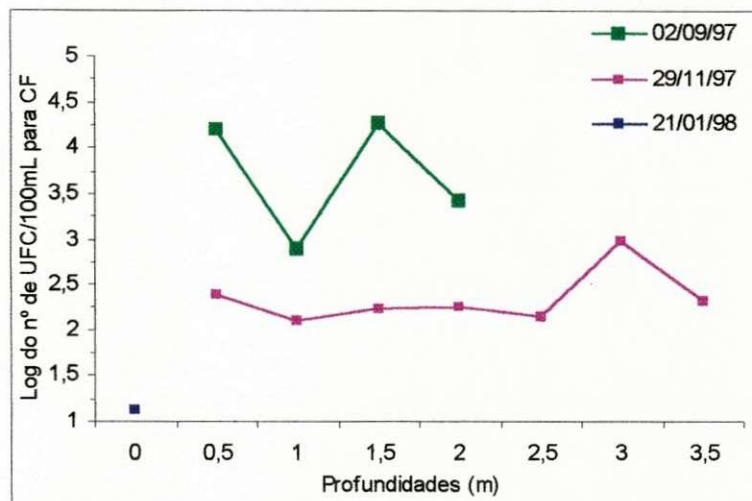


Figura 4.34— Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/100mL de coliformes fecais nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

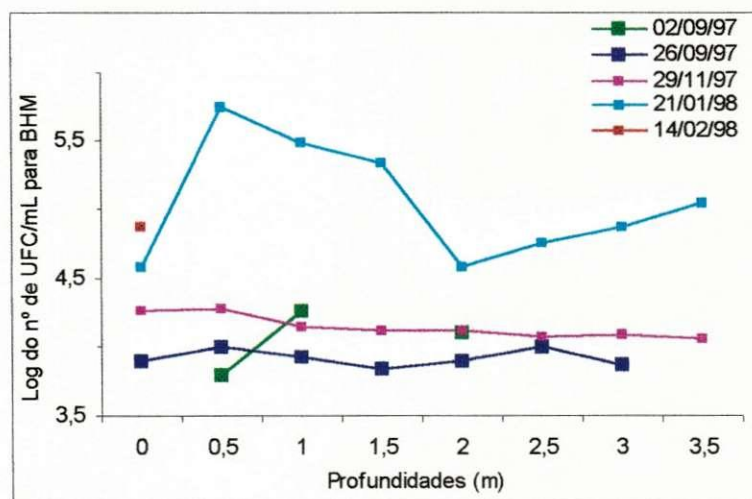


Figura 4.35 – Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/mL de bactérias heterótrofas mesófilas nos compartimentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé – PB).

Tabela 4.12 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS6 da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).

Variável	Ta °C	pH	Ce µmhos/cm	OD mg/L	Dur mgCaCO ₃ /L	Alc mgCaCO ₃ /L	OF mg/L	PT mg/L	Cloreto mg ₃ /L	Cl "a" µg/L	N - NH ₃ mg/L	Nitrato mg/L
Prof.												
0 m	29,0 ± 1,2	8,2 ± 0,2	723,5 ± 107,4	7,3 ± 0,8	47,6 ± 2,4	107,5 ± 8,7	0,06 ± 0,13	0,4 ± 0,2	155,6 ± 57,3	5,5 ± 2,8	0,03 ± 0,03	0,14 ± 0,14
	27,0 – 30,0	8,0 – 8,6	580,0 – 860,0	6,5 – 8,1	45,0 – 50,0	95,0 – 115,0	0 – 0,3	0 – 0,5	96,0 – 218,0	2,6 – 9,5	0 – 0,06	0 – 0,30
	29,0	8,2	758,5	7,3	49,0	110,0	0	0,4	129,2	4,5	0,03	0,21
	5	6	6	4	5	4	5	5	5	5	3	5
0,5 m	29,3 ± 0,6	8,1 ± 0,2	768,0 ± 15,9	5,8 ± 1,9	47,6 ± 2,7	100,0 ± 5,0	0,05 ± 0,11	0,5 ± 0,3	132,0 ± 49,2	7,1 ± 4,3	0,24 ± 0,25	0,11 ± 0,13
	29,0 – 30,0	7,9 – 8,3	745,0 – 780,0	3,7 – 7,5	45,0 – 51,0	95,0 – 105,0	0 – 0,26	0,1 – 1,0	92,1 – 215,9	3,2 – 12,7	0 – 0,51	0 – 0,24
	29,0	8,1	773,5	6,3	46,0	100,0	0	0,45	115,7	5,5	0,21	0,11
	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4
1,0 m	28,5 ± 0,5	8,2 ± 0,1	737,6 ± 72,6	6,8 ± 0,6	47,2 ± 3,6	103,0 ± 6,7	0,05 ± 0,11	0,5 ± 0,2	132,7 ± 52,0	6,2 ± 4,3	0,12 ± 0,11	0,18 ± 0,22
	28,0 – 29,0	8,0 – 8,3	610,0 – 781,0	5,9 – 7,1	44,0 – 52,0	95,0 – 110,0	0 – 0,24	0,1 – 0,7	92,1 – 218,3	2,7 – 12,3	0 – 0,22	0 – 0,48
	28,5	8,2	770,0	7,0	45,0	100,0	0	0,6	115,7	3,6	0,15	0,11
	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	4
1,5 m	28,5 ± 0,7	8,1 ± 0,1	730,8 ± 67,5	5,8 ± 0,8	47,2 ± 3,8	100,0 ± 5,0	0,04 ± 0,10	0,8 ± 0,9	132,7 ± 52,8	5,5 ± 3,7	0,14 ± 0,14	0,16 ± 0,18
	28,0 – 29,0	8,0 – 8,2	621,0 – 780,0	4,9 – 6,5	44,0 – 53,0	95,0 – 105,0	0 – 0,22	0,2 – 2,4	89,6 – 220,7	2,3 – 10,0	0 – 0,28	0 – 0,33
	28,5	8,1	769,0	6,0	46,0	100,0	0	0,6	115,7	3,2	0,13	0,15
	2	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	4
2,0 m	28,0 ± 0	8,0 ± 0,1	732,7 ± 78,7	4,9 ± 1,5	48,0 ± 3,6	102,5 ± 9,6	0 ± 0	0,3 ± 0,1	129,5 ± 62,4	7,2 ± 5,4	0,11 ± 0,12	0 ± 0
	28,0 – 28,0	7,9 – 8,1	615,0 – 780,0	4,0 – 6,7	45,0 – 53,0	95,0 – 115,0	0 – 0	0,1 – 0,4	83,2 – 218,3	2,6 – 14,1	0 – 0,24	0 – 0
	28,0	7,9	768,0	4,1	47,0	100,0	0	0,3	108,2	6,1	0,09	0
	1	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	2
2,5 m	28,0 ± 0	7,9 ± 0,1	775,7 ± 6,6	4,1 ± 2,3	49,0 ± 4,6	106,7 ± 10,4	0 ± 0	0,5 ± 0,1	149,3 ± 62,8	4,5 ± 4,1	0,12 ± 0,17	0,12 ± 0,22
	28,0 – 28,0	7,9 – 8,0	768,0 – 780,0	2,0 – 6,6	44,0 – 53,0	95,0 – 115,0	0 – 0	0,4 – 0,6	102,4 – 220,7	1,1 – 9,1	0 – 0,23	0 – 0,37
	28,0	7,9	779,0	3,8	50,0	110,0	0	0,6	124,8	3,2	0,12	0
	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
3,0 m	28,0 ± 0	7,8 ± 0,0	785,0 ± 21,2	3,7 ± 2,0	49,3 ± 3,5	105,0 ± 8,7	0 ± 0	0,6 ± 0	162,2 ± 82,8	4,5 ± 3,2	0,07 ± 0,10	0,17 ± 0,20
	28,0 – 28,0	7,8 – 7,8	770,0 – 800,0	1,8 – 5,8	46,0 – 53,0	95,0 – 110,0	0 – 0	0,6 – 0,6	103,6 – 220,7	2,1 – 9,1	0 – 0,14	0 – 0,39
	28,0	7,8	785,0	3,6	49,0	110,0	0	0,6	162,2	3,4	0,07	0,13
	1	2	2	3	3	3	3	2	2	4	2	3
3,5 m	28,0 ± 0	7,5 ± 0,3	824,5 ± 47,4	3,2 ± 0	55,5 ± 4,9	127,5 ± 17,7	0 ± 0	1,5 ± 1,9	160,3 ± 82,0	10,4 ± 14,1	0,50 ± 0	0,20 ± 0,29
	28,0 – 28,0	7,3 – 7,7	791,0 – 858,0	3,2 – 3,2	52,0 – 59,0	115,0 – 140,0	0 – 0	0,2 – 2,8	102,4 – 218,3	0,5 – 20,4	0,50 – 0,50	0 – 0,41
	28,0	7,5	824,5	3,2	55,5	127,5	0	1,5	160,3	10,5	0,50	0,20
	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2

Obs1) Ta = Temperatura da água; Ce: Condutividade elétrica; OD: Oxigênio Dissolvido; Dur: Dureza; Alc: Alcalinidade; OF: Ortófosfato; PT: Fósforo Total; Cl "a": Clorofila "a" e N-NH₃: Nitrogênio amoniacal.

Média ± Desvio Padrão
Mínimo – Máximo
Mediana
Nº de dados

Tabela 4.13 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS6 da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Seca 2 (Set/1997 a Fev/1998).

Profundidade \ Variável	ST mg/L	STF mg/L	STV mg/L	SST mg/L	SSF mg/L	SSV mg/L	CF (UFC/100mL)	-BHM UFC/mL
0 m	521,0 ± 118,4	398,6 ± 104,5	122,4 ± 118,0	24,0 ± 8,8	12,6 ± 9,7	11,4 ± 3,6		2,5x10 ⁴ ± 30
	424,0 – 669,0	338,0 – 582,0	48,0 – 331,0	14,0 – 33,0	0 – 22,0	6,0 – 15,0		8,0x10 ³ – 7,4x10 ⁴
	446,0	343,0	82,0	28,0	15,0	12,0		2,6x10 ⁴
	5	5	5	5	5	5		4
0,5 m	404,6 ± 125,0	286,8 ± 57,9	117,8 ± 86,4	25,0 ± 9,1	11,5 ± 10,8	13,5 ± 5,7	2,0x10 ³ ± 20	2,8x10 ⁴ ± 8
	238,0 – 545,0	194,0 – 349,0	12,0 – 200,0	15,0 – 35,5	2,0 – 24,0	6,0 – 18,0	2,5x10 ² – 2,0x10 ⁴	6,0x10 ³ – 5,6x10 ⁴
	416,0	298,0	137,0	25,0	10,0	15,0	2,0x10 ³	1,4x10 ⁴
	5	5	5	4	4	4	2	4
1,0 m	543,8 ± 111,8	364,0 ± 52,9	179,7 ± 61,0	29,3 ± 12,7	15,7 ± 15,2	13,7 ± 12,0	3,2x10 ² ± 4	3,0x10 ⁴ ± 5
	449,0 – 628,0	320,0 – 436,0	127,0 – 246,0	15,0 – 35,0	2,0 – 32,0	2,0 – 26,0	1,3x10 ² – 8,0x10 ²	8,5x10 ³ – 3,0x10 ⁵
	522,0	350,0	173,0	25,0	13,0	13,0	3,0x10 ²	2,0x10 ⁴
	4	4	4	4	3	3	2	4
1,5 m	472,2 ± 102,8	351,5 ± 71,4	120,7 ± 46,3	30,0 ± 13,1	18,7 ± 16,0	11,3 ± 6,4	2,0x10 ³ ± 30	3,0x10 ⁴ ± 6
	390,0 – 612,0	270,0 – 444,0	58,0 – 160,0	15,0 – 39,0	1,0 – 32,0	4,0 – 16,0	2,0x10 ² – 2,0x10 ⁴	7,0x10 ³ – 2,0x10 ⁵
	443,5	346,0	128,5	36,0	23,0	14,0	2,0x10 ³	1,3x10 ⁴
	4	4	4	3	3	3	2	3
2,0 m	538,2 ± 157,4	323,5 ± 77,2	214,7 ± 112,8	27,0 ± 11,8	15,3 ± 5,7	11,7 ± 10,0	7,0x10 ² ± 7,0	1,5x10 ⁴ ± 2
	371,0 – 719,0	247,0 – 424,0	124,0 – 379,0	17,0 – 40,0	9,0 – 20,0	4,0 – 23,0	2,0x10 ² – 2,7x10 ³	7,8x10 ³ – 3,8x10 ⁴
	531,5	311,5	178,0	24,0	17,0	8,0	8,0x10 ²	1,3x10 ⁴
	3	4	4	3	3	3	2	4
2,5 m	519,7 ± 20,5	342,0 ± 70,5	177,7 ± 84,0	33,3 ± 14,1	20,7 ± 16,6	12,7 ± 6,1	1,4x10 ² ± 0	2,0x10 ⁴ ± 3
	496,0 – 532,0	261,0 – 390,0	106,0 – 270,0	17,0 – 42,0	3,0 – 36,0	6,0 – 18,0	1,4x10 ² – 1,4x10 ²	10 ⁴ – 6,0x10 ⁴
	531,0	375,0	157,0	41,0	23,0	14,0	1,4x10 ²	10 ⁴
	3	3	3	3	3	3	1	3
3,0 m	500,0 ± 173,4	292,0 ± 64,2	207,7 ± 111,2	27,3 ± 12,1	14,0 ± 7,8	13,3 ± 5,0	1,2x10 ² ± 2,0x10 ²	2,0x10 ⁴ ± 3
	377,0 – 698,0	236,0 – 362,0	141,0 – 336,0	18,0 – 41,0	9,0 – 23,0	8,0 – 18,0	1,3x10 ¹ – 10 ³	7,4x10 ³ – 8,0x10 ⁴
	424,0	278,0	146,0	23,0	10,0	14,0	1,2x10 ²	1,2x10 ⁴
	3	3	3	3	3	3	2	3
3,5 m	673,0 ± 134,0	384,5 ± 50,2	288,5 ± 184,5	38,5 ± 6,4	23,0 ± 10,0	15,5 ± 16,3	2,0x10 ² ± 0	3,6x10 ⁴ ± 5
	578,0 – 768,0	349,0 – 420,0	158,0 – 419,0	34,0 – 43,0	16,0 – 30,0	4,0 – 27,0	2,0x10 ² – 2,0x10 ²	10 ⁴ – 10 ⁵
	673,0	384,5	288,5	38,5	23,0	15,5	2,0x10 ²	3,5x10 ⁴
	2	2	2	2	2	2	1	2

Obs1) ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis; CF: Coliformes Fecais e BHM: Bactérias Heterótrofas Mesófilas.

Média ± Desvio Padrão
Mínimo – Máximo
Mediana
Nº de dados

4.8.1.1 – Temperatura da água

A Figura 4.15 mostra a variação da temperatura da água com relação à profundidade para três perfis; nas outras três coleta não foi possível obter informações devido a problemas com o equipamento.

ESTEVES et al. (1988) afirmam que as variações da temperatura na massa líquida afetam profundamente outras variáveis limnológicas, devido à sua influência sobre as atividades metabólicas dos organismos aquáticos.

Observa-se que os valores de temperatura apresentaram pequenas variações para um mesmo nível de profundidade, mesmo havendo uma diferença de 3 meses entre o primeiro e o último perfil. Nos pontos mais próximos da superfície (0 a 1 m), houve maior temperatura (chegando a 30°C) em relação aos 3,5 m (28°C) causado pela maior insolação. SAUBERER (1962, *in*: ESTEVES, 1998), afirma que no primeiro metro de profundidade, a massa de água armazena cerca de 50 a 60% da radiação solar, transformando-a em energia calorífica. A partir destes pontos, percebe-se que a temperatura foi homogênea (28,5°C) em toda a profundidade. Estes resultados indicam a inexistência de uma estratificação térmica na coluna d'água e sim a predominância de um perfil ortogrado para a temperatura. Nessas condições, ESTEVES (1998) afirma que o corpo lântico está em instabilidade térmica. Efetivamente, na represa houve sempre fortes ventos, em particular a partir das 9 horas, que dificultaram a estratificação.

Segundo BARBOSA et al. (1988), a variação da temperatura nas diferentes profundidades dificulta a "mobilidade" dos nutrientes na coluna d'água. Assim, neste estudo, a constância nos valores das temperaturas nas diferentes profundidades, principalmente a partir do primeiro metro, é um fator que favorece, mas não garante a distribuição dos nutrientes em toda a coluna d'água.

4.8.1.2 – Potencial hidrogeniômico (pH)

A Figura 4.16 mostra a variação com a profundidade dos valores de pH. Estes flutuaram entre 7,2 a 8,5 ao longo das coletas distribuídas em quatro meses. O maior valor (8,5), ocorreu próximo à superfície, no perfil realizado no dia 26/09/1998 e pode ser explicado pela atividade fotossintética, principalmente das algas que se acumulavam nestes locais. A correlação significativa e positiva entre pH e OD ($r = 0,824$, $\alpha = 0,01$), observada nos pontos da superfície evidenciou aquela relação.

A maior flutuação ocorreu no perfil realizado no dia 29/11/1997 com pH entre 8,4 na superfície e 7,2, no ponto mais profundo (3,5 m). Os baixos valores de pH na parte mais profunda, associam-se à decomposição da matéria orgânica morta, com liberações de

ácidos orgânicos fracos (ESTEVES, 1998). Nesta profundidade havia uma grande massa de macrófitas submersas (*Elodea canadensis*), da qual se desprendiam fragmentos em decomposição. Os processos de biodegradação aeróbia e anaeróbia tiveram grande influência no metabolismo deste ponto da represa, visto a grande concentração de macrófitas mortas que ascendiam para a superfície. Por outro lado, o assoreamento crescente neste local pelo aporte de sólidos através do rio afluente, fez que a profundidade estudada representasse 50 a 70% da coluna d'água. Assim, as camadas superiores receberam também forte influência da decomposição anaeróbia do sedimento.

Nos outros perfis, esta variável teve valores constantes, destacando-se o do dia 21/01/1998 que apresentou um comportamento ortogrado, com valores de pH próximos a 8.

4.8.1.3 – Condutividade elétrica

A Figura 4.17 apresenta a distribuição dos valores de condutividade elétrica nas diferentes profundidades no ponto RS6.

A maioria dos perfis apresentaram valores entre 740 e 780 $\mu\text{mho/cm}$ em quase todas as profundidades. O perfil do dia 02/09/1997 apresentou a menor concentração (600 $\mu\text{mho/cm}$). Os maiores valores foram obtidos na última profundidade (3,5m) no dia 29/11/1997 e se podem relacionar com os produtos da decomposição das macrófitas e com os aportes do fundo.

ALVES et al. (1988) observaram que os maiores valores de condutividade elétrica nas partes mais profundas da coluna d'água são causados pelas condições redutoras nestes locais, com conseqüente liberação de íons.

4.8.1.4 – Oxigênio dissolvido

A Figura 4.18 mostra a variação de OD na coluna do ponto RS6.

Os valores mais homogêneos corresponderam ao perfil de 25/10/1997 com concentrações variando entre 7,2 e 8 mg/L. Os outros perfis apresentaram maiores variações, como os dos dias 29/11/1997 (8 e 4 mg/L) e o perfil do dia 26/09/1997, com variações entre 5,2 a 2,0 mg/L.

Destaca-se também que os maiores valores de OD foram obtidos nos locais mais próximos da superfície, experimentando uma queda contínua até os locais mais profundos. Esta variação é explicada através do balanço de oxigênio, onde as principais fontes do mesmo são o ar, através da ação do vento e a atividade fotossintética das algas e macrófitas. Estes fatores atuam principalmente nos pontos próximos a superfície, onde há

maior influência da ação eólica e da luz solar. Devido à maior insolação ocorreu maior atividade fotossintética. Quanto aos fatores que causam a diminuição dos níveis de oxigênio, o principal é o consumo para a biodegradação da matéria orgânica morta e neste caso, a biomassa de *Eloдея canadensis* colonizando a represa.

As percentagens de saturação do oxigênio nos compartimentos verticais deste ponto são apresentadas na Tabela 4.14 e variaram entre 96,2% na superfície até 41,5% na profundidade de 4,0 m.

4.8.1.5 – Demanda bioquímica de oxigênio

A Figura 4.19 mostra a variação com a profundidade dos valores de DBO_5 . Estes foram inferiores a 2,0 mg/L em 3 das 4 coletas. Os resultados do perfil do dia 02/09/1997, foram interessantes. Os valores extremos obtidos foram de 3 mg/L a 0,50 m e o máximo, de 4 mg/L a 2,0 m de profundidade, associado com a biodegradação das macrófitas. Deve-se observar que valores de DBO_5 inferiores a 2,0 mg/L não são significativos, pois este valor é o limite de detecção da técnica utilizada e portanto, essas 4 coletas não foram graficadas.

Para esta variável, observa-se um crescimento contínuo da DBO_5 com as maiores profundidades, inverso do obtido para OD.

4.8.1.6 – Dureza

A Figura 4.20, apresenta a variação da dureza ao longo da coluna d'água do ponto RS6.

Não houve grandes variações, sendo o valor mínimo de 44 mgCaCO₃/L a 1,0 m no dia 02/09/1997 e o máximo de 58 mgCaCO₃/L na profundidade de 3,5 m no dia 29/11/1997. Estes valores classificam a água como de dureza moderada (von SPERLING, 1996).

Apesar da estabilidade dos valores de dureza ao longo da coluna d'água, nota-se uma tendência de aumento com a profundidade. ESTEVES (1998) destaca que a maior atividade fotossintética nas zonas próximas à superfície causa a diminuição das concentrações de carbono inorgânico, que geralmente estão associadas a íons de cálcio e magnésio, dando a propriedade de dureza à água. Por outro lado, o autor também afirma que os maiores valores de dureza na parte mais profunda da represa estão relacionados à liberação de CO₂ resultante da decomposição da matéria orgânica presente no fundo da represa. Como visto anteriormente, o CO₂ é fundamental para a solubilização do CaCO₃, e

Profundidades (m)	OD obs (mg/L)	OD sat (mg/L)	% de sat
0	7,3	7,6	96,2
0,5	5,8	7,6	76,8
1,0	6,8	7,7	88,3
1,5	5,8	7,7	76,1
2,0	4,9	7,8	63,5
2,5	4,1	7,8	53,3
3,0	3,7	7,8	48,0
3,5	3,2	7,8	41,5

Tabela 4.14 – Valores de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% de sat) para os comportamentos verticais do ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB).

conseqüente formação de bicarbonato de cálcio, um dos principais compostos responsáveis pela dureza de águas superficiais (SAWYER, 1994).

4.8.1.7 – Alcalinidade

A Figura 4.21 apresenta a distribuição dos valores de alcalinidade ao longo da coluna d'água no ponto RS6.

Os valores da alcalinidade apresentaram distribuição semelhante a encontrada para a dureza, o que se deve à natureza destas variáveis, que estão relacionadas aos íons CO_2 e HCO_3^- .

Os valores variaram entre um mínimo de $95 \text{ mgCaCO}_3 \text{ mg/L}$ em quase todas as profundidade nos dias 02/09/1997, 26/09/1997 e 25/10/1997 e um máximo de $140 \text{ mgCaCO}_3 \text{ mg/L}$ na profundidade de 3,5 m no dia 29/11/1997.

Também foram observados maiores valores nas regiões mais próximas ao limite da profundidade estudada e a explicação seria a formação de ânions de bicarbonato a partir do CO_2 liberado na camada de macrófitas, pelos fragmentos mortos destes vegetais.

4.8.1.8 – Ortofosfato solúvel (OF)

Os resultados da distribuição de OF na coluna vertical do ponto RS6 são apresentados na Figura 4.22.

Observa-se que todos os perfis, exceto um (25/10/1997) apresentaram valores nulos para esta variável. No perfil do dia 25/10/1997 houve maior concentração na superfície ($0,30 \text{ mg/L}$) e um decréscimo contínuo que atingiu $0,25 \text{ mg/L}$ a 1,5m de profundidade.

Era de se esperar que as maiores concentrações de ortofosfato fossem encontradas nas partes mais profundas da represa, devido à liberação de ortofosfato a partir da matéria orgânica do sedimento, principalmente com valores de pH altos (superiores a 8) (BOES, 1991). Entretanto, sua baixa concentração ou ausência estaria associada ao consumo pelas macrófitas submersas, que apresentavam contínuo crescimento.

4.8.1.9 – Fósforo total (PT)

Os resultados para PT na coluna d'água no ponto RS6 são apresentados na Figura 4.23.

Os valores se apresentaram bem homogêneos, com três picos: a maioria das concentrações esteve entre 0 mg/L na superfície até 1 mg/L a 0,50m. Valores fora desta

faixa foram observados na superfície no perfil do dia 26/09/1997 (5 mg/L). Outro valor alto foi observado a 1,5 m de profundidade no perfil do dia 02/09/1997, quando se atingiu a concentração de 2,5 mg/L. Também no dia 29/11/1997 a 3,5 metros de profundidade foi observada uma concentração de 3,0 mg/L de fósforo total. Esses valores extremos foram, possivelmente, resultado da liberação de fragmentos de macrófitas que foram coletados junto com a amostra de água.

Na maioria dos perfis pode-se observar uma queda nas concentrações de fósforo total com a maior profundidade.

4.8.1.10 – Cloreto

A Figura 4.24 apresenta a distribuição das concentrações de cloreto.

Houve uma distribuição bastante homogênea desta variável na coluna d'água em todos os perfis. Os valores variaram entre um mínimo de 80 mg/L a 2 m de profundidade no dia 29/11/1997 a um máximo de 215 mg/L em todas as profundidades do dia 21/01/1998. Estas concentrações são inferiores aos 260 mg/L indicados por SAWYER et al. (1994) como limite para conferir sabor salgado à água e menores que os 250 mg/L estabelecidos, pela resolução CONAMA N°20/86, como limite máximo para classificar um manancial como de água doce.

Estes resultados também foram inferiores aos obtidos por WRIGHT (1981) e CEBALLOS (1995) em açudes da Paraíba. O primeiro encontrou valores de até 2400 mg/L no açude Velho na época de estiagem mais intensa, o segundo autor encontrou valores de até 415mg/L no açude Bodocongó em época de chuvas. Estes dois açudes recebem cargas poluentes superiores às despejadas no açude São Salvador.

Duarte (1999) estudando três corpos lântico superficiais utilizados para abastecimento urbano na região de Natal – RN, encontrou valores menores. Na lagoa de Extremoz o autor observou concentrações médias de cloretos variando entre 75 mg/L a 105 mg/L, na lagoa do Bonfim, os valores médios foram de 54 mg/L e na lagoa de Jiqui, foram encontradas concentrações oscilando entre 19 e 20mg/L. Estes valores menores foram devido a estes ambientes estarem mais protegidos das atividades antrópicas.

4.8.1.11 – Clorofila “a”

A Figura 4.25 , apresenta a variação das concentrações de clorofila “a” com a profundidade no ponto RS6.

Os valores para esta variável estiveram entre 0 µg/L no dia 29/11/1997 a 3,5 m de profundidade a 20 µg/L no dia 21/01/1998 também a 3,5 m de profundidade.

Observa-se que a maioria dos perfis apresentaram valores decrescentes de clorofila "a" com o aumento da profundidade. Isto já era esperado devido à atenuação da penetração da luz solar. Valores superiores foram obtidos por MINOTI (1999) que estudou o reservatório de Salto Grande, com estratificação térmica, na cidade de Americana – SP. Segundo o autor, estes maiores valores foram fortemente influenciados pelas altas concentrações de nutrientes naquela represa. Entretanto, na represa São Salvador o ortofosfato foi limitante para as algas. Aparentemente, houve competição por este nutriente entre as macrófitas e o fitoplâncton.

O perfil do dia 21/01/1998, mostrou-se atípico, apresentando concentrações de 10µg/L, até a profundidade de 3,5 m quando atingiu o maior valor para esta variável (21µg/L). Este maior valor pode-se relacionar com a entrada, na amostra, de fragmentos de *Elodea canadensis*.

MARSIGLIA (1997) destaca que as algas encontradas em maior número na represa São Salvador foram as do gênero *Oscillatoria* spp, pertencentes ao grupo das Cyanophyta. Segundo ESTEVES (1998), estes organismos podem apresentar um comportamento autótrofo (assimilam CO₂ com auxílio da luz solar) ou mixotrófico (assimilam compostos orgânicos na ausência de luz), deste modo estas algas podem viver nas partes mais profundas onde há menor intensidade luminosa. Este fato pode também explicar o maior valor encontrado na profundidade de 3,5m.

4.8.1.12 – Nitrogênio amoniacal

A Figura 4.26 apresenta as variações das concentrações de nitrogênio amoniacal. Os valores foram bastante heterogêneos, entre 0 mg/L na maioria dos perfis, até 0,6 mg/L no perfil do dia 02/09/1997 na profundidade de 2,5 m.

Neste dia foram observados decaimentos dos valores a partir da superfície (0,5 mg/L) até 0,25 mg/L em 1 e 2 m de profundidade.

Estes valores sugerem que nesta época houve um aporte de material orgânico em decomposição através do tributário e a partir da vegetação submersa, daí as altas concentrações de nitrogênio amoniacal.

BARROS (1997) estudando águas superficiais na região de Sapé e Lagoa Seca na Paraíba, utilizadas para irrigação de plantações de alface, encontrou valores variando entre 0,4 mg/L até 3,84 mg/L na época de chuvas e de 0,46 mg/L a 7,3 mg/L no período de secas e associou os maiores valores de amônia a poluição recente das águas superficiais por esgotos urbanos. A mesma associação foi feita por CEBALLOS (1995), ao encontrar variações entre 0 mg/L e 13,1 mg/L em três açudes nordestinos.

4.8.1.13 – Nitrato

As variações de nitrato são apresentadas na Figura 4.27. Observa-se que na maioria dos perfis não foi detectado nitrato em todas as profundidades. No entanto, foram observadas variações nos perfis dos dias 25/10/1997 e 14/02/1998. No primeiro houve oscilações entre 0,1 mg/L a 2 m, até 0,5 mg/L a 1 m. Estas flutuações podem ser devido ao processo de reciclagem ou “curto-circuito” deste nutriente, ou seja, a liberação e assimilação de nitrato pelos organismos ainda nas zonas mais superficiais (ESTEVES, 1998).

Observa-se que para o perfil do dia 25/10/1997 houve uma tendência à diminuição das concentrações de nitrato com a profundidade. Deve-se lembrar que a *Elodea canadensis*, que consome grande quantidade deste nutriente, está localizada a cerca de 4 m de profundidade e isto deve justificar as concentrações próximas a zero nos pontos mais profundos, na maioria dos perfis.

O perfil do dia 14/02/1998 apresentou concentrações entre 0,2 mg/L na superfície até 1,1 mg/L a 2 m. Diferentemente do que ocorreu no perfil do dia 25/10/1997, quando houve tendência ao aumento da concentração desta variável com o aumento da profundidade, possivelmente porque o consumo de nitrato pelas macrófitas não foi favorecido ou porque no balanço de nitrato, houve maior liberação deste nutriente a partir do sedimento e das macrófitas que aquele liberado numa provável reciclagem na zona fótica.

4.8.1.14 – Sólidos totais e suas frações (ST, STF, STV)

As variações das concentrações dos sólidos totais e suas frações na coluna do ponto RS6 são apresentadas nas Figuras 4.28, 4.29 e 4.30.

As concentrações foram bastante homogêneas em todos os perfis, excetuando alguns picos nos dias 02/09/1997 e 25/10/1997, que apresentaram concentrações altas nas profundidades de 2 m (ST – 3250 mg/L, STF – 550 mg/L e STV – 2700 mg/L) e 2,5 m (ST – 2250 mg/L, STF – 550 mg/L e STV – 1750 mg/L). Houve uma ligeira predominância da fração fixa nos perfis dos dias de 29/11/1997 e 21/01/1998. Estes resultados podem ser associados com a decomposição de macrófitas aquáticas.

A predominância de material inorgânico também é demonstrada a partir das variações de dureza, alcalinidade e cloreto, evidenciando o aporte deste tipo de material para o interior da represa.

4.8.1.15 – Sólidos suspensos e suas frações (SST, SSF, SSV)

As flutuações das concentrações destas variáveis são apresentadas nas Figuras 4.31, 4.32 e 4.33 .

Os valores dos sólidos suspensos totais foram bastante homogêneos em pelo menos três perfis de coleta (02/09/1997, 26/09/1997 e 25/10/1997). No entanto, o perfil do dia 29/11/1997 apresentou grande variação.

Os valores variaram entre 15 mg/L na superfície nos dias 26/09/1997 e 25/10/1997, até 42 mg/L a 3,5 m no dia 21/01/1997. Observa-se um aumento da concentração desta variável com o aumento da profundidade, provavelmente pela liberação de material a partir do sedimentos ou das macrófitas submersas.

Os valores para sólidos suspensos fixos variaram entre 0 mg/L a 0 e 1,5 m de profundidade do dia 25/10/1997 até um máximo de 35 mg/L a 2,5 m no dia 29/11/1997. Estes apresentaram uma grande variabilidade em toda a coluna d'água. No entanto, percebe-se uma tendência de aumento na direção das maiores profundidades.

Para os sólidos totais voláteis, os valores apresentaram menor variabilidade, entre 2 mg/L a 1 metro da superfície, até 25 mg/L na profundidade de 3,5 m. Observa-se que estes maiores valores de SSV nas maiores profundidades, podem estar associados a material orgânico desprendido da camada de macrófitas.

Houve predominância da fração fixa, enquanto a fração volátil apresentou maiores concentrações com a profundidade, pelo acúmulo de macrófitas aquáticas submersas.

4.8.1.16 – Coliformes fecais (CF)

As variações das concentrações de CF com relação à profundidade são apresentadas nas Figuras 4.34 .

Observa-se que houve somente duas coletas com valores quantificáveis: a do dia 02/09/1997, que apresentou grande variabilidade, entre 10^3 UFC/ 100mL a 0,5 m e 3×10^4 UFC/100mL a 1,5 m e o dia 29/11/1997, com valores bastante homogêneos, variando entre 10^2 UFC/100ml a 1,0 m até 10^3 UFC/100mL a 3,0 m.

Nos demais perfis, as colônias de CF foram inibidas pelo crescimento de bactérias mucilaginosas, frequentes em ambientes naturais, associadas ao fitoplâncton e aos fragmentos das macrófitas.

Observa-se que as menores concentrações, ocorreram nas profundidades mais próximas à superfície, provavelmente pela ação conjunta de fatores bactericidas como maiores valores de pH, altas concentrações de OD, maior intensidade luminosa e

conseqüente ação solar e à ação de toxinas liberadas por macrófitas e algas (BYTON, 1994).

4.8.1.17 – Bactérias Heterótrofas Mesófilas (BHM)

A distribuição das bactérias heterótrofas mesófilas na coluna d'água do ponto RS6 da represa São Salvador são apresentadas na Figura 4.35.

Excetuando o perfil do dia 21/01/1998, o comportamento desta variável foi bastante homogêneo, evidenciando a presença de material orgânico biodegradável em toda a coluna d'água. Isto, porque as bactérias heterótrofas mesófilas são organismos que degradam este material para suprir a demanda energética necessária às suas atividades metabólicas (MARINERALENA e MARIAZZI, 1995).

Os valores oscilaram entre 4×10^3 UFC/mL a 0,5 m de profundidade até 5×10^5 UFC/mL também a 0,5 m de profundidade. Os maiores valores do dia 21/01/1998 coincidiram com os maiores obtidos para os sólidos totais voláteis e os sólidos suspensos voláteis, evidenciando relação destas bactérias com o material orgânico.

4.8.2 – Resultados do estudo vertical do ponto RS1c

No ponto RS1c, foram analisadas as mesmas variáveis físicas, químicas e biológicas em nove profundidades da coluna d'água, RS1c(0) – 0 m, RS1c(1) – 0,50 m, RS1c(2) – 1,00 m, RS1c(3) – 1,50 m, RS1c(4) – 2,00 m, RS1c(5) – 2,50 m, RS1c(6) – 3,00 m, RS1c(7) – 3,50 m e RS1c(8) – 4,00 m. De acordo com a Figura 3.3, a profundidade máxima da represa neste ponto era de aproximadamente 13 m. A profundidade máxima estudada (4 m) representou cerca de 30% da profundidade total neste local. Este valor indica uma tendência menor à influência do sedimento da represa sob as variáveis físicas, químicas e biológicas da coluna d'água, quando comparadas às influências àquelas sofridas pela coluna d'água do ponto RS6, que teve cerca de 70% de sua profundidade total analisada.

Os resultados das variações das características físicas, químicas e biológicas sob a coluna d'água no ponto RS1c são apresentados nas Figuras 4.36 a 4.55.

As Tabelas 4.15 e 4.16 apresentam os valores médios, desvios padrões, mínimos, máximos e medianos para as variáveis físicas, químicas e biológicas em RS1c.

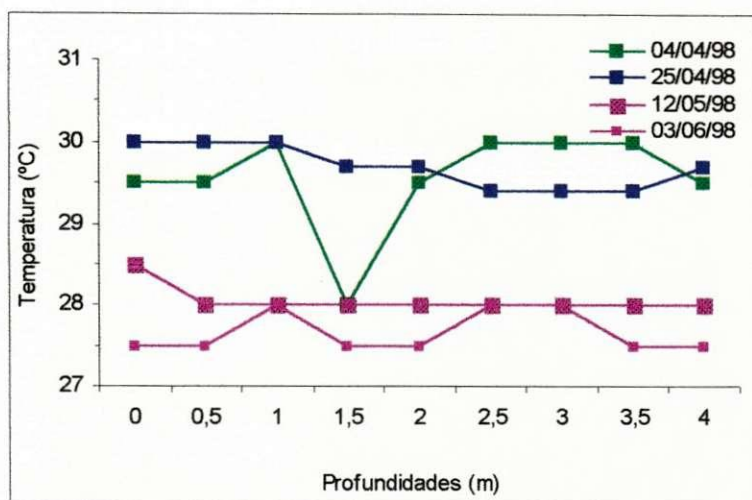


Figura 4.36 – Distribuição espaço-temporal dos valores de temperatura nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

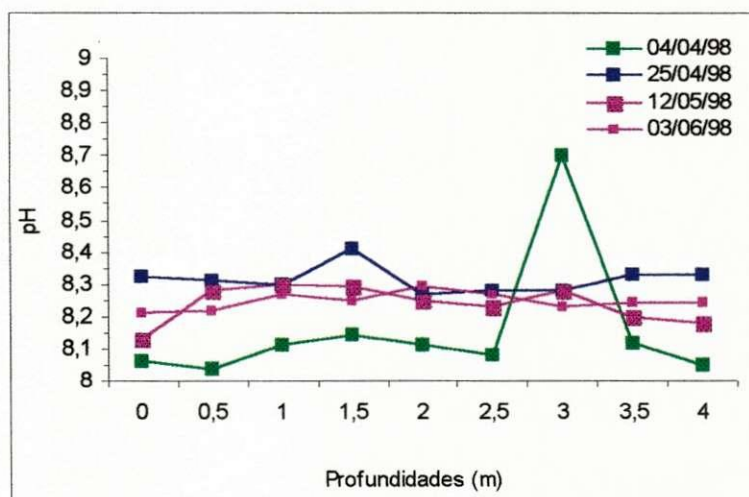


Figura 4.37 – Distribuição espaço-temporal dos valores de pH nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

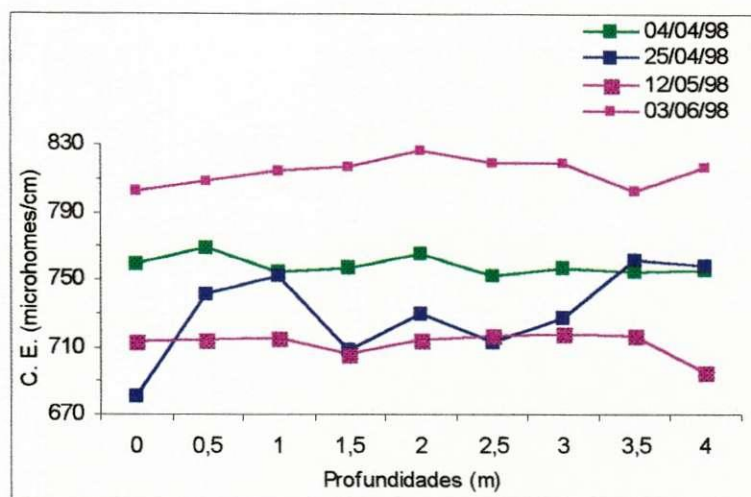


Figura 4.38 – Distribuição espaço-temporal dos valores da condutividade elétrica nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

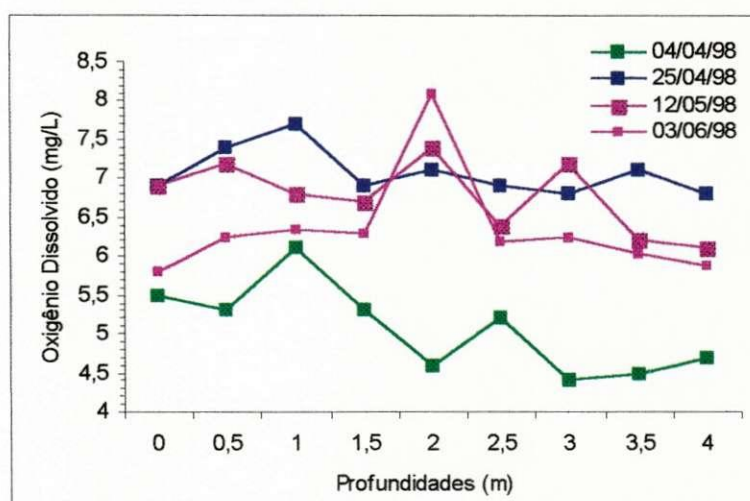


Figura 4.39– Distribuição espaço-temporal dos valores do oxigênio dissolvido nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

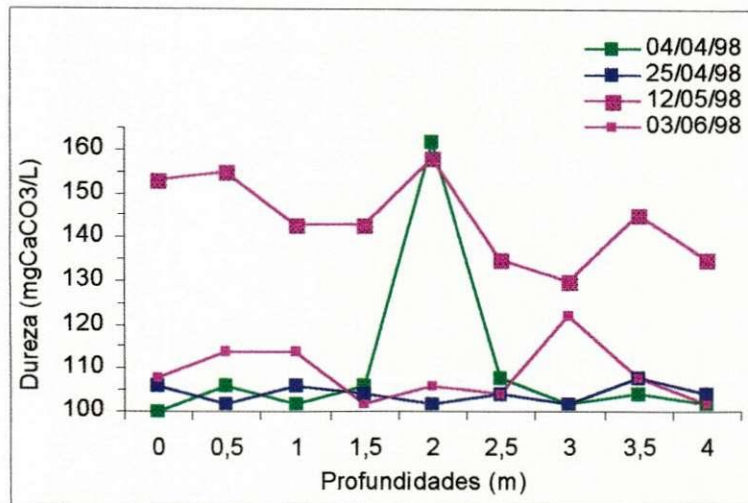


Figura 4.40 – Distribuição espaço-temporal dos valores de dureza nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

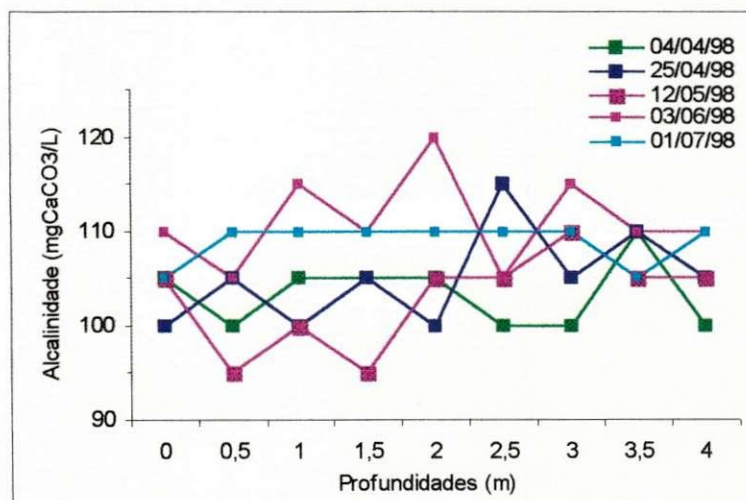


Figura 4.41 - Distribuição espaço-temporal dos valores da alcalinidade nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

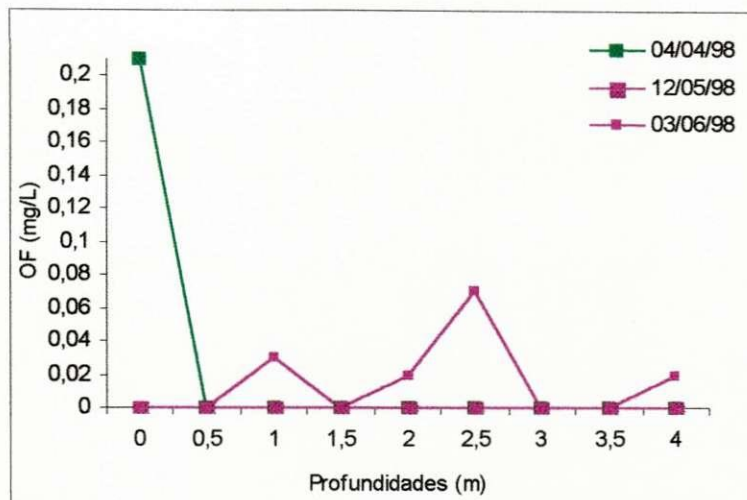


Figura 4.42 – Distribuição espaço-temporal dos valores de ortofosfato solúvel nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

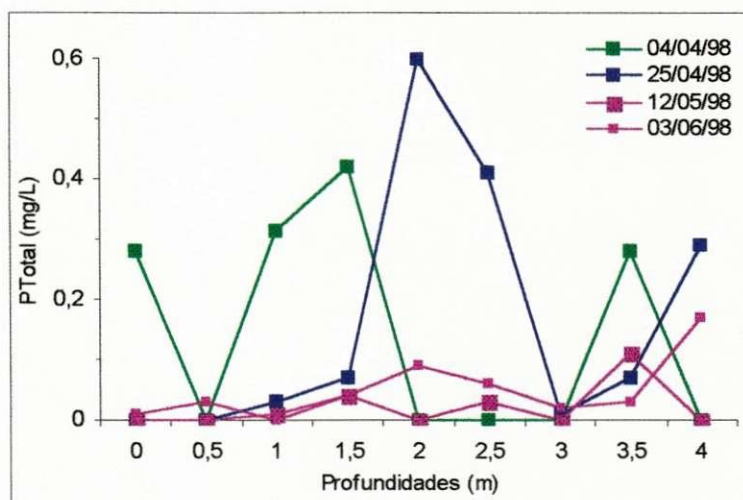


Figura 4.43 Distribuição espaço-temporal dos valores de fósforo total nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

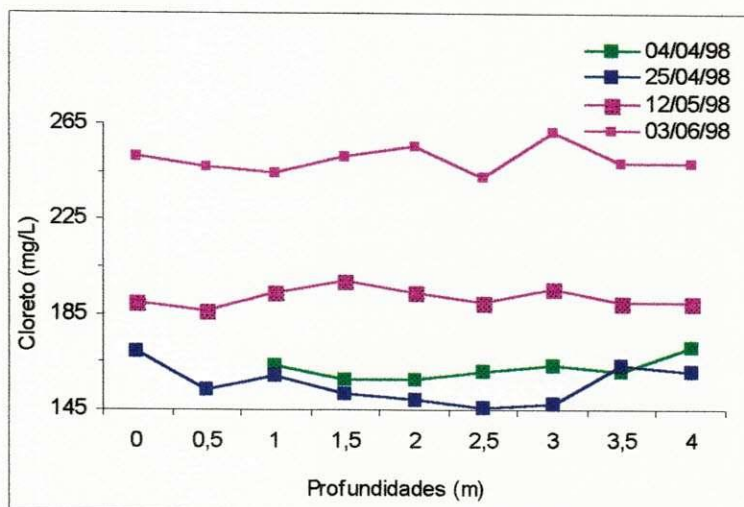


Figura 4.44 – Distribuição espaço-temporal dos valores de cloreto nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

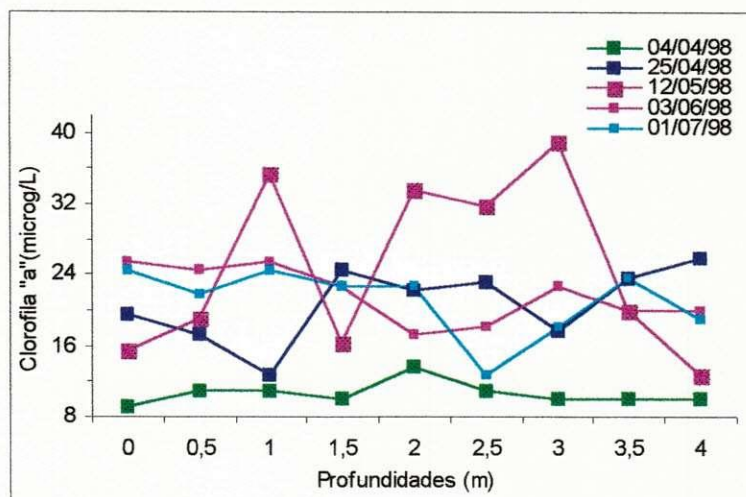


Figura 4.45 – Distribuição espaço-temporal dos valores de clorofila "a" nos compartimentos verticais ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

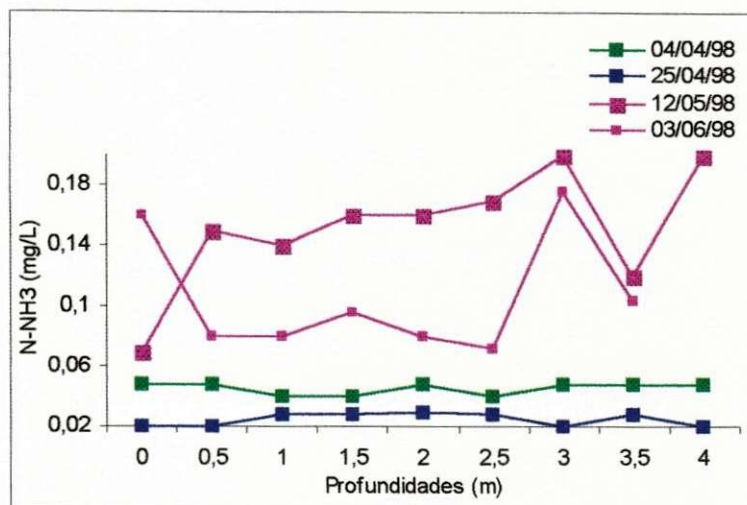


Figura 4.46 – Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrogênio amoniacal nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

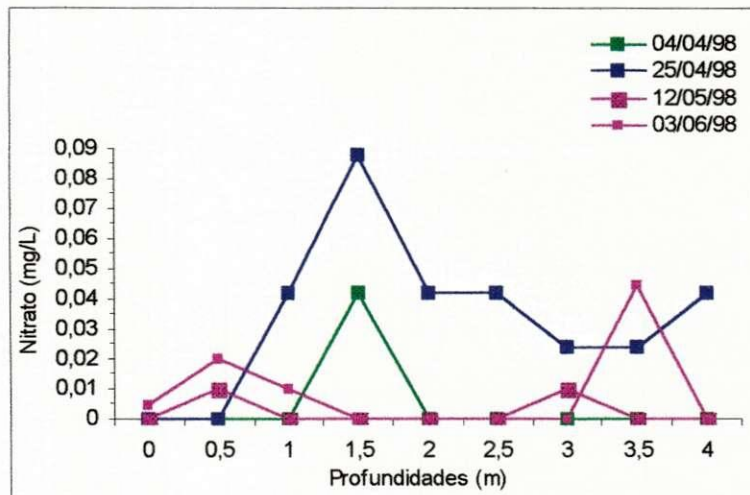


Figura 4.47 – Distribuição espaço-temporal dos valores de nitrito nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

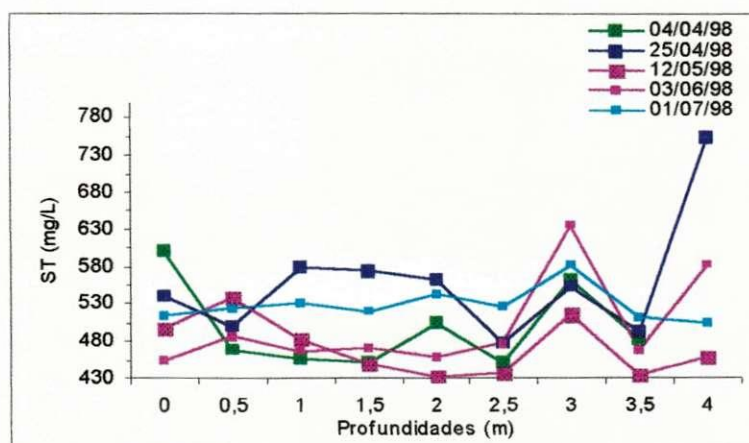


Figura 4.48 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

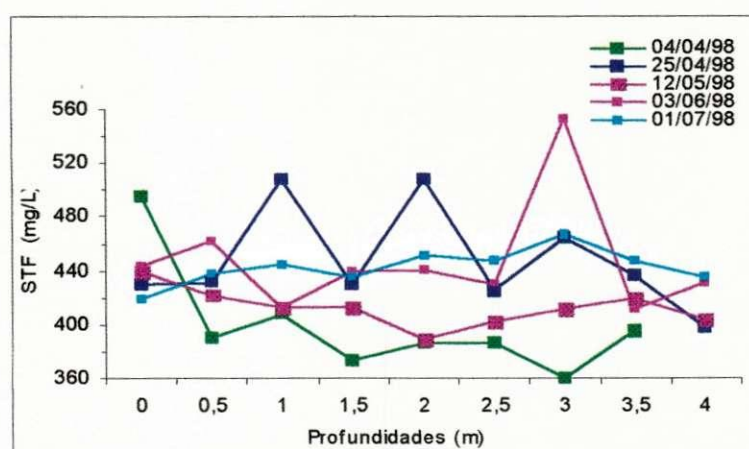


Figura 4.49 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais fixos nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

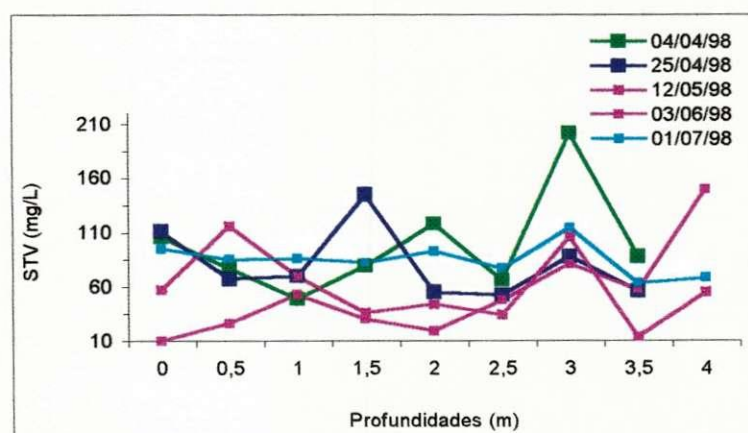


Figura 4.50 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos totais voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

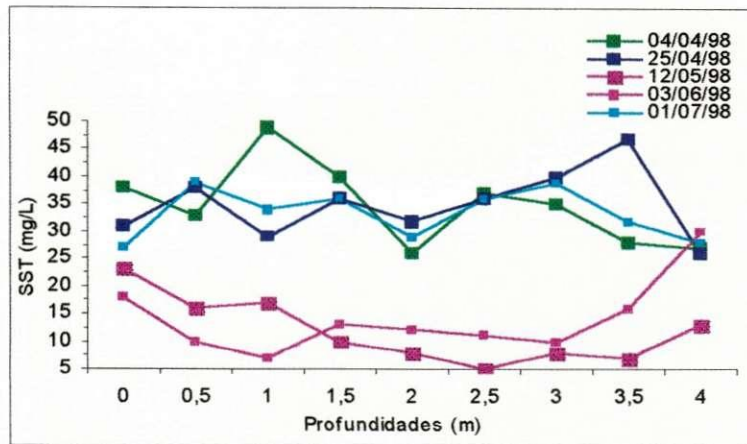


Figura 4.51 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos totais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).

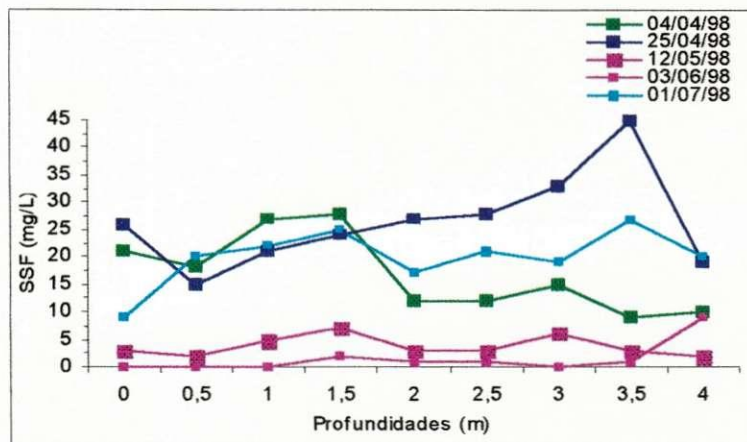


Figura 4.52 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos fixos nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).

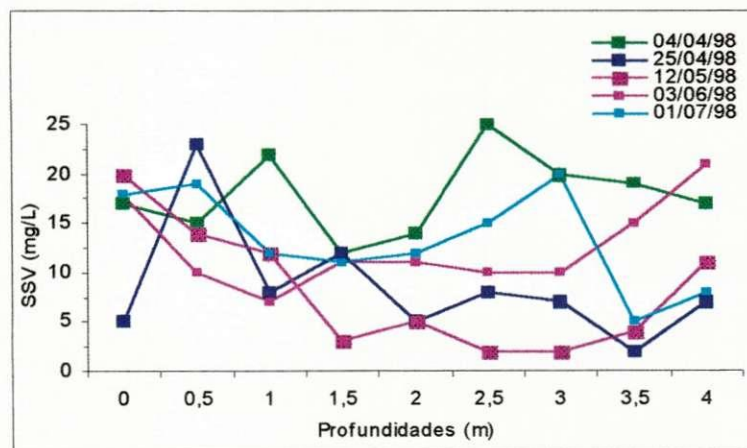


Figura 4.53 – Distribuição espaço-temporal dos valores dos sólidos suspensos voláteis nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé - PB).

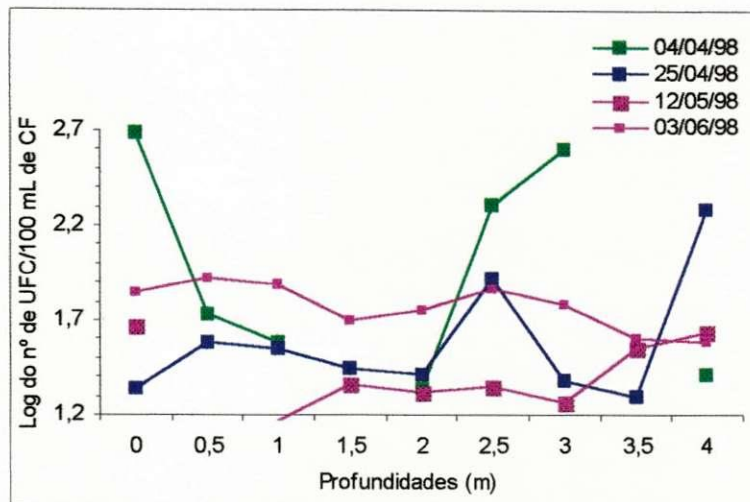


Figura 4.54 – Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/100mL de coliformes fecais nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

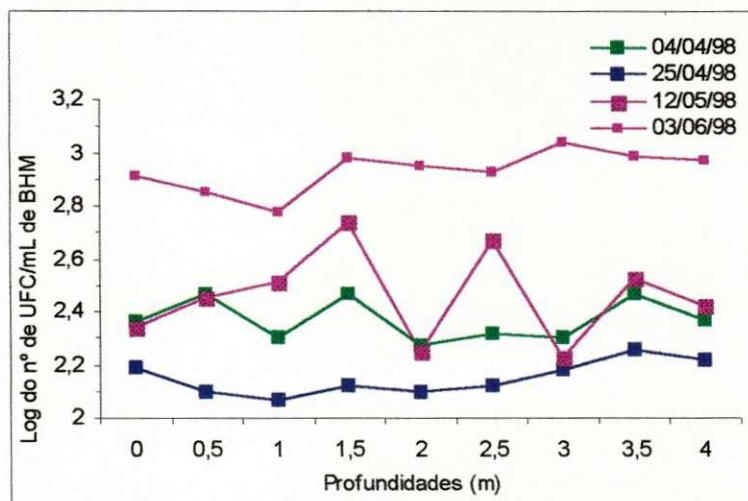


Figura 4.55 – Distribuição espaço-temporal dos valores logarítmicos de UFC/mL de bactérias heterótrofas mesófilas nos compartimentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé – PB).

Tabela 4.15 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS1c da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Chuva 3 (Abr/Jul - 1998).

Variável Prof.	Ta °C	pH	Ce µmhos/cm	OD mg/L	Dur mgCaCO ₃ /L	Alc mgCaCO ₃ /L	OF mg/L	PT mg/L	Cloreto mg ₃ /L	Cl "a" µg/L	N - NH ₃ mg/L	Nitrato µg/L
0 m	28,8 ± 1,1	8,2 ± 0,1	738,7 ± 53,0	6,3 ± 0,7	116,7 ± 24,4	105,0 ± 3,5	0,05 ± 0,10	0,07 ± 0,14	194,9 ± 38,9	18,8 ± 6,8	0,07 ± 0,06	1,2 ± 2,5
	27,5 - 30,0	8,0 - 8,3	681,0 - 802,0	5,5 - 6,9	100,0 - 153,0	100,0 - 110,0	0 - 0,2	0 - 0,3	169,1 - 251,4	9,1 - 25,5	0,02 - 0,16	0 - 5,0
	29,0	8,2	736,0	6,3	107,0	105,0	0	0,005	179,5	19,6	0,06	0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
0,5 m	28,7 ± 1,2	8,2 ± 0,1	758,5 ± 40,5	6,5 ± 1,0	119,2 ± 24,3	103,0 ± 5,7	0 ± 0	0,01 ± 0,01	195,6 ± 47,6	18,7 ± 5,2	0,07 ± 0,06	7,5 ± 9,5
	27,5 - 30,0	8,0 - 8,3	714,0 - 809,0	5,3 - 7,4	102,0 - 155,0	95,0 - 110,0	0 - 0	0 - 0,03	153,5 - 247,2	11,0 - 24,6	0,02 - 0,15	0 - 20,0
	28,7	8,2	755,5	6,7	110,0	105,0	0	0	186,0	19,1	0,06	5,0
	4	4	4	4	4	5	4	4	3	5	4	4
1,0 m	29,0 ± 1,1	8,2 ± 0,1	759,2 ± 41,4	6,7 ± 0,7	116,2 ± 18,5	106,0 ± 6,5	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,15	190,4 ± 39,6	21,8 ± 10,1	0,07 ± 0,05	13,0 ± 20,0
	28,0 - 30,0	8,1 - 8,3	715,0 - 815,0	6,1 - 7,7	102,0 - 143,0	95,0 - 110,0	0 - 0,03	0 - 0,31	159,3 - 245,1	10,9 - 35,5	0,03 - 0,14	0 - 42,0
	29,0	8,3	753,5	6,6	110,0	105,0	0	0,02	178,6	24,6	0,06	5,0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
1,5 m	28,3 ± 1,0	8,3 ± 0,1	747,0 ± 52,3	6,3 ± 0,7	113,7 ± 19,6	105,0 ± 6,1	0 ± 0	0,14 ± 0,18	189,9 ± 46,2	19,3 ± 6,0	0,08 ± 0,06	32,5 ± 42,0
	27,5 - 29,7	8,1 - 8,4	706,0 - 817,0	5,3 - 6,9	102,0 - 143,0	95,0 - 110,0	0 - 0	0,04 - 0,42	151,6 - 251,4	10,0 - 24,6	0,03 - 0,16	0 - 88,0
	28,0	8,3	732,5	6,5	105,0	105,0	0	0,06	178,2	22,7	0,07	21,0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
2,0 m	28,7 ± 1,1	8,2 ± 0,1	759,0 ± 50,1	6,8 ± 1,5	132,0 ± 32,4	108,0 ± 7,6	0 ± 0,01	0,17 ± 0,30	189,2 ± 48,4	21,9 ± 7,6	0,08 ± 0,06	10,5 ± 21,0
	27,5 - 29,7	8,1 - 8,3	714,0 - 827,0	4,6 - 8,1	102,0 - 162,0	100,0 - 120,0	0 - 0,02	0 - 0,60	149,6 - 255,7	13,7 - 33,7	0,03 - 0,16	0 - 42,0
	28,7	8,3	747,5	7,2	132,0	105,0	0	0,05	175,7	22,3	0,06	0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
2,5 m	28,8 ± 1,0	8,2 ± 0,1	750,0 ± 49,3	6,2 ± 0,7	112,7 ± 15,0	107,0 ± 5,7	0,02 ± 0,03	0,13 ± 0,20	185,0 ± 42,8	19,4 ± 8,5	0,08 ± 0,06	10,5 ± 21,0
	28,0 - 30,0	8,1 - 8,3	713,0 - 819,0	5,2 - 6,9	104,0 - 135,0	100,0 - 115,0	0 - 0,07	0 - 0,41	145,7 - 243,0	11,0 - 31,9	0,03 - 0,17	0 - 42,0
	28,7	8,2	734,0	6,3	106,0	105,0	0	0,05	175,7	18,2	0,06	0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
3,0 m	28,8 ± 1,2	8,4 ± 0,2	755,0 ± 45,7	6,2 ± 1,2	114,0 ± 14,2	108,0 ± 5,7	0 ± 0	0,01 ± 0,01	192,2 ± 50,7	21,6 ± 10,8	0,11 ± 0,09	8,5 ± 11,3
	28,0 - 30,0	8,2 - 8,7	718,0 - 819,0	4,4 - 7,2	102,0 - 130,0	100,0 - 115,0	0 - 0	0 - 0,02	147,7 - 262,0	10,0 - 39,1	0,02 - 0,20	0 - 24,0
	28,7	8,3	742,0	6,5	112,0	110,0	0	0	179,6	18,2	0,11	5,0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
3,5 m	28,7 ± 1,2	8,2 ± 0,1	759,0 ± 35,6	6,0 ± 1,0	116,2 ± 19,2	108,0 ± 2,7	0 ± 0	0,12 ± 0,11	190,9 ± 41,0	19,5 ± 5,6	0,07 ± 0,04	0,17 ± 21,7
	27,5 - 30,0	8,1 - 8,3	716,0 - 803,0	4,5 - 7,1	104,0 - 145,0	105,0 - 110,0	0 - 0	0,03 - 0,28	161,3 - 249,3	10,0 - 23,7	0,03 - 0,12	0 - 45,0
	28,7	8,2	758,5	6,1	108,0	110,0	0	0,09	176,6	20,0	0,08	12,0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
4,0 m	28,7 ± 1,1	8,2 ± 0,1	756,5 ± 49,8	6,0 ± 1,0	110,7 ± 16,2	106,0 ± 4,2	0 ± 0,01	0,12 ± 0,14	192,9 ± 39,5	17,6 ± 6,3	0,09 ± 0,10	10,5 ± 21,0
	27,5 - 29,7	8,0 - 8,3	695,0 - 817,0	4,7 - 6,8	104,0 - 145,0	100,0 - 110,0	0 - 0,02	0 - 0,29	161,3 - 249,3	10,0 - 25,9	0,02 - 0,20	0 - 42,0
	28,7	8,2	757,0	6,0	108,0	105,0	0	0,09	180,5	19,1	0,05	0
	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	3	4

Obs1) Ta = Temperatura da água; Ce: Condutividade elétrica; OD: Oxigênio Dissolvido; Dur: Dureza; Alc: Alcalinidade; OF: Ortofosfato; PT: Fósforo Total; Cl "a": Clorofila "a" e N-NH₃: Nitrogênio amoniacal.

Obs2) Nitrato em µg/L.

Média ± Desvio Padrão
Mínimo - Máximo
Mediana
Nº de dados

Tabela 4.16 – Valores médios, mínimos, máximos, medianas e número de dados das variáveis físicas, químicas e biológicas dos compartimentos verticais do ponto RS1c da Represa São Salvador, Sapé (PB). Período Chuva 3 (Abr/Jul - 1998).

Variável Prof.	ST mg/L	STF mg/L	STV mg/L	SST mg/L	SSF mg/L	SSV mg/L	CF (UFC/100mL)	BHM UFC/mL
0 m	521,2 ± 54,9 453,0 – 601,0 514,0 5	445,6 ± 29,3 419,0 – 495,0 440,0 5	75,8 ± 42,4 10,0 – 111,0 95,0 5	27,4 ± 7,6 18,0 – 38,0 27,0 5	11,8 ± 11,3 0 – 26,0 9,0 5	15,6 ± 6,0 5,0 – 20,0 18,0 5	80 ± 4 20 – 5,0x10 ² 60 4	2,8x10 ² ± 2 1,5x10 ² – 8,0x10 ² 2,0x10 ² 4
0,5 m	503,6 ± 27,8 468,0 – 538,0 499,0 5	429,0 ± 25,8 391,0 – 462,0 432,0 5	74,2 ± 32,6 26,0 – 116,0 77,0 5	27,2 ± 13,3 10,0 – 39,0 33,0 5	11,0 ± 9,3 0 – 20,0 15,0 5	16,2 ± 5,0 10,0 – 23,0 15,0 5	60 ± 1 40 – 80 50 3	3,0x10 ² ± 2 1,2x10 ² – 7,0x10 ² 3,0x10 ² 4
1,0 m	503,0 ± 50,7 457,0 – 578,0 483,0 5	437,4 ± 42,1 408,0 – 508,0 413,0 5	65,6 ± 14,9 49,0 – 86,0 70,0 5	27,2 ± 16,1 7,0 – 49,0 29,0 5	15,0 ± 11,8 0 – 27,0 21,0 5	12,2 ± 6,0 7,0 – 22,0 12,0 5	35 ± 2 15 – 80 40 4	2,5x10 ² ± 2 1,2x10 ² – 6,0x10 ² 2,5x10 ² 4
1,5 m	492,8 ± 53,6 449,0 – 575,0 470,0 5	418,4 ± 27,4 373,0 – 440,0 430,0 5	74,4 ± 46,1 30,0 – 145,0 79,0 5	27,0 ± 14,3 10,0 – 40,0 36,0 5	17,2 ± 11,8 2,0 – 28,0 24,0 5	9,8 ± 3,8 3,0 – 12,0 11,0 5	30 ± 2 20 – 50 30 3	3,8x10 ² ± 2 1,3x10 ² – 10 ³ 4,0x10 ² 4
2,0 m	500,8 ± 54,8 433,0 – 563,0 504,0 5	435,0 ± 50,3 386,0 – 508,0 441,0 5	65,8 ± 39,5 19,0 – 118,0 55,0 5	21,4 ± 10,7 8,0 – 32,0 26,0 5	12,0 ± 10,6 1,0 – 27,0 12,0 5	9,4 ± 4,2 5,0 – 14,0 11,0 5	30 ± 2 20 – 60 25 4	2,5x10 ² ± 2 1,3x10 ² – 9,0x10 ² 1,8x10 ² 4
2,5 m	474,0 ± 33,5 437,0 – 525,0 478,0 5	418,6 ± 24,3 386,0 – 448,0 426,0 5	55,4 ± 16,6 34,0 – 77,0 52,0 5	25,0 ± 15,7 5,0 – 37,0 36,0 5	13,0 ± 11,5 1,0 – 28,0 12,0 5	12,0 ± 8,6 2,0 – 25,0 10,0 5	70 ± 2 20 – 2,0x10 ² 80 4	2,5x10 ² ± 2 1,3x10 ² – 9,0x10 ² 3,3x10 ² 4
3,0 m	569,2 ± 43,0 517,0 – 634,0 562,0 5	451,0 ± 72,0 360,0 – 553,0 464,0 5	118,2 ± 48,7 81,0 – 202,0 106,0 5	26,4 ± 16,0 8,0 – 40,0 35,0 5	14,6 ± 12,7 0 – 33,0 15,0 5	11,8 ± 8,0 2,0 – 20,0 10,0 5	60 ± 4 19 – 4,0x10 ² 40 4	2,7x10 ² ± 3 1,5x10 ² – 1,1x10 ³ 1,8x10 ² 4
3,5 m	478,0 ± 29,0 434,0 – 511,0 484,0 5	422,4 ± 20,6 396,0 – 448,0 420,0 5	55,6 ± 26,6 14,0 – 88,0 57,0 5	26,0 ± 15,3 7,0 – 47,0 28,0 5	17,0 ± 18,7 1,0 – 45,0 9,0 5	9,0 ± 7,5 2,0 – 19,0 5,0 5	30 ± 1 20 – 40 35 3	3,6x10 ² ± 2 1,8x10 ² – 10 ³ 3,2x10 ² 4
4,0 m	575,0 ± 130,3 459,0 – 755,0 543,0 4	417,7 ± 19,0 399,0 – 436,0 418,0 4	91,0 ± 51,5 55,0 – 150,0 68,0 3	24,8 ± 6,8 13,0 – 30,0 27,0 5	12,0 ± 7,5 2,0 – 20,0 10,0 5	12,8 ± 6,0 7,0 – 21,0 11,0 5	50 ± 2 3 – 2,0x10 ² 40 4	3,0x10 ² ± 2 1,7x10 ² – 10 ³ 2,5x10 ² 4

Obs1) ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis; CF: Coliformes Fecais e BHM: Bactérias Heterótrofas Mesófilas.

Média ± Desvio Padrão
Mínimo – Máximo
Mediana
Nº de dados

4.8.2.1 – Temperatura da água

As variações da temperatura na coluna d'água do ponto RS1c são apresentadas na Figura 4.36.

Observa-se que não houve variações em cada um dos perfis analisados, excetuando os valores do dia 04/04/1998.

Os valores variaram entre um mínimo de 27,5°C em praticamente todas as profundidades no perfil do dia 03/06/1998, até um máximo de 30°C nas profundidades de 2,5 m, 3,0 m e 3,5 m do dia 04/04/1999. Assim como para RS6, não foram encontradas grandes variações nos valores de temperatura em toda a coluna d'água.

Provavelmente, o que provocou a homogeneidade térmica na coluna d'água foi a ação do vento, que é o principal agente perturbador na represa.

Como foi visto anteriormente, a análise da profundidade relativa proposta por SPERLING (1997, 1999), mostrou que a represa São Salvador apresentou condições morfológicas propícias à circulação completa da massa líquida.

Segundo PAYNE (1984), lagos tropicais com profundidades entre 4 e 5 m, apresentam-se geralmente, completamente misturados, com homogeneidade de suas variáveis físicas, químicas e biológicas. No entanto, o mesmo autor se refere a uma exceção, o lago Subang na Malásia, com profundidade entre 3 e 4 m, e variação de temperatura de 0,5° C, que foi suficiente para estabelecer os efeitos da estratificação térmica sobre a coluna d'água. Entretanto, esta não foi observada na represa São Salvador.

4.8.2.2 – Potencial hidrogeniônico (pH)

A distribuição dos valores médios de pH na coluna vertical do ponto RS1c é apresentada na Figura 4.37. O valor relativamente elevado do pH (entre 8,0 e 8,7), foi ocasionado, pela elevada atividade fotossintética das algas.

Os valores extremos variaram entre 8,0 a 0,5 m do dia 04/04/1998 até 8,7 a 3,0 m, também no dia 04/04/1998.

Os valores de pH no ponto RS1c superaram os do ponto RS6. Isto era esperado, já que o primeiro apresenta uma distância maior do ponto de entrada do tributário principal, fonte maior de material orgânico que ao ser decomposto tem como uma das conseqüências o abaixamento do pH. Também não foram observadas macrófitas submersas sujeitas à biodegradação, fato que ocorreu em RS6. Além disso, os ácidos liberados pela decomposição do material orgânico no sedimento têm um menor efeito sobre o ponto RS1c devido à maior profundidade deste local.

4.8.2.3 – Condutividade elétrica

A Figura 4.38 apresenta a condutividade elétrica deste ponto.

Observa-se que houve uma estabilidade nos valores em cada perfil isoladamente e uma amplitude considerável nos perfis entre si.

Os valores variaram entre um mínimo de 680 μ mho/cm a 0 m, no dia 25/04/1998 até um máximo de 810 μ mho/cm a 4,0 m no dia 03/06/1998. No geral os valores estiveram próximos aos obtidos para o ponto RS6, evidenciando homogeneidade desta variável na coluna d'água.

Um fato que diferencia o ponto RS1c do RS6 é que os menores valores não foram encontrados nas maiores profundidades, isto devido, provavelmente, à menor ação do sedimento ou de macrófitas submersas sobre a coluna d'água neste ponto. Destaca-se a ausência de macrófitas em RS1c.

4.8.2.4 – Oxigênio dissolvido

A distribuição dos valores médios de oxigênio dissolvido na coluna vertical do ponto RS1c da represa São Salvador é apresentada na Figura 4.39.

Pode-se observar que os valores de oxigênio dissolvido foram mais homogêneos neste ponto do que no RS6. As concentrações variaram entre um mínimo de 4,5 mg/L a 3,0 m até um máximo de 8,4 a 2,0 m.

Nota-se que os perfis dos dias 25/04/1998 e 12/05/1998 foram os mais homogêneos, no entanto, apresentaram tendência a diminuição com o aumento da profundidade. Esta mesma tendência foi observada no dia 04/04/1998, mas de forma bem mais acentuada.

Nota-se que os maiores valores ocorreram até a profundidade de 2,0 m, indicando uma maior atividade fotossintética nesta zona. Os menores valores de oxigênio dissolvido nas maiores profundidades, provavelmente não estão associados ao efeito da biodegradação no sedimento e sim à menor atividade fotossintética devido à diminuição da penetração da luz.

Na Tabela 4.17 são apresentados os valores de saturação de oxigênio para a coluna d'água no ponto RS1c. Os percentuais de saturação variaram de um máximo de 88,6% a 2,0 m até um mínimo de 76,5% a 4,0m. Estes valores foram bem superiores aos obtidos em RS6, evidenciando um menor consumo de oxigênio neste ponto menos impactado.

Profundidades (m)	OD obs (mg/L)	OD sat (mg/L)	% de sat
0	6,3	7,6	82,1
0,5	6,5	7,7	85,3
1,0	6,7	7,6	88,3
1,5	6,3	7,7	81,6
2,0	6,8	7,7	88,6
2,5	6,2	7,6	80,7
3,0	6,2	7,6	80,5
3,5	6,0	7,7	77,7
4,0	5,9	7,7	76,5

Tabela 4.17 – Valores de oxigênio dissolvido observados (ODobs), oxigênio dissolvido de saturação (ODsat) e percentagem de saturação (% de sat) para os comportamentos verticais do ponto RS1c da represa São Salvador (Sapé-PB).

4.8.2.5 – Dureza

Os valores de dureza ao longo da coluna d'água no ponto RS1c da represa São Salvador são mostrados na Figura 3.40 .

Os valores variaram de um mínimo de 100 mgCaCO₃/L a 0 m no dia 04/04/1998 até um máximo de 160 mgCaCO₃/L a 2,0 m também no dia 04/04/1998.

Observa-se que a maioria dos valores estiveram entre 100 mgCaCO₃/L e 120 mgCaCO₃/L, indicando uma distribuição homogênea desta variável na coluna d'água.

Destaca-se o fato dos valores obtidos neste ponto serem superiores aos encontrados em RS6.

4.8.2.6 - Alcalinidade

A Figura 4.41 apresenta a distribuição da alcalinidade na coluna d'água do ponto RS1c. Os valores variaram de um mínimo de 95 mgCaCO₃/L a 0,5 e 1,5 m no dia 12/05/1998 e um máximo de 120 mgCaCO₃/L a 2,0 m no dia 03/06/1998.

No geral, os valores se apresentaram bastante homogêneos em toda a coluna d'água, principalmente no dia 01/07/1998 com alcalinidade em torno de 110 mgCaCO₃/L em todas as profundidades.

De forma contrária ao que foi observado em RS6, não houve tendência de aumento da alcalinidade na direção das maiores profundidades.

4.8.2.7 – Ortofosfato solúvel (OF)

A distribuição do ortofosfato solúvel no ponto RS1c da represa São Salvador, é apresentada na Figura 4.42 .

As concentrações desta variável se mantiveram nulas em quase todos os perfis, excetuando o dia 04/04/1998 que apresentou o máximo valor (0,30 mg/L) na superfície e o do dia 03/06/1998 que não apresentou uma distribuição homogênea ao longo da profundidade.

Estes resultados sugerem uma rápida reciclagem do fósforo nesta represa.

4.8.2.8 – Fósforo total (PT)

A distribuição dos valores de fósforo total ao longo da coluna d'água no ponto RS1c da represa São Salvador é apresentada na Figura 4.43 .

Nota-se que nos dois primeiros perfis (04/04/1998 e 25/04/1998), houve uma grande variabilidade para esta variável, com valores atingindo os extremos para esta determinação e oscilando entre 0 mg/L nas profundidades de 0,5, 2,0, 2,5, 3,5, e 4,0 m até 0,60 mg/L a 2,0 m. Nos outros perfis, os valores estiveram sempre próximos ao nulo.

O PT representa o somatório de todas as formas de fósforo, inclusive a presente nos organismos fotossintetizantes. Apesar das maiores concentrações de clorofila "a" neste ponto, indicando uma maior biomassa algal devido a uma menor competição com as macrófitas (abundantes em RS6), os valores de PT para a coluna do ponto RS1c foram bastante baixos, evidenciando uma menor entrada deste nutriente nesta parte da represa, a partir do meio externo, como também a inexistência de macrófitas neste ponto.

4.8.2.9 – Cloreto

A Figura 4.44 apresenta a distribuição vertical no ponto RS1c das concentrações de cloreto. Observa-se que os perfis apresentaram oscilação para esta variável neste local da represa.

Os valores estiveram entre um mínimo de 145 mg/L a 2,5 e 3,0 m no dia 04/04/1998 até um máximo de 265 mg/L no dia 03/06/1998. A Figura 3.3 mostra um aumento da precipitação pluviométrica no período de abril a julho de 1998. Este fato pode explicar o aumento das concentrações de cloreto neste local, pelo maior aporte externo.

4.8.2.10 – Clorofila "a"

A Figura 4.45 apresenta a distribuição das concentrações de clorofila "a" na coluna vertical do ponto RS1c.

Observa-se que os valores variaram entre 9 µg/L na superfície (04/04/1998) até 40 µg/L em 3,0 m (12/05/1998).

Apesar de pouco acentuada, nota-se uma tendência de diminuição das concentrações desta variável com o aumento da profundidade.

Os valores no ponto RS1c foram bastante superiores aos encontrados no ponto RS6, provavelmente houve melhores condições de crescimento para o fitoplâncton, já que este ponto não tem *Elodea spp.* que pode competir pelos nutrientes.

4.8.2.11 - Nitrogênio amoniacal

A distribuição do nitrogênio amoniacal é apresentada na Figura 4.46.

Os valores tiveram uma forte oscilação que foi de 0,02 mg/L em quase todas as profundidades (25/04/1998) até 0,20 mg a 3 e 4 m (12/05/1998).

Observa-se que houve uma tendência de aumento da concentração de nitrogênio amoniacal com o aumento da profundidade. Isto ocorreu devido à liberação de nitrogênio amoniacal a partir do sedimento para a coluna d'água.

4.8.2.12 – Nitrato

A distribuição deste nutriente na coluna d'água do ponto RS1c da represa São Salvador é apresentada na Figura 4.47 .

Os valores variaram entre 0 mg/L na maioria dos perfis até 0,09 mg/L a 1,5 m no dia 25/04/1998.

Observa-se que houve uma tendência de aumento das concentrações com a profundidade, principalmente nos dias 25/04/1998 e 12/05/1998. Isto ocorreu, possivelmente, devido à oxidação da amônia proveniente dos sedimentos do fundo da represa.

Na maior parte das profundidades esta variável manteve valores nulos ou próximos a zero, indicando um maior consumo deste nutriente pelas algas.

4.8.2.13 – Sólidos totais e suas frações (ST, STF e STV)

Os sólidos totais e suas frações têm suas distribuições na coluna d'água do ponto RS1c da represa São Salvador apresentadas nas Figuras 4.48, 4.49 e 4.50 .

Esta variável foi bastante homogênea até os 4,0 m de profundidade, com concentrações variando de 430 mg/L aos 2,0 e 2,5 m do dia 12/05/1998 até 730 mg/L a 4,0 m no dia 25/04/1998.

Estes valores foram bastante próximos aos observados em RS6, indicando tendência de uma distribuição homogênea desta variável na represa.

As concentrações dos sólidos totais fixos variou entre 360 mg/L a 3,0 m no dia 04/04/1998 até 560 mg/L a 3,0 no dia 03/06/1998. A maioria dos valores oscilou em torno dos 450 mg/L. Estes valores foram superiores aos observados em RS6.

Os sólidos totais voláteis apresentaram concentrações entre 10 mg/L na superfície no dia 03/06/1998 até 210 mg/L a 3,0 m no dia 04/04/1998. Estes resultados indicam a existência de menor concentração de material orgânico no ponto RS1c. Esta área é mais protegida da entrada de material exógeno das margens e não teve macrófitas aquáticas submersas, o que explica as diferenças com RS6.

4.8.2.14 – Sólidos suspensos e suas frações (SST, SSF e SSV)

As distribuições dos sólidos suspensos e suas frações na coluna d'água do ponto RS1c são apresentadas na Figura 4.51, 4.52 e 4.53 .

Os valores dos sólidos suspensos totais nos perfis se apresentaram divididos em dois blocos: os perfis de maiores valores (04/04/1998, 25/04/1998 e 01/07/1998) variaram entre 25 mg/L a 0 m, 2,0 m e 4,0 m até 50 mg/L a 1,0 m e o grupo dos menores valores (12/05/1998 e 03/06/1998) apresentou concentrações entre 5 mg/L a 2,5 m até 27 mg/L a 4,0 m.

Os valores no ponto RS6 foram intermediários entre os encontrados para estes dois grupos. Esta variação no mesmo ponto pode ter sido provocada pela precipitação pluviométrica neste período (Figura 4.1).

Os sólidos suspensos fixos mostraram uma variação menor entre os diferentes perfis, com valores entre 0 mg/L em quase todas as profundidades do dia 03/06/1998 até 40 mg/L no dia 25/04/1998. Estes representaram a maior fração dos sólidos suspensos totais no ponto RS1c.

Os sólidos suspensos voláteis variaram entre 2 mg/L a 2,5 e 3,0 m no dia 12/05/1998 até 0,25 mg/L a 2,5 m no dia 04/04/1998. No geral, os valores oscilaram em torno de 10 mg/L. Estes resultados foram menores que os obtidos para a coluna d'água no ponto RS6.

4.8.2.15 – Coliformes fecais (CF)

As distribuições dos coliformes fecais no ponto RS1c da represa são apresentadas na Figura 4.54 .

Os CF variaram entre 10 UFC/100 mL a 1,0 no dia 12/05/1998 até 5×10^2 UFC/100 mL na superfície no dia 04/04/1998. A maioria das concentrações oscilaram em torno de 50 UFC/100 mL. Estes valores foram bastante inferiores aos obtidos para o ponto RS6, evidenciando a menor entrada de material fecal no ponto RS1c.

4.8.2.16 – Bactérias Heterótrofas Mesófilas (BHM)

As distribuições das bactérias heterótrofas mesófilas na coluna d'água do ponto RS1c da represa São Salvador são apresentadas na Figura 4.55.

Os valores oscilaram entre 3×10^2 UFC/mL a 0,5 m no dia 25/04/1998 até 10^3 UFC/mL a 3,0 m no dia 03/06/1998. Estes resultados também foram bastante inferiores

aos obtidos para RS6, em resposta à menor quantidade de material orgânico biodegradável.

5.0 – DISCUSSÃO

5.1 – Variáveis físicas, químicas e biológicas

5.1.1 – Temperatura

ESTEVES et al. (1988) e BARBOSA et al. (1988) destacam a temperatura e suas variações como fator determinante sobre as outras variáveis limnológicas.

A temperatura média foi muito constante, tanto na chuva (28,4 a 29,2°C) como na seca 1 (28,5 a 30°C). No período seca 2 ocorreram as maiores oscilações (22,0 até 32,0°C). Observa-se um aumento na temperatura da água com o transcorrer do tempo, que pode ter sido ocasionado seja pelo desenvolvimento intenso de macrófitas que cresceram em abundância, principalmente nos pontos próximos às margens, diminuindo assim a profundidade de penetração da luz e aumentando a temperatura da água, principalmente nas zonas mais superficiais, seja pela evaporação da água e menor profundidade da lâmina de água. O efeito perturbador das macrófitas também foi observado por ESTEVES et al. (1988) num estudo na lagoa lodada no estado do Rio de Janeiro. A grande quantidade de macrófitas na represa São Salvador pode ser consequência da falta de desmatamento do local antes do represamento das águas do riacho São Salvador. CAMARGOS & ESTEVES (1995) observaram que vários reservatórios da região amazônica, entre os quais os de Tucuruí e Balbina, possuem vastas áreas cobertas com macrófitas que se desenvolveram devido a liberação de nutrientes provenientes da biodegradação da vegetação coberta com a construção destas represas. Os mesmos autores afirmam que nas regiões sul e sudeste, vários lagos e represas apresentam grande quantidades de macrófitas, originadas pela eutrofização artificial.

Outro fator importante para o desenvolvimento das macrófitas foi aporte contínuo de nutrientes provenientes do efluente da ETE de Sapé, que deságua no riacho São Salvador.

No estudo dos perfis verticais, os valores médios oscilaram pouco (28 e 29,3 °C em RS6 e entre 28,3 e 29°C no ponto RS1c). Observa-se que houve pouca diferença nas temperaturas na coluna d'água o que indica uma circulação completa ou quase completa da massa líquida. GOMES et al. (1997) estudando uma lagoa natural de profundidade média de 5 m, no nordeste brasileiro, também não observaram estratificação térmica e nem química.

5.1.2 – Potencial Hidrogeniônico

Em todos os períodos, os valores médios de pH tenderam foram superiores ao neutro, com os menores no período Chuva 1 (7,2 a 7,9), devido, provavelmente, à entrada de material orgânico arrastado pelas chuvas. Nos períodos secos, os valores de pH foram superiores (S1 – 7,7 a 8,4; S2 – 7,6 a 8,6) e estiveram associados à maior atividade fotossintética e às maiores concentrações de sais de cálcio e magnésio. GOMES et al. (1997), analisando as águas da lagoa natural do Uruaru, protegida das ações antropogênicas, observaram valores bem inferiores (6,5 a 7,2) e justificam como sendo devido a fatores geológicos.

Destaca-se que os menores valores sempre foram encontrados no ponto RS4 sugerindo ser a descarga do efluente da ETE de Sapé (rico em material orgânico) no riacho São Salvador, o principal foco de poluição pontual nesta represa. Observou-se também valores menores nos pontos das margens, sugerindo descargas difusas de material orgânico e nutrientes a partir das áreas agrícolas marginais. Vários autores observaram a importância de um manejo adequado do solo e o controle das cargas orgânicas provenientes das atividades agrícolas para a manutenção da qualidade dos corpos d'água (BENNDORF et al., 1981; FOSBERG, 1981; HARREMOËS, 1998 e OENEMA & ROEST, 1998).

Observa-se também, que houve um aumento do pH com a intensificação da estiagem. Isto ocorreu pela maior insolação que contribuiu para um aumento da atividade fotossintética no corpo d'água (CEBALLOS et al., 1997a).

No perfil vertical, os valores médios de pH (entre 7,5 a 8,2 em RS6 e entre 8,2 e 8,4 em RS1c). Apresentaram pouca variação, principalmente em RS1c, provavelmente porque não sofreu a influência da camada de macrófitas submersas, presentes a 3,5 m de profundidade no ponto RS6.

SILVA & MENDONÇA (1997) avaliaram qualitativamente a lagoa Jacunén (ES) e obtiveram valores de pH entre 6,7 e 10,2. Associaram estes valores à atividade fotossintética e esta à concentração de algas e por isso, afirmaram ser o pH um bom indicador do estado de trofia do corpo aquático. Segundo os mesmos autores, os valores de pH mais elevados são freqüentes em corpos d'água durante o período de elevada fotossíntese (supersaturação de OD), podendo ser por isso, indicativo do estado trófico.

5.1.3 – Condutividade elétrica

CALIJURI et al. (1997) e LEITE (1997; 1998, in: MINOTI, 1999) associaram valores de condutividade de 350µmho/cm no reservatório de Salto Grande (Americana –

SP) à entrada de esgotos no manancial. Na represa São Salvador os valores de condutividade, que variaram entre 713, 2 a 800 $\mu\text{mho}/\text{m}$, também foram associados à entrada de pulsos poluidores e à intensificação da estiagem e conseqüente evaporação.

CEBALLOS et al. (1997), estudaram 13 reservatórios paraibanos e encontraram valores de condutividade elétrica entre 222 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ até 7.060 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ e justificaram esta variabilidade como sendo ocasionada pelas diferentes condições geológicas das microregiões, do relevo, da intensidade pluviométrica, da maior ou menor evaporação e das contribuições exógenas da bacia de drenagem sobre estes mananciais.

Na coluna vertical, os valores médios variaram de 723,5 até 824,5 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ no ponto RS6 e entre 738,7 a 759,2 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ em RS1. MINOTI (1999), analisando a coluna d'água do reservatório de Salto Grande (Americana – SP) observou valores de condutividade entre 200 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ na superfície até 260 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ a 12 m e justificou como sendo devido à influência dos sedimentos. ALVES et al. (1988) e MARTINS (1998) estudando a coluna d'água no lago Paranoá (Brasília – DF) e do lago Serra Azul (MG) observaram a mesma situação.

QUEIROZ & EVLYN (1997), estudaram a represa do Lobo (Itirapina, SP) e observaram aumento na condutividade elétrica com a chegada das chuvas e o fluxo de banhistas neste ambiente. De fato, o conjunto destes fatores influenciou a qualidade da água na represa São Salvador, acrescentando ainda, a influência dos esgotos.

5.1.4 – Dureza

Segundo os valores propostos por VON SPERLING (1996), no período C1, a água foi classificada como de dureza moderada (83,6 mgCaCO_3/L em RS3 até 91,2 mgCaCO_3/L em RS1 e RS2). Para S1, a classificação foi a mesma, no entanto, com o aumento da concentração de sais, os valores médios para esta variável aumentaram (98,4 mgCaCO_3/L em RS1 até 105,9 mgCaCO_3/L em RS4). No período S2, devido à maior atividade fotossintética os valores de dureza reduziram e a água variou de dureza branda à moderada (46,8 mgCaCO_3/L em RS1 até 56,0 mgCaCO_3/L em RS4). Observa-se uma diminuição dos valores médio de dureza com a intensificação do período de estiagem. Segundo ESTEVES (1998) esta diminuição pode ser conseqüência da maior atividade fotossintética nos períodos secos. A estiagem influencia na dureza da água através do maior consumo de CO_2 pelos organismos fotossintetizantes, conseqüentemente é formada menor quantidade de carbonatos e bicarbonatos. CEBALLOS et al. (1997) estudando açudes paraibanos obtiveram variações de dureza bem superiores às encontradas no açude São Salvador (109 – 246 mgCaCO_3/L), exceto no açude Lagoa de Roça com

valores entre 72 e 92 mgCaCO₃/L. Os autores justificaram estas diferenças a partir da localização geográfica e de fatores geomorfológicos das microregiões estudadas, bem como a fatores climáticos.

Na coluna do ponto RS6, a dureza variou entre 47,2 a 55,5 mgCaCO₃/L (dureza branda à moderada), enquanto no ponto RS1c variou de 110,7 a 132,7 mgCaCO₃/L (dureza moderada). Os valores de dureza foram superiores em RS1c, em relação a RS6. Provavelmente, as macrófitas submersas neste último ponto, ao consumirem CO₂ provocaram este decréscimo.

5.1.5 – Alcalinidade

Houve uma diminuição dos valores de alcalinidade após as chuvas (entre 97 e 103,3 mgCaCO₃/L - C1 para 81 a 94,9 mgCaCO₃/L - S1). No entanto, com a intensificação do período de estiagem, a maior concentração de sais (especialmente carbonatos e bicarbonatos) colaborou para um aumento significativo dos valores de alcalinidade (entre 100 e 117,5 mgCaCO₃/L - S2). Na época Seca 2, houve correlação significativa e positiva entre alcalinidade e condutividade elétrica ($r = 0,70$, $\alpha = 0,01$), indicando um aumento da concentração de sais e compostos inorgânicos ocasionada pela intensificação da estiagem.

No entanto, estes valores foram inferiores aos obtidos por CEBALLOS (1995) nos açudes de Boqueirão (mediana de 140 mgCaCO₃/L), Açude Velho (mediana de 160 mgCaCO₃/L) e em Bodocongó (240 mgCaCO₃/L). Destaca-se que estes dois últimos açudes apresentaram maiores impactos antropogênicos. Os valores em São Salvador foram bem superiores aos indicados por APHA (1995) como águas de baixa alcalinidade (20 mgCaCO₃/L).

No estudo dos compartimentos verticais, os valores de alcalinidade foram aproximados entre RS1c e RS6: variaram entre 100 a 127,5 mgCaCO₃/L em RS6 e de 103 e 108 mgCaCO₃/L no ponto RS1c. MARTINS (1998) observou valores bem menores (8 a 15 mgCaCO₃/L) no lago Serra Azul (MG) e afirmou que estas concentrações se devem às condições geológicas da bacia de drenagem. Nos açudes do nordeste, em geral a alcalinidade aumenta desde os açudes do litoral para os do interior do sertão (WATANABE et al., 1989).

5.1.6 - Cloretos

As concentrações de cloretos (S2 - 109,4 a 157,6 mg/L; C1 - 9,4 até 17,6 mg/L e S1 - entre 7,4 a 15,0 mg/L) aumentaram com a intensificação da estiagem. CEBALLOS

(1995) analisando as águas de açudes nordestinos encontrou valores médios superiores na época de chuvas (açude Velho – 181 a 292 mg/L; açude Bodocongó – 415 mg/L e açude Boqueirão – 260 mg/L). A autora indicou como possíveis causas a interação entre os aportes dos solos da região, dos rios afluentes, dos esgotos aportantes e da evaporação.

BARROS (1997) estudou águas superficiais utilizadas para irrigação de hortaliças nos municípios de Sapé e Lagoa Seca e encontrou valores médios de cloretos variando entre 44 e 261 mg/L. Segundo o autor, as maiores concentrações ocorreram no inverno, provavelmente devido ao escoamento superficial que arrastou sais para o interior dos mananciais.

SANTIAGO (1984, in: DUARTE, 1999), estudando os açudes de pequena profundidade, Pereira Miranda e Caxirote, no Ceará, concluiu que, com as primeiras chuvas, há grande aporte de sais para dentro dos mananciais, provenientes da erosão e lixiviação do solo, podendo haver o carreamento de até 2,8 toneladas de cloreto por Km² da bacia de drenagem.

5.1.7 – Oxigênio dissolvido

Os menores valores de oxigênio dissolvido (3,8 em S2; 4,1 em C1 e 4,1 em S1) sempre foram encontrados no ponto RS4, local de entrada do tributário principal e dos despejos da ETE trazidos por ele. As percentagens de saturação de oxigênio dissolvido, variaram entre 43,65% (RS4) até 102,28% (RS2).

ESTEVES et al. (1988) observaram menores percentagens de saturação de OD nas lagoas Emboacica e Iodada (ambas no Rio de Janeiro, RJ) e justificaram pela menor atividade fotossintética.

As maiores flutuações no ponto RS6 (3,2 a 7,3 mg/L) em relação a RS1c (6,0 a 6,8 mg/L) podem ser relacionadas com o OD produzido na profundidade de 3,5 a 4 m pela biomassa de *Elodea canadensis*. Os percentuais de saturação variaram de 41,5% a 96,2% em RS6 e de 76,5% a 88,6% em RS1c.

MARTINS (1998) estudou o reservatório de Serra Azul (MG) resultante do barramento do curso d'água de mesmo nome, localizado entre os municípios de Mateus Leme, Juatuba e Igarapé, com profundidade relativa de 1,03% o que favorece a circulação da massa de água no interior da represa, assim como a represa São Salvador. A autora verificou queda acentuada das concentrações de oxigênio à medida que aumentou a profundidade (valores entre 0,5 e 1,5 mg/L no fundo da represa) devido ao consumo na mineralização de detritos da biomassa de algas mortas. Entretanto, na represa São

Salvador não foi observado este fenômeno, provavelmente pela produção de OD pelas macrófitas e pela maior distribuição das algas na coluna d'água em RS1c.

MARSHALL & FALCONER (1973, in: SILVA E MENDONÇA, 1997), através de estudos realizados em lagos do Zimbábwe, sugerem a supersaturação de oxigênio na parte superior da coluna líquida como indicadora de eutrofização em lagos tropicais, baseados nos processos fotossintéticos das algas e macrófitas que resultam nos altos valores de oxigênio dissolvido. Estes resultados também foram observados na coluna do ponto RS6 que apresentou os maiores percentuais de saturação e uma grande biomassa de macrófitas submersas.

5.1.8 - Turbidez

Os maiores valores médios de turbidez foram obtidos no ponto RS4 (22 uT), devido ao forte impacto por esgotos. Esta variável apresentou correlações significativas e positivas com sólidos suspensos totais ($r = 0,72$, $\alpha = 0,01$), com sólidos suspensos fixos ($r = 0,54$, $\alpha = 0,01$), com sólidos suspensos voláteis ($r = 0,60$, $\alpha = 0,01$) e com bactérias heterótrofas mesófilas ($r = 0,50$, $\alpha = 0,01$), indicando a associação entre estes sólidos e o aumento da turbidez, com a conseqüente proteção das bactérias heterótrofas da ação da luz solar, predadores, etc. (SAWYER et al., 1994).

QUEIROZ & EVELYN (1997) estudando a represa do Lobo, indicaram como causa do aumento da turbidez o movimento turístico e as chuvas, ocorrendo o mesmo na represa São Salvador. SPERLING (1997b), observa a interferência do aumento da turbidez com o avanço da eutrofização e o impacto deste aumento na balneabilidade. Isto também foi observada na represa aqui estudada.

5.1.9 - Transparência

No período S2, os valores da transparência variaram entre 0,3 m (transparência total no ponto RS1 da margem) até 2,0 m (no ponto RS7 central e menos impactado). CARLSON (1977) considera que transparências inferiores a 1,9 m, indicam lagos eutrofizados. SPERLING (1997a.) afirma que a transparência assume um significado importante em lagos e represas, que são ambientes com reduzida movimentação da água e elevado tempo de residência e critica a utilização desta variável como indicadora do grau de trofia para corpos lênticos tropicais, sugerindo que esta seja relacionada a aspectos sazonais tais como chuvas e processos erosivos, predominantes nas bacias hidrográficas destas regiões. Neste sentido, BRANCO (1986) diferencia as maiores ou menores transparências ou turbidez como "biogênicas" e "não biogênicas". Enquanto a primeira se

associa com biomassa (principalmente algas) e em consequência com eutrofização, a segunda se relaciona com fatores físicos: presença de silte, areia ou argila em suspensão.

SILVA & MENDONÇA (1997), estudaram a lagoa Jacunén localizada numa área urbana com forte ação antropogênica e profundidade média máxima de 2m, a qual apresentou oscilação na transparência entre 0,5 e 0,7 m. Ou seja, 25 e 35% da profundidade média máxima na lagoa. Na represa São Salvador a profundidade média variou (nos pontos estudados) de 0,4 m a 13 m. A transparência atingiu 23% da profundidade total nos pontos centrais e 100% nos pontos das margens.

5.1.10 – Ortofosfato solúvel

Não houve uma distribuição regular do ortofosfato nos perfis horizontais da represa São Salvador, que apresentou concentrações oscilando entre 0,01 mg/L no período chuvoso até 0,9 mg/L na estiagem S2. Estes resultados podem estar relacionados à maior biomassa algal no período de maior insolação.

Na coluna do ponto RS6, os valores de ortofosfato variaram entre 0 a 0,05 mg/L e se associaram com uma provável “circulação em curto circuito” deste nutriente com ativa participação das macrófitas no consumo do mesmo, a partir dos 2 m de profundidade. No ponto RS1c, os valores de ortofosfato oscilaram entre 0 e 0,06 mg/L não mantendo um padrão constante de distribuição na coluna d’água. Provavelmente, os ventos e a ausência de macrófitas contribuíram para essa falta de padrão.

MARTINS (1998), encontrou no lago Serra Azul, (MG) caracterizado anteriormente, uma variação para o ortofosfato em torno de 0,02 mg/L, com ligeiras flutuações e considerou como uma consequência da assimilação e liberação alternadas pelas algas, desse nutriente. O comportamento caracterizou um padrão de ciclagem “circulação em curto circuito”, sem a participação do sedimento, com grande parte do ortofosfato sendo liberado ainda na parte mais superficial da coluna d’água.

CEBALLOS (1995) encontrou valores de ortofosfato no açude de Boqueirão, no estado da Paraíba, 0 e 0,01mg/L e afirmou que estes baixos valores podiam ter sido ocasionados pela diluição, assimilação biológica e precipitação química, todos estes fenômenos ocorrendo na coluna d’água.

5.1.11 – Fósforo total

Para os perfis horizontais o fósforo total variou entre 0,4 mg/L no período de estiagem até 1,8 mg/L no ponto RS4 na época de chuvas. Estes valores, provavelmente estão relacionados ao maior aporte de material exógeno durante a época de chuvas.

A falta de um padrão definido para a distribuição desta variável na represa, contribuiu para que não houvesse correlação linear significativa do fósforo total com outras variáveis analisadas. Essa variabilidade pode estar associada aos múltiplos impactos pontuais e difusos que a represa recebe, ao consumo e a distribuição das macrófitas submersas e ao desprendimento aleatório de fragmentos das mesmas que se distribuem ao longo da massa de água.

SILVA & MENDONÇA (1997), estudando a lagoa de Jacunén em acelerado processo de eutrofização, encontraram valores de fósforo total variando entre 0,05 mg/L até 0,42 mg/L. Estes valores foram bem inferiores ao encontrados em São Salvador, indicando uma maior ação antrópica neste último ecossistema.

Na coluna RS6 (1,5 mg/L) ocorreu a 3,5 m de profundidade, evidenciando a forte influência da camada submersa de macrófitas. Já em RS1c, os valores médios de fósforo total oscilaram entre 0,01 a 0,17 mg/L não apresentando um padrão definido de distribuição com o aumento da profundidade. Comparando os valores nos dois perfis verticais, observou-se que os maiores valores no primeiro ponto podem ser atribuídos ao impacto direto do tributário neste local.

5.1.12 - Clorofila "a"

Os maiores valores médios observados para clorofila "a" nos três períodos estudados (17,6 µg/L - C1; 16,0 µg/L - S1 e 9,4 µg/L - S2) foram bem inferiores aos observados por CALIJURI et al. (1997), que encontraram concentrações entre 13 e 110 µg/L em uma na represa hipereutrófica de Salto Grande (Americana – SP), destacando, inclusive, "blooms" de algas devido à eutrofização deste manancial, o qual não foi observado em São Salvador. Estes dados evidenciam um estado intermediário de eutrofização na represa São Salvador.

Observa-se que houve uma redução desta variável no período de maior insolação. TOLEDO et al. (1988) observaram forte inibição da atividade fotossintética devido às altas intensidades luminosas no lago Paranoá. KALF (1983, in: TOLEDO et al., 1988) e VINER (1977, in: TOLEDO et al., 1988) afirmam que a luz pode ser um fator limitante ao crescimento do fitoplâncton em lagos eutrofizados, ricos em nutrientes, devido ao crescimento exagerado e que causou o fenômeno do auto – sombreamento.

BARBOSA et al. (1988) destacam como causas determinantes dos padrões de distribuição sazonal de clorofila "a" e dos nutrientes na lagoa Carioca (MG), o comportamento térmico e as chuvas, juntamente com a entrada de material alóctone para o interior da represa. Situação semelhante foi observada na represa São Salvador.

Para a coluna do ponto RS6 os valores de clorofila "a" variaram entre 4,5 a 10,4 µg/L e em RS1c de 17,6 a 21,9 µg/L. Os maiores valores em RS1c se devem à menor competição entre algas e macrófitas neste ponto.

Segundo RAWSON (1955, in: BARBOSA et al. 1988), na procura de uma definição sobre a distribuição dos nutrientes e da clorofila "a", vários estudos em países temperados demonstraram a dependência destes fatores às condições morfométricas das bacias de drenagem, especialmente a profundidade. Na represa São Salvador, a profundidade relativa ($Z_R = 1\%$) indica uma propensão à falta de estratificação térmica e química da massa líquida o que deve ter sido favorecida pelos fortes ventos observados na região durante os períodos de coleta.

5.1.13 – Sólidos

Os valores médios de sólidos totais, principalmente a fração volátil indicam os pontos RS4 e RS3 como os que recebem maior quantidade de material exógeno.

Observa-se que no perfil horizontal o ponto RS6 não demonstra possuir grande impacto exógeno, somente no perfil vertical, a partir de 1,5 m e foi associado ao efeito das macrófitas submersas.

Houve correlação linear significativa e positiva entre os sólidos totais fixos e a alcalinidade ($r = 0,65$, $\alpha = 0,01$), podendo indicar a entrada de sais na represa, principalmente carbonatos e bicarbonatos, a partir da bacia de drenagem.

No estudo vertical do ponto RS6, as maiores concentrações de sólidos totais e suspensos totais, principalmente os voláteis, foram observadas a 3,5 m de profundidade, devido a densa camada de macrófitas neste local.

Para RS1c, no perfil vertical, não foi observada um padrão para a distribuição dos sólidos totais e suspensos, indicando uma homogeneidade destas variáveis em toda a coluna líquida.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 1972, in: SILVA & MENDONÇA, 1997), sugere a detecção do aumento da concentração dos sólidos em suspensão, principalmente a fração volátil, como indicadora da eutrofização em lagos e represas. Esta recomendação se aplica à represa São Salvador.

5.1.14 – Nitrogênio amoniacal

Nos perfis horizontais os valores médios de nitrogênio amoniacal não apresentaram um padrão de distribuição nos três períodos estudados com valores médios máximos oscilando entre 0,2 mg/L em C1 até 1,1 mg/L em S1.

MARTINS (1998), encontrou no lago Serra Azul, encontrou valores de nitrogênio amoniacal entre 0,2 e 1,7 mg/L e afirmou que na faixa de pH observada (6,4 – 7,3), este composto se apresentava como íon amônio (NH_4^+) não oferecendo riscos à sobrevivência de peixes. Apesar das concentrações bem inferiores em São Salvador, pode-se supor que devido a faixa de pH superior a 7, a forma de nitrogênio amoniacal encontrada neste estudo também foi a do íon amônio.

Esta variável apresentou correlação significativa e negativa com o pH ($r = -0,50$; $\alpha = 0,05$), sugerindo a presença de material orgânico na represa e sua eventual biodegradação com a liberação de ácidos orgânicos fracos, formas inorgânicas de nitrogênio e diminuição do pH.

No estudo dos perfis verticais, os valores médios oscilaram entre 0,03 e 0,50 mg/L em RS6 e entre 0,07 a 0,11 no ponto RS1c. BINI et al. (1997) estudaram a influência de fatores abióticos sobre as macrófitas aquáticas no reservatório de Itaipu e encontraram a formação de dois grupos: o primeiro, constituído pelas macrófitas flutuantes livres, predominava em locais com maiores concentrações de nutrientes. O segundo grupo, das macrófitas submersas, ocorreram em maior número, em locais onde o pH esteve entre neutro e ácido, com águas transparentes e pequena concentração de nutrientes. Observaram também que os locais com pouca quantidade de macrófitas foram os que apresentavam elevados pH, profundidade e turbidez. Na represa São Salvador, as macrófitas foram encontradas no ponto de maior concentração de nutrientes evidenciando pertencerem ao primeiro grupo citado pelos autores.

TOLEDO et al. (1988) estudando oscilações de variáveis limnológicas no lago Paranoá (Brasília – DF), afirmaram que em épocas de estiagem ocorreram distribuições mais homogêneas ao longo da profundidade. Este fato foi observado no ponto RS1c, provavelmente por não sofrer influência das macrófitas submersas e de fatores exógenos.

MARTINS (1998), na pesquisa citada anteriormente, encontrou menores concentrações de nitrogênio amoniacal na superfície do corpo d'água e as maiores na parte mais profunda, o que foi interpretado como o consumo deste nutriente nas camadas superiores e amonificação do nitrato no fundo, devido a menores concentrações de oxigênio dissolvido neste local. Também afirmou que as elevadas concentrações no fundo do reservatório contribuíram para maiores valores de condutividade elétrica neste local. Estas observações também podem ser aplicadas ao ponto RS6 devido à influência da camada submersa de macrófitas neste local.

5.1.15 – Nitrato

Nos perfis horizontais, os valores médios de nitrato oscilaram entre 0,04 a 0,2, mas no geral estiveram em torno de 0,15 mg/L sugerindo fortemente homogeneidade da distribuição desta variável na represa São Salvador.

No perfil vertical, os valores médios máximos de nitrato oscilaram entre 0,2mg/L em RS6 e 32,5µg/L em RS1c. Observam-se as pequenas concentrações neste último ponto, onde provavelmente o consumo pelos organismos fotossintetizantes foi mais intenso.

MARTINS (1998), na pesquisa já citada, não observou uma distribuição definida ao longo da coluna d'água. O autor justificou os baixos valores (0,05 a 0,3 mg/L) como sendo devido ao na superfície pelo fitoplâncton e no fundo, à amonificação do nitrato, consequência do déficit de oxigênio dissolvido neste local. O mesmo se aplica aos resultados do perfil vertical no ponto RS1c na represa São Salvador.

FERNANDES & HOPSON (1997), referem-se à necessidade do tratamento adequado para o efluente da ETE de Riacho Fundo no reservatório de mesmo nome ambos localizados em Brasília - DF, como forma de controle do aporte de nutrientes, notadamente formas de nitrogênio e fósforo, neste manancial e de diminuição do processo de eutrofização. Sem dúvidas, estas considerações se aplicam à represa São Salvador.

5.1.16 – Bactérias Indicadores de contaminação fecal

Os valores de coliformes fecais foram bastante variáveis nos compartimentos horizontais em todos os períodos analisados ($4,5 \times 10^1$ a $6,2 \times 10^3$ UFC/100mL). No período de chuvas e na seca 1, as maiores concentrações de coliformes fecais ($1,8 \times 10^3$ UFC/100 mL – C1; $6,2 \times 10^3$ UFC/100mL – S1) ocorreram no ponto RS1 (ponto da margem), evidenciando a entrada de material fecal com o arraste ocasionado pelas chuvas e entrada de material fecal ocasionada pela presença de animais neste local. No período S2, as maiores concentrações de coliformes fecais foram observadas no ponto RS6, provavelmente devido a este ponto estar próximo da entrada do riacho São Salvador contaminado por esgotos provenientes da ETE de Sapé.

Os estreptococos fecais também apresentaram uma grande variação (10^2 a $7,9 \times 10^3$ UFC/100 mL). Nos três períodos estudados as maiores concentrações ($4,5 \times 10^3$ UFC/100mL – C1 – RS3; $9,5 \times 10^3$ UFC/100mL – S1 – RS1/RS3 e $7,9 \times 10^3$ UFC/100mL – S2 - RS2), os maiores valores foram observados nos pontos próximos à entrada do tributário indicando intenso aporte de material fecal nesta região. Também foi encontrada no período S1, maiores concentrações no ponto RS1 indicando entrada de material fecal

devido à presença de animais nas áreas de margem. As maiores concentrações de estreptococos nos pontos próximos à entrada do tributário sugerem fortemente a maior resistência destes às condições adversas do ambiente, quando comparados aos coliformes fecais. CEBALLOS et al. (1997a) observou que em açudes nordestinos com a condutividade elétrica mais elevada, os estreptococos fecais permaneceram viáveis enquanto os coliformes fecais não conseguiram resistir às condições ambientais. Este fato comprovou a importância dos estreptococos fecais como indicadores de contaminação por fezes.

As bactérias heterótrofas mesófilas apresentaram uma oscilação relativamente significativas para os seus valores médios máximos nas três épocas de estudo ($4,7 \times 10^5$ UFC/mL – C1 – RS4; $4,0 \times 10^5$ UFC/mL – S1 – RS1 e $5,0 \times 10^4$ UFC/100mL – S2 – RS1/RS4). Estes dados indicam os pontos próximos à entrada do tributário e o RS1 (margem) como os locais de maior aporte de material orgânico. Nos primeiros devido à contaminação das águas do riacho e no segundo, devido à forte ação antropogênica nas margens.

Segundo a classificação proposta pelo BUNDES MINISTERIUM (1976, in: MARIÑELARENA & MARIAZZI, 1995) as concentrações de bactérias heterótrofas dos compartimentos horizontais da represa São Salvador ($5,0 \times 10^4$ a $4,7 \times 10^5$ UFC/mL), classificam-na como classe III (β -mesosapróbico) ou fortemente contaminada (5×10^4 a 10^5 UFC/mL).

Nos compartimentos verticais, os valores médios de coliformes fecais variaram entre $1,2 \times 10^2$ e 2×10^3 UFC/100mL em RS6 e entre 30 e 80 UFC/100mL em RS1c. Deve-se perceber que os valores de coliformes no ponto RS1c foram pequenos, enquanto no ponto RS1, da margem, foram os mais elevados entre os compartimentos horizontais, evidenciando o efeito atenuador e de diluição da massa líquida. Este efeito também foi observado por SILVA & MENDONÇA (1997), estudando a lagoa Jacunén (profundidade média de 2 m) encontraram valores de 5×10^5 UFC/100mL de coliformes fecais no afluente desta lagoa. No entanto, no manancial os valores sempre estiveram próximos a zero, indicando que houve uma remoção natural dos despejos.

Nos compartimentos verticais, as bactérias heterótrofas mesófilas apresentaram as maiores concentrações no ponto RS6 ($3,6 \times 10^4$ UFC/mL) a 3,5 m de profundidade. Este valor foi ocasionado pela degradação da densa camada de macrófitas observada neste local.

5.2 – Discussão dos agrupamentos dos compartimentos horizontais

Nas três épocas analisadas, houve a formação de 4 agrupamentos distintos de pontos com características semelhantes.

Na época C1, o grupo formado pelos pontos RS1 e RS2 ficou assim constituído pela proximidade geográfica e pelo menor impacto antropogênicos sobre estes locais. O ponto RS3, por apresentar características intermediárias entre o local mais impactado (ponto RS4) e o grupo anterior, formou um grupo sozinho. O ponto RS4 por receber água poluída com o efluente proveniente da ETE de Sapé apresentou as características muito diferentes dos outros pontos e por isso constituiu um outro grupo isolado. Os pontos RS5, RS6 e RS7 não sofreram uma ação forte dos dejetos provenientes da entrada do riacho no ponto RS4, por se tratar de pontos do centro da represa, onde a massa líquida serve para amortecer os pulsos poluidores; por outro lado, ocorreram mais eficientemente os processos de sedimentação e morte bacteriana.

Com a chegada da primeira época de estiagem S1, houve modificações sobre os pontos RS5 e RS6, provavelmente, devido à diminuição do volume da represa e à maior concentração dos dejetos no ponto RS4, havendo uma piora nas condições sanitárias.

Na segunda época seca (S2), houve provavelmente uma diminuição da vazão do riacho São Salvador e daí um menor efeito contaminante e poluidor de suas águas sobre a represa.

No geral, a análise de agrupamento indicou um avanço do processo de eutrofização na lagoa, inclusive com a abrangência de pontos anteriormente livres da contaminação pelos dejetos do riacho (RS3 mais forte, RS5 e RS6). Provavelmente, os nutrientes por ele transportados estão sendo levados a todos os compartimentos da represa, bem como a ação das fontes de poluição difusa (águas de áreas irrigadas) tem contribuído com o processo de eutrofização artificial nesta represa e a degradação das macrófitas.

5.3 – Discussão da classificação trófica da represa São Salvador

Dos métodos utilizados nesta classificação, o da (OECD, 1982) e o índice de estado trófico (IET) de CARLSON (1979), modificado por KRATZER & BREZONIK (1981, In: MINOTI, 1999) foram desenvolvidos para regiões de climas temperados. SILVA & MENDONÇA (1997) questionam o uso de valores limites de níveis tróficos de lagos temperados para lagos tropicais, pois afirmam que estes últimos, por possuírem maior capacidade de metabolização de nutrientes, permitem que os valores limites para cada categoria trófica sejam mais elevados. No entanto, BICUDO et al. (1997) utilizaram o índice

de CARLSON modificado para classificar preliminarmente três lagos artificiais da reserva biológica do parque estadual das Fontes do Ipiranga em São Paulo e obtiveram uma classificação coerente, discriminando os ambientes em eutrófico (lago das Garças), mesotrófico (lago das Niféias) e oligotrófico (lago do Instituto Astronômico e Geofísico).

Utilizando o IET de CARLSON modificado, a represa foi classificada como eu – hipereutrófica no período chuvoso e eutrófica nas épocas de estiagem. Isto indica uma maior assimilação dos nutrientes por partes dos organismos, nos períodos de estiagem, associado com uma intensa atividade metabólica. SPERLING (1997b) chama a atenção para a importância da pluviometria no fenômeno da eutrofização devido às maiores desde a bacia de drenagem com nutrientes.

O IET adaptado por TOLEDO Jr., indicou uma classificação de eutrófica no período chuvoso, para meso - eutrófica nos períodos de estiagem. Estas classificações mostram que o índice aceita uma maior concentração dos nutrientes que serão reciclados por parte dos organismos.

A classificação proposta pela OECD indicou tipologias mais acentuadas que as outras duas. Isto ocorreu devido aos limites e variáveis utilizados por esta classificação, como consequência, ficou estabelecido que houve uma queda forte na qualidade trófica da represa que passou de eutrófica no período de chuvas até hiper – eutrófica na última época de estiagem.

Comparando as duas primeiras metodologias, observa-se que ambas mantiveram as diferenças entre períodos secos e chuvosos permanecendo os níveis maiores de trofia no período de chuva. Observa-se que o IET de CARLSON adaptado por TOLEDO Jr. apresentou uma classificação mais provável, pois é a única que incorpora o ortofosfato, um nutriente de fácil assimilação pelos organismos em ambientes aquáticos e importante variável de qualidade da água.

SPERLING (1997a) critica a utilização da transparência como indicadora do grau de trofia em ambientes tropicais, pois esta variável se relacionar a características morfogeológicas e com a precipitação na área estudada.

KONRATH & SCHWARZBOLD (1997) observaram grandes alternâncias no estado trófico (mesotrófico – eutrófico – mesotrófico) na lagoa Caconde (Osório – RS) e concluíram que apesar de haver uma tendência morfológica para o estado trófico intermediário, a ação de fatores externos levou o manancial a um acelerado processo de eutrofização. Na represa São Salvador a ação de fatores externos, tais como as fontes difusas de poluição (escoamento superficial das margens), atividades antrópicas (banho, lavagem de roupas, de carros, atividades agrícolas) e a entrada de águas com forte contaminação por esgotos urbanos, aceleraram o processo de eutrofização nesta represa.

5.4 – Discussão da classificação e da condição de balneabilidade da represa São Salvador segundo a resolução CONAMA 20/86

Aplicando-se a resolução CONAMA 20/86 para as águas da represa São Salvador, esta foi enquadrada na classe 3 ou seja, que podem ser destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e dessedentação de animais.

Os principais fatores que contribuíram para o enquadramento deste ambiente na classe 3 foram as concentrações de fósforo e nitrogênio amoniacal, indicando que um controle do aporte destes nutrientes possibilitaria um uso mais abrangente destas águas.

Quanto a balneabilidade, a maioria dos pontos não apresentou condições de balneabilidade em todos os períodos estudados, destacando o período S2, quando somente o ponto RS7 apresentou boas condições de balneabilidade. Isto indica uma forte entrada de material fecal em todos os pontos da lagoa, excetuado o ponto RS7 por ser do centro e estar mais protegido das ações antrópicas.

Recomenda-se a tomada de medidas que protejam este manancial, principalmente quanto a entrada de águas contaminadas com efluentes da ETE, controle do uso do solo nas margens e das águas da represa e reflorestamento das margens para evitar a contaminação destas águas por fezes ou entrada de material orgânico arrastados pelo escoamento superficial.

6.0 – CONCLUSÕES

A análise dos compartimentos horizontais nos três períodos estudados indicaram uma forte influência das descargas poluidoras do riacho São Salvador contaminado com os efluentes da ETE de Sapé, sobre a qualidade física, química e sanitária da represa São Salvador, principalmente nos pontos mais próximos ao delta do riacho.

A análise de cluster mostrou que o ponto RS4 apresentou a pior qualidade da água e dependendo dos fatores climáticos pôde atingir com maior ou menor intensidade outros pontos mais próximos. Os pontos RS1, RS2 das margens, apresentaram qualidade variável e bastante influenciada pela ação antrópica. O ponto RS7, por ser central, foi o menos impactado.

A classificação do reservatório quanto ao nível de trofia mostrou que de acordo com o método utilizado, pôde ser classificado de mesotrófico – IET de CARLSON adaptado por TOLEDO Jr., eutrófico – IET de CARLSON modificado ou hipereutrófico segundo a classificação da OECD.

Quanto a classificação do corpo d'água com relação à resolução CONAMA 20/86, este foi enquadrado na Classe 3, podendo ser utilizado para consumo humano após tratamento convencional adequado. Quanto à balneabilidade, os índices de coliformes fecais classificaram o corpo d'água como impróprio para o contato primário.

Nos compartimentos verticais não foi observada estratificação térmica devido a fatores morfológicos (pequena profundidade relativa) e à ação dos ventos.

Foi observado que as macrófitas submersas (*Elodea canadensis*) presentes a partir dos 3,5 m de profundidade tiveram grande influência sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas, principalmente no ponto RS6. Este ponto, por estar localizado próximo ao RS4 recebe cargas constantes de material orgânico e nutrientes o que favorece o desenvolvimento destes organismos. No ponto RS1c (próximo ao baldo), a qualidade da água é boa, indicando que os pulsos poluidores ainda não atingiram a represa como um todo. Neste local não foi detectada a presença de macrófitas e por ser um ponto de maior profundidade não houve influência do sedimento sobre a qualidade da água.

A análise de agrupamento das três épocas analisadas, mostrou que houve um decréscimo contínuo da qualidade das águas com o avanço do tempo, aumentando a eutrofização. Destacam-se como principais causas a falta de tratamento adequado dos efluentes do riacho São Salvador e a inexistência de controle no uso do solo da bacia de drenagem.

Recomenda-se a aplicação de medidas urgentes visando o controle do avanço da eutrofização neste manancial. Entre elas pode-se citar o tratamento adequado dos esgotos

da ETE de Sapé visando a redução completa ou parcial de nitrogênio e fósforo, reflorestamento das áreas marginais visando a retenção de material arrastado pelas chuvas, restringir a utilização de fertilizantes nas áreas próximas às margens da represa, restrição à entrada de pessoas e animais na área da represa objetivando reduzir os impactos exógenos e coletas mecânicas da biomassa de macrófitas diminuindo a influência destas sobre a qualidade da água.

7.0 – BIBLIOGRAFIA

ALVES, V. R. E.; CAVALCANTI, C. G. B.; MATTOS, S. P. Análise Comparativa de Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos, em um Período de 24 horas, no Lago Paranoá, Brasília – DF, Brasil. *ACTA Limnologica Brasil.*, 1988, Vol. 11, p.199-218.

APHA; AWWA; WPC. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. American Public Health Association. 17^a Ed. – Washington D.C. 1989. 1587p.

APHA; AWWA; WPC. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. American Public Health Association. 19^a Ed. – Washington D.C. 1995. 953p.

BARBOSA, F. A. R.; TORRES, G. E. & COUTINHO, M. E. Ciclo Anual de Temperatura e sua Influência nas Variações Sazonais de Alguns Parâmetros Físico-químicos e da Clorofila "a" e Fenofitina "a" na Lagoa Cariacica – Parque Florestal do Rio Doce, MG. *ACTA Limnologica Brasil.*, 1988, Vol. 11, p.129-151.

BARROS, A. J. M. **Caracterização Físico-química e Sanitária das Águas Superficiais Usadas na Irrigação de Hortaliças (Alfaces, *Lactuca sativa* L.) e dos Solos Irrigados nos Municípios de Sapé e Lagoa Seca (PB)**. Campina Grande, PB. 1997, 122p. [Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos – Sub Área de Saneamento].

BENNDORF, J.; UHLMANN, D. & PÜTZ, K. Strategies for Water Quality Management in Reservoirs in the German Democratic Republic. *Water Qual. Bull.* 6, 1981, p.68-73.

BICUDO, D. C.; VERCELLINO, I. S.; CAMARGO, C. F.; BICUDO, C. E. M.; SANT'ANNA, C. L.; BARCELOS, E. M. & ROSA, A. C. Classificação do Estado Trófico de Três Lagos Artificiais da Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, SP. Avaliação Preliminar. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.61.

BINI, L. M. & DINIZ – FILHO, J. A. F. Spectral Decompositions in Cluster Analysis with Applications to Limnological Data. *ACTA Limnologica Brasil.*, 1995, Vol. 2, p.35-40.

BINI, L. M.; THOMAZ, S. M.; CAMARGO, A. F. M. & MURPHY, K. J. Influências de Fatores Abióticos sobre a Assembléia de Macrófitas Aquáticas no Reservatório de Itaipu. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.62.

BOERS, P. C. M. The Influence of pH on Phosphate Release from Lake Sediments. **Wat. Res.** Vol. 25, Nº 3, 1991, p.309-311.

BONETTO, C. A. **Los Sedimentos en el Ciclo Biogeoquímico de los Nutrientes**. In: LOPRETTO, E. & TELL, G. **Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su Estudio**. La Plata, Argentina. Tomo I, 1995, p.57-65.

BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e Usos Múltiplos de Represas**. São Paulo, Edgard Blücher, CETESB, 1977. 185p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª Ed. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.

BYTON, G. **Wasterwater Microbiology**. Ed. Wiley-Liss, New York, 1994, 478p.

CALIJURI, M. C. **Respostas Fisiocológicas da Comunidade Fitoplanctônica e Fatores Ecológicos em Ecosistemas com Diferentes Estágios de Eutrofização**. São Carlos, SP, 1988, 293p. [Tese de Doutorado – Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, SP].

CALIJURI, M. C.; MINOTI, R. T.; BOEMER, G. L. C. & DEBERDT, A. J. Variação Sazonal da Produção Primária da Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório do Salto Grande (Americana – S.P.). **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.88.

CAMARGO, A. F. M. & ESTEVES, F. A. **Biomass and Productivity of Aquatic Macrophytes in Brazilian Lacustrine Ecosystem**. **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. Brazilian Limnological Society. 1995. p.138-149.

CARLSON, R. E. A Trophic State Index for Lakes. **Limnol. Oceanogr.**, 1977, 22: p.361-380.

CEBALLOS, B. S. O. **Microbiologia Sanitária**. In: **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente**. Coord. Sérgio Rolim Mendonça. Ed. UFPB/ABES, 1990, p.89-148.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-Árido**. São Paulo, SP. [Tese de Doutorado – Instituto de Ciências Biomédicas II – USP, SP]. 1995.192p.

CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A.; LOMANS, B.; ATHAYDE, A. B. & PEARSON, H. W. Avaliation of a Tropical Single-cell Waster Stabilization Pond System for Irrigation. **Water Science Technology**, Vol. 31, Nº 12, 1995a.

CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A.; DINIZ, C. R.; WATANABE, T. & MISHINA, S. de V. Variabilidade da Qualidade das Águas de Açudes Nordestinos. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária – ABES**, Foz do Iguaçu, Pr. 1997. (V – 034).

CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, M. S. M. & KÖNIG, A. Influência da Biomassa Algal nas Flutuações da Qualidade da Coluna de Água e do Efluente Final no Ciclo Diário de uma Lagoa Facultativa Primária. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária – ABES**, Foz do Iguaçu, Pr. 1997. (I – 002).

CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A. & DE OLIVEIRA, J. F. Dam Reservoir Eutrophication: A Simplified Technique for a Fasta Diagnosis of Environmental Degradation. **Wat. Res.** Vol. 32, Nº 11, 1998, p.3477-3483.

CHAMIXAES, C. B. Ficoflórula do Açude Apipucos (Recife/Pernambuco). **Ver. Bras. Biol.**, 1990, p.45-60.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 20 – 18 de Junho de 1986**. In: **Legislação de Conservação da Natureza**, 4 ed., São Paulo. FBCN/CESP, 1986, 720p.

DACACH, N. G. **Sistemas Urbanos de Água**. 2ª Ed., Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1979, 389p.

DOBSON, H. Trophic Conditions and Trends in the Laurentian Great Lakes. **Water Qual. Bull.**, 6: 1981, p.79-83.

DUARTE, M. A. C. **Utilização dos Índices de Estado Trófico (IET) e de Qualidade da Água (IQA) na Caracterização Limnológica e Sanitária das Lagoas de Bonfim, Extremóz e Jiqui – RN.** Campina Grande, PB. 1999, 157p. [Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos – Sub Área de Saneamento].

EL-SHAARAWI, A. H., ELLIOTT, J. R., KWIATKOWSKI, R. E. & PEIRSON, D. R. **Association of Chlorophyll “a” with Physical and Chemical Factors in Lake Ontario, 1967-1981.** In: **Developments in Water Science: Statistical Aspects of Water Quality Monitoring.** EL-SHAARAWI, A. H. & KWIATKOWSKI, R. E.; Elsevier, 1986. eds. New York, Proceedings. p.213-289.

ESTEVES, F. A.; BOZELLI R. L.; CAMARGO, A. F. M.; ROLAND, F. & THOMAZ, S. M. **Variação Diária (24 horas) de Temperatura, O₂ Dissolvido, pH e Alcalinidade em duas Lagoas Costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas Implicações no Metabolismo destes Ecossistemas.** *ACTA Limnológica Brasil.*, 1988, Vol. 11, p.99-127.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia - 2ª Ed. - Rio de Janeiro,** Interciência/FINEP, 1998, 575p.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA, **Represas.** São Paulo, SP, 1999, (Em CD-Room).

FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H. & MARA, D. D. **Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wasterwater Management.** New York, John Wiley & Sons, 1983, 501p.

FERNANDES, C. A. & HOPSON, M. S. **Avaliação do Impacto Ambiental da E.T.E Riacho Fundo na Área de Relevante Interesse Ecológico do Riacho Fundo – Brasília, (DF).** 6º **Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL,** São Carlos, SP. 1997, p.162.

FERNANDES, R. M. L. **Açude São Salvador. Aspectos Sanitários e Físico-Químicos da Água Represada e de seu Tributário Principal. Proposta de Manejo e Retardo da Eutrofização.** Campina Grande, PB. 1997, 158p. [Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos – Sub Área de Saneamento].

FORSBERG, C. Strategies and Measures to Protect Waters from Eutrophication in Scandinavia. **Water Qual. Bull.** 6, 1981, p.65-67.

GOMES, D. F.; BECKER, H. S. & FREIRE, G. S. S. Características Físicas e Químicas da Lagoa do Uruaú – Levantamento Preliminar. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.217.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa, Paraíba, Secretaria do Estado da Paraíba/UFPB, 1985, 100p.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA – Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba. **Dados Técnicos da Represa São Salvador – Sapé (PB)**. MCT/CNPQ/UFPB E FAPESQ. 1997.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA – Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba. **Clima (1)**, MCT/CNPQ/UFPB E FAPESQ. Vol. 2 Nº 1. Fev/1996 – Jul/1998.

HARREMOËS, P. The Challenge of Managing Water and Material Balances in Relation to Eutrophication. **Wat. Sci. Tech.** Vol. 37, Nº 3, 1998, p.9-17.

HAMMER, M. J., **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**. Livros Técnicos e Científicos, Editora S. A., São Paulo – SP, 1979, 561p.

JONES, J. G. **A Guide to Methods for Estimating Microbial Numbers and Biomass in Fresh Water**. London, Freshwater Biological Association, 1979, Nº 39. 112p.

KLEEREKOPER, H., **Introdução ao Estudo da Limnologia**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura / Serviço de Informações Agrícolas, 1944, 29p. (Série Didática).

KONRATH, J. & SCHWARZBOLD, A. Estado Trófico & Estrutura do Fitoplâncton na Lagoa Caconde (Osório/RS). **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.243.

LAWS, E. A., **Aquatic Pollution - An Introductory Text**. 2ª Ed. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1993, 611p.

LEITE, M. A. & ESPÍNDOLA, E. L. G. Estudo Comparativo da Taxa de Sedimentação no Reservatório de Salto Grande (S.P.) nos Períodos Seco e Chuvoso. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p. 250.

LEÓN, S. G. & CAVALLINI, J. M. **Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales**. Lima, OPS, CEPIS, 1996, 151p.

MARGALEF, R. **Características de Las Aguas de Represa como Indicadora del Estado de Los Ecosistemas Terrestres de Las Respectivas Cuencas**. In: **Reunión sobre Ecología e Protección de Aguas Continentales**. São Carlos, São Paulo, OEA/UNESCO/MAB USP, 1981, Anais, p.39-109.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona, Omega, 1986, 1030p.

MARIÑELARENA, A. & MARIAZZI, A. A. **Cuantificación de Bacterias Heterotróficas Viables**. In: LOPRETTO, E. & TELL, G. **Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su Estudio**. La Plata, Argentina. Tomo I, 1995, p.85-91.

MARSIGLIA, W. I. M. L. **Variação Espaço Temporal da Comunidade Fitoplanctônica e de Fatores Ecológicos em um Sistema Léntico de Recente Formação**. Campina Grande, PB. 1998, 149p. [Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil – Área de Recursos Hídricos – Sub Área de Saneamento.

MARTINS, M. L. N. **Estratificação Química no Reservatório Serra Azul em Minas Gerais**. **8º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. - SILUBESA, João Pessoa, PB. 1998. 169-180p.

MARTINS, P. A., CEBALLOS, B. S. O.; WATANABE, T.; KÖNIG, A., TAVARES, J. L. **Classificação Trófica de Represas no Nordeste Brasileiro**. **7º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, Florianópolis, SC. 1999, Anais.

MELLO, W.Z & CHACON, J. O. Exame Biológico do Açude Público "Soledade" (Soledade, PB), Brasil. **Bol. Tec. Dep. Nac. Obras Contra Secas**, 1976, 34: p.3-25.

METCALF, L. & EDDY, H. P. **Wasterwater Engineering – Tratment, Disposal and Reuse**. 3ª Ed., New York, McGraw-Hill, 1991, 1335p.

MEYBECK, M. **Global freshwater quality: A first assessment.** In: MEYBECK, M.; CHAPMAN, D. V.; HELMER, R., Eds. Cambridge, Massachusetts, Blackwell, 1990, 306p.

MINOTI, R. T. **Variação Anual da Produção Primária e Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório de Salto Grande (Americana – SP).** São Carlos, SP. [Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, SP], 142p., 1999.

MOLLE, F. & CADIER, E. **Manual do Pequeno Açude.** SUDENE/ORSTOM, 1992, 521 p.

NASCIMENTO, R. S. **Avaliação da Remoção de Matéria Orgânica em Reservatório Profundo de Estabilização.** Campina Grande: Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil), 1996. 185p.

NORUSIS, M. J. **SPSS/PC+ for the Windows.** SPSS Inc Chicago, Illinois, 1992. Vol 1, 236p.

ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology.** 3ª Ed., W. B. Saunders Company, Eds. Philadelphia, London, Toronto, 1971, 574p.

OENEMA, O. & ROEST, C. W. J. Nitrogen and Phosphorus Losses from Agriculture into Surface Waters; The Effects of Policies and Measures in the Netherlands. **Wat. Sci. Tech.** Vol. 37, Nº 2, 1998, p.19-30.

OLIVEIRA, W. E. **Importância do Abastecimento de Água – Água na Transmissão de Doenças.** In: **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água.** CETESB/ASCETESB, São Paulo, SP. 1987, 549p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la Calidad del Agua Potable.** 2ª Ed. Ginebra, 195p., 1995.

PAIVA, M. P. **Grandes Represas do Brasil.** Brasília, DF, Editerra, 1982, 304p.

PAYNE, A. I. **The Ecology of Tropical Lakes and Rivers.** Chichester, John Willey & Sons, 1986. 301p.

PARKER, A. D., **Planning and Estimating Dam Construction** – New York, McGraw-Hill, 1971. 406p.

QUEIROZ, O. T. M. M. & EVLYN, M. M. N. Resultados Preliminares de Coletas de Amostras de Água da Represa Lobo, Itirapina, SP. Uma Contribuição ao Planejamento do Uso Recreacional dos Recursos Hídricos. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997, p.392.

RODIER, J. **L'analyse de L'eaux Naturelles, Eaux Residuals, Eaux de Mer**. Ed. Dumond, Paris, 5ª Ed. Vol. 1, 1975, 629p.

RODRIGUEZ, F. A.; DOS SANTOS, D. G.; ANJOS, E. F. S. Planos Diretores de Recursos Hídricos: A Experiência da Secretaria de Recursos Hídricos na Coordenação e Avaliação dos Estudos. **8º Simpósio Luso-Americano de Engenharia Sanitária e Ambiental – SILUBESA** – João Pessoa, PB. ANAIS, V. II. V – 077. 1998. p.275-281.

SAWYER, C. N.; MACCARTY, P. L. & PARKIN, G. F. **Chemistry of Environmental Engineering**. 4ª Ed., International Student Edition, MacGraw-Hill Book Company, 1994, 658p.

SERPA, G. A Guerra pela Água. In: **Economia e Mais – Revista de Economia do Ceará**. Ano III, Nº 30. Agosto de 1999.

SILVA, L. H. P. & MENDONÇA, A. S. F. Avaliação Qualitativa da Lagoa Jacunén com Ênfase à Eutrofização. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária – ABES**, Foz do Iguaçu, Pr. 1997. (Anais).

SIMONEAU, M. **Spatial Variability in the Water Quality of Quebec River**. In: **Developments in Water Science: Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. EL-SHAAWAWI, A. H. & KWIATKOWSKI, R. E.; Elsevier, 1986. eds. New York, Proceedings. p. 117-133.

SPERLING, E. V. Avaliação do Estado Trófico de Lagos e Reservatórios Tropicais. **Bio – Engenharia Sanitária e Ambiental**. Encarte Técnico, Ano II, 1994, p.68 – 76.

SPERLING, E. V. Influência do Parâmetro Profundidade Relativa na Qualidade da Água de Lagos e Represas. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária – ABES**, Foz do Iguaçu, Pr. 1997. (Anais).

SPERLING, E. V. O Real Significado da Transparência na Avaliação da Qualidade da Água de Lagos e Represas. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária – ABES**, Foz do Iguaçu, Pr. 1997a. (Anais).

SPERLING, E. V. Contribuição das Precipitações Atmosféricas na Eutrofização de Lagos e Reservatórios. **6º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL**, São Carlos, SP. 1997b, p.480.

SPERLING, E. V. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) / Universidade Federal de Minas Gerais, 1999, 138p.

SUESS. M. J. Health Aspects of Eutrophication. **Water Qual. Bull.** 6, 1981, p.63-64.

SUKENIK, A.; SCHRÖDER, W.; LAUER, J.; SHELEF, G. & SOEDER, C. J. Coprecipitation of Microalgal Biomass with Calcium and Phosphate ions. **Wat. Res.** Vol. 19, 1985, p.127-129.

TAVARES, J. L.; CEBALLOS, B. S. O.; ALBUQUERQUE, F. & GÓIS, R. S. S. Interferência de Fatores Hidrológicos na Qualidade da Água de uma Represa do Trópico Semi-Árido (Sapé-PB-Brasil). In: **Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – “Gestión Ambiental en el Siglo XXI”**, AIDIS, Lima – Peru, 1998.

TOLEDO, L. G.; FREITAS, J. S. e FERREIRA, C. J. A. Variações Diurnas de Parâmetros Limnológicos no Lago Paranoá, Brasília – DF, Brasil. **ACTA Limnol. Brasil.**, 1988, Vol. 11, p.219-237.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O. & HINO, K. **Comparação do Estado Trófico de 23 Reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e Manejo**. In: TUNDISI, J. G. Ed. **Limnologia e Manejo de Represas**. São Paulo, Academia de Ciências, 1988, Vol. 1, p.165-203. (Série Monografias em Limnologia).

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI. The Lobo-Broa Ecosystem Research. **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. Brazilian Limnological Society. 1995. p.199-243.

TUNDISI, J. G. Limnologia no Século XXI: Perspectivas e Desafios. São Carlos, I. I. E., 7º Congresso Brasileiro de Limnologia – SBL, Florianópolis, SC. 1999, 24p.

VOLLENWEIDER, R. A., Eutrophication – A Global Problem. **Water Qual. Bull.** 6, 1981, p.59-62.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. – 2ª Ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.

WATANABE, T.; GADELHA, C. L. M.; PASSERAT DE SILANS, A. M. Análise Estatística da Relação entre a Presença de Plantas Aquáticas e de Parâmetros Físico-químicos da Água de Açudes. **Congresso Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos**, Foz do Iguaçu, 1989, Anais, p.582-594.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The international drinking water supply and sanitation decade: review of mid-decade progress (as at December, 1985)**. Geneva, WHO, 1987. 25p.

WRIGHT, S. Alguns dados da Física e da Química das Águas dos Açudes Nordestinos. **Bol. Tec. Dep. Nac. Obras contra Secas**, 39, 1981a, p.21-31.

WRIGHT, S. Da Física e da Química das águas do Nordeste do Brasil. II. Clorretos e Carbonatos. **Bol. Tec. Dep. Nac. Obras contra Secas**, 39, 1981b, p.33-45.

ANEXO 1

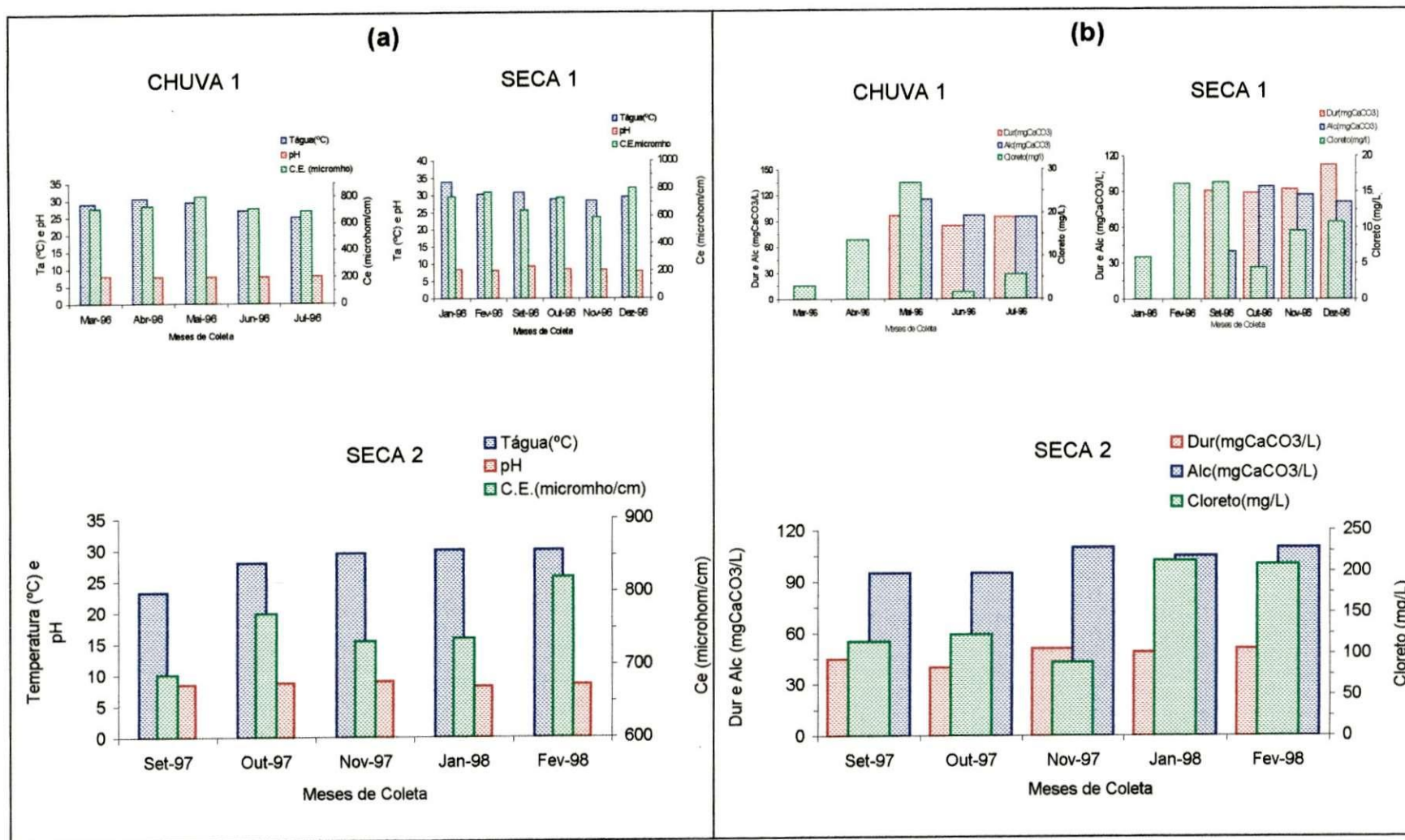


Figura 4.4.a – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS1 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

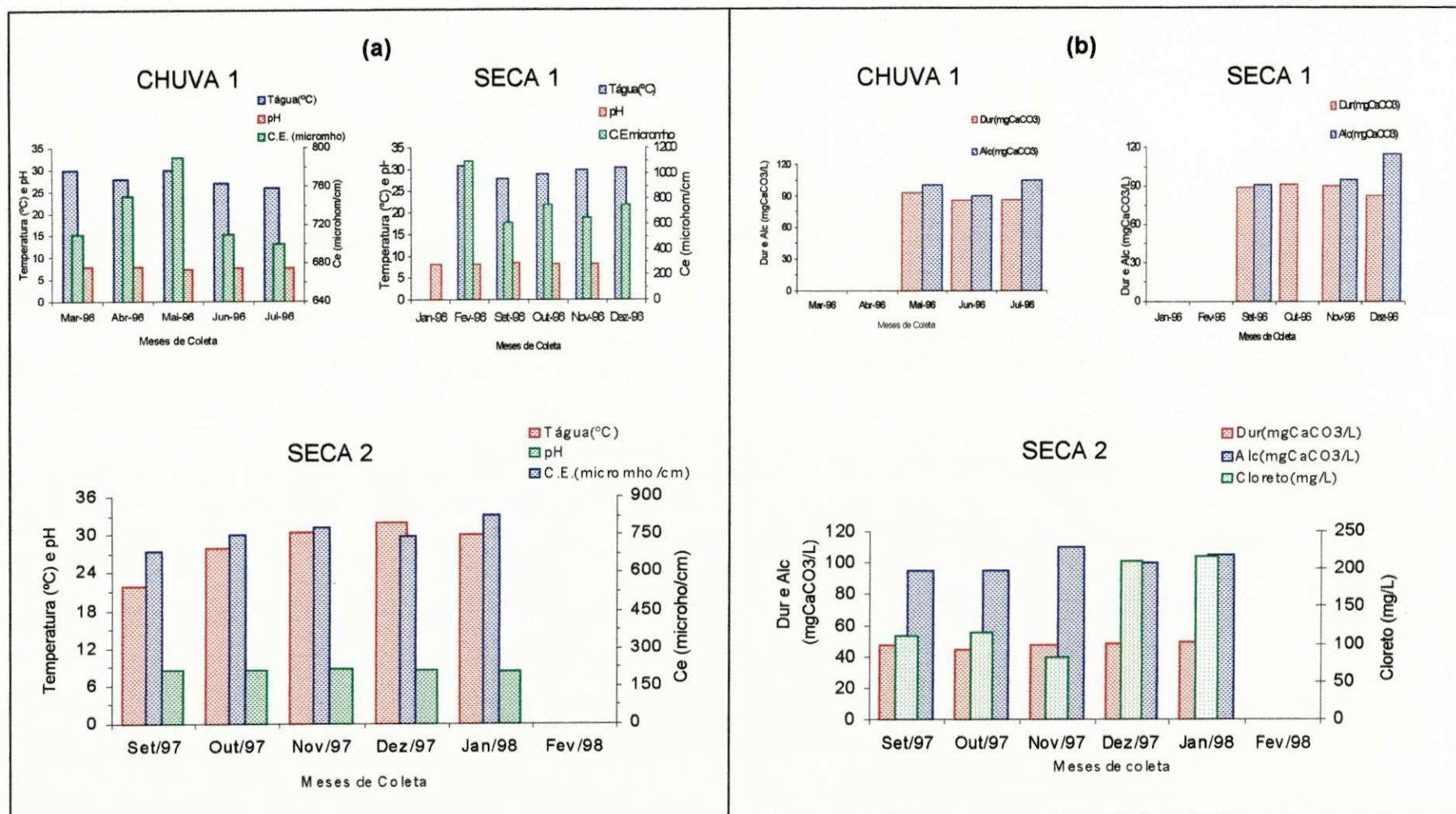


Figura 4.4.b – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS2 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

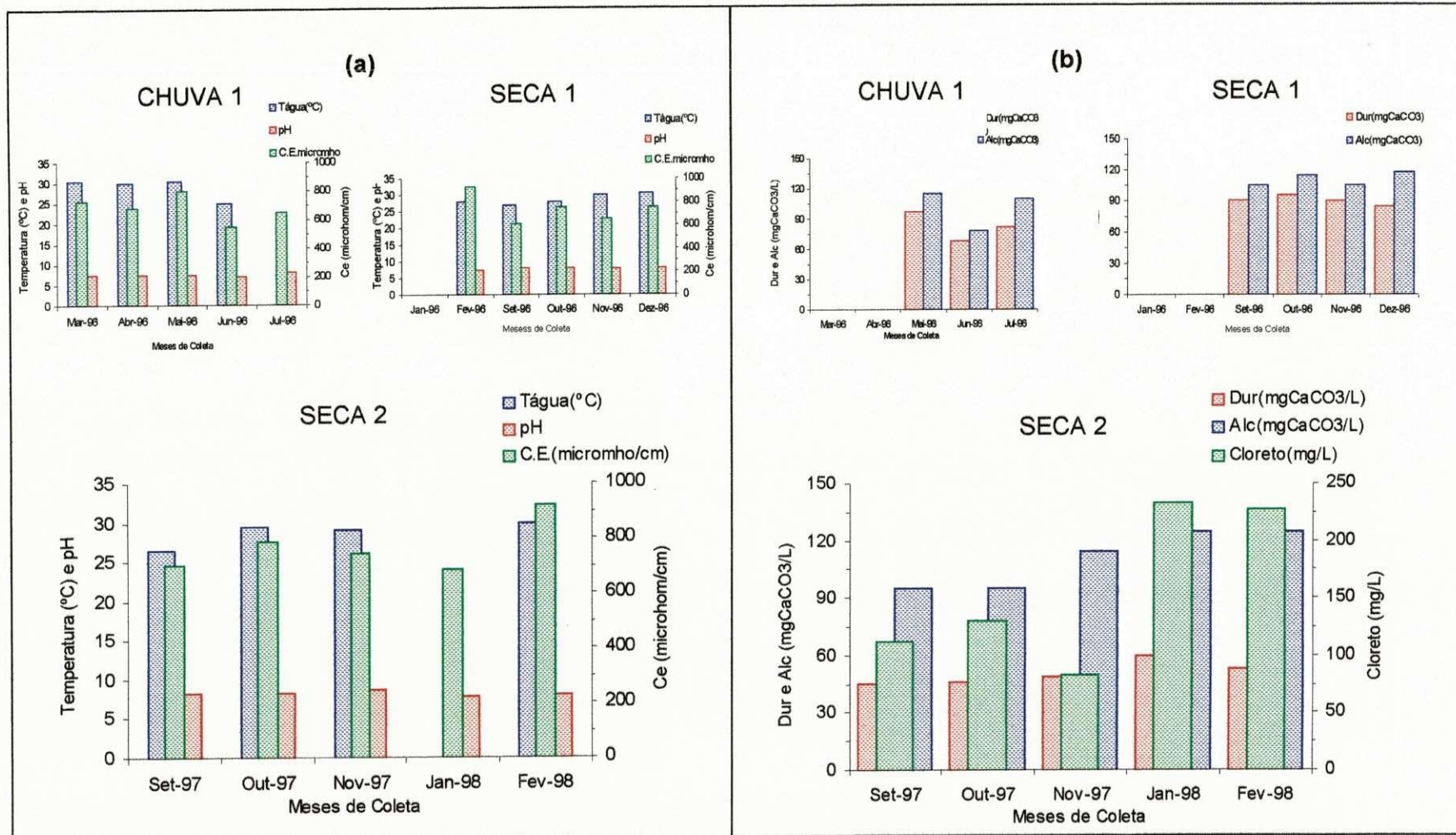


Figura 4.4.c – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade Elétrica e (b) Direza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS3 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

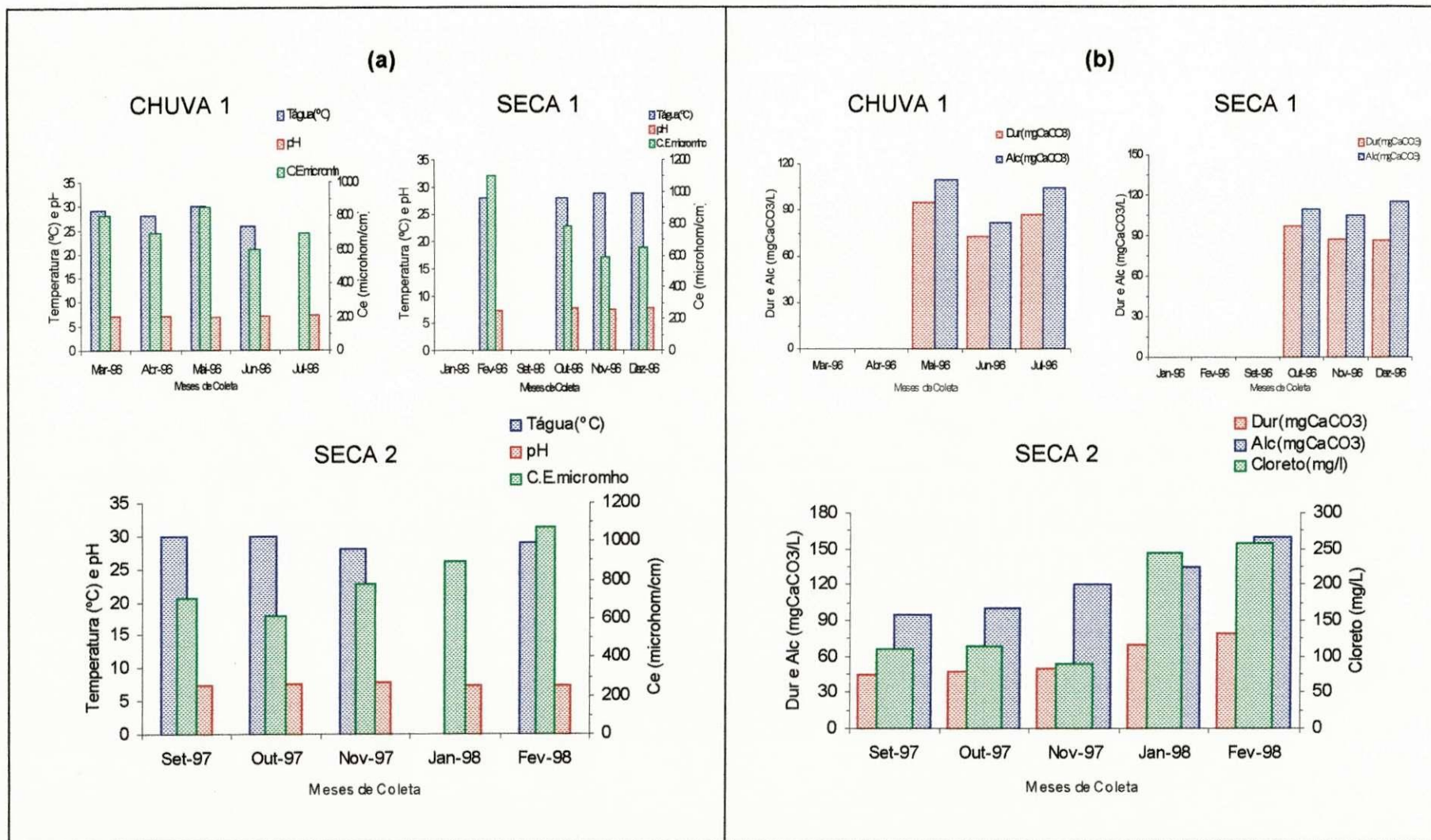


Figura 4.4.d – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS4 da represa São Salvador (Sapé – PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

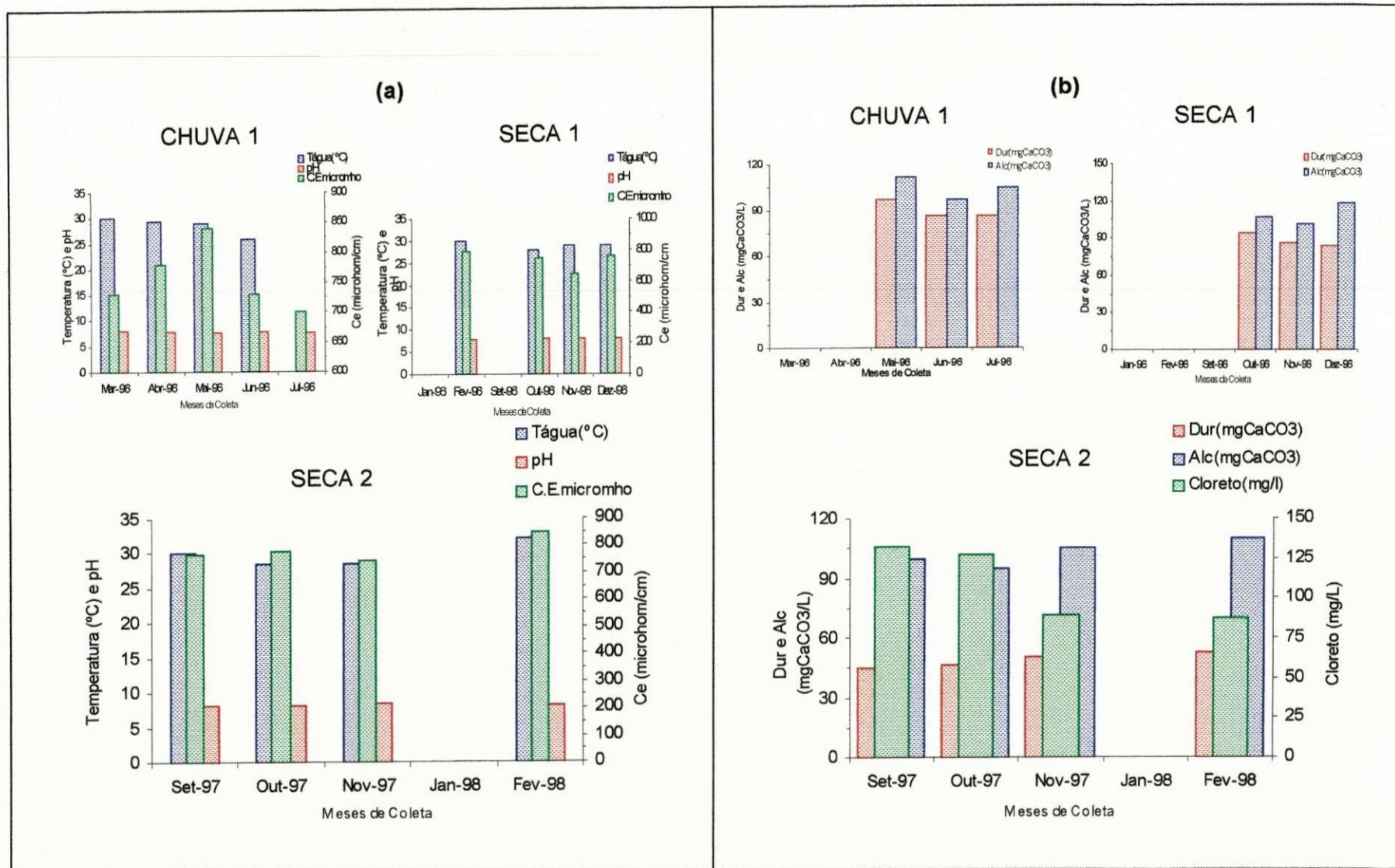


Figura 4.4.e – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS5 da repesa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

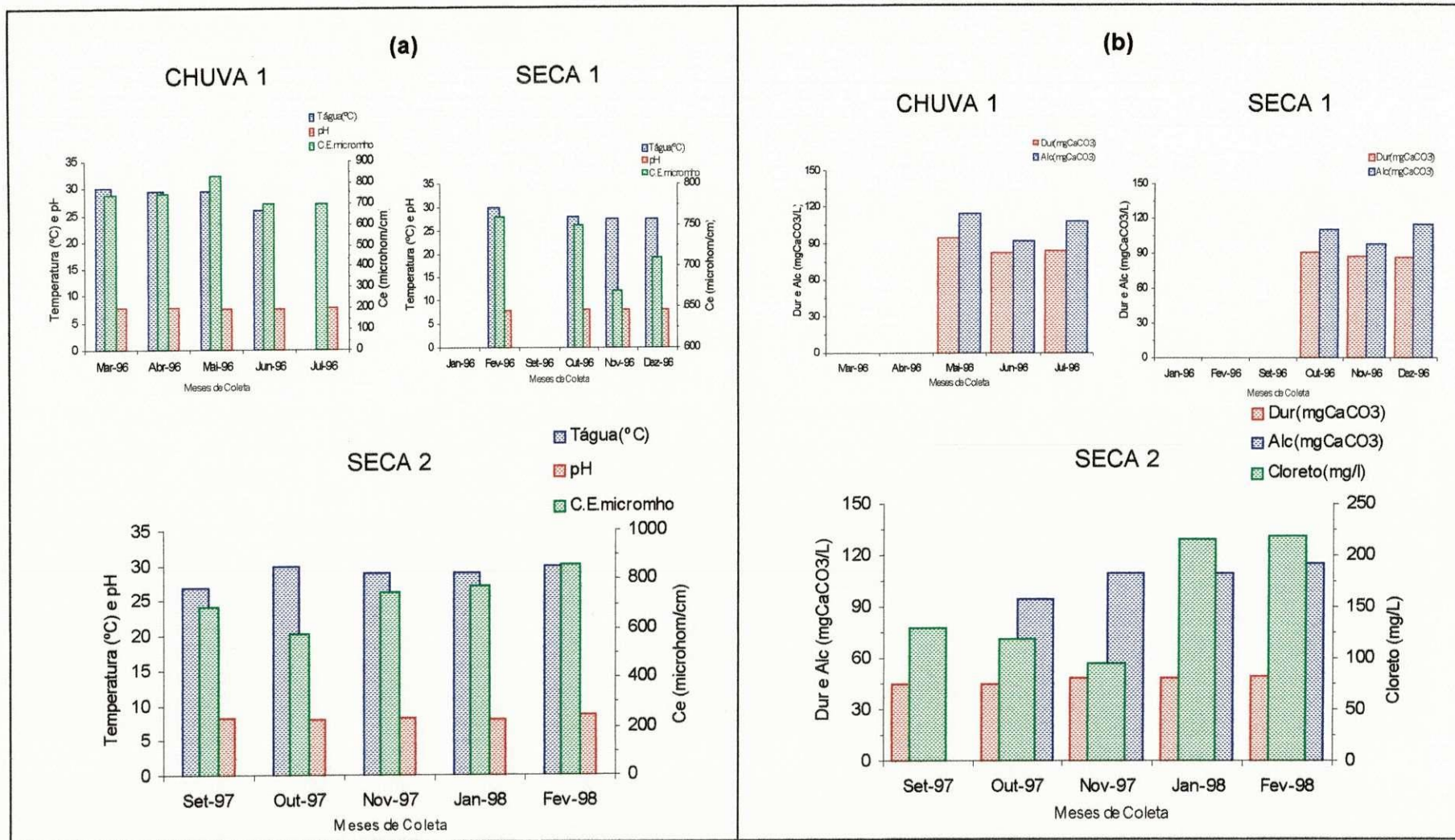


Figura 4.4.f – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

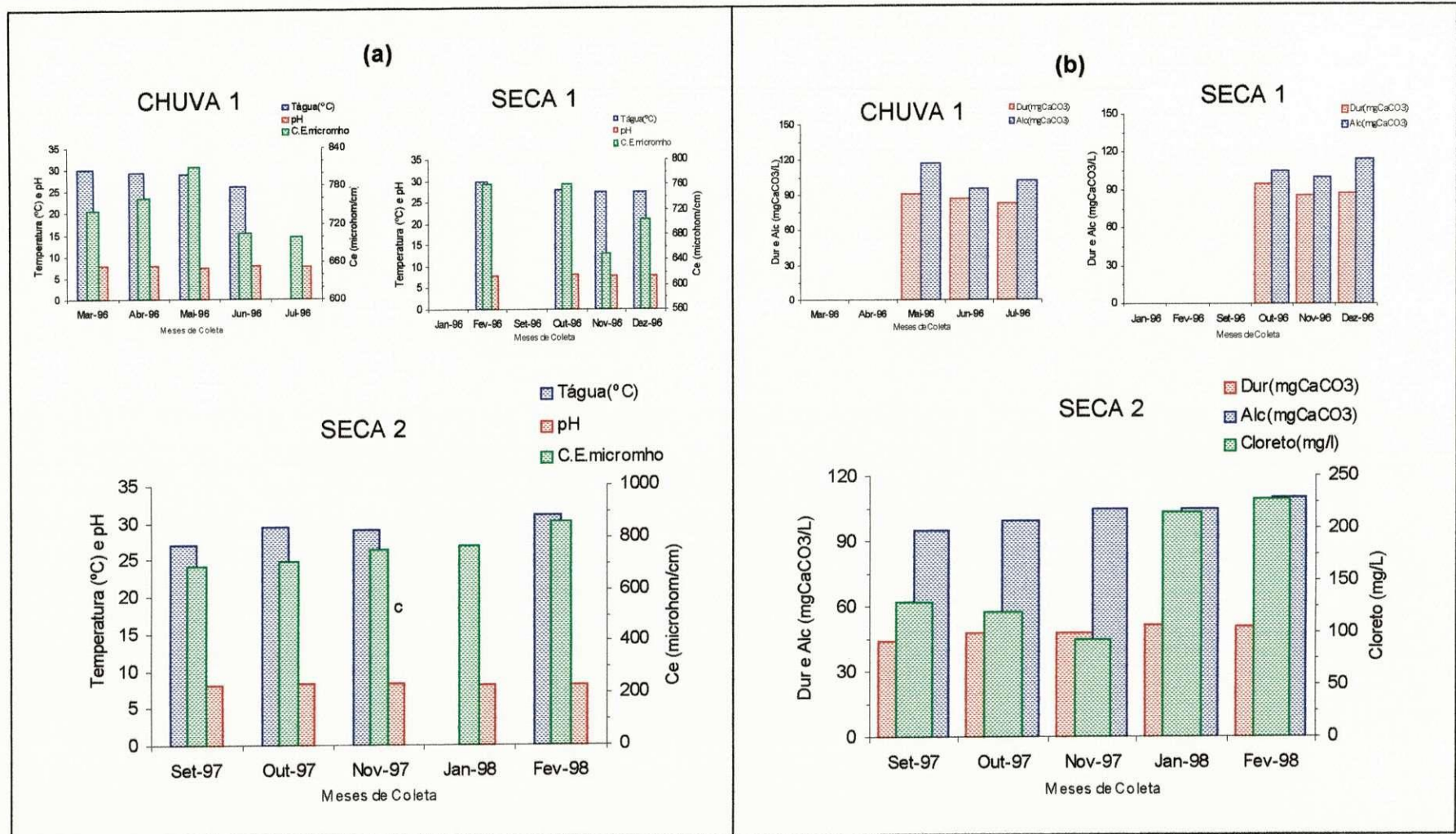


Figura 4.4.g – Variação temporal dos valores médios de: (a) Temperatura da água, pH e Condutividade elétrica e (b) Dureza, Alcalinidade e Cloreto no ponto RS7 da represa São Salvador (Sapé-OB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

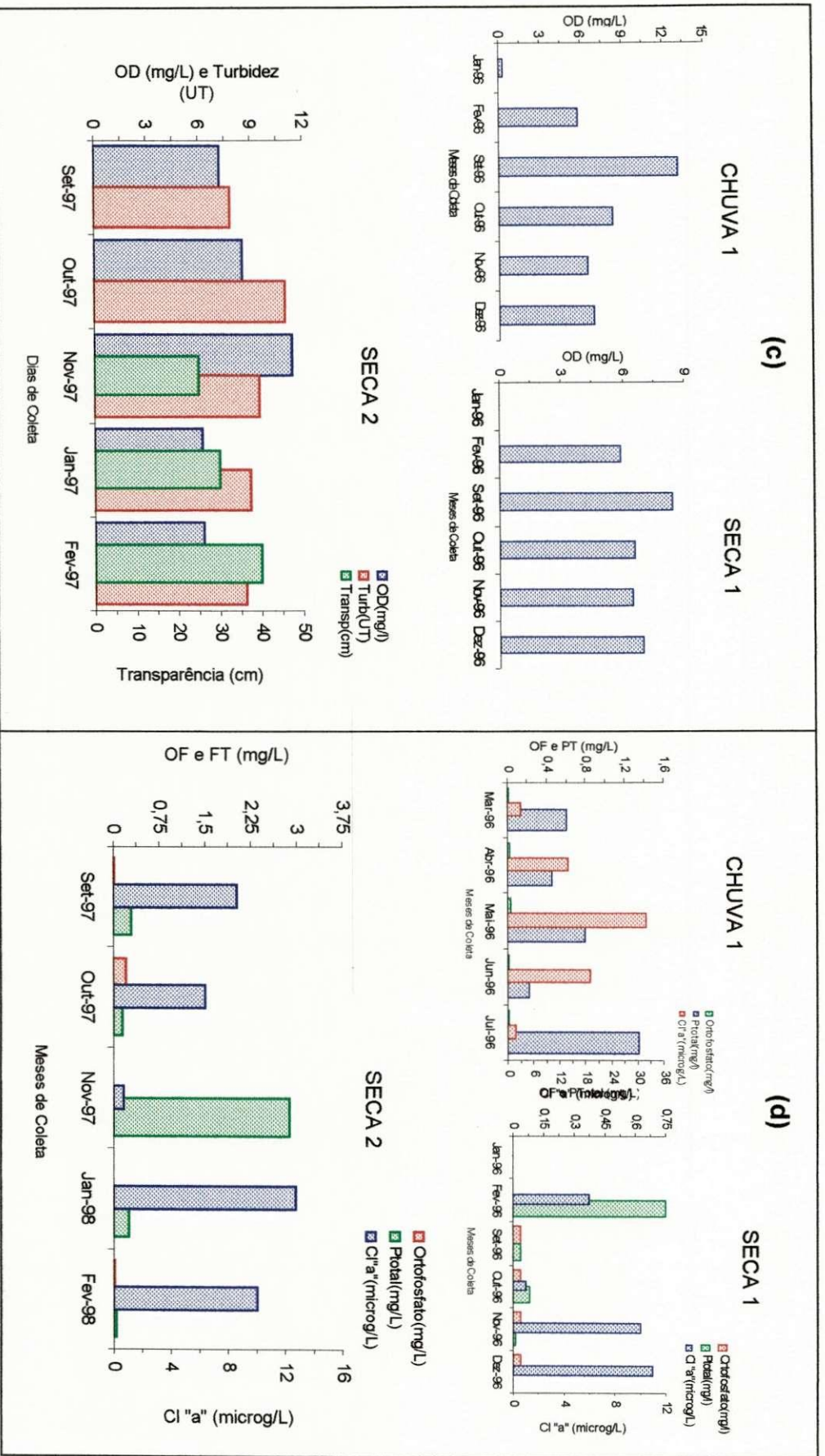


Figura 4.5.a – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio Dissolvido, Turbidez e Transparência e (d) Ortófosfato Solúvel, Fósforo Total e Clorofila "a" no ponto RS1 da represa São Salvador (Sapé – PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

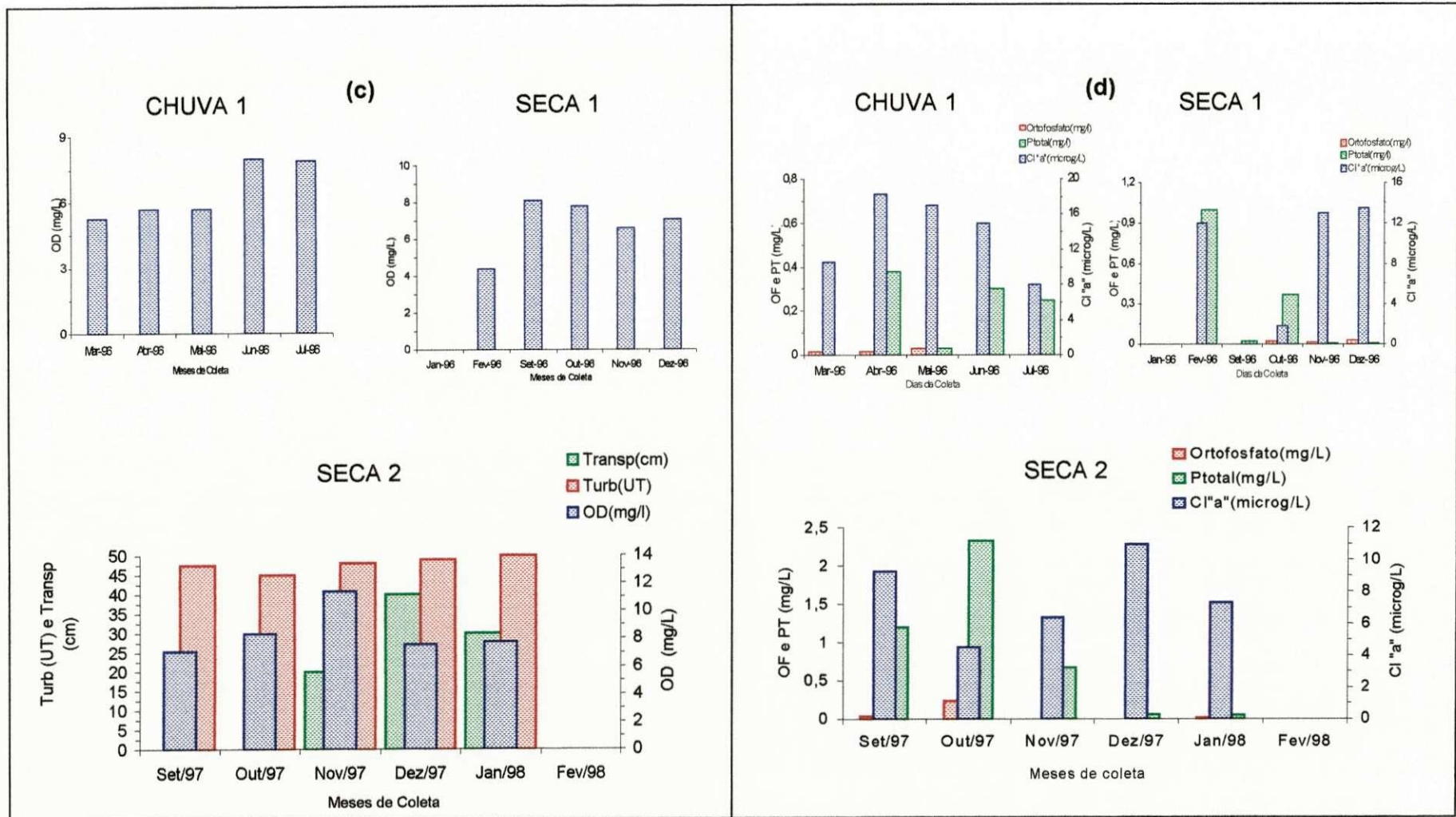


Figura 4.5.b – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio Dissolvido, Turbidez e Transparência e (d) Ortófosfato Solúvel, Fósforo Total e Clorofila "a" no ponto RS2 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

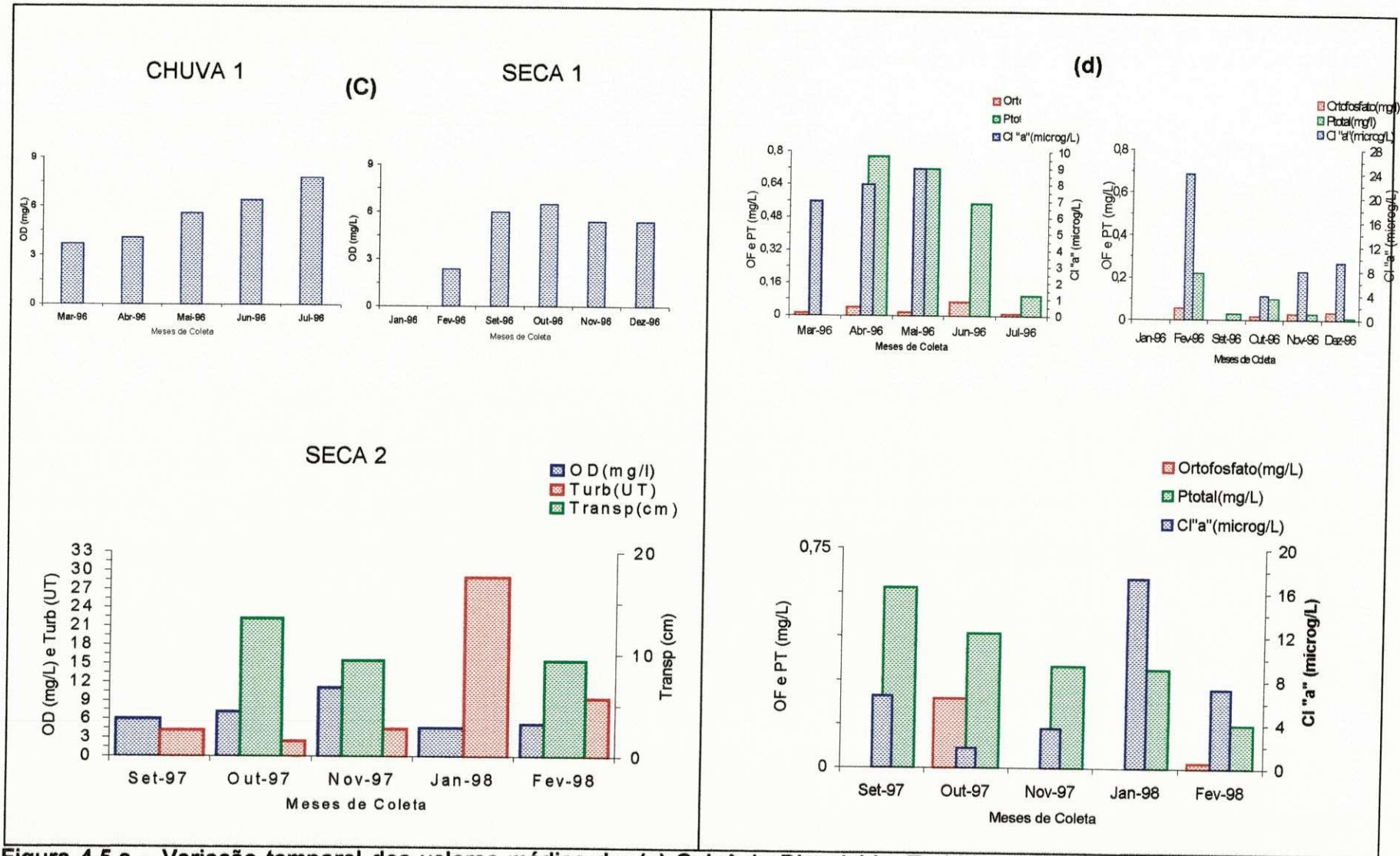


Figura 4.5.c – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio Dissolvido, Turbidez e Transparência e (d) Ortofosfato Solúvel, Fósforo Total e Clorofila "a" no ponto RS3 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

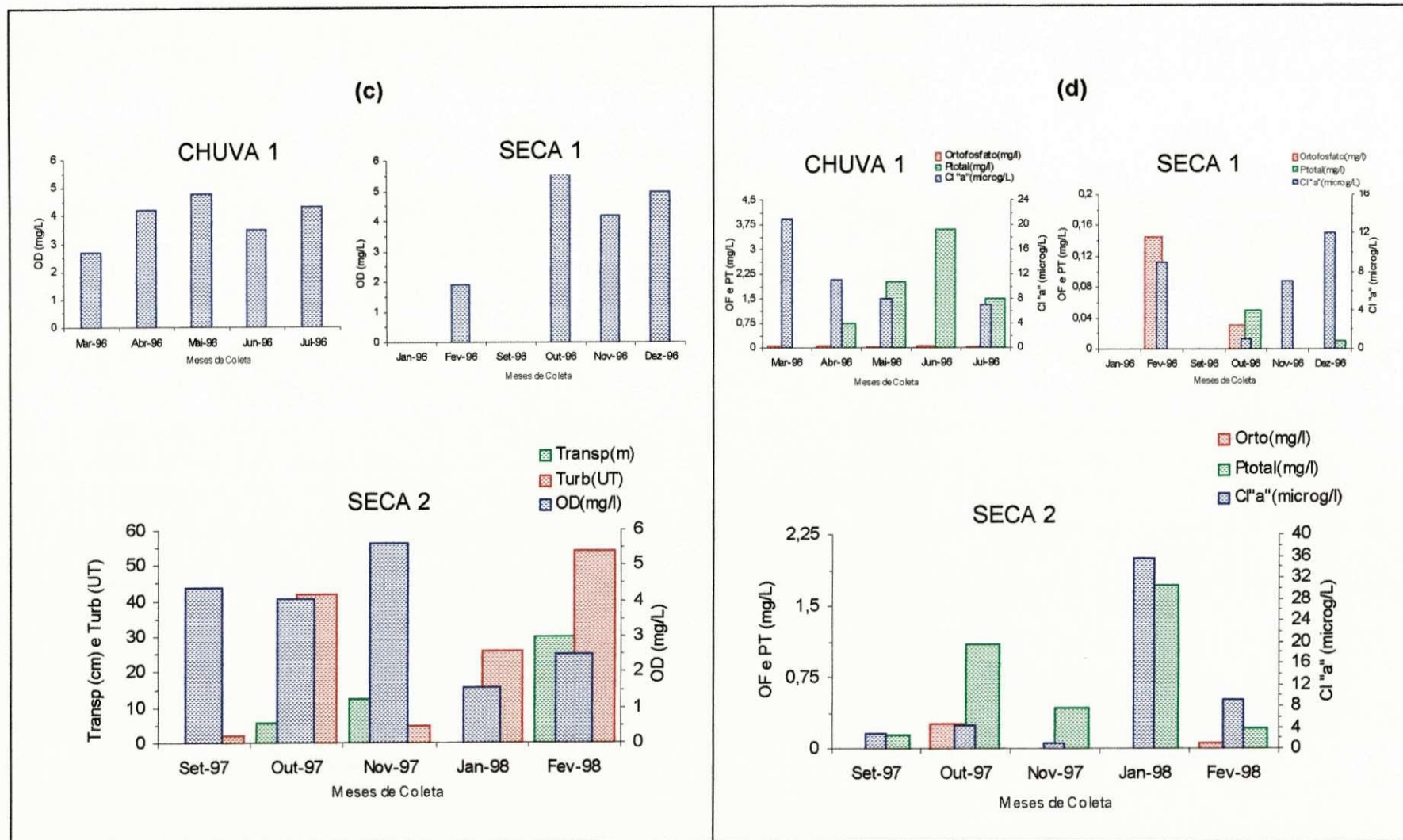


Figura 4.5.d – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio Dissolvido, Transparência e Turbidez e (d) Ortofosfato solúvel, Fósforo total e Clorofila “a” no ponto RS4 da represa São Salvador (Sapé - PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

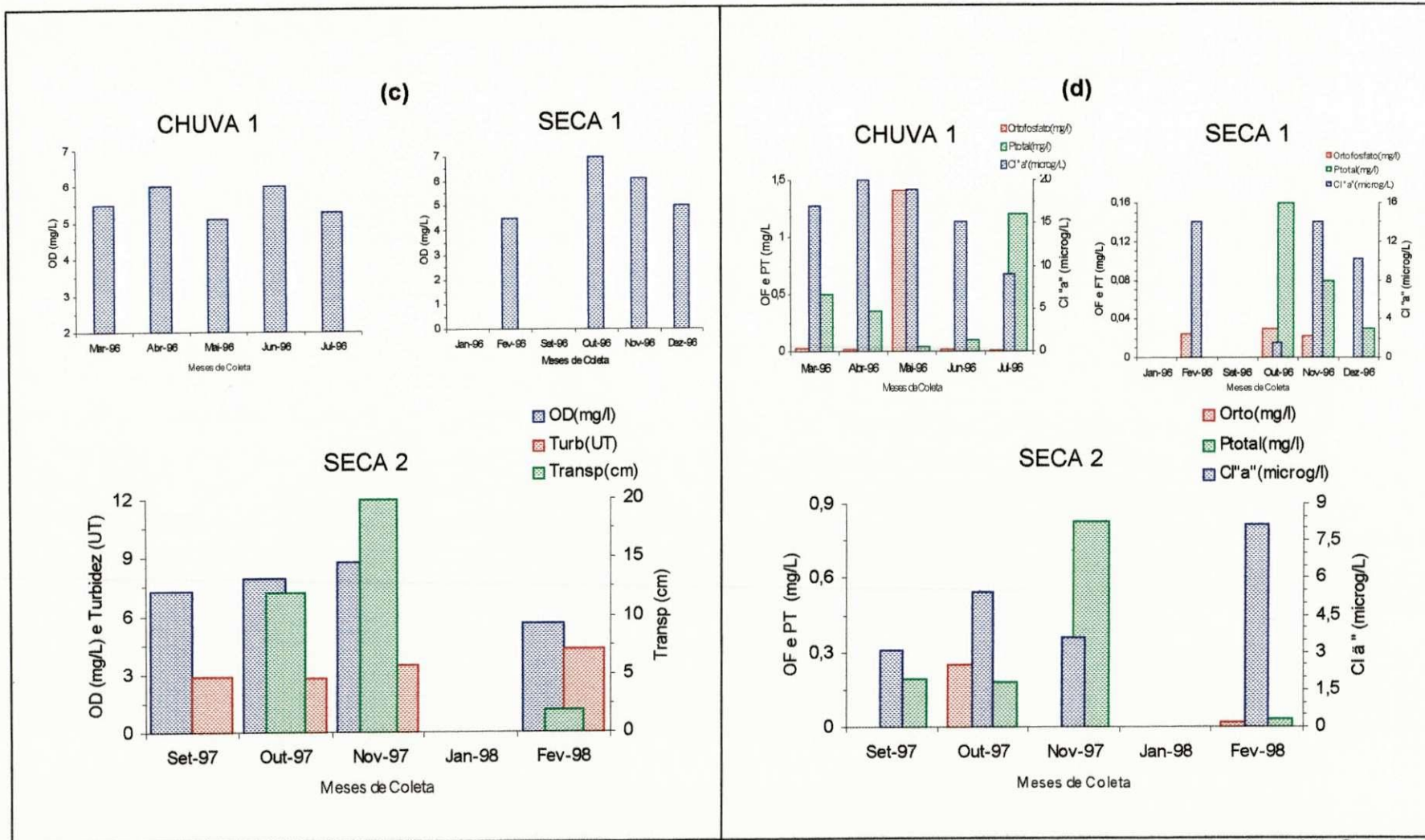


Figura 4.5.e – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio dissolvido, Turbidez e Transparência e (d) Ortofosfato solúvel, Fósforo total e Clorofila “a” no ponto RS5 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

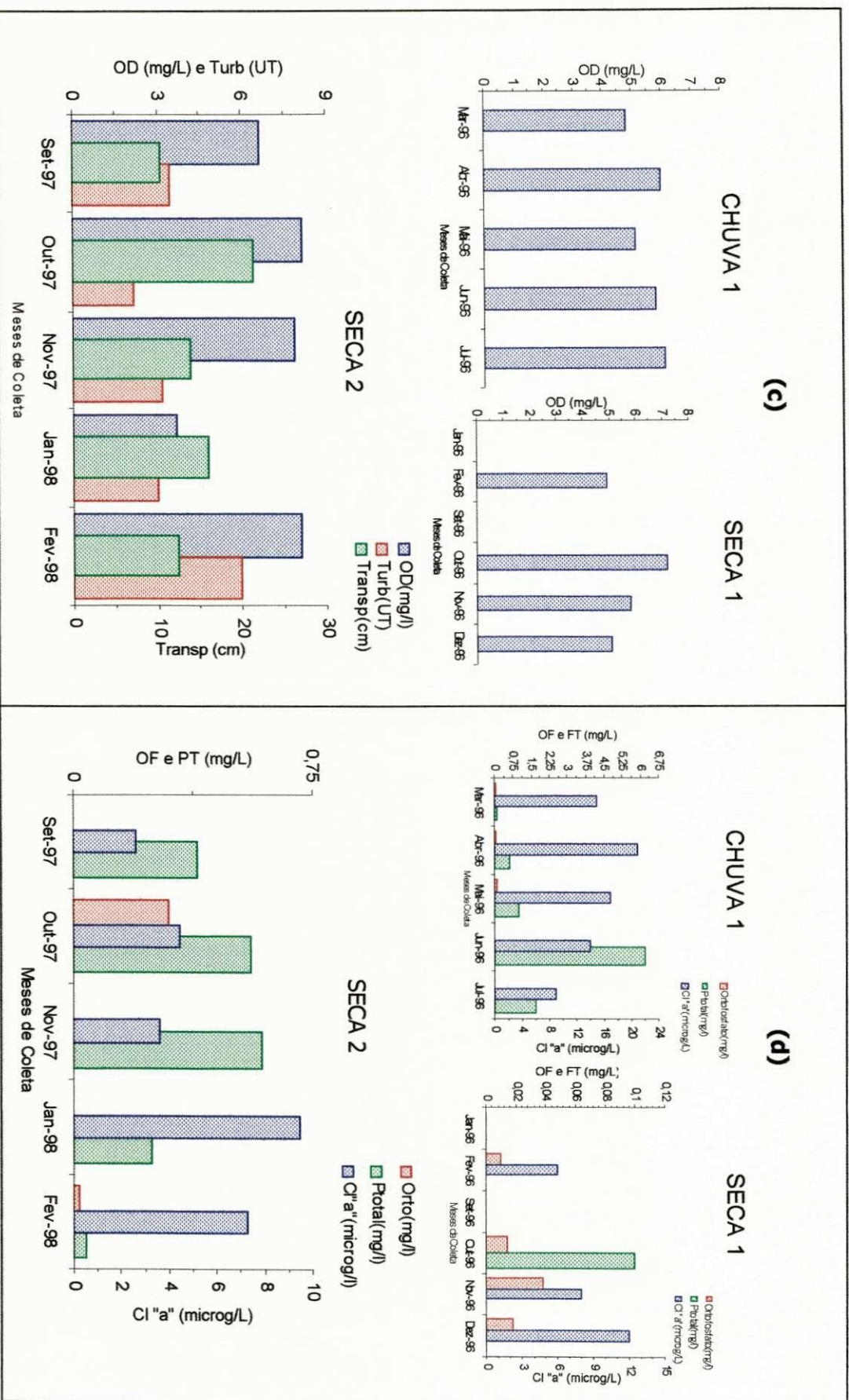


Figura 4.5.f – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio dissolvido, Transparência e Tubidez e (d) Ortofosfato solúvel, Fósforo total e Clorofila "a" no ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudos (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

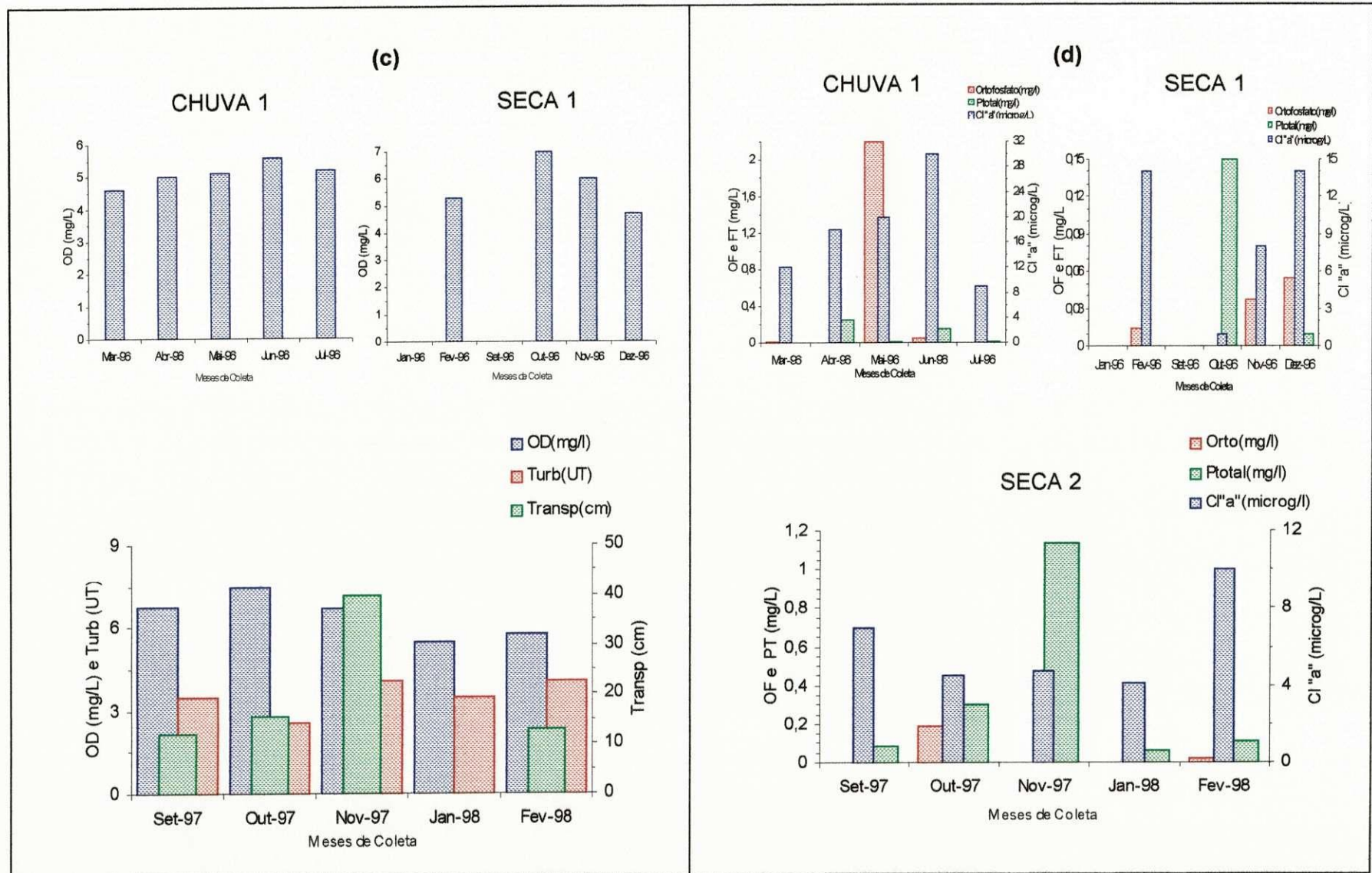


Figura 4.5.g – Variação temporal dos valores médios de: (c) Oxigênio dissolvido, Turbidez e Transparência e (d) Ortofosfato solúvel, Fósforo total e Clorofila "a" no ponto RS7 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

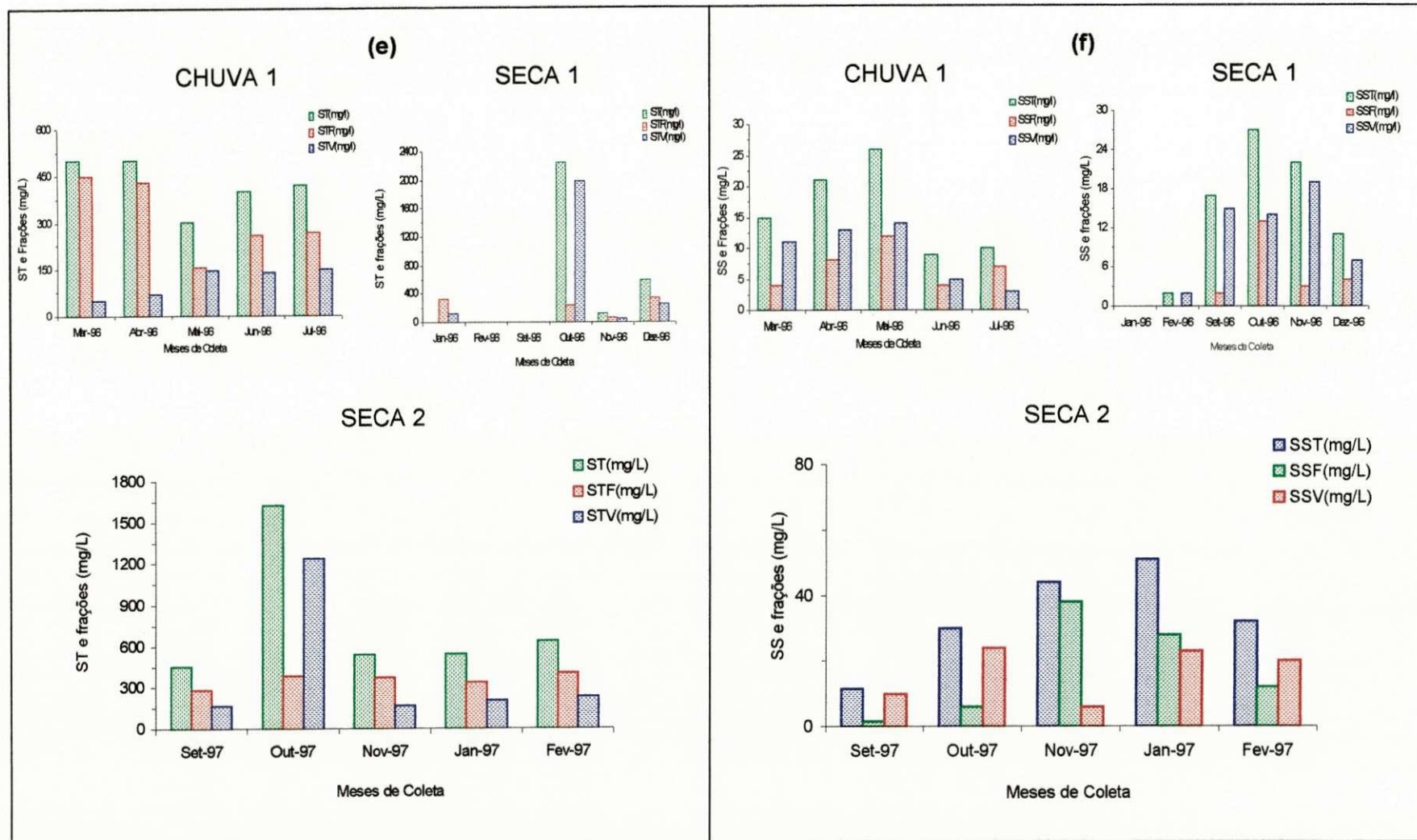


Figura 4.6.a – Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos Totais e frações e (f) Sólidos Suspensos e frações no ponto RS1 da represa São Salvador (Sapé – PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

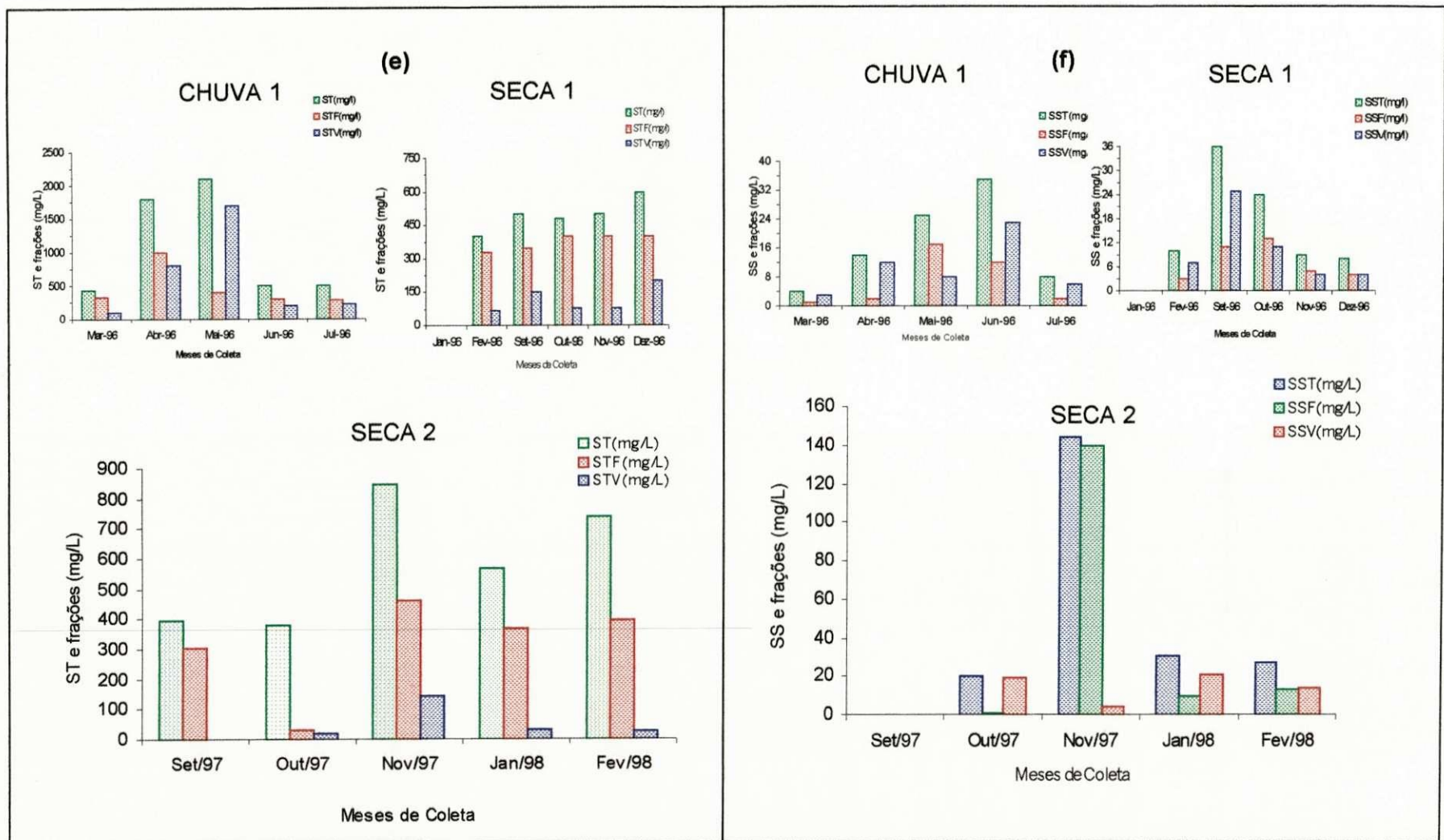


Figura 4.6.b - Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos Totais e Frações e (f) Sólidos Suspensos e frações no ponto RS2 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

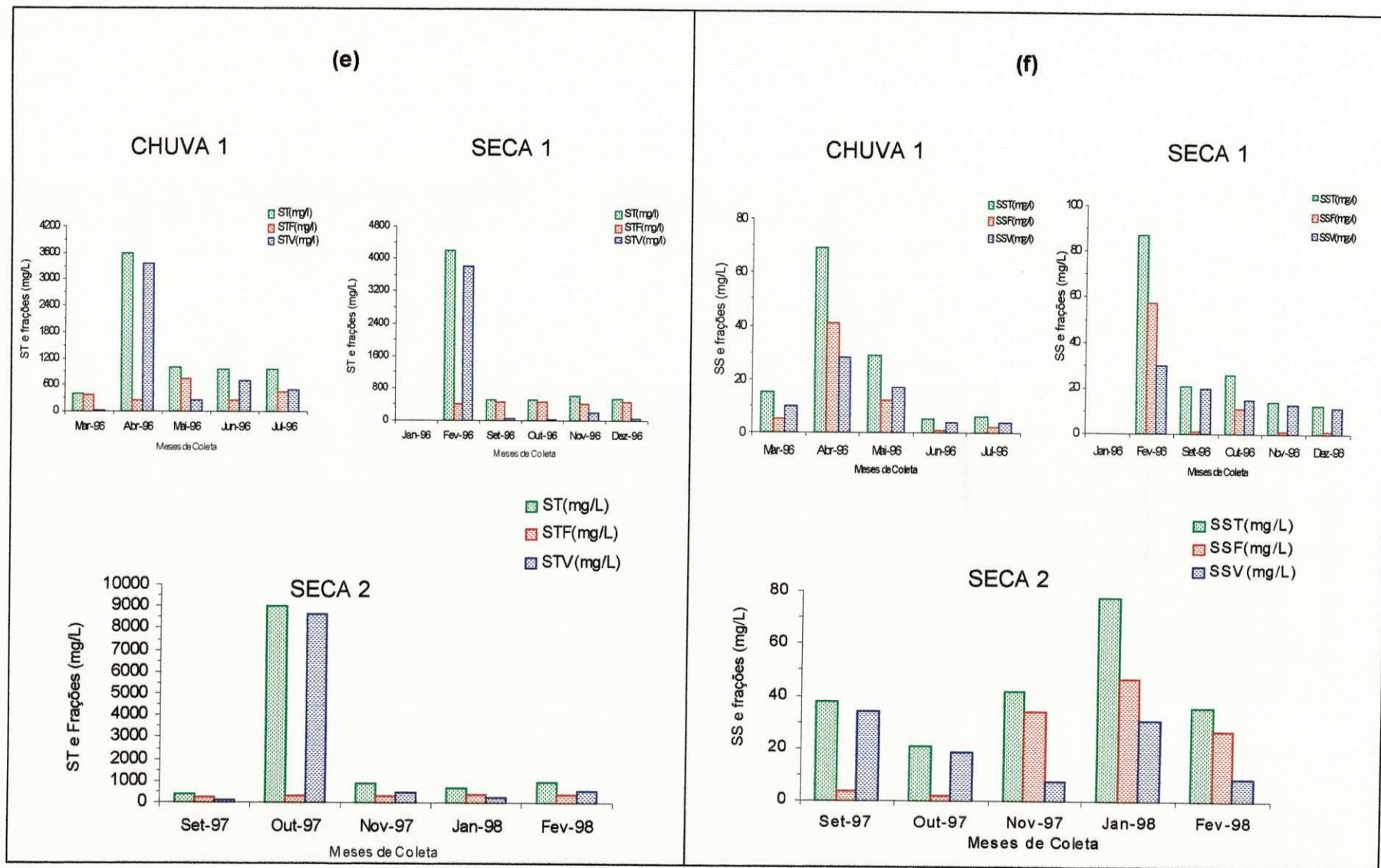


Figura 4.6.c – Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos Totais e frações e (f) Sólidos Suspensos e frações no ponto RS3 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

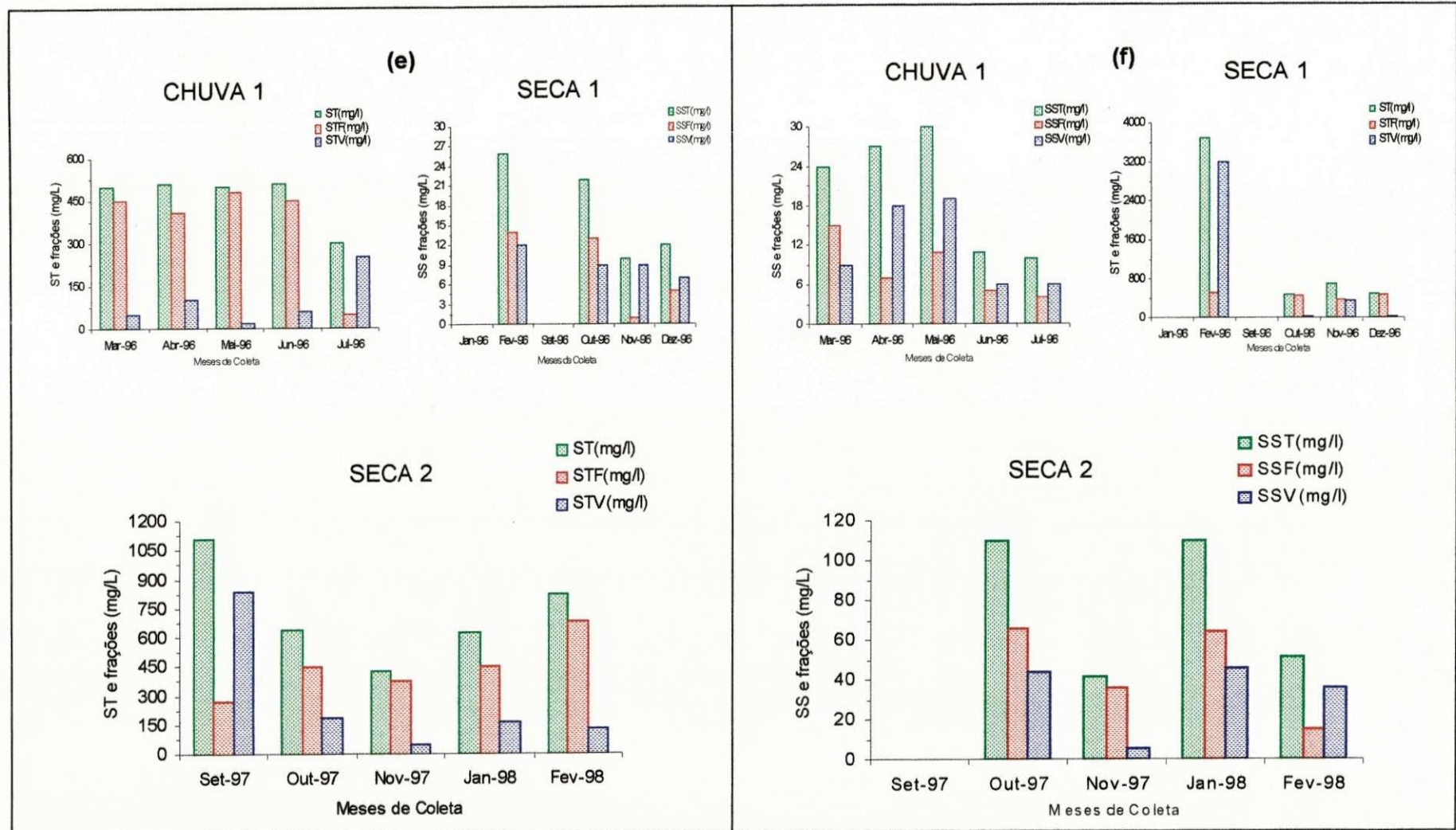


Figura 4.6.d – Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos totais e frações e (f) Sólidos suspensos e frações no ponto RS4 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

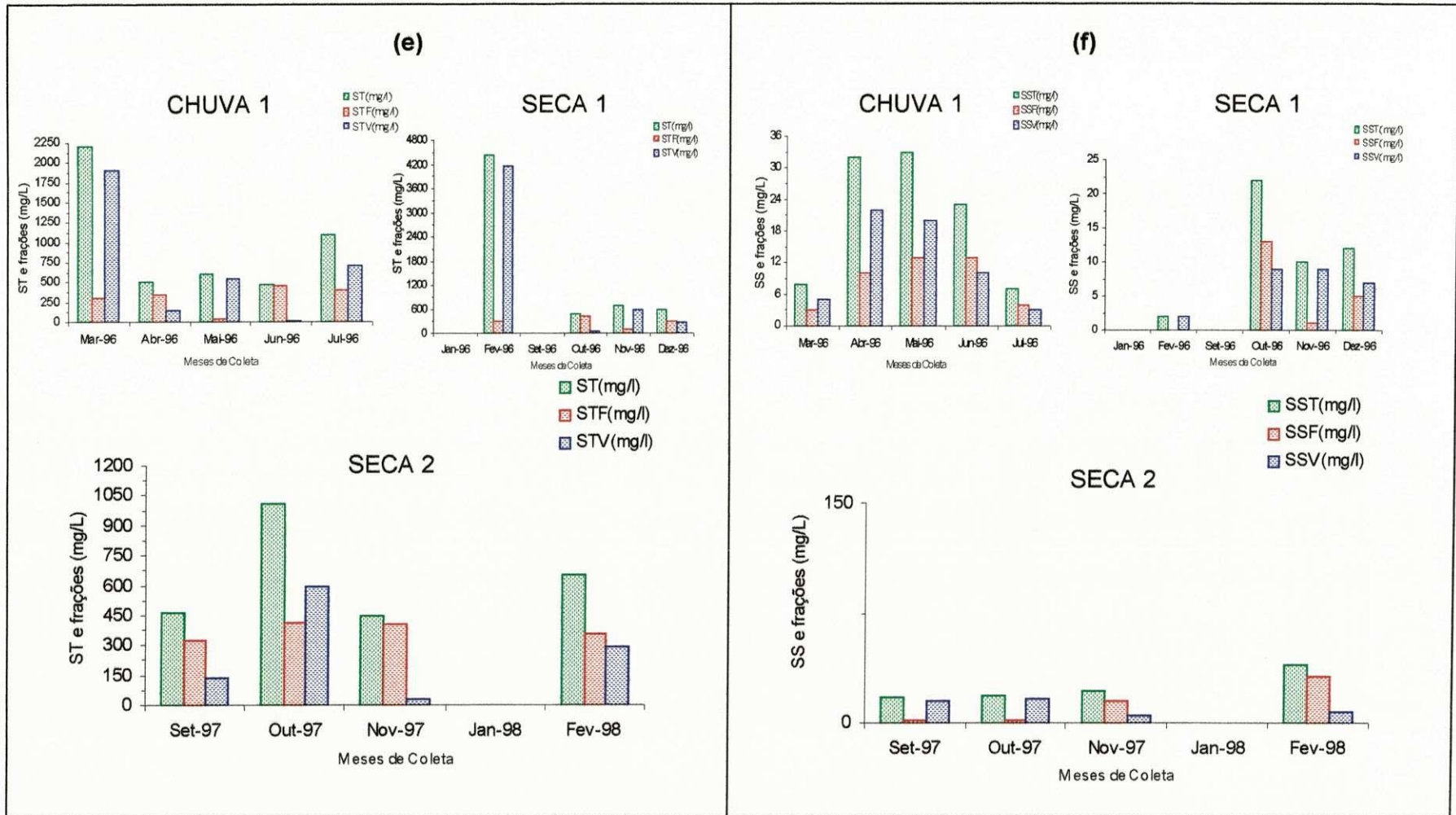


Figura 4.6.e – Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos totais e frações e (f) Sólidos suspensos e frações no ponto RS5 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

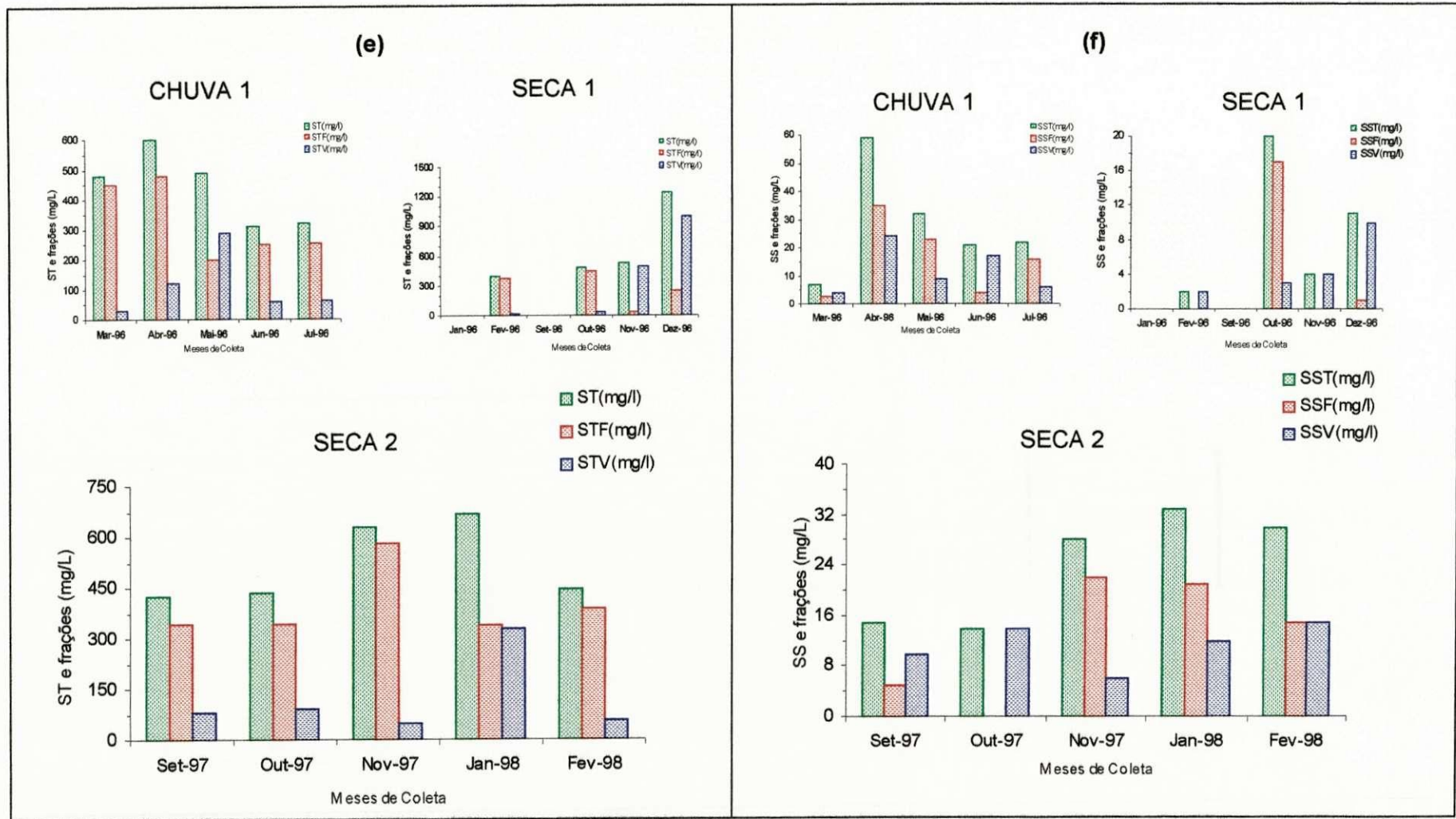


Figura 4.6.f – Variação dos valores médios de: (e) Sólidos totais e frações e (f) Sólidos suspensos e frações no ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

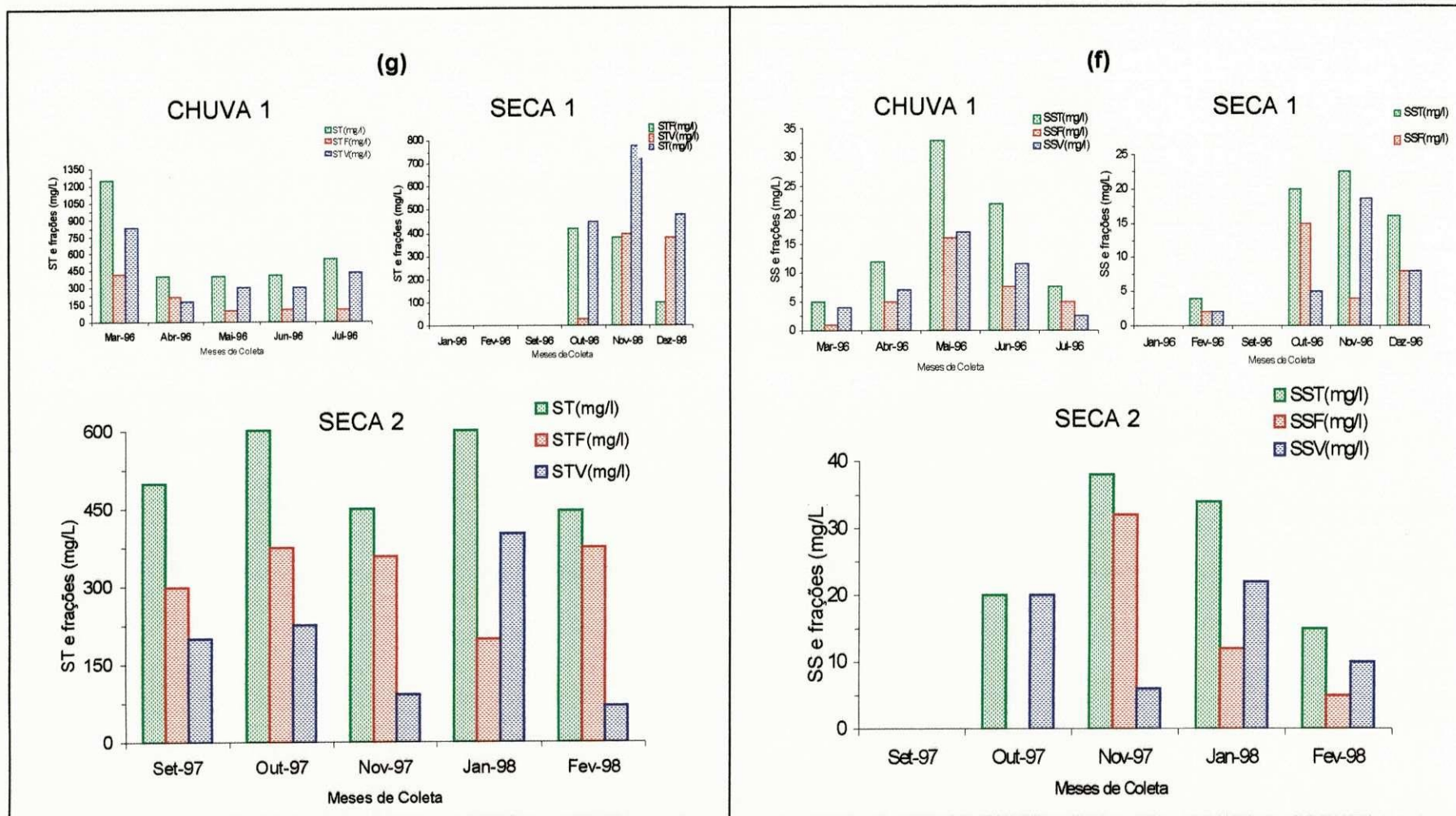


Figura 4.6.g – Variação temporal dos valores médios de: (e) Sólidos totais e frações e (f) Sólidos suspensos e frações no ponto RS7 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

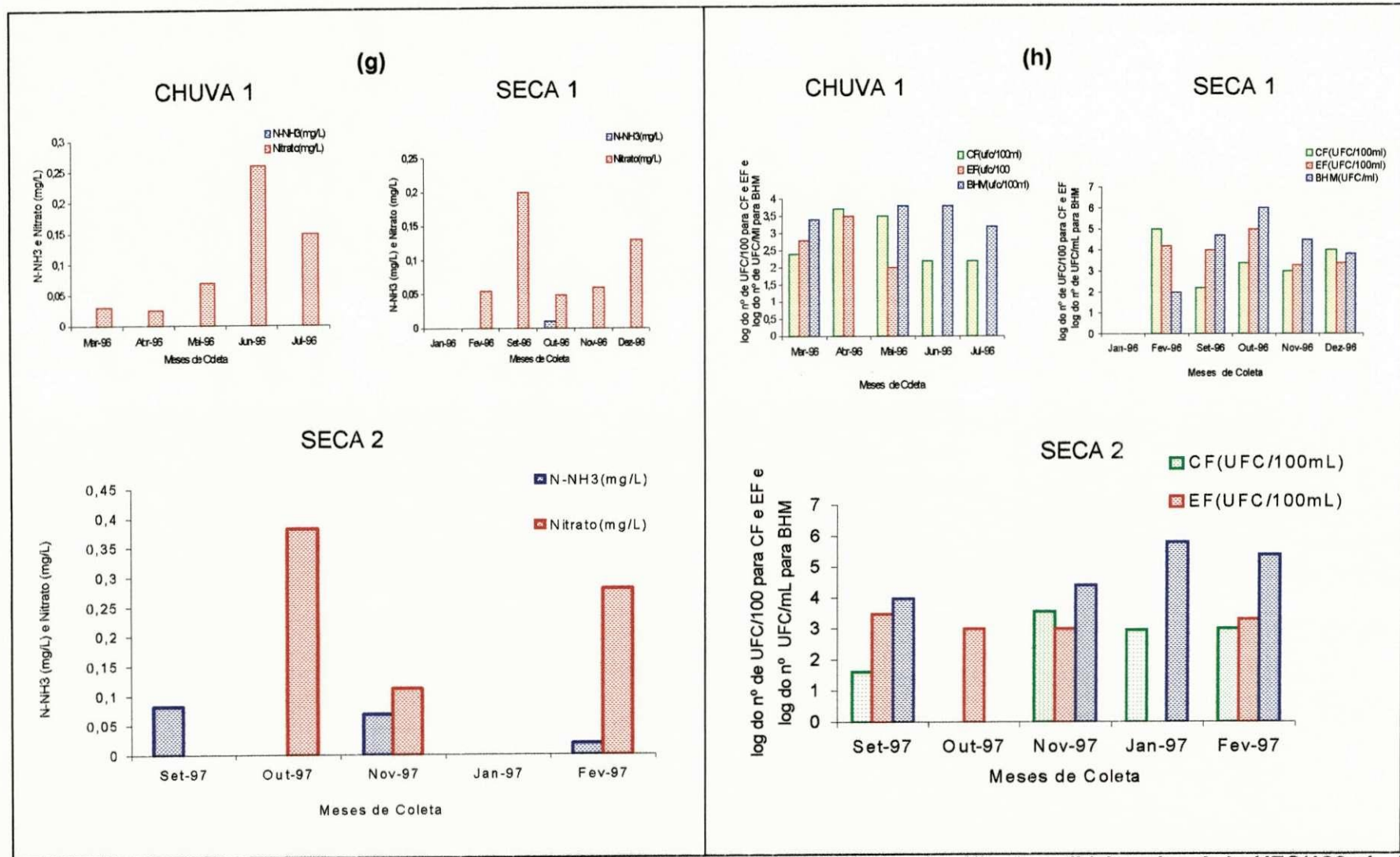


Figura 4.7.a – Variação temporal dos valores médios de: (g) Nitrogênio Amoniacal e Nitrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes Fecais e Estreptococos fecais e log do nº de UFC/mL de Bactérias Heterótrofas Mesófilas no ponto RS1 da represa São Salvador (Sapé – PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

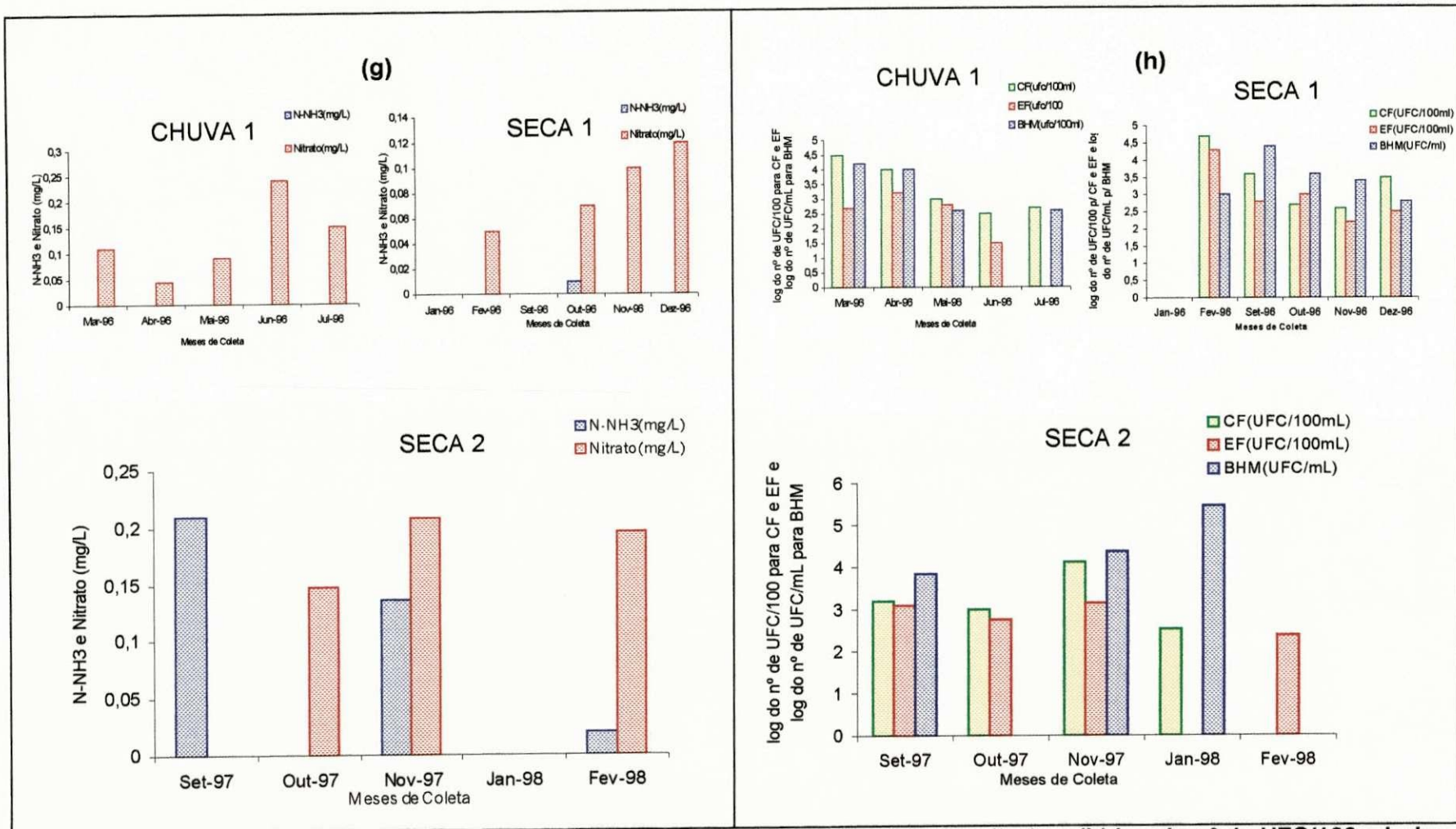


Figura 4.7.b - Variação temporal dos valores médios de: (g) nitrogênio amoniacal e nitrato e (h) log do nº de UFC/100 mL de Coliformes Fecais e Estreptococos Fecais e Bactérias Heterótrofas Mesófilas no ponto RS2 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

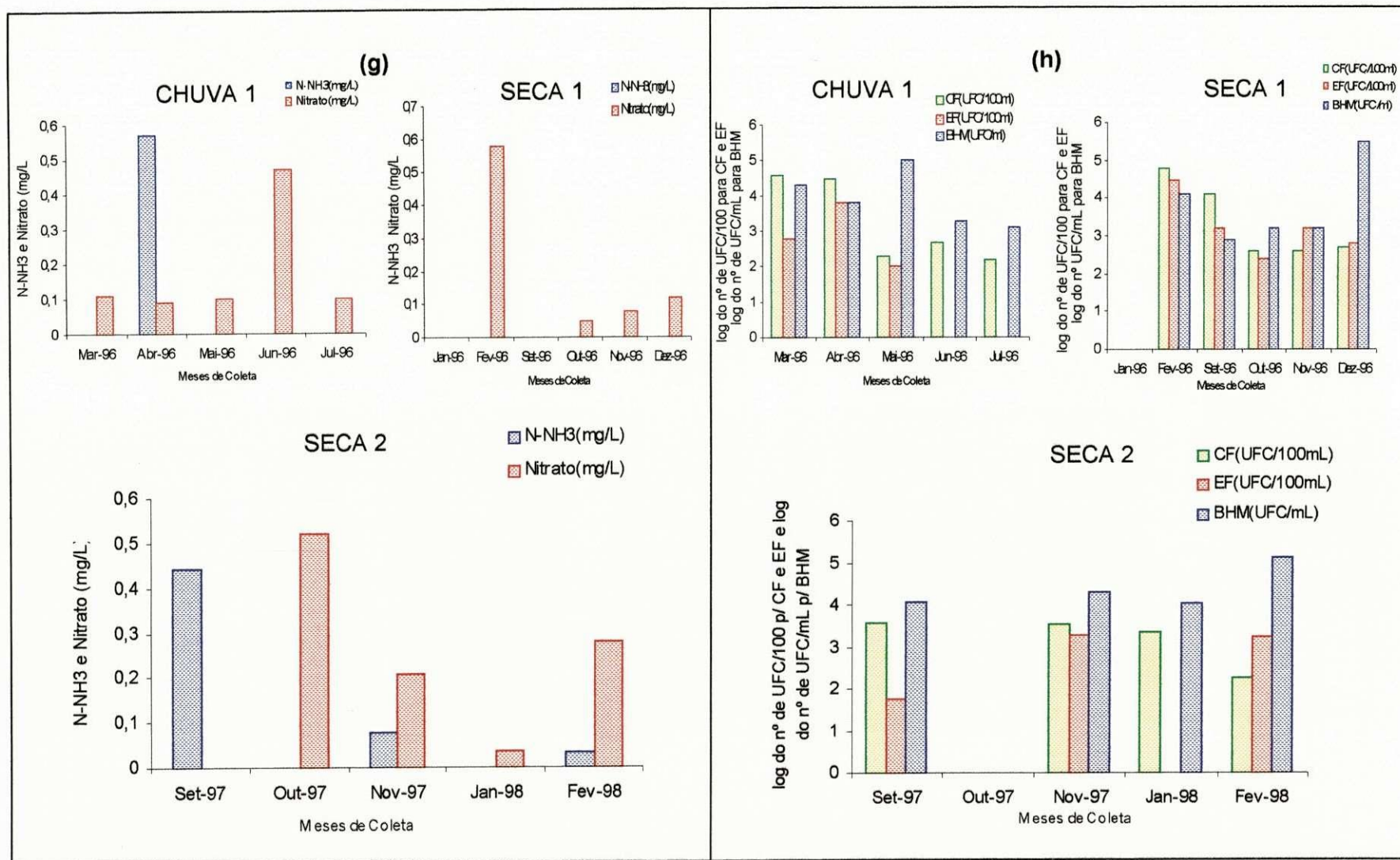


Figura 4.7.c – Variação temporal dos valores médios de: (g) Nitrogênio Amoniacal e Nitrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes Fecais e Estreptococos fecais e log do nº de UFC/mL de Bactérias Heterótrofas Mesófilas no ponto RS3 da represa São Salvador (Sapé – PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

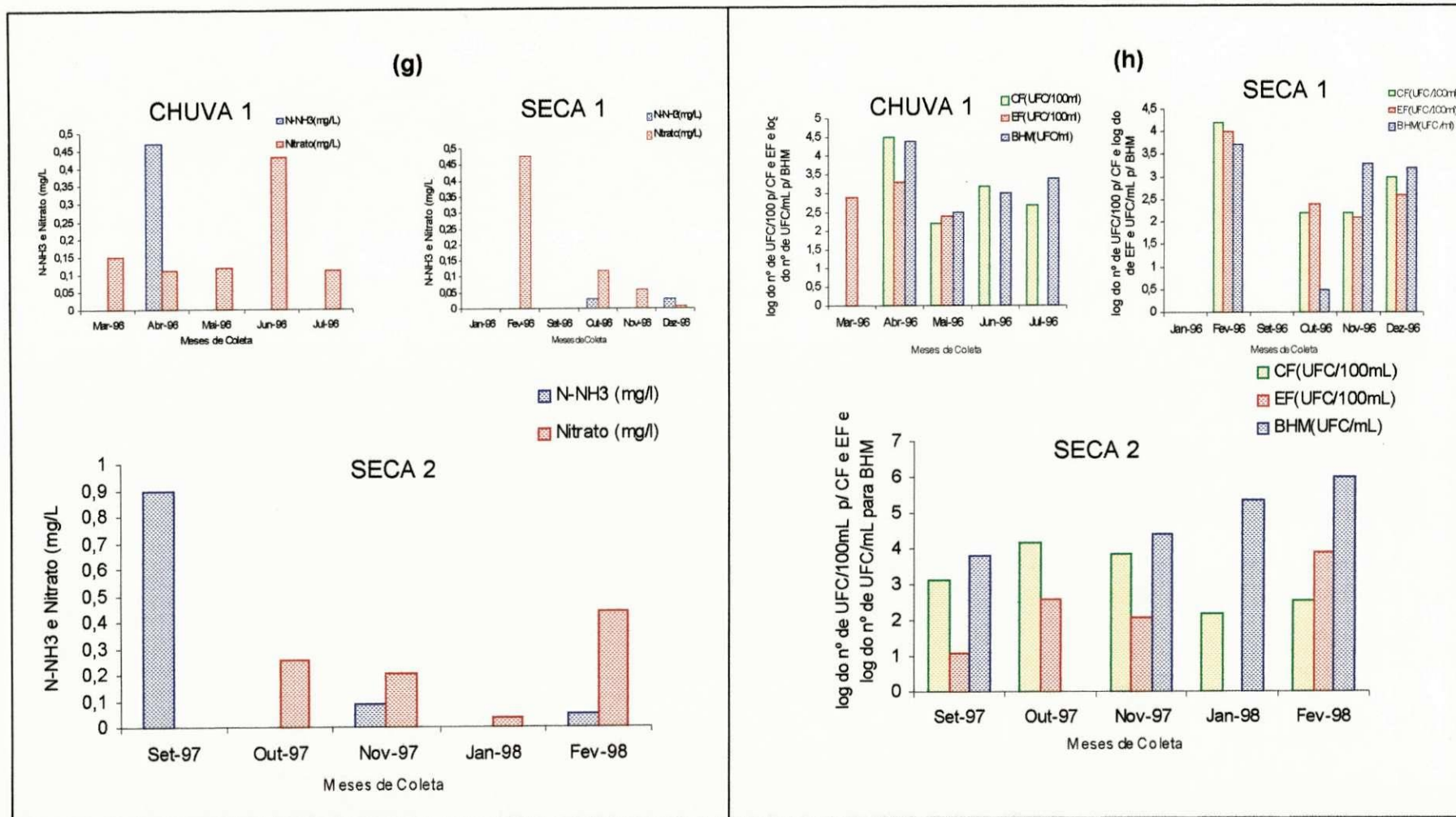


Figura 4.7.d – Variação temporal dos valores médios de: (g) Nitrogênio amoniacal e Nitrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes fecais e Estreptococos e log do nº de UFC/mL de Bactérias heterótrofas mesófilas no ponto RS4 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

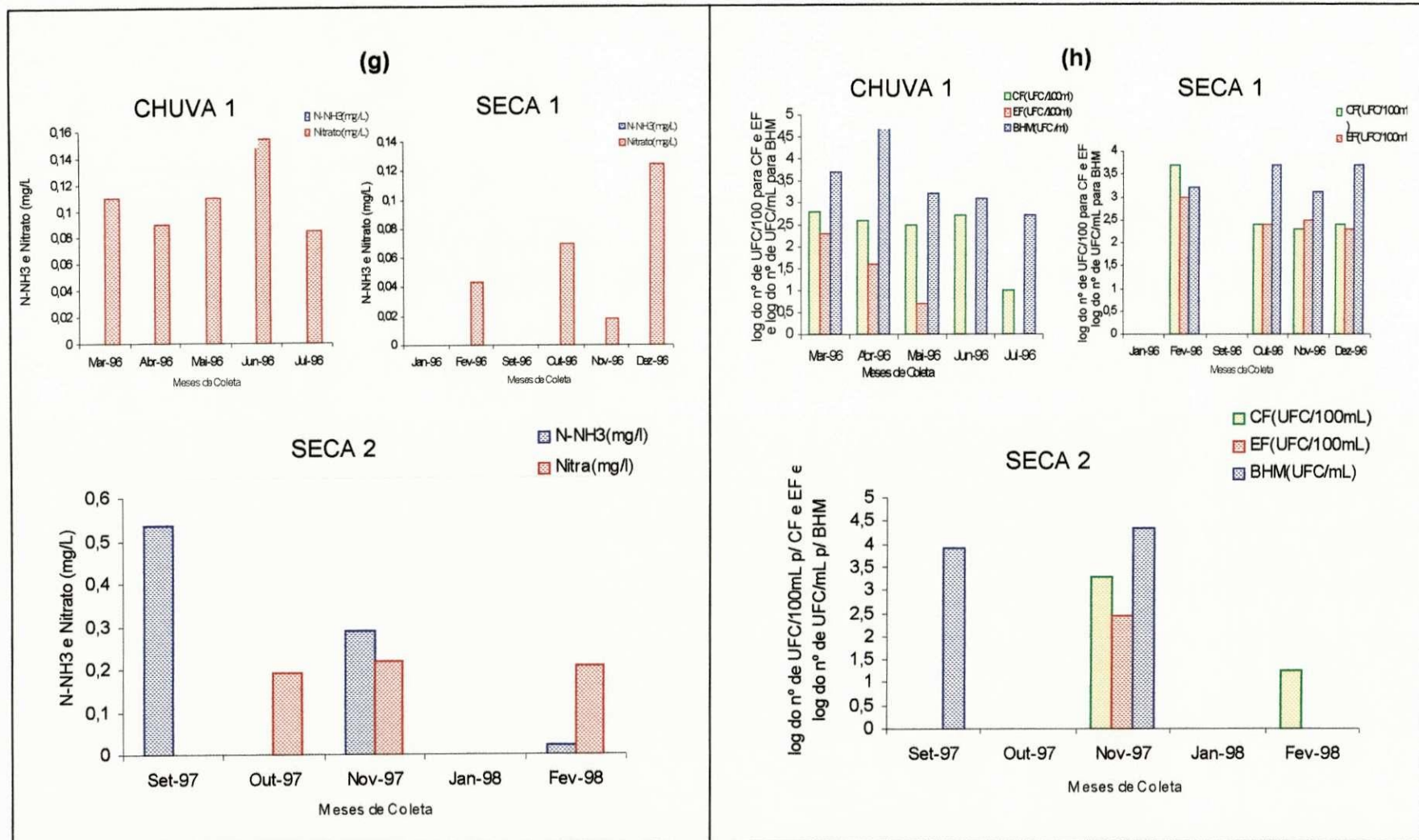


Figura 4. 7.e – Variação temporal dos valores médios de: (g) Nitrogênio amoniacal e Nittrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes fecais e Estreptococos fecais e log do nº de UFC/mL de Bactérias heterótrofas mesófilas no ponto RS5 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

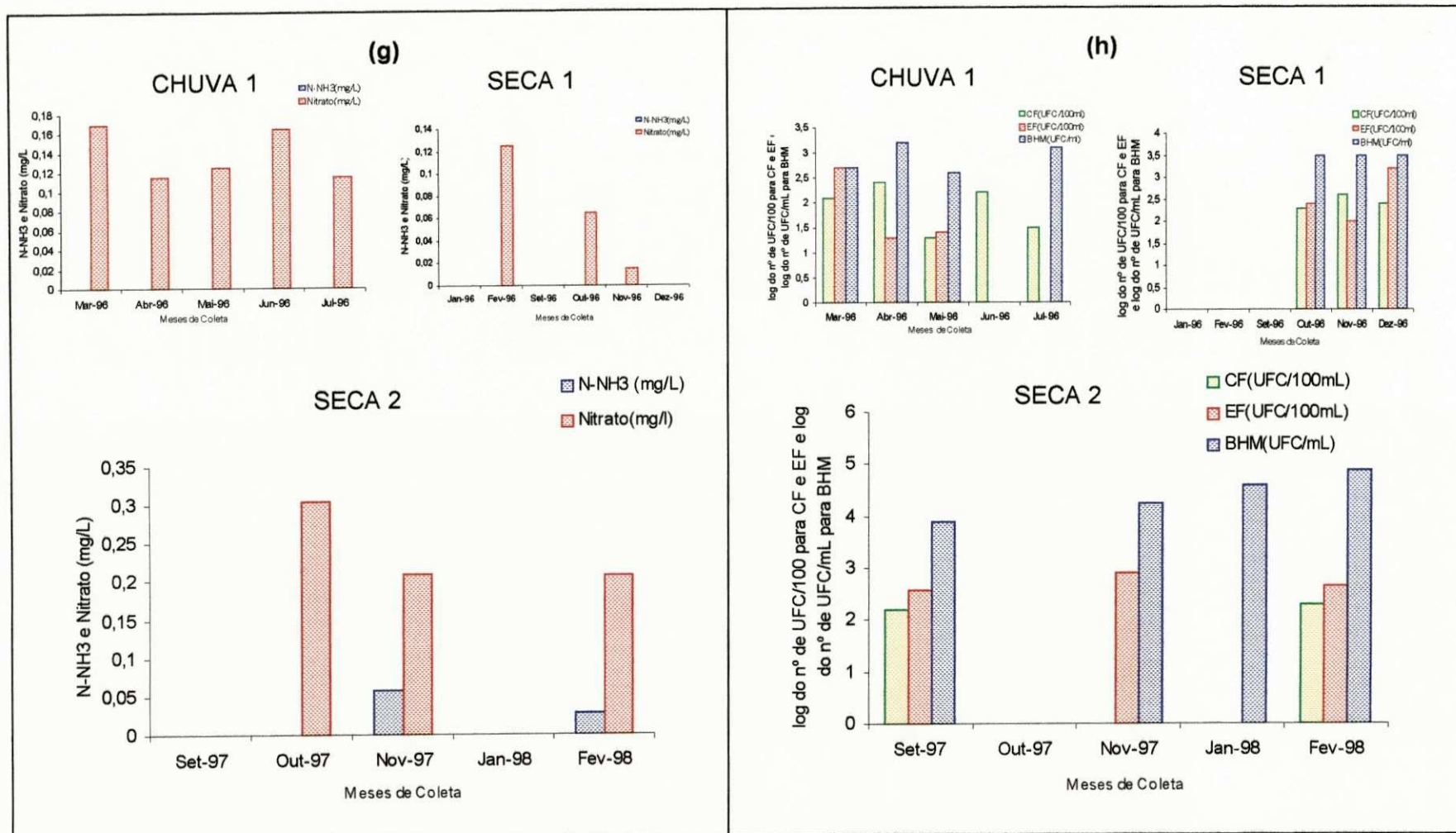


Figura 4.7.f – Variação temporal dos valores de: (g) Nitrogênio amoniacal e nitrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes fecais e Estreptococos fecais e log do nº de UFC/mL de Bactérias heterótrofas mesófilas no ponto RS6 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).

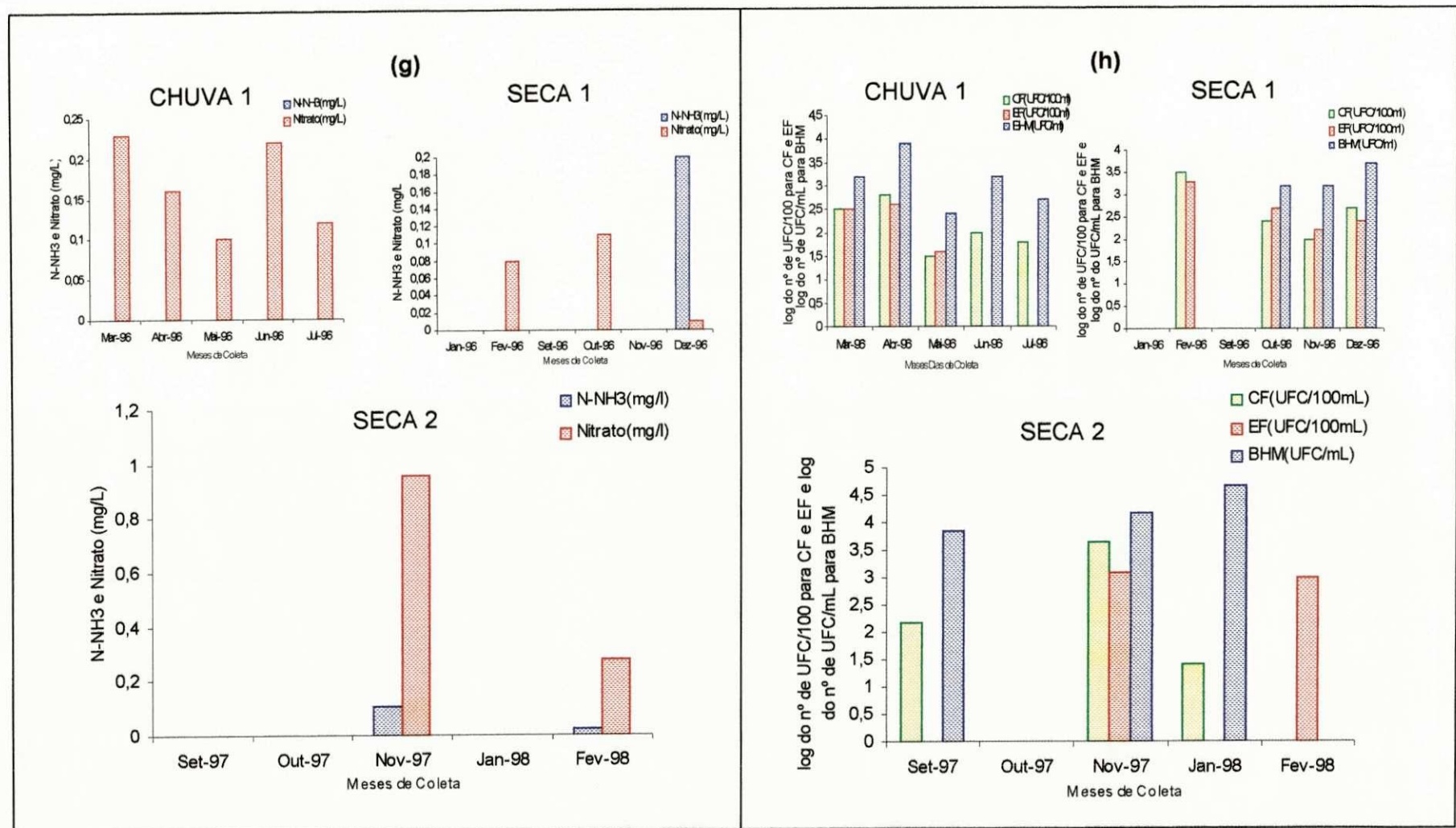


Figura 4.7.g – Variação temporal dos valores médios de: (g) Nitrogênio amoniacal e Nitrato e (h) log do nº de UFC/100mL de Coliformes fecais e Estreptococos fecais e log do nº de UFC/mL de Bactérias heterótrofas mesófilas no ponto RS7 da represa São Salvador (Sapé-PB) nas três épocas de estudo (Chuva 1, Seca 1 e Seca 2).