

ELIANE ROLIM FLORENTINO

CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS E EFLUENTES DAS ETE'S DE
CAMPINA GRANDE, GUARABIRA E SAPÉ - PB.

Dissertação apresentada ao curso
de MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL
da Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências
para obtenção do grau de Mestre.

AREA DE CONCENTRAÇÃO - RECURSOS HÍDRICOS

ORIENTADORES - ANNEMARIE KONIG

BEATRIZ S. O. DE CEBALLOS

CAMPINA GRANDE - PB.

1993

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL

CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS E EFLUENTES DAS ETE'S DE
CAMPINA GRANDE, GUARABIRA E SAPÉ - PB.

ELIANE ROLIM FLORENTINO

CAMPINA GRANDE - PB.

1993



F633c Florentino, Eliane Rolim
Caracterizacao dos esgotos domesticos e efluentes das
ete's de Campina Grande , Guarabira e Sape - PB. / Eliane
Rolim Florentino. - Campina Grande, 1993.
132 f.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, (Campina Grande) Centro de
Ciencias e Tecnologia.

1. Esgotos Domesticos. 2. Selecao e Purificacao 3.
Tratamento de Esgoto Sanitario. 4. Dissertacao I. Konig,
Annemarie, Prof. Dr. II. Ceballos, Beatriz S. O., Prof. Dr.
III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina
Grande (PB) IV. Título

CDU 628.3.033(043)

CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS E EFLUENTES DAS ETE'S DE
CAMPINA GRANDE, GUARABIRA E SAPÉ - PB.

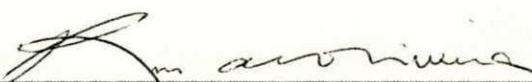
ELIANE ROLIM FLORENTINO

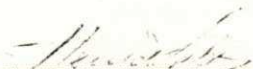
UFCG

COMISSÃO EXAMINADORA:


Profª ANNEMARIE KONIG - Ph.D. ✓
Orientadora


Profª BEATRIZ SUSANA OVRUSKI DE CEBALLOS - MSc. ✓
Orientadora


Prof. RUI DE OLIVEIRA - Ph.D. ✓
Examinador Interno


Prof. HÊNIO NORMANDO de F. MELO - DOUTOR ✓
EXAMINADOR EXTERNO

CAMPINA GRANDE - PB.
1993

UFCG

**CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS E EFLUENTES DAS ETE'S DE
CAMPINA GRANDE, GUARABIRA E SAPÉ - PB.**

Agradecimentos.

As professoras Annemarie Konig e Beatriz Susana O. Ceballos pela orientação e apoio no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais pelo apoio e estímulo.

A Cristina Tejo minha companheira de mestrado.

A Valmária de Araujo pela ajuda prestada no laboratório.

A Universidade Federal da Paraíba, através do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo suporte financeiro.

A todos aqueles que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

GRITO DE ALERTA

De cada ser que cuidamos
Seja mato, seja bicho,
É uma semente que lançamos
No futuro que virá.
A força do trabalho
É a força que nos guia
E a luz que nos ilumina
Irmana a nossa alma.
Na terra, hoje é o momento,
Futuro se faz agora,
Nossas asas no amanhã
Singrarão outras auroras.

RISOMAR

LISTA DE ABREVIACÕES

- EB - Esgoto Bruto
- LA - Lagoa Aerada
- A1 - Lagoa Anaeróbia
- F1 - Lagoa Facultativa
- EE - Estacoo Elevatória
- ETE - Estacoo de Tratamento de Esgoto
- DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO - Demanda Química de Oxigênio
- OD - Oxigênio Dissolvido
- ST - Sólidos Totais
- STF - Sólidos Totais Fixos
- STV - Sólidos Totais Voláteis
- SS - Sólidos Suspensos
- SSF - Sólidos Suspensos Fixos
- SSV - Sólidos Suspensos Voláteis
- SSed - Sólidos Sedimentáveis
- CF - Coliformes Fecais
- mg/L - Miligrama por Litro
- mL/L - Mililitro por Litro
- \bar{X} - Média do Período

INDICE

1 - INTRODUÇÃO.....	001
2 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	003
2.1 - Características e Composição do Esgoto.....	003
2.2 - Concentração do Esgoto.....	009
2.3 - Classificação do Esgoto Doméstico.....	010
2.4 - Características Biológicas.....	011
2.5 - Sistemas de Tratamento das Aguas Residuárias....	022
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	028
3.1 - Descrição dos Sistemas Experimentais.....	028
3.2 - Metodologia da Pesquisa.....	029
3.2.1 - Descrição dos Trabalhos de Campo.....	029
3.2.1.1 - Monitoramento.....	029
3.2.1.2 - Estudos no Ciclo Diário.....	030
3.3 - Parâmetros Analisados e Métodos Analíticos.....	031
4 - APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS.....	038
4.1 - Monitoramento dos Sistemas de Lagoas de Estabiliza- ção.....	038
4.1.1 - Temperatura.....	038
4.1.2 - pH.....	039
4.1.3 - Oxigênio Dissolvido.....	040
4.1.4 - Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	041

4.1.5	- Demanda Química de Oxigênio.....	042
4.1.6	- Sólidos Sedimentáveis.....	043
4.1.7	- Sólidos Totais, Fixos e Voláteis.....	044
4.1.8	- Sólidos Suspensos, Fixos e Voláteis....	047
4.1.9	- Coliformes Fecais.....	048
4.1.10	- <u>Ascaris lumbricoides</u>	049
4.2	- Estudo do Ciclo Diário.....	050
4.2.1	- Temperatura.....	050
4.2.2	- pH.....	051
4.2.3	- Oxigênio Dissolvido.....	052
4.2.4	- Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	053
4.2.5	- Demanda Química de Oxigênio.....	054
4.2.6	- Sólidos Sedimentáveis.....	055
4.2.7	- Sólidos Totais, Fixos e Voláteis.....	055
4.2.8	- Sólidos Suspensos, Fixos e Voláteis....	056
4.2.9	- Coliformes Fecais.....	058
4.2.10	- <u>Ascaris lumbricoides</u>	059
5	- DISCUSSÃO.....	116
6	- CONCLUSÕES.....	122
7	- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	- Composição dos esgotos domésticos.....	005
Figura 2.2	- Composição (em porcentagem) dos sólidos presentes no esgoto doméstico.....	008
Figura 2.3	- Ciclo doença x pobreza.....	016
Figura 2.4	- Ciclo do <u>A. lumbricoides</u>	019
Figura 2.5	- Esquema de funcionamento de uma lagoa facultativa.....	027
Figura 3.1	- Representação esquemática da ETE de Campina Grande (PB).....	035
Figura 3.2	- Representação esquemática da ETE de Guarabira (PB).....	036
Figura 3.3	- Representação esquemática da ETE de Sapé (PB)	037
Figura 4.1	- Variações das médias mensais de temperatura no esgoto bruto (.) e efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991....	060
Figura 4.2	- Variações das médias mensais de temperatura, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991.	061
Figura 4.3	- Variações das médias mensais de temperatura, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■) da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991.....	062

- Figura 4.4 - Variações das médias mensais do pH, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■) da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 063
- Figura 4.5 - Variações das médias mensais do pH, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 064
- Figura 4.6 - Variações das médias mensais do pH, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■) da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 065
- Figura 4.7 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 066
- Figura 4.8 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 067
- Figura 4.9 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 068

- Figura 4.10 - Variações das médias mensais de DBO_5 , no esgoto bruto (.), e efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■) da ETE de Campina Grande no período de janeiro a setembro de 1991..... 069
- Figura 4.11 - Variações das médias mensais de DBO_5 , no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■) da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 070
- Figura 4.12 - Variações das médias mensais de DBO_5 , no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (▲), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 071
- Figura 4.13 - Variações das médias mensais da DQO, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■) da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 072
- Figura 4.14 - Variações das médias mensais da DQO, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB), no período de janeiro a outubro de 1991..... 073
- Figura 4.15 - Variações das médias mensais da DQO, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 074
- Figura 4.16 - Variações das médias mensais dos sólidos sedimentáveis, no esgoto bruto (.), efluentes da

lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 075

Figura 4.17 - Variações das médias mensais dos sólidos sedimentáveis, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa, (■) da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 076

Figura 4.18 - Variações das médias mensais dos sólidos sedimentáveis, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 077

Figura 4.19 - Variações das médias mensais dos sólidos totais, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991. 078

Figura 4.20 - Variações das médias mensais dos sólidos totais fixos, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 079

Figura 4.21 - Variações das médias mensais dos sólidos totais voláteis, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de

1991..... 080

Figura 4.22 - Variações das médias mensais dos sólidos totais, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 081

Figura 4.23 - Variações das médias mensais dos sólidos totais fixos, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 082

Figura 4.24 - Variações das médias mensais dos sólidos totais voláteis, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■) da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 083

Figura 4.25 - Variações das médias mensais dos sólidos totais, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 084

Figura 4.26 - Variações das médias mensais dos sólidos totais fixos, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 085

Figura 4.27 - Variações das médias mensais dos sólidos totais voláteis, no esgoto bruto (.) e efluente da

lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 086

Figura 4.28 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991. 087

Figura 4.29 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos fixos, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 088

Figura 4.30 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos voláteis, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 089

Figura 4.31 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 090

Figura 4.32 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos fixos, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a

- outubro de 1991..... 091
- Figura 4.33 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos voláteis, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 092
- Figura 4.34 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 093
- Figura 4.35 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos fixos, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 094
- Figura 4.36 - Variações das médias mensais dos sólidos suspensos voláteis, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 095
- Figura 4.37 - Variações das médias mensais do log do nº de coliformes fecais, no esgoto bruto (.), efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 096
- Figura 4.38 - Variações das médias mensais do log do nº de coliformes fecais, no esgoto bruto (.) e efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa

(■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 097

Figura 4.39 - Variações das médias mensais do log do nº de coliformes fecais, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE de Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991.

..... 098

Figura 4.40 - Variações das médias mensais do número de ovos de Ascaris lumbricoides, no esgoto bruto (.) e efluentes da lagoa 1 (▲) e lagoa 2 (■), da ETE de Campina Grande (PB) no período de janeiro a setembro de 1991..... 099

Figura 4.41 - Variações das médias mensais do número de ovos de Ascaris lumbricoides, no esgoto bruto (.) e efluentes da lagoa anaeróbia (▲) e facultativa (■), da ETE de Guarabira (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 100

Figura 4.42 - Variações das médias mensais do número de ovos de Ascaris lumbricoides, no esgoto bruto (.) e efluente da lagoa facultativa (■), da ETE e Sapé (PB) no período de janeiro a outubro de 1991..... 101

Figura 4.43 - Variações de temperatura no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91. (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2

e facultativa (■)..... 102

Figura 4.44 - Variações do pH no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■)..... 103

Figura 4.45 - Variações do oxigênio dissolvido no ciclo diário das ETE'S : Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■)..... 104

Figura 4.46 - Variações de DBO_5 no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■)..... 105

Figura 4.47 - Variações da DQO no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto, lagoa 1 e anaeróbia (▲), lagoa 2 e facultativa (■)..... 106

Figura 4.48 - Variações dos sólidos sedimentáveis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto, lagoa 1 e anaeróbia 27/05/91, (▲), lagoa 2 e facultativa

- (■)..... 107
- Figura 4.49 - Variações dos sólidos totais no ciclo diário das ETE'S : Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲) ; lagoa 2 e facultativa (■)..... 108
- Figura 4.50 - Variações dos sólidos totais fixos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲) ; lagoa 2 e facultativa (■)..... 109
- Figura 4.51 - Variações dos sólidos totais voláteis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲) ; lagoa 2 e facultativa (■).... 110
- Figura 4.52 - Variações dos sólidos suspensos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲) ; lagoa 2 e facultativa (■)..... 111
- Figura 4.53 - Variações dos sólidos suspensos fixos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; 1 e lagoa anaeróbia (▲) ; lagoa 2 e facultativa (■).... 112

Figura 4.54 - Variações dos sólidos suspensos voláteis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e lagoa anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■). 113

Figura 4.55 - Variações do log do número de coliformes fecais no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e lagoa anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).
..... 114

Figura 4.56 - Variações do número de ovos de A. lumbricoides no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91; Guarabira (b) em 03/04/91 e Sapé (c) em 27/05/91: (.) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■)..... 115

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Concentração de DBO ₅	010
Tabela 2.2 - Composição Típica do Esgoto Doméstico.....	011
Tabela 2.3 - Principais Doenças Transmitidas por Organismos Patogênicos Contidos nas Fezes.....	013
Tabela 3.1 - Caracterização Física das Lagoas de Estabilização que Constituem as ETE'S de Campina Grande, Guarabira e Sapé (PB).....	029

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização dos esgotos domésticos das cidades; Campina Grande, Guarabira e Sapé (PB.), e a comparação da qualidade físico-química e microbiológica dos efluentes produzidos pelos três sistemas de tratamento.

Em Campina Grande o tratamento do esgoto é feito através de duas lagoas em série, projetadas para funcionarem com aeração mecânica, com 3,5m de profundidade e área total de 3,09ha. A ETE da cidade de Guarabira é formada por dois módulos em paralelo, cada um com duas lagoas em série, sendo uma anaeróbia (3,7m) seguida de uma facultativa (2,2m) totalizando uma área de 1,92ha. A pesquisa foi desenvolvida somente em um dos módulos. Uma lagoa facultativa primária, com uma profundidade de 2,20m e uma área total de 2,6ha, compõe a ETE da cidade de Sapé.

As coletas das amostras do esgoto bruto e efluentes das lagoas foram realizadas às 8 horas, com frequência quinzenal, no período de janeiro a setembro de 1991 (Campina Grande) e de janeiro a outubro do mesmo ano em Guarabira e Sapé. As análises eram iniciadas, no máximo, duas horas após as coletas. Foram também efetuados perfis de 24 horas dos três sistemas. Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), DBO_5 , DQO, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Volá-

teis (SSV), Sólidos Sedimentáveis (SSed), Coliformes Fecais (CF), (APHA, 1989), e contagem do número de ovos de helmintos para EB e efluente da lagoa anaeróbia (WHO, 1989), e para os efluentes das lagoas facultativas (AYRES et alii, 1989).

Na ETE de Campina Grande os resultados de DBO_5 (108 mg/L) e DQO (226 mg/L) indicaram que o EB foi relativamente fraco, com acentuadas flutuações, sendo os menores valores encontrados nos meses de inverno e que corresponde à época de chuvas na região. O pH médio foi ligeiramente alcalino (média 7,7). Os valores médios para os SS, ST, CF e números de ovos de A. lumbricoides foram de 99 mg/L, 935 mg/L, $1,3 \times 10^7$ CF/100ml e 497 ovos/L, respectivamente.

Os aeradores das lagoas não estavam funcionando, estando o primeiro reator bastante assoreado devido à falta de manutenção da caixa de areia. Essas condições não promoveram as remoções esperadas de alguns parâmetros analisados. As eficiências foram de 34% para DBO_5 (108 - 71mg/L); 31% para DQO (226 - 155 mg/L) e 47% para SS (99 - 52 mg/L); 10% para ST (935 - 840 mg/L); 36% para CF ($1,3 \times 10^7$ - $8,3 \times 10^6$ CF/100 mL) e 68% para ovos de A. lumbricoides (497 - 158 ovos/L). O efluente final, de péssima qualidade, compromete significativamente o corpo receptor no qual ele é lançado, tornando o seu uso inadequado para irrigação e dessedentação de animais.

O esgoto bruto de Guarabira foi classificado como de concentração média baseado nos valores médios de DBO_5 (338 mg/L), de DQO (549 mg/L), ST (977 mg/L), SS (249 mg/L). A

concentração média de CF foi de 4×10^7 CF/100ml e de 558 ovos/L para A. lumbricoides. A série de lagoas removeu 94% da DBO₅ (338 - 20 mg/L), 77% da DQO (549 - 125 mg/L), 42% da ST (977 - 567 mg/L), 99,7% da CF (4×10^7 - 1×10^8 CF/100mL), e 100% de ovos de A. lumbricoides (558 - 0 ovos/L).

O esgoto bruto da ETE de Sapé foi classificado como forte, devido às altas concentrações médias de DBO₅ (725 mg/L), DQO (1.567 mg/L), ST (1.777 mg/L), SS (985 mg/L). A concentração média de CF foi de $2,2 \times 10^8$ CF/100mL e houve um elevado número médio de ovos de A. lumbricoides (2.180 ovos/L). A lagoa facultativa primária foi responsável pela redução de 94% da DBO₅ (725 - 44 mg/L), 84% da DQO (1.567 - 245 mg/L), 59% dos ST (1.777 - 730 mg/L), 87% dos SS (9.985 - 127 mg/L), 99,75% dos CF ($2,2 \times 10^8$ - $5,2 \times 10^8$ CF/100mL) e 100% de ovos de A. lumbricoides (2.180 - 0 ovos/L).

Os dados levantados demonstraram que os sistemas de tratamento das cidades de Guarabira e Sapé estão funcionando satisfatoriamente. A remoção de CF de Guarabira (99,55%) e Sapé (99,76%) foi compatível com a configuração dos respectivos sistemas. Entretanto o efluente final não está adequado para descarga no meio ambiente, podendo ocasionar sérios riscos à saúde.

ABSTRACT

Guarabira, Sapé and Campina Grande (Paraíba - Brazil) Sewage Treatment Plants were studied in order to compare and characterize the physico-chemical and microbiological qualities of raw sewage and effluents.

Campina Grande domestic sewage was treated by means of two ponds in series: (total area of 3.9 ha) which should be aerated. Waste stabilization ponds treated the sewage in Guarabira (two ponds in series: anaerobic followed by facultative, with total area of 1,92 ha) and Sapé (primary facultative pond, with total area of 2,6 ha).

Raw sewage and pond effluents samples were collected bi-monthly from January to September 1991 (Campina Grande) and from January to October 1991 for Guarabira and Sapé. Diurnal-cycle studies were also carried out.

Samples were analysed for: temperature, pH, dissolved Oxygen, BOD, COD, total solids, fixed, and volatiles, suspended solids, fixed and volatile, settleable solids faecal coliforme (APHA, 1989). Helminths eggs were counted in raw sewage (WHO, 1989) and ponds effluents (Ayres *et alii.*, 1989).

Campina Grande's raw sewage was weak (BOD = 108 mg/L ; COD = 226 mg/L) showing fluctuations with minimum values at rainy season. Mean values for FC and A. lumbricoides were $1,3 \times 10^7$ FC/100 mL and 497 eggs/L respectively. The lack of an operational and maintenance program (absence of aeration and

grit removal did not promote the expected efficiency for all parameters (BOD = 34%; COD = 31%; SS = 47%; TS = 10%; FC = 36%; A. lumbricoides = 68%). The final effluent quality was poor, contaminating the receiving water body making it unsafe.

In Guarabira, the sewage was of medium strength (BOD = 338 mg/L ; COD = 549 mg/L) with FC concentration of 4×10^7 FC/100mL and 558 Ascaris eggs/L. The pond series removed 94% of BOD, 77% of COD, 42% of TS; 99,7% of FC and 100% of Ascaris eggs.

Sapé's raw sewage was strong (BOD = 725 mg/L; COD = 1567 mg/L). This sewage contained the highest concentrations of FC ($2,2 \times 10^9$ FC/100mL) and. Ascaris lumbricoides (2.180 eggs/L), the primary facultative pond removed 94% of BOD; 84% of COD; 59% of TS; 87% SS; 99,75% of FC and 100% of Ascaris eggs.

The performances of Sapé and Guarabira sewage treatment plants were in accordance to their designs nevertheless the final effluents were not appropriate to environmental discharge.

1 - INTRODUÇÃO

O lançamento de substâncias poluidoras, especialmente esgotos domésticos, em corpos receptores tem exigido a atenção dos engenheiros sanitaristas em decorrência do risco de poluição devido à presença, nesses despejos, de abundante material orgânico e microrganismos patogênicos (Steel, 1966).

No intestino do homem e dos animais de sangue quente existem vírus, bactérias, protozoários e helmintos causadores de doenças, e muitos destes organismos, após serem excretados com as fezes, podem sobreviver no meio ambiente por longo tempo, e até mesmo multiplicar-se (Feachem *et alii*, 1983).

As doenças de veiculação hídrica são responsáveis por elevadas taxas de mortalidade. Segundo Moitta (1984) cerca de 80% das doenças que ocorrem no mundo estão associadas à água, sendo essa percentagem um pouco mais elevada nos países em desenvolvimento. As deficiências de saneamento básico e o precário nível sócio - econômico da população são os elementos que mais contribuem para a transmissão dos agentes infecciosos.

Nos países em desenvolvimento o lançamento de esgotos sanitários não tratados ou parcialmente tratados em córregos, rios, lagos e mares resulta na degradação acelerada dos recursos hídricos e na disseminação de doenças. Torna-se então indispensável o tratamento prévio das águas residuárias para a

preservação do meio ambiente e da saúde pública.

Dentre as alternativas adotadas para o tratamento do esgoto sanitário, as lagoas de estabilização têm se mostrado apropriadas em países de climas tropicais. Nelas os processos biológicos de degradação da matéria orgânica reproduzem aqueles existentes na natureza, sendo eficientes na remoção de organismos patogênicos e matéria orgânica. Este método de tratamento é ideal pelo baixo custo de construção, manutenção e fácil operação, particularmente em cidades de pequeno e médio porte (Silva, 1982).

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização dos esgotos domésticos das cidades de Campina Grande, Guarabira e Sapé, localizadas no Estado da Paraíba e o estudo comparativo da qualidade físico-química e microbiológica dos efluentes produzidos nos três sistemas.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Características e Composição do Esgoto

Águas residuárias são as águas servidas de uma comunidade, resultante de diversas modalidades de uso. A sua classificação, feita em função de sua origem, as divide em: domésticas, industriais, pluviais e de áreas agrícolas. Os esgotos domésticos são compostos essencialmente por dejetos humanos (fezes e urina), papel e águas servidas provenientes da higiene pessoal, lavagem de roupas, pisos, utensílios domésticos, preparação de alimentos e restos de comida (Pessoa e Jordão, 1982), contendo grande variedade de outras substâncias como detergentes e sabões. Em geral, as características dos esgotos domésticos de uma localidade são bastante variáveis, podendo uma mesma rede coletora reunir esgotos domésticos com águas pluviais e despejos industriais, que chegam através de ligações clandestinas. A quantidade e a composição das fezes também influencia na característica dos esgotos, sendo dependente de vários fatores como: dieta, clima e estado de saúde da população (Pera, 1973).

A avaliação da quantidade de excretas produzidas por um indivíduo varia de autor para autor. Gotaas (1956) citado por Mara (1976) relata que fezes e urina podem apresentar variações em peso e volume:

fezes: 135 - 270g per capita por dia (peso úmido)
35 - 70g per capita por dia (peso seco)

urina: 1.0 - 1.3 litros per capita por dia

50 - 70g sólidos secos per capita por dia

Wagner e Lanoix (1958), citados por de Oliveira (1983) afirmam que na Asia, a quantidade de fezes por pessoa por dia varia entre 200 e 400g (peso úmido). Feachem et alii (1983) mencionam que nos países europeus e na América do Norte, a variação é de 100 a 150 gramas por dia. No entanto, parece haver concordância na quantidade de urina que um indivíduo gera, cerca de 1,5 litros/dia com menos de 100 gramas de matéria seca (Azevedo Netto, 1973).

Os esgotos domésticos são constituídos por 99.9% de água e apenas 0.1% de sólidos. Estes sólidos são classificados em orgânicos e inorgânicos. A parte inorgânica corresponde a 30% da matéria sólida e seus principais componentes são seixos, areia, sais e metais provenientes de lavagens de piso, do encaminhamento de águas de chuvas e de águas de infiltração do solo que atingem a rede. Os 70% restantes são sólidos orgânicos, e são constituídos por proteínas, carboidratos e gorduras (Tebbutt, 1970), citado por Mara 1976.

As águas residuárias produzidas são denominadas de "esgotos frescos" e se constituem de um líquido turvo de coloração acinzentada, odor de mofo, e baixa concentração de oxigênio dissolvido. São esteticamente repugnantes e perigosas, devido à presença de organismos patogênicos. O esgoto é chamado de "velho" quando sua cor é escura, exala maus odores, como consequência do desprendimento de gases (amônia, mercaptanas,

sulfeto de hidrogênio). Possui um aspecto homogêneo em virtude da desintegração das fezes e dos sólidos em geral. Ao atingir o estado séptico possui uma coloração negra e um cheiro típico de "ovo podre" devido à formação de gás sulfídrico, decorrente da degradação anaeróbia das proteínas nele contidas e a redução de sulfatos para sulfetos. A composição dos esgotos, é apresentada na Figura 2.1

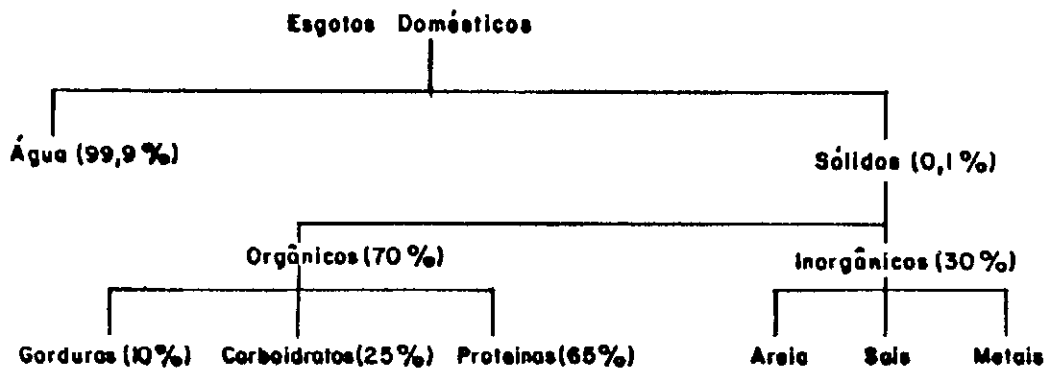


Figura 2.1 - Composição dos Esgotos Domésticos (Tebbutt, 1970), citado por Mara 1976.

A concentração da matéria sólida, apesar de representar apenas 0,1% do esgoto, tem grande importância na elaboração de projetos da ETE e no seu controle operacional.

A quantidade e a qualidade desse material sólido é em função da educação sanitária da população servida, uma vez que, entre os sólidos removidos, encontram-se frequentemente matérias que não deveriam ser lançadas nas instalações de esgotos sanitários, como penas de galinha, sacos plásticos, tecidos, palha, sabugos de milho, etc.

Os sólidos inorgânicos podem acarretar prejuízos, tais como abrasão excessiva nas tubulações, válvulas, registros, sifões e bombas, entupimentos e obstruções nas canalizações, formação de depósitos de material inerte nos decantadores, digestores e reatores biológicos. (Dacach, 1984). Dentre o material orgânico os esgotos contêm óleos e graxas, materiais menos densos que a água, e por isso chamadas de sólidos flutuantes. São classificadas como gorduras, as quais podem causar nas unidades de tratamento, se presentes em grandes concentrações, obstruções dos coletores e aderências às peças especiais da rede, acumulação nas unidades de tratamento e aspecto e odores desagradáveis. (Azevedo Netto e Hess, 1970).

Os carboidratos, compostos de carbono oxigênio e hidrogênio, presentes no esgoto, incluem os açúcares, celulose, fibras de madeira e amido, entre outros. Alguns são solúveis em água, principalmente os açúcares e outros insolúveis, como o amido. São os primeiros a serem degradados pelas bactérias,

através de processos aeróbios e anaeróbios. No primeiro caso com liberação de CO_2 e H_2O e no segundo com produção de ácidos orgânicos. Desta forma contribuem com o aumento da acidez fazendo com que o pH esteja em torno de 6,5 (Mendonça, 1990). Dentre os mais resistentes à biodegradação encontra-se a celulose, (Metcalf e Eddy, 1979).

De acordo com o tamanho físico das partículas sólidas na água residuária é possível distinguir 3 categorias: os sólidos dissolvidos, os coloidais e os suspensos. O conjunto de todas essas partículas constitui os sólidos totais cuja composição é mostrada na Figura 2.2. Parte dos ST pode ser separada da fase líquida através da sedimentação simples, constituindo os chamados sólidos sedimentáveis (APHA, 1989).

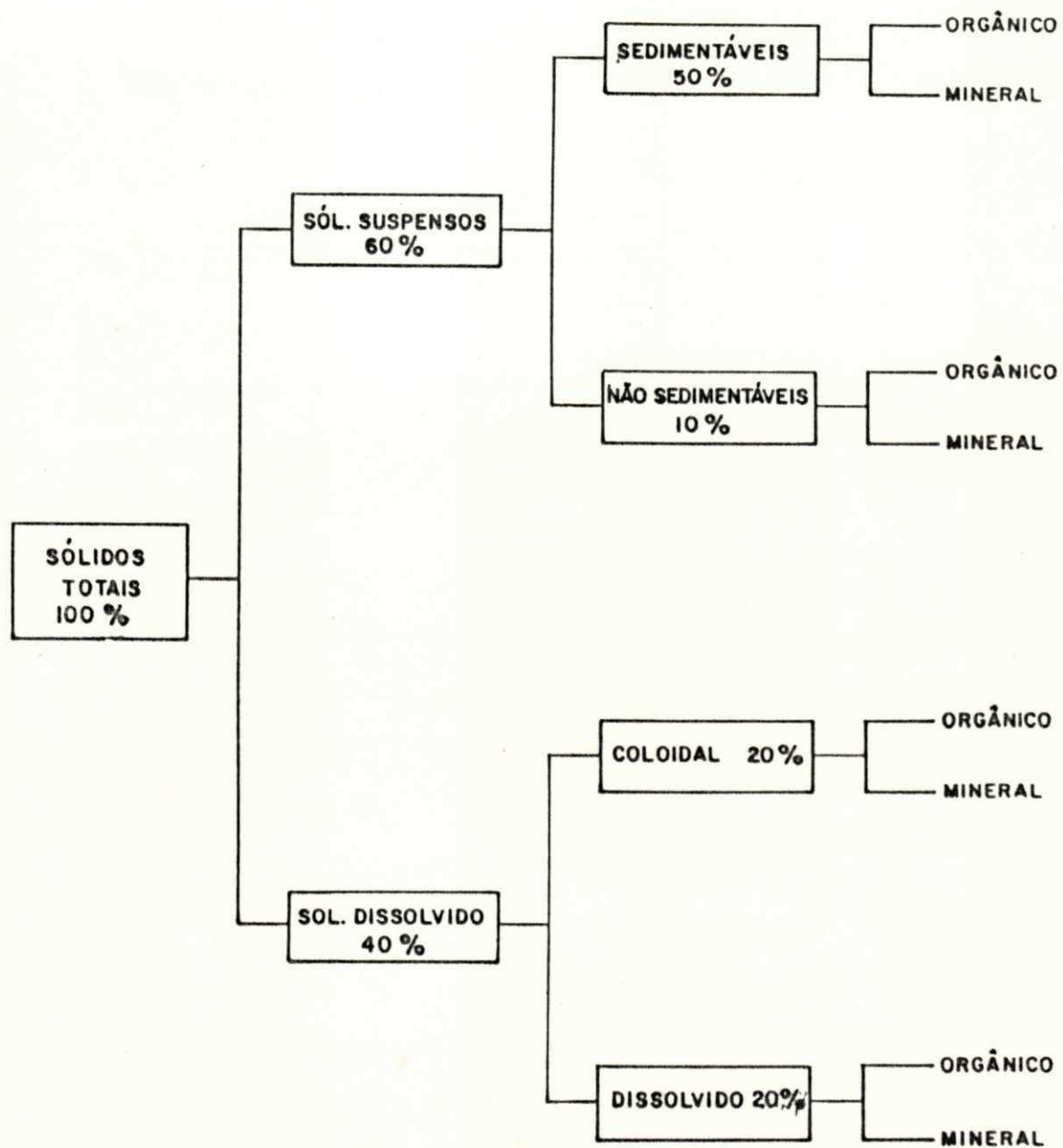


Figura 2.2 - Composição (em porcentagem) dos Sólidos Presentes no Esgoto Doméstico (Metcalf, Eddy, 1979).

2.2 - Concentração do Esgoto

Para quantificar a concentração do material orgânico são utilizados os testes DBO_5 e DQO. No teste de DBO_5 o oxidante é o oxigênio dissolvido, o qual é utilizado pelas bactérias aeróbias heterótrofas no processo catabólico de quebra das moléculas orgânicas. Este teste mede a fração biodegradável do material orgânico. No teste de DQO o material orgânico é oxidado quimicamente por um oxidante forte (dicromato de potássio) a uma temperatura elevada (150 °C) durante 2 horas. (APHA, 1989). Sob essas condições praticamente todas as substâncias são oxidadas. Portanto o teste de DQO fornece a concentração total do material orgânico, não distinguindo entre o biodegradável e o não biodegradável. O poder poluente do esgoto será maior quanto mais elevada for a concentração da matéria orgânica (Mendonça, 1990).

A composição e a concentração do esgoto numa comunidade dependem dos níveis sócio econômicos, dos hábitos alimentares, da qualidade e quantidade de água consumida pela população. Em países onde o consumo de água é alto (350 - 400L/hab.dia), como os Estados Unidos, a DBO_5 varia de 200 a 250 mg/L, enquanto que nos países tropicais, onde o consumo é bem menor (40 a 100L/hab.dia) a DBO_5 média é em torno de 400 a 700 mg/L. Portanto o poder poluente das águas residuárias nos países tropicais é bem maior (Silva e Mara, 1979, Azevedo Netto e Hess, 1970)

A concentração de DBO_5 varia de país para país, e as

diferenças são devidas principalmente às variações em quantidade e qualidade dos despejos provenientes de cozinhas do que propriamente das fezes humanas. A Tabela 2.1 mostra a variação da DBO_5 em vários países.

Tabela - 2.1 Concentração de DBO_5

Países	Concentração DBO_5 (mg/L)
Quênia	448
Brasil	288
India	282
Peru	175
Israel	285
USA	213
Reino Unido	324

Fonte: Mara: 1976

2.3 - Classificação do Esgoto Doméstico

Metcalf e Eddy (1979), Pessoa e Jordão (1982) classificaram a concentração dos esgotos como sendo forte, médio e fraco, utilizando parâmetros como DBO_5 , DQO e sólidos. Mara (1976) classifica o esgoto doméstico em função de sua DBO_5 e sua DQO, como fraco, médio, forte e muito forte. As concentrações dos referidos parâmetros variam de autor para autor, como mostra a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Composição Típica do Esgoto Doméstico.

		Muito Forte	Forte	Médio	Fraco
DBO ₅	*	> 750	500	350	< 200
	**	-	400	200	110
	***	-	300	200	100
DQO	*	> 1.500	1.000	700	< 400
	**	-	1.000	500	250
	***	-	-	-	-
ST	*	-	-	-	-
	**	-	1.200	720	350
	***	-	1.000	500	200
STF	*	-	-	-	-
	**	-	-	-	-
	***	-	300	150	80
STV	*	-	-	-	-
	**	-	-	-	-
	***	-	700	350	120
SS	*	-	-	-	-
	**	-	350	220	100
	***	-	500	300	100
SSF	*	-	-	-	-
	**	-	75	55	20
	***	-	100	50	30
SSV	*	-	-	-	-
	**	-	275	165	80
	***	-	400	250	70
SSed	*	-	-	-	-
	**	-	20	10	5
	***	-	-	-	-

Fonte: * Mara (1976); ** Metcalf e Eddy (1979); *** Pessoa e Jordão (1982).

2.4 - Características Biológicas

O objetivo do esgotamento urbano, é evitar o contato humano com os despejos, pelo fato das águas servidas conterem organismos transmissores de doenças. O esgoto bruto contém uma grande variedade de organismos patogênicos, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos. As fezes humanas contaminadas são um veículo de doenças infecciosas. As doenças de veiculação hídrica são responsáveis por elevadas taxas de morbidade e

mortalidade. A comissão Blante (Pinto, 1989), avaliou que, nos países em desenvolvimento, de 20 a 25 milhões de crianças com menos de 5 anos morrem anualmente, sendo que um terço destas mortes são atribuídas a agentes veiculados por águas poluídas. Dados do Banco Mundial mostram que 25% dos enfermos atendidos nos Centros de Saúde apresentam doenças relacionadas com excretas. (Ceballos, 1990).

A Tabela 2.3 apresenta doenças relacionadas como os organismos patogênicos contidos nas fezes presentes nos esgotos. A quantidade e a variedade destes agentes dependem das epidemias que ocorrem na população. (Lesser et alii, 1985)

Os organismos patogênicos, listados na Tabela 2.3 devem ser detectados para que medidas sanitárias sejam adotadas.

As bactérias são organismos microscópicos, unicelulares, de forma e tamanho variados que se multiplicam assexuadamente (Pelczar, 1980). As bactérias presentes no meio ambiente podem ser classificadas em patogênicas e não patogênicas. Dentre as primeiras e de veiculação hídrica, destacam-se Salmonella typhi, Salmonella sp, Shigella sp, e Vibrio cholerae, Campylobacter, frequentes em águas poluídas com material fecal.

Tabela 2.3 - Principais doenças transmitidas por organismos patogênicos contidas nas fezes.

Patógeno	Reservatório	Doença
<i>Salmonella typhi</i>	homem	febre tifóide
<i>Salmonella paratyphi</i>	homem	febre paratífóide
<i>Shigella Spp</i>	homem	disenteria bacilar
<i>V. cholerae</i>	homem	cólera
<i>Campylobacter spp</i>	homem e animais	diarréias
<i>Yersinia enterocolitica</i>	homem e animais	diarréias e septicemias
<i>Giardia lamblia</i>	homem e animais	diarréia e má absorção intestinal
<i>Entamoeba histolytica</i>	homem	diarréias, abscessos no fígado, e ulcerações no colon
<i>Salantidium coli</i>	homem e animais	diarréia e ulcerações no colon
<i>Ascaris lumbricoides</i>	homem-solo-animais	ascaridíase
<i>Trichuris trichiura</i>	homem-solo-animais	trichuriase
<i>Enterobius vermicularis</i>	homem - homem	enterobiase
<i>Ancylostoma duodenale</i>	homem-solo-animais	ancilostomíase
<i>Taenia solium</i>	homem-porco-homem	taeniase
<i>Taenia saginata</i>	homem-vaca-homem	taeniase
<i>Hymenolepis nana</i>	homem ou roedor-homem	himenalepiase
<i>Schistosoma haematobium</i>	homem - caramujo	esquistosomose
<i>Schistosoma mansoni</i>	homem e animais-caramujo	esquistosomose

Fonte: Adaptado de Feachem et alii 1980.

A pesquisa direta de bactérias patogênicas em águas e no meio ambiente é muito complexa. Elas pertencem a espécies

diferentes, exigindo técnicas específicas e pessoal qualificado. Além disso, são descarregadas no meio ambiente de forma intermitente e em números reduzidos, o que as tornam ainda mais difíceis de serem detectadas. Por essa razão foi necessário definir um grupo de bactérias indicadoras de contaminação fecal, mais fácil de identificar e quantificar. (Cairncross e Feachem, 1983).

Segundo Feachem et alii (1983), uma bactéria indicadora de poluição fecal deve reunir as seguintes características:

- ser um componente normal da flora intestinal de indivíduos sadios;
- ser de origem estritamente fecal;
- estar presente sempre que microrganismos patogênicos intestinais estiverem presentes;
- apresentar números mais elevados que os patógenos intestinais;
- não se reproduzir fora do intestino;
- ter resistência igual ou maior, aos fatores ambientais, que os organismos patogênicos fecais;
- ser fácil de detectar e quantificar;
- não ser patogênica.

Todo animal sadio de sangue quente contém em sua flora intestinal, bactérias aeróbias que formam uma micro-flora, pesando em torno de 25 a 35% do peso seco total das fezes, e não são patogênicas uma vez que o intestino é seu habitat natural (Costa, 1980).

Dentre as bactérias do trato intestinal que satisfaz a maioria dos requisitos para serem indicadoras destacam-se as pertencentes ao grupo coliforme. Este inclui bastonetes Gram-negativos, não esporulados, aeróbios ou aeróbios facultativos, que fermentam a lactose com produção de gás em 24 - 48 horas a 35 - 37°C. O grupo coliforme divide-se em coliformes totais e coliformes fecais. O sub-grupo coliformes totais é constituído por 4 gêneros da família Enterobacteraceae: Escherichia (E.coli); Citrobacter spp; Enterobacter spp; Klebsiella spp. Todos eles, são encontrados naturalmente no meio ambiente, exceto o E.Coli. Esta bactéria é a principal componente do sub-grupo coliformes fecais. Os animais de sangue quente eliminam nas fezes um elevado número de coliformes (cerca de 10^6 - 10^7 por grama de fezes) dos quais 90% são E.coli (Ceballos, 1990).

Nos países tropicais outros organismos patogênicos que frequentemente estão nas fezes humanas são os helmintos, cuja presença em esgoto não pode ser avaliado através de bactérias indicadoras. Torna-se então necessário a utilização de um indicador apropriado para esse grupo. Foi sugerido pela OMS (1989) a utilização de A. lumbricoides como indicador mais adequado para este grupo de patógenos. No Brasil o estudo de helmintos é de grande importância devido à elevada frequência com que são encontrados em grande parte da população. Campos (1988) considera que 70 milhões de brasileiros apresentam doenças causadas por helmintos. As doenças parasitárias se ca-

racterizam pelo prolongado estado mórbido, as quais sem levar necessariamente à morte, debilitam o indivíduo diminuindo seu rendimento e capacidade de trabalho.

Um esquema do ciclo doença x pobreza elaborado pela OMS é mostrado na Figura 2.3

é típico da região nordeste, onde o tempo de vida média de seus habitantes, especialmente da zona rural e área urbana e periférica, é em torno de 56 - 59 anos, enquanto que nas regiões mais desenvolvida essa idade é de pelo menos 75 anos. Dentre as causas dessa redução estão as infecções repetidas, geralmente parasitoses, e doenças de base, como esquistossomiase, malária, etc.

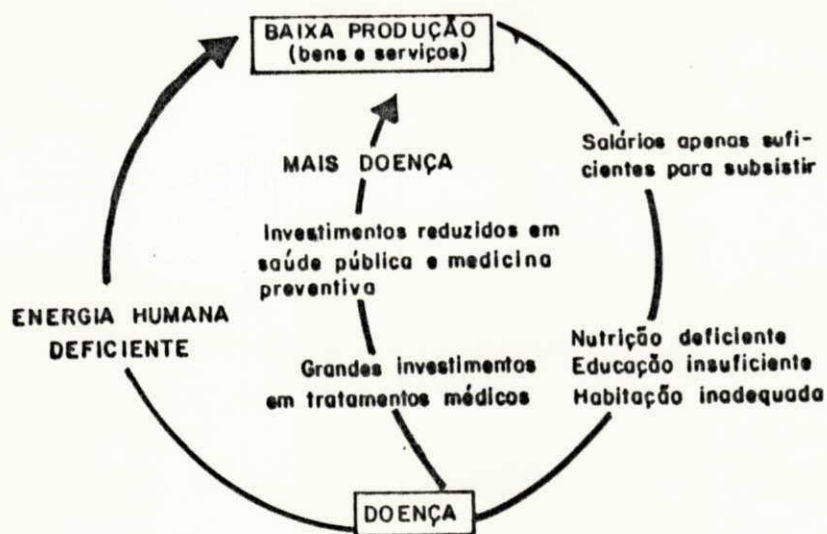


Figura 2.3 - Ciclo Doença x Pobreza, (Neves, 1987).

Os helmintos (ou vermes) são classificados em 3 Phyla:

- a - Platyhelminthes ou vermes chatos, com três classes:
Trematoda, Cestoda e Tubelária;
- b - Nemathelminthes ou vermes cilíndricos com duas classes:
Nematoda e Nematomorfa;
- c - Acantocephala ou vermes arredondados.

Estão associados à veiculação hídrica, entre outros, Ascaris lumbricoides, Thichuris trichiura e Ancylostoma (Classe Nematoda) e Hymenolepis nana, Taenia solium e saginata (Classe cestoda); Schistosoma (Classe Trematoda)

Ascaris lumbricoides descrito por Lineu em 1758 é o mais cosmopolita dos helmintos, sendo conhecido desde a antiguidade. Ele parasita indivíduos de quase todos os países e de todas as idades, preferencialmente crianças. Chega ao meio ambiente junto com as fezes contaminadas. É popularmente conhecido por "lombriga" e causa a doença denominada ascaridiose ou ascaridíase (Neves, 1987). A fêmea que mede entre 35 e 48 cm, após ser fecundada pelo macho (medindo entre 20 e 30 cm) produz cerca de 200 mil ovos por dia. Este helminto é do tipo monoxênico, isto é, não existe hospedeiro intermediário na sua transmissão. O homem se infecta através da ingestão de ovos embrionados infectivos que entram pela boca através de mãos sujas, água ou alimentos contaminados. No entanto, insetos como moscas e baratas são capazes de veicular mecânicamente os ovos infectivos. Estes ovos são claros, porém tornam-se escuros devido à pigmentação das fezes. Medem cerca

de 70 micra de comprimento por 35 a 50 micra de largura. São muito característicos apresentando forma alongada ou oblonga e são bastante resistentes, devido à membrana mamilonada, que está situada sobre outras duas.

Os fatores que mais influenciam no período de sobrevivência do ovo de Ascaris lumbricoides no meio externo são temperatura, luz solar, umidade e teores de oxigênio dissolvido (Feachem *et alii*, 1983; Pessoa e Martins, 1978).

O estudo do ciclo do A.lumbricoides pode ser iniciado quando os ovos entram em contato com o meio externo (Figura 2.4) Sob condições ambientais favoráveis, principalmente temperatura (25 - 30°C), umidade (70%) e oxigênio, no ovo fértil, o embrião se desenvolve em aproximadamente 15 dias (estágio L1). Após uma semana em L1, sofre uma muda e se transforma em L2 infectante. As larvas em L2 podem se manter nesse estado por vários meses até serem ingeridas pelo hospedeiro. A fase evolutiva tem início através da ingestão dos ovos infectados L2 pelo homem. Eclodem ao chegarem no intestino delgado, entrando no sistema linfático por pequenas vias, invadem o fígado dirigindo-se ao coração. Daí migram para os pulmões, onde sofrem muda para L3. Rompendo os capilares caem nos alvéolos, onde sofrem muda para L4. Sobem pela árvore respiratória chegando até a faringe onde podem ser expelidas ou deglutidas pelo hospedeiro e, neste caso, descem pelo esôfago amadurecendo no intestino (L5), onde as fêmeas adultas são fecundadas pelos machos, reiniciando-se novo ciclo.

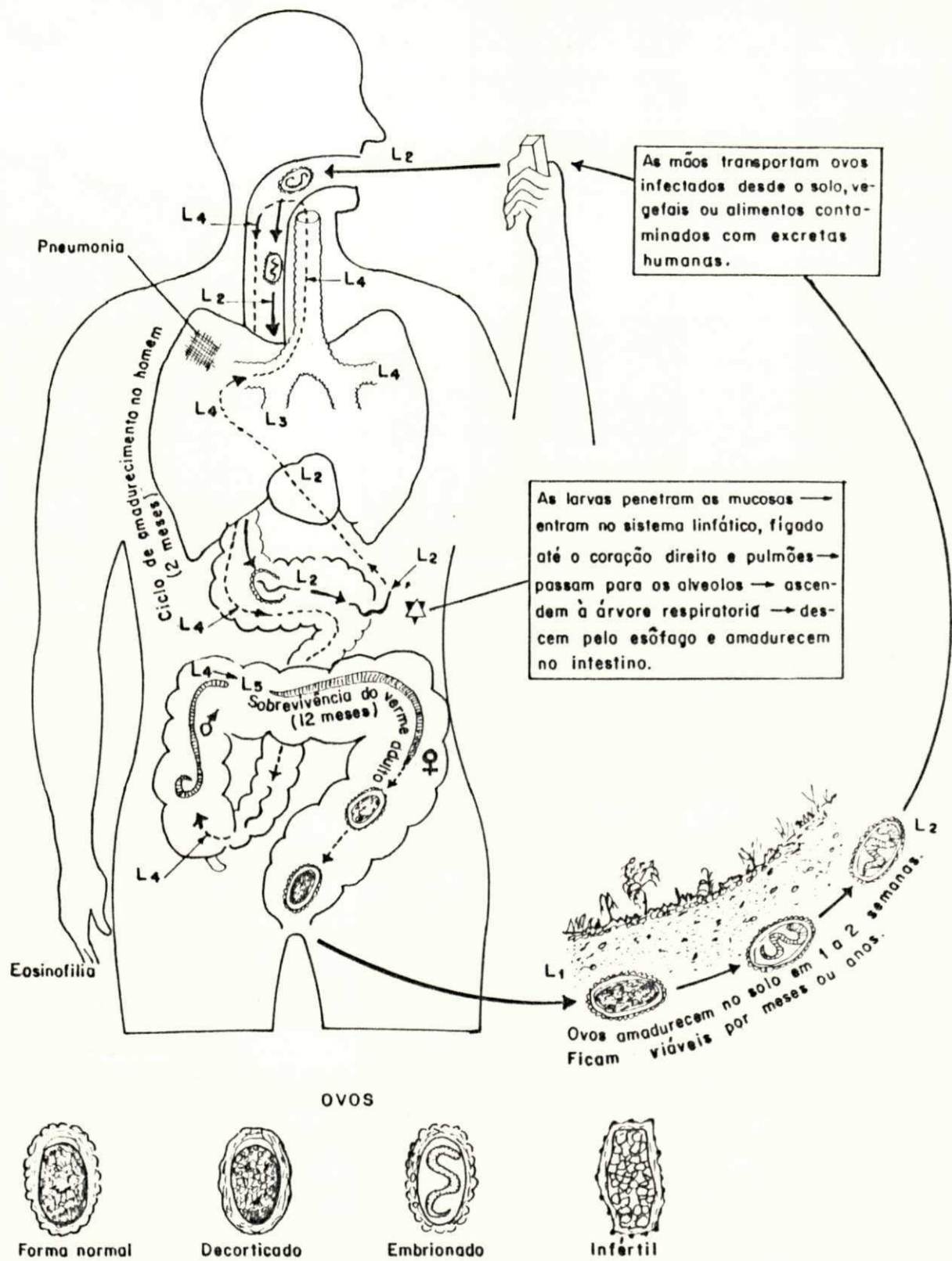


Figura 2.4 - Ciclo do *Ascaris lumbricoides* (Jessrey, Leach, 1975)

O A.lumbricoides é encontrado em quase todos os países, principalmente nos países tropicais por possuírem condições ambientais bastante favoráveis à evolução dos ovos atingindo cerca de 70 a 90% das crianças na faixa etária de 1 a 10 anos. A proliferação da ascaridiose é mais comum em regiões úmidas e pobres onde a população, segundo, Neves (1987) tem baixo padrão de vida e escasso poder aquisitivo que condenam à falta de recursos médicos sanitários e à precária proteção em geral. Isto não acontece nas classes mais privilegiadas, com elevado padrão sanitário e alimentar, onde as crianças que adquirem alguma verminose, a eliminam em poucos meses.

Pessoa e Martins (1978) menciona estudos realizados nos Estados Unidos mostrando que o A.lumbricoides é mais prevalente em crianças de idade pré-escolar do que na população restante. A verminose espalha-se através dos ovos que se desenvolvem facilmente no solo e são disseminados pelo vento e poeira, a longa distancia, contaminando crianças que brincam em quintais e pátios. Feachem, et alii (1983) mencionam que a maneira mais comum de transmissão do Ascaris é nos jardins pelo adubo e pelas fezes de crianças contaminadas, no campo, quando se utiliza o "night soil" ou lodo como fertilizantes, e por meio do consumo de legumes e frutas contaminadas. Afirmam ainda que a transmissão pelo solo é provavelmente responsável pelo maior índice de contaminação em populações pobres, em virtude da falta de saneamento básico. Ainda, a infecção pode ser transmitida também por animais domésticos como cachorros e

porcos. Alguns estudos constataram que estes animais podem ingerir ovos de helmintos. Os porcos, por exemplo, por serem consumidores de fezes humanas podem disseminar ovos, através de suas fezes.

A ascariidose é uma das helmintoses mais comuns no Brasil e embora não leve seu hospedeiro à morte, o torna debilitado e diminui sua capacidade de trabalho.

O A.lumbricoides causa uma série de problemas tais como: inflamação pulmonar, irritação bronquial crônica, hemorragias (petequias) ocasionadas pelo traumatismo das larvas ao passar dos vasos sanguíneos para os alvéolos, cistite aguda, causada pelas larvas na urina. Verifica-se ainda que a ascariidose pode apresentar um conjunto de sintomas simulando a meningite tuberculosa, que afeta as crianças,.

O A.lumbricoides provoca também reações tóxicas sobre o hospedeiro. São observados em casos de parasitismo, crises de urticária e edemas demonstrando a existência de um estado alérgico, consequência de uma reação entre antígenos parasitários e anticorpos alergizantes, elaborados pelo organismo parasitado.

Pessoa e Martins (1989) relatam que Casparis e Leathers (s/d) estudando indivíduos infestados observaram que o sintoma mais comum (70% dos indivíduos parasitados) é a cólica abdominal, seguido por náusea e enjôo.

Segundo Keller e et alii (s/d) citados por Pessoa e Martins (1978) a respiração opressa, assinalada em 16% dos pa-

rasitados, e a tosse coqueluchóide podem estar em relação com migração pulmonar das larvas. É também grande a frequência do sono intranquilo, e o ranger dos dentes ao dormir.

A disseminação de doenças de transmissão hídrica é favorecida pela falta de hábitos higiênicos da população em consequência da ausência de saneamento básico. A coleta e tratamento das águas residuárias é imprescindível no controle da poluição e na interrupção do ciclo epidemiológico dessas doenças.

O tratamento dos esgotos sanitários consiste na remoção de material orgânico e microrganismos, presentes na água, utilizando processos de remoção físicos, químicos e biológicos. Os processos biológicos de remoção de cargas orgânicas, produzem a biodegradação da matéria orgânica através de reações bioquímicas resultantes de ação de bactérias, (Silva, 1982; Branco, 1986; Mendonça, 1990).

2.5 - Sistemas de Tratamento das Águas Residuárias

As águas residuárias são coletadas e conduzidas pela rede de esgotos, até estações de tratamento, cujos efluentes são descarregados em corpos receptores. Embora escoando superficialmente, os esgotos nem sempre são identificados pela população, principalmente pelas crianças, constituindo um perigoso foco de contaminação. Frequentemente águas poluídas são utilizadas para irrigação de hortas, dessedentação de animais, recreação e lavagens de roupa, trazendo grandes prejuízos à

saúde pública. Portanto, o lançamento das águas residuárias tratadas ou parcialmente tratadas em um corpo receptor não deve exceder à sua capacidade de autodepuração, e o número de organismos indicadores fecais deve ser o mínimo possível. Por estas razões faz-se necessário o tratamento das águas servidas.

Existem vários métodos de tratamento utilizados no processo de depuração de águas residuárias.

Em países tropicais o tratamento de esgotos sanitários se faz, por exemplo, utilizando as lagoas de estabilização. Este é um método eficaz favorecido pelas condições climáticas tropicais que permitem o desenvolvimento de processos biológicos de estabilização da matéria orgânica e é econômico pela sua simplicidade de construção, utilização, operação e manutenção.

As lagoas de estabilização podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas e de maturação:

As lagoas anaeróbias são frequentemente usadas como um pré-tratamento. Possuem normalmente uma profundidade de 2 a 5m, o que permite a acumulação do lodo na lagoa (Bradley e Silva, 1976). Nas lagoas anaeróbias não há oxigênio livre na massa líquida. O tratamento é efetuado principalmente através do processos de sedimentação e da decomposição anaeróbia da matéria orgânica (Arthur, 1983). Nestes reatores os sólidos provenientes do esgoto bruto sedimentam no fundo da lagoa, formando uma camada de lodo que são digeridos anaerobicamente

pelas bactérias acidogênicas e metanogênicas formando CO_2 e CH_4 , H_2S , NH_3 , etc. As primeiras convertem os compostos orgânicos complexos, presentes nos esgotos em moléculas orgânicas mais simples. Os carboidratos, como a celulose e o amido são convertidos em ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois; os lípidos (gorduras e óleos) em glicerol e ácidos graxos que posteriormente são transformados em álcoois, aldeídos e ácidos; as proteínas são degradadas em aminoácidos que por sua vez são convertidos em ácidos orgânicos, mercaptanas e aminas. Estes produtos de degradação ácida principalmente o ácido acético, são substrato para a ação das bactérias metanogênicas, que convertem este material para metano e dióxido de carbono. Essas bactérias são sensíveis a mudanças de temperatura e pH. São microrganismos estritamente anaeróbios, sendo o O_2 extremamente tóxico para elas. O sucesso das lagoas anaeróbias depende do equilíbrio entre as duas populações bacterianas: a formadora de ácidos orgânicos e a formadora de metano. As temperaturas devem permanecer acima de 15°C e o pH entre 6,8 e 7,4 (Konig, 1990). A maior desvantagem de lagoas anaeróbias é o desprendimento de maus odores, principalmente quando a carga volumétrica ultrapassa a $400\text{g DBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{d}$ (Mara e et alii, 1983). São projetadas para reduzir a DBO podendo atingir remoção de até 70%. Seu tempo ótimo de detenção é de 5 dias (Mara, 1976).

As lagoas facultativas são as mais utilizadas. São tanques com profundidade entre 1 a 2m. Quando recebem água resi-

duária bruta, são chamadas de lagoas facultativas primárias e quando recebem despejos com tratamento primário são denominadas lagoas facultativas secundárias. Nestas lagoas a estabilização da matéria orgânica ocorre por processos de digestão anaeróbia nas camadas inferiores, e por processos de oxidação aeróbia nas camadas superiores. Na camada superior, o tratamento biológico é realizado pela interação simbiótica entre algas e bactérias. As bactérias aeróbias consomem a matéria orgânica liberando CO_2 , água, NH_4^+ e PO_4^{3-} e consumindo oxigênio. As algas por sua vez usam esses compostos e na presença da luz solar, realizam a fotossíntese gerando novas células, liberando para a massa líquida como subproduto o oxigênio que é aproveitado pelas bactérias aeróbias e facultativas na formação de novas células (Canter, 1969). No fundo deste reator, os sólidos sedimentáveis sofrem um processo de degradação anaeróbia com liberação de metano, hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e dióxido de carbono. Esses gases tendem a subir em direção à superfície, onde boa parte escapa para a atmosfera (Quano, 1983). O principal papel da lagoa facultativa é a remoção da matéria orgânica, usualmente entre 60 e 80% da DBO_5 afluente (Pearson, 1987). Ocorre também remoção de parasitos e redução de, no mínimo, uma ordem de grandeza de coliformes fecais.

As lagoas de maturação (ou de polimento) são usadas para melhorar as condições do efluente de outras lagoas ou de qualquer outro tipo de tratamento biológico. Têm usualmente 1

a 2m de profundidade e são utilizadas principalmente para a redução de organismos patogênicos, especialmente bactérias e vírus (Mara et alii, 1983), e contribuem na eliminação de parasitos intestinais, além de reduzir sólidos em suspensão, nutrientes e metais pesados, ou ainda promover uma razoável remoção de DBO (Gloyna et alii, 1976).

O monitoramento de lagoas de estabilização é feito através de análises laboratoriais da qualidade físico - química e microbiológica do EB e dos efluentes das lagoas que compõem o sistema.

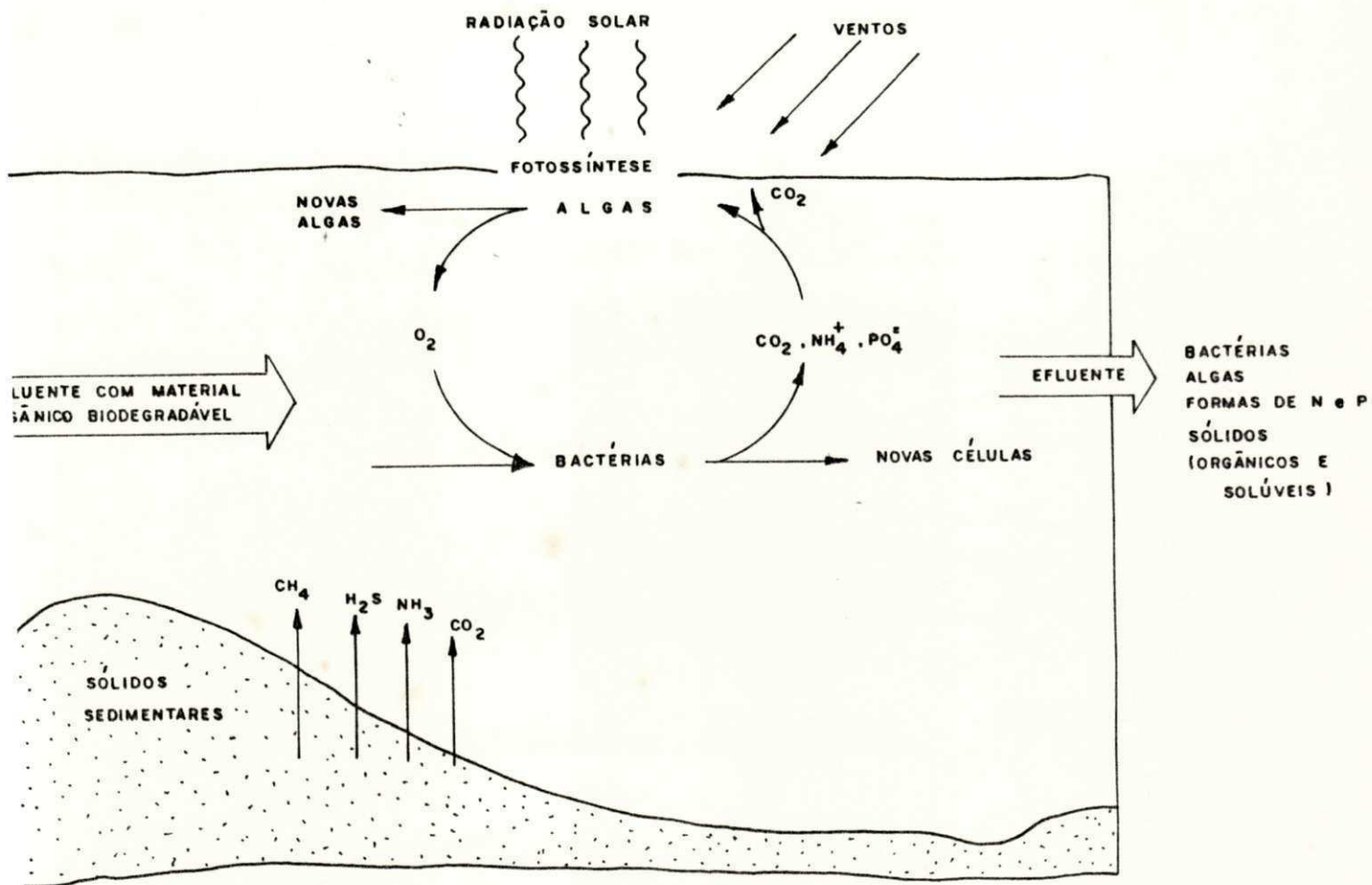


Figura 2.5 - Esquema de funcionamento de uma lagoa facultativa (adaptado de Pessoa e Jordão, 1982).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Descrição do Sistema Experimental

A pesquisa foi desenvolvida nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) das cidades de Campina Grande (7°15'18''S, 35°52'36''O; 550 m a.n.m), Guarabira (6°51'18''S, 35°29'24''O; 98 m a.n.m) e Sapé (PB) (7°06'00''S, 35°13'48''O, 124 m a.n.m).

Em Campina Grande, os esgotos chegam à estação por gravidade, através de dois interceptores, denominados Depuradora e Bodocongó. O interceptor da Depuradora conduz os esgotos das bacias nordeste, sudoeste e central e o de Bodocongó, a da bacia oeste. O sistema de tratamento é constituído por duas lagoas em série, projetadas para funcionar com aeração mecânica, sistema este que não funcionava durante a realização da pesquisa.

A ETE de Guarabira é constituída de dois módulos em paralelo, formados cada um deles por duas lagoas de estabilização em série, sendo uma anaeróbia seguida de uma facultativa. Durante o desenvolvimento da pesquisa as ligações domiciliares não estavam totalmente implantadas, e o esgoto que chegava da cidade era tratado apenas no módulo 1. A alimentação da lagoa anaeróbia era feita de forma intermitente através do bombeamento do esgoto bruto de uma estação elevatória (EE2).

A ETE de Sapé é constituída por uma lagoa facultativa primária e trata os esgotos da cidade, proveniente de três ba-

cias. A bacia (A) chega à estação por gravidade e é alimentada pelas outras duas (bacias B e C) por recalque.

As características físicas dos três sistemas de tratamento são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Caracterização física das lagoas de estabilização que constituem as ETE's de Campina Grande, Guarabira e Sapé (PB).

	Campina Grande		Guarabira		Sapé
Lagoas	LA1	LA2	A1	F1	F1
Comp. (m)	140	140	44,25	207,6	260 *
Larg. (m)	110	110	23,0	52,6	100 *
Prof. (m)	3,5	3,5	3,7	2,2	2,2 **
Area (m ²)	15.400	15.400	1.018	10.920	26.000

* valores aproximados devido à forma irregular da lagoa; ** profundidade adotada para o projeto; LA-lagoa aerada; A-lagoa anaeróbia; F-lagoa facultativa.

3.2 - Metodologia da Pesquisa

3.2.1 - Descrição dos Trabalhos de Campo

3.2.1.1 - Monitoramento

O trabalho experimental foi iniciado em janeiro de 1991 e encerrado em outubro do mesmo ano abrangendo um total de 10 meses. As coletas de amostra foram efetuadas quinzenalmente às

8 horas. As amostras para análises dos parâmetros físico-químicos eram coletadas em garrafas plásticas, devidamente identificadas, com capacidade de 1,5 litros. Para as análises microbiológicas eram usadas garrafas de vidro ambar, de boca larga, esterilizadas a 160°C em estufa, por duas horas. As amostras eram acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo e transportadas para o laboratório da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AES/A) - UFPb - Campus II. As análises eram executadas num prazo máximo de 2 horas após a coleta.

* Na ETE da Catingueira (Campina Grande, Figura 3.1) foram analisados o esgoto bruto (EB-CG) e os efluentes das lagoas 1 e 2 (LA1 e LA2) cujas amostras eram coletadas após o gradeamento (EB), junto à tubulação afluyente à segunda lagoa (LA1) e vertedouro (LA2). Na ETE de Guarabira (Figura 3.2) o esgoto bruto (EB-G) era coletado no tanque de alvenaria localizado antes da caixa de areia. No efluente da lagoa anaeróbia (A1-G) a coleta era realizada na tubulação de saída desse reator, e o efluente da lagoa facultativa (F1-G) era coletado junto ao vertedouro triangular situado no canal de saída do reator. Na ETE de Sapé somente o esgoto bruto (EB-S) e o efluente da lagoa primária (F1-S) eram coletados. O primeiro, no tanque de chegada e o segundo no canal de saída (Figura 3.3).

3.3.1.2 - Estudos no Ciclo Diário

Com a finalidade de caracterizar as variações da quali-

dade físico-química e microbiológica no EB e efluentes das lagoas, foram realizados estudos (um em cada ETE) ao longo do ciclo diário, com duração de 22 horas, com coletas de amostras realizadas a cada duas horas. No momento da coleta eram feitas a leitura da temperatura da amostra e a determinação do oxigênio dissolvido.

3.3 - Parâmetros Analisados e Métodos Analíticos

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), e Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), e Sólidos Sedimentáveis (SSed). Os parâmetros microbiológicos determinados foram Coliformes Fecais (CF) e Ovos de Helminhos.

As análises físico-químicas seguiram as recomendações da APHA (1989). Os métodos analíticos utilizados foram:

- a) **temperatura:** sua determinação foi realizada com um termômetro de filamento de mercúrio marca INCOTERM. A temperatura influencia no metabolismo bacteriano afetando a velocidade de degradação da matéria orgânica, além de alterar a solubilidade do oxigênio na água;
- b) **pH:** as medidas de pH foram realizadas com um eletrodo marca Micronal (Modelo B 278), acoplado ao medidor de oxigênio. O termo pH é usado para expressar a concentração de hidrogênio

iônico de uma amostra. Este parâmetro auxilia na caracterização das atividades das bactérias e algas na depuração dos esgotos;

c) **oxigênio dissolvido:** foi determinado através do método eletrométrico com auxílio de um eletrodo de membrana seletiva de oxigênio, acoplado a um medidor tipo YSI MODELO 54. O oxigênio dissolvido é um parâmetro importante, pois permite avaliar se predominam no sistema condições de aerobiose ou de anaerobiose;

d) **demanda bioquímica de oxigênio:** foi quantificada pelo método dos frascos padrões. Este teste expressa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica biodegradável através da atividade de microrganismos, principalmente de bactérias aeróbias presentes na amostra. Permite conhecer a concentração de matéria orgânica possível de ser biodegradada até CO_2 e água;

e) **demanda química de oxigênio:** foi determinada pelo método da refluxação fechada do dicromato de potássio para pequenas amostras. O teste mede a quantidade de oxigênio requerida para a oxidação química da matéria orgânica existente em uma amostra. Uma das limitações no teste de DQO é a impossibilidade de diferenciar a matéria orgânica biologicamente oxidável da biologicamente inerte. Tem a vantagem de fornecer resultados em aproximadamente 3 horas. Por esta razão é muitas vezes usado como substituto para o teste de DBO;

f) **sólidos:** os sólidos totais foram determinados pela evapora-

ção de 100mL de amostra em estufa a 105°C até peso constante. **Os sólidos suspensos** eram obtidos através da secagem do material retido em um filtro de fibra de vidro (Whatman GF/C) a uma temperatura de 105°C por 1 hora. **Os sólidos totais e suspensos fixos** foram obtidos através da calcinação da amostra a 550°C por aproximadamente 30 minutos. **Os sólidos totais e suspensos voláteis** foram obtidos através da diferença entre a concentração total e a fração fixa correspondentes. **Os sólidos totais voláteis** permitem avaliar o teor de sólidos orgânicos existentes nos esgotos. A determinação dos **sólidos sedimentáveis, totais e suspensos** no afluente e efluente da ETE permitem avaliar a quantidade de sólidos removidos pelo tratamento. A determinação dos **sólidos sedimentáveis** consiste na sedimentação de 1 litro da amostra homogeneizada e deixada decantar em um cone de Imhoff por uma hora. Este parâmetro permite verificar o volume de material sólido que irá decantar nos reatores de um sistema de tratamento formando lodo;

g) **coliformes fecais**: este parâmetro foi determinado pelo método de membrana filtrante, de acordo com a técnica descrita no APHA (1989) utilizando-se o meio caldo Lauril Sulfato de Sódio (OXOID) com incubação a 44,5°C, durante 24 horas. Todas as amostras eram processadas em duplicata, após diluições apropriadas em solução tampão fosfato pH 7,2. A determinação dos CF em sistemas de tratamento de esgoto permite quantificar a remoção destes indicadores e indiretamente, o comportamento de bactérias patogênicas;

h) **helmintos:** a determinação de ovos de helmintos foi efetuada através do método de Baillenger (WHO, 1989) para amostras com elevado conteúdo de matéria orgânica. Nos efluentes das lagoas facultativas a quantificação foi realizada pela técnica descrita por Ayres et alii (1989).

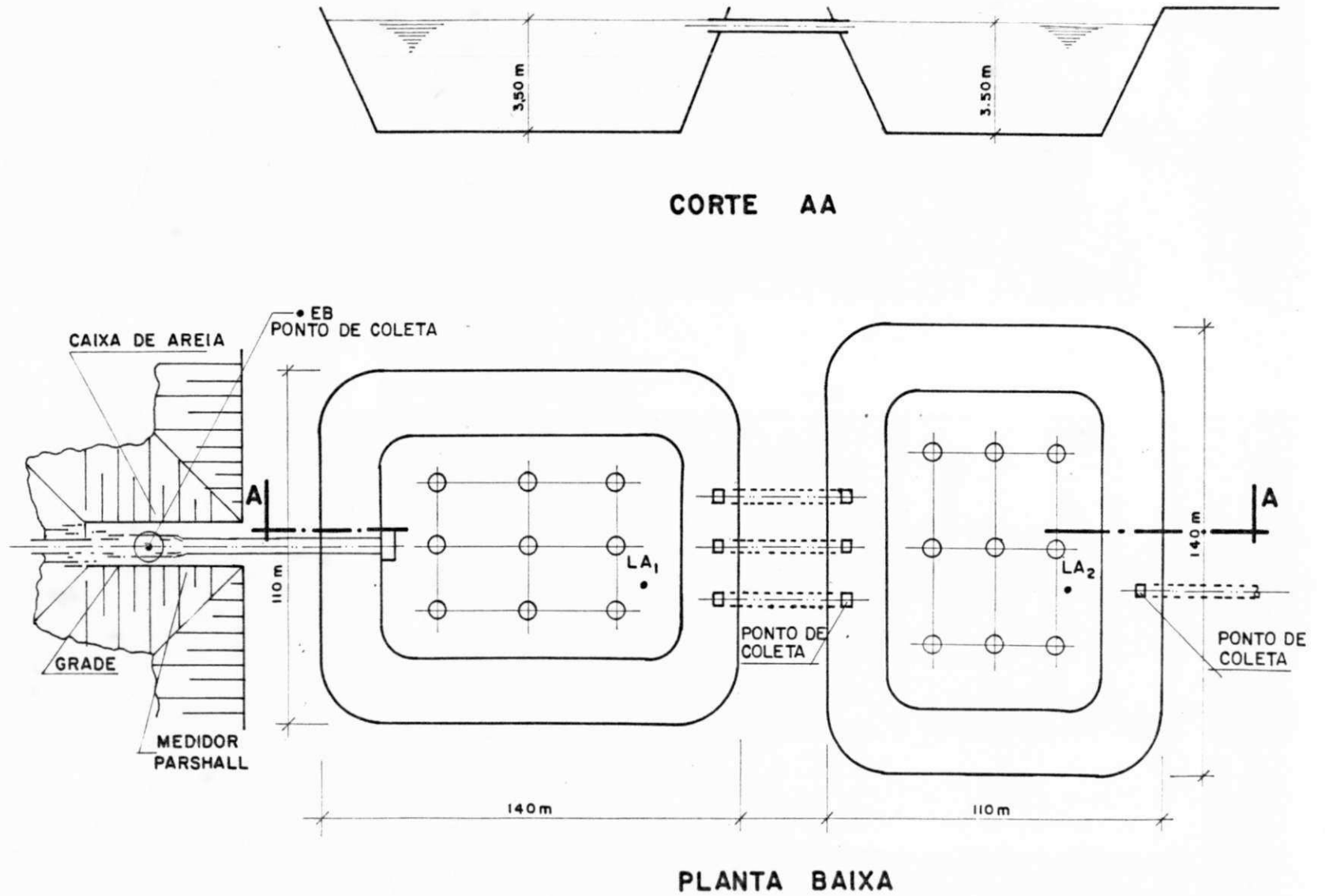


Figura 3.1 - Representação esquemática da ETE de Campina Grande (Pb).

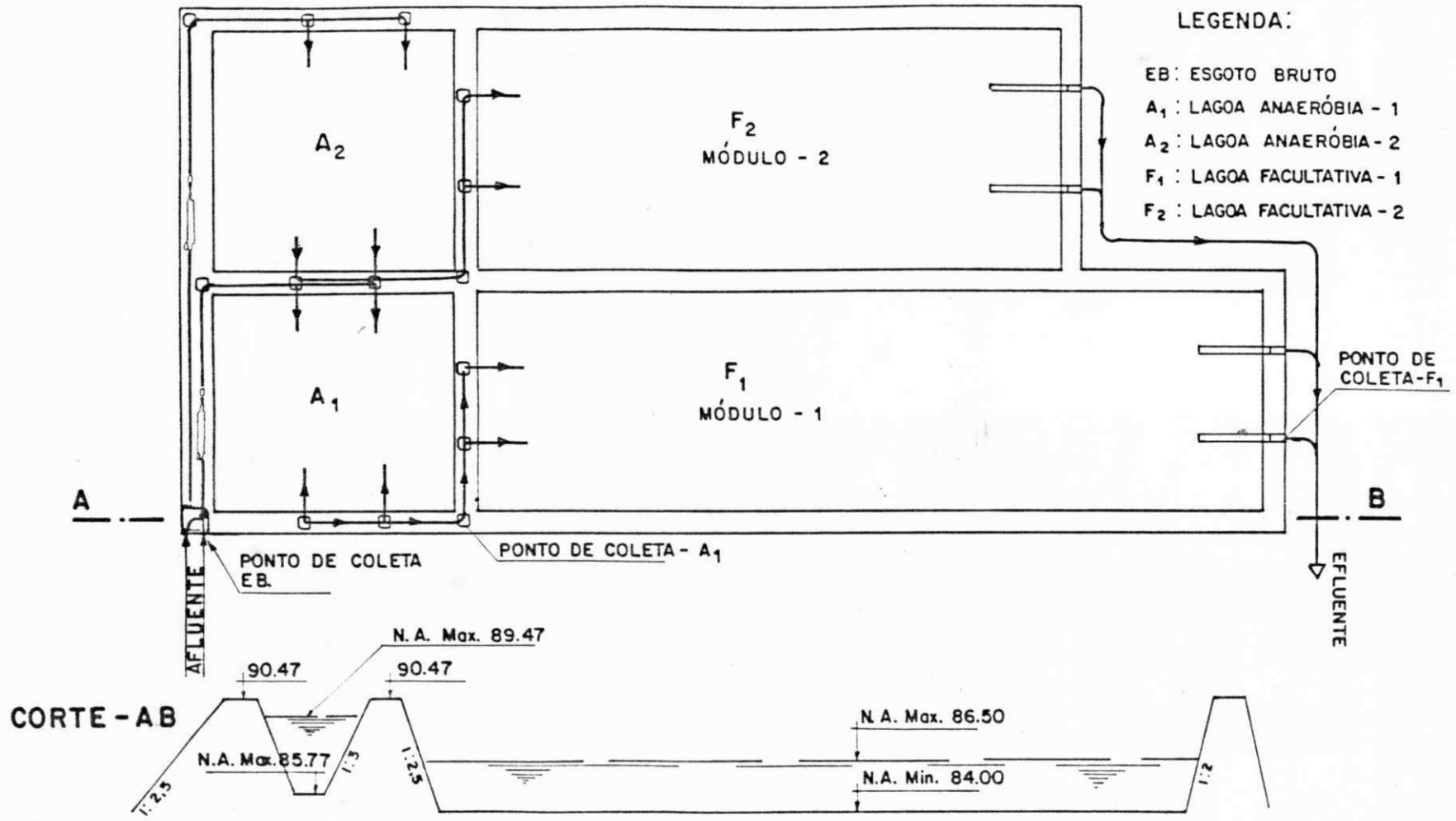


Figura 3.2 - Representação esquemática da ETE de Guarabira (Pb).

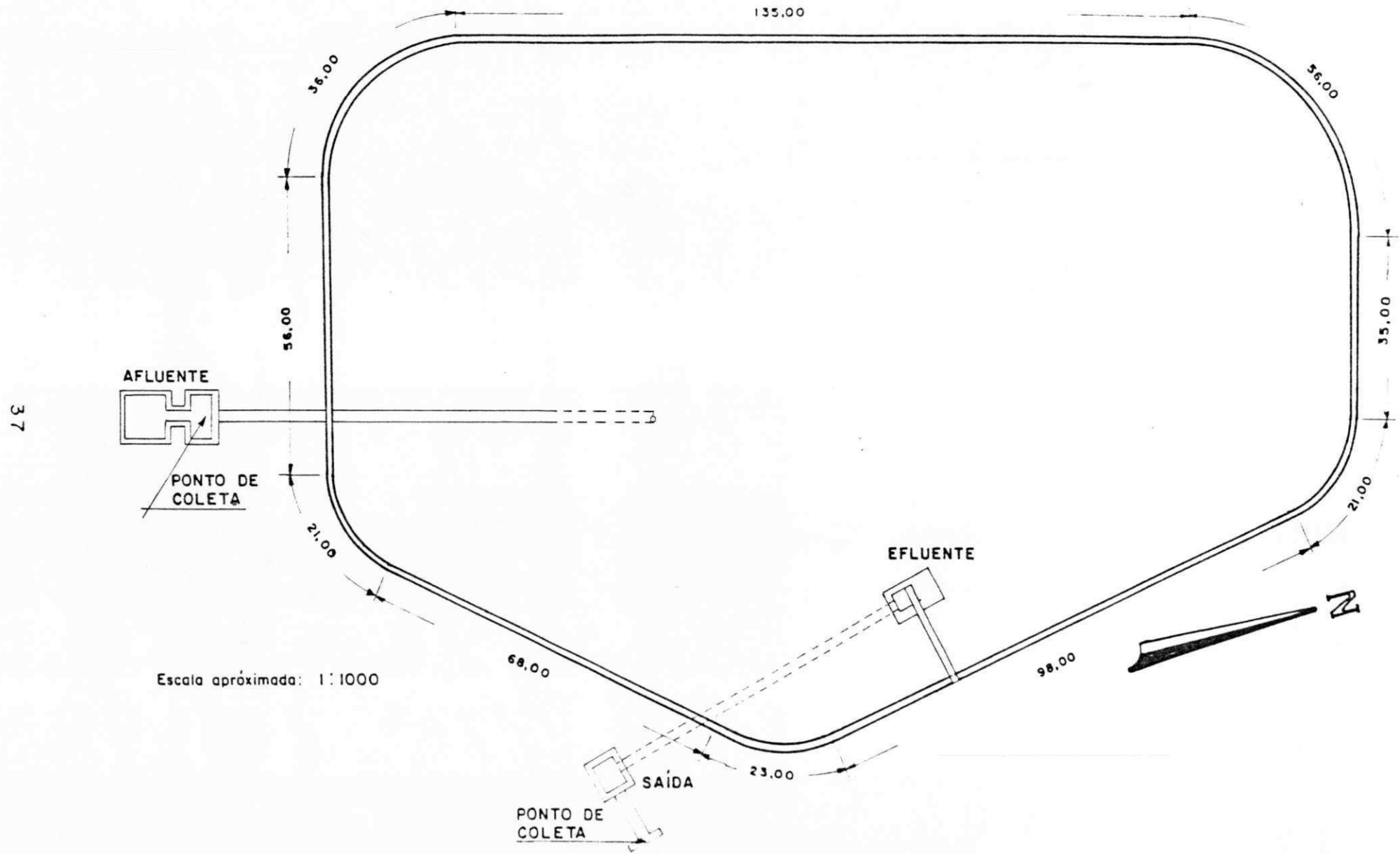


Figura 3.3 - Representação esquemática da ETE de Sapé (Pb).

4 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 - Monitoramento dos Sistemas de Lagoas de Estabilização

4.1.1. - Temperatura

As Figuras 4.1, 4.2, e 4.3 mostram as médias mensais da temperatura do esgoto bruto e efluentes das lagoas que compõem as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) de Campina Grande, Guarabira e Sapé.

Os valores mínimos e máximos da temperatura observados na ETE de Campina Grande (Figura 4.1) foram de 21 e 26°C e foram registrados respectivamente no efluente da lagoa 2 no mês de setembro de 1991 e nos efluentes das lagoas 1 e 2 no mês de abril do mesmo ano. No esgoto bruto e efluentes das lagoas 1 e 2, o valor médio foi de 24°C mostrando que houve uniformidade desse parâmetro ao longo do período experimental.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.2), a temperatura máxima foi de 28°C no esgoto bruto nos meses de março e abril de 1991, e nos efluentes das lagoas foi de 27°C (A1) e de 27°C (F1). Nos meses de agosto e setembro houve uma diminuição para 23°C tanto no EB como no efluente final do sistema. A temperatura média foi mais elevada no esgoto bruto (26°C) diminuindo nos efluentes das lagoas anaeróbia e facultativa (25°C). Foi verificado que em 50% das amostras de esgoto bruto a temperatura foi superior às dos efluentes. Valores mínimos e máximos de 23 e 28°C também foram registrados na ETE de Sapé (Figura 4.3). Os valores médios da temperatura do esgoto bruto desta

ETE foram iguais ou superiores aos do efluente da lagoa facultativa. As temperaturas mais elevadas nos três sistemas corresponderam aos meses de verão (janeiro, fevereiro, abril e outubro). O decréscimo dos valores deste parâmetro foi devido à chegada do inverno (maio, junho, agosto e setembro) caracterizado pela intensa precipitação pluviométrica, diminuição das horas de insolação e uma pequena diminuição da temperatura ambiental. Os valores médios de temperatura nos dois sistemas (Guarabira e Sapé) estiveram sempre na faixa adequada para a atividade microbiana.

4.1.2 - pH

O esgoto bruto de Campina Grande (Figura 4.4) apresentou características levemente alcalinas, com valores de pH entre 7,4 e 8,0. Os processos biológicos anaeróbios, desenvolvidos na lagoa 1, ocasionaram a redução do valor médio do pH para 7,1 e os valores mensais estiveram entre 6,8 e 7,4. Na lagoa 2 os valores mensais de pH permaneceram próximos ao neutro 7,1 e 7,5 com um valor médio de 7,2, próximo ao observado na LA1.

As variações de pH nas amostras da ETE de Guarabira (Figura 4.5) mostraram, no esgoto bruto, valores próximos ao neutro (6,8 - 7,5) apresentando uma ligeira diminuição no efluente da lagoa anaeróbia (6,7 - 7,0) devido à atividade microbiana, que ao promover a degradação da matéria orgânica liberou ácidos orgânicos responsáveis pela diminuição observada.

Na lagoa facultativa o aumento dos valores de pH (7,6 - 8,1) foi resultante da atividade fotossintética das algas. Esses microrganismos ao esgotarem o gás carbônico dissolvido na massa líquida, promovem a dissociação de ions bicarbonato do sistema carbônico, a consequente liberação de dióxido de carbono, o qual é consumido, e ions hidroxila, que ficam livres e elevam o pH.

O esgoto bruto de Sapé (Figura 4.6) apresentou características mais ácidas que os de Campina Grande e Guarabira, com médias mensais entre 6,3 - 7,3 com o valor médio do período sendo de 6,9. Esses valores foram associados com as condições sépticas deste esgoto, que era armazenado por períodos de 14 (durante a semana) a 62 horas (final de semana) nos poços das Estações Elevatórias, antes de serem bombeados para a ETE. O processo fotossintético realizado pelas algas na lagoa facultativa foi responsável pelo aumento do pH (mínimo 7,5, máximo 8,0, médio 7,8) neste reator.

4.1.3 - Oxigênio Dissolvido

Os valores mensais desse parâmetro na ETE de Campina Grande (Figura 4.7) variaram de 0,3 a 5,6 mg/L no esgoto bruto, de 0,1 a 6,5 mg/L na lagoa 1 e de 0,2 a 7,1 mg/L na lagoa 2. Os elevados valores no EB podem estar associados à turbulência da água residuária dentro da rede coletora.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.8) a concentração no esgoto bruto foi de 0,3 mg/L, com valores entre 0,1 e 0,5 mg/L.

Na lagoa anaeróbia a média foi de 0,9 mg/L apresentando mínimo e máximo de 0,2 e 1,9 mg/L, respectivamente. Na lagoa facultativa a variação foi de 3,7 a 9,8 mg/L, e o valor médio do período foi de 6,3 mg/L. Esse aumento esteve associado à presença de algas no reator, que liberaram oxigênio molecular, através da atividade fotossintética.

A Figura 4.9 mostra as médias mensais de oxigênio dissolvido na ETE de Sapé, cujo EB apresentou uma variação de 0,1 a 0,4 mg/L e o valor médio de 0,2 mg/L. No efluente da lagoa facultativa, o valor médio obtido foi de 6,2 mg/L, próximo àquele observado na lagoa facultativa de Guarabira. Os valores mínimos e máximos foram, respectivamente, de 4,7 e 8,1 mg/L.

4.1.4 - Demanda Bioquímica de Oxigênio

O material orgânico biodegradável no esgoto bruto da ETE de Campina Grande (Figura 4.10) apresentou grandes variações com valores médios mensais entre 64 e 232 mg/L e média de 108 mg/L. Este esgoto foi classificado como fraco, o valor médio foi reduzido para 79 mg/L na lagoa 1, cujos valores mínimo e máximo foram de 54 e 112 mg/L, respectivamente. Na lagoa 2, esses valores foram de 32 e 136 mg/L e o valor médio foi de 71 mg/L. Estes resultados mostraram que houve uma pequena redução da matéria orgânica biodegradável ao longo do sistema de tratamento.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.11) os valores mensais mínimo e máximo do EB foram de 209 e 561 mg/L, com valor médio

de 338 mg/L, sendo classificado como um esgoto médio. Na lagoa anaeróbia o valor médio foi de 47 mg/L e os valores mínimo e máximo de 30 e 93 mg/L, respectivamente. Houve portanto redução de 86% da DBO_5 na lagoa anaeróbia devida principalmente, ao processo físico de sedimentação. Interveio também a conversão anaeróbia da matéria orgânica para metano, gás carbônico, H_2S , H_2 e NH_3 , gases estes que foram eliminados para a atmosfera. Na lagoa facultativa a DBO_5 variou entre 12 e 35 mg/L com uma média de 20 mg/L. No sistema de lagoas de Guarabira, a remoção total da matéria orgânica biodegradável foi de 94%, sendo que a maior contribuição foi dada pela lagoa anaeróbia. A lagoa facultativa contribuiu apenas com 9% na redução de DBO_5 .

A DBO_5 do EB de Sapé (Figura 4.12) mostrou que esta água residuária pode ser classificada como forte, uma vez que o valor médio do período foi de 725 mg/L. Os valores médios mensais variaram entre 116 e 1003 mg/L. No efluente da lagoa facultativa foi observada uma DBO_5 média de 44 mg/L com valores mínimo e máximo de 22 e 58 mg/L, respectivamente. Isto corresponde a uma remoção de 94% do material orgânico biodegradável afluente.

4.1.5 - Demanda Química de Oxigênio

Na ETE de Campina Grande (Figura 4.13) o valor médio da DQO no EB foi de 254 mg/L, com variações entre 101 e 516 mg/L. A primeira lagoa do sistema estava bastante assoreada, contri-

buindo para que o valor médio de DQO aumentasse até 241 mg/L. Os valores mínimo e máximo foram de 70 e 545 mg/L, respectivamente. A segunda lagoa removeu somente 36% da DQO afluyente. O valor médio foi de 155 mg/L com valores mínimo e máximo de 95 e 282 mg/L.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.14) foi observada uma DQO média no EB de 549 mg/L e os valores médios mensais variaram entre 277 e 765 mg/L. Na lagoa anaeróbia o valor médio do período foi de 232 mg/L, com mínimo e máximo de 90 e 522 mg/L. Nesta lagoa a remoção da DQO foi 58%. No efluente da lagoa facultativa foi registrada uma variação entre 78 - 197 mg/L e o valor médio de 125 mg/L. O sistema foi capaz de remover 77% da DQO.

No EB da ETE de Sapé (Figura 4.15) a concentração elevada da matéria orgânica quimicamente oxidável permitiu classificar este esgoto como muito forte. O valor médio foi de 1567 mg/L com variações de 793 até 2920 mg/L. Houve uma redução de 84% na DQO afluyente pela lagoa facultativa primária que apresentou um valor médio de 245 mg/L, e variação dos valores médios de 66 a 307 mg/L. Em geral os valores de DQO foram de 2 a 6 vezes superiores à DBO₅.

4.1.6 - Sólidos Sedimentáveis

No esgoto bruto de Campina Grande (Figura 4.16) o valor médio dos sólidos sedimentáveis foi de 2,2 mL/L com uma variação entre 0,5 e 4,4 mL/L. Houve uma diminuição acentuada das

médias mensais na lagoa 1 que apresentou valor médio de 0,3 mL/L com mínimo mensal 0,1 e máximo mensal de 1,0 mL/L. O efluente final teve valor em torno de 0,1 com um máximo de 0,4 mL/L e um mínimo menor que 0,1 mL/L.

O EB de Guarabira (Figura 4.17) apresentou maior concentração de sólidos sedimentáveis que o de Campina Grande, com valor médio de 11,9 mL/L (mínimo 3,3 e máximo 30 mL/L). Na lagoa anaeróbia a decantação reduziu o valor médio do material decantável para 0,8 mL/L. Os valores mensais variaram entre 0,2 e 2,7 mL/L. O efluente final do sistema apresentou um valor médio de 0,1 mL/L e os valores mensais mínimo e máximo foram de 0,1 e 0,2 mL/L, respectivamente.

O EB da ETE de Sapé (Figura 4.18) foi o que teve maior concentração de sólidos sedimentáveis, com um valor mínimo de 12 mL/L e um máximo de 100 mL/L. O valor mínimo foi observado em junho de 1991 no período de chuvas, devido à infiltração de águas pluviais na rede coletora. O efluente final apresentou um valor médio de 0,5 mL/L, e os valores mínimo e máximo foram menores que 0,1 até 2,0 mL/L. Ao longo do sistema os sólidos sedimentáveis foram reduzidos em 98%.

4.1.7 - Sólidos Totais, Fixos e Voláteis

No EB de Campina Grande, a concentração dos ST (Figura 4.19) oscilou, ao longo do período, de 517 a 1422 mg/L com um valor médio de 935 mg/L. A lagoa 1 apresentou um valor médio de 959 mg/L e, portanto, não promoveu a redução dos só-

lidos. A lagoa 2 reduziu esta média até 840 mg/L, o que representa apenas 10% a menos dos sólidos totais afluentes.

As variações dos STF neste EB (Figura 4.20) foram de 101 até 992 mg/L, tendo uma média de 617 mg/L. Na lagoa 1, ocorreu um aumento na concentração dos STF, cujo valor médio foi de 748 mg/L, e os valores mensais variaram de 546 até 1019 mg/L. Na lagoa 2 o valor médio foi de 650 mg/L, com valores mensais flutuando entre 160 e 870 mg/L. Os valores de STV (Figura 4.21) variaram de 183 a 600 mg/L. A lagoa 1 apresentou uma média de 211 mg/L com valores que variaram de 138 a 331 mg/L. Na lagoa 2 o valor mínimo foi de 125 mg/L e o máximo de 340 mg/L com uma média de 190 mg/L.

No EB da ETE de Guarabira (Figura 4.22) os valores médios mensais de ST variaram de 585 a 1403 mg/L e o valor médio do período foi 977 mg/L. A lagoa anaeróbia foi responsável por 40% de remoção, com uma média de 589 mg/L (mínimo de 345 mg/L e máximo de 988 mg/L). A lagoa facultativa contribuiu com 4% na remoção de sólidos. Nesta lagoa, os valores mensais variaram de 424 a 661 mg/L e o valor médio foi de 567 mg/L. A biomassa de algas presentes neste reator contribuiu para tais valores de ST.

As flutuações dos valores médios mensais dos STF no EB da ETE de Guarabira (Figura 4.23) foram entre 279 e 743 mg/L, apresentando uma média no período de 493 mg/L. A lagoa anaeróbia apresentou o valor médio de 342 mg/L (mínimo de 170 mg/L e máximo de 496 mg/L) o que representa uma remoção de 30%. Hou-

ve um ligeiro aumento na concentração dos STF na lagoa facultativa (380 mg/L), com um valor mínimo de 261 mg/L e um máximo de 431 mg/L.

A Figura 4.24 apresenta as concentrações de STV no EB, A1 e F1 da ETE de Guarabira. O EB apresentou um valor médio de 484 mg/L (mínimo 160 mg/L e máximo 690 mg/L). O efluente da lagoa anaeróbia teve um valor médio de 247 mg/L (mínimo 75 mg/L e máximo 610 mg/L). A lagoa facultativa teve um valor médio de 187 mg/L, mínimo de 71 e máximo de 400 mg/L.

Os valores de ST no esgoto bruto da Estação de Tratamento de Sapé (Figura 4.25) foram mais elevados do que aqueles observados em Campina Grande e Guarabira. A média do período experimental foi de 1777 mg/L com variações entre 817 e 4335 mg/L. Na lagoa facultativa primária a média do período foi de 730 mg/L o que representa 59% de remoção.

Na ETE de Sapé (Figura 4.26) a concentração dos STF foi também a mais elevada dos 3 sistemas. O valor médio do EB no período foi de 732 mg/L (mínimo 317 mg/L e máximo 1432 mg/L). Os valores mensais na lagoa facultativa variaram de 437 a 630 mg/L com uma média de 514 mg/L.

A concentração dos STV neste sistema (Figura 4.27) variou, no EB, de 564 a 2903 mg/L (valor médio foi de 1045 mg/L). Na lagoa facultativa primária a média dos 10 meses foi de 216 mg/L, com valores médios mínimo e máximo de 119 e 376 mg/L.

4.1.8 - Sólidos Suspensos, Fixos e Voláteis

O EB da ETE da Catingueira (Figura 4.28) apresentou para os sólidos suspensos o valor médio de 99 mg/L, com um valor mínimo mensal de 9 mg/L (julho-91) e máximo de 228 mg/L (janeiro - 91). A grande amplitude desses valores está relacionada com os baixos valores determinados no período de chuva que diluíram os esgotos, através da infiltração na rede coletora.

Para os SSF (Figura 4.29) e SSV (Figura 4.30) os valores médios, mínimos e máximos, foram respectivamente 28 mg/L (6 e 68 mg/L) e 70 mg/L (3 e 193 mg/L). Os efluentes das lagoas 1 e 2 apresentaram valores médios aproximados de SS, SSF e SSV, os quais foram respectivamente 49, 12 e 38 mg/L e 52, 13 e 39 mg/L. Estes valores caracterizam uma baixa remoção de sólidos nas lagoas da Catingueira, a qual foi de somente 47% para os SS, 53% para os SSF e de 44% para os SSV.

O EB de Guarabira apresentou o valor médio de SS de 294 mg/L (Figura 4.31) com valores médios mensais mínimo e máximo de 70 e 472 mg/L. Nos efluentes das lagoas anaeróbia e facultativas as concentrações médias do período para os SS (SSF e SSV) (Figura 4.32 e Figura 4.33) foram respectivamente de 58 mg/L (13 e 45 mg/L) e 94 mg/L (16 e 78 mg/L). A redução dos SS deste EB até a lagoa anaeróbia foi de 80% devido à sedimentação. O aumento da concentração média dos SS (94 mg/L) no efluente da lagoa facultativa, (mínimo de 32 mg/L e máximo de 276 mg/L) está relacionado com a presença de algas. O valor médio no período e a faixa de variação dos SSF foram de

16 mg/L (2 - 52 mg/L) e dos SSV de 78 mg/L (25 - 255 mg/L).

O EB de Sapé se caracterizou por concentrações elevadas de sólidos suspensos, com valores médios no período de 985 mg/L (Figura 4.34), de 236 mg/L para SSF (Figura 4.35) e de 748 mg/L para SSV (Figura 4.36). As variações médias mensais foram de 262 a 2462 mg/L para SS, de 15 a 616 mg/L para SSF e 247 a 1846 mg/L para SSV. No efluente da lagoa facultativa primária ocorreu uma remoção de 87% nos SS, apresentando um valor médio no período de 127 mg/L, mínimo de 63 mg/L e máximo de 194 mg/L. Para os SSF este reator apresentou um valor médio de 24 mg/L, com um mínimo de 15 mg/L e máximo de 42 mg/L, sendo responsável por uma remoção de 89%. Os SSV sofreram uma remoção de 86% com valor mínimo de 21 mg/L e máximo de 173 mg/L com uma média mensal de 103 mg/L.

4.1.9 - Coliformes Fecais

No EB de Campina Grande a concentração média de coliformes fecais no período foi de $1,3 \times 10^7$ CF/100mL com variações médias mensais de $1,2 \times 10^6$ a $4,0 \times 10^7$ CF/100mL. As lagoas 1 e 2 não promoveram uma remoção destas bactérias, uma vez que as análises dos efluentes no período mostraram concentrações de $7,7 \times 10^6$ e $8,3 \times 10^6$ CF/100mL, respectivamente (Figura 4.37).

Na ETE de Guarabira (Figura 4.38), no EB, foi observado um valor médio de $5,3 \times 10^7$ CF/100mL, variando desde um mínimo de $3,9 \times 10^7$ CF/100mL até um máximo de $9,2 \times 10^7$ CF/100mL. A lagoa anaeróbia apresentou uma média de $5,4 \times 10^6$ CF/100 mL. com valo-

res variando de $3,5 \times 10^6$ a $8,6 \times 10^6$ CF/100mL promovendo portanto uma redução de uma ordem de grandeza. O efluente final continha uma concentração média de $1,1 \times 10^9$ CF/100mL com valores médios variando entre $2,7 \times 10^8$ e $3,3 \times 10^9$ CF/100mL. A remoção de CF ao longo do sistema foi de 99,55%. Em lagoas de estabilização, a redução do número de bactérias coliformes está relacionada com uma variedade de fatores físico-químicos e ambientais, os quais atuam isolada e sinergisticamente promovendo a morte desses microrganismos indicadores.

Os valores médios de CF no EB de Sapé (Figura 4.39) variaram de $2,3 \times 10^7$ a $8,2 \times 10^9$ CF/100mL com um valor médio de $2,2 \times 10^8$ CF/100mL. Na lagoa facultativa o valor médio do período foi de $5,2 \times 10^8$ CF/100mL, com valores médios mensais entre $1,4 \times 10^8$ CF/100mL e $8,5 \times 10^8$ CF/100mL havendo uma remoção de 99,75% dos CF no sistema.

4.1.10 - Ascaris lumbricoides

Na ETE de Campina Grande (Figura 4.40) o número de ovos de A.lumbricoides no EB variou de 100 até 1700 ovos/L, com uma média ao longo do período de 497 ovos/L. No efluente da lagoa 1, a variação mensal foi de 59 a 670 ovos/L e o valor médio do período foi de 228 ovos/L havendo uma remoção de 50% do número de ovos desse helminto com relação ao EB. Na lagoa 2, a média do período foi de 158 ovos/L, com valores mensais variando entre 50 e 670 ovos/L. O sistema de tratamento removeu apenas 68% dos ovos de Ascaris lumbricoides, havendo portanto elimi-

nação de ovos de nematoídes para o meio ambiente em números elevados considerando que a OMS (1989) recomenda para reuso, 1 ovo/L.

No EB de Guarabira (Figura 4.41) o número de ovos de A.lumbricoides apresentou o valor médio de 558 ovos/L, (valor mínimo de 165 e máximo de 880 ovos/L). Na lagoa anaeróbia ocorreu uma remoção de 61% deste nematoíde, devido à sedimentação. Nesta lagoa a variação da média mensal foi de 84 a 400 ovos/L e o valor médio do período foi de 215 ovos/L. O processo de sedimentação também ocorreu na lagoa facultativa e promoveu a remoção completa deste parasito intestinal, tornando o efluente final totalmente isento de ovos de A.lumbricoides.

O número de ovos de A. lumbricoides no EB da ETE de Sapé foi o mais elevado dos 3 sistemas, com uma média de 2.180 ovos/L. Os valores mínimo e máximo foram de 500 e 8.867 ovos/L, respectivamente. A lagoa facultativa primária apresentou um efluente completamente livre de ovos de helmintos.

A média de 2180 ovos/L de A. lumbricoides no EB de Sapé pode ser explicada pelas precárias condições econômicas e sociais que aumentam a incidência de helmintos na população e pelo baixo consumo de água.

4.2 - Estudo do Ciclo Diário

4.2.1 - Temperatura

No experimento do ciclo diário realizado no período de

verão, na ETE de Campina Grande (Figura 4.43.a) os valores extremos de temperatura foram de 23 e 26°C no EB e no efluente da primeira lagoa, e de 23 e 25°C no efluente final. Os valores máximos foram registrados entre 12 e 16 horas e os menores a partir das 18 horas.

As temperaturas das amostras coletadas em Guarabira no dia 03/04/91 (Figura 4.43.b) no EB e no efluente da lagoa anaeróbia variaram entre 27 e 30°C e entre 27 e 33°C no efluente da lagoa facultativa. Este estudo diário foi realizado no período de verão e os valores máximos foram registrados às 12 e 14 horas enquanto que os valores mínimos no período noturno. A amplitude foi de 6°C entre o valor mínimo e o máximo.

Na ETE de Sapé (Figura 4.43.c) o experimento foi realizado na época chuvosa (27/05/91). No EB, o valor mínimo de temperatura foi de 23°C e o máximo de 27°C, enquanto que na lagoa facultativa foram de 23 e 26°C. A amplitude de temperatura foi de 4 e 3°C, respectivamente.

4.2.2 - pH

A Figura 4.44.a mostra as flutuações de pH das amostras da ETE de Campina Grande cujo EB, apresentou variações, ao longo do dia, entre 7,3 e 7,7. Nos efluentes das duas lagoas foram registrados valores entre 7,1 e 7,5, ou seja com uma amplitude de 0,4, igual à observada no EB. Os maiores valores foram detectados às 16 horas.

Em Guarabira (Figura 4.44.b) o pH do esgoto bruto va-

riou de características neutras (7,0), até ácidas (5,2), com uma amplitude de 1,8. Também foram observadas variações no efluente da lagoa anaeróbia, embora numa amplitude menor (6,3-6,9). As flutuações de pH entre 7,5 e 8,7 na lagoa facultativa foram típicas para este tipo de reator. Os valores elevados entre 8,1 e 8,7 detectados das 10 às 14 horas foram resultantes da atividade fotossintética das algas quando da utilização do dióxido de carbono, e os menores foram devidos ao processo da respiração dos microrganismos, com a consequente liberação de dióxido de carbono. Estes valores foram determinados nas horas noturnas.

Na ETE da Sapé (Figura 4.44.c) o pH do EB apresentou valores quase constantes, entre 6,8 e 6,9. No efluente da lagoa facultativa primária a variação deste parâmetro foi entre 7,5 e 8,4. O máximo valor de pH foi determinado às 8 e às 10 horas, tendo como causa principal a atividade metabólica do fitoplâncton, em consequência da maior luminosidade.

4.2.3 - Oxigênio Dissolvido

Na ETE de Campina Grande (Figura 4.45.a) as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 0,1 a 2,1 mg/L no EB e de 0,3 a 4,2 mg/L e de 0,1 a 4,6 mg/L nos efluentes das lagoas 1 e 2, respectivamente. No efluente da lagoa 1 as maiores concentrações (3,9 e 4,2 mg/L) foram observadas às 16 e 6 horas e na lagoa 2 (4,6 e 4,1 mg/L) também às 16 e 6 horas.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.45.b) o EB e efluente da

A1 se caracterizaram pelas baixas concentrações de OD, as quais variaram entre 0,0 e 0,7 mg/L e entre 0,0 e 1,3 mg/L, respectivamente. Na lagoa facultativa houve um aumento de OD desde 4,5 mg/L (às 8 horas) até concentrações de supersaturação, superiores a 20 mg/L, às 14 horas. A partir das 20 horas, houve decréscimo de OD e as concentrações se mantiveram entre 2,9 e 5,2 mg/L.

Em Sapé (Figura 4.45.c) o EB apresentou concentração reduzida de oxigênio dissolvido, com valor médio 0,3 mg/L (mínimo e máximo de 0,0 e 0,8 mg/L). Na lagoa facultativa primária a concentração permaneceu constante em torno de 8 mg/L entre 8 e 14 horas, decrescendo para 6 mg/L devido à diminuição da intensidade luminosa no período da tarde, atingindo o valor mínimo de 4,6 mg/L às 24 horas. As flutuações nas concentrações de OD nos reatores facultativos das ETE's de Guarabira e Sapé estiveram associadas à presença e às atividades das algas, que durante o período iluminado realizam fotossíntese com produção de oxigênio molecular. O mesmo é consumido durante a noite pela respiração dos microrganismos presentes na lagoa.

4.2.4 - DBO₅

Ao longo do ciclo diário a DBO₅ do EB da ETE de Campina Grande (Figura 4.46.a) apresentou 2 picos máximos, um às 12 horas (358 mg/L) e outro às 20 horas (422 mg/L). A concentração mínima foi às 8 horas (72 mg/L). Estes valores podem estar refletindo os hábitos sanitários da população.

Em Guarabira (Figura 4.46.b) os valores de DBO_5 no esgoto bruto variam entre 204 e 491 mg/L, apresentando picos elevados às 10 horas (389 mg/L), às 20 horas (491 mg/L) e às 6 horas (451 mg/L). A matéria orgânica biodegradável na lagoa anaeróbia variou entre 36 e 144 mg/L. Na lagoa facultativa a DBO_5 variou ao longo do período experimental entre 5 e 42 mg/L.

Na ETE de Sapé (Figura 4.46.c) a faixa de variação na concentração da DBO_5 no EB foi de 280 a 2315 mg/L. Possivelmente essa demanda DBO_5 está associada a um baixo consumo de água. Na lagoa facultativa foram registrados valores de 11 a 56 mg/L.

4.2.5 - DQO

A DQO do EB da ETE de Campina Grande (Figura 4.47.a) variou ao longo do ciclo diário de 31 a 466 mg/L. No efluente da lagoa 1 foi observado um valor máximo às 22 horas (255 mg/L) e um valor mínimo às 16 horas (17 mg/L). No efluente da lagoa 2 o valor mínimo de 50 mg/L foi registrado às 16 horas e o máximo (142 mg/L) às 2 e 6 horas.

A DQO no EB de Guarabira (Figura 4.47.b) durante o período de 24 horas apresentou valores entre 300 e 1666 mg/L. Na lagoa anaeróbia os valores médios variaram de 166, às 18 horas, até 766, às 2 horas. No efluente da lagoa facultativa foi registrada uma variação entre 58 e 500 mg/L.

Na ETE de Sapé (Figura 4.47.c) os valores mínimo e má-

ximo foram de 280 e 2315 mg/L, às 24 e 22 horas, respectivamente. No efluente da lagoa facultativa primária os valores variaram de 73 mg/L às 8 horas até 245 mg/L às 2 horas.

4.2.6 - Sólidos Sedimentáveis

As concentrações dos sólidos sedimentáveis no EB de Campina Grande (Figura 4.48.a) ao longo do ciclo diário variaram de 1 a 15 mL/L. Os valores registrados nos efluentes das lagoas 1 e 2 foram baixos, com variações entre valores menores que 0,1 até 0,5 mL/L (L1) e de 0,0 a 0,1 mL/L (L2).

Na ETE de Guarabira (Figura 4.48.b) os sólidos sedimentáveis no esgoto bruto sofreram variações entre 3,0 e 21 mL/L e nos efluentes das lagoas A1 e F1, em virtude do processo de sedimentação, as variações diminuíram para 0,3 a 1,0 e de 0,1 a 0,5 mL/L, respectivamente.

A ETE de Sapé (Figura 4.48.c) mostrou um EB com valor máximo de sólidos sedimentáveis de 29 mL/L às 16 horas e valor mínimo de 1,1 mL/L às 2 horas. Na lagoa facultativa primária os valores deste parâmetro foram baixos (menores que 0,1 a 0,2 mL/L).

4.2.7 - Sólidos Totais, Fixos e Voláteis

A variação dos ST no EB de Campina Grande (Figura 4.49.a) foi de 817 a 1717 mg/L. As lagoas 1 e 2 apresentaram valores mínimos e máximos muito próximos, de 840 e 1406 mg/L (LA1) e de 808 e 1148 mg/L (LA2). Os STF (Figura 4.50.a) e STV

(Figura 4.51.a) tiveram, no EB, variações de 612 a 1108 mg/L e de 70 a 609 mg/L. Os valores máximos encontrados para ST, STF e STV foram registrados sempre no mesmo horário, às 12 horas. Para os STF as lagoas 1 e 2 apresentaram variações respectivamente entre 276 a 810 mg/L e 420 a 959 mg/L. Para os STV os valores foram de 30 a 670 mg/L, e de 29 a 435 mg/L.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.49.b) a concentração dos ST no EB foi em média, 895 mg/L, com valores que oscilaram entre 600 e 1312 mg/L. Já para os STF (Figura 4.50.b) o valor médio foi reduzido para 518 mg/L, com uma variação diária entre 450 e 672 mg/L, e para STV (Figura 4.51.b) os valores foram de 94 e 640 mg/L, com valor médio de 377 mg/L. No efluente da lagoa anaeróbia os ST apresentaram valores entre 507 e 791 mg/L e uma média de 611 mg/L. Os STF apresentaram uma variação diária de 355 a 513 mg/L ficando o valor médio em 454 mg/L, e os STV, com valor mínimo de 62 mg/L e máximo de 469 mg/L e valor médio de 183 mg/L. No efluente final as médias diárias foram, respectivamente, de 472, 299 e 166 mg/L. A biomassa de algas presentes neste reator contribuíram significativamente para os valores dos sólidos encontrados.

Na ETE de Sapé, as variações, no ciclo diário, de ST (Figura 4.49.c), STF (Figura 4.50.c) e STV (Figura 4.51.c), foram as mais elevadas dos 3 sistemas estudados. No EB, o valor médio de ST foi de 1076 mg/L (804 - 1661 mg/L), STF de 485 mg/L (363 - 611 mg/L) e de STV de 590 mg/L (378 - 1050 mg/L). Na lagoa facultativa os valores mínimos e

máximos para os ST, STF e STV foram respectivamente (583 e 1150 mg/L), (391 e 722 mg/L) e de (166 e 428 mg/L).

4.2.8 - Sólidos Suspensos, Fixos e Voláteis

A Figura 4.52.a, mostra as variações no ciclo diário dos SS no EB na Catingueira (Campina Grande) com valores oscilando entre 40 e 247 mg/L. Foi observada uma diminuição brusca na concentração desse parâmetro nos efluentes das lagoas 1 e 2, registrando valores de 42 mg/L (12 - 74 mg/L) e 29 mg/L (10 - 49 mg/L). Para os SSF (Figura 4.53.a) o EB apresentou valores entre 12 e 63 mg/L sendo reduzidos nas lagoas 1 e 2 para 2 e 32 mg/L e 4 e 20 mg/L, respectivamente. A concentração de SSV no EB e efluente dessas lagoas, como pode ser observado na Figura 4.54.a, variaram entre 28 e 204 mg/L, 8 e 62 mg/L e de 4 e 43 mg/L, respectivamente.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.52.b) os SS no EB apresentaram valores mínimo e máximo de 48 e 486 mg/L, sendo o valor máximo atingido ao meio dia. Na lagoa anaeróbia os valores variaram entre 25 e 85 mg/L e no efluente final entre 17 e 47 mg/L. Os SSF (Figura 4.53.b) e SSV (Figura 4.54.b) apresentaram as mesmas características do EB, atingindo o valor máximo às 12 horas com variações entre 4 e 101 mg/L e de 27 e 385 mg/L. Nos efluentes das lagoas anaeróbia e facultativa os valores dos referidos parâmetros foram relativamente baixos, de 3 a 29 mg/L, e de 2 a 7 mg/L, para A1, e de 22 a 69 mg/L e de 15 a 44 mg/L para F1.

O EB da ETE de Sapé (Figura 4.52.c) mostrou valores de SS entre 24 e 858 mg/L, sendo registrado no efluente de F1 um aumento no valor mínimo para 24 mg/L e uma redução no valor máximo para 430 mg/L. Os resultados das análises realizadas no EB para SSF (Figura 4.53.c) e SSV (Figura 4.54.c) oscilaram bastante e apresentaram valores entre 8 e 180 mg/L e 16 e 754 mg/L. Na lagoa facultativa estes valores sofreram uma redução bastante acentuada oscilando entre 4 e 86 mg/L e de 17 e 344 mg/L, respectivamente.

4.2.9 - Coliformes Fecais

No EB da ETE de Campina Grande (Figura 4.55.a) o valor médio de coliformes fecais foi de $1,7 \times 10^7$ CF/100 mL e a variação foi de $4,4 \times 10^6$ até $5,4 \times 10^7$ CF/100 mL. Em LA1 os valores oscilaram entre $6,4 \times 10^4$ e $1,4 \times 10^7$ CF/100 mL com um valor médio de $1,5 \times 10^6$ CF/100 mL. Na segunda lagoa o valor médio foi de $1,3 \times 10^6$ CF/100 mL, com valores que variaram entre $2,0 \times 10^4$ e $7,2 \times 10^7$ CF/100 mL.

Na ETE de Guarabira (Figura 4.55.b) o EB apresentou um valor médio de $1,4 \times 10^6$ CF/100 mL. O efluente da lagoa anaeróbia registrou valores que oscilaram entre $5,5 \times 10^5$ e $2,2 \times 10^7$ CF/100 mL. O efluente final continha um valor médio de $4,2 \times 10^4$ CF/100 mL com um valor mínimo de $8,2 \times 10^3$ CF/100 mL e um valor máximo de $1,0 \times 10^6$ CF/100 mL.

Na ETE de Sapé (Figura 4.55.c) o EB apresentou um valor médio de $4,5 \times 10^6$ CF/100 mL com valores mínimo e máximo de

$4,8 \times 10^5$ e $2,0 \times 10^7$ CF/100 mL. A lagoa facultativa primária produziu um efluente final com a concentração média de $8,7 \times 10^4$ CF/100 mL com um valor mínimo de $1,4 \times 10^4$ e um máximo de $8,1 \times 10^5$ CF/100 mL.

4.2.10 - Ascaris lumbricoides

Ao longo do ciclo diário o EB de Campina Grande (Figura 4.56.a) apresentou em média 837 ovos de A. lumbricoides/L com valor mínimo de 250 e máximo de 1700 ovos/L. O valor médio na primeira lagoa foi de 207 ovos/L, com mínimo de 34 e máximo de 670 ovos/L. Na segunda lagoa o valor médio foi de 277 ovos/L com mínimo de 34 e máximo de 670 ovos/L.

No EB de Guarabira (Figura 4.56.b) o número de ovos de A. lumbricoides variou de 50 a 800 ovos/L com valor médio de 496 ovos/L. No efluente de A1 foi registrado um valor médio de 209 ovos/L, com valores mínimo e máximo de 83 e 466 ovos/L. No efluente final do sistema não foi observado nenhum ovo desse helminto.

O EB de Sapé (Figura 4.56.c) teve um valor médio de 1073 ovos/L com um mínimo de 50 ovos/L e um máximo de 2500 ovos/L. A lagoa facultativa primária também produziu um efluente isento de ovos de A. lumbricoides.

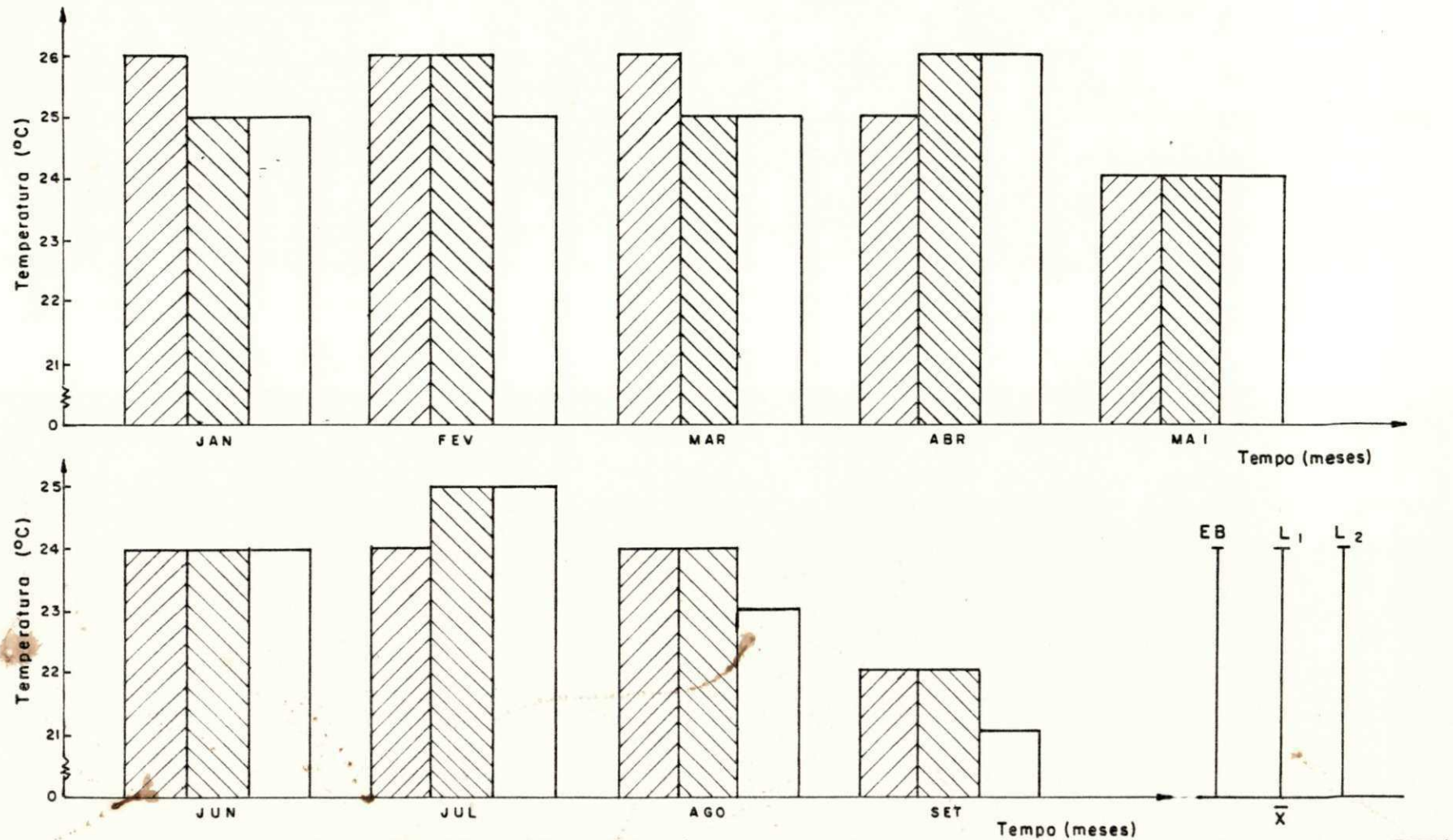





Fig. 4.1 - Variações das médias mensais de temperatura, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

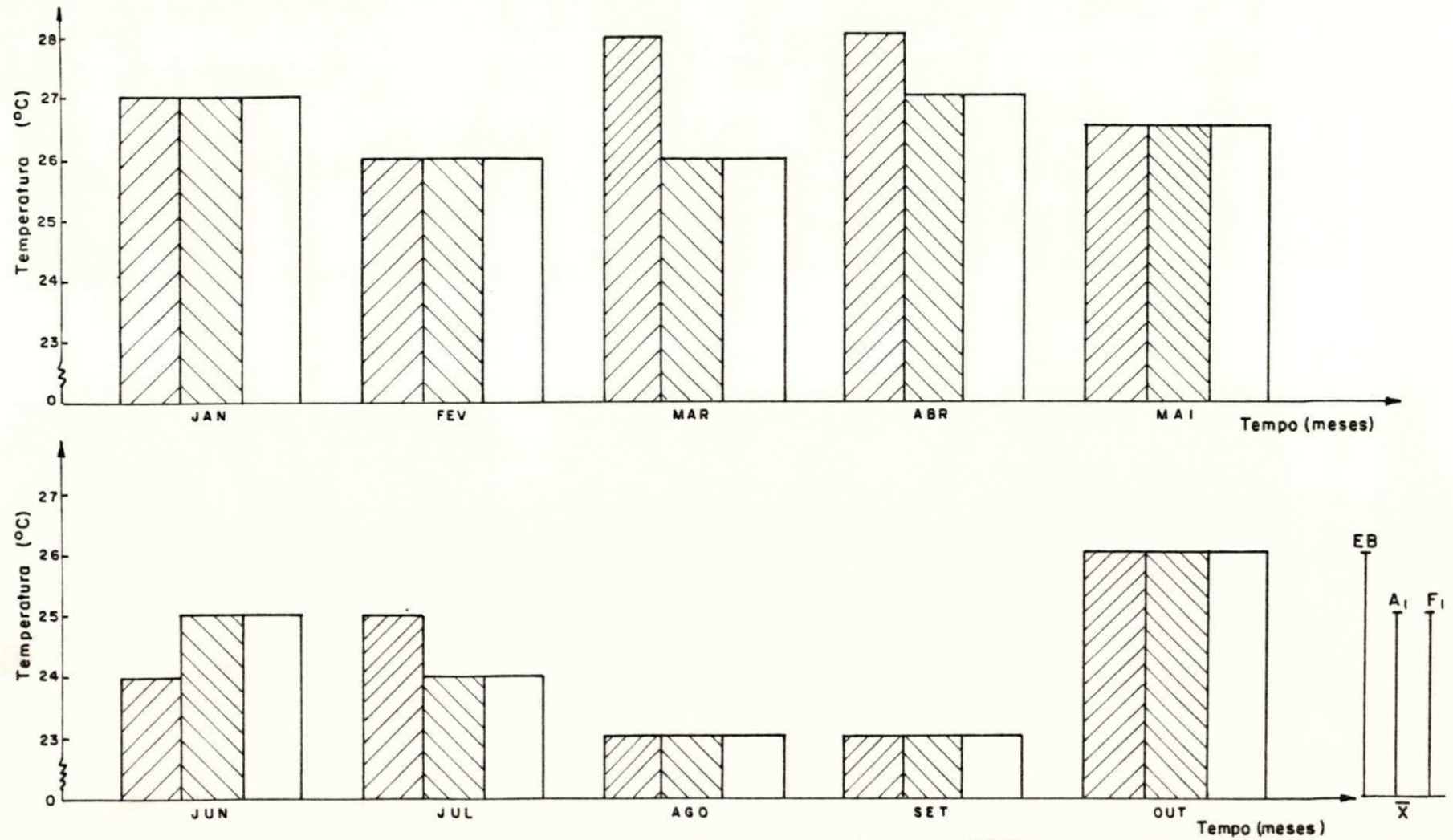





Fig. 4.2 - Variações das médias mensais de temperatura, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

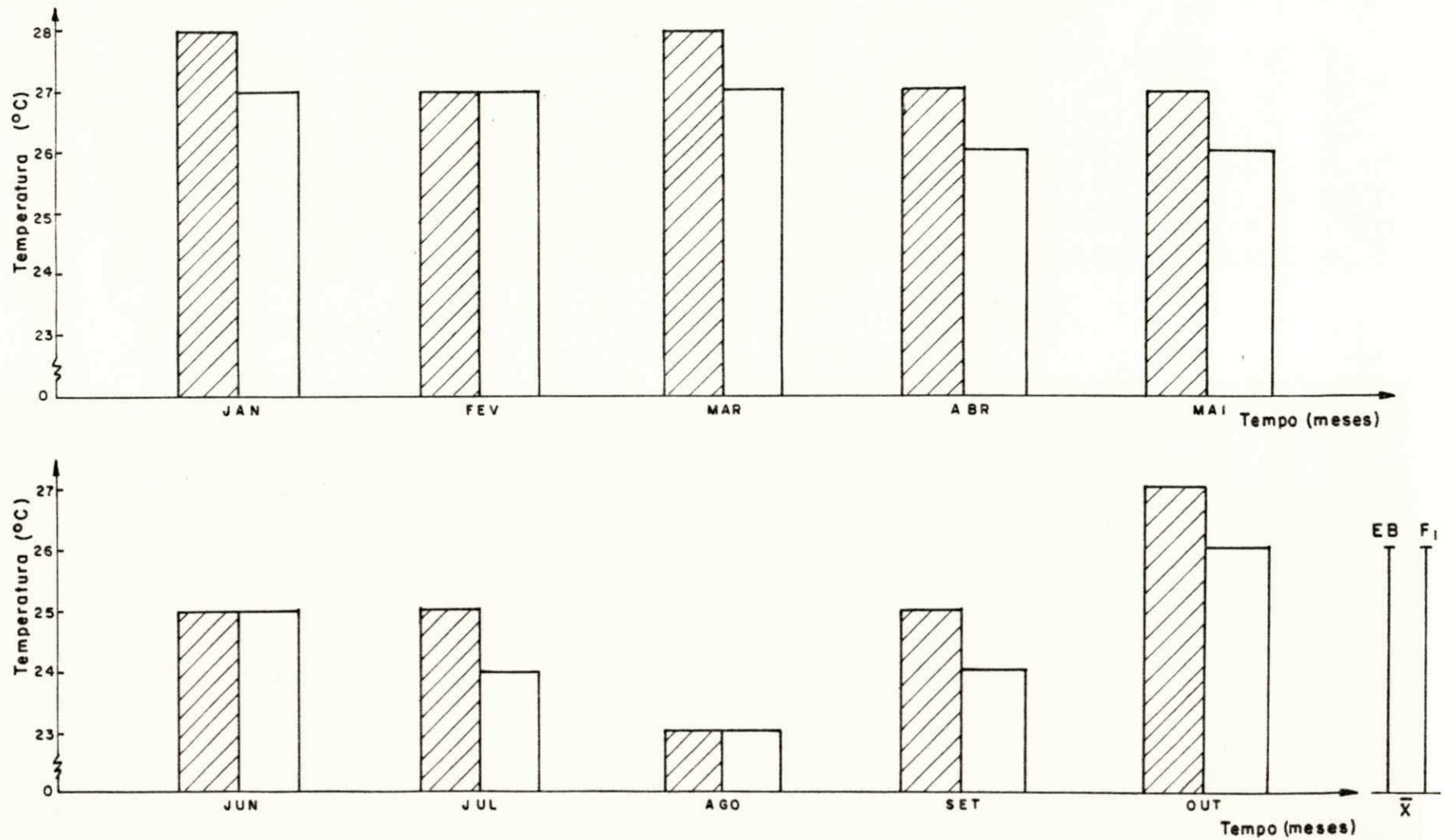




Fig. 4.3 - Variações das médias mensais de temperatura, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média no período.

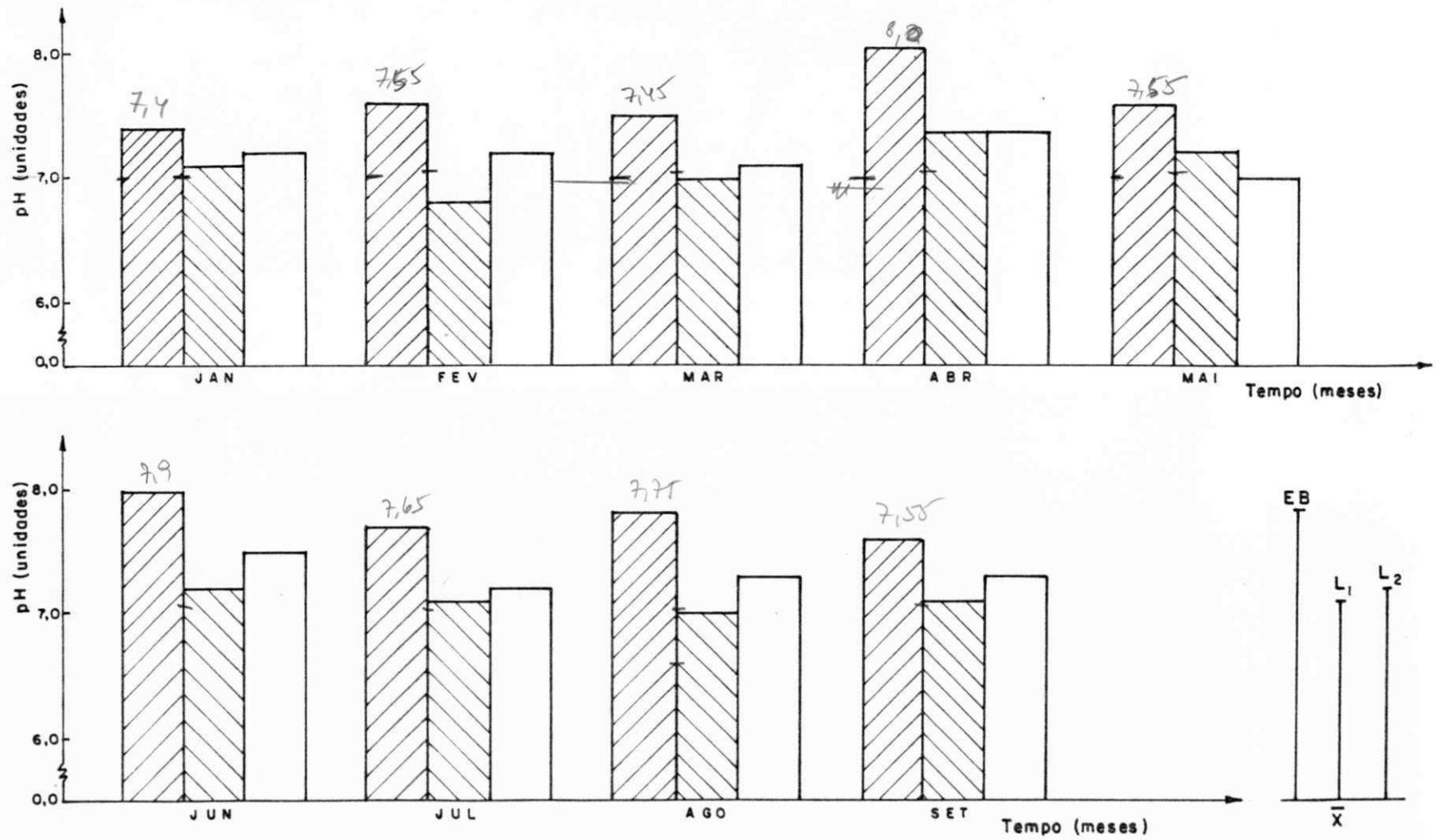





Fig. 4.4 - Variações das médias mensais do pH no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

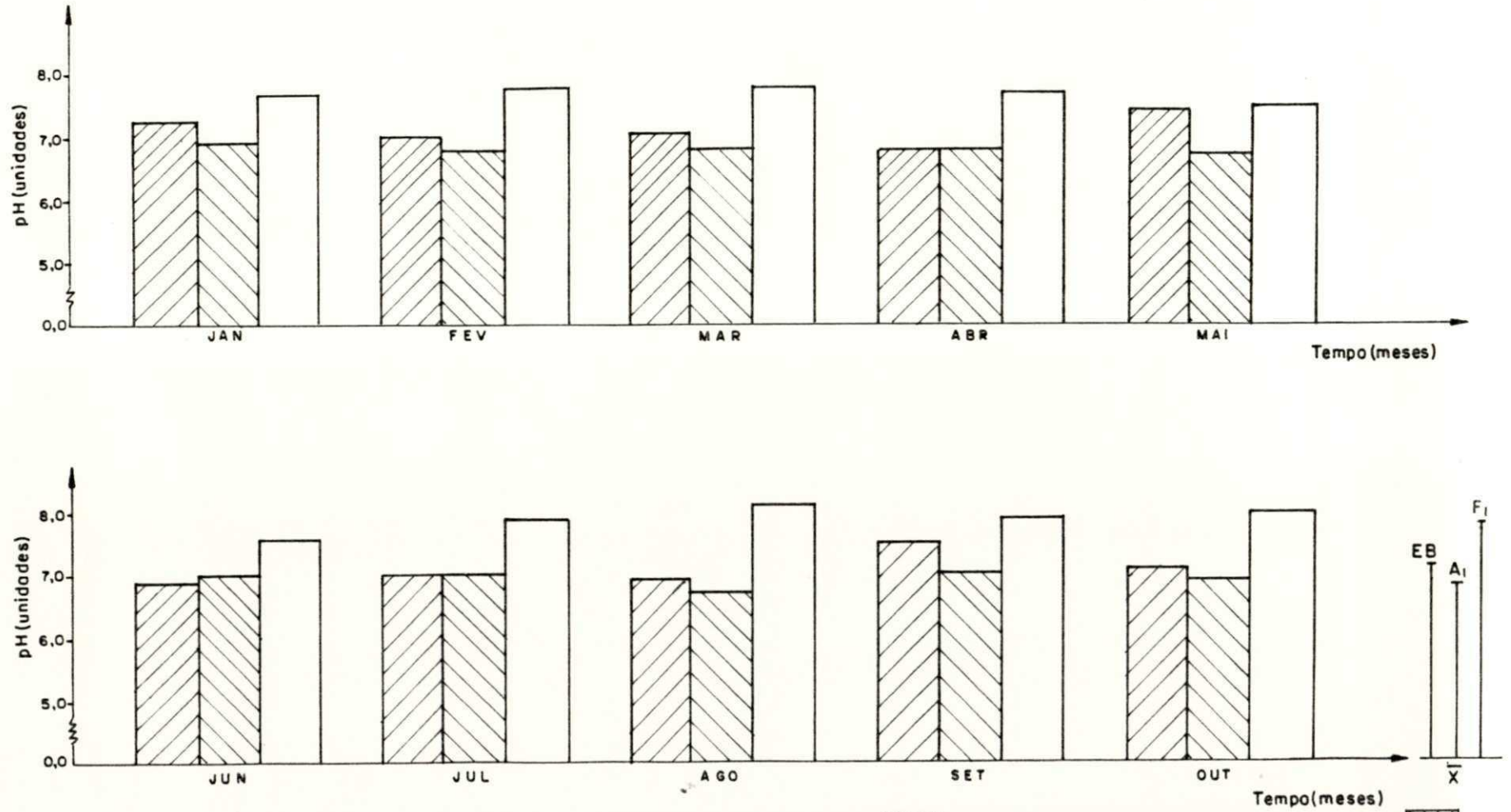





Fig. 4.5 - Variações das médias mensais do pH no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

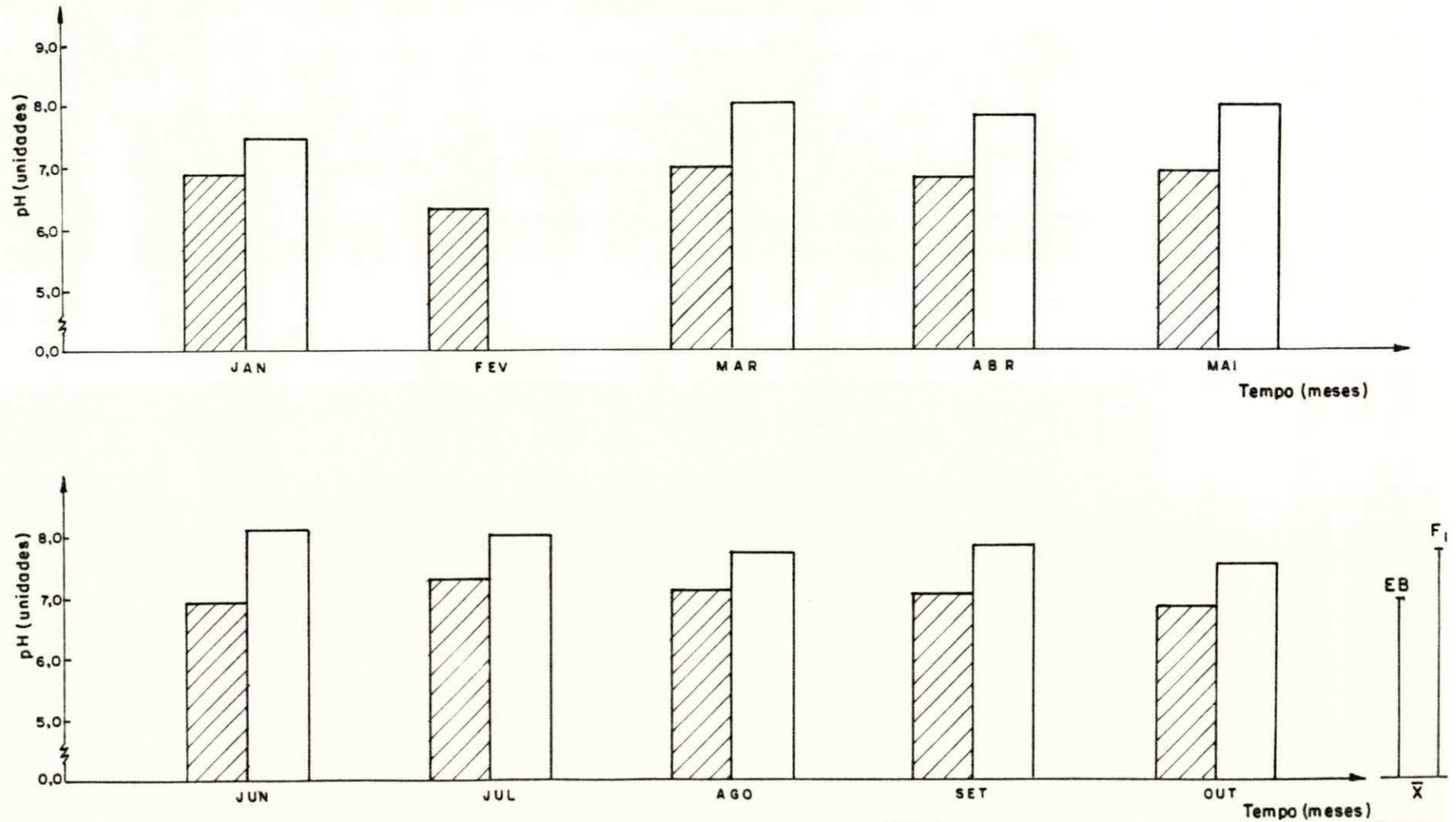




Fig.4.6 - Variações das médias mensais do pH, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

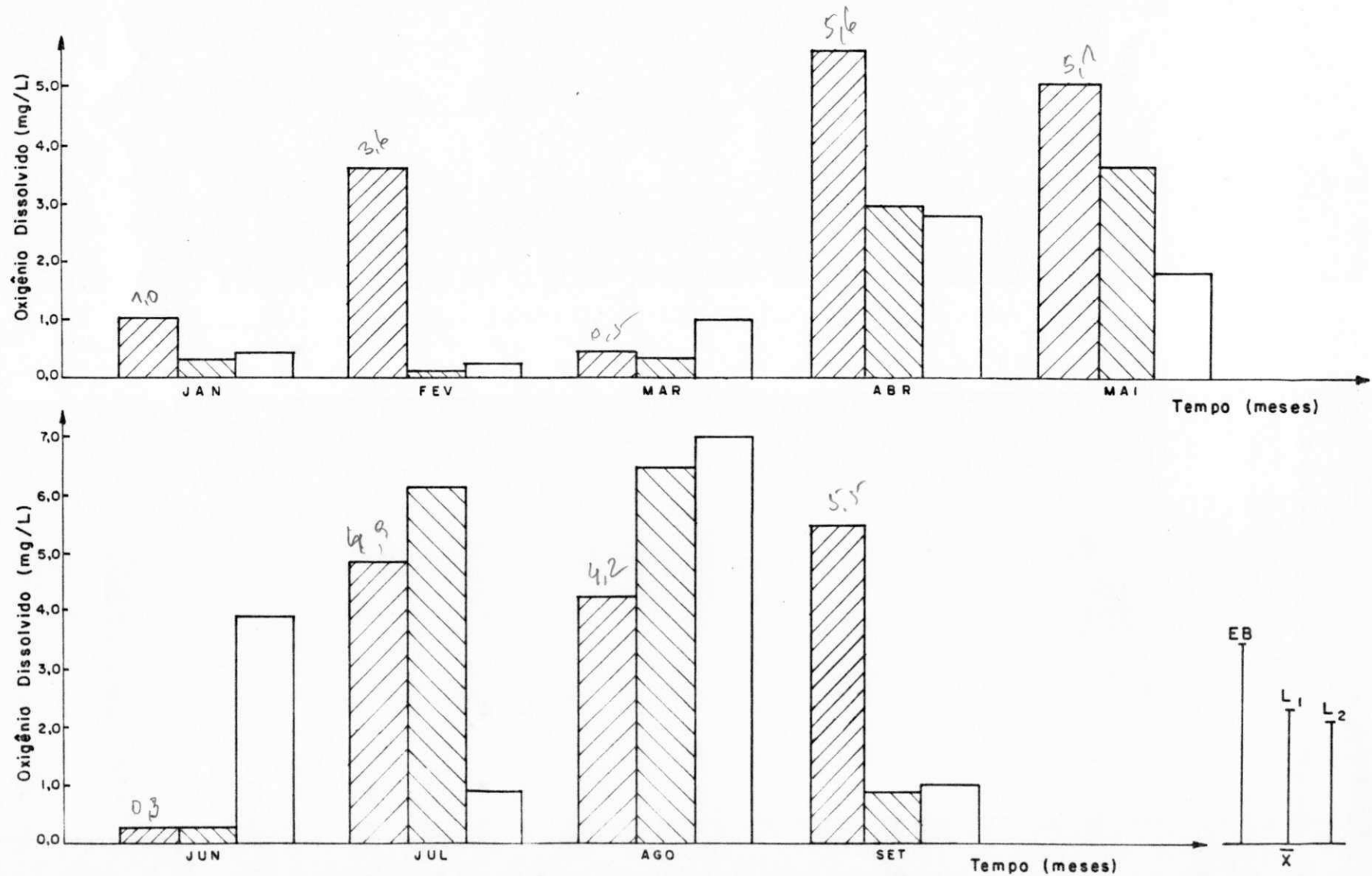





Fig. 4.7 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

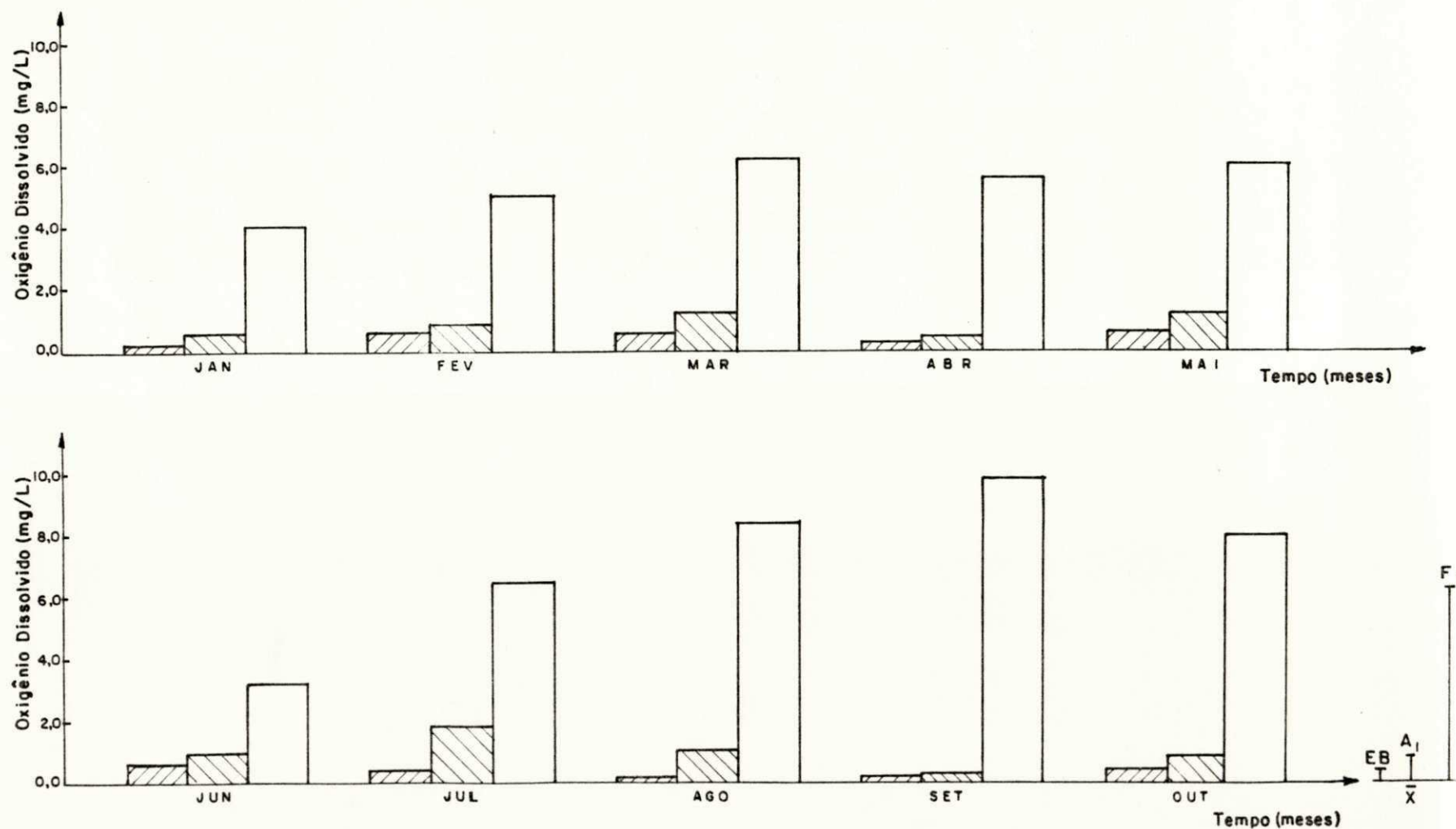





Fig. 4.8 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

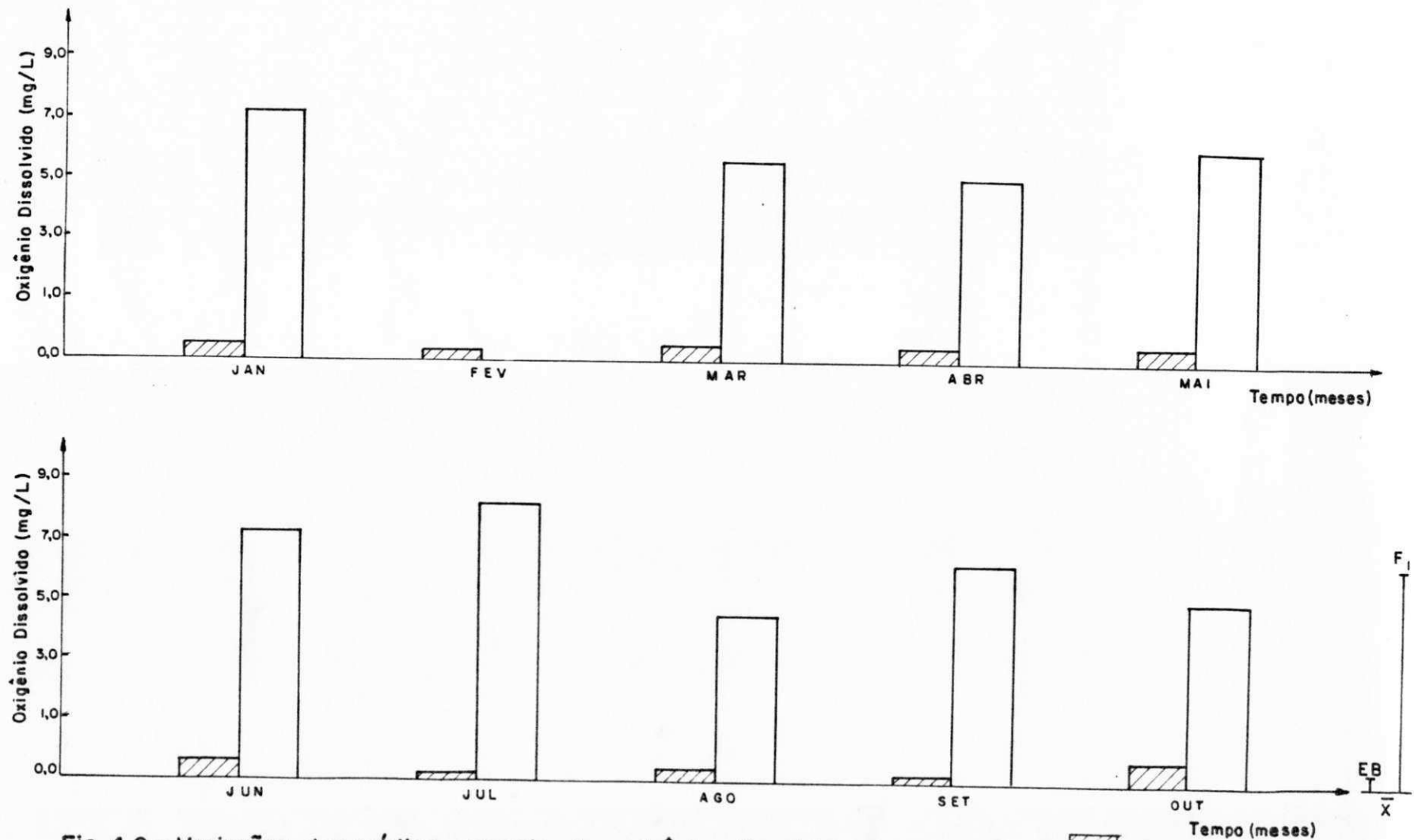




Fig. 4.9 - Variações das médias mensais do oxigênio dissolvido, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.

\bar{x} - media do período.

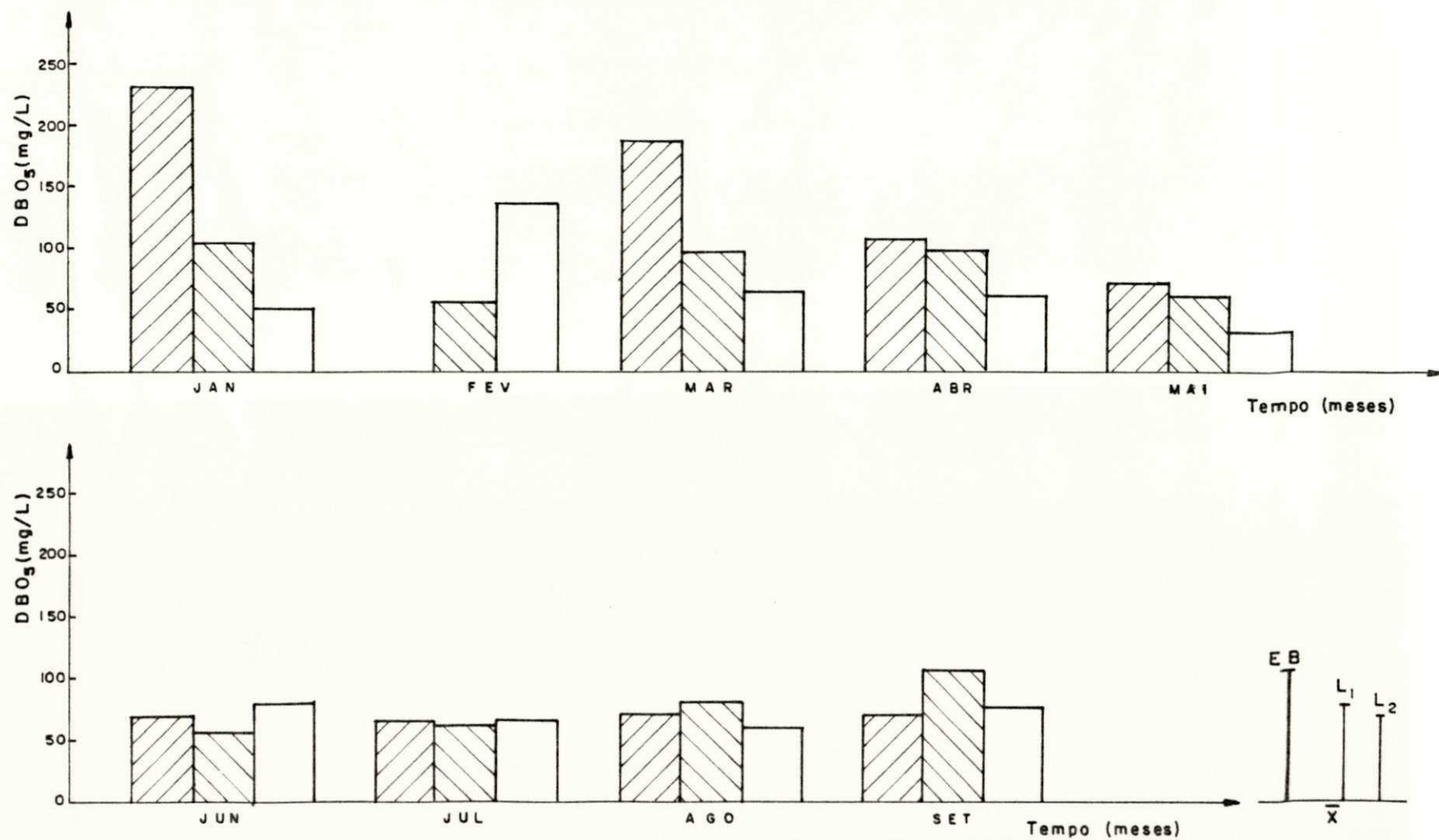





Fig. 4.10 - Variações das médias mensais de BOD₅ no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

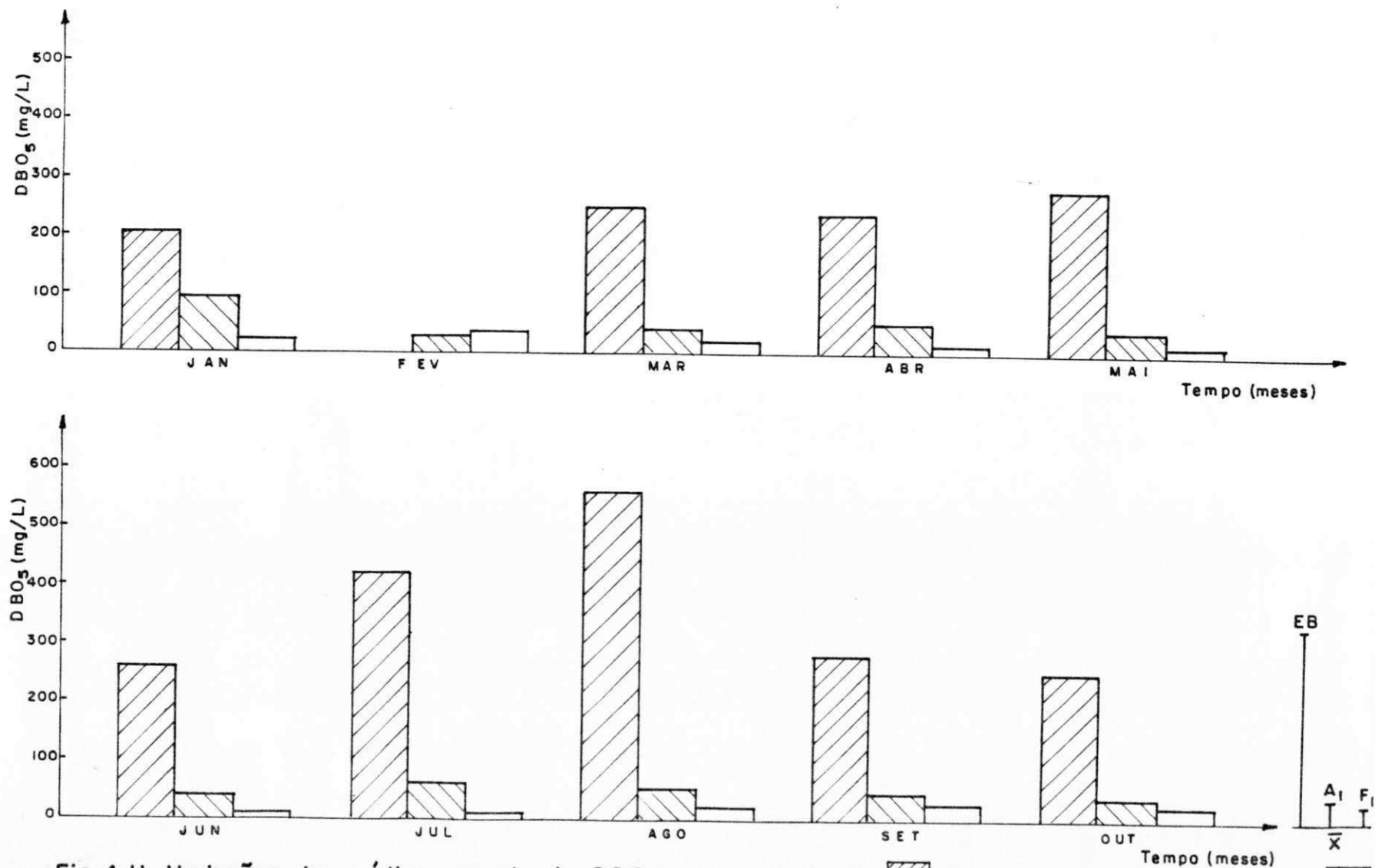


Fig.4.11-Variações das médias mensais de DBO_5 no esgoto bruto \square e efluentes da lagoa anaeróbia \square e facultativa \square da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

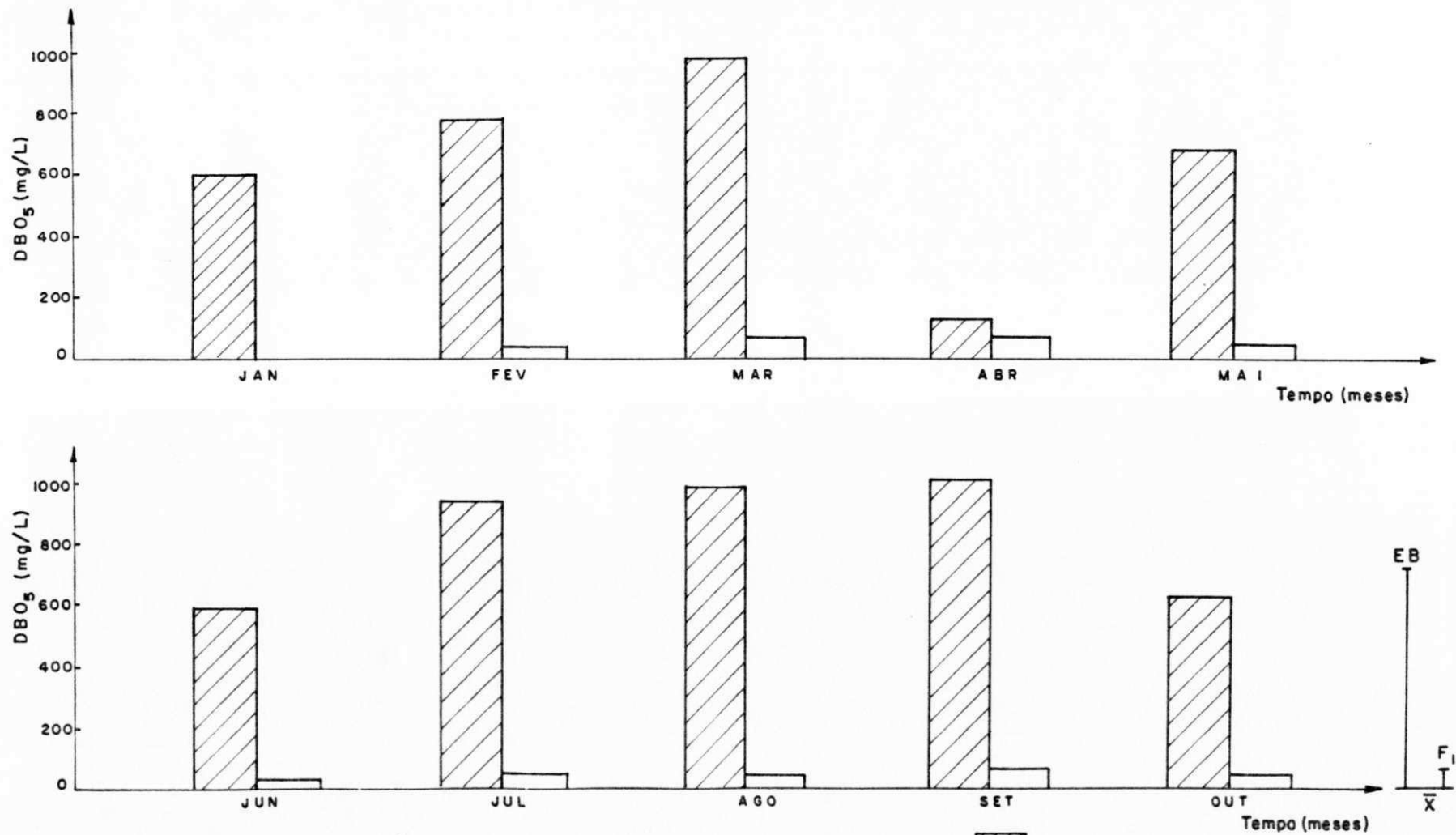




Fig.4.12 - Variações das médias mensais de DBO_5 no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

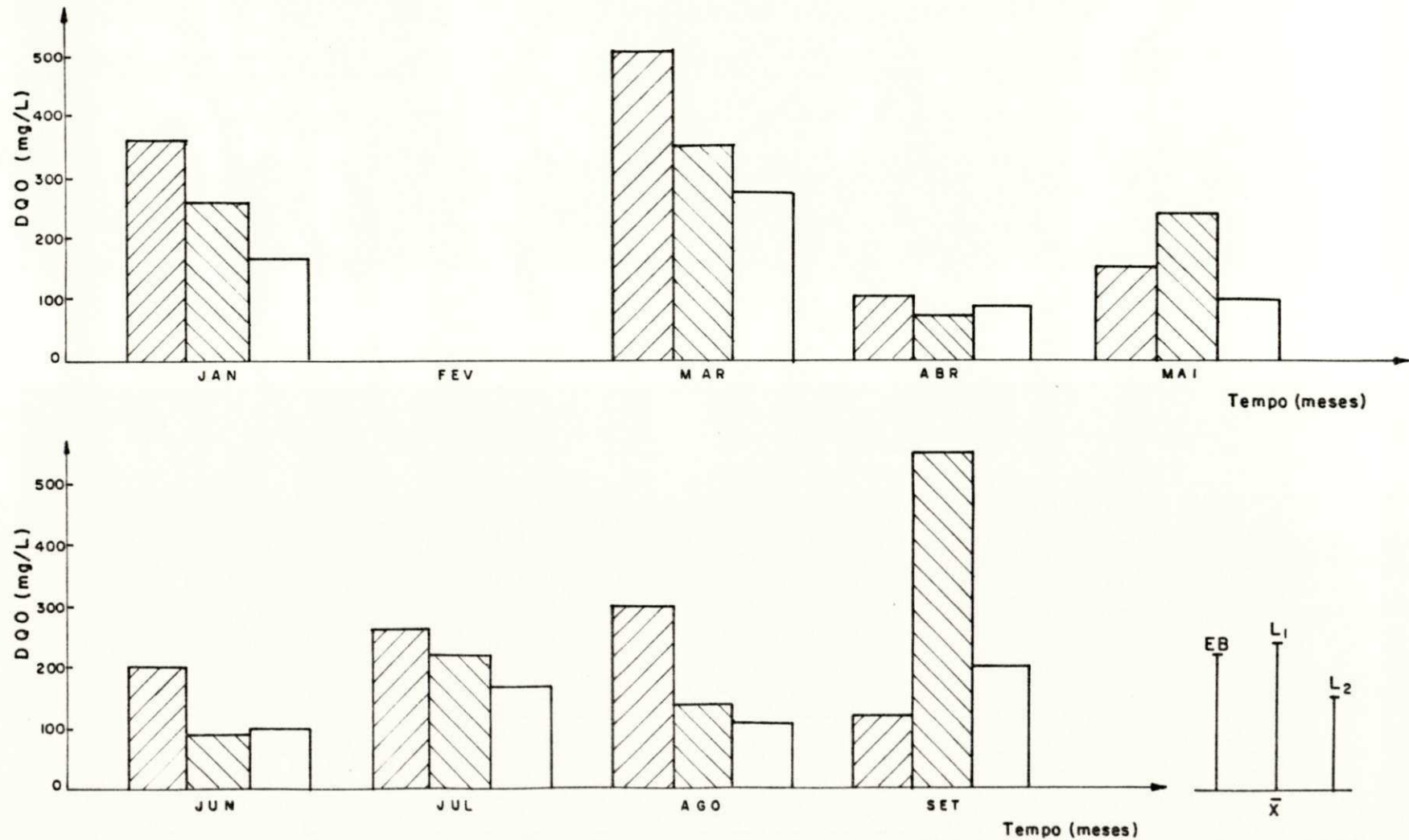





Fig. 4.13 - Variações das médias mensais da DQO no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

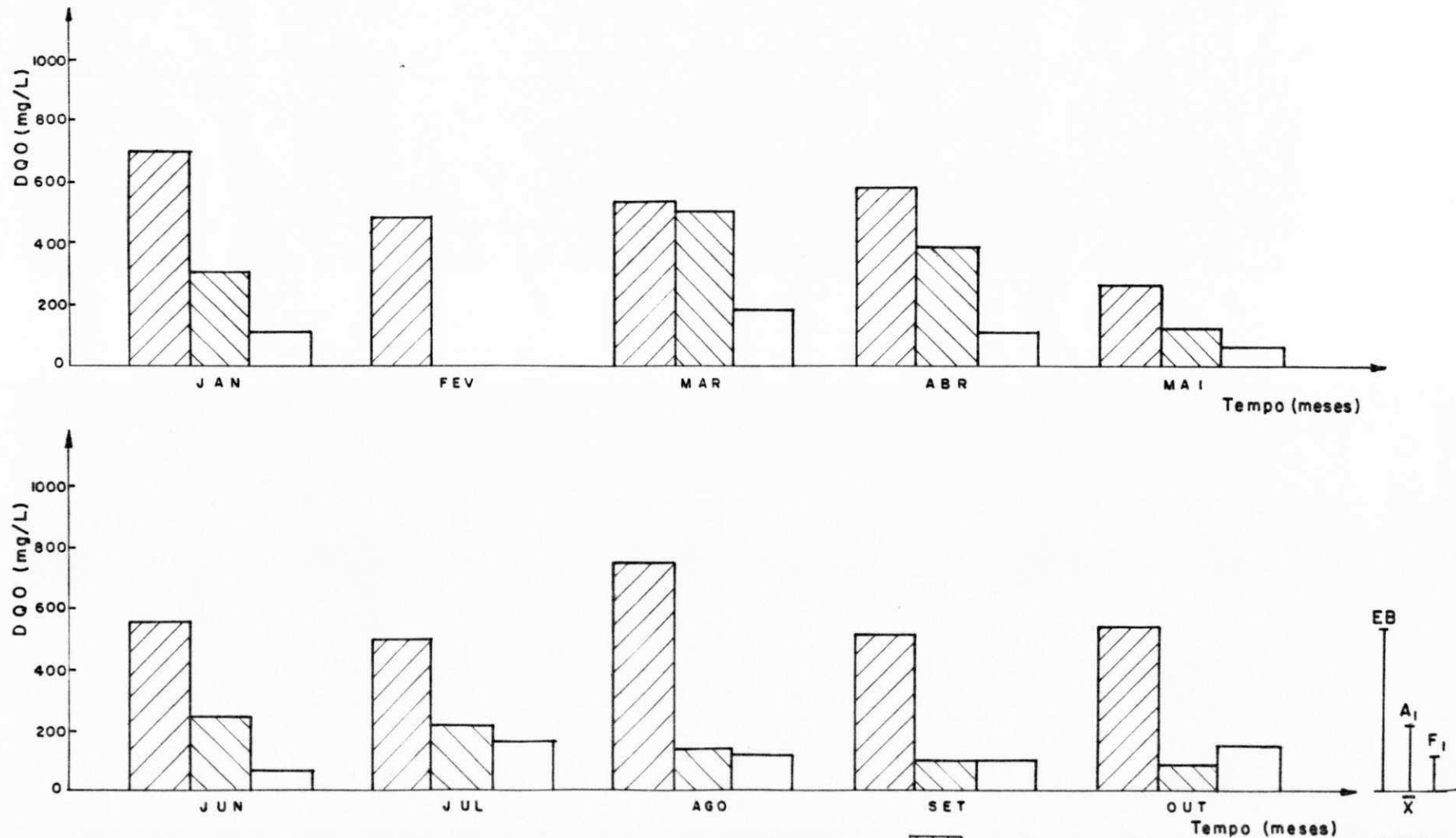





Fig. 4.14 - Variações das médias mensais da DQO no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

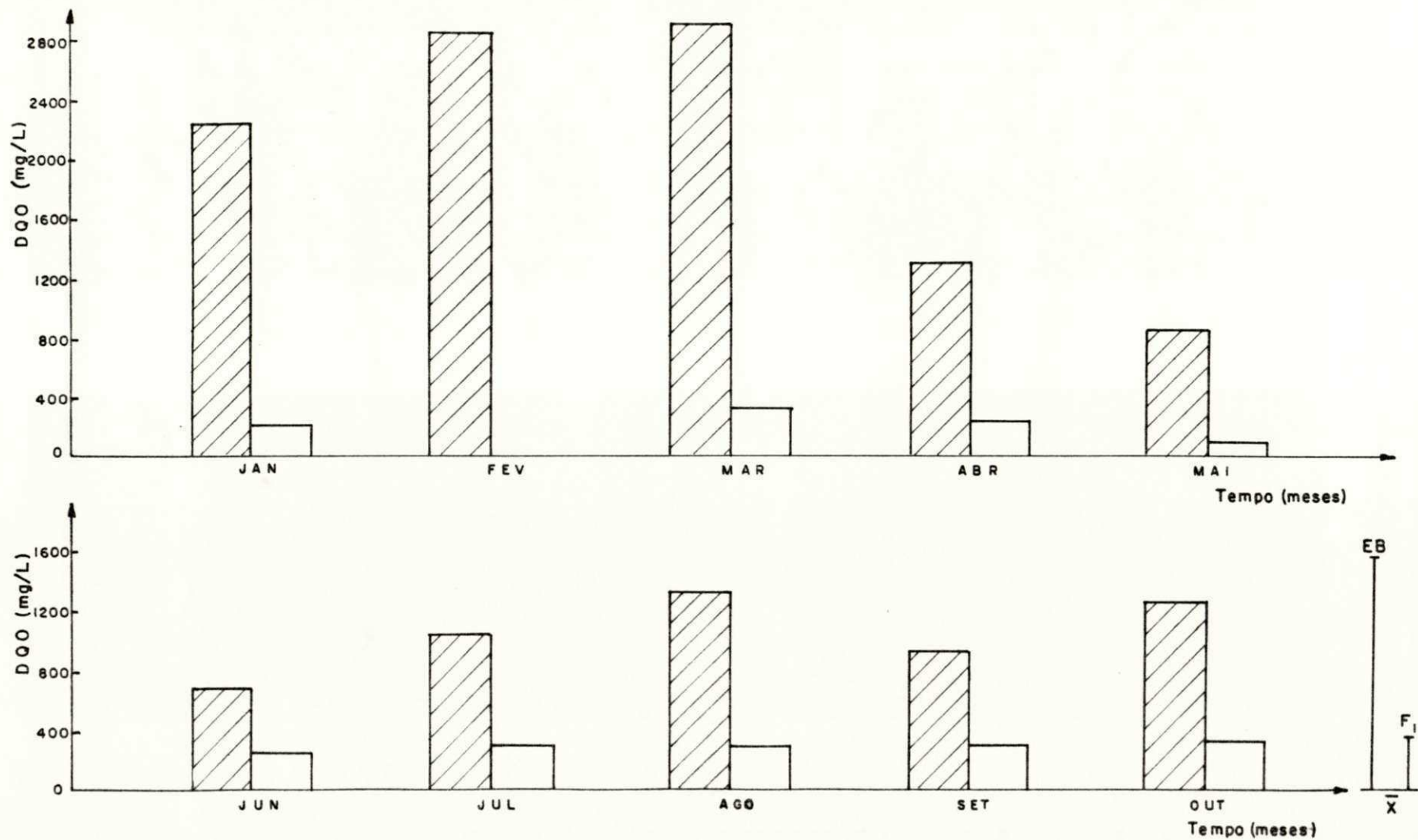




Fig. 4.15 - Variações das médias mensais da DQO, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

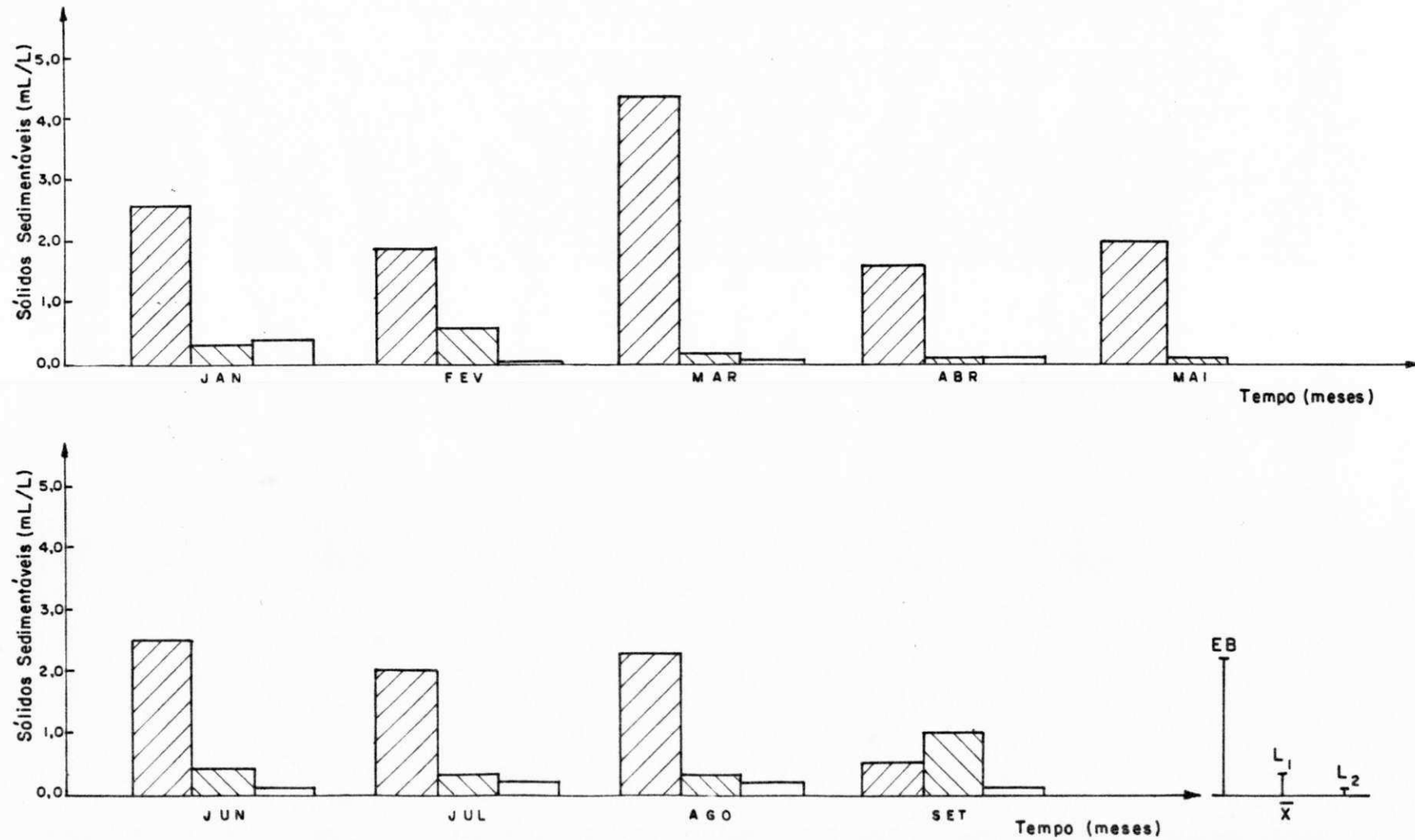





Fig. 4.16 - Variações das médias mensais dos Sólidos Sedimentáveis no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

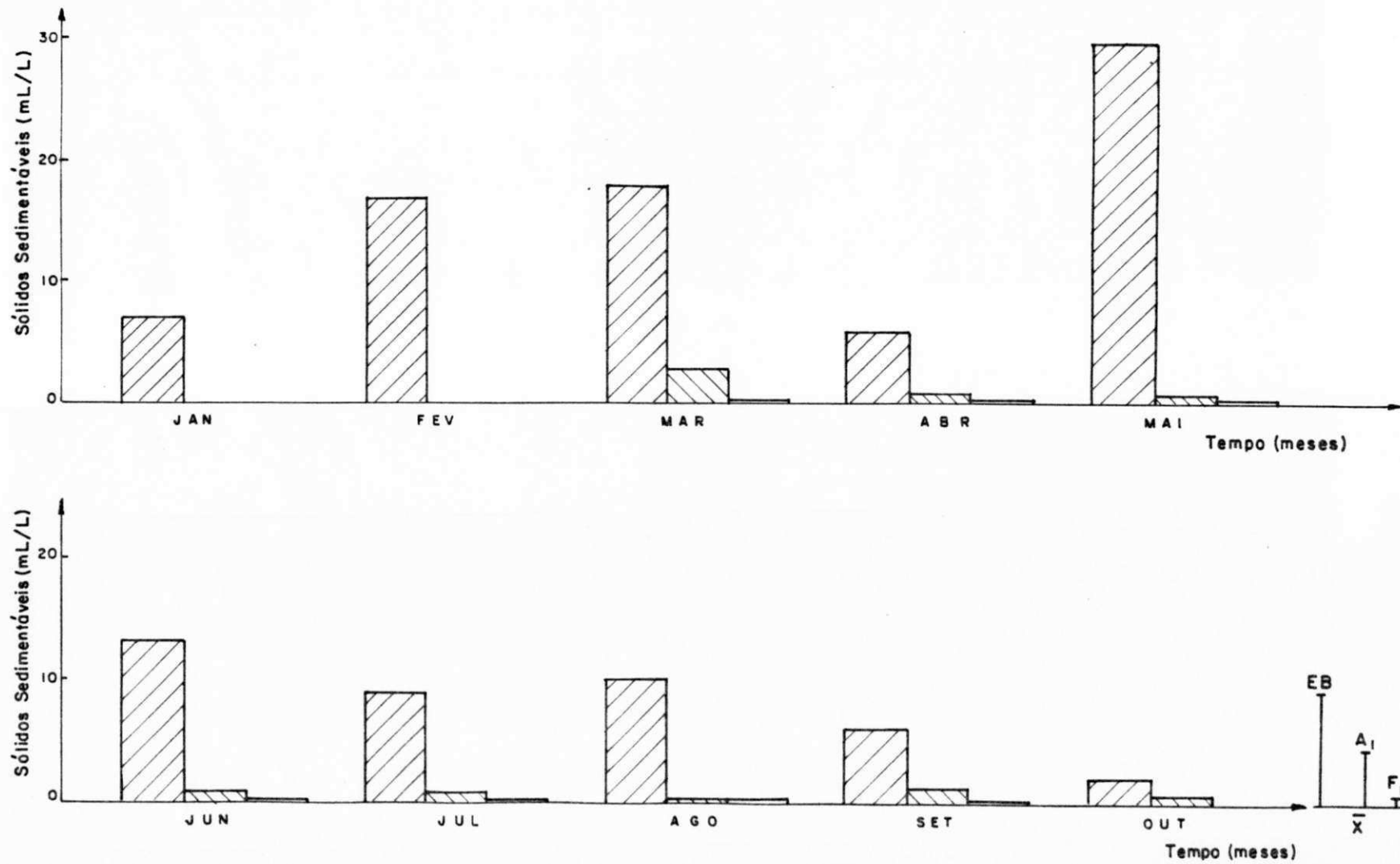





Fig. 4.17 - Variações das médias mensais dos Sólidos Sedimentáveis no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

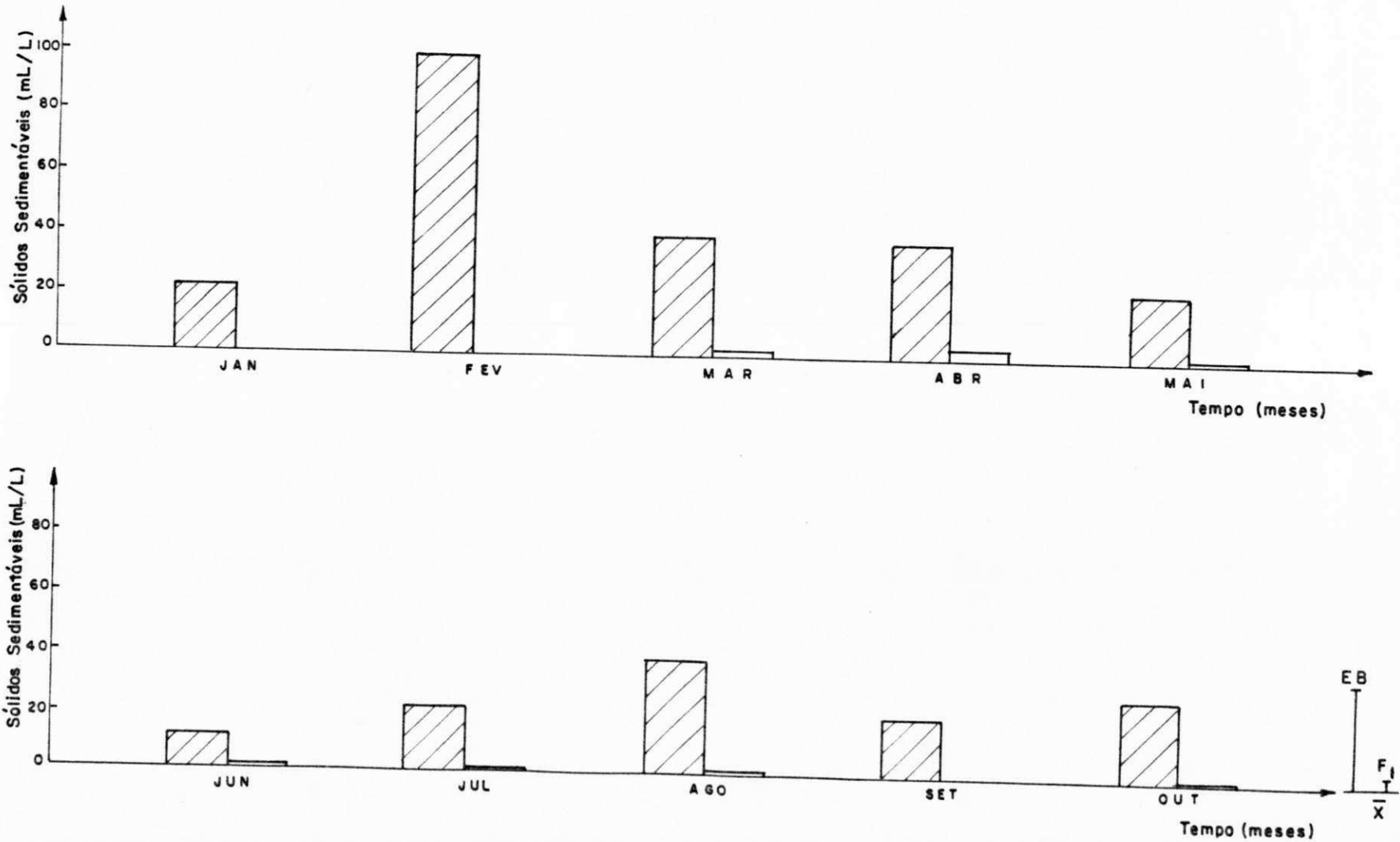




Fig. 4.18 - Variações das médias mensais dos Sólidos Sedimentáveis no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb) no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

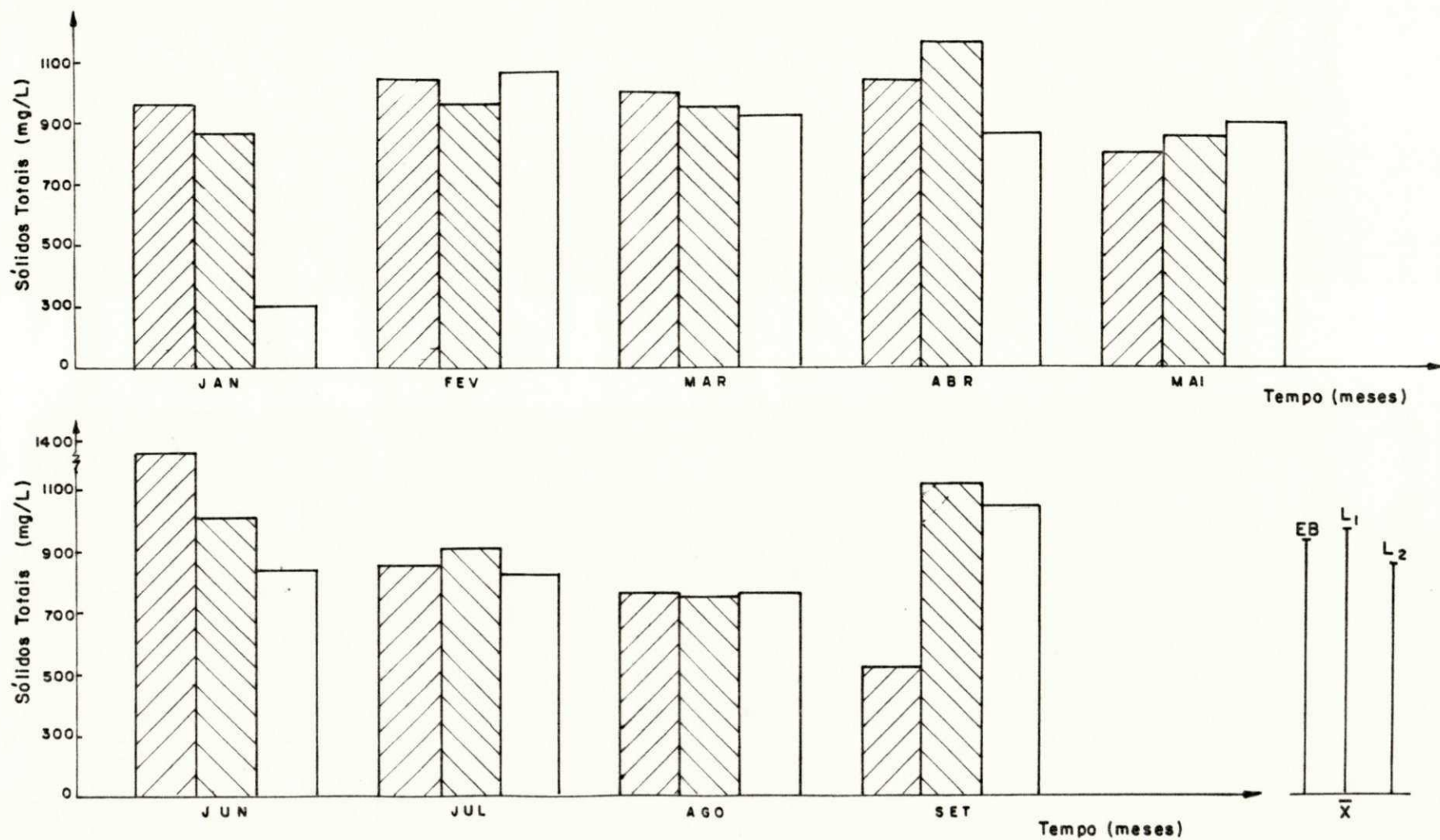





Fig. 4.19 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

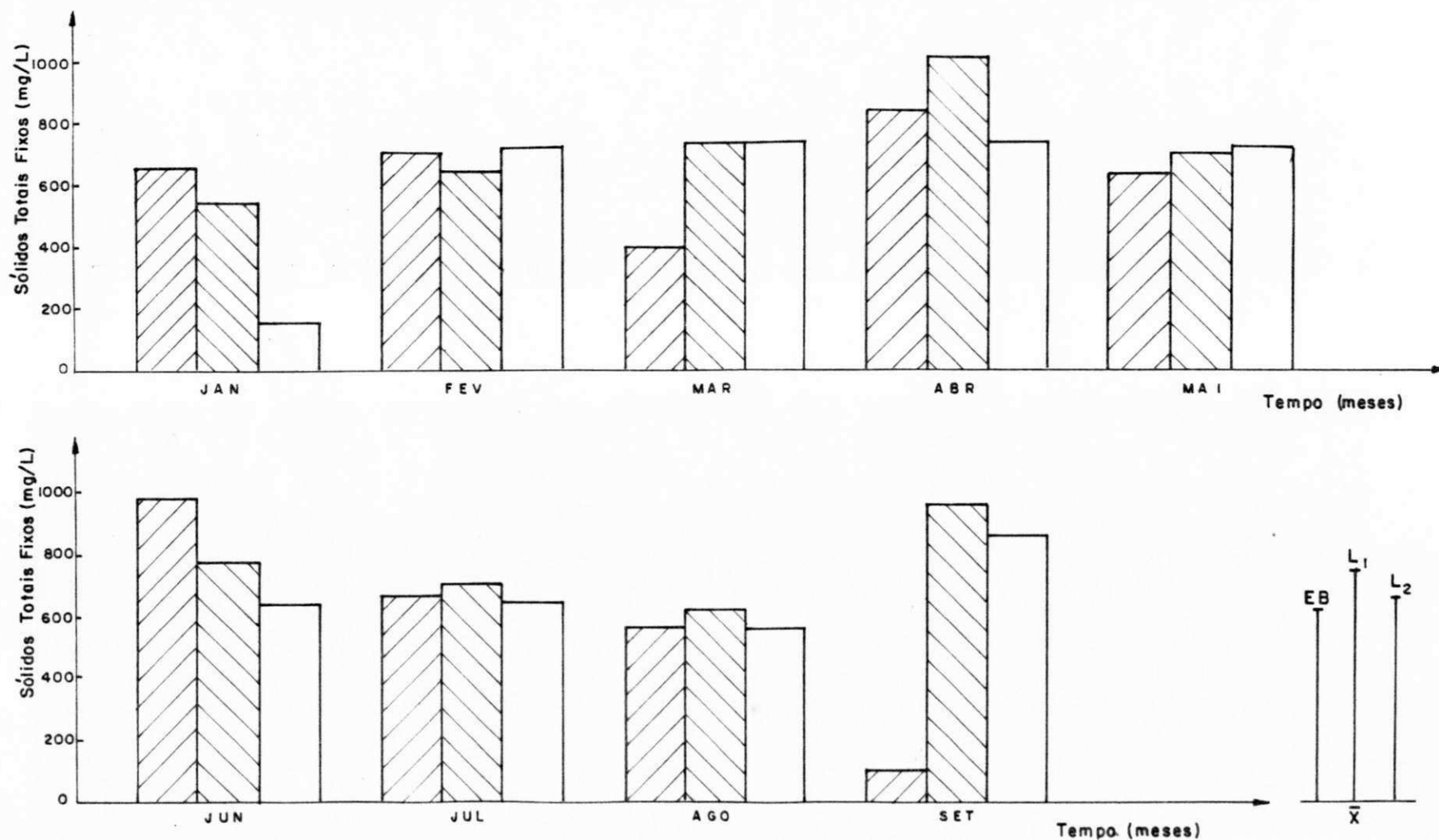





Fig. 4.20 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Fixos no esgoto bruto  e efluente da lagoa 1  e efluente da lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb) no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

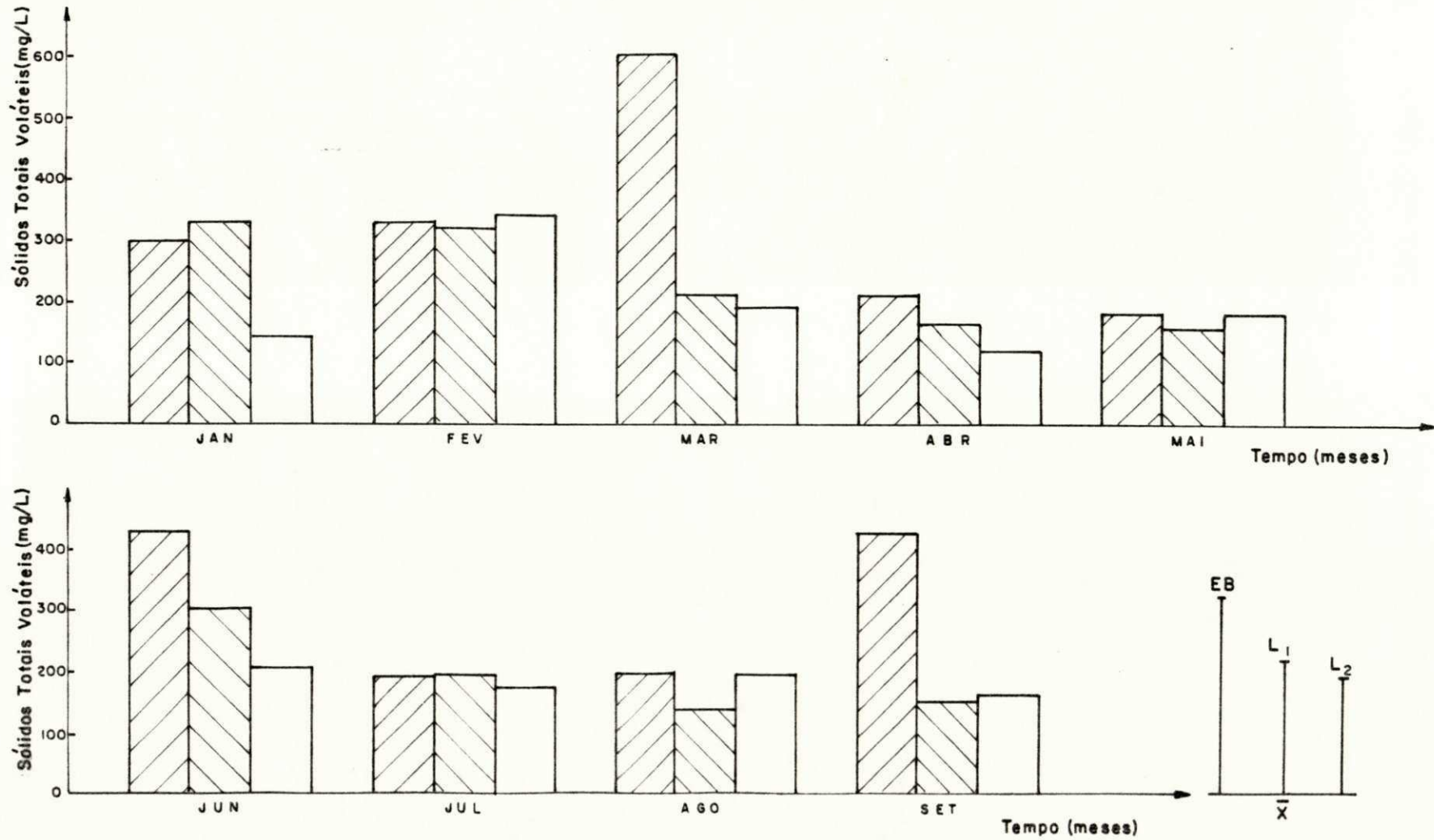





Fig. 4.21 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Voláteis no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

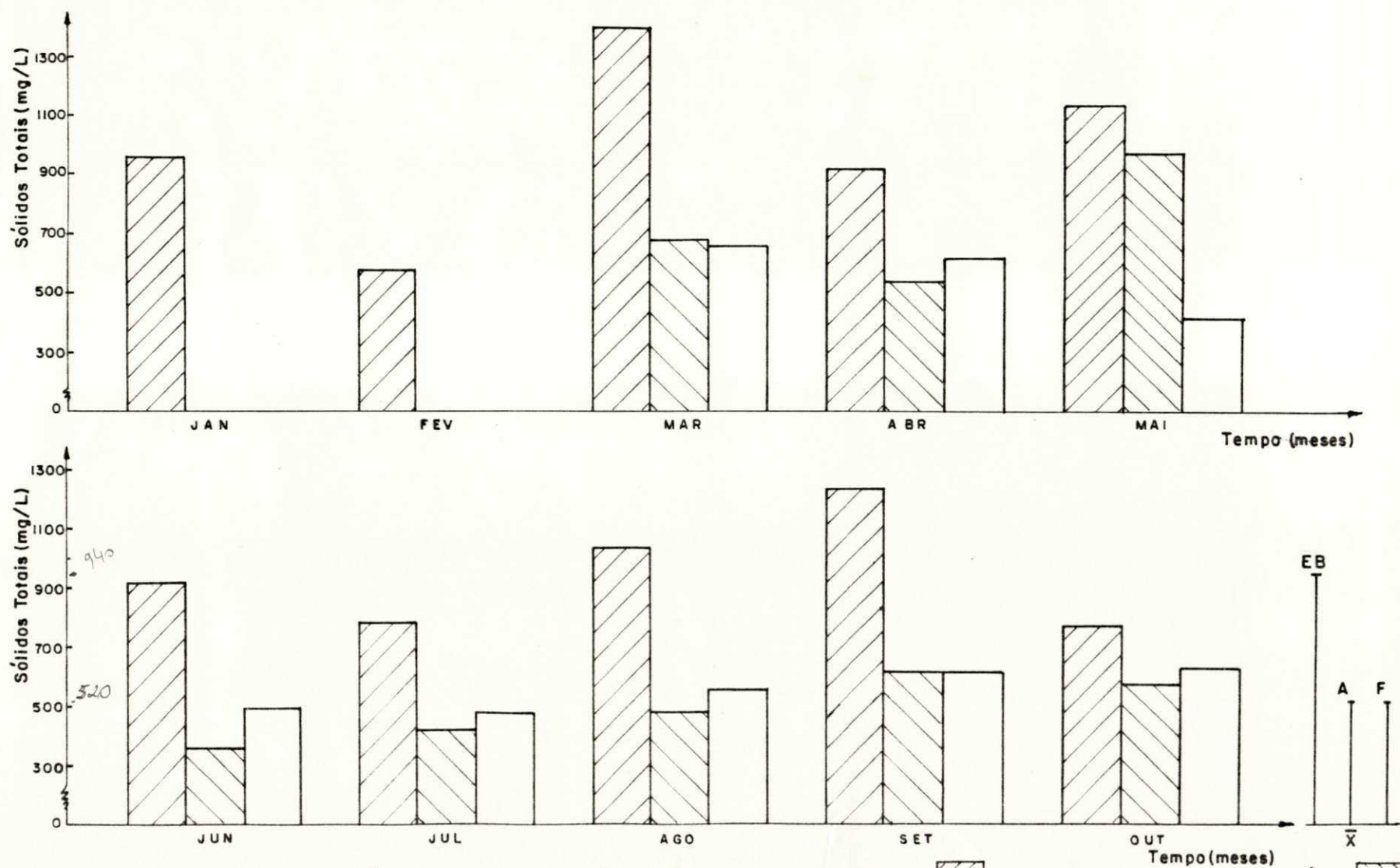





Fig. 4.22 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

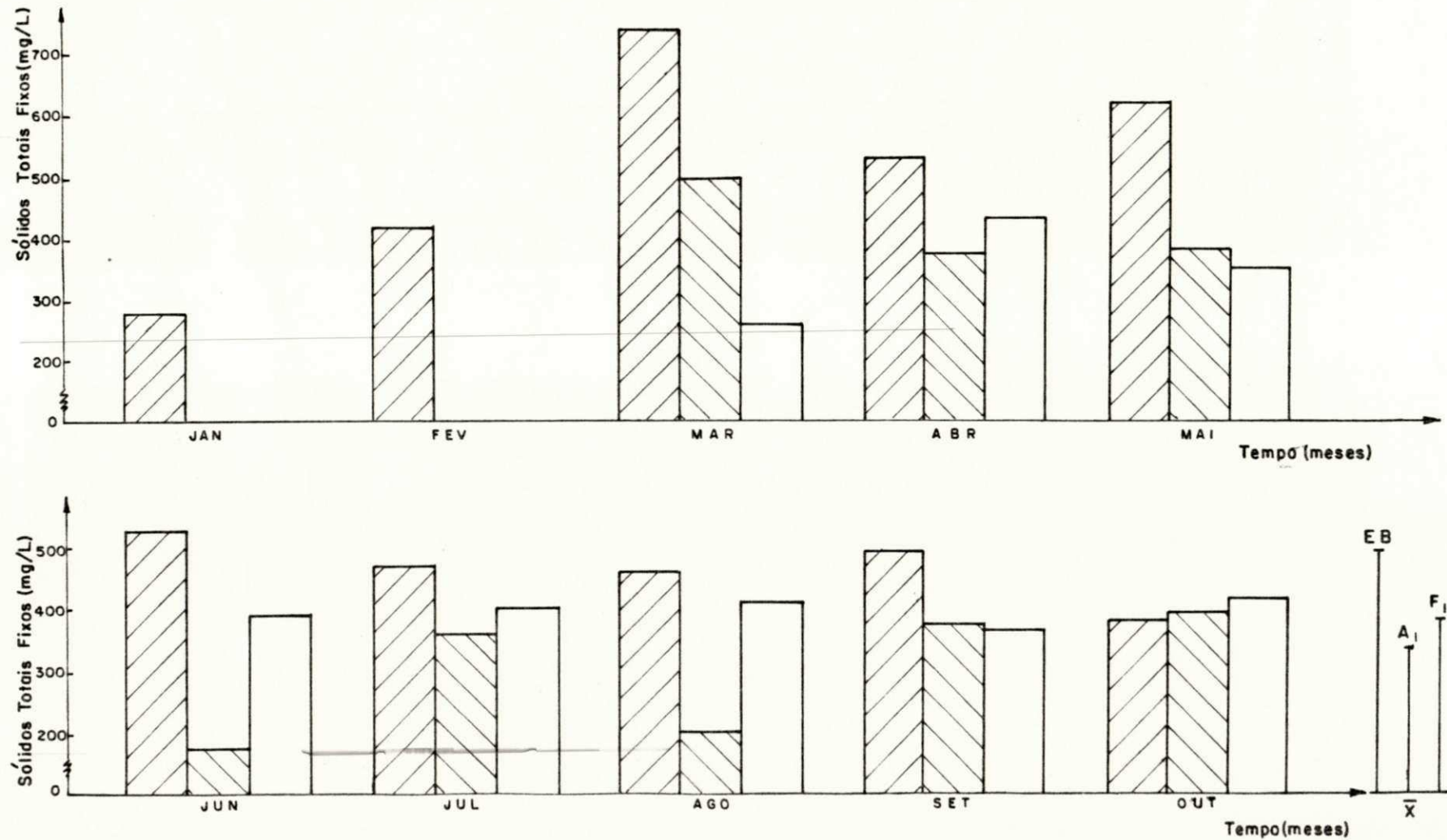


Fig. 4.23 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Fixos no esgoto bruto EB e efluentes da lagoa anaeróbia A_i e facultativa F_i da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

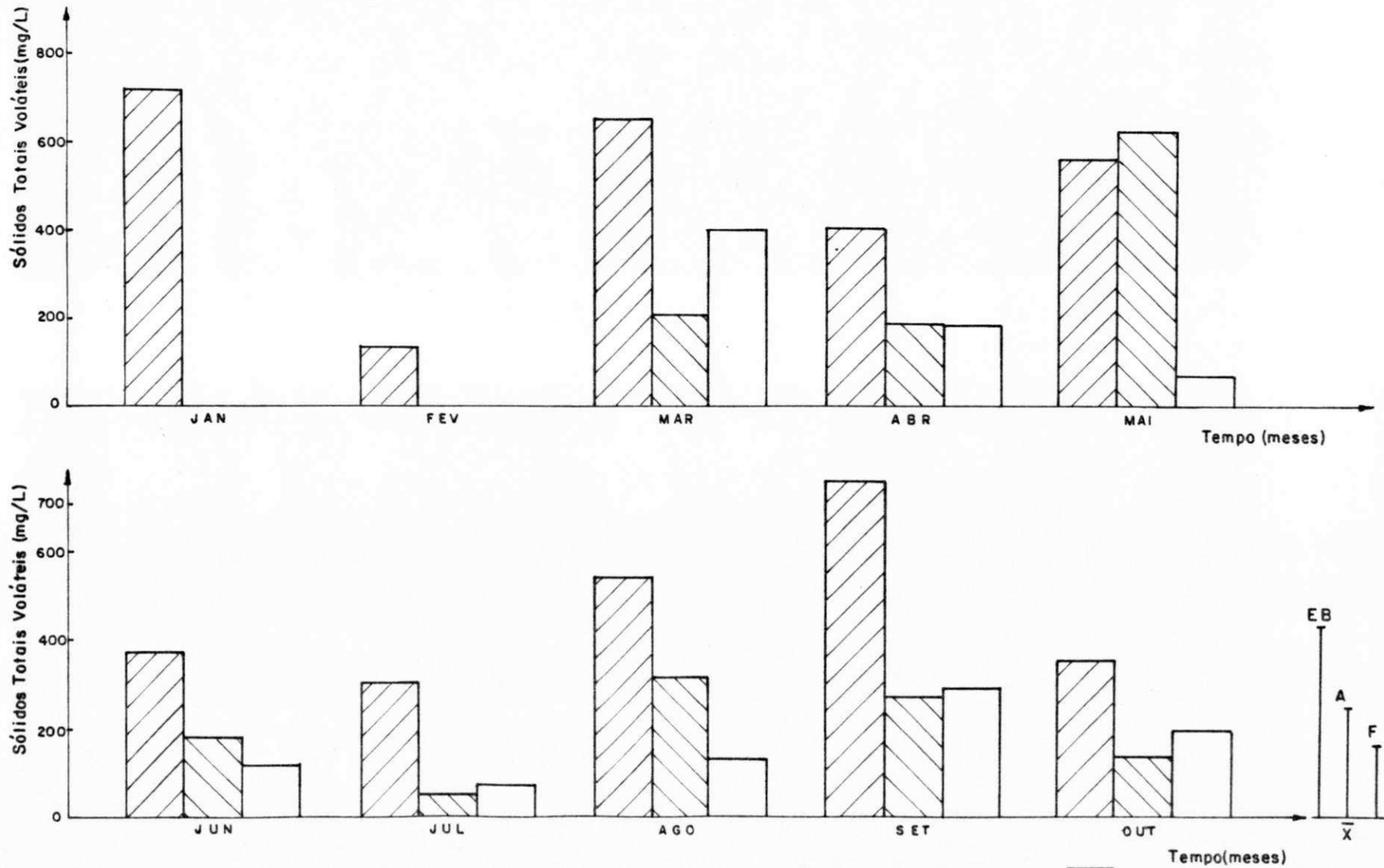





Fig. 4.24 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Voláteis no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

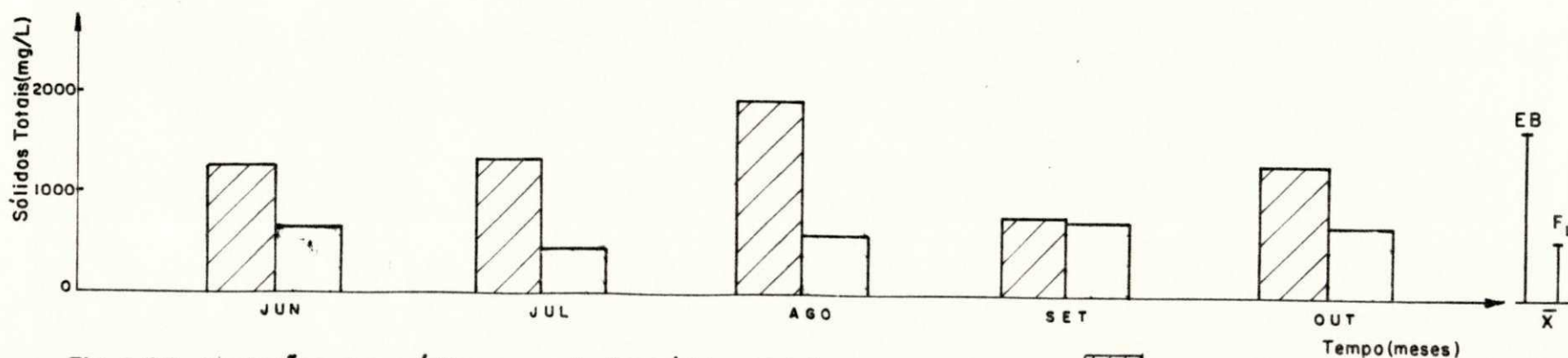
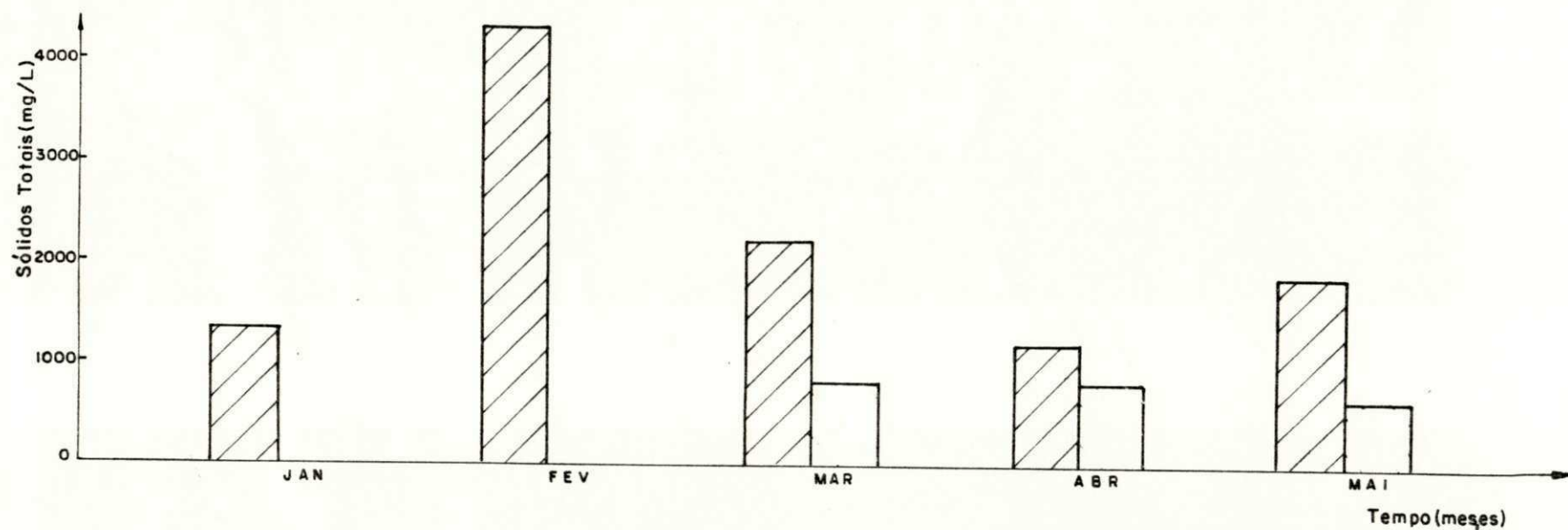




Fig. 4.25 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais, no esgoto bruto  e efluente  da lagoa facultativa da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.

\bar{x} - média do período.

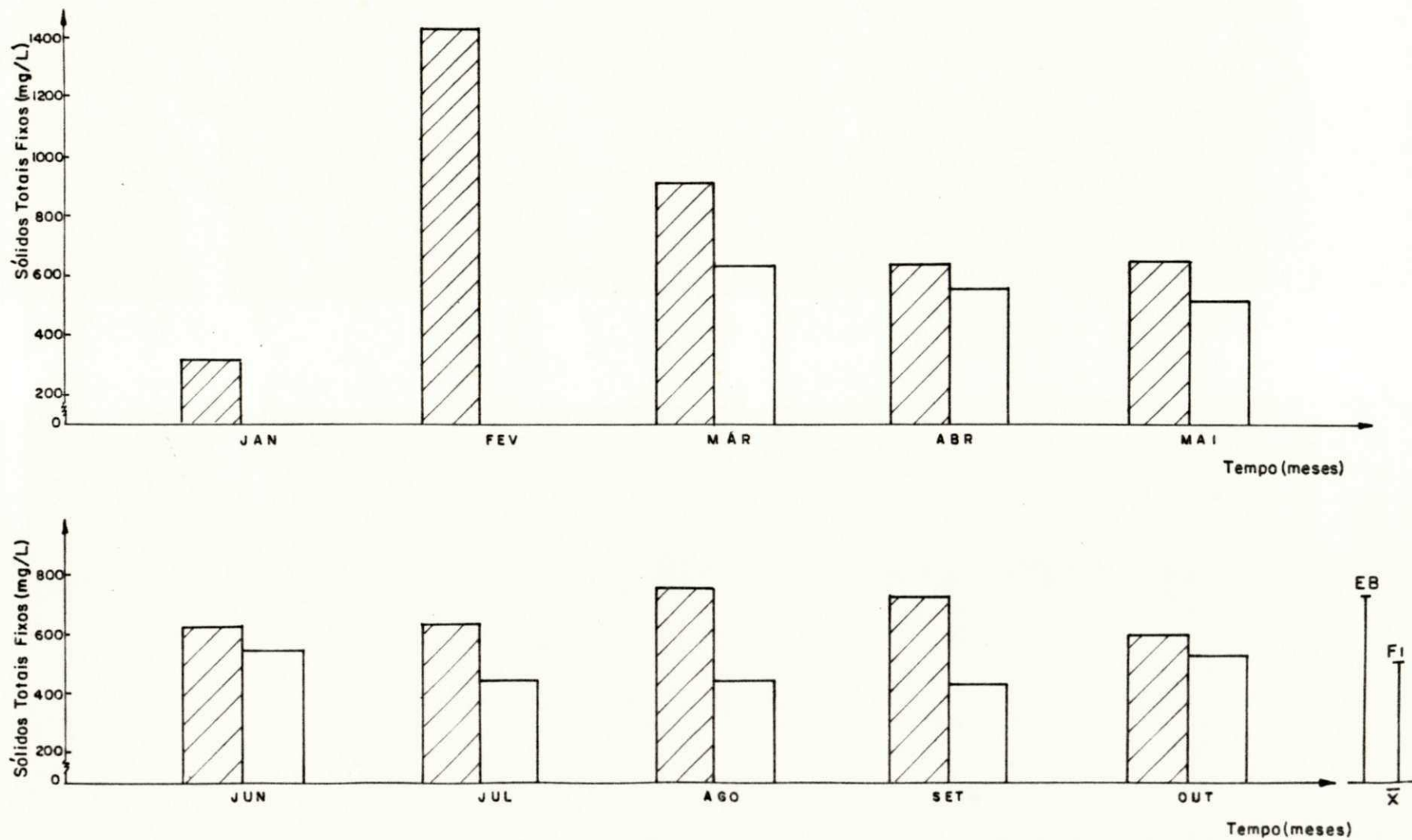




Fig. 4.26 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Fixos, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

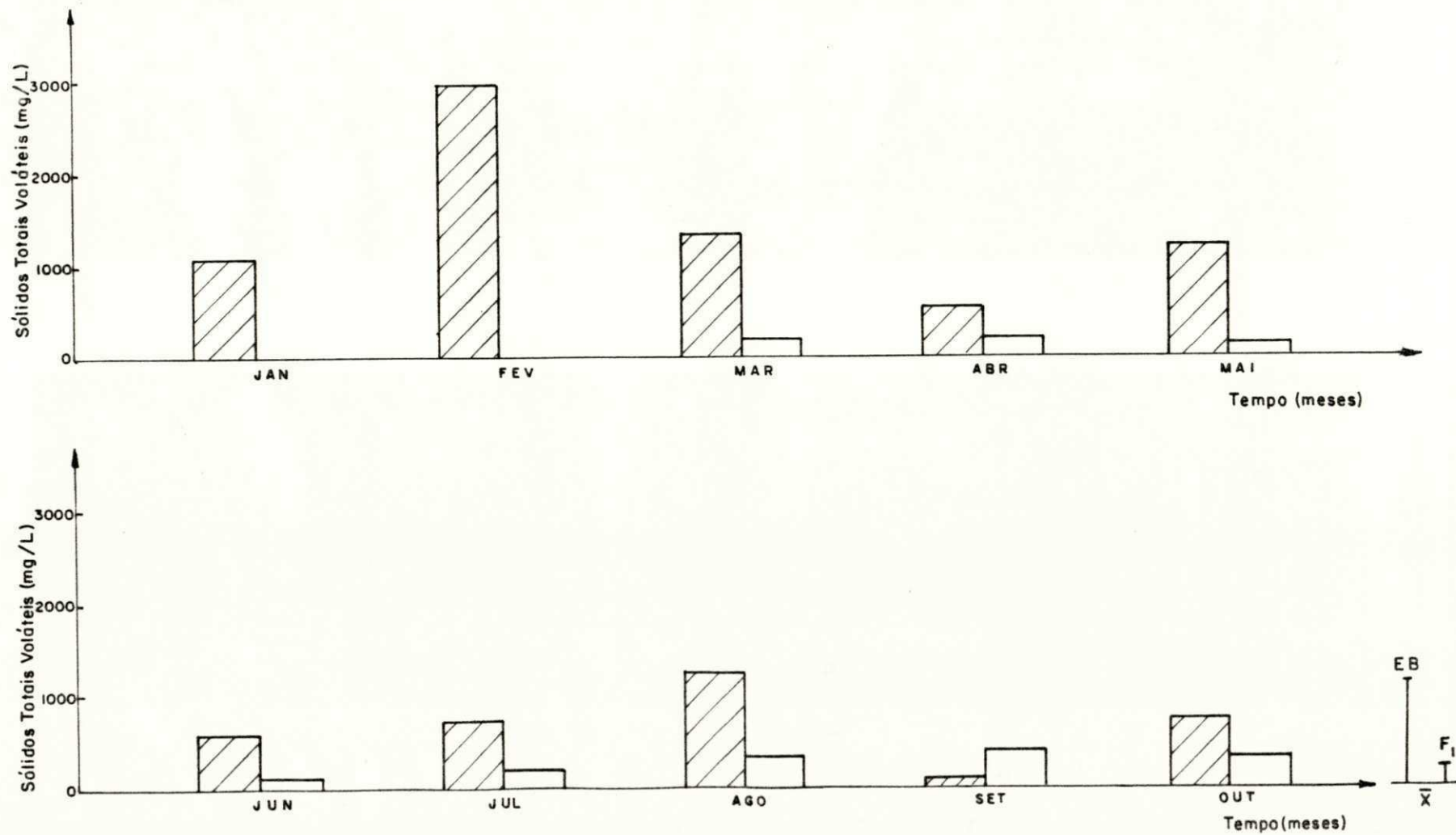




Fig.4.27 - Variações das médias mensais dos Sólidos Totais Voláteis, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

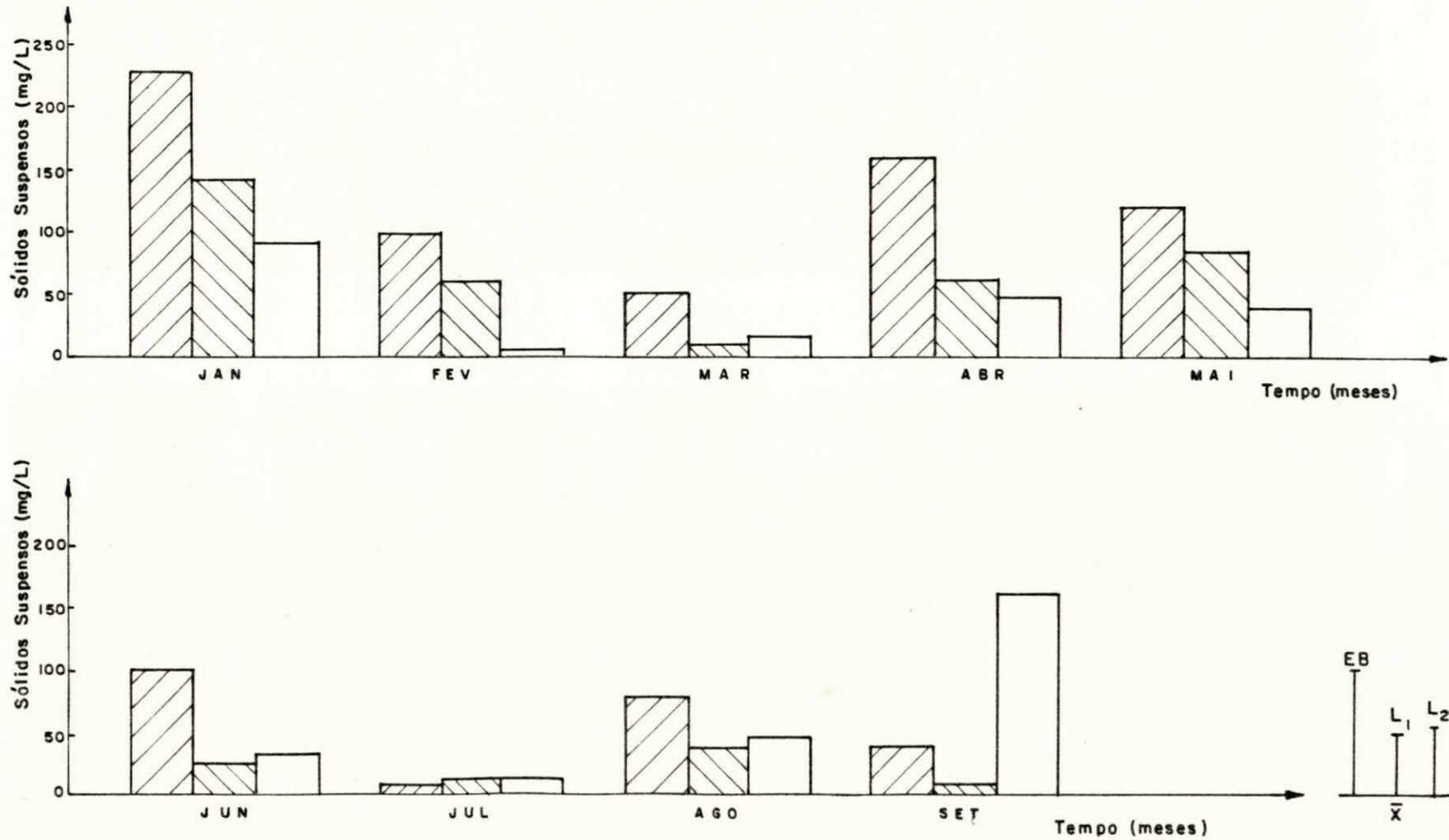





Fig. 4.28 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

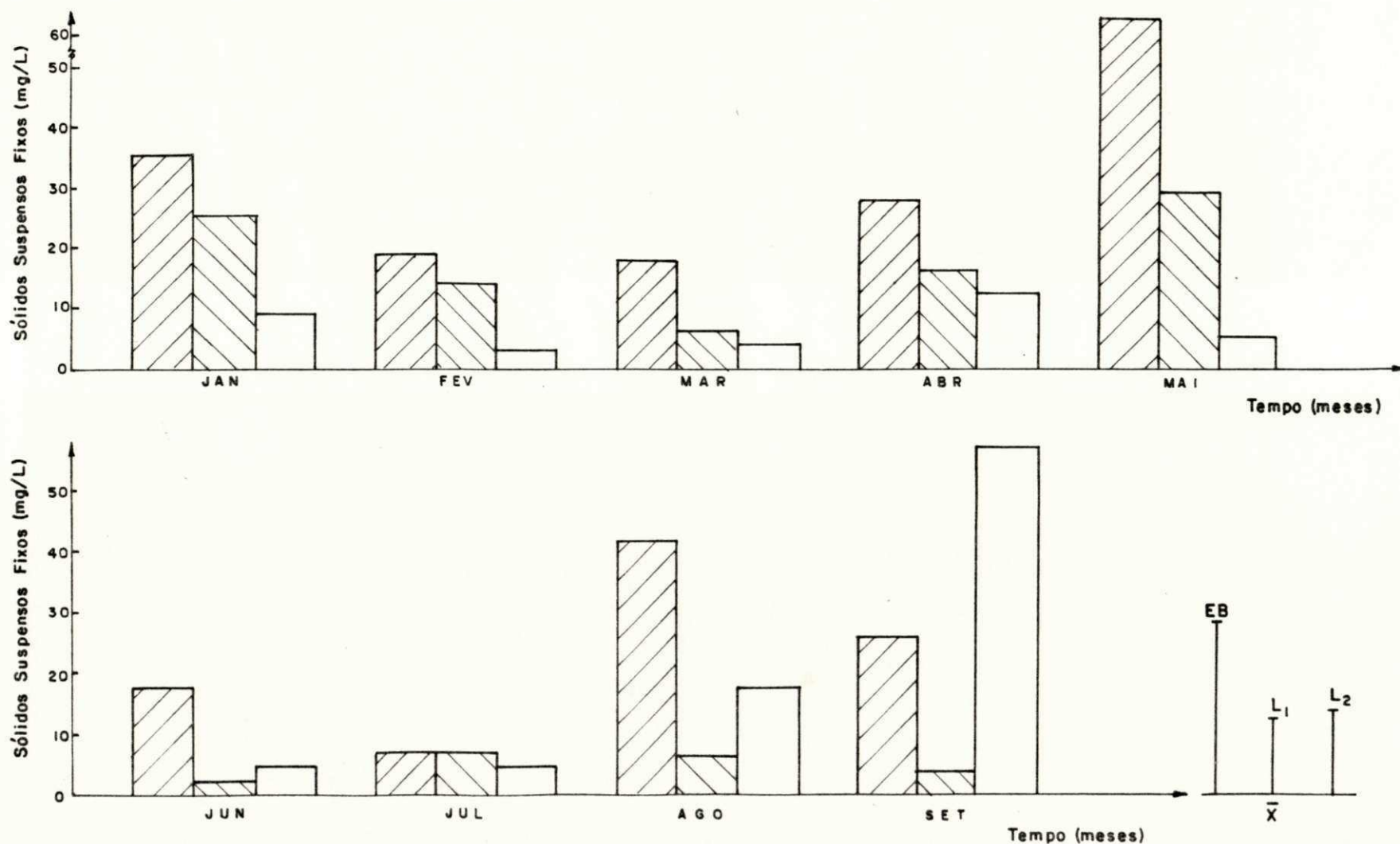





Fig. 4.29 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Fixos no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

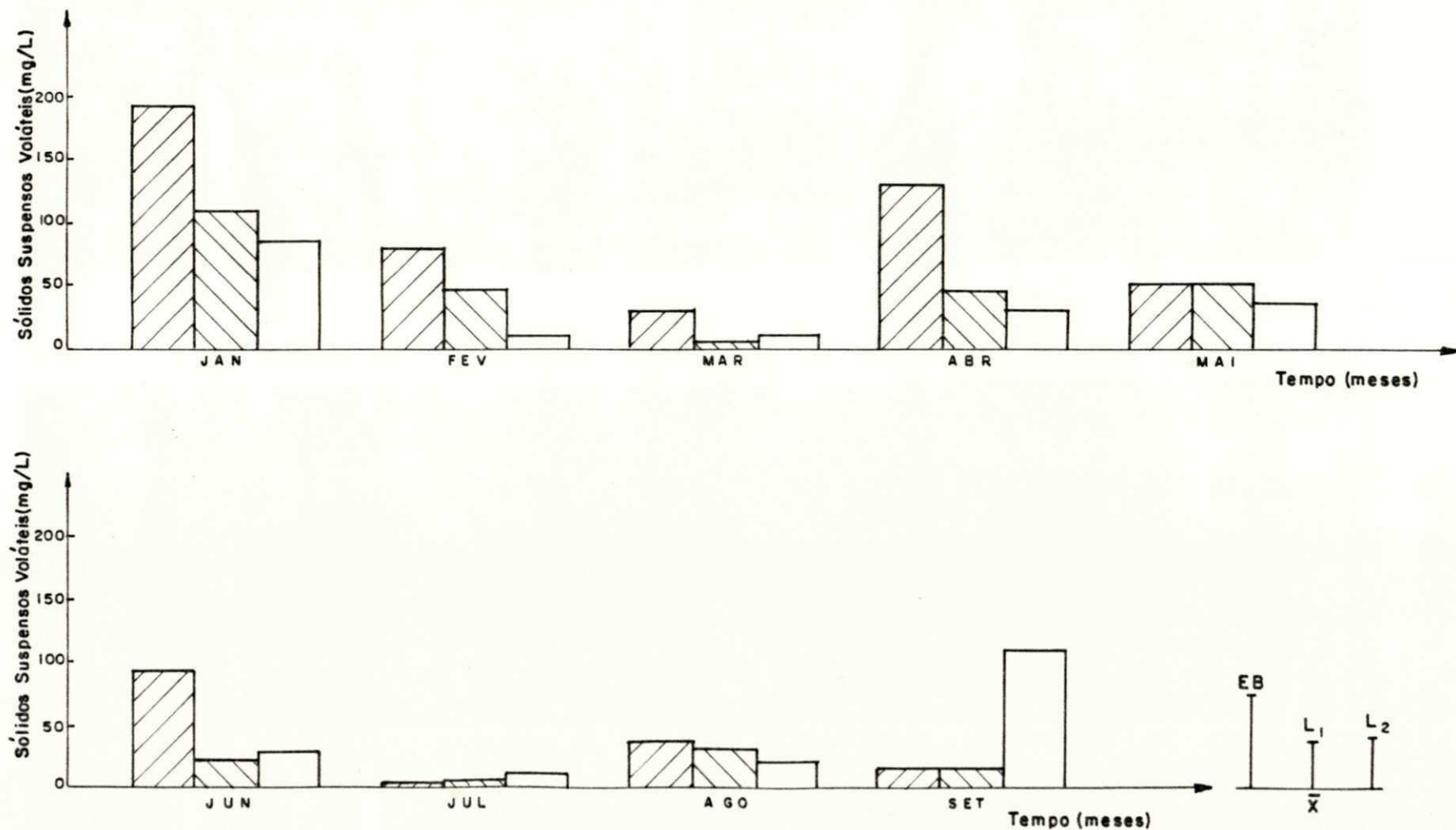





Fig. 4.30 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Voláteis no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

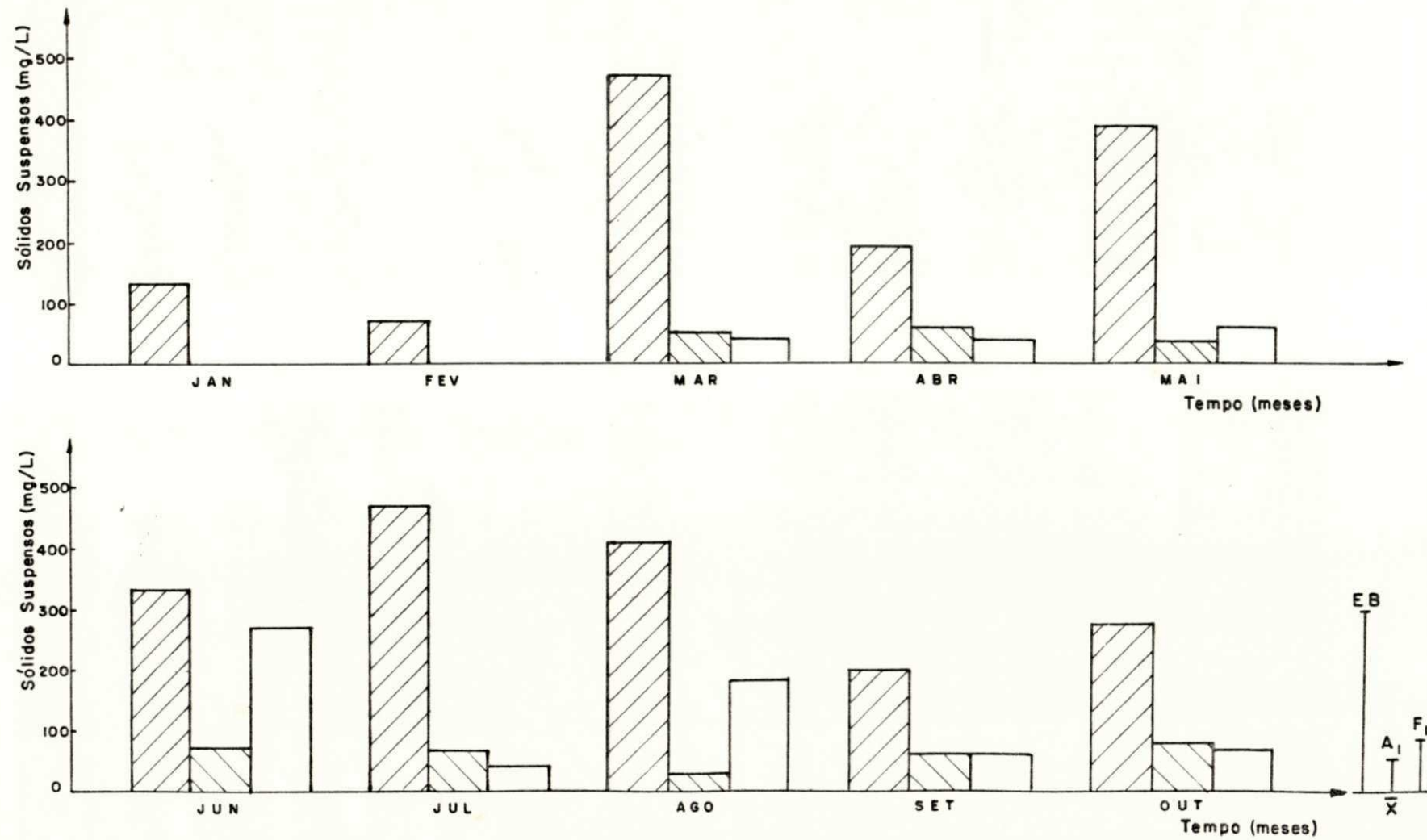





Fig. 4.31 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

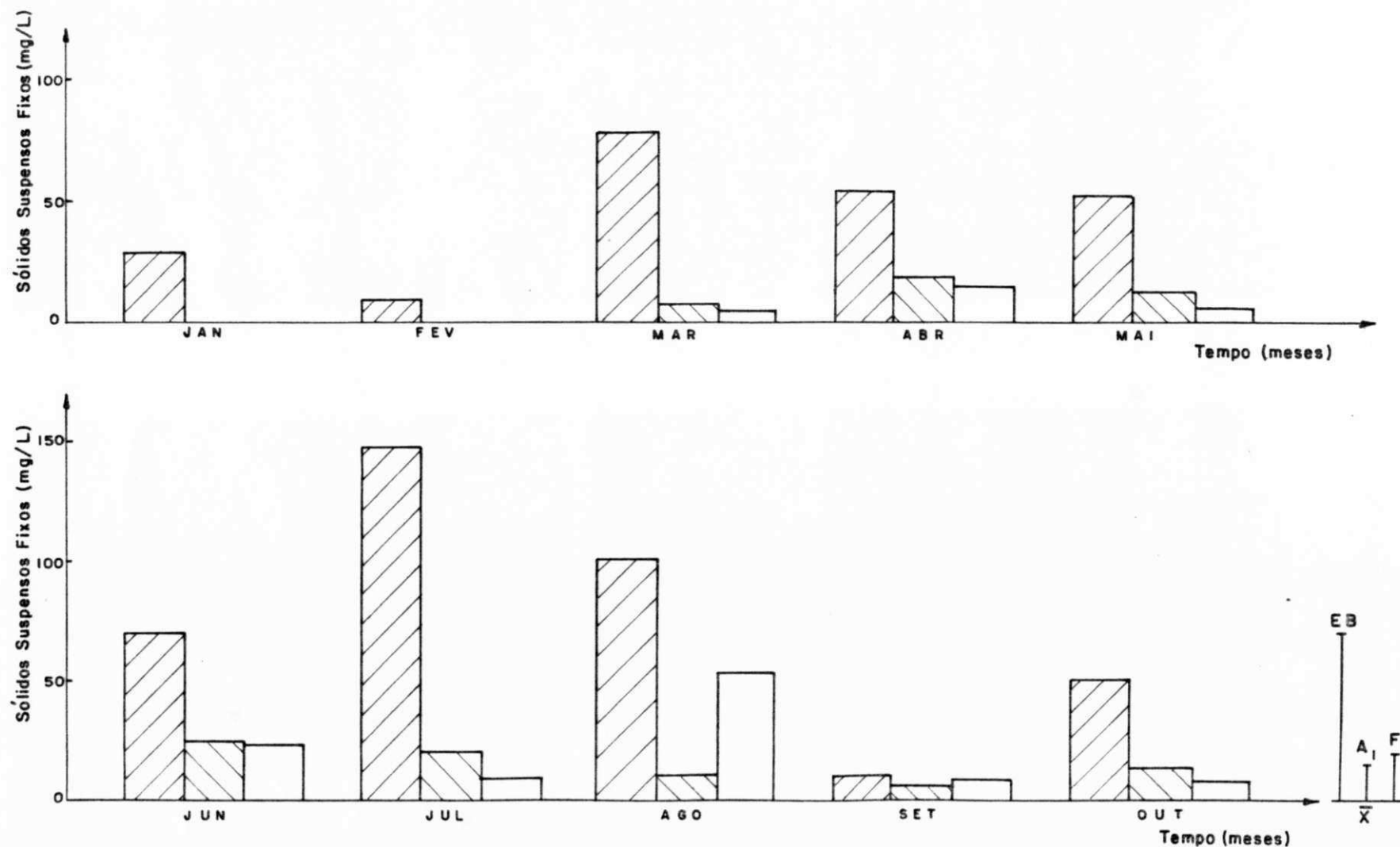





Fig. 4.32 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Fixos, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

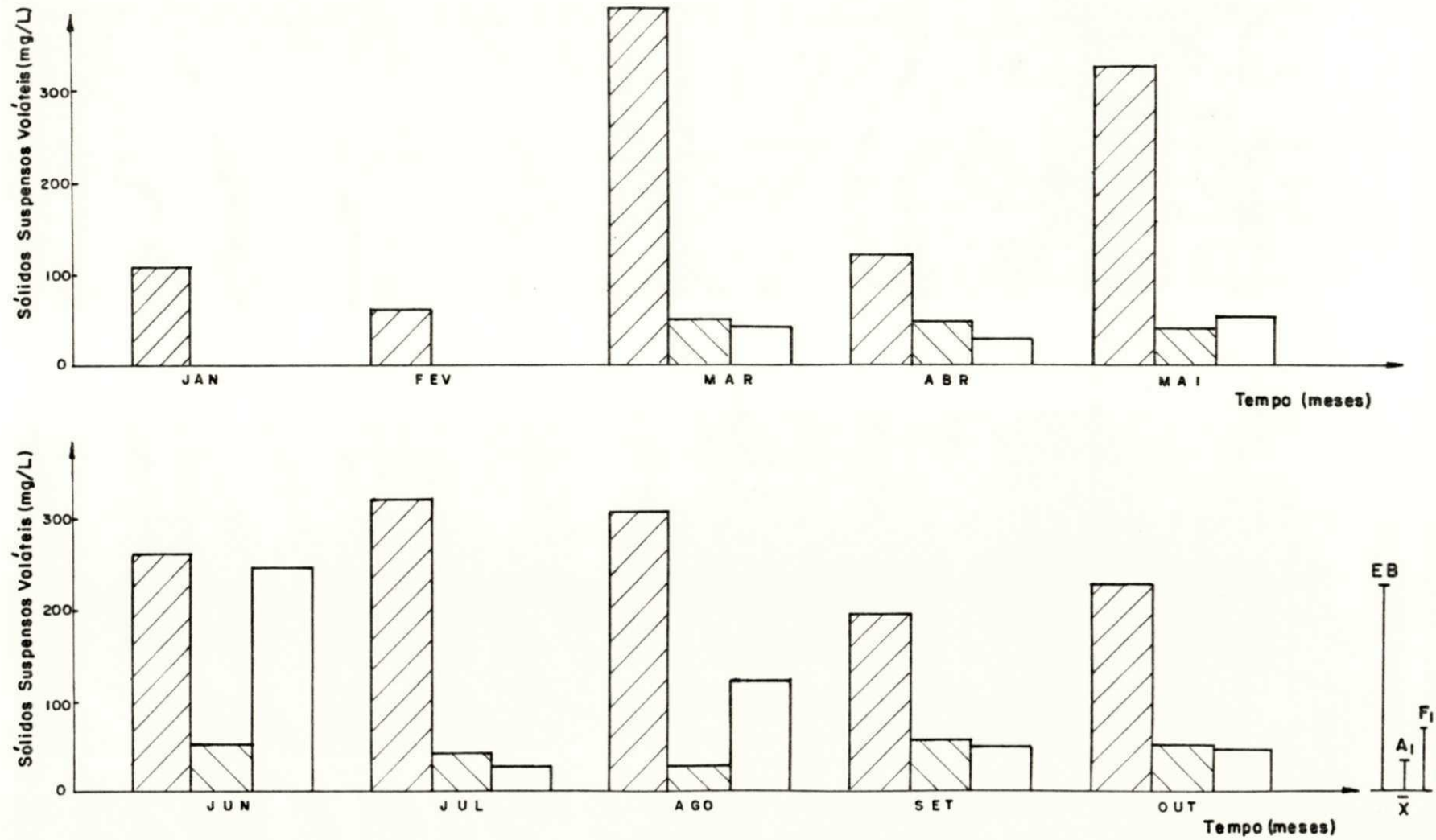





Fig.4.33 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Voláteis, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

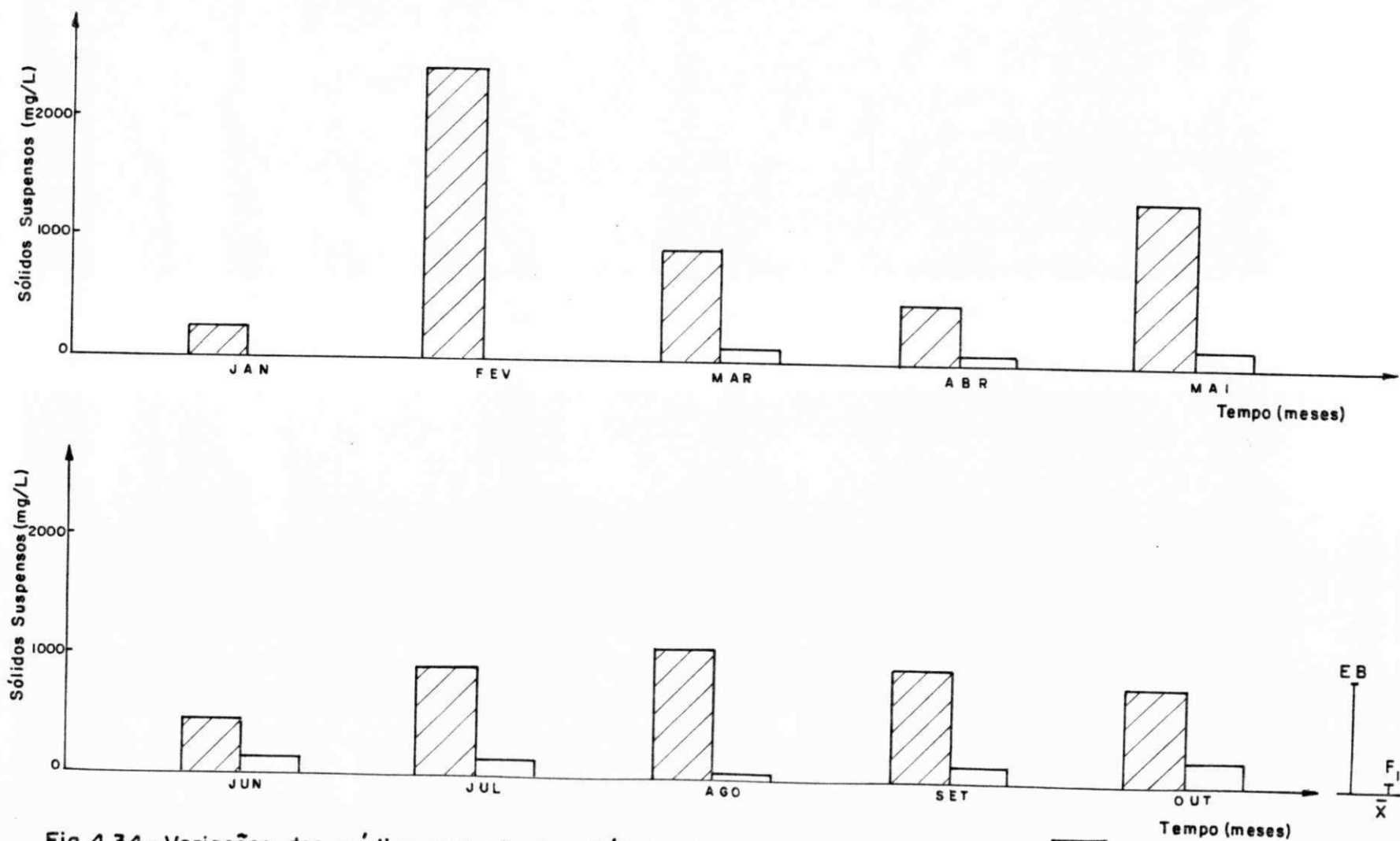




Fig.4.34 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

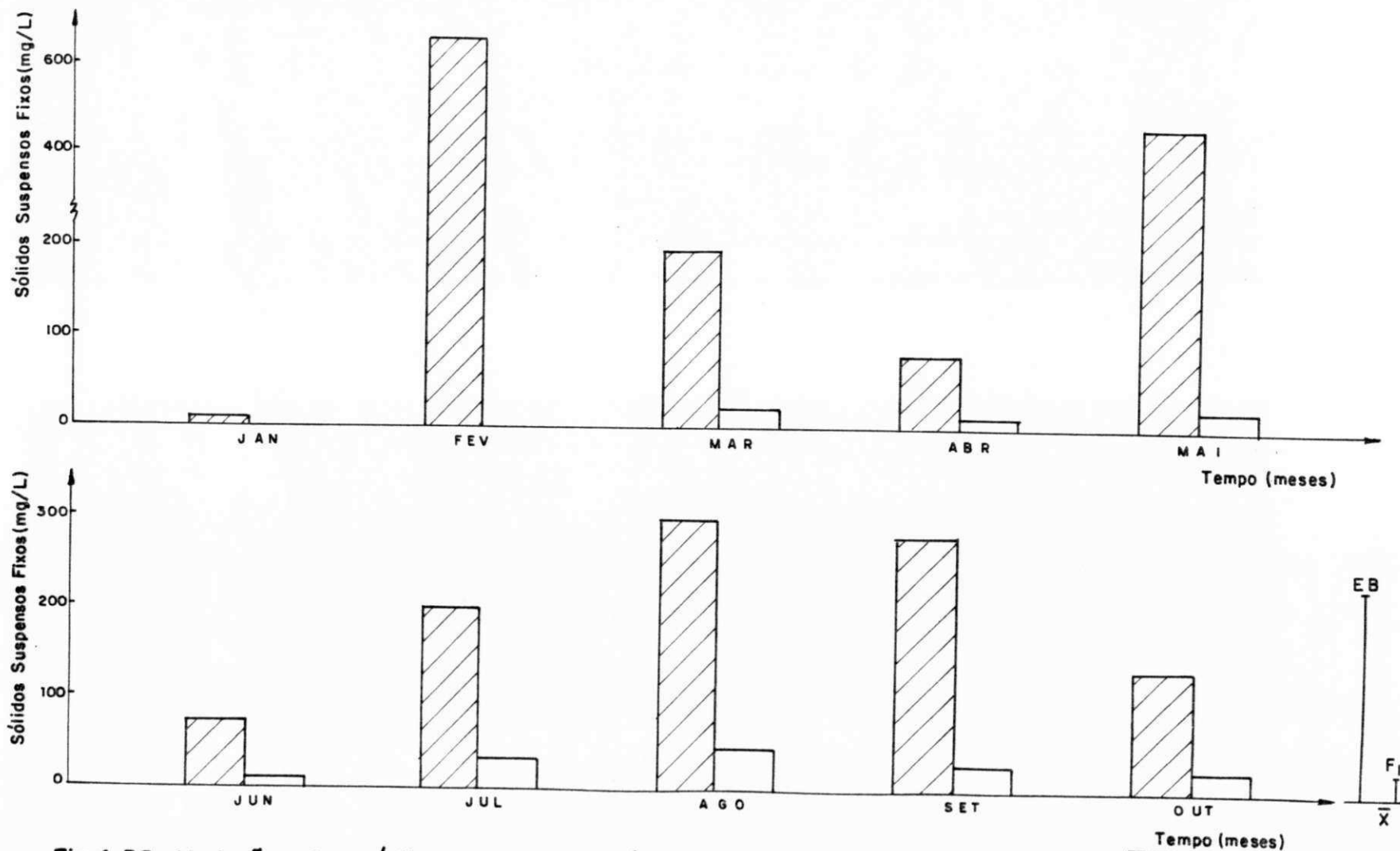




Fig.4.35 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Fixos, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

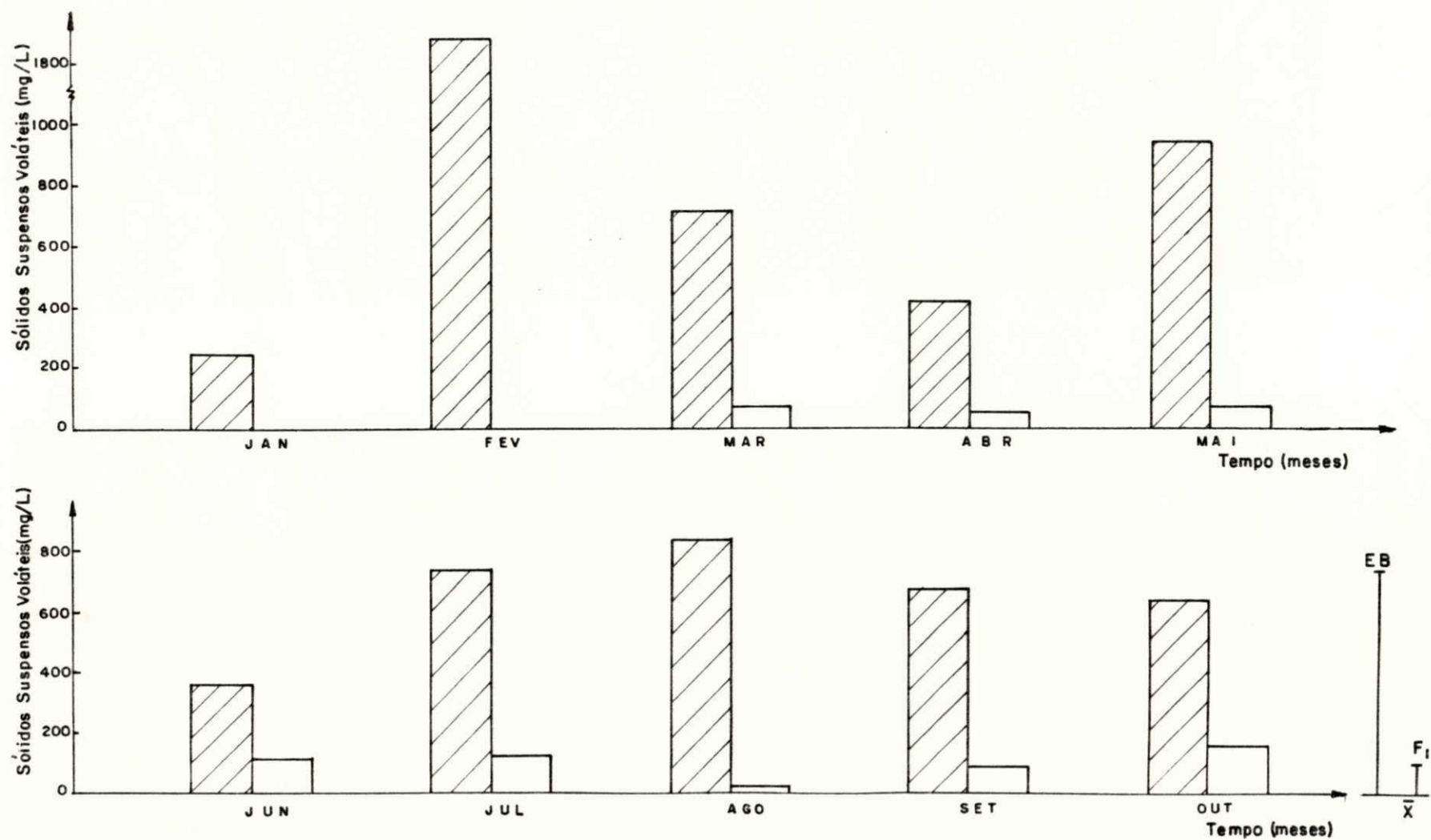




Fig. 4.36 - Variações das médias mensais dos Sólidos Suspensos Voláteis, no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

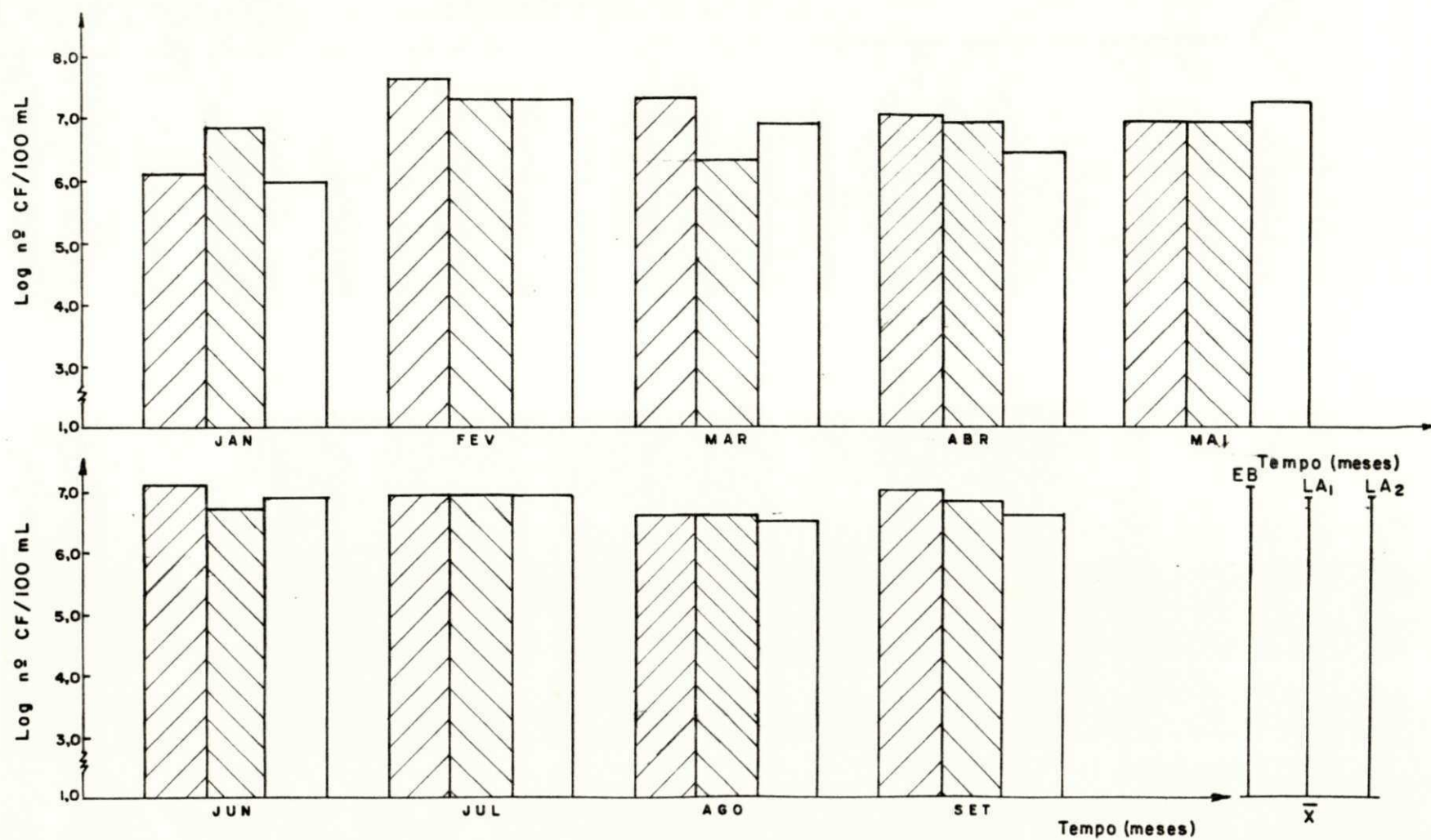





Fig. 4.37 - Variações das médias mensais do log do nº de coliformes fecais, no esgoto bruto  e efluentes da lagoa 1  e lagoa 2  da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a setembro de 1991. \bar{x} - média do período.

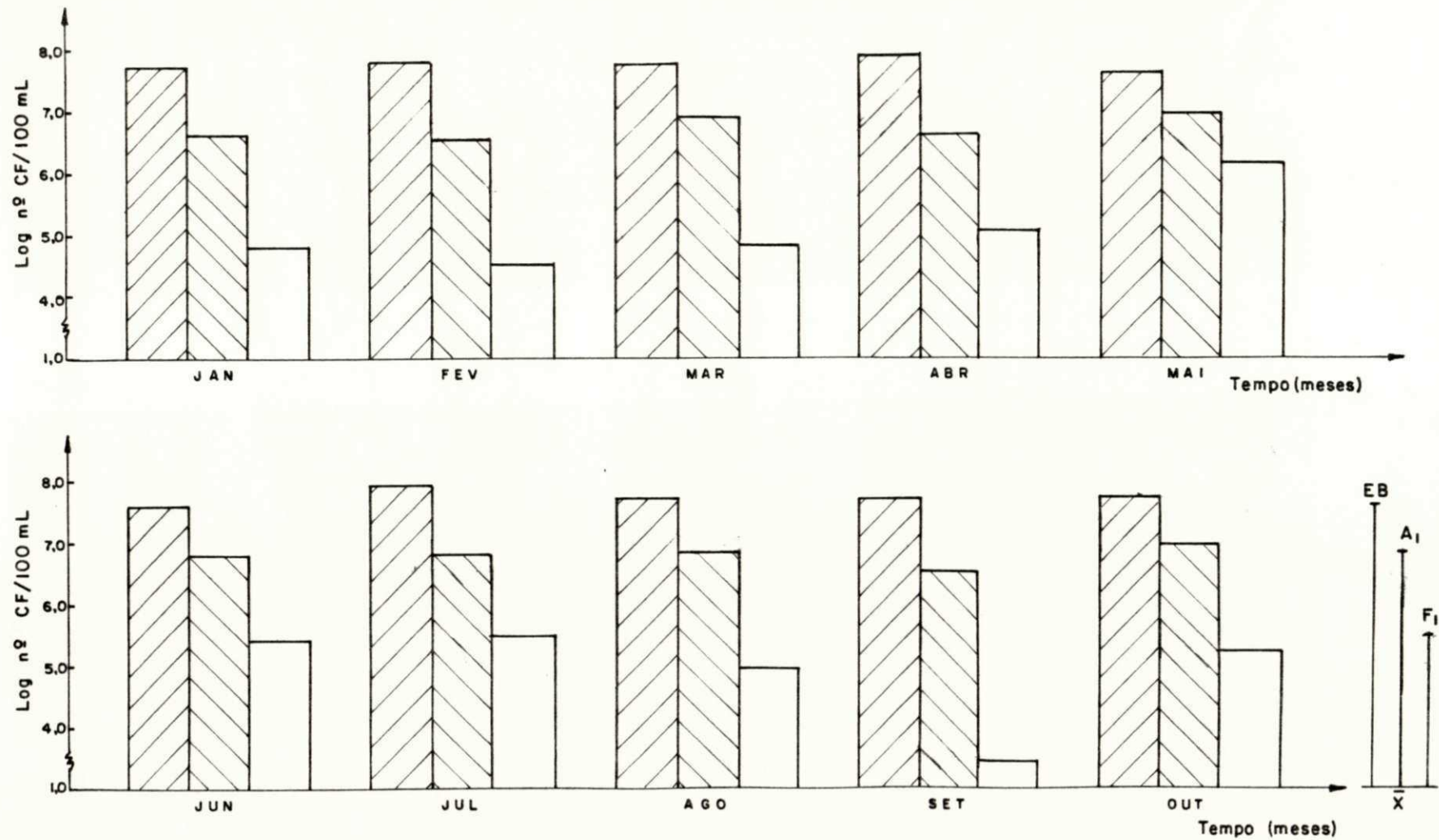





Fig. 4.38 - Variações das médias mensais do Log do nº de coliformes fecais no esgoto bruto  e efluentes da lagoa anaeróbia  e facultativa  da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

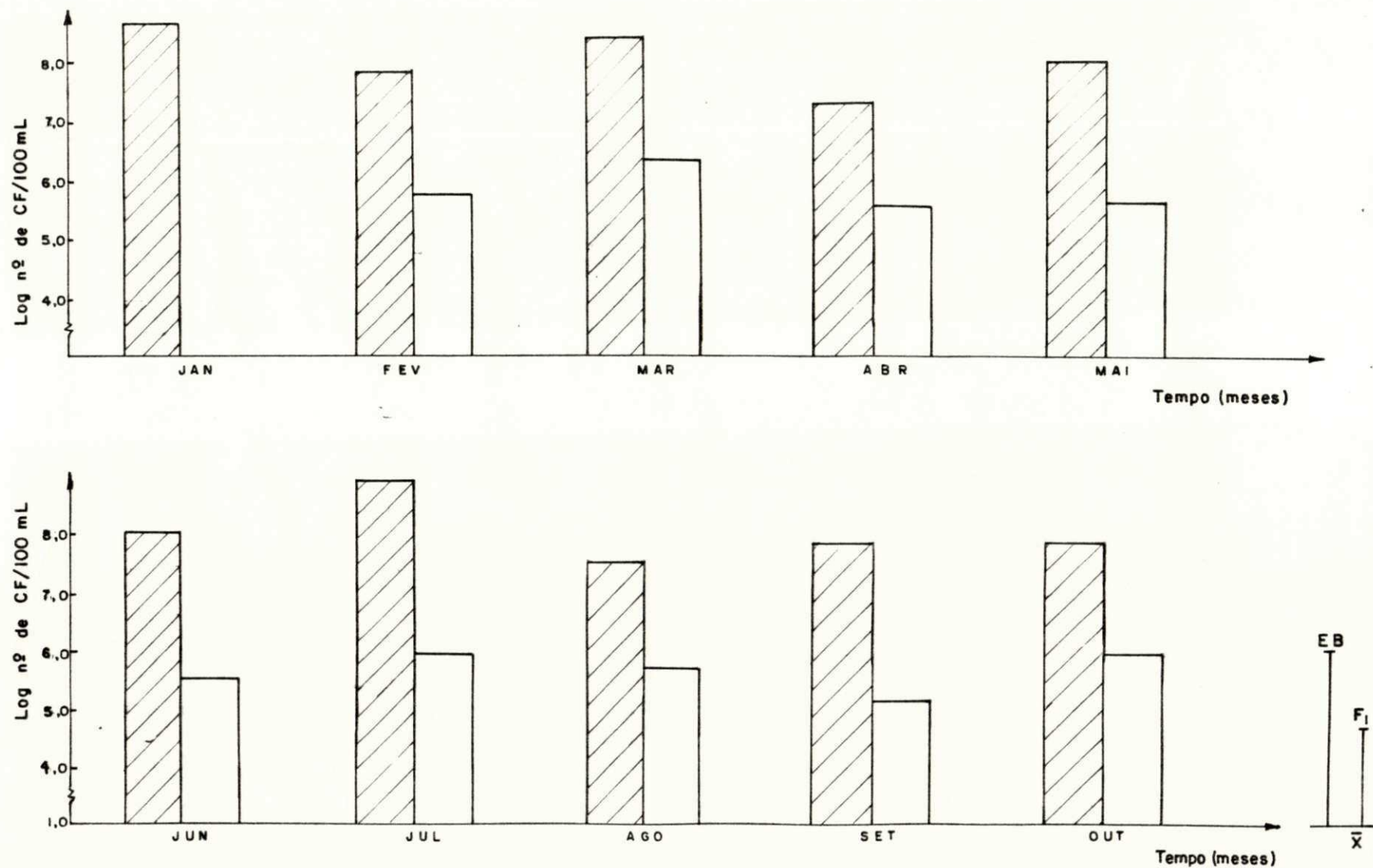




Fig. 4.39 - Variações das médias mensais do log do nº de coliformes fecais no esgoto bruto  e efluente da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991.
 \bar{x} - média do período.

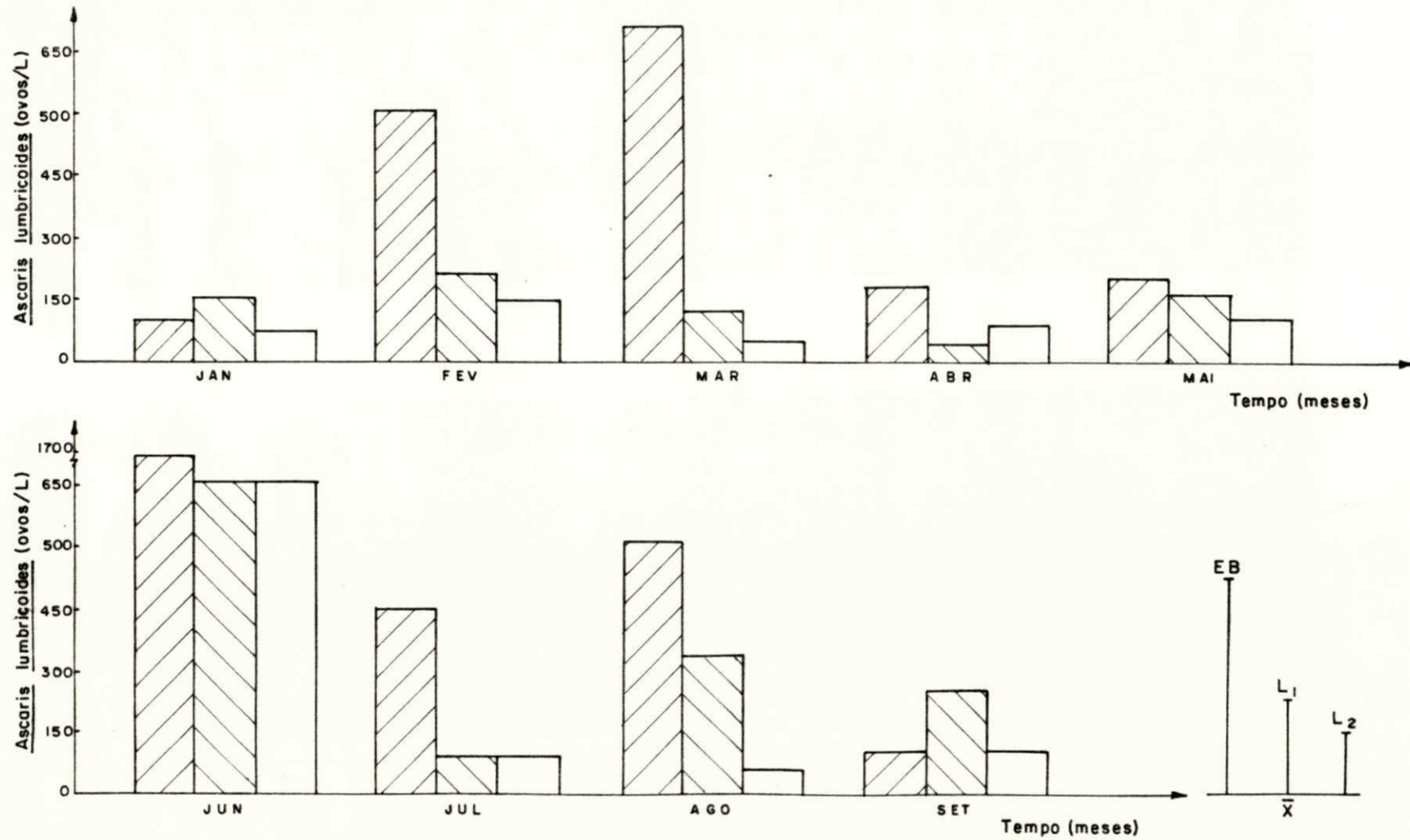


Fig. 4.40 - Variações das médias mensais do número de ovos de *Ascaris lumbricoides*, no esgoto bruto [diagonal lines] e efluentes da lagoa 1 [diagonal lines] e lagoa 2 [white] da ETE de Campina Grande (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

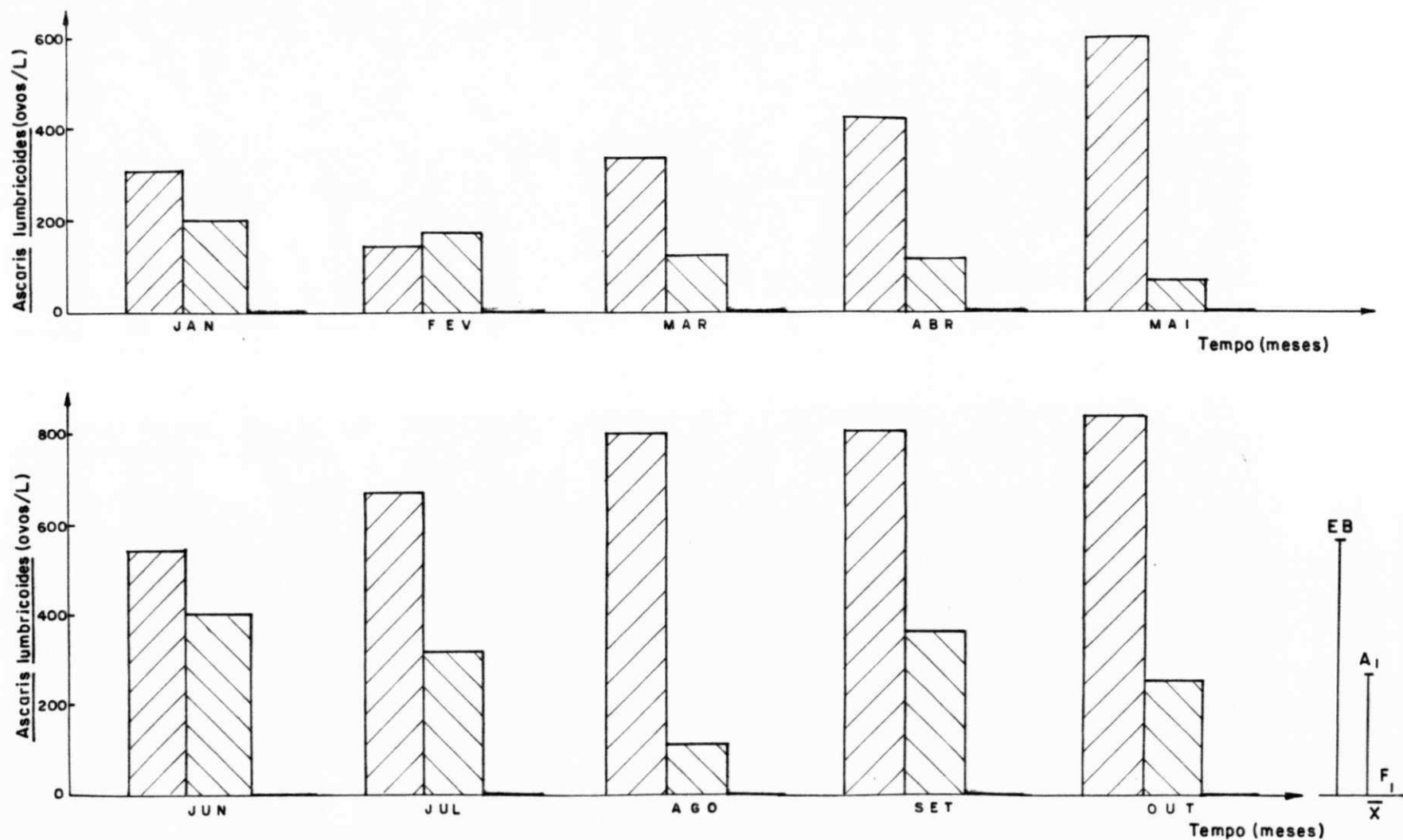


Fig. 4.41 - Variações das médias mensais do nº de ovos de *Ascaris lumbricoides*, no esgoto bruto e efluentes da lagoa anaeróbia e facultativa da ETE de Guarabira (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

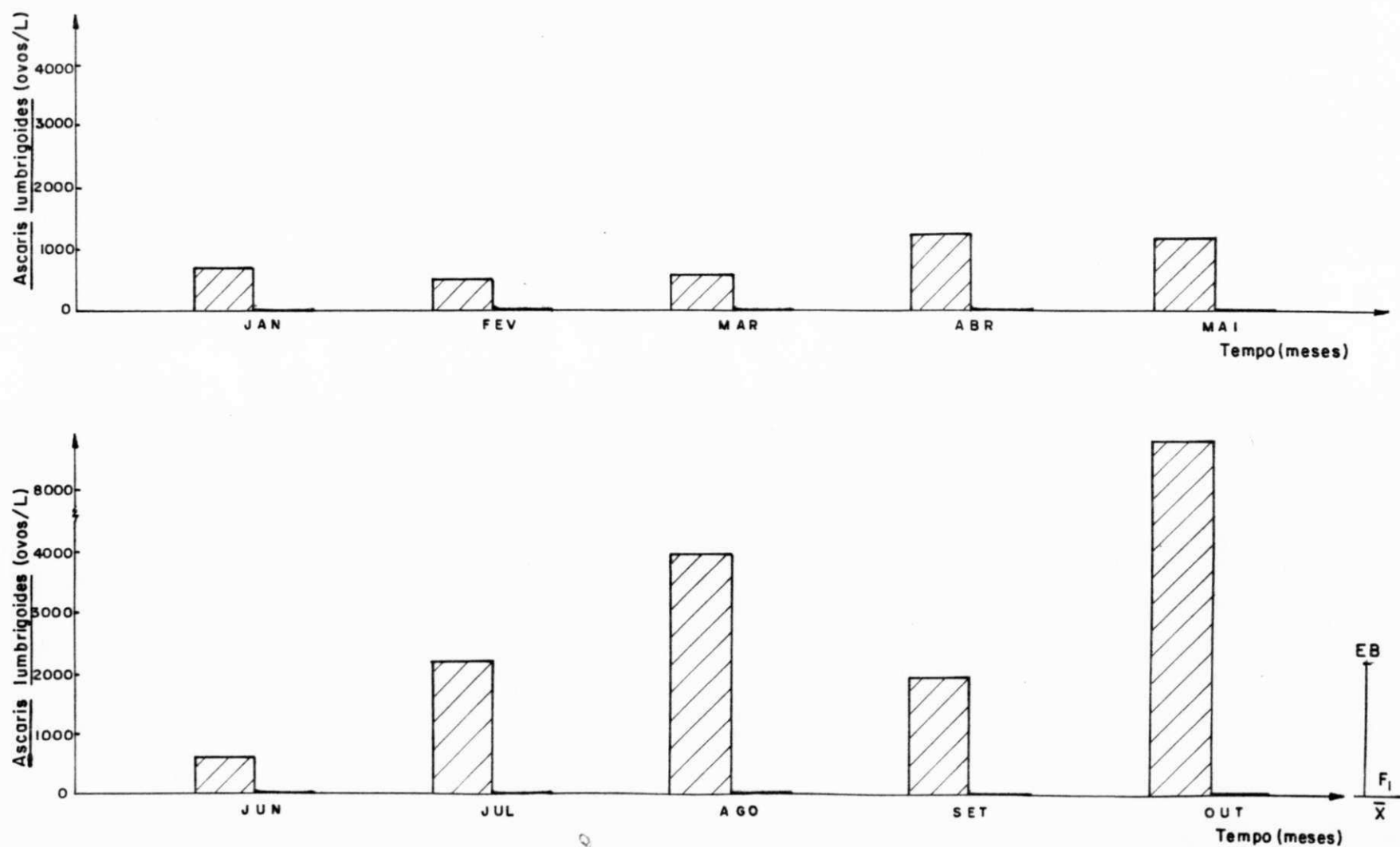




Fig. 4.42 - Variações das médias mensais de nº de ovos de Ascaris lumbricoides no esgoto bruto  e efluentes da lagoa facultativa  da ETE de Sapé (Pb), no período de janeiro a outubro de 1991. \bar{x} - média do período.

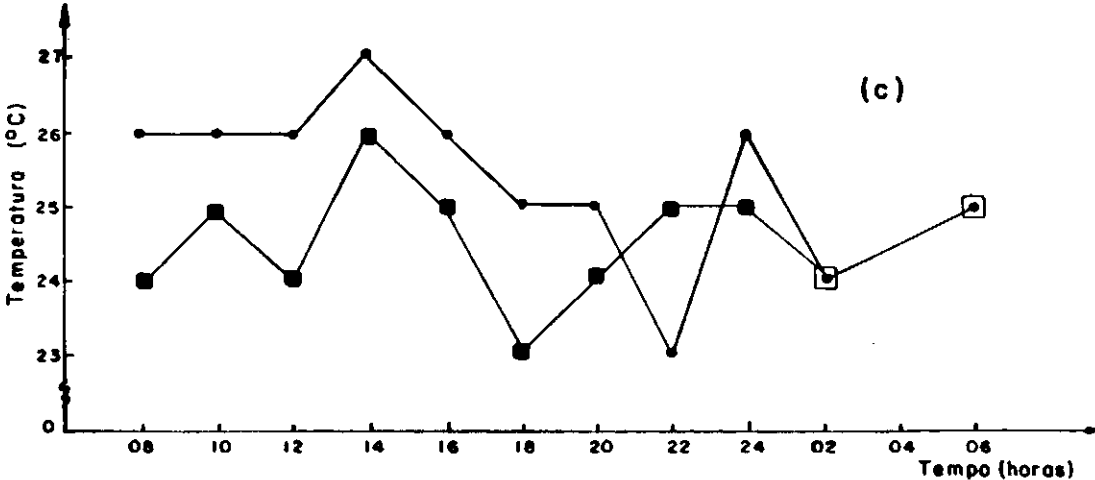
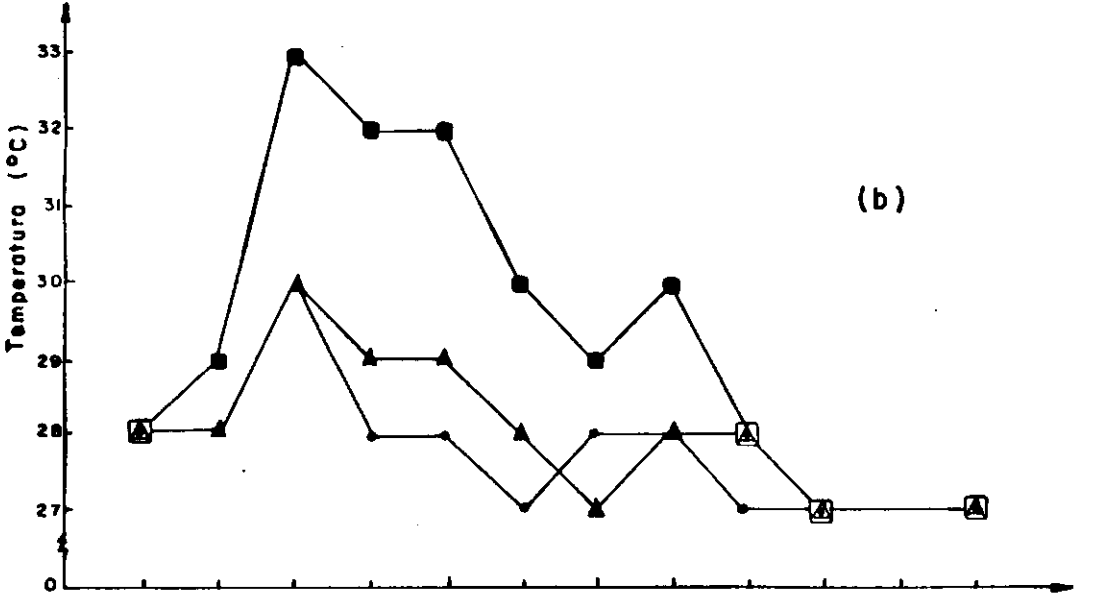
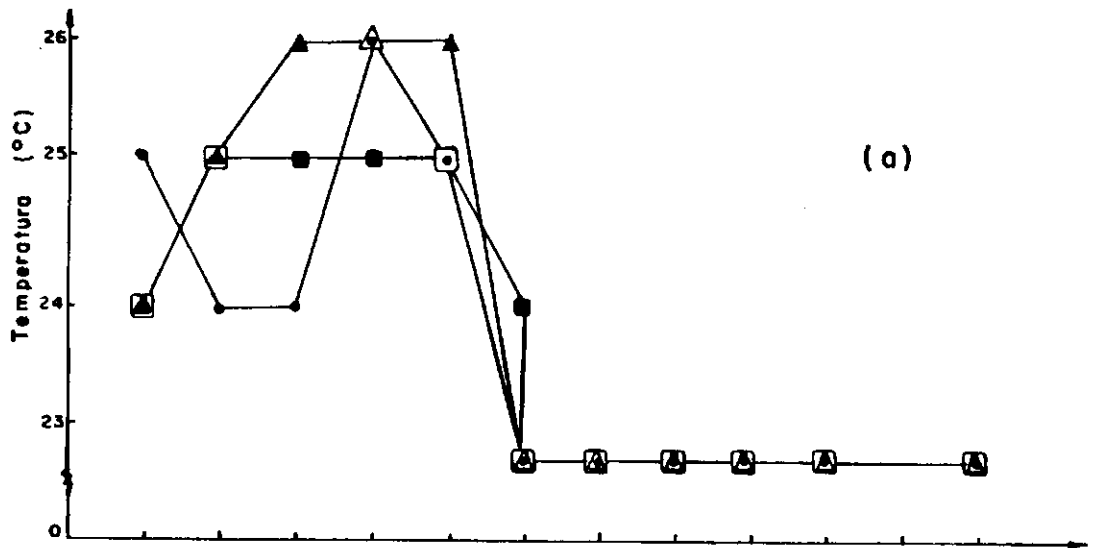


Fig.4.43-Variações de temperatura no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé(c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

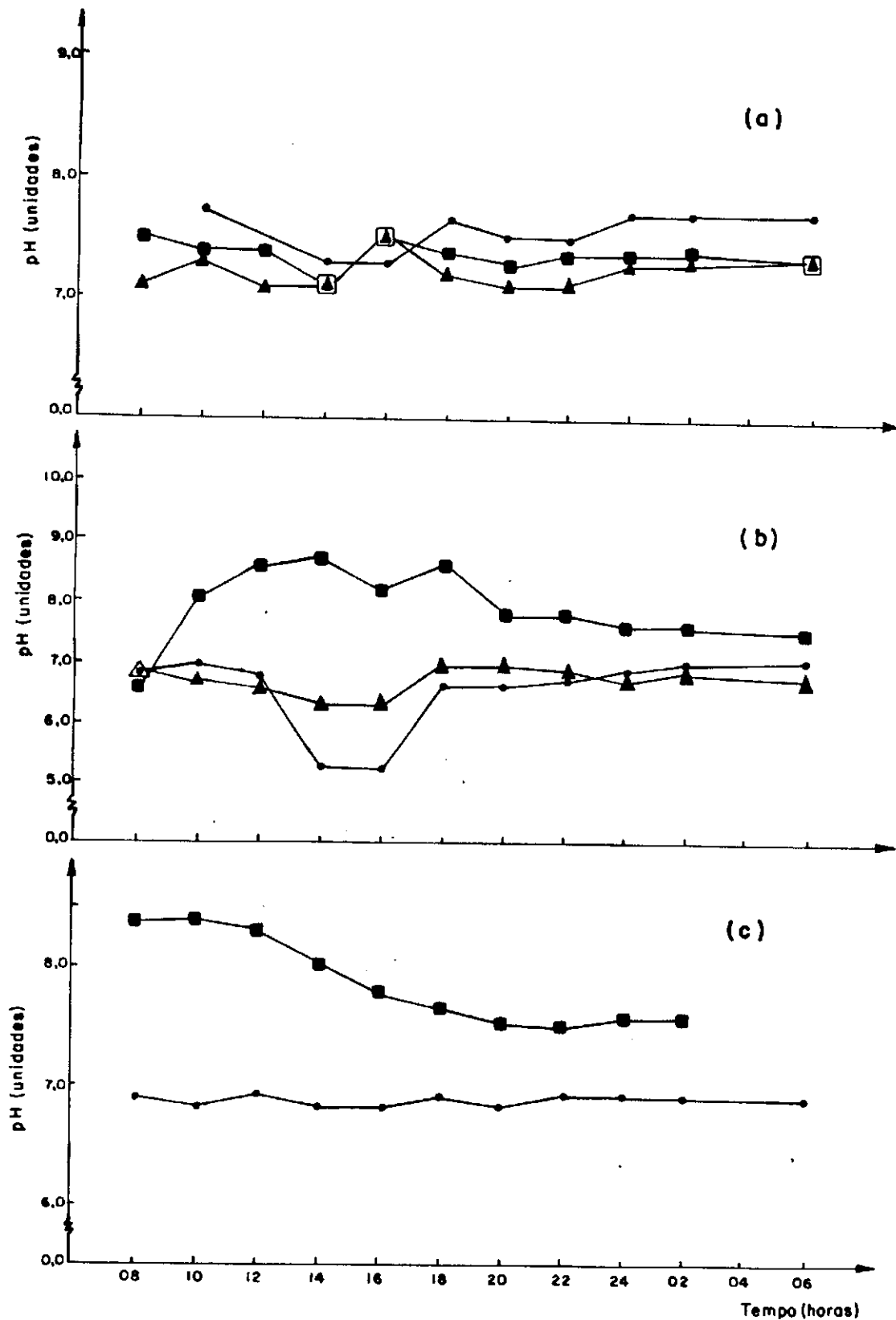


Fig.4.44-Variações do pH no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (Δ); lagoa 2 e facultativa (■).

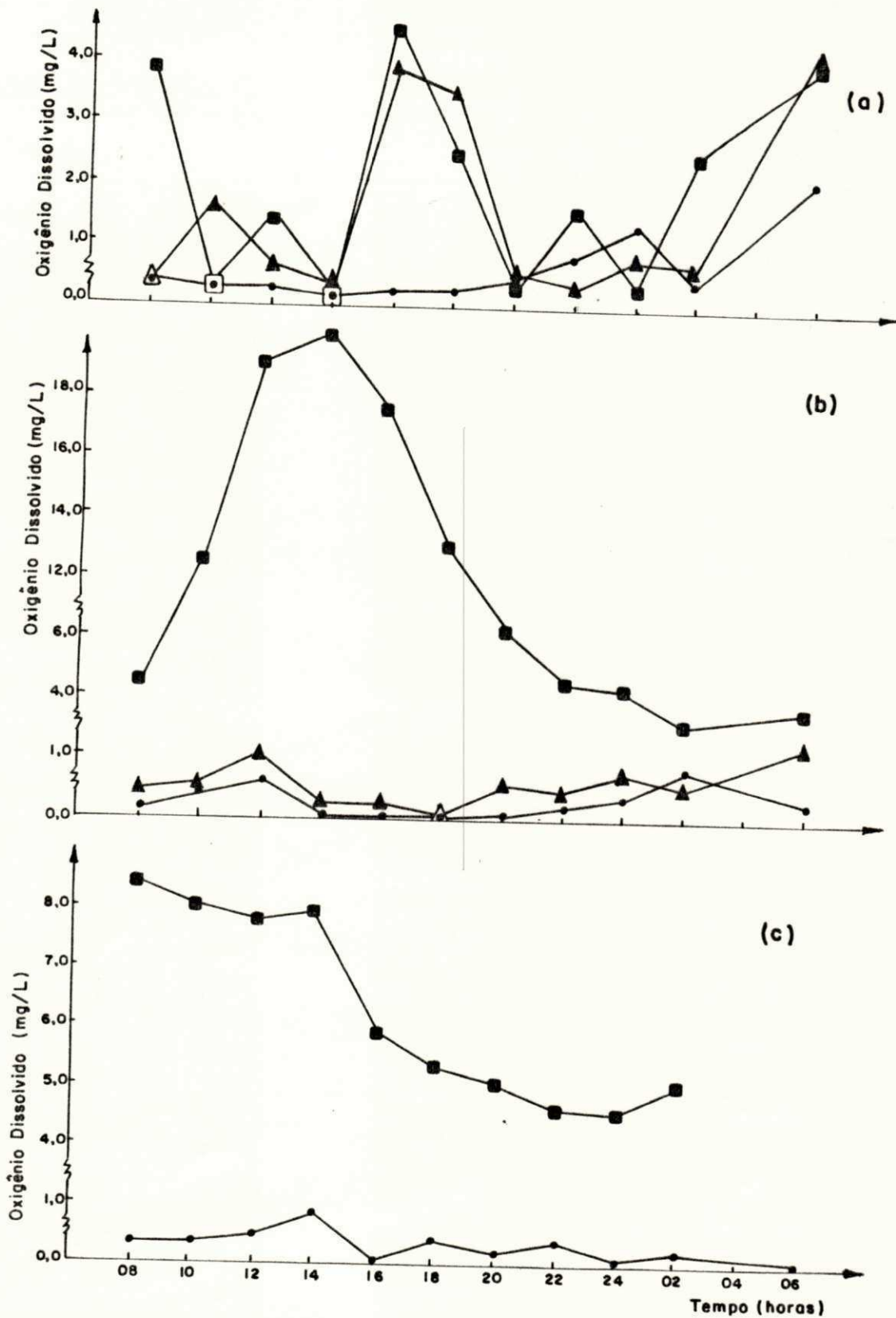


Fig. 4.45-Variações do Oxigênio Dissolvido no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

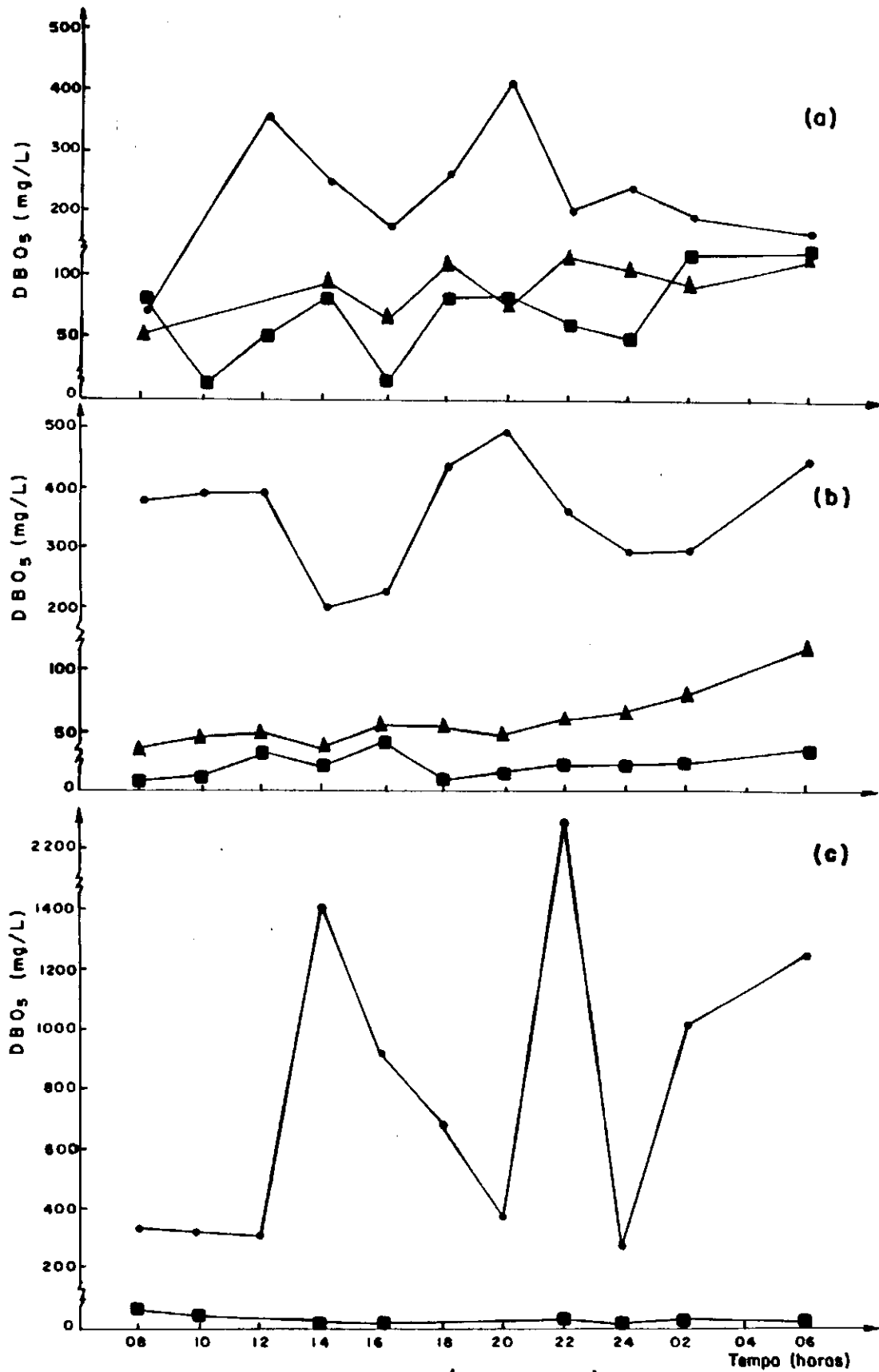


Fig.4.46-Variações de DBO₅ no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (●) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

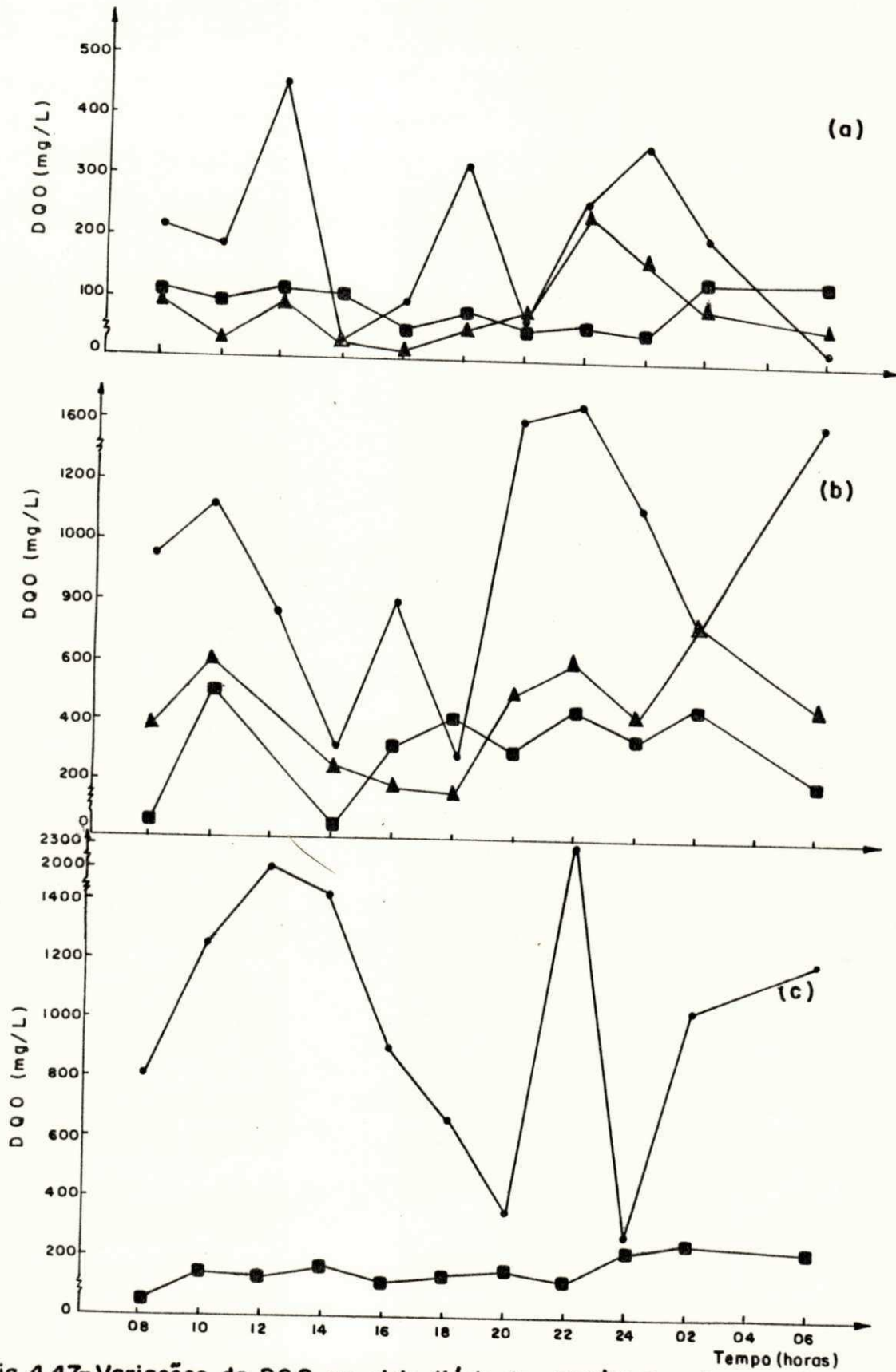


Fig. 4.47-Variações da DQO no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91.(●) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

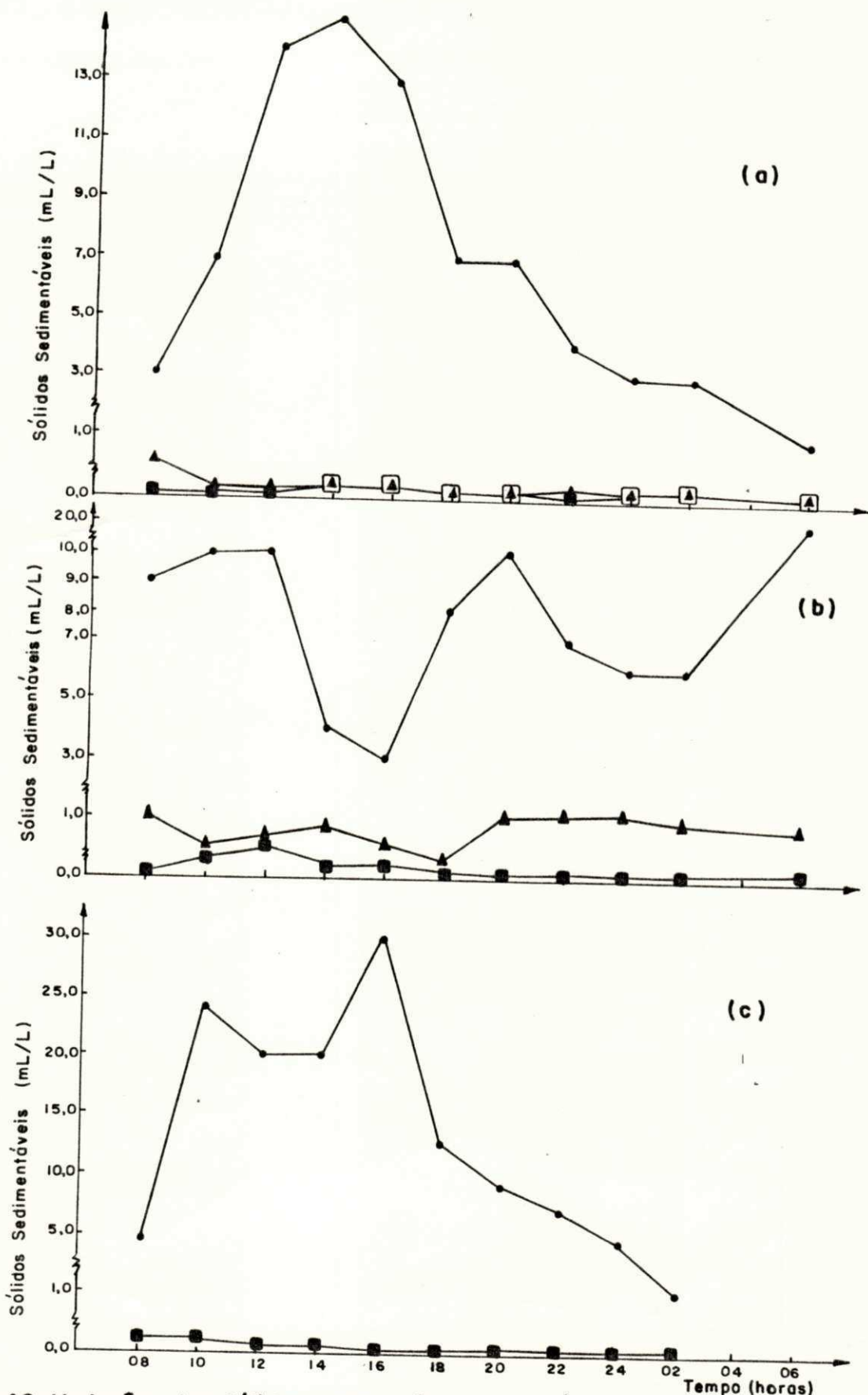


Fig.4.48-Variações dos Sólidos Sedimentáveis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

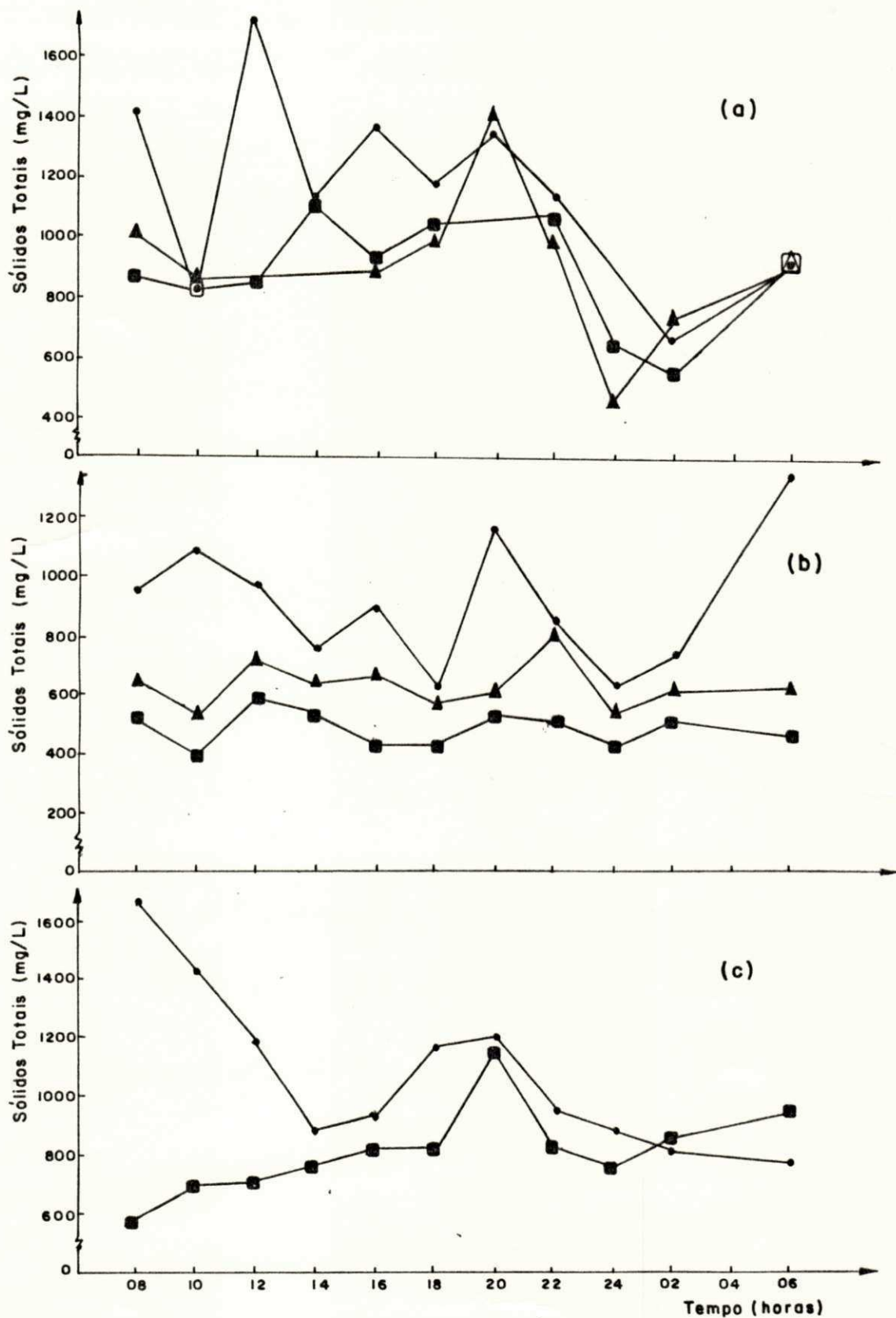


Fig.4.49-Variações dos Sólidos Totais no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

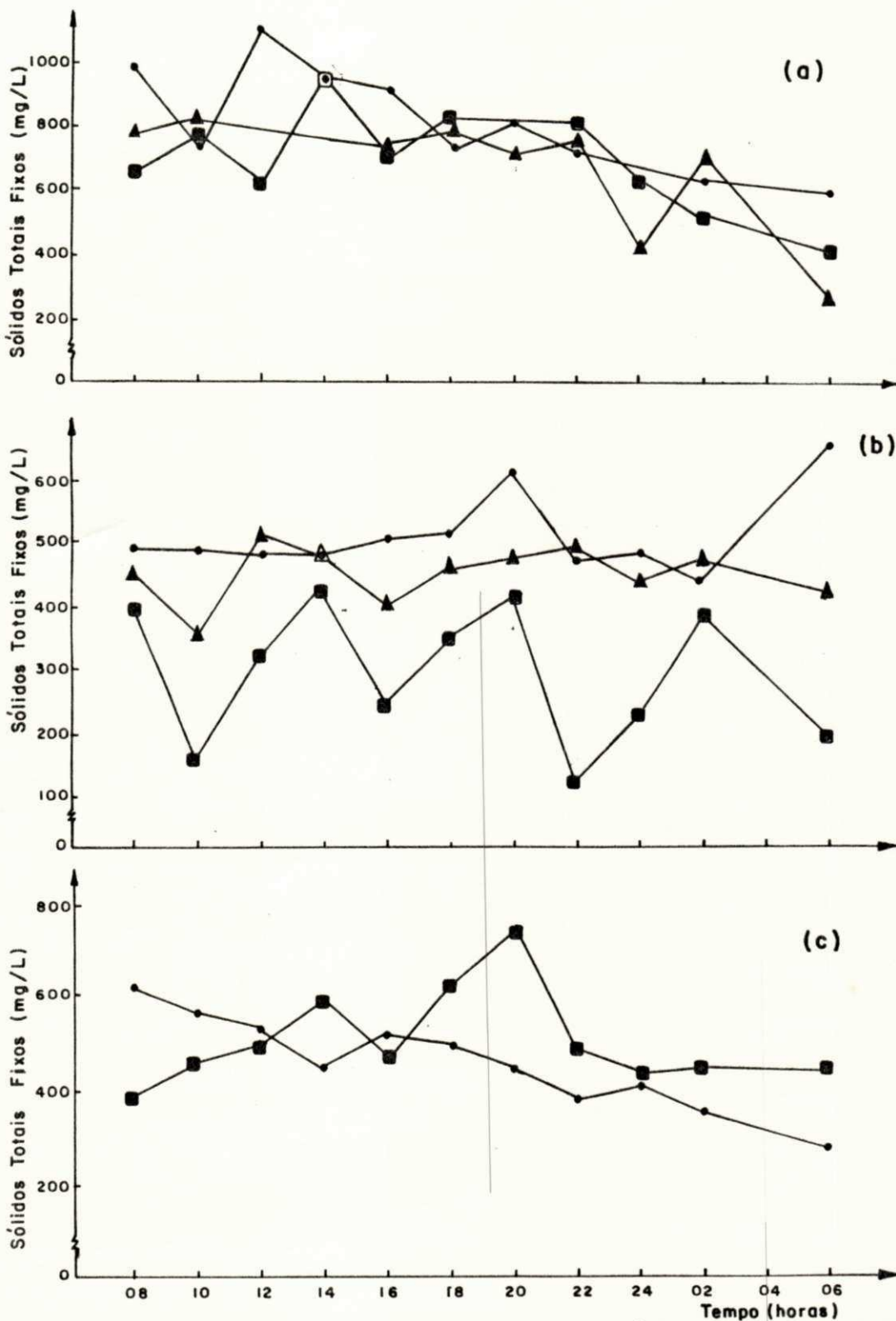


Fig.4.50-Variações dos Sólidos Totais Fixos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

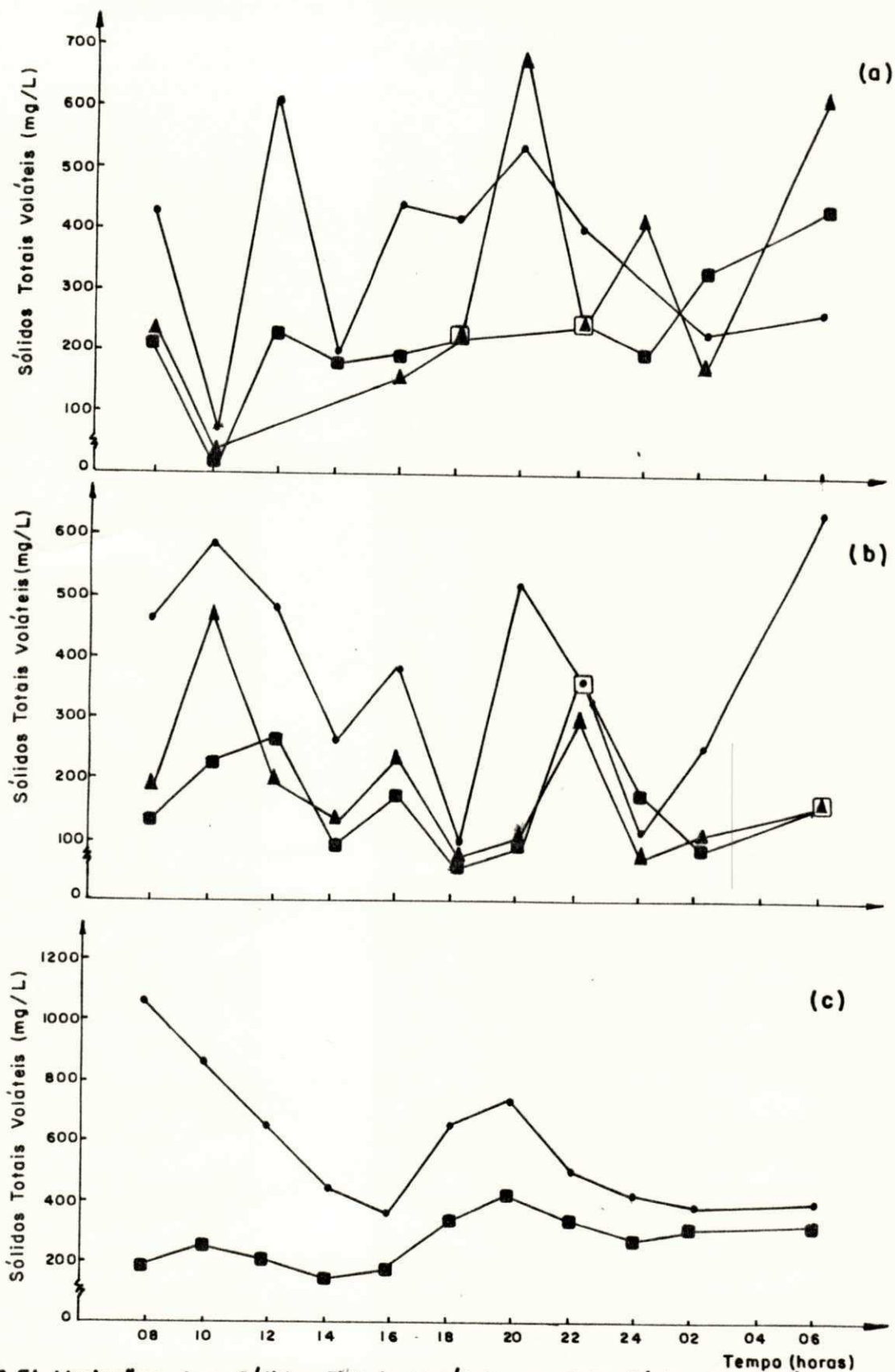


Fig.4.51-Variações dos Sólidos Totais Voláteis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

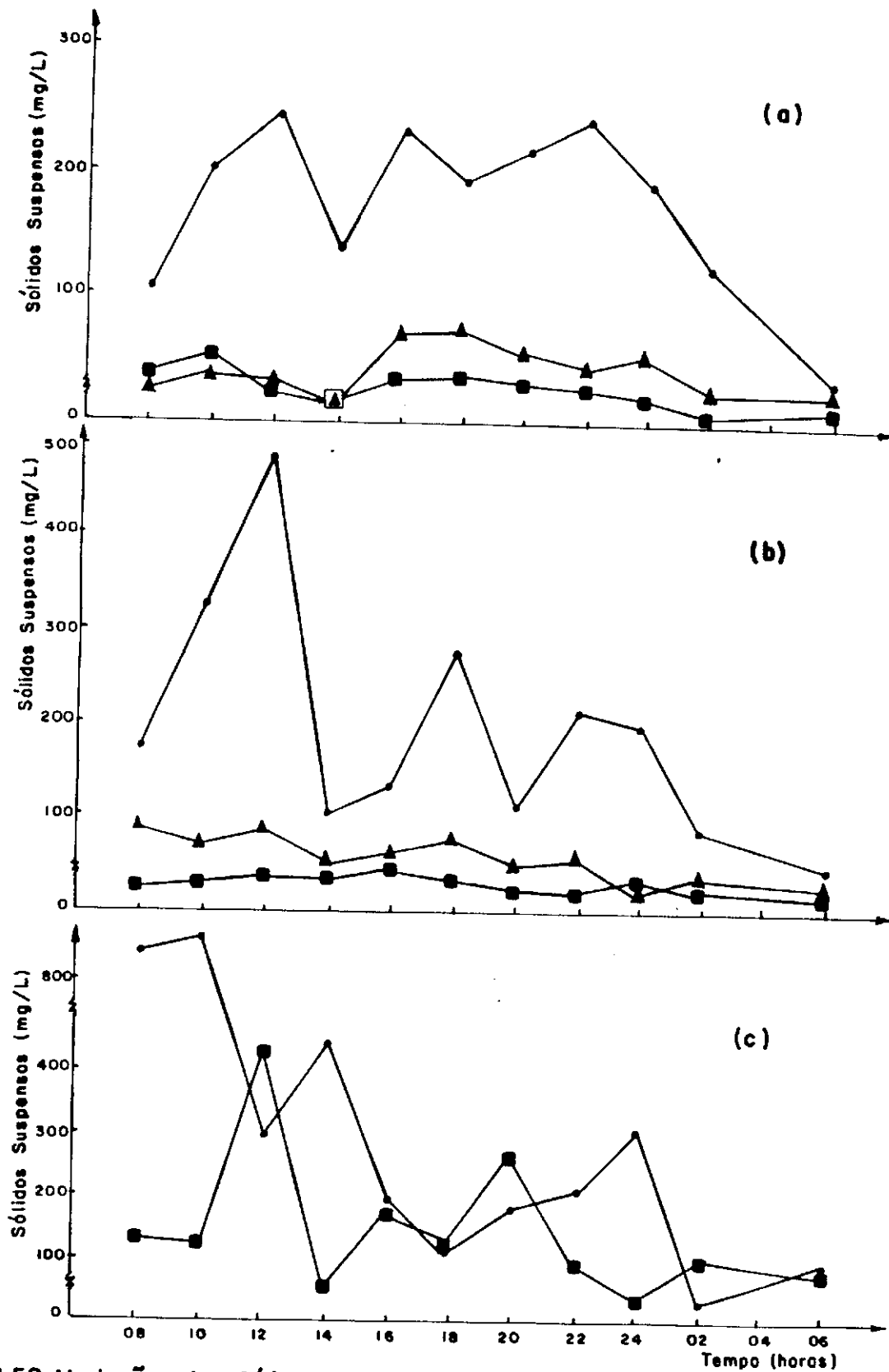


Fig.4.52-Variações dos Sólidos Suspensos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (●) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (●).

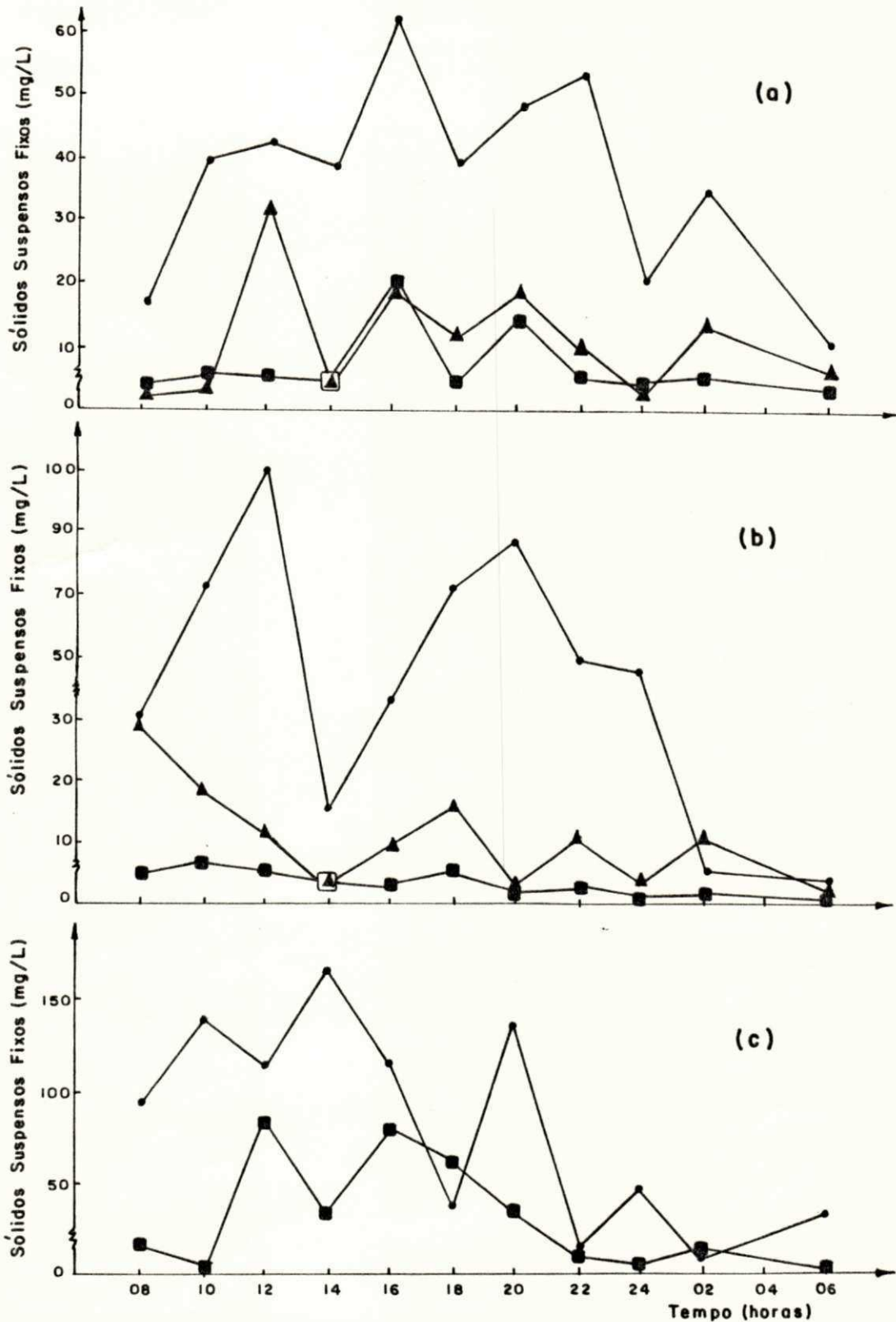


Fig. 4.53—Variações dos Sólidos Suspensos Fixos no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (Δ); lagoa 2 e facultativa (■).

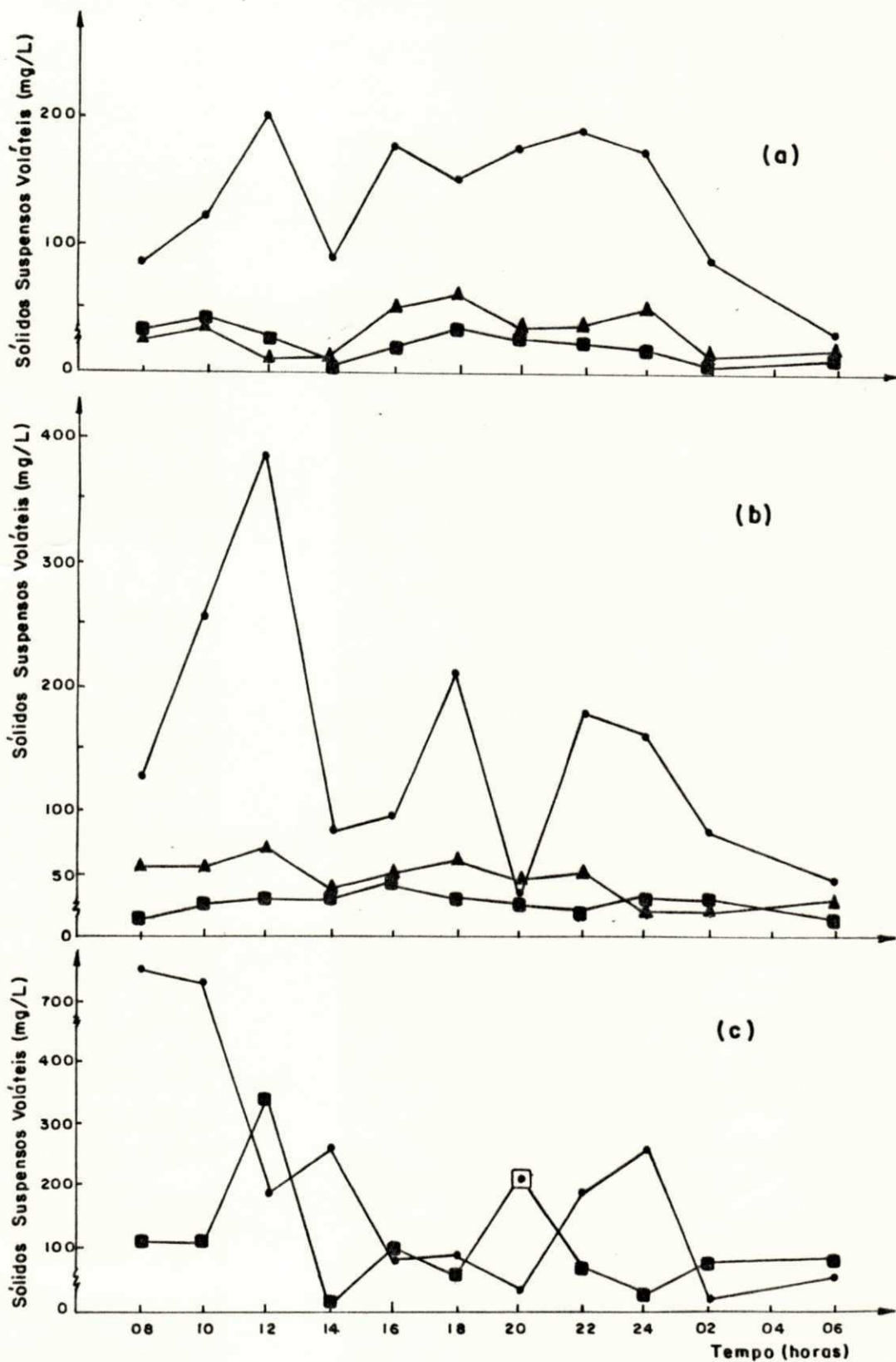


Fig.4.54-Variações dos Sólidos Suspensos Voláteis no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (●) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

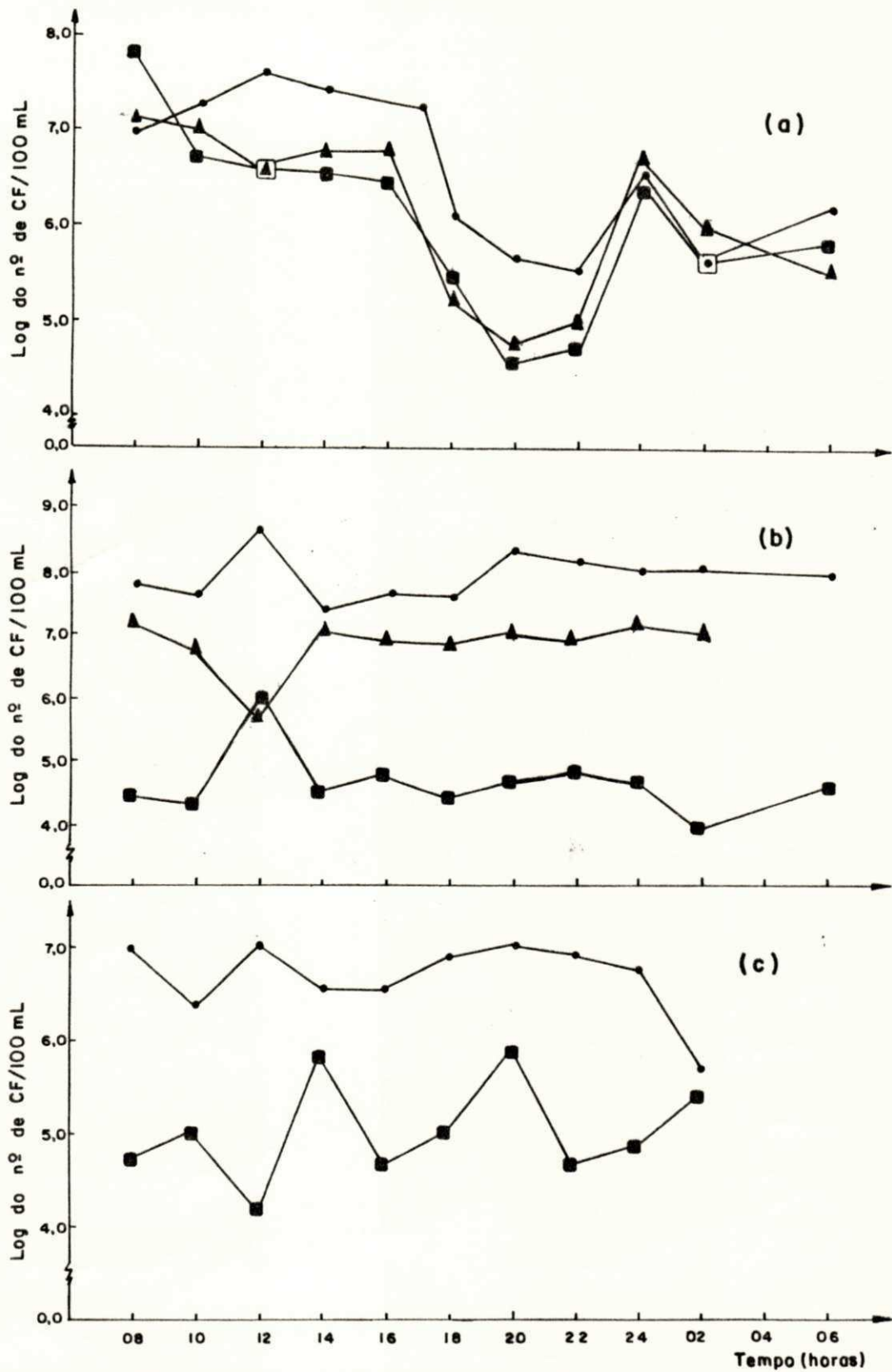


Fig.4.55-Variações do log do nº de coliformes fecais no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa 1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

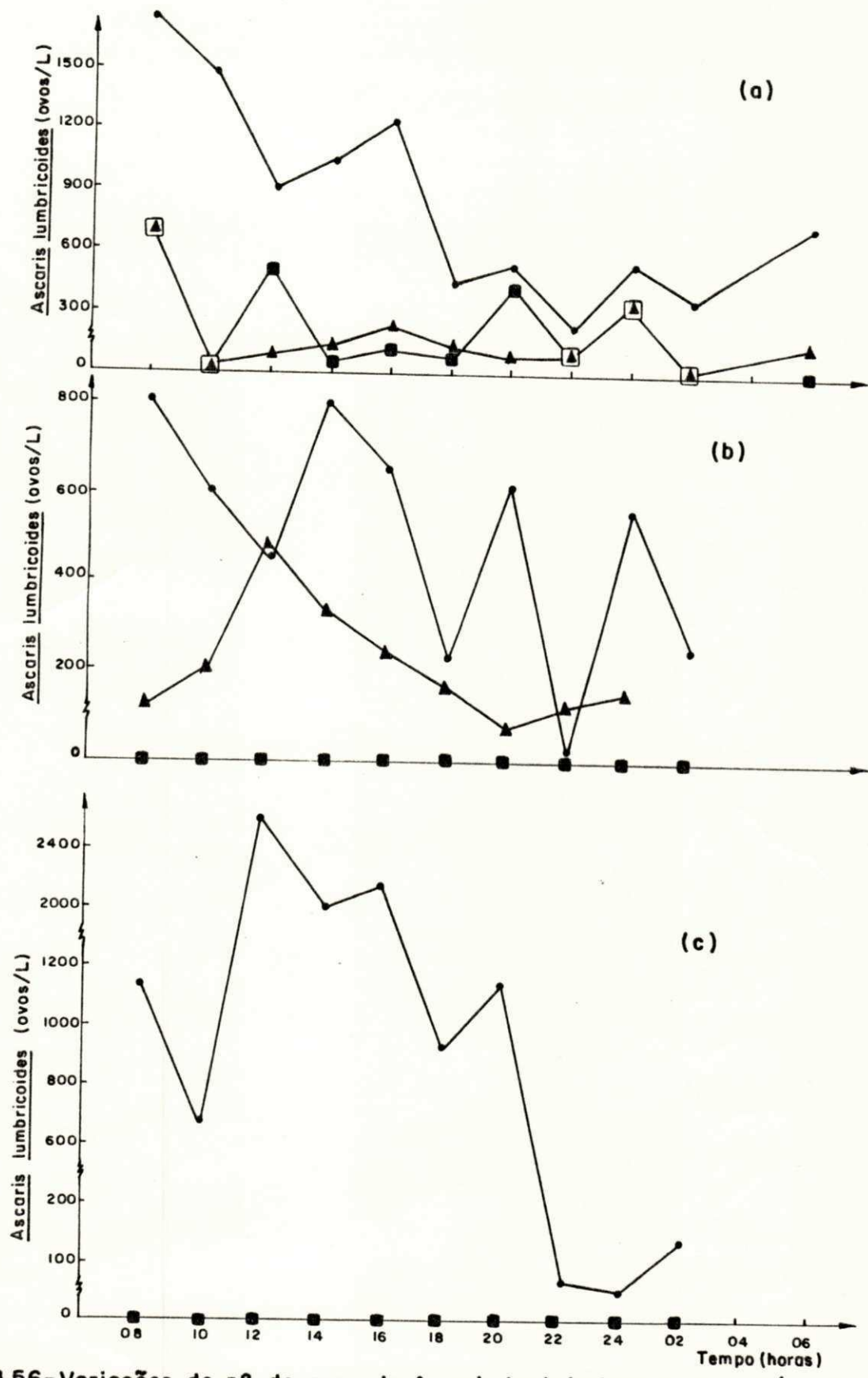


Fig.4.56-Variações do nº de ovos de *Ascaris lumbricoides* no ciclo diário das ETE'S: Campina Grande (a) em 17/06/91, Guarabira (b) em 03/04/91, Sapé (c) em 27/05/91. (•) esgoto bruto; lagoa1 e anaeróbia (▲); lagoa 2 e facultativa (■).

5 - DISCUSSÃO

A urbanização acelerada experimentada nas últimas décadas pelas cidades brasileiras e a falta de investimentos na infraestrutura urbana são as grandes responsáveis pelo aparecimento, disseminação e manutenção de doenças de veiculação hídrica. São gastos anualmente no país 2,5 bilhões de dólares no tratamento de doenças relacionadas com a falta de saneamento básico.

As águas residuárias brutas ou parcialmente tratadas, contaminam os corpos aquáticos superficiais os quais, no Nordeste, servem para múltiplos usos e desta forma perpetuam o ciclo endêmico e favorecem a entrada de novos agentes etiológicos (Lesser *et alii.*, 1985; Ceballos *et alii.*, 1993). É representativa desta situação a atual epidemia de cólera que se espalha pelo país através de canais abertos e riachos poluídos com esgotos

Neste contexto a falta de sistemas de tratamento de esgotos, operação inadequada e ausência de controle da eficiência nos sistemas em funcionamento colaboram para o agravamento das condições sanitárias dos brasileiros. Em todo o Brasil, apenas 47% dos municípios possuem redes coletoras de esgoto, e somente 8% tem algum tipo de tratamento. No Nordeste a situação é mais crítica, 26% dos municípios contemplados com sistemas coletores de esgotos e apenas 4% deles possuindo siste-

mas de tratamento (BIO, 1993). Esta é uma situação bastante deficiente, e, na prática, deve se revelar pior ainda, considerando que os níveis de operação e manutenção das instalações existentes são precários.

O conhecimento da operação e funcionamento dessas instalações permitirá a avaliação de sua eficiência, identificação de aspectos críticos de projeto além de sugerir modificações de baixo custo para melhorar o seu desempenho. Para isso é importante o estabelecimento de um programa de monitoramento de ETE's que inclua a caracterização do esgoto bruto afluente, do efluente final e de cada unidade de tratamento (através de análises físico-químicas e microbiológicas) e estimativa de vazões (Pearson *et alii.*, 1987; de Oliveira, 1989).

O monitoramento das ETE's de Campina Grande, Sapé e Guarabira mostrou que os esgotos brutos apresentaram características diferentes que dependem dos hábitos culturais locais tais como a dieta alimentar e hábitos sanitários que determinam o consumo per capita de água. Dependem também do estado de conservação da rede coletora que permite ou não infiltrações, da existência ou não de pré-tratamento, da forma de alimentação (contínua ou intermitente, tempo de residência dentro do poço de reunião e método de bombeamento) e de operação e manutenção adequadas (Anderson, 1981).

O Esgoto bruto de Campina Grande foi caracterizado como fraco (DBO_5 média de 108 mg/L), de acordo com a classificação de Mara (1976). As causas prováveis estariam relacionadas com

o maior consumo de água desta cidade em relação a Sapé e Guarabira, mas associado principalmente à entrada de águas pluviais na rede coletora demonstrada pela predominância de valores mais baixos de DBO_5 e SS na época de chuva. A essa pluviosidade pode ser também atribuído o aumento das concentrações de OD no esgoto bruto. Os maiores valores médios de pH observados ao longo do período de monitoramento podem ser devidos a lançamentos clandestinos de despejos industriais.

A ETE de Campina Grande, projetada para funcionar com aeração mecânica contínua, nunca foi submetida a tal operação, o que contribuiu para o seu mal funcionamento. Além do mais a sua manutenção precária, caracterizada pela falta de limpeza da caixa de areia, falta de remoção do lodo do fundo das lagoas e falta de equipamentos adequados de aeração, favoreceram o rápido assoreamento da primeira lagoa causando o aparecimento de curto-circuitos hidráulicos que permitiram a passagem direta do esgoto para a segunda lagoa.

A quantificação de bactérias fecais no efluente final em número mais elevado que no efluente da primeira lagoa pode ser decorrente do efeito de curto-circuito que também pode ser o responsável pela baixa eficiência na remoção de ovos de helmintos. Embora tenha havido uma tendência de diminuição do número de ovos de A. lumbricoides desde o esgoto bruto até o efluente final, os números de ovos remanescentes foram elevados (valor médio de 158 ovos/L), muito acima das concentrações encontradas no efluente de lagoas anaeróbias (Florentino,

1992; Mara e Silva, 1986). A reduzida eficiência das lagoas da ETE de Campina Grande caracterizaram o tratamento do esgoto como primário, sendo ainda mais deficiente que uma lagoa anaeróbia. (Oragui et alii., 1987; Silva, 1982).

Os resultados obtidos mostraram que não existem vantagens em projetar estações complexas quando não é possível a continuidade de operação e manutenção apropriadas.

Dos três sistemas analisados, o sistema de Guarabira foi o que apresentou as melhores condições de operação e manutenção. O esgoto bruto, caracterizado como de concentração média (DBO_5 média de 338 mg/L) apresentou valores típicos de pH e oxigênio dissolvido. Os reatores da série promoveram remoções, de matéria orgânica e microrganismos indicadores, esperadas para um sistema desta configuração (Florentino, 1992; Shimada et alii., 1986; Soares, 1985). O grau de tratamento alcançado por este sistema pode ser caracterizado como secundário.

O sistema de tratamento de Sapé, com alimentação intermitente, recebia um esgoto bruto muito forte (DBO_5 média de 725 mg/L), de natureza essencialmente doméstica. A rede coletora apresentava três poços de armazenamento que retinham o esgoto por períodos de 14 a 62 horas, tempo suficiente para permitir o desenvolvimento de condições sépticas, através da decomposição anaeróbia, provocando queda acentuada do pH e oxigênio dissolvido.

Nas ETE's de Guarabira e Sapé, o grau de tratamento ob-

tido corresponde ao nível secundário, com eficiências de redução de material orgânico, sólidos suspensos, bactérias indicadoras fecais e A. lumbricoides comparáveis com lagoas de escala piloto (Silva, 1982).

Contudo, deve ser ressaltado que esses sistemas não estão recebendo o total de carga orgânica estabelecida pelo projeto. Por exemplo, no caso de Guarabira, a ETE atualmente funciona com apenas 1/3 das ligações previstas. Portanto, há necessidade de que a CAGEPA mantenha uma rotina de monitoramento, pelo menos com frequência mensal, para acompanhar a evolução dos sistemas com o aumento do número de ligações domiciliares.

É importante observar que as ETE's de Guarabira e Sapé funcionaram adequadamente produzindo um efluente final com qualidade compatível para as configurações existentes. No entanto, esses efluentes ainda eram agressivos ao meio ambiente quanto ao seu poder eutrofizante e sua qualidade sanitária. O conteúdo elevado de nutrientes nas águas residuárias (Tejo, 1993) torna-as atrativas ao reuso para agricultura e aquacultura, porém com limitações ao seu uso irrestrito devido à presença de organismos patogênicos. A incorporação de novos reatores, em série, aos sistemas pode reduzir a concentração de nutrientes e microrganismos como demonstrado por da Silva (1992) e Costa, (1992) em lagoas de estabilização em escala-piloto.

No Nordeste, a prática de reuso de efluentes de lagoas ↙

de estabilização deveria ser considerada por se tratar de uma região com escassez de água e de solos pobres. Por exemplo, a ETE de Guarabira lança diariamente um volume de efluente final de 693 m³ e a de Sapé aproximadamente 942,6 m³/dia, os quais em vez de poluir o corpo receptor poderiam ser utilizados na produção de alimentos.

6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiram obter as seguintes conclusões:

- os valores médios de DBO_5 , DQD e SS caracterizaram o esgoto de Campina Grande como fraco, o de Sapé como muito forte e o de Guarabira como médio;
- a ausência de manutenção das lagoas da ETE de Campina Grande não propiciaram remoção significativa dos parâmetros analisados, produzindo um efluente de péssima qualidade;
- as remoções de SS da ordem de 47% na ETE de Campina Grande, 68% na ETE Guarabira e 87% na ETE de Sapé não reduziram os sólidos suspensos ao valor preconizado, de 30 mg/L, pela OMS;
- as remoções de CF foram elevadas em Guarabira (99,5%) e Sapé (99,7%), compatíveis com os tipos de reatores existentes. No entanto as concentrações finais de CF (10^9 e 5×10^8 CF/100ml) foram, muito acima dos valores exigidos para seu uso irrestrito (1000 CF/100ml). Em Campina Grande a remoção de 36% produziu um efluente final com $8,3 \times 10^6$ CF/100 ml, indicando o lançamento de elevada concentração de organismos patogênicos;
- os ovos de A. lumbricoides estiveram ausentes nos efluentes finais das ETE'S de Sapé e Guarabira. No entanto em Campina Grande a remoção foi de apenas 68%. O resultado mostra que sistemas simples de tratamento, aliados à manutenção adequada

podem produzir efluentes finais isentos de ovos de helmintos;
- as variações no ciclo diário indicaram que amostras pontuais tomadas em um horário pré-estabelecido não refletem a qualidade do efluente ao longo das 24 horas e mostram que o corpo receptor está submetido a impactos horários de diferente qualidade.

- no geral, foi verificado que os sistemas de tratamento de Guarabira e Sapé, apesar de estarem funcionando adequadamente, lançaram um efluente cuja qualidade compromete as águas receptoras, propiciando a eutrofização e contribuindo para a manutenção do ciclo endêmico de doenças infecciosas de veiculação hídrica.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.A. (1981). Primary sedimentation of sewage, J. Water Pollution Control Fed, 80 (3) pp. 413-420

- APHA - American Public Health Association. (1989). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Washington, D.C. American Public Health Association. 1267 p.

- ARTHUR, J.P. (1983). Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. Technical Paper nº 7. Washington: The World Bank. 36 p.

- AZEVEDO NETTO. J.M. e HESS, M.L. (1970). Tratamento de Águas Residuárias. São Paulo. Separata da Revista "D.A.E". (nº 46 a 68). 218 p.

- AZEVEDO NETTO. J.M de (1973). Sistemas de Esgotos Sanitários (Ed. CETESB). São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. pp. 14 - 418

- AYRES; R.M.; LEE, D., and MARA, D.D. (1989). The enumeration of human intestinal nematode eggs in raw and treated

Dissertação de Mestrado. UFPB, Campina Grande-PB. 131 p.

- GLOYNA, E.F; MALINA. Jr, J. and DAVIS E.M. (1976). Fonds as a Wastewater Treatment Alternative. Center for Research in Water Resources. College of Engineering the University of Texas at Austin. 447 p.

- JESSREY, H.C. and LEACH, R.H. (1975). Atlas of Paramedical Helminthology and Protozoology. 2^o ed. Churchill Livingstone.

- KÖNIG, A. (1990). Biologia das Lagoas: Algas - In: Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente Novos Conceitos. (Ed. Sérgio Rolim Mendonça). João Pessoa: Editora Universitária, UFPB. pp. 89 - 150.

- LESSER, W.; BARBOSA, V.; BARUZZI R.G.; RIBEIRO, M.B.D. e FRANCO, L.J. (1985) Elementos de Epidemiologia Geral Ed. Livraria Atheneu, R.J. p. 176.

- MARA, D.D. (1976) Sewage Treatment in Hot Climates. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 168 p.

- MARA, D.D.; PEARSON, H.W. and SILVA, S.A. (1983). Brazilian stabilization pond research suggests lowcost urban applications. World Water 6. pp. 20 - 24

- MARA, D.D. and SILVA, S.A. (1986). Removal of intestinal nematode eggs in tropical waste stabilization ponds. Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 89 (2). pp. 71 - 74.

- MENDONÇA, S.R. (1990). Vazões e Características dos Esgotos. In: Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos (Ed. Sérgio Rolim Mendonça). João Pessoa-PB: Editora Universitária, UFPB. pp. 01 - 51.

- METCALF & EDDY (1979). Wastewater Engennering: Collection, Treatment, Disposal. New York: McGraw - Hill Book Company. 837 p.

- MOITTA, F. (1984) Saneamento, Vida ou Morte em 70 países. Revista de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro-RJ. pp. 340 - 344.

- NEVES, D.P. (1987). Parasitologia Humana: Rio de Janeiro - Livraria Atheneu. 445 p.

- DRAGUI, J.I.; Curtis, T.P. ; SILVA, S.A. and MARA, D.D. (1987) The removal of excreted bacteria and viruses in deep waste stabilization ponds in northeast Brazil. Water Sci. Tech. 19 pp. 569 - 573.

- OUANO, E.A.R. (1983). Principles of Wastewater Treatment.
Vol.1 Biological Processes. Manila: Philippines. National
Science Development Board - 314 p.

- PEARSON, H.W.; MARA, D.D. and BARTONE, C.R. (1987).
Guidelines for the minimum evaluation of performance of
full-scale waste stabilization pond systems. Water Res.,
21, pp. 1067 - 1075.

- PELCZAR, M; REID, I. e CHAN, E.C.S (1980). Microbiologia
Vol.1 - São Paulo: Mcgraw Hill do Brasil. 566 p.

- PERA, A.F. (1973). Líquidos a Serem Esgotados. In: Sistemas
de Esgotos Sanitários (Ed. CETESB). São Paulo. Faculdade
de Saúde Pública, pp. 13 - 418.

- PESSOA, C.A. e JORDÃO, E.P. (1982). Tratamento de Esgotos
Domésticos. Vol. 1, 2ª edição - Rio de Janeiro: ABES.,
536 p.

- PESSOA, S.B. e MARTINS, A.V. (1978). Parasitologia Médica.
Editora Guarabara Koogan S.A. Rio de Janeiro-RJ. 986 p.

- PINTO, P.C. (1989). Hora de Avaliar o Desafio. Revista DAE.
49 (156). pp 128-134.

- SHIMADA, P.; BIDONE, F.R.A, e FILHO, M.A. (1986). Estudos de lagoas de estabilização para tratamento de esgotos domésticos na Região Centro - Oeste - Revista DAE, 47 (150). pp. 286 - 294.

- SILVA, S.A. e MARA, D.D. (1979). Tratamentos Biológicos de Aguas Residuárias. Lagoas de Estabilização. Rio de Janeiro: ABES. 140 p.

- SILVA, S.A (1982). On The Treatment of Domestic Sewage in Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil. PhD Thesis. Department of Civil Engineering and Applied Science. University of Dundee - Escócia. 203 p.

- SOARES, J. (1985). Avaliação do Comportamento de um Sistema de Lagoas de Estabilização Profundas em Série Dissertação de Mestrado - UFPB, Campina Grande-PB. 65 p.

- WHO (1989). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Technical Report. Series 778 Geneva: WHO.

- STEEL, E.W. (1966) Abastecimento D'água e Sistemas de Esgotos. Ao livro técnico S/A. Rio de Janeiro-RJ. pp. 866

- TEJO, C.D.P. (1993) - Varição de Parâmetros Físicos-Químicos e Microbiológicos de Duas Lagoas de Estabilização em Escala Real no Município de Guarabira-PB
- Dissertação de Mestrado. UFPB, Campina Grande. 130p.