

T/UNICAMP
N 853t

TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA CÍTRICA PELO PROCESSO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO

EDSON APARECIDO ABDUL NOUR
ENGENHEIRO DE ALIMENTOS
TECNOLOGO EM SANEAMENTO

Orientador: Prof. Dr. Roberto
Feijó de Figueiredo

*Dedico que retrata da
revisão definitiva da
dissertação de mestrado
defendida em 29/6/90.*



Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia Civil,
da Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do
título de Mestre em Engenharia
Civil, Área de Concentração:
Recursos Hídricos e Saneamento

30/7/2016

CAMPINAS
Estado de São Paulo - Brasil
Junho de 1990

à Deus,
aos meus antepassados,
aos meus pais,
ao meu irmão,
e todos que acreditaram neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Ao Prof. Dr. Roberto Feijó de Figueiredo, pela orientação, revisão dos originais, apoio e compreensão durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Edison Roberto Poletti, pelo importante auxílio no levantamento topográfico da área onde foi instalado a parte experimental.

Ao Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira pelo apoio e estímulo na montagem da parte experimental.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento, pelo apoio inestimável, durante todo o programa de pós-graduação.

Aos Departamentos de Construção Civil e de Engenharia de Transportes, pelo auxílio durante todo transcorrer deste trabalho.

À Geraldo Dragoni Sobrinho, Antonio Roberto Siviero, Pedro Sérgio Fadini, Luís Fernando Chang de Oliveira, Benedito Dragoni, Carlos Alberto Alcaide, Paulo Aparecido Cintra, Mercedes Maria de Souza e aos antigos funcionários do DHS, pela amizade, estímulo e contribuição inestimáveis, durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Aos alunos do curso de pós-graduação, pela amizade e estímulo, em especial à José Luiz, Danilo e Vanice.

Aos funcionários da obra, marcenaria e serralheria, pelo auxílio durante toda a montagem e operação da parte experimental.

Aos funcionários do setor gráfico e de computação pelo apoio durante a confecção deste trabalho.

À todos os funcionários da Faculdade de Engenharia Civil, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Limeira, SAAE, pelo apoio no empréstimo das máquinas de terraplenagem para construção das rampas.

À CITROSUCO PAULISTA S.A., por permitir a instalação do sistema de tratamento e dar apoio operacional ao longo de toda a duração do experimento, em especial, aos funcionários que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento da pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvii
RESUMO	xix
SUMMARY	xix
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Implantação do sistema de tratamento	14
3.1.1. Locação e construção das rampas	14
3.1.2. Caracterização do solo	18
3.1.3. Semeadura da graminea e construção das bermas	22
3.1.4. Correção dos efeitos provocados pela erosão	25
3.1.5. Instalação do sistema de distribuição do efluente bruto	25
3.1.6. Instalação do sistema de coleta de efluente tratado	29
3.1.7. Dosagem de Nutrientes	32
3.1.8. Manutenção do sistema de tratamento ..	33
3.2. Caracterização do efluente bruto	34
3.3. Operação do experimento	36
3.3.1. Etapas de operação	36
3.3.2. Coleta das amostras	37
3.3.3. Análise e determinação dos parâmetros de controle	40
4. RESULTADOS	41
4.1. Tabelas de valores	41
4.2. Gráficos	47
4.3. Determinação de coliformes	48

5. DISCUSSÃO	50
5.1. pH	50
5.2. Alcalinidade total	51
5.3. Demanda química de oxigênio - DQO	52
5.4. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO	57
5.5. Fósforo total	59
5.6. Condutividade Elétrica	61
5.7. Sólidos sedimentáveis	62
5.8. Sólidos totais	62
5.9. Sólidos suspensos	64
5.10. Adição de nutrientes	65
5.11. Comprimento mínimo da rampa	67
5.12. Vazão coletada de efluente tratado	68
5.13. Remoção de coliformes	72
6. CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE 1.	81
APÊNDICE 2.	102

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Processo de escoamento superficial no solo.	04
Figura 2a. Situação geográfica do local do experimento	15
Figura 2b. "Lay-out" do sistema de tratamento existente e o local de instalação do experimento (situação sem escala), mostrando a tubulação em PAD que conduz o efluente bruto até o experimento	16
Figura 3. Detalhe do local do experimento (situação sem escala)	17
Figura 4. A planta topográfica do local onde os valores das cotas, das curvas de nível, estão relacionados a um referencial arbitrário	17
Figura 5. Local do experimento já limpo e estaqueado, vendo-se, a direita, o talude da terceira lagoa anaeróbia	19
Figura 6. Construção da rampa 2, tendo-se ao fundo o talude das lagoas aeradas	19
Figura 7. Motoniveladora construindo a rampa de número 2. A retroescavadeira está estacionada na rampa 1 já pronta	20
Figura 8. Vista geral das rampas já construídas, verificando-se a diferença de cota existente entre elas	20
Figura 9. Preparo do solo para a aplicação do calcáreo	23
Figura 10. Sifão de coleta de efluente bruto, tendo-se ao fundo a primeira lagoa anaeróbia	27
Figura 11. Visão geral das rampas e dos tambores de distribuição	27
Figura 12. Visão geral das tubulações de distribuição	28
Figura 13. Tubulação de distribuição sobre tijolos .	28

Figura 14. Sistema de distribuição do efluente bruto nos patamares	29
Figura 15a. Sistema de medição de vazão do efluente tratado	30
Figura 15b. Detalhe do vertedor triangular, onde se utilizou aço inox contra corrosão	30
Figura 16. Valeta de coleta de efluente tratado e caixa de medição de vazão	31
Figura 17. Detalhe da caixa de medição de vazão com o efluente tratado passando pelo vertedor	31
Figura 18. O efluente bruto saindo de um dos orifícios, estando ao seu lado o recipiente de coleta de amostras	39
Figura 19. Visão geral da rampa 1, verificando-se a área (à esquerda) por onde não houve escoamento do efluente	56
Figura 20. Resultado da análise de sólidos sedimentáveis para a rampa 2, no dia 26/07/89. A esquerda está o efluente bruto e a direita, o tratado	63
Figura 21. Valores de pH: Rampa nº 1-FASE 1	103
Figura 22. Valores de pH: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4 .	103
Figura 23. Valores de pH: Rampa nº 2-FASE 1	104
Figura 24. Valores de pH: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4 .	104
Figura 25. Valores de pH: Rampa nº 3-FASE 1	105
Figura 26. Valores de pH: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4 .	105
Figura 27. Alcalinidade Total: Rampa nº 1-FASE 1 ...	106
Figura 28. Alcalin. Total: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4.	106
Figura 29. Alcalinidade Total: Rampa nº 2-FASE 1 ...	107
Figura 30. Alcalin. Total: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4.	107
Figura 31. Alcalinidade Total: Rampa nº 3-FASE 1 ...	108
Figura 32. Alcalin. Total: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4.	108
Figura 33. DDO: Rampa nº 1-FASE 1	109
Figura 34. DDO: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	109
Figura 35. DDO: Rampa nº 2-FASE 1	110

Figura 36.	DQO: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	110
Figura 37.	DDO: Rampa nº 3-FASE 1	111
Figura 38.	DQO: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4	111
Figura 39.	DBO: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	112
Figura 40.	DBO: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	112
Figura 41.	DBO: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4	113
Figura 42.	Fósforo Total: Rampa nº 1-FASE 1	114
Figura 43.	Fósforo Total: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	114
Figura 44.	Fósforo Total: Rampa nº 2-FASE 1	115
Figura 45.	Fósforo Total: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	115
Figura 46.	Fósforo Total: Rampa nº 3-FASE 1	116
Figura 47.	Fósforo Total: Rampa nº 3-FASES 2 e 3	116
Figura 48.	Fósforo Total: Rampa nº 3-FASE 4	117
Figura 49.	Condutividade: Rampa nº 1-FASE 1	118
Figura 50.	Condutividade: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	118
Figura 51.	Condutividade: Rampa nº 2-FASE 1	119
Figura 52.	Condutividade: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	119
Figura 53.	Condutividade: Rampa nº 3-FASE 1	120
Figura 54.	Condutividade: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4	120
Figura 55.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 1-FASE 1	121
Figura 56.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 1 FASES 2, 3 e 4	121
Figura 57.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 2-FASE 1	122
Figura 58.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 2 FASES 2, 3 e 4	122
Figura 59.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 3-FASE 1	123
Figura 60.	Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 3 FASES 2, 3 e 4	123
Figura 61.	Sól. Totais: Rampa nº 1-FASE 1	124
Figura 62.	Sól. Totais: Rampa nº 1 FASES 2, 3 e 4	124
Figura 63.	Sól. Totais: Rampa nº 2-FASE 1	125
Figura 64.	Sól. Totais: Rampa nº 2 FASES 2, 3 e 4	125
Figura 65.	Sól. Totais: Rampa nº 3-FASE 1	126
Figura 66.	Sól. Totais: Rampa nº 3 FASES 2, 3 e 4	126
Figura 67.	Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 1-FASE 1	127

Figura 68. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 1 FASES 2, 3 e 4	127
Figura 69. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 2-FASE 1 ...	128
Figura 70. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 2 FASES 2, 3 e 4	128
Figura 71. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 3-FASE 1 ...	129
Figura 72. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 3 FASES 2, 3 e 4	129
Figura 73. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 1-FASE 1	130
Figura 74. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	130
Figura 75. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 2-FASE 1	131
Figura 76. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	131
Figura 77. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 3-FASE 1	132
Figura 78. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 3-FASES 2, 3 e 4	132
Figura 79. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 1-FASE 1	133
Figura 80. Sól. Susp. Totais: Rampa nº1-FASES 2, 3 e 4.	133
Figura 81. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 2-FASE 1	134
Figura 82. Sól. Susp. Totais: Rampa nº2-FASES 2, 3 e 4.	134
Figura 83. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 3-FASE 1	135
Figura 84. Sól. Susp. Totais: Rampa nº3-FASES 2, 3 e 4.	135
Figura 85. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 1-FASE 1 ..	136
Figura 86. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº1-FASES 2,3 e 4	136
Figura 87. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 2-FASE 1 ..	137
Figura 88. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº2-FASES 2,3 e 4	137
Figura 89. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 3-FASE 1 ..	138
Figura 90. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº3-FASES 2,3 e 4	138
Figura 91. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 1-FASE 1	139
Figura 92. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 1-FASES 2, 3 e 4	139
Figura 93. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 2-FASE 1	140
Figura 94. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 2-FASES 2, 3 e 4	140
Figura 95. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 3-FASE 1	141
Figura 96. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 3 FASES 2, 3 e 4	141
Figura 97. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de DQO	142

Figura 98. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: % Rem. de DQO	142
Figura 99. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: % Rem. de DBO	143
Figura 100. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de Fósforo Total	144
Figura 101. Comparação entre as rampas na FASES 2, 3 e 4 : % Rem. de Fósforo Total	144
Figura 102. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de Sólidos Totais	145
Figura 103. Comparação entre as rampas na FASES 2, 3 e 4: % Rem. de Sólidos Totais	145
Figura 104. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de Sól. Susp. Totais	146
Figura 105. Comparação entre as rampas na FASES 2, 3 e 4: % Rem. de Sól. Susp. Total	146
Figura 106. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 1	147
Figura 107. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASES 2, 3 e 4	147
Figura 108. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASE 1	148
Figura 109. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASES 2, 3 e 4	148
Figura 110. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1	149
Figura 111. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 3 nas FASES 2, 3 e 4	149

Figura 112. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 1	150
Figura 113. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASES 2, 3 e 4	150
Figura 114. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASE 1	151
Figura 115. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASES 2, 3 e 4	151
Figura 116. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1	152
Figura 117. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASES 2, 3 e 4	152
Figura 118. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 1	153
Figura 119. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASES 2, 3 e 4	153
Figura 120. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 2	154
Figura 121. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASES 2, 3 e 4	154
Figura 122. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1	155

Figura 123. Influência dos valores de pH e alcalin. na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 3 nas FASES 2, 3 e 4	155
Figura 124. Comportamento da remoção de DBO filtrada ao longo da rampa de nº 3	156
Figura 125. Valores de vazão: rampa nº 1-FASE 1	157
Figura 126. Valores de vazão: rampa nº1-FASES 2,3 e 4	157
Figura 127. Valores de vazão: rampa nº 2-FASE 1	158
Figura 128. Valores de vazão: rampa nº2-FASES 2,3 e 4	158
Figura 129. Valores de vazão: rampa nº 3-FASE 1	159
Figura 130. Valores de vazão: rampa nº3-FASES 2,3 e 4	159

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Valores típicos para os parâmetros de projeto para o escoamento superficial no solo, aplicados ao tratamento de esgoto doméstico	07
Tabela 2. Síntese dos resultados obtidos pelos diversos trabalhos consultados	13
Tabela 3. Classificação granulométrica do solo nas 3 rampas	21
Tabela 4. Caracterização do efluente bruto nas diversas etapas do experimento	35
Tabela 5a. Frutas processadas no período do experimento	36
Tabela 5b. Etapas de operação do sistema	38
Tabela 6. Pontos de coleta ao longo da rampa	39
Tabela 7. Correspondência entre a Data da Coleta de amostras e o Tempo de Coleta (em dias)	42
Tabela 8. Faixa de valores obtidos para o efluente tratado na rampa de número 1 nas 4 fases	43
Tabela 9. Faixa de valores obtidos para o efluente tratado na rampa de número 2 nas 4 fases	44
Tabela 10. Faixa de valores obtidos para o efluente tratado na rampa de número 3 nas 4 fases	45
Tabela 11. Resultados de DBO e DQO filtradas, coletadas ao longo da rampa de número 3	47
Tabela 12. Resultado da análise do grupo coliforme, efetuada nos efluentes brutos e tratados das 3 rampas	49
Tabela 13. Resultados dos exames bioquímicos realizados nos efluentes tratados das 3 rampas ..	49
Tabela 14. Dados do Período de Adaptação da rampa de número 1	62
Tabela 15. Dados do Período de Adaptação da rampa de número 2	63

Tabela 16. Dados do Período de Adaptação da rampa de número 3	84
Tabela 17. Dados da Fase 1 para rampa de nº 1	85
Tabela 18. Dados da Fase 1 para rampa de nº 1	86
Tabela 19. Dados da Fase 2 para rampa de nº 1	87
Tabela 20. Dados das Fases 2 e 3 para rampa de nº 1 .	88
Tabela 21. Dados da Fase 4 para rampa de nº 1	89
Tabela 22. Dados da Fase 1 para rampa de nº 2	90
Tabela 23. Dados da Fase 1 para rampa de nº 2	91
Tabela 24. Dados da Fase 2 para rampa de nº 2	92
Tabela 25. Dados das Fases 2 e 3 para rampa de nº 2 .	93
Tabela 26. Dados da Fase 4 para rampa de nº 2	94
Tabela 27. Dados da Fase 1 para rampa de nº 3	95
Tabela 28. Dados da Fase 1 para rampa de nº 3	96
Tabela 29. Dados da Fase 2 para rampa de nº 3	97
Tabela 30. Dados das Fases 2 e 3 para rampa de nº 3 .	98
Tabela 31. Dados da Fase 4 para rampa de nº 3	99
Tabela 32. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletado ao final de cada rampa - Fase 1	100
Tabela 33. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletado ao final de cada rampa - Fase 2	100
Tabela 34. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletado ao final de cada rampa - Fase 3	101
Tabela 35. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletado ao final de cada rampa - Fase 4	101
Tabela 36. Valores de alcalinidade devido a hidróxidos para os efluentes brutos das 3 rampas nas diversas etapas de testes, em termos de porcentagem da alcalinidade total	53

Tabela 37. Faixa de variação de % Rem de DQO para os efluentes tratados, onde o efluente bruto possuía porcentagem zero de ADH	55
Tabela 38. Valores de % Rem de DQO e DBO, para um mesmo tempo de coleta, para as 3 rampas, nas Fases 2, 3 e 4	58
Tabela 39. Resultados da análise de hipóteses para o teste de dados pareados, entre os valores de % Rem de DQO para cada rampa em todas as fases	59
Tabela 40. Valores médios e seus desvios padrões para os valores de S/E nas diversas fases de testes ..	70
Tabela 41. Valores de evapotranspiração potencial média em cada fase de testes	71
Tabela 42. Valores das frações do efluente bruto aplicado, para a evapotranspiração (EVAP/E) e infiltração (INF/E)	72

LISTA DE SÍMBOLOS

m	- metro
mm	- milímetro
m ³	- metro cúbico
cm ²	- centímetro quadrado
kg	- kilograma
g	- grama
mg	- miligrama
l	- litro
ml	- mililitro
μS	- micro Siemens
%	- por cento
bar	- unidade de pressão, 1 bar = 0,987 atmosfera
meq	- miliequivalente grama
pH	- potencial hidrogeniônico
ADH	- alcalinidade devida a hidróxido
DBO	- demanda bioquímica de oxigênio
DQO	- demanda química de oxigênio
ST	- sólidos totais
STF	- sólidos totais fixos
STV	- sólidos totais voláteis
SST	- sólidos suspensos totais
SSF	- sólidos suspensos fixos
SSV	- sólidos suspensos voláteis
E1	- efluente bruto aplicado na rampa 1
E2	- efluente bruto aplicado na rampa 2
E3	- efluente bruto aplicado na rampa 3
S1	- efluente tratado coletado da rampa 1
S2	- efluente tratado coletado da rampa 2
S3	- efluente tratado coletado da rampa 3
USDA	- United States Department of Agriculture
p	- período de aplicação
q	- taxa de aplicação

- z - distância percorrida pelo efluente
Y_{máx} - peso específico máximo
H_{ot} - umidade ótima
ETE - estação de tratamento de efluentes

RESUMO

Neste Trabalho foi feita a aplicação do processo de escoamento superficial no solo ao tratamento de efluentes da indústria cítrica. Foram construídas três rampas medindo, em média, 6 por 60 metros cada, plantadas com uma gramínea e tendo declividade de quatro por cento. Os resultados indicaram boa remoção de sólidos sedimentáveis e suspensos, DQO, DBO e fósforo total, porém o desempenho tende a piorar com valores de pH acima de 12. A melhor taxa de aplicação foi de 0,200 m³/h.m para um período de aplicação de 12 h/dia. A remoção de fósforo total foi melhor para valores menores que aquela taxa.

WASTEWATER TREATMENT OF A CITRUS PROCESSING INDUSTRY BY OVERLAND FLOW

ABSTRACT

The overland flow process was used to treat a citrus processing industry effluent. Three slopes measuring 6 by 60 meters each, and with a gradient of 4 percent, were constructed near the industry wastewater treatment plant. Grass was used as vegetation to cover the slopes. Results indicated a good percent removal of suspended and settleable solids, COD, BOD and total phosphorus, but total efficiency would get worse for pH values higher than 12. The best application rate was of 0,200 m³/h.m for an application period of h/day. Total phosphorus removal efficiency was better for application rates lower than that.

1. INTRODUÇÃO

O constante crescimento da atividade industrial tem acarretado, nas últimas décadas, um aumento preocupante da carga poluidora que essas indústrias têm despejado nos corpos d'água. Por outro lado, tem também aumentado o consumo de água tratada para o uso industrial e para o abastecimento doméstico, o que torna de fundamental importância a aplicação de programas de proteção de mananciais (2). Desta forma, o tratamento de efluentes industriais em muito irá contribuir para a melhoria deste quadro que ora se apresenta.

Um dos entraves mais comuns para o tratamento de qualquer efluente industrial é o seu custo de construção e manutenção, o que o torna muitas vezes inviável. Assim, é necessário o desenvolvimento de técnicas de tratamento mais econômicas, porém de eficiência comparável aos sistemas existentes, e que exijam um investimento relativamente baixo e com manutenção e operação reduzidas.

Dentre as indústrias que geram grande volume de águas residuárias e carga orgânica, as produtoras de suco cítrico concentrado e congelado têm apresentado um rápido crescimento nos últimos anos, principalmente devido a exportação, onde o Brasil é responsável por cerca de 84 por cento do mercado mundial de exportação, chegando a exportação brasileira a 1,22 milhões de toneladas no

período 1988/89. O Brasil também esteve em 1º lugar na produção mundial de laranjas, participando com 22,22 por cento no mesmo período (1). Instaladas em sua maioria dentro de regiões de também rápida e crescente industrialização no Estado de São Paulo, elas se tornaram focos potenciais de poluição e desta forma devem ter os seus efluentes convenientemente tratados para minimizar o efeito do aumento da carga poluidora sobre os mananciais hídricos.

O objetivo deste trabalho é o de estudar e avaliar o uso do processo de escoamento superficial no solo ("overland flow") para o tratamento de efluentes de uma indústria de produtos cítricos, além de fornecer subsídios para a utilização do processo com águas residuárias de alta carga orgânica, onde a carência de informações é grande. Este processo de tratamento, conhecido pelo seu baixo custo de implantação e operação, tem dado excelentes resultados no tratamento de esgotos domésticos (SMITH and SCHOROEDER, 1985). A estação piloto foi construída na CITROSUCO PAULISTA S.A., situada no município de Limeira, estado de São Paulo, junto a estação de tratamento de efluentes da própria indústria. Isto possibilitou um conhecimento muito grande de todas as possíveis dificuldades que poderiam surgir numa escala real.

Deseja-se que os resultados aqui obtidos, auxiliem no aumento dos conhecimentos sobre o processo de escoamento superficial no solo, possibilitando sua maior utilização em outros tipos de efluentes de origem industrial, contribuindo para o desenvolvimento de processos de tratamento mais econômicos e adequados a cada tipo de efluente, particularmente os originários da produção de suco cítrico concentrado e congelado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de tratamento de esgotos por escoamento superficial no solo é um dos três tipos básicos de tratamento de águas residuárias no solo, além dos processos de infiltração rápida e irrigação (METCALF & EDDY, 1979). Após a implantação da *Federal Water Pollution Control Amendments* de 1972 (PL-92.500), nos Estados Unidos, que trata principalmente do reuso da água, reciclagem de nutrientes e uso de águas residuárias em culturas, houve um grande impulso na utilização deste tipo de tratamento naquele país, incluindo o escoamento superficial no solo, cujas características principais são baixo custo de operação e manutenção e boa eficiência de remoção de sólidos suspensos totais (SST), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total e nitrogênio amoniacal e total.

Estas características, levam a um grande potencial de utilização do escoamento superficial no solo em pequenas comunidades e agroindústrias.

No escoamento superficial no solo, o efluente líquido é lançado na parte superior de um plano inclinado ou rampa, por meio de aspersores ou tubos perfurados, sendo recolhido na parte inferior do plano através de uma calha que o conduz ao ponto de lançamento, segundo visto na Figura 1. SMITH & SCHROEDER (1983) descrevem detalhadamente os aspectos construtivos do sistema.

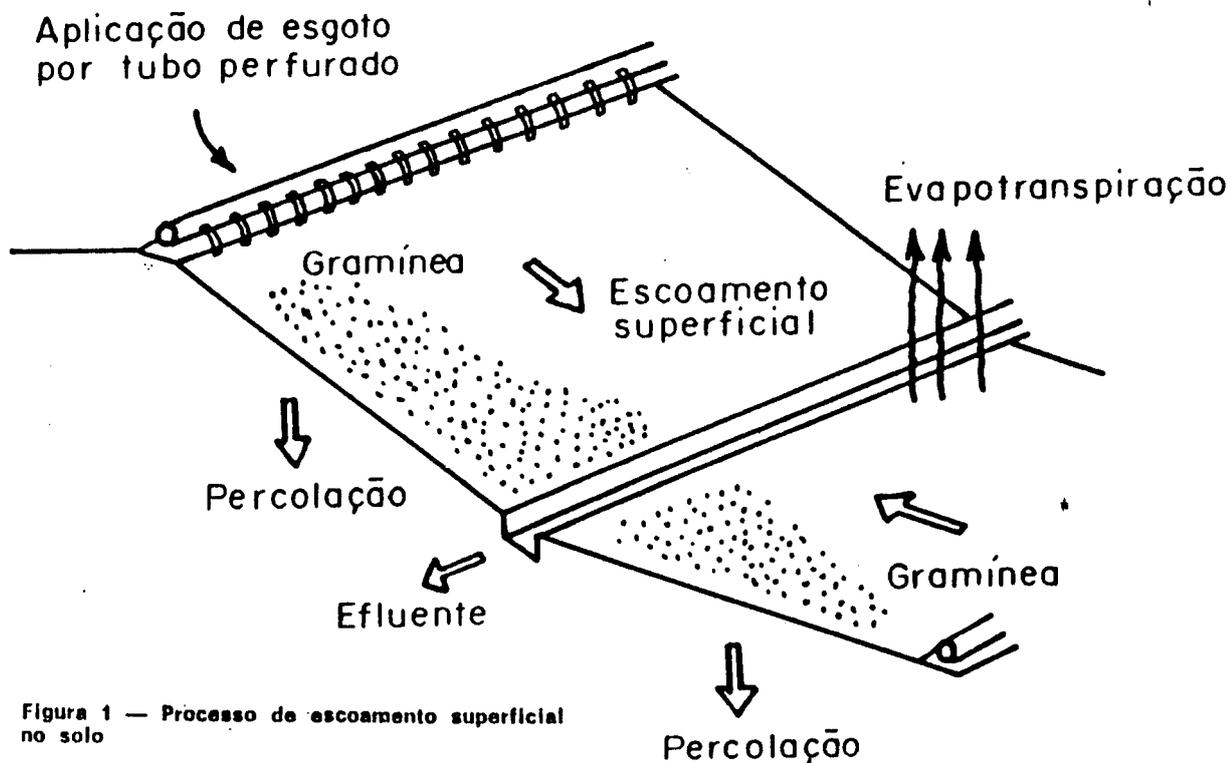


Figura 1 — Processo de escoamento superficial no solo

Fonte: FIGUEIREDO (1985)

A água residuária a ser tratada pode ser lançada na sua forma bruta, sem qualquer tratamento anterior ou depois de sofrer tratamento preliminar, tratamento primário ou até secundário, onde o sistema atua como polimento final. OVERCASH (1978b) constatou que efluentes tratados pelo escoamento superficial no solo, apresentam qualidade semelhante àqueles tratados em processo de lodos ativados, com um custo de operação e manutenção aproximadamente 40 por cento menor e 70 por cento menor em relação a outros processos que produzam um efluente de qualidade equivalente. ABERNATHY *et alii* (1985) obtiveram porcentagens de remoção de fósforo e nitrogênio comparadas às obtidas em tratamentos terciários. OVERCASH (1975) menciona que o uso deste processo como tratamento terciário não traz vantagens para a melhoria da qualidade,

quando o efluente na entrada da rampa estiver com valores similares ou próximos ao limite de mineralização bacteriana.

Grande parte do líquido distribuído escoo sobre a superfície da rampa, parte se perde por infiltração no solo e outra por evapotranspiração. Em vários estudos, foram constatadas as seguintes porcentagens de recolhimento do volume aplicado: 67-80 % (ABERNATHY *et alii*, 1985), 39-53 % (OVERCASH *et alii*, 1978a) e 61 % (GILDE *et alii*, 1971). O uso de solos com pouca permeabilidade auxilia este processo, diminuindo a percolação e consequentemente problemas contaminação do lençol freático.

O solo da rampa é coberto por vegetação, de um modo geral uma gramínea. Esta vegetação deve ter as características de alta resistência às condições de umidade constante do solo, resistência a possível efeito tóxico de constituintes do efluente e que seja perene. Em estudos anteriores, TERADA *et alii* (1985) optaram pela *Brachiaria humidicula*, por esta atender aquelas exigências, além de possuir raízes bem profundas e a não ocorrência de tufo, proporcionando uma maior homogeneidade no escoamento. A gramínea tem ação importante no suporte da população de microrganismos, ou seja, da camada de lodo biológico.

SMITH (1982), SMITH & SCHROEDER (1983 e 1985) e WIGHTMAN *et alii* (1983), verificaram que a declividade recomendada para a rampa está situada na faixa de 2 a 8 por cento. O uso de valores acima de 8 por cento têm provocado problemas de erosão do solo e por outro lado, deposição de sedimentos e represamento do fluxo do líquido ocorrem quando são usadas declividades inferiores a 2 por cento. SMITH & SCHROEDER (1983) recomendam que a largura da rampa deva ser igual ou maior que seu comprimento. Este procedimento diminui a influência de zonas secas, que aparecem nos metros finais da rampa, e portanto, no

desempenho do processo pela diminuição da área útil de tratamento.

O efluente ao escoar pela superfície é tratado através de processos físico-químicos e biológicos. Na parte inicial da rampa ocorre as ações físicas de sedimentação e filtração dos resíduos, tanto de origem inorgânica como orgânica, ocasionadas através da ação, principalmente, das folhas e ramificações da vegetação. Os sólidos solúveis e os sólidos suspensos são removidos via degradação biológica realizada pela população de microrganismos que se encontram por sobre a superfície do solo e fixados na vegetação. O processo de degradação é principalmente aeróbio devido a espessura muito pequena do filme líquido formado no escoamento, favorecendo as trocas gasosas com a atmosfera, o que evita a formação de odores desagradáveis característicos da degradação anaeróbia.

Dependendo do valor do comprimento da rampa, esta pode ser dividida em três terços, não necessariamente iguais, onde em cada um irá predominar um processo de degradação biológica: anaeróbia, aeróbia e remoção de nutrientes. O processo anaeróbio é predominante logo no início do primeiro terço da rampa, devido principalmente a presença de alta carga orgânica e deficiência de oxigênio no efluente que entra no sistema, ao mesmo tempo a ocorrência de sedimentação dos sólidos presentes no efluente, indica um tratamento a nível primário do efluente. No segundo terço, o efluente já com menor carga orgânica, começa a predominar o processo aeróbio de degradação, ocorrendo uma degradação a nível secundário. Finalmente no terceiro terço da rampa, a taxa de remoção de matéria carbonácea diminui bastante e remoção de nutrientes é predominante, ocorrendo desta forma um tratamento a nível terciário.

SMITH (1982) descreveu os parâmetros que regulam o desempenho do processo de escoamento superficial no solo. Na Tabela 1 são apresentados estes parâmetros e a faixa de valores usuais.

O período de aplicação é o número de horas no dia em que o efluente é aplicado na rampa (h/dia). A frequência de aplicação é o número de dias por semana de aplicação do efluente ($dias/semana$). A taxa de aplicação por sua vez, é o resultado do quociente entre a vazão aplicada pela largura unitária da rampa ($m^3/h.m$), sendo este o parâmetro mais importante de caracterização do processo. Finalmente, a carga hidráulica é o volume de efluente aplicado por dia, ou por semana, dividido pela área da rampa de escoamento (cm/dia ou $cm/semana$). Na grande maioria das publicações a carga hidráulica é o parâmetro mais utilizado de dimensionamento e de operação do processo, ao invés da taxa de aplicação que indica uma vazão específica do sistema. Isto se deve ao fato de ser esta grandeza muito utilizada em projetos de sistema de irrigação, onde os sistemas de distribuição são semelhantes. O tempo de detenção do efluente no processo é função do comprimento da rampa e da taxa de aplicação.

TABELA 1. Valores típicos para os parâmetros de projeto para o escoamento superficial no solo, aplicados ao tratamento de esgoto domésticos.

Parâmetro	Unidade	Faixa Típica
. Comprimento da rampa, x	metro	30 - 55
. Declividade	%	0,5 - 8
. Período de Aplicação, P	horas/dia	4 - 24
. Frequência de Aplicação	dias/semana	3 - 7
. Taxa de Aplicação, q	$m^3/hora.metro$	0,08 - 0,24
. Carga Hidráulica	cm/dia	1 - 7

Fonte: SMITH (1982)

SMITH (1982) e SMITH & SCHROEDER (1985), obtiveram uma relação matemática para descrever a variação da DBO do efluente aplicado, durante o escoamento pela rampa. Esta relação é do tipo exponencial, na qual a fração remanescente de DBO é função do comprimento percorrido pelo efluente. A relação proposta é apresentada a seguir:

$$(C - 5)/C_0 = A \cdot e^{(m \cdot Z)}$$

e,

$$m = - (K \cdot Z) / q^n$$

onde:

C : valor da DBO final, mg Oz/l

C₀: valor da DBO inicial, mg Oz/l

A : coeficiente determinado experimentalmente

K : taxa de aplicação experimental, m/h

q : taxa de aplicação, m³/h.m

n : coeficiente experimental

Z : distância percorrida pelo efluente, m

A solubilização de compostos orgânicos no sistema planta-solo, impossibilita que o efluente tratado tenha valores de DBO abaixo de 3-5 mg Oz/l, mesmo que se aplique água tratada.

A remoção de fósforo envolve diversos mecanismos como adsorção, por hidróxidos de ferro e alumínio e minerais argilosos; precipitação química, com alumínio, ferro e sob a forma de fosfato de cálcio; imobilização na forma de compostos orgânicos na camada de lodo biológico; e na utilização pela gramínea em seu metabolismo. KHALID et alii (1982), estudando 3 tipos de solos, que sofreram um tratamento prévio: solo pré-tratado com carbonato, solo que ficou inundado por algum tempo dando-lhe características redutoras e solo sem qualquer

tipo de tratamento, obtiveram, respectivamente, as seguintes remoções de fósforo total: 96,8 , 81,8 e 68,3 por cento. O sistema no qual o solo recebeu carbonato, obteve uma melhora em seu desempenho devido a duas características principais: precipitação de fósforo na forma de fosfato de cálcio e a absorção de fósforo pela planta, que ocorre mais eficientemente em condições alcalinas. Condições redutoras favoreceram também a remoção, indicando que períodos de aplicação longos podem não influenciar de maneira negativa na remoção de fósforo. PAYER & WEIL (1987) observaram que uma maior frequência no corte da gramínea aumenta a remoção de fósforo total. Este fósforo é utilizado pela planta no metabolismo durante seu crescimento, indicando que a remoção de nutrientes está ligada diretamente com a remoção de massa vegetal do sistema de tratamento.

As mudanças na eficiência do sistema quando da ocorrência de precipitações pluviométricas, foram detectadas como pequenas por FIGUEIREDO *et alii* (1984). Neste caso, ocorria um aumento na concentração de sólidos suspensos no efluente tratado que no entanto era na sua maior parte de origem inorgânica, sendo menores que em patamares que não recebiam águas residuárias. Havia ainda, um pequeno aumento na DBO do efluente tratado durante a precipitação, proporcional à duração e intensidade da precipitação.

HUNT *et alii* (1979), questionaram em seu trabalho o uso de *Streptococcus fecais* e *Coliformes fecais* como indicadores do grau de patogenicidade do efluente tratado pelo escoamento superficial no solo, onde foi constatado um aumento elevado do número destes microrganismos no efluente recolhido ao final da rampa. Tal fato ocorria mesmo quando se aplicava água potável. Devido

a estas constatações, HUNT *et alii* recomendaram que se procedesse a desinfecção do efluente tratado na rampa.

OVERMAN & WOLFE (1986) utilizando efluente doméstico, que sofreu tratamento secundário (filtro biológico), encontraram resultados muito bons para remoção de SST e DBO, respectivamente: 89 e 92 por cento. Esta eficiência não teve alteração significativa com o aumento da taxa de aplicação. WIGHTMAN *et alii* (1983), obtiveram resultados semelhantes utilizando altas taxas de aplicação: valores de até $0,519 \text{ m}^3/\text{h.m}$ contudo taxas entre $0,119$ e $0,205 \text{ m}^3/\text{h.m}$, eram recomendadas para obtenção de remoções acima de 90 por cento para DBO e SST. Entretanto, taxas menores de aplicação eram recomendadas quando da necessidade de remoção de fósforo e nitrogênio.

Estudando o tempo necessário para o sistema entrar em operação, após algum tempo sem receber qualquer efluente, OVERMAN & WOLFE (1986) observaram uma característica muito importante deste processo de tratamento: uma capacidade do processo de retornar rápido ao seu equilíbrio, ou seja, o sistema retorna em pouco tempo aos níveis anteriores de remoção. No sistema estudado, eram necessárias 24 horas, após este ficar 3 semanas sem receber efluente, para que o processo atingisse o equilíbrio de operação.

OVERCASH *et alii* (1978a), estudando o tratamento de esterco diluído de aves, encontrou que rampas com comprimento maior que 15-18 metros, não obtinham melhora significativa na remoção, principalmente da DBO e fósforo total.

ABERNATHY (1983) e ABERNATHY *et alii* (1985), em estudos realizados em Easley, Carolina do Sul - Estados Unidos, encontraram parâmetros cinéticos bem próximos ao de SMITH & SCHROEDER (1985), porém propuseram uma intensificação no acompanhamento dos sistemas já instalados e em funcionamento, objetivando a melhoria nos modelos matemáticos propostos, onde as constantes A e m são muito variáveis. Propuseram ainda, que a utilização de taxas de aplicação menores que as usuais, poderia ser a alternativa para a diminuição de algas no efluente de lagoas facultativas, onde o processo atuaria como polimento. TUCKER (1980) já havia adotado o escoamento superficial no solo em Newman, California - Estados Unidos, como a melhor solução para o polimento do efluente de lagoas facultativas.

Estudando a utilização do escoamento superficial no solo, durante vários anos, como o processo de tratamento de efluentes de uma indústria de conservas alimentícias, GILDE *et alii* (1971), obtiveram resultados acima de 83 por cento, quanto a remoção de SST e DBO, utilizando rampas com 53,4 metros de comprimento. GILDE *et alii* já indicavam que a remoção de nutrientes aumentaria se a frequência de corte da graminha fosse maior que a comumente utilizada.

Em outro tipo de indústria de alimentos, esta já com um efluente que possuía DBO na faixa de 1650 - 2000 mg Oz/l, PERRY *et alii* (1982), constataram que a diluição do efluente bruto a ser aplicado, o que possibilitava aumentar a sua taxa de aplicação e melhorar a distribuição, aumentava a eficiência de remoção do processo. Verificaram também, que cargas orgânicas com valores acima de 9 - 10 g DBO/m².dia, com período de aplicação de 8 h/dia, diminuía a eficiência de remoção a valores abaixo de 90 por cento.

Uma síntese dos resultados obtidos em alguns dos trabalhos consultados na revisão bibliográfica é apresentada na Tabela 2.

Finalmente, constata-se a pequena quantidade de informações sobre a utilização do processo de escoamento superficial no solo em efluentes de origem industrial. Isto confirma a importância e a necessidade deste trabalho, e outros mais, como uma contribuição essencial no desenvolvimento e aperfeiçoamento do processo, objetivando ainda oferecer uma alternativa de tratamento com baixo custo de construção, operação e manutenção, para o efluente resultante da produção de suco cítrico congelado e concentrado.

TABELA 2. Síntese dos resultados obtidos pelos diversos trabalhos consultados

Autor a	Efluente		Taxa de Aplicação (m ³ /h.m)	Comp. da rampa (m)	Período de aplicação (h/dia)	Z de Remoção			
	Características	DBO (mgO ₂ /l)				DBO	SST	PO ₄ -P TOTAL	
.GILDE (1971)	Efluente bruto da ind. de conserv. vegetais	616	0,183 a 0,244	97,6	6 a 8	— —	98,5 b (99,1) c	93,5 (98,2)	42,5 (61,5)
.OVERCASH (1978b)	Estercos de aves diluído (bruto)	970 a 1850	0,204 a 0,333	15 a 30	2 h/24 h a 2 h/48 h	68,1 - 78,2 (80,0 - 95,5)	— —	— —	39,3 - 63,0 (61,6 - 91,4)
.OVERMAN (1986)	Efl. de tratamento secundário (esgoto doméstico)	11 a 75	0,100	46	24	—	92	89	—
.PERRY (1982)	Efl. bruto de indústria de alimentos	1150 a 2000	0,021 a 0,155	67,1	8	—	(88,4 - 99,0)	(95,5 - 99,2)	—
.WIGHTMAN (1983)	Esgoto doméstico após tratamento preliminar	100	0,120 a 0,520	36,5	8	—	87 - 93	91 - 95	20 - 33
.ABERNATHY (1985)	Efl. secundário de lagoa facultativa	37	0,16 a 0,39	45,7	24	—	70,5	75,8	28,3
	Efluente bruto	126 - 159	0,21 a 0,45	50,3	24	—	86,6 - 88,9	84,6 - 90,0	48,6 - 53,0
.HUNT (1979)	Efluente secundário	22	0,095	45,5	6	—	45,5	60	30

a - contidos nas referências bibliográficas

b - Z de remoção em termos de mg/l

c - Z de remoção em termos de massa inicial e final

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

O sistema de tratamento foi implantado junto a estação de tratamento de efluentes líquidos industriais da Citrosuco Paulista S.A., situada no município de Limeira, estado de São Paulo, como mostra a Figura 2a., a qual é constituída de 3 lagoas anaeróbias em série, 2 lagoas aeradas (aeradores de superfície) em paralelo, 6 tanques de decantação em paralelo, 1 lagoa de maturação e 1 lagoa de lodo. O local escolhido para a implantação é mostrado na Figura 2b.

3.1.1. LOCAÇÃO E CONSTRUÇÃO DAS RAMPAS

A estação piloto era constituída por 3 rampas com larguras entre 5,1 e 6,2 metros e 60 metros de comprimento, com espaçamento de 1 metro entre elas. Uma vez locada a área do experimento, Figura 3, foi efetuado um levantamento plani-altimétrico através de uma malha, como é mostrado na Figura 4.

De posse dos dados obtidos no levantamento topográfico, foi feita a construção das rampas com declividade de 4 por cento e em níveis diferentes, sendo esta a melhor opção encontrada, pois haveria um menor movimento de terra e nenhuma necessidade de empréstimo de solo. Os volumes de aterro e corte calculados foram respectivamente $238,3 \text{ m}^3$ e $351,9 \text{ m}^3$.

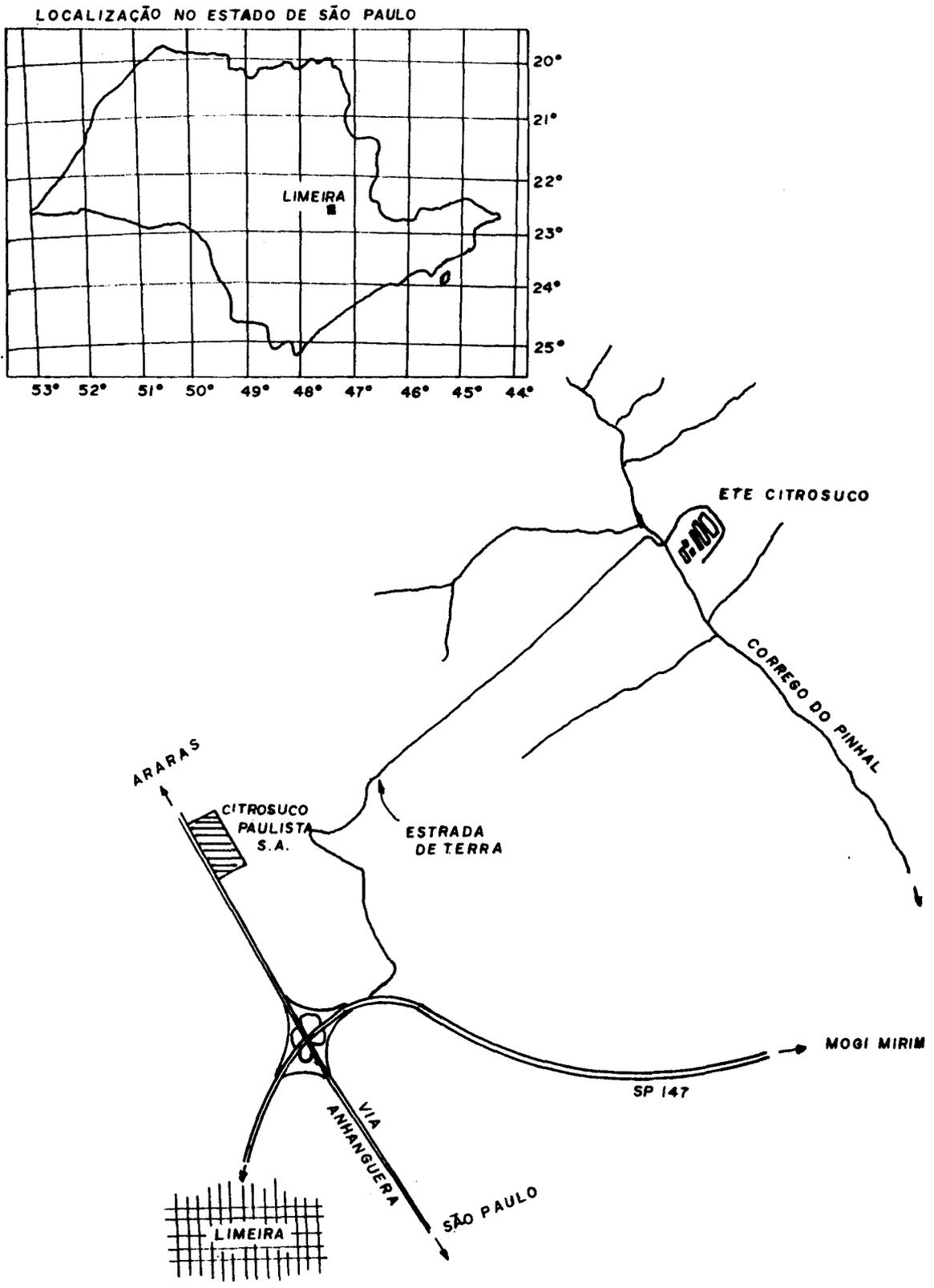


Figura 2a. Situação geográfica do local do experimento

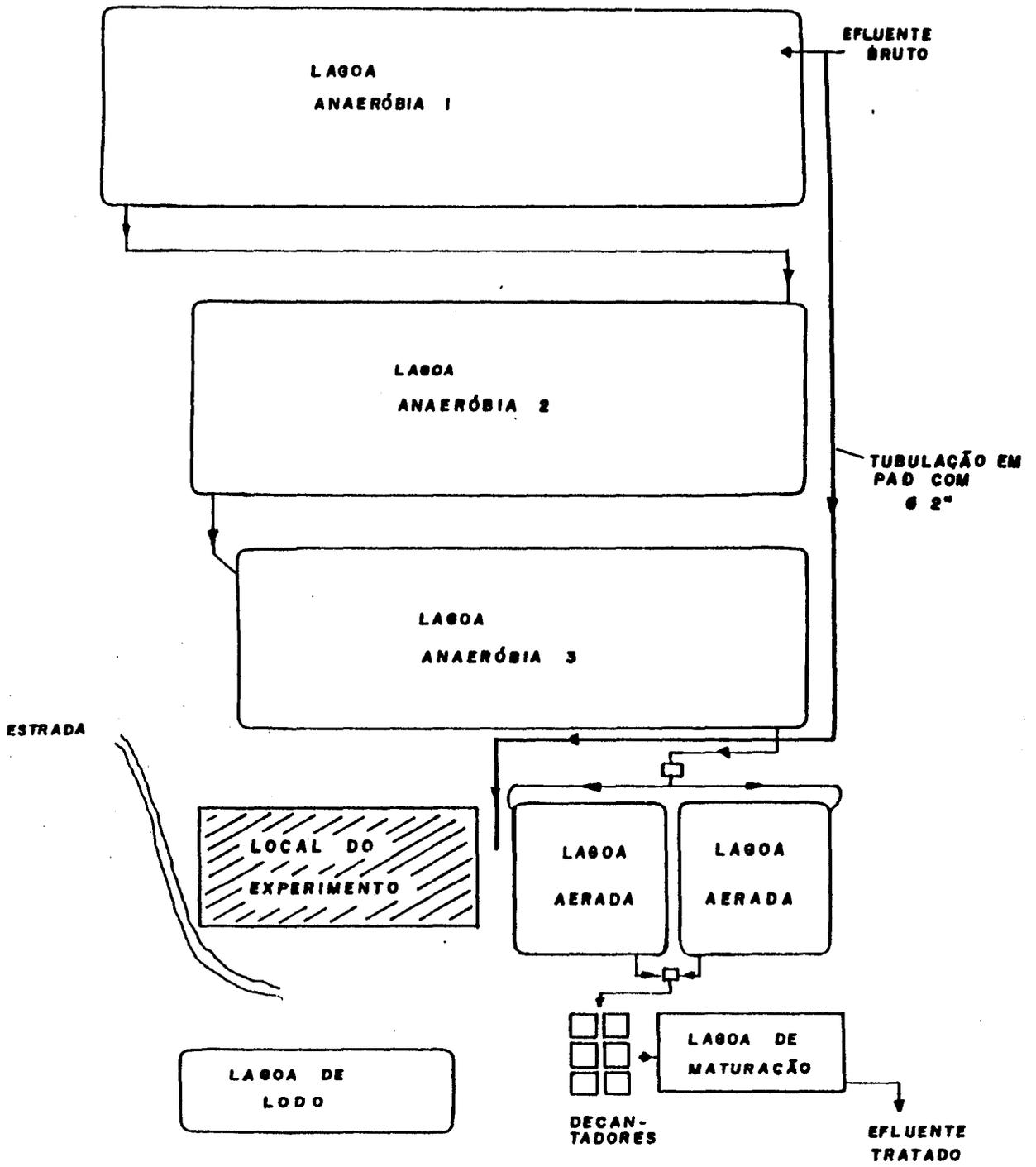


Figura 2b. "Lay-out" do sistema de tratamento existente e o local de instalação do experimento (situação sem escala), mostrando, a tubulação em PAD que conduz o efluente bruto até o experimento.

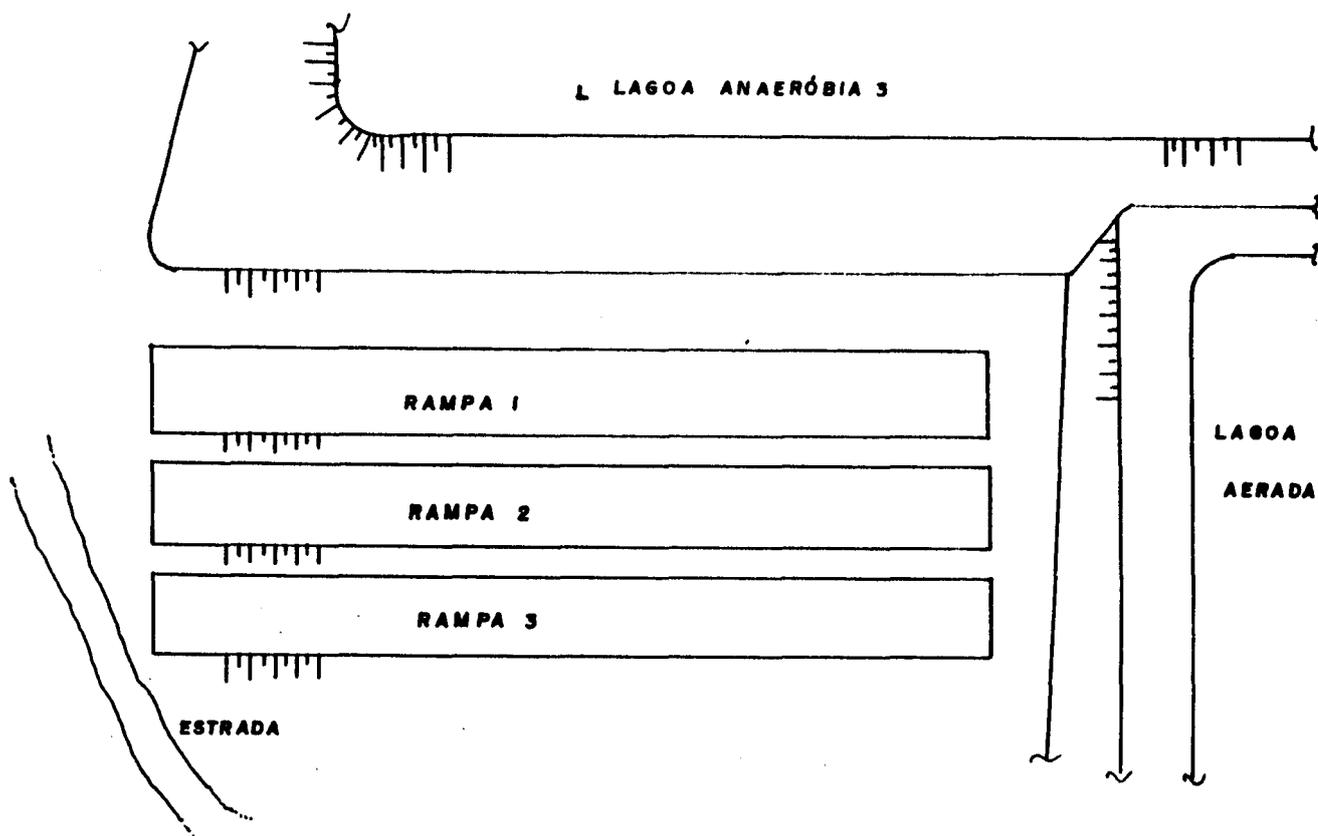


Figura 3. Detalhe do local do experimento (situação sem escala)

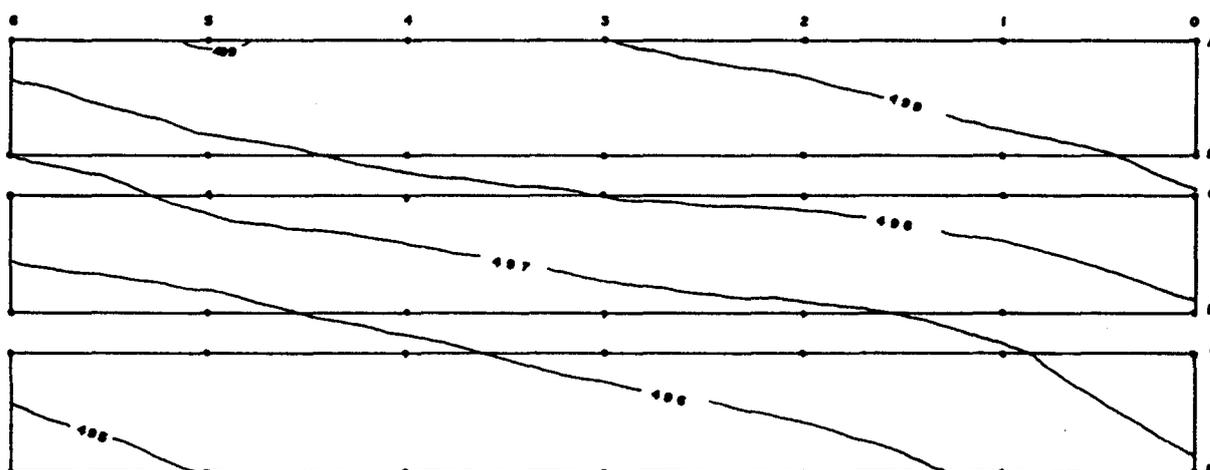


Figura 4. A planta topográfica inicial das rampas, onde os valores das cotas, das curvas de nível, estão relacionados a um referencial arbitrário de cota igual a 500 metros.

Com a utilização de uma motoniveladora e uma retroescavadeira, foram construídas as 3 rampas em dois dias de trabalho, totalizando 16 horas de utilização da motoniveladora e 4 horas de utilização da retroescavadeira. Toda a operação foi acompanhada de medições topográficas de modo a se obter realmente a declividade desejada. As Figuras 5 a 8 ilustram as diversas fases da construção das rampas. O fato de o solo apresentar uma umidade um pouco acima da ideal, para a operação de compactação, auxiliou em muito a construção, sendo que o grau de compactação foi dado pelo próprio peso da motoniveladora.

As medidas finais de largura das rampas foram 5,1 , 6,2 e 6,1 m , respectivamente para as rampas de número 1, 2 e 3.

3.1.2. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O conhecimento das características físicas e químicas do solo é importante para este processo, tanto na etapa de implantação e construção das rampas, como durante a sua operação.

A caracterização do solo onde o experimento foi implantado, envolveu tanto parâmetros físicos como químicos, alguns dos quais são apresentados abaixo:

- a. Curva Característica de Retenção de Água no Solo
capacidade de campo (0,1 bar) → 34,2 %
ponto de murchamento (15,0 bar) → 12,2 %

- b. Classificação Granulométrica

Foram obtidas dados granulométricos para o solo das 3 rampas, nas profundidades de 0,25 m e 0,50 m. Na Tabela 3, estão apresentados os resultados.



Figura 5. Local do experimento já limpo e estaqueado, vendo-se a direita o talude da terceira lagoa aneróbia.



Figura 6. Construção da rampa 2, tendo-se ao fundo o talude das lagoas aeradas.



Figura 7. Motoniveladora construindo a rampa 2. A retroescavadeira está estacionada na rampa 1, já pronta.



Figura 8. Vista geral das rampas já construídas, verificando-se a diferença de cota existente entre elas

TABELA 3. Classificação granulométrica do solo nas 3 rampas

Rampa	Profund. (metros)	% de massa				Classif. (USDA) *	
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		
1	0,25	1,0	51,0	35,0	13,0	F	A
	0,50	1,5	55,5	31,0	12,0	A	R
2	0,25	2,0	52,0	27,5	18,5	A	E
	0,50	15,0	54,0	20,0	11,0	N	N
3	0,25	13,0	51,0	25,0	11,0	O	S
	0,50	19,0	51,0	21,0	9,0	O	O

* USDA - United State Department of Agriculture

c. Ensaio de Compactação - Tipo Proctor

Y_{max} (peso específico máximo) = 1,673 g/cm³

H_{ot} (umidade ótima) = 17,8 %

d. Parâmetros Químicos do Solo

pH (em CaCl₂) = 4,0

% C (carbono) = 0,15

% M.O. (matéria orgânica) = 0,26

P (fósforo, em mg/kg) = 3

K (potássio, em mg/kg) = 93

Ca (cálcio, em meq/100 ml) = 1,28

Mg (magnésio, em meq/100 ml) = 0,80

Al (acidez trocável, em meq/100 ml) = 3,55

H-Al (acidez potencial, em meq/100 ml) = 8,00

S (soma das bases) = 2,32

T (capacidade de troca de cátions, em meq/mg) = 10,32

V (% de saturação em bases) = 22

Alguns parâmetros analisados, indicam pontos importantes sobre as características de um possível

comportamento do sistema de tratamento:

Solo Franco Arenoso: o solo em questão, possui a mesma classificação, segundo a USDA, daquele obtido no trabalho de GILDE et alii (1971), indicando que a porcentagem de infiltração do efluente no solo do sistema, poderá apresentar resultados semelhantes ao deste trabalho.

pH = 4,0 : indica a necessidade da adição de calcáreo ao solo, com a finalidade de aumentar a eficiência de remoção de fósforo do efluente, e facilitar o desenvolvimento da gramínea.

3.1.3. SEMEADURA DA GRAMÍNEA E CONSTRUÇÃO DAS BERMAS

A gramínea utilizada no experimento foi a *Brachiaria humidicula*, segundo recomendação de TERADA et alii, 1985; o solo foi preparado fazendo-se a aplicação de calcáreo na quantidade de 100 Kg por rampa, devido ao fato de o solo apresentar valor de pH igual a 4,0 , sendo classificado como fortemente ácido. A calagem é essencial tanto para que a remoção de fósforo total seja maior (KHALID et alii, 1982), como para o desenvolvimento da planta. A semeadura foi adotada por apresentar melhor uniformidade de distribuição da gramínea, evitando o aparecimento de tufos. A operação de preparo do solo, tanto para a calagem como para a semeadura, foi feita utilizando-se uma pequena grade triangular, a qual é mostrada na Figura 9.

Devido aos problemas surgidos com a primeira semeadura, com sementes de baixo índice de germinação e recobrimento de terra estar acima do ideal, fez-se necessária uma nova semeadura no final do mês de fevereiro de 1988 na proporção de 2,3 Kg por rampa, agora com



Figura 9. Preparo do solo para a aplicação do calcáreo

sementes de melhor qualidade e um recobrimento de terra quase nulo. Estas novas sementes tinham as seguintes características: 51 por cento de pureza e 47 por cento de poder de germinação.

Com o término do período de chuvas (março de 1988), foi necessária a instalação de um pequeno sistema de irrigação, onde foram utilizados dois aspersores tipo TOP-A, e o lodo proveniente dos decantadores da estação de tratamento existente. Utilizou-se o lodo não só como fonte de água mas também como fonte de nutrientes para o solo, melhorando o desenvolvimento da gramínea.

Por outro lado, o lodo pode ter atuado como um inóculo para o processo, possibilitando o desenvolvimento de uma população de microrganismos no solo, melhor adaptados ao tipo de efluente a ser tratado. Esta indicação pode facilitar e diminuir o tempo necessário a adaptação do sistema.

Com a finalidade de limitar o fluxo de efluente dentro dos limites das rampas, evitando o escoamento pelos taludes que as separam, foram construídas bermas (muretas de terra) ao longo de todo o comprimento.

Nas rampas de número 2 e 3, as bermas foram construídas somente do lado esquerdo, onde começam os taludes. Já na rampa de número 1, foi também necessária a construção de berma no lado direito, bem rente ao talude, devido a ocorrência de afloramento de água nos primeiros 10 metros da rampa, água esta proveniente de infiltração de líquido da lagoa anaeróbia 3 que certamente interferiria nos resultados do tratamento.

3.1.4. CORREÇÃO DOS EFEITOS PROVOCADOS PELA EROSÃO

A inexistência de cobertura vegetal, o gradeamento do solo para a calagem e a primeira semeadura da gramínea na época de chuvas no início de 1988, provocaram no sistema o aparecimento de valetas ao longo do comprimento e rebaixamento de nível no final das rampas.

A correção destes acontecimentos inesperados e indesejáveis, pois diminuem a eficiência do tratamento, foi feita através da colocação de quantidades do mesmo solo nos locais onde havia a sua necessidade, de forma a evitar o crescimento da gramínea de modo irregular.

3.1.5. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE EFLUENTE BRUTO

Foi utilizado no experimento, o resíduo líquido resultante da produção de suco cítrico congelado e concentrado, que chega à estação de tratamento existente.

A coleta do efluente bruto era feita através de um sifão constituído de tubos de PVC de 50 mm de diâmetro e uma válvula de crivo, localizada na caixa de chegada do efluente bruto à estação de tratamento, antes de uma calha "Parshall", segundo visto na Figura 10. Em tubulação de PAD (polietileno de alta densidade) com diâmetro de 50,0 mm, o efluente era conduzido até uma outra unidade localizada ao lado da segunda lagoa anaeróbia. Neste local, uma derivação de 37,5 mm de diâmetro, constituída de tee e registro de gaveta, foi instalada para levar o efluente por gravidade até o local do experimento. Foram necessários 250 metros de tubulação em PAD, com uniões do tipo rápidas a cada 50 metros e de 4 mm de espessura de parede, material que mostrou ser ideal pela

sua alta resistência ao líquido transportado, menor custo de aquisição e facilidade de instalação. Esta tubulação desembocava em 3 tambores de 200 litros de volume cada um, sendo que a carga hidráulica em cada tambor era mantida constante. A vazão do efluente era contínua, regulada por um registro de gaveta colocado antes do 1º tambor, de tal modo que o excedente retornava ao sistema de tratamento da indústria. De cada tambor saía uma tubulação de 50,0 mm de diâmetro, também em PAD, para a alimentação de uma rampa.

O sistema de distribuição de cada rampa, mostrado nas Figuras 11 a 13, consistia de uma tubulação de PVC de 100,0 mm de diâmetro e colocada transversalmente à rampa, com comprimento igual à largura da rampa, perfurada longitudinalmente com orifícios de 7,8 mm e espaçados de 0,30 m, unida por um tee à tubulação proveniente do tambor. A vazão de distribuição era medida com auxílio de recipiente de volume conhecido e cronômetro, sendo que a sua variação era possível manobrando-se o registro de gaveta colocado antes do tee de distribuição. Na Figura 14 está mostrado um esquema do sistema de distribuição.

Para facilitar a limpeza dos registros, estes foram colocados em posição invertida, como mostra a Figura 13, sendo desentupido através de pequenas batidas, com martelo, na parte da carcaça voltada para cima.



Figura 10. Sifão de coleta de efluente bruto, tendo-se ao fundo a primeira lagoa anaeróbia



Figura 11. Visão geral das rampas e dos tambores de distribuição



Figura 12. Visão geral das tubulações de distribuição.



Figuras 13. Tubulação de distribuição sobre tijolos.

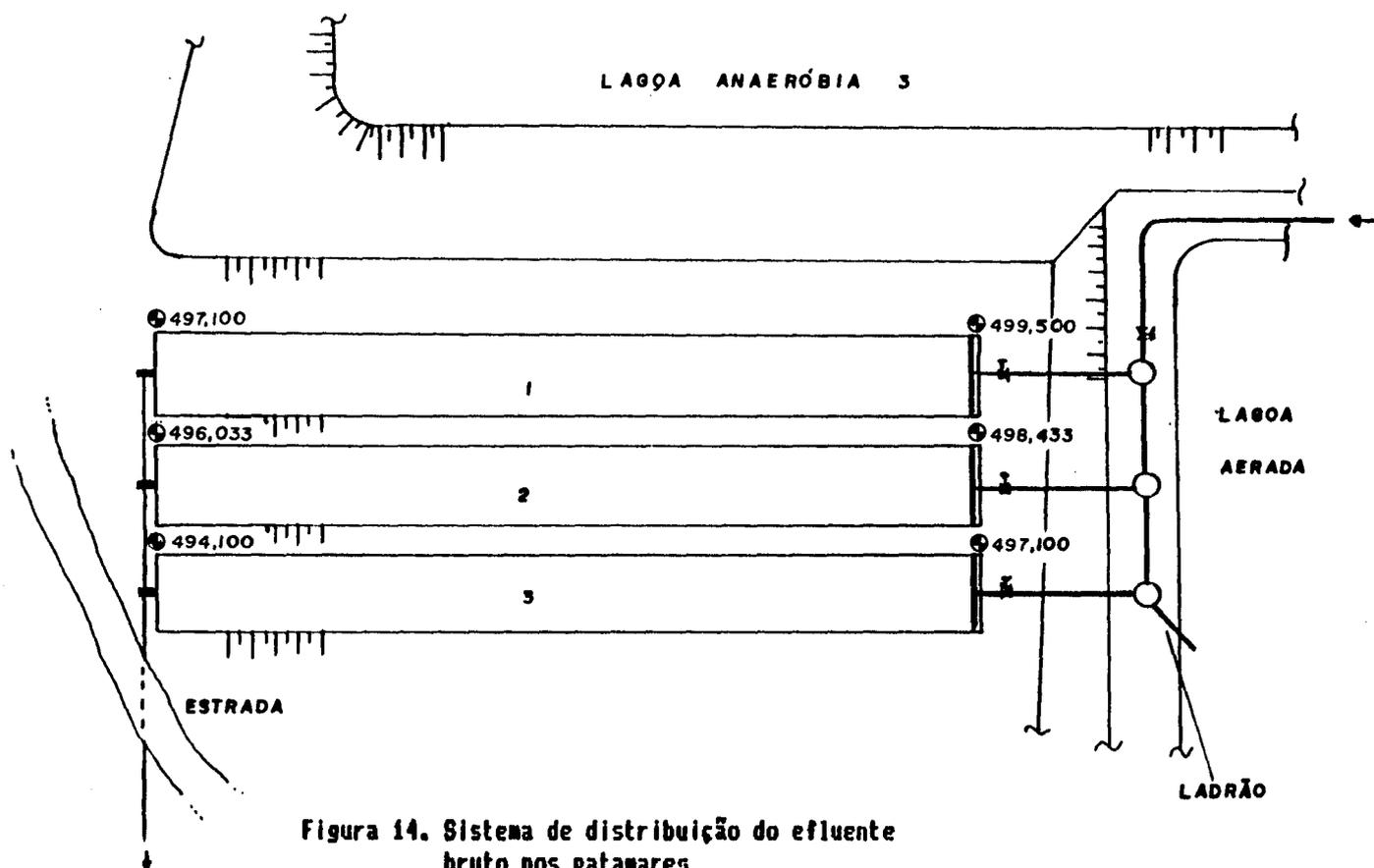


Figura 14. Sistema de distribuição do efluente bruto nos patamares

3.1.6. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA DE EFLUENTE TRATADO

Para cada rampa foi providenciada uma caixa metálica contendo um vertedor do tipo triangular para a medição de vazão, segundo visto nas Figuras 15a e 15b. Assim, no final de cada rampa existia uma valeta transversal que coletava o efluente tratado e o encaminhava para a caixa de medição, mostrada nas Figuras 16 e 17. O efluente tratado entrava afogado na caixa, diminuindo a agitação do líquido e possibilitando uma leitura precisa da altura de líquido sobre o vertedor.

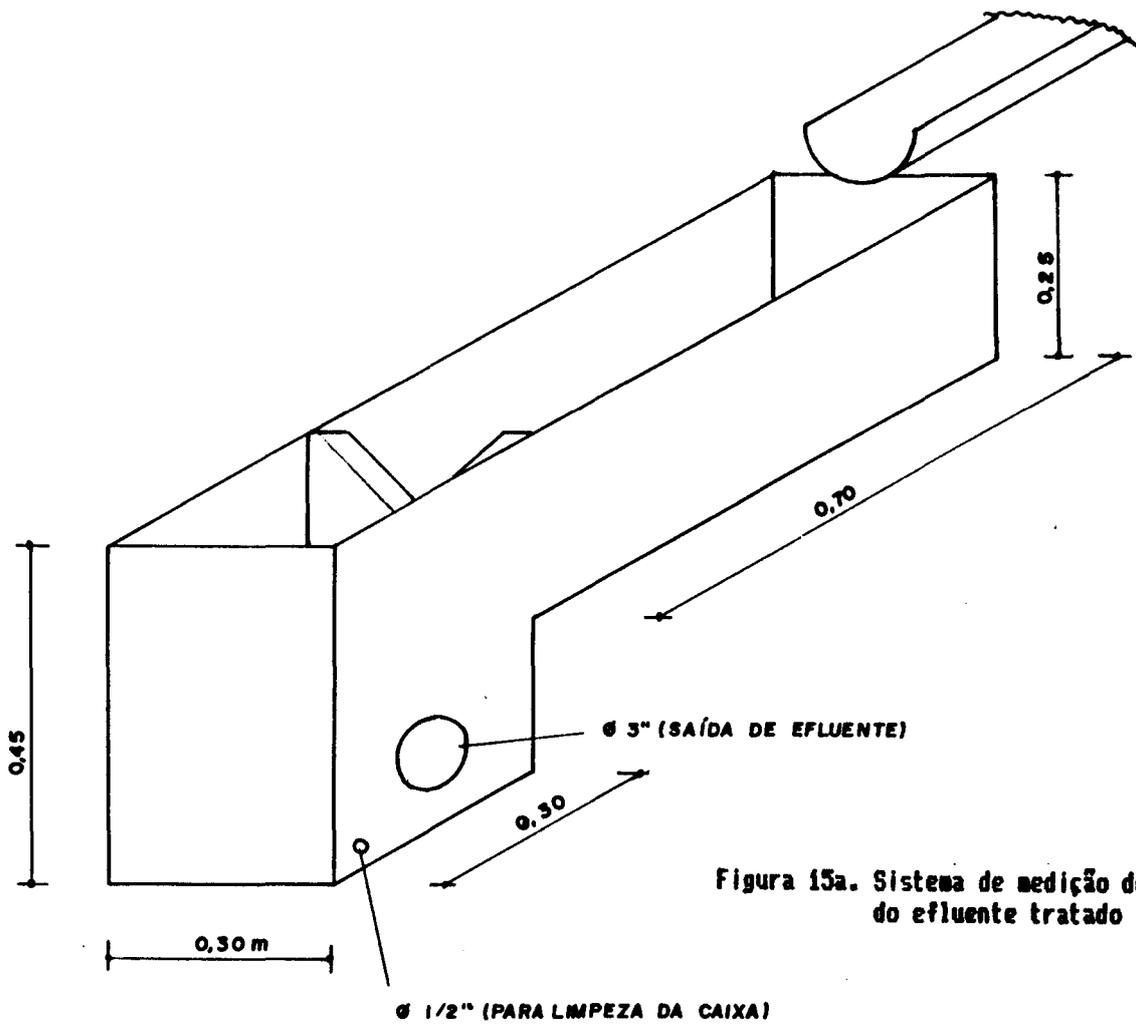


Figura 15a. Sistema de medição de vazão do efluente tratado

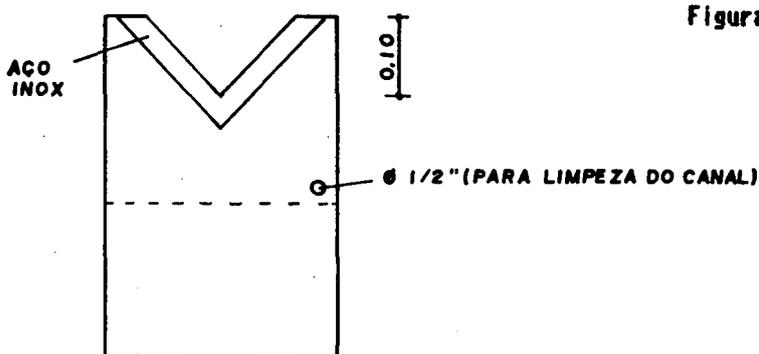


Figura 15 b. Detalhe do vertedor triangular, onde se utilizou aço inox contra corrosão



Figura 16. Valeta de coleta de efluente tratado e caixa de medição



Figura 17. Detalhe da caixa de medição de vazão com o efluente tratado passando pelo vertedor.

As saídas das caixas eram interligadas por tubos de PVC de 75,0 mm de diâmetro. A tubulação de saída da caixa da rampa de número 3, transportava os efluentes tratados em todas as rampas até a disposição final na lagoa de lodo, situada em cota inferior.

3.1.7. DOSAGEM DE NUTRIENTES

Com o objetivo de se estudar a necessidade de adição de nutrientes ao efluente bruto para a melhoria do desempenho do processo, foi construído um dosador de nitrogênio e fósforo para suprir as necessidades dos mesmos naquele efluente.

a. Instalação do Dosador

O dosador era constituído de: reservatório, recipiente de dosagem e armação metálica. O reservatório, feito de polietileno e com capacidade de 200 litros, tinha por função armazenar a solução contendo os nutrientes, suficiente para aproximadamente 3 dias de operação. O recipiente de dosagem era constituído de uma bombona, em polietileno e com capacidade de 50 litros, onde uma válvula de bóia mantinha uma carga hidráulica constante. A vazão da solução, adicionada no tambor da rampa de número 3, era regulada por uma torneira colocada na saída do recipiente de dosagem. A estrutura metálica, construída em chapas e tubos de aço, sustentava o reservatório em nível superior ao recipiente de dosagem.

b. Dosagem de Nutrientes

A solução de nutrientes era preparada utilizando-se uréia de uso agrícola, com 45 % de nitrogênio (dados do fabricante) e ácido fosfórico concentrado comercial, com aproximadamente 24 % de fósforo (valor determinado em laboratório), diluídos com efluente da lagoa

anaeróbia de número 3. A falta de outro tipo de líquido para a diluição dos nutrientes, foi o principal motivo da utilização do efluente da lagoa, que apresentava grande volume disponível e quantidade mínima de sólidos sedimentáveis, evitando possíveis entupimentos.

O dosador simplificado era operado de forma a fornecer uma vazão aproximada de 70 litros de solução de nutrientes por dia, sendo a sua reposição necessária a cada 3 dias.

As quantidades de uréia e ácido fosfórico utilizadas no preparo da solução, eram aquelas necessárias a oferecer no mínimo a relação DBO:N:P pré-estabelecida para o efluente bruto de 100:5:2 .

3.1.8. MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Com o objetivo de tornar mais eficiente a operação do sistema , foi necessário realizar as seguintes etapas de manutenção:

a. Cortes da Gramínea

Quando a altura da gramínea ultrapassava os 30 cm, providenciava-se seu corte por meio de cortador de grama, de maneira a:

- forçar a gramínea a se desenvolver lateralmente preenchendo os espaços vazios;
- eliminar possíveis espécies indesejáveis;
- facilitar a coleta de amostras e diminuir a proliferação de pequenos animais.

Foi necessário apenas um corte da gramínea, no período de 12 a 19 de setembro, 7 meses após o plantio. A palha resultante do corte foi totalmente retirada logo após a sua secura.

b. Limpeza dos Tambores

Eram limpos a cada 30 dias, sendo que os sólidos sedimentados foram na sua grande maioria areia bem fina e lodo de cor preta, sem cheiro e de constituição pastosa. Esta sedimentação ocorreu quase que somente no primeiro tambor.

c. Limpeza dos registros e tubulações de distribuição

Os registros e as tubulações eram limpos pelo menos uma vez por semana, de modo a evitar possíveis interrupções na distribuição do efluente. A limpeza nas tubulações era feita desconectando-se o tee que une as duas metades e tombando-as. Os registros eram limpos desconectando-os da tubulação de PAD, o que não alterava a sua calibração. A principal dificuldade de operação encontrada, foi a pouca abertura apresentada pelos registros nas vazões de trabalho, obrigando a sua desobstrução sempre no início da operação diária do sistema, bastando bater com um martelo no corpo do registro. O lodo depositado nas tubulações tinha características semelhantes ao lodo encontrado no primeiro tambor.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO

Durante as quatro etapas em que se dividiu a parte experimental, as quais são detalhadas no item 3.3.1., foi feita a caracterização do efluente bruto, segundo análises contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 15ª edição.

Na Tabela 4, estão colocadas as faixas de variação dos diversos parâmetros analisados, em cada uma das fases. A Tabela 5a mostra as variedades de frutas processadas no período do experimento.

TABELA 4. Caracterização do efluente bruto utilizado nas três rampas, apresentando a faixa de variação de cada parâmetro, em cada etapa de operação.

Parâmetro	Etapas de operação				
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 4 *
.pH	7,05 a 12,13	5,74 a 11,86	10,31 a 12,25	3,37 a 11,34	2,78 a 6,75
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	129 a 1.370	132 a 1.042	350 a 1.826	0 a 695	0 a 411
.DQO mg O ₂ /l	2.379 a 7.439	5.112 a 10.618	3.877 a 5.802	5.059 a 6.368	5.770 a 8.012
.DBO mg O ₂ /l	---	3.600 a 4.500	2.144 a 3.480	3.550	2.600 a 5.325
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	1,4 a 6,7	4,4 a 8,8	2,4 a 5,8	3,6 a 8,5	94,0 a 164,0
.Condutividade uS/cm	631 a 5.810	1.004 a 2.025	1.328 a 7.387	996 a 1.834	1.444 a 1.560
.Sólidos Sedim. ml/l	3,6 a 76,0	3,0 a 200,0	14,0 a 36,0	8,4 a 39,0	9,0 a 74,0
.Sólidos Totais mg/l	1.555,0 a 4.412,0	1.678,1 a 5.969,7	3.147,9 a 5.972,8	2.207,3 a 4.260,2	3.010,0 a 4.331,6
.Sól. Tot. Voláteis mg/l	878,9 a 2.977,5	1.470,1 a 3.982,5	1.723,9 a 2.919,9	1.403,9 a 2.644,4	1.937,2 a 2.609,7
.Sól. Tot. Fixos mg/l	367,1 a 2.706,5	813,2 a 2.287,3	1.309,6 a 3.288,2	373,8 a 2.536,9	682,7 a 2.279,8
.Sól. Susp. Totais mg/l	166,4 a 703,0	512,2 a 961,2	563,0 a 991,6	643,5 a 1.001,6	804,0 a 1.118,0
.Sól. Susp. Voláteis mg/l	124,2 a 528,8	440,8 a 785,2	416,5 a 804,2	613,0 a 752,4	733,5 a 745,2
.Sól. Susp. Fixos mg/l	42,2 a 190,5	13,3 a 201,6	111,2 a 283,2	30,5 a 249,2	70,5 a 372,8

* efluente bruto com adição de nutrientes

Tabela 5a. Frutas processadas no período do experimento

Fruta	Período de processo	Fases do Experimento
.Tangerinas:		
murcote	21/08 a 16/09	Fase 1
cravo	30/05 a 31/07	Adaptação e Fase 1
.Laranjas		
lima	31/05 a 25/08	Adaptação e Fase 1
grape fruit	15/08 a 19/08	Fase 1
pera	a partir de 22/08	Fases 1 a 4

3.3. OPERAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi operado segundo as fases de operação do sistema, coleta das amostras e análises e determinações dos parâmetros de controle.

3.3.1. ETAPAS DE OPERAÇÃO

O período de operação do sistema situou-se entre 14 de junho de 1989 e 01 de fevereiro de 1990, coincidindo com a moagem de frutas cítricas da safra de 89/90, segundo as seguintes etapas:

Adaptação: esta etapa foi necessária para criar as condições apropriadas para o funcionamento do processo, propiciando o aparecimento da população microbiana formadora da camada de lodo biológico, responsável pelo processo biológico de degradação.

Fases 1, 2 e 3: nestas fases foram obtidos os mais precisos valores de taxa de aplicação e período de aplicação, através de variações pré-estabelecidas.

Fase 4: nesta fase foi verificada a eficiência de remoção de alguns parâmetros, frente a adição de nutrientes ao efluente bruto, utilizando os valores ótimos obtidos nas fases anteriores. Ácido fosfórico e ureia foram respectivamente os compostos utilizados para fósforo e nitrogênio, e foram adicionados de modo a obter a proporção de 100:5:2 na relação DBO:N:P.

Cada uma das 4 fases representa um período de aplicação. Os valores das taxas de aplicação, períodos de aplicação e as cargas orgânicas aplicada utilizados em cada rampa, nas diversas fases, são apresentados na Tabela 5b, onde a frequência de aplicação foi sempre de 5 dias/semana.

3.3.2. COLETA DAS AMOSTRAS

Em cada rampa o intervalo de coleta entre as amostras de efluente bruto e efluente tratado, foi de 2 horas. As coletas foram realizadas numa frequência de 1 a 2 vezes por semana, quase sempre na parte da manhã, dependendo de fatores operacionais da indústria e de mudanças ocorridas nas características do efluente bruto.

Para a coleta do efluente bruto foram utilizados os orifícios de saída da tubulação de distribuição, conforme visto na Figura 18. As amostras de efluente tratado eram coletadas logo após o vertedor triangular, em local mostrado na Figura 17. Com vistas a determinação do comprimento mínimo de rampa, foram realizadas coletas de amostra ao longo da rampa de número 3, a qual apresentou melhor rendimento durante a fase de aclimação. Na tabela 6 estão apresentados os pontos de coleta ao longo da rampa.

TABELA 5b. Etapas de operação

Etapa	Rampa	Nº de coletas	Taxa de Aplicação (m ³ /h.m)	Período de aplicação (h/dia)	Carga orgânica aplicada		Duração
					(Kg de DQO/ha.dia)	(Kg de DBO/ha.dia)	
Adaptação	1	7	0,100	8	---	---	14/06/89
	2		0,100		---	---	a
	3		0,100		---	---	10/07
Fase 1	1	15	0,100	8	317 a 992	---	11/07
	2		0,200		634 a 1.984	---	a
	3		0,300		952 a 2.976	---	03/10
Fase 2	1	9	0,100	16	1.363 a 2.831	960 a 1.200	04/10
	2		0,200		2.726 a 5.663	1.920 a 2.400	a
	3		0,300		4.090 a 8.494	2.880 a 3.600	05/12
Fase 3	1	4	0,100	12	775 a 1.160	429 a 696	06/12
	2		0,200		1.551 a 2.321	857 a 1.392	a
	3		0,300		2.326 a 3.481	1.286 a 2.088	11/01/90
Fase 4	1	4	0,200	12	2.024	1.040	19/01
	2		0,200		a	a	a
	3		0,200		3.205	2.130	02/02

Tabela 6. Pontos de coleta ao longo da rampa

Ponto	Local
1	. entrada da rampa
2	. a 10 metros da entrada da rampa
3	. a 20 metros da entrada da rampa
4	. a 30 metros da entrada da rampa
5	. a 40 metros da entrada da rampa
6	. a 50 metros da entrada da rampa
7	. no final da rampa

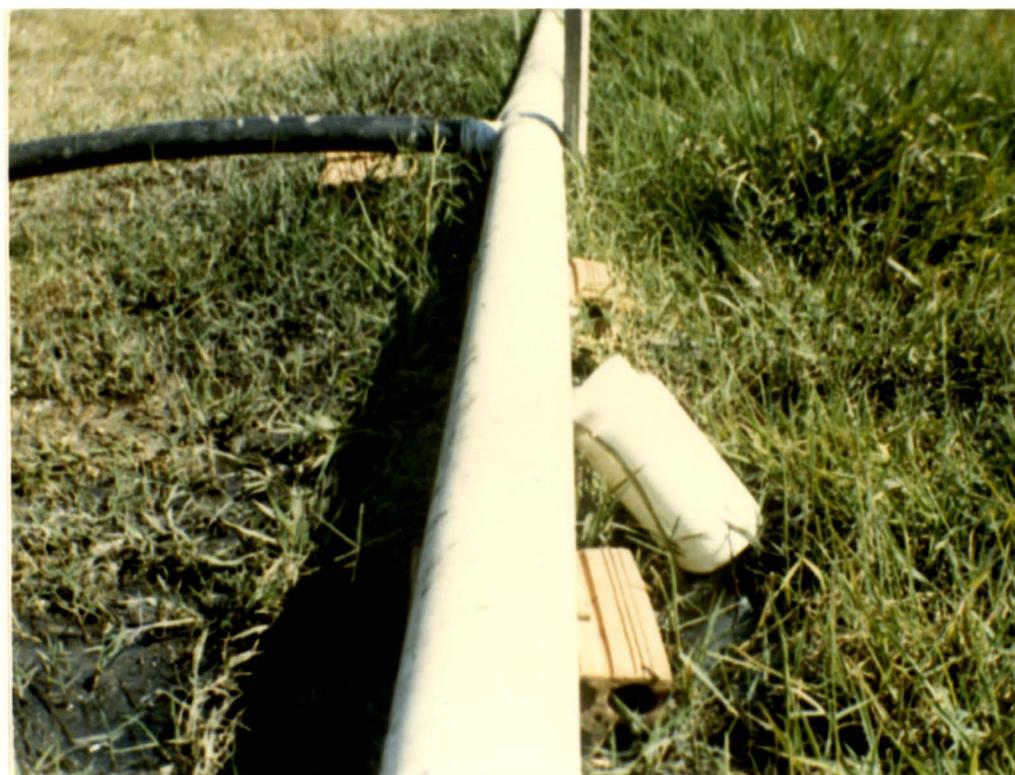


Figura 18. O efluente bruto saindo de um dos orifícios da tubulação de distribuição, estando ao seu lado o recipiente de coleta de amostras.

3.3.3. ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONTROLE

As amostras coletadas durante o experimento foram analisadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, de acordo com os procedimentos indicados no *Standard Methods* (22). Os parâmetros verificados foram:

- . pH
- . Alcalinidade
- . Demanda Química de Oxigênio (DQO)
- . Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
- . Condutividade Elétrica
- . Fósforo Total
- . Sólidos Sedimentáveis
- . Sólidos Totais (ST)
- . Sólidos Totais Fixos (STF)
- . Sólidos Totais Voláteis (STV)
- . Sólidos Suspensos Totais (SST)
- . Sólidos Suspensos Fixos (SSF)
- . Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)
- . Grupo Coliforme

4. RESULTADOS

De forma a simplificar e facilitar a análise e discussão dos resultados, foram montadas 6 tabelas para cada rampa com os dados obtidos no período de adaptação e nas 4 fases de testes. Foi construída também uma série de gráficos, sendo 2 para cada parâmetro de cada rampa: um para a Fase 1 e outro para as Fases 2, 3 e 4, além de uma série de gráficos de comparações entre as rampas e os diversos parâmetros.

As discussões sobre os resultados obtidos são realizadas em ítem separado, mais adiante.

4.1. TABELAS DE VALORES

Os dados foram organizados em tabelas segundo o período de aclimação e as 4 fases de testes. Para facilitar a construção dos gráficos, foram ordenadas as datas de coletas de amostras em dois blocos, onde em cada data de coleta há um tempo de coleta correspondente, em número de dias, como é mostrado na Tabela 7. Assim o período de adaptação possui 22 dias de operação; a Fase 1 possui 90 dias e as Fases 2, 3 e 4 têm somadas 120 dias de operação. O tempo de coleta é apresentado em negrito ao lado da data correspondente.

As nomenclaturas: E1, E2, E3 e S1, S2, S3, correspondem respectivamente aos efluentes brutos, e aos

efluentes tratados em cada rampa. A porcentagem de remoção de um determinado parâmetro é representada por % Rem .

Tabela 7. Corresponência entre a Data de Coleta de amostra e o Tempo de Coleta (em dias).

Fase	Data de coleta	Tempo de coleta (dias)	Fase	Data de coleta	Tempo de coleta (dias)
Adap- tação	14/06/89	1	2	05/10	1
	20/06	5		11/10	7
	22/06	7		18/10	14
	28/06	13		25/10	21
	30/06	15		08/11	35
	04/07	19		14/11	41
	07/07	22		16/11	43
1	12/07	1		30/11	57
	14/07	3		05/12	62
	18/07	7	3	07/12	64
	21/07	10		27/12	84
	26/07	15		04/01/90	92
	17/08	37		11/01	99
	22/08	42	4	23/01	111
	24/08	44		25/01	113
	29/08	49		30/01	118
	31/08	51		01/02	120
	05/09	56			
	21/09	72			
	27/09	78			
	29/09	80			
	03/10	84			

TABELA 8. Faixa de variação dos diversos parâmetros obtidos para o efluente tratado na rampa de número 1 nas 4 fases de testes.

Parâmetro	Rampa nº 1 - Fases de operação			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
.pH *	6,64 a 8,13	5,75 a 8,06	7,56 a 8,05	7,86 a 8,03
.Alcalin.Total * mg CaCO ₃ /l	226 a 602	381 a 1.353	189 a 677	416 a 788
.DQO	13,6 a 83,6	26,3 a 82,3	64,5 a 96,2	68,9 a 83,3
.DBO	---	31,9 a 82,8	50,3	---
.Fósforo Total	39,3 a 88,8	54,9 a 85,7	73,4 a 82,6	77,8 a 83,6
.Condutividade ** uS/cm	1.013 a 2.009	1.278 a 2.374	481 a 1.660	1.195 a 2.050
.Sólidos Sedim.	93,0 a 100	97,1 a 99,9	98,7 a 100	99,5 a 100
.Sólidos Totais	-40,8 a 60,1	-31,7 a 59,6	46,8 a 84,7	12,9 a 60,2
.Sól. Tot. Voláteis	-18,9 a 69,4	-29,1 a 73,5	35,4 a 87,4	48,1 a 64,4
.Sól. Tot. Fixos	-257 a 84,0	-63,7 a 80,4	56,7 a 79,6	-190 a 54,5
.Sól. Susp. Totais	34,0 a 95,6	80,4 a 92,3	95,3 a 97,7	96,2
.Sól. Susp. Voláteis	39,3 a 96,2	80,4 a 94,2	95,6 a 97,8	96,1
.Sól. Susp. Fixos	18,2 a 93,4	36,8 a 88,7	94,4 a 97,5	97,7

* valores absolutos. Os demais estão em porcentagem de remoção (% Rem)

TABELA 9. Faixa de variação dos diversos parâmetros obtidos para o efluente tratado na rampa de número 2 nas 4 fases de testes.

Parâmetro	Rampa nº 2 - Fases de operação			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
.pH *	6,94 a 8,08	5,47 a 9,61	7,57 a 7,66	6,86 a 7,57
.Alcalin. Total * mg CaCO ₃ /l	231 a 543	375 a 1.031	272 a 672	494 a 799
.DQO	22,6 a 88,0	-19,0e a 76,1	71,3 a 76,8	48,9 a 62,5
.DBO	---	56,7	69,1 a 78,9	56,8
.Fósforo Total	27,3 a 87,5	27,4 a 88,0	23,9 a 71,5	18,7 a 61,9
.Condutividade * uS/cm	797 a 1.602	1.361 a 3.046	1.245 a 1.859	1.461 a 1.859
.Sólidos Sedim.	81,3 a 100	73,1 a 99,8	99,3 a 100	35,7 a 98,8
.Sólidos Totais	0,6 a 66,8	-106 a 52,0	32,2 a 60,7	-33,2 a 54,2
.Sól. Tot. Voláteis	-11,6 a 76,1	-62,9 a 61,3	21,9 a 62,8	11,1 a 67,2
.Sól. Tot. Fixos	-48,1 a 71,9	-801 a 50,6	-11,7 a 74,2	-302 a 43,2
.Sól. Susp. Totais	-64,8 a 95,4	41,9 a 95,3	69,8 a 97,5	4,5 a 71,8
.Sól. Susp. Voláteis	-27,5 a 95,5	45,1 a 95,4	74,4 a 98,5	38,9 a 78,7
.Sól. Susp. Fixos	-169 a 98,2	28,4 a 96,0	44,6 a 94,7	-338 a 50,9

* valores absolutos. Os demais estão em porcentagem de remoção (% Rem)
e - ocorrência de erros operacionais

TABELA 10. Faixa de variação dos diversos parâmetros obtidos para o efluente tratado na rampa de número 3 nas 4 fases de testes.

Parâmetro	Rampa nº 3 - Fases de operação			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4 **
.pH *	6,62 a 7,95	5,28 a 7,90	7,26 a 7,83	7,81 a 8,14
.Alcalin. Total * mg CaCO ₃ /l	294 a 526	380 a 970	361 a 905	710 a 1.549
.DQO	-2,6e a 79,9	-25,8e a 79,0	41,3 a 58,7	51,1 a 80,4
.DBO	---	14,4 a 67,1	53,8 a 72,5	87,4
.Fósforo Total	21,7 a 77,8	-7,2e a 77,0	-54,2 a 67,3	29,3 a 90,3
.Condutividade * uS/cm	954 a 1.909	1.278 a 2.797	1.876 a 2.083	1.776 a 2.905
.Sólidos Sedim.	96,7 a 100	-12,5e a 99,8	96,9 a 99,3	22,2 a 97,6
.Sólidos Totais	-10,1 a 54,4	-43,3 a 63,0	25,9 a 40,1	17,2 a 49,7
.Sól. Tot. Voláteis	-54,3 a 64,1	-54,4 a 60,8	34,4 a 46,5	19,1 a 52,1
.Sól. Tot. Fixos	-54,5 a 54,3	-30,0 a 67,4	1,0 a 46,2	-66,9 a 51,4
.Sól. Susp. Totais	41,0 a 96,7	-33,2e a 90,0	45,6 a 91,2	-13,6 a 73,6
.Sól. Susp. Voláteis	29,5 a 96,7	-34,6e a 88,8	44,4 a 91,2	15,1 a 73,0
.Sól. Susp. Fixos	67,5 a 98,7	-33,9 a 96,9	11,6 a 91,2	-31,1 a 74,8

* valores absolutos. Os demais estão em porcentagem de remoção (% Rem)

** utilização de efluente bruto com adição de nutrientes

e ocorrência de erros operacionais

As tabelas 8 a 10, apresentam as faixas de variação dos efluentes tratados em cada rampa a cada fase, inclusive a fase de adaptação, onde se pode visualizar o desempenho geral do sistema. Todos resultados obtidos em todas as rampas e em todas as fases de testes, são apresentados nas tabelas de 14 a 31, contidas no Apêndice 1.

Nas tabelas de 32 a 35, contidas também no Apêndice 1, são apresentadas as vazões obtidas dos efluentes brutos lançados e dos efluentes tratados recolhidos, em cada rampa a cada fase. Os valores S/E significam a fração recolhida do efluente aplicado à rampa.

Com o objetivo de determinar o comprimento mínimo necessário da rampa para o processo e a determinação dos coeficientes da equação de SMITH E SCHROEDER (1983), foi feito o monitoramento da remoção de DQO e, principalmente, da DBO ao longo da rampa. Devido a antecipação do término da produção de suco pela indústria, apenas duas coletas foram realizadas. Entretanto em apenas uma delas foram obtidos dados representativos, os quais são apresentados na Tabela 11.

A opção de se utilizar a forma filtrada tanto para a DBO como para a DQO, foi consequência de dois fatos:

- presença de sólidos sedimentáveis ao longo de toda a rampa, o que torna difícil a coleta das amostras de efluente sem a presença destes sólidos,
- a forma filtrada (solúvel) de DBO contida no efluente é aquela que sofre a degradação biológica, que ocorre na camada de lodo biológico, ao longo da rampa. A parte suspensa e sedimentável é retida nos primeiros metros da rampa.

TABELA 11. Resultados de DBO e DQO filtradas, coletadas ao longo da rampa de número 3

Parâmetro	Efl. bruto	Ponto de coleta (metros)					
		10	20	30	40	50	60
.DQO filt. (mg Oz/l)	4397	3003	2696	1798	1646	1044	1243
.% Rem	--	31,7	38,7	59,1	62,6	76,3	71,7
.DBO filt. (mg Oz/l)	2425	1390	1160	525	620	525	320
.% Rem	--	42,7	52,2	78,4	74,4	78,4	86,8
(C-5)/C ₀	--	0,571	0,476	0,214	0,254	0,214	0,130

A filtração das amostras foi feita em filtro de fibra de vidro "Millipore AP-40", o mesmo utilizado para a análise de sólidos suspensos.

4.2. GRÁFICOS

De forma a auxiliar a interpretação dos resultados obtidos, os gráficos foram organizados em forma de gráficos, onde na abscissa é colocado o tempo de coleta, em dias, e nas ordenadas os valores do parâmetro a ser analisado.

Exceto para os parâmetros pH, alcalinidade e condutividade, são colocados os valores de % Rem juntamente com os valores do efluente bruto e efluente tratado.

Os pontos referentes aos valores negativos de % Rem, não aparecem indicados nos gráficos, porém a sua existência é notada pelas linhas que ligam estes pontos a outros de valor positivo.

Nos gráficos onde são apresentados conjuntamente os resultados das Fases 2, 3 e 4, a divisão entre elas é feita por linhas verticais que passam pelos valores 63 e 107 dias na ordenada, os quais correspondem, respectivamente, a data de início das Fases 3 e 4.

Foram construídos também gráficos de % Rem (para um dado parâmetro) versus tempo de coleta, onde é feita uma comparação das eficiências de remoção entre as rampas para as 4 fases de testes, sendo essas comparações necessárias para determinar os melhores valores de taxas e períodos de aplicação a serem utilizados na Fase 4. Ainda foram construídos gráficos de % Rem DQO versus concentração de fósforo total; % Rem de DQO, pH e alcalinidade do efluente tratado ao longo do tempo, e % Rem de DBO filtrada ao longo da rampa 3.

Os gráficos são apresentados no Apêndice 2.

4.3. DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES

Realizou-se a análise bacteriológica dos efluentes brutos e tratados, visando a determinação da presença de bactérias do grupo coliforme, após a entrada do experimento na Fase 1. A data de coleta de amostras para análise foi 27/07/89 e tempo de coleta 15 dias. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 12.

Foram feitas então, somente nos efluentes tratados, exames bioquímicos usadas para diferenciação e identificação de bactérias do gênero *Enterobacter*: Indol, Vermelho de Metila, Voges Proskauer e Citrato, coletivamente chamadas de IMVIC. Os resultados são apresentados na Tabela 13.

TABELA 12. Resultados da análise do grupo coliforme, efetuada nos efluentes brutos e tratados das 3 rampas.

Análise	Rampa					
	1		2		3	
	E1	S1	E2	S2	E3	S3
. Colif. Totais NMP/100 ml	0	2.400	0	35.000	0	12.000
. Colif. Fecais NMP/100 ml	0	0	0	320	0	110

TABELA 13. Resultados das provas bioquímicas realizadas nos efluentes tratados das 3 rampas

ANÁLISE	S1	S2	S3
. Indol	-	-	-
. Vermelho de Metila	-	-	-
. Voges Proskauer	+	+	+
. Citrato	+	+	+

Estes resultados são características positivas para a presença de *E. aerogenes* e *E. cloacae* e negativas para *Escherichia coli*, a qual apresenta IMViC (--++). Tanto a *E. aerogenes* como a *E. cloacae* são comumente encontradas em solos e cursos d'água.

5. DISCUSSÃO

De posse de todos os dados obtidos nas diversas fases do estudo, o comportamento dos diversos parâmetros de controle foi analisado e discutido para cada parâmetro em cada rampa e também foi feita a verificação da existência das possíveis interrelações dos comportamentos de alguns parâmetros na eficiência de remoção de outros, tais como fósforo total, DQO, DBO e SST.

A discussão da influência da adição de nutrientes no comportamento dos diversos parâmetros de controle, é feita em ítem separado, devido a sua particularidade.

São utilizadas na discussão a seguir, todas as tabelas de dados e gráficos apresentados no texto e nos apêndices 1 e 2.

5.1. pH

Embora a faixa de variação de pH dos efluentes brutos tenha sido muito grande, de 3,37 a 12,25 , os valores de pH para os efluentes tratados sempre estiveram próximos a 7,0 , ressaltando-se o fato de que não houve uma preocupação durante as 4 fases no ajuste dos valores de pH dos efluentes brutos. Este comportamento foi similar para as 3 rampas, independentemente das taxas de aplicação, onde os valores de pH dos efluentes tratados das

rampas 1, 2 e 3 estiveram nas faixas de 5,5 a 8,5 , 5,5 a 8,1 e 5,3 a 8,0 , respectivamente.

A ocorrência de valores de pH abaixo de 6,0 para o efluente tratada na Fase 2, principalmente nas rampas 2 e 3, teve como causa provável um desequilíbrio no processo de tratamento, desequilíbrio este possivelmente ocorrido na população microbiana, provocando nestes, resultados anormais.

De qualquer modo, o processo de tratamento mostra uma capacidade de tamponamento muito grande, apesar do pequeno tempo de detenção, característica esta muito importante para um processo de tratamento de efluentes.

O menor valor de pH apresentado pelos efluentes brutos da rampa 3 na Fase 4 (fase de adição de nutrientes), em relação aos da rampas 1 e 2, se deve a adição de ácido fosfórico.

5.2. ALCALINIDADE TOTAL

As 3 rampas apresentaram comportamentos semelhantes nas Fases 1, 2 e 3, quando os efluentes tratados tiveram uma faixa de variação menor e, na maioria das vezes valores maiores que aqueles apresentados pelos efluentes brutos. O mesmo comportamento se manteve para as rampas 1 e 2 na Fase 4.

A ocorrência de vários picos nos valores de alcalinidade total, era ocasionada pela presença de alcalinidade devida a hidróxidos (OH^-), a qual participava com 30,8 a 69,9 por cento da alcalinidade total, como está demonstrado na Tabela 37. Estes picos eram consequência da lavagem dos evaporadores utilizados na concentração do suco

cítrico, através de solução de hidróxido de sódio em concentração de aproximadamente 5 por cento. Estes despejos tinham duas características importantes: grande vazão e DQO acima do valor médio para o efluente bruto que chega a estação existente.

A semelhança de comportamentos entre as rampas, indica que o acréscimo de alcalinidade obtido pelos efluentes tratados é independente tanto da taxa como do período de aplicação, dentro de certos limites, do efluente bruto.

5.3. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO

Pelas Figuras 33 a 38, 97 e 98, verifica-se que o comportamento dos resultados obtidos para os efluentes tratados e dos valores de % Rem. nas 3 rampas é semelhante, havendo ainda uma finalização do período de aclimação do sistema nos primeiros 15 dias da Fase 1.

A ocorrência de depressões nos comportamentos da % Rem. de todas as rampas nos tempos de coletas 15 e 49 na Fase 1 e 43, 92 e 111 nas Fases 2, 3 e 4, como visto também na tabela 36, têm como causa provável a alta alcalinidade devida a hidróxidos (ADH). Nas Figuras 96 a 101, está mostrado aquele comportamento das 3 rampas em todas as fases. A ocorrência de % Rem. com valores negativos pode ter como causa erros durante a coleta das amostras dos efluentes tratados e brutos.

Esta queda na % Rem. de DQO devida a alta ADH, é provavelmente decorrente do desequilíbrio da capacidade de tamponamento do sistema, prejudicando assim a atividade da camada biológica. Este acontecimento provocou uma perda de área de tratamento nas rampas pela necessidade

TABELA 36. Valores da alcalinidade devido a hidróxidos (ADH) para os efluentes brutos das 3 rampas nas diversas etapas de testes, em termos de % da alcalinidade total

Rampa	Etapas de testes / Tempo de coleta (dias)											
	Adaptação			Fase 1					Fases 2, 3 e 4			
	1	5	13	1	15	49	78	84	7	43	92	111
1	--	66,6	40,9	51,0	52,2	68,7	1,1	18,5	4,7	39,5	35,2	40,8
		** (12,21)	(12,17)	(11,93)	(12,07)	(12,10)	(11,03)	(11,70)	(11,49)	(11,85)	(12,08)	(11,30)
2	42,4	69,9	42,2	51,0	54,6	68,7	0	--	0	36,9	30,8	45,4
	(11,89)	(12,23)	(12,16)	(11,95)	(12,11)	(12,10)	(10,97)		(11,48)	(11,86)	(12,10)	(11,34)
3	43,7	65,2	45,3	--	54,5	68,6	6,0	18,9	1,9	38,1	52,0	0 *
	(11,89)	(12,21)	(12,12)		(12,13)	(12,11)	(11,09)	(11,69)	(11,45)	(11,86)	(12,25)	(6,75)

* efluente bruto com adição de nutrientes

** os valores entre parenteses se referem ao pH do efluente bruto

do efluente escoar por um trecho maior, até que o seu pH atingisse a faixa ótima de biodegradação: 5,5 à 8,5 (FULLER & WARRICK, 1988); já para os efluentes brutos com valores de pH abaixo de 11,45 (Tabela 32), este espaço necessário era possivelmente bem menor. Portanto, uma correção no pH do efluente bruto é necessária, desde que haja uma porcentagem de ADH acima de 18 por cento, em relação a alcalinidade total. Do contrário, o sistema tem condições de absorver a variação de pH.

Verifica-se pelas Figuras 83 e 84, que as recuperações do sistema após estes choques foram de 2 a 7 dias. Uma maneira de se reverter tal desequilíbrio mais rapidamente, seria a paralização do sistema por 1 ou 2 dias, o que foi utilizado na Fase 2 aos 43 e 57 dias, possibilitando uma recuperação da atividade biológica sem influências externas, retornando a capacidade de tamponamento do sistema.

A intensidade do desequilíbrio no sistema foi proporcional ao período de aplicação e a porcentagem de alta ADH, de modo que na Fase 3 houve uma recuperação mais rápida que na Fase 2, para as rampas 1 e 2. Este desequilíbrio também era devido a taxa de aplicação, apresentando a rampa 1 uma recuperação mais rápida em relação às demais, como pode ser visto pela Fase 2 na Figura 98. Taxas menores implicam em menor vazão de efluente e conseqüentemente, menor consumo da capacidade tampão do sistema. Períodos de aplicação menores, 8 horas/dia, possibilitam uma recuperação mais rápida no equilíbrio do sistema, pelo maior tempo disponível de recuperação da atividade biológica ótima.

As Figuras 97 e 98 mostram bem a pequena diferença na % Rem. entre as rampas na Fase 1, onde a rampa

2 leva certa vantagem sobre as demais, principalmente sobre a rampa 1 que possuía uma menor taxa de aplicação. A perda de área de tratamento na rampa 1 pelo estreitamento da área de escoamento nos 20m metros finais, é a causa provável para a menor % Rem., fato este verificado também por SMITH & SCHROEDER (1983). Na Figura 19 nota-se a diminuição da área de tratamento, pelo pouco desenvolvimento da gramínea (menos verde e rala) nos metros finais. Entretanto, nas Fases 2 e 3, ocorreu uma diferenciação do comportamento da rampa 3, que possuía taxa de aplicação maior que as demais, indicando que as melhores taxas estariam abaixo de 0,300 m³/h.m ; por outro lado, a rampa 1 que apresentou a melhor % Rem. neste mesmo período, mostrou que com o aumento do período de aplicação, taxas maiores que 0,100 m³/h.m apresentam declínio na remoção de DQO.

Desconsiderando a influência negativa da alta ADH na % Rem. de DQO vê-se na Tabela 37 que foram obtidos valores acima de 70 por cento para taxa de aplicação de 0,200 m³/h.m , confirmando a necessidade da correção de pH a níveis de eliminar a ADH, ou seja, não é necessário neutralizar o efluente bruto, mas somente baixar o seu pH a valores em torno de 11,0, permanecendo a ADH próxima de zero.

TABELA 37. Faixa de variação de % Rem. de DQO para os efluentes tratados, onde o efluente bruto possuía porcentagem zero de ADH.

Rampa	Etapas de Operação			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
1	71,4 a 83,6	78,1 a 82,3	77,0 a 96,2	68,9 a 83,3
2	70,5 a 88,0	63,0 a 76,1	72,2 a 76,8	48,9 a 62,5
3	70,3 a 79,9	66,9 a 79,0	58,1 a 58,7	51,1 a 80,4*

* com adição de nutrientes



Figura 19. Visão geral da rampa 1, verificando-se a área (à esquerda) por onde não houve escoamento do efluente.

5.4. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO

Pelas figuras 39 a 41 e 99 verifica-se que o comportamento dos valores de % Rem. da DBO em todas as rampas é semelhante ao ocorrido para a DQO, principalmente quando se compararam as % Rem de DBO em todas as fases, segundo a Figura 85. As coletas de amostras foram feitas nos dias em que não houve problema de desequilíbrio do sistema.

Os mesmos comentários feitos anteriormente para a DQO sobre a influência da alta porcentagem de ADH aqui também são válidos, onde os efeitos foram os mesmos, pois a DBO é uma fração da DQO. A Tabela 38 traz uma comparação entre a % Rem. da DQO e DBO em todas as rampas nas diversas fases, onde se observa uma semelhança muito grande entre estes valores para um determinado dia de coleta e rampa.

Os resultados apresentados pela Tabela 39, obtidos através da Análise de Hipóteses para Teste de Dados Pareados entre % Rem. de DQO e DBO para uma dada rampa, mostram que nas rampas 1 e 2, as % Rem. de DQO e DBO não diferem com um nível de significância de 95,0 %, e para a rampa 3 este valor é de 99,0 %. O resultado obtido demonstra que é possível e viável apenas o monitoramento de remoção de matéria orgânica, inclusive biodegradável, utilizando-se a DQO como parâmetro principal, efetuando-se o monitoramento da DBO com menor frequência. O fato de a rampa 3 apresentar um nível de significância menor que as demais não traz maiores problemas, pelo fato de que em todas os dias em que se monitorou DBO e DQO, a % Rem. da DBO sempre foi maior que da DQO.

TABELA 38. Valores de % Rem. de DQO E DBO, para um mesmo tempo de coleta, para as 3 rampas, nas Fases 2, 3 e 4

Rampa	Tempo de coleta (dias)													
	35		57		62		84		92		99		111	
	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO	DQO	DBO
1	--	--	52,0	31,9	81,7	82,8	--	--	64,5	50,3	--	--	--	--
2	--	--	--	--	63,0	56,7	74,4	75,2	71,3	69,1	76,8	78,9	58,7	56,8
3	10,4	14,4	--	--	66,9	67,1	58,2	72,5	41,3	53,8	58,7	67,7	80,4	87,4

TABELA 39. Resultado da análise de hipóteses para teste de dados pareados, entre os valores de % Rem. de DQO e DBO para cada rampa em todas as fases.

Rampa Nº	Nº de dados	Nível de significância em que não houve diferença entre elas
1	3	95,0 %
2	5	95,0 %
3	6	99,0 %

A melhor faixa de % Rem. de DQO, 69,1 à 78,9 por cento, foi obtida pelo sistema na rampa 2 na Fase 3, ou seja, com taxa de 0,200 m³/h.m e 12 horas/dia de período de aplicação, como é mostrado na Tabela 9. O motivo da rampa 1 apresentar menor eficiência deve-se possivelmente a perda de área de tratamento nos 20 metros finais, como já comentado anteriormente.

Durante as análises de DBO, foi necessária a inoculação de semente na água de diluição, pelo fato de que nas primeiras análises os resultados mostravam uma variação muito grande nos valores obtidos nas 3 diluições necessárias a cada amostra. Esta semente foi obtida conforme procedimento contido nas *Normas Técnicas da CETESB* (5). Este procedimento diminui a variação dos resultados a níveis compatíveis para a análise.

5.5. FÓSFORO TOTAL

Para o monitoramento de fósforo total, foi necessária a adequação de um dos métodos de detecção de fósforo na forma de fosfato, contido no *Standard Methods* (22). A digestão mais eficiente foi aquela realizada com ácido sulfúrico-ácido nítrico. Para a determinação de

fósforo, foi necessária a opção pelo método do Ácido Ascórbico, o qual desenvolvia uma coloração azul, com intensidade proporcional a concentração de fosfato (PO_4^-). O motivo que determinou o uso deste método de detecção, foi a cor residual amarela característica da digestão do efluente bruto, a qual era interferente no método do Vanadato-Molibdato, o que não ocorria com o método do ácido ascórbico, mais sensível que o do vanadato-molibdato.

Na Fase 1, as rampas 1 e 2 apresentaram comportamentos semelhantes na remoção de fósforo total, já nas Fases 2, 3 e 4, houve uma superioridade da rampa 1, segundo indicado nas Figuras 100 e 101. Como visto anteriormente, os valores elevados de pH e ADH, também influenciaram os resultados obtidos em todas as rampas, de maneira mais acentuada na rampa 3, havendo uma recuperação mais rápida do sistema de tratamento quando se compara com os resultados apresentados pela DQO, DBO e SST.

Excetuando-se as influências negativas do pH e ADH, os melhores valores de remoção de fósforo total estiveram na faixa de 77,1 a 88,8 por cento na rampa 1 em todas as 4 Fases. O melhor desempenho ocorrido na taxa de aplicação de $0,100 \text{ m}^3/\text{h.m}$, indica um comportamento semelhante ao observado por WIGHTMAN *et alii* (1983). O período de aplicação também teve influência significativa, tanto na % Rem. como na capacidade de recuperação do sistema frente aos desequilíbrios provocados pelos altos valores de pH e ADH. Na Fase 1 houve uma semelhança muito grande entre as rampas 1 e 2, onde as % Rem foram de 39,3 a 88,8 por cento para a rampa 1, e 27,3 a 87,5 por cento para a rampa 2, como é ilustrado nas Tabelas 8 e 9.

Os períodos de aplicação e taxas de aplicação com valores maiores que 12 horas/dia e $0,300$

m³/h.m , podem ter causado um consumo maior de carbonato presente no solo pela remoção química do fosfato, evidenciando a necessidade da adição de calcáreo ao solo, fato também observado por KHALID *et alii* (1982), entretanto a alta alcalinidade não favoreceu este processo de remoção. Ocorreu na verdade um prejuízo na remoção biológica, indicando que a camada de lodo biológico tinha uma ação preponderante na remoção de fósforo total.

Um ponto importante a destacar foi a não diferenciação que se fez entre as formas disponíveis e não disponíveis biologicamente de fósforo, contidas nos efluentes pesquisados.

5.6. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Novamente o comportamento dos valores da condutividade elétrica dos efluentes tratados em todas as rampas foi semelhante, e independente do período e taxa de aplicação.

Uma característica importante era o valor maior da condutividade elétrica encontrada nos efluentes tratados em relação aos brutos, exceto nos momentos onde ocorriam picos no valores de entrada, que pode ter como causas a solubilização de sais presentes no solo, como por exemplo o carbonato, ou de produtos da biodegradação ocorrida na camada de lodo biológico.

Os picos nos valores de condutividade elétrica nos efluentes brutos, são consequência da presença dos íons OH⁻ (hidroxila), elevando a condutividade a valores acima dos 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor este bem acima da faixa normal de variação para o efluente bruto, como pode ser constatado na Tabela 8.

5.7. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS

A redução dos sólidos sedimentáveis presentes nos efluentes brutos foi bem pronunciada, indicando a grande capacidade de retenção de sólidos, passíveis de sedimentação, proporcionada pela gramínea.

Não houve novamente a interferência significativa na capacidade de remoção de sólidos sedimentáveis, quando se variaram taxas e períodos de aplicação, permanecendo a % Rem. com valores acima de 95 por cento, tendendo a ficar próxima do 100 por cento quando se utilizou a taxa de aplicação de $0,100 \text{ m}^3/\text{h.m}$.

Contudo, quando o efluente bruto provinha da lavagem dos evaporadores, a eficiência de remoção era mais intensamente prejudicada quanto maior a taxa de aplicação, agravando-se com o aumento do período de aplicação.

A remoção de sólidos sedimentáveis era pequena, quando os valores para o efluente bruto eram abaixo de 15 ml/l . Entretanto, a rampa 1 não sofreu tanto este problema, mesmo com período de aplicação de 16 horas/dia, Fase 3. Na Figura 20 está mostrado o resultado da análise de sólidos sedimentáveis de efluente bruto e tratado do dia 26/07/89.

5.8. SÓLIDOS TOTAIS

Observa-se nos gráficos de ST, STV e STF para as 3 rampas, contidos nas Figuras 61 a 78, que a % Rem. era muito variável em qualquer das fases. Os valores de STF nos efluentes tratados oscilavam dentro de uma pequena faixa, não importando o valor de STF do efluente bruto, o que pode explicar a oscilação tão grande em sua % Rem.

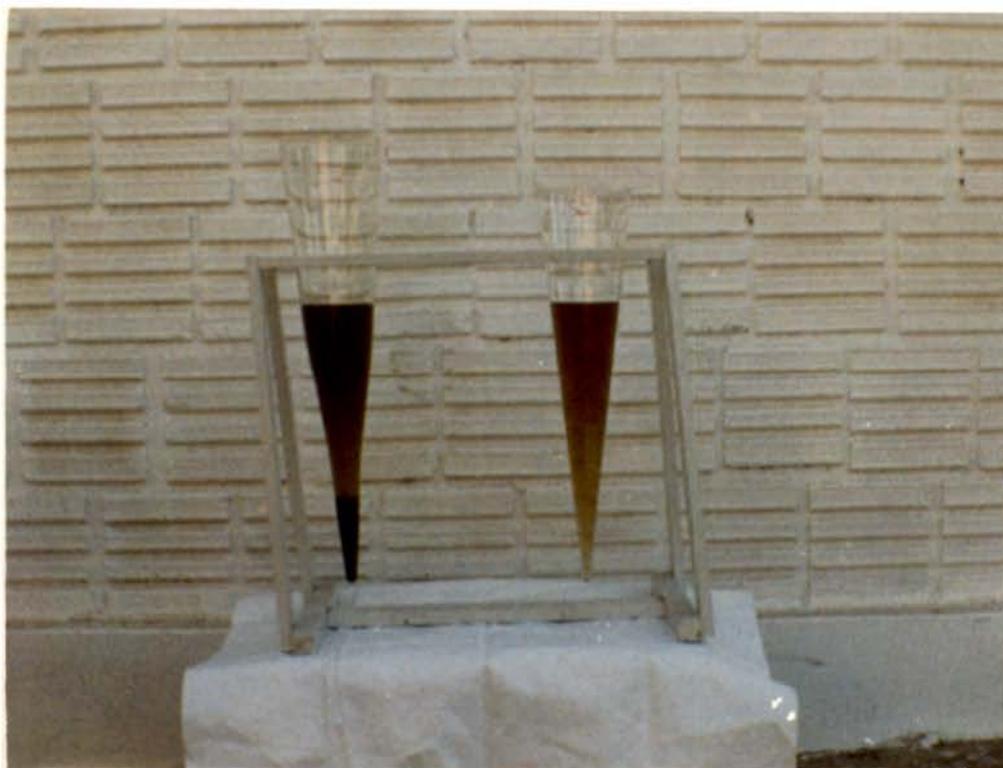


Figura 20. Resultado da análise de sólidos sedimentáveis para a rampa 2, no dia 26/07/89. A esquerda está o efluente bruto e a direita, o tratado.

No caso dos STV, já ocorreram alterações no comportamento dos valores nos efluentes tratados quando da ocorrência de altos valores de pH e ADH nos efluentes brutos. Como os sólidos voláteis estão relacionados com a quantidade de matéria orgânica presente, a alteração na atividade biológica do sistema influenciou a % Rem. desses sólidos, o que pode ser confirmado pelos gráficos das Figuras 67 a 72.

Quando da análise da % Rem. de ST para as 3 rampas, verifica-se que todas possuem comportamento semelhante em todas as fases, sendo que a rampa 2 levou pequena vantagem sobre as demais na Fase 1. A perda de área de tratamento ocorrida na rampa 1, pode explicar este acontecimento. Já nas Fases seguintes houve uma pequena vantagem para a rampa 1, indicando que a taxa de $0,100 \text{ m}^3/\text{h.m}$ sofreu menor influência das variações do efluente bruto. A Fase 3 mostrou que períodos de aplicação de 12 horas/dia, foram os melhores para a remoção de ST.

5.9. SÓLIDOS SUSPENSOS

Encontra-se novamente a influência de valores elevados de pH e ADH na diminuição da eficiência de remoção de SST, com comportamento semelhante ao apresentado pela DQO e DBO, com retorno mais lento ao equilíbrio do que o fósforo total, como pode ser verificado nas Figuras 118 a 123. A intensidade deste desequilíbrio era função da taxa de aplicação.

Retirando-se os dados referentes aos dias onde houve desequilíbrios no sistema, verifica-se que as % Rem. para SST nas rampas 1, 2 e 3, durante todas as fases, foram respectivamente 74,3 a 97,8 , 46,0 a 95,4 e 45,6 a 96,1 por cento, ocorrendo na maioria das vezes remoções

maiores que 80 por cento. A % Rem. é então inversamente proporcional à taxa de aplicação do efluente bruto.

No último dia de coleta da Fase 4, aos 120 dias, o pH abaixo de 3,5 produziu uma remoção muito pequena nas rampas 2 e 3, onde os valores obtidos foram respectivamente 4,5 e menor que 0 por cento. Não houve problema maior para a rampa 1, como pode ser visto na Figura 105.

Nas Figuras de 81 a 96, verifica-se que o comportamento dos SST e SSV é muito semelhante para as 3 rampas. Já os SSF dos efluentes tratados apresentaram um comportamento semelhante ao dos STF.

5.10. ADIÇÃO DE NUTRIENTES

A adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo), como fator de melhoria na eficiência de remoção do processo de escoamento superficial no solo, foi estudada utilizando-se a melhor taxa e período de aplicação ocorridos após as 3 fases anteriores de testes. Estes valores foram escolhidos em função do melhor desempenho quanto a % Rem. de DQO, DBO e fósforo total, pelo fato de serem estes parâmetros os que mais influências tiveram no desempenho do sistema durante as Fases 1, 2 e 3. A rampa 2 durante a Fase 3, foi aquela que apresentou melhores resultados, ou seja valores de 0,200 m³/h.m e 12 h/dia de taxa e período de aplicação, respectivamente.

A adição de nutrientes foi efetuada na rampa 3 por dois motivos: o primeiro é o fato desta ter apresentado o melhor desempenho durante a fase de aclimação, que pode ser visto nas Tabelas de 11 a 13, e o segundo o fato de que o seu tambor possuía o tubo

extravasor descartando o excesso de efluente bruto na segunda lagoa aerada, não havendo necessidade de alteração na disposição inicial dos tambores. As rampas 1 e 2 funcionaram como pontos de comparação.

Contudo, devido a uma antecipação na parada da produção de suco pela indústria, não foi possível a obtenção de dados mais conclusivos sob a melhora ou não na eficiência do sistema quando a aplicação de nutrientes, porém foram obtidas tendências para o comportamento do processo.

A análise dos gráficos para os diversos parâmetros para as 3 rampas, mostrou que houve uma superioridade da rampa 3 em relação a rampa 2, principalmente na % Rem. de DQO e DBO, superioridade esta que não ocorreu em relação a rampa 1. Um provável motivo para isto, pode ter sido a presença de lodo proveniente de sólidos sedimentáveis ao longo das rampas 2 e 3, lodo este que esteve presente em menor quantidade na rampa 1, a qual tinha a menor taxa de aplicação, e conseqüentemente menor quantidade de sólidos lançados, durante as 3 primeiras fases.

A biodegradação desses sólidos, produzindo compostos orgânicos solúveis de pequeno peso molecular, ocasionaria a dissolução destes compostos no efluente em escoamento pela rampa. Quanto maior a quantidade desses sólidos, maior a quantidade dos produtos da biodegradação. Desta forma, uma comparação entre as rampas 2 e 3 seria mais significativa.

Os resultados desta comparação, mostraram uma tendência de que a adição de nutrientes produz uma melhora da % Rem. de DQO, 51,1 a 80,4 por cento; de DBO, 87,4 por cento, contra 48,9 a 62,5 e 56,8 por cento, respectivamente, além de manter uma remoção de fósforo

muito boa, de 29,3 a 90,3 contra 18,7 a 61,9 por cento sem adição.

Aos 120 dias na Fase 4, penúltimo dia de produção da indústria, as características do resíduo bruto estavam muito diferentes daquelas registradas anteriormente, onde o valor do pH foi de 2,78, o que provocou uma diminuição, principalmente, na % Rem. de fósforo total, fato observado também por KHALID *et alii* (1982).

Assim, como foi dito anteriormente, os resultados obtidos na Fase 4, mostraram uma tendência de que a adição de nutrientes propicia uma melhora na eficiência do sistema, entretanto um maior número de dados deve ser obtido para uma confirmação destes resultados.

5.11. COMPRIMENTO MÍNIMO DA RAMPA

Foram feitas duas coletas ao longo da rampa 3, visando a determinação da DBO filtrada, ou solúvel, para definição do comprimento mínimo da rampa. A primeira coleta foi realizada no dia 30/01/90. A Figura 124 indica que além dos 30 metros de comprimento, o aumento na eficiência da remoção de DBO solúvel se torna menor, chegando-se a um ponto de estabilidade na % Rem., próxima aos 80 por cento, havendo uma ligeira melhora no final dos 60 metros. Os resultados do dia 01/02/90 não foram tão representativos em função das mudanças grandes havidas no efluente bruto.

Foi feita uma análise de regressão com os resultados obtidos para os diversos pontos da rampa 3 no dia 30/01 e obteve-se, para um grau de correlação de 0,955, a seguinte equação:

$$(C - 5)/C_0 = 0,834 \cdot e^{(-0,0311 \cdot Z)}$$

onde,

C : valor da DBO final, mg O₂/l

C₀ : valor da DBO inicial, mg O₂/l

Z : comprimento percorrido pelo efluente, metros

A equação encontrada se aproxima daquelas apresentadas por ABERNATHY *et alii* (1985) e SMITH & SCHROEDER (1983), mas a quantidade de dados foi insignificante para se chegar a uma conclusão final.

5.12. VAZÃO COLETADA DE EFLUENTE TRATADO

O monitoramento das vazões dos efluentes tratados em cada rampa foi importante para se observar o comportamento do sistema, durante as diversas fases de testes, com a finalidade de se verificar a influência sobre a fração de efluente bruto aplicado recolhida no final de cada rampa.

Pelas Tabelas 32 a 35 e Figuras 125 a 130, verifica-se uma variação muito grande nos valores da vazão de efluente coletado e a sua fração em relação a vazão de efluente bruto (S/E). Contudo, segundo a Tabela 41 as variações ocorridas na taxa de aplicação não mostraram influência significativa nos valores de S/E nas Fases 2 e 3.

Na Fase 4, a rampa 2 obteve uma recuperação maior que as obtidas pelas rampas 1 e 3, as quais tinham também valores de S/E muito semelhantes.

A ocorrência de valores de S/E maiores que 1, podem ter como causa provável a descalibração dos registros situados na tubulação de distribuição de efluente bruto de cada rampa, pois nesses dias não houve a ocorrência de chuvas. Por este motivo, os cálculos de média e desvio padrão de cada rampa em cada fase, foram feitos

excluindo e incluindo esses valores, como pode ser verificado na tabela 40, entretanto em ambos os casos, o comportamento das rampas foi por demais semelhante. Por outro lado a exclusão dos valores de S/E maiores que 1, se tornou necessária pelo fato de não se conhecer a vazão de distribuição real no momento das descalibrações.

Assim, períodos de aplicação acima de 12 horas/dia, não trouxeram diferença entre os valores de S/E, situados entre 0,63 e 0,68 por cento, quando da utilização de diferentes taxas de aplicação.

Quando se compararam as médias e seus desvios padrões nas 3 rampas em todas as 4 fases de testes, foi verificada uma semelhança muito grande entre elas, 60, 62 e 61 por cento, respectivamente para as rampas 1, 2 e 3, valores estes semelhantes ao encontrado por GILDE *et alii* (1971). GILDE *et alii* utilizaram também um efluente originário de uma indústria alimentícia, onde o solo apresentava a mesma classificação, segundo a USDA, de Franco Arenoso.

A avaliação da quantidade de efluente bruto aplicado perdido por evapotranspiração, foi realizada através de dados de evaporação coletados junto ao Posto Hidrometeorológico, com código DNAEE 02247210, pertencente a Faculdade de Engenharia de Limeira, da UNICAMP.

Os valores de evaporação, em mm/h, foram determinados através de gráficos obtidos no conjunto Tanque Classe A - evaporígrafo, para os mesmos dias de leitura das medidas de vazão e períodos de aplicação correspondentes ao funcionamento do sistema em cada fase de testes. A Tabela 41 contém os valores médios da evapotranspiração potencial de cada fase, em mm/h, onde os valores de K_p (parâmetro de

TABELA 40. Valores médios e seus desvios padrões para os valores de S/E nas diversas fases de testes. Os valores entre parenteses incluem os valores de S/E maiores que 1.

Rampa	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fases 1,2,3 e 4		
	Nº de medições	Valor médio	Desvio padrão	Nº de medições	Valor médio	Desvio padrão	Nº de medições	Valor médio	Desvio padrão	Nº de medições	Valor médio	Desvio padrão	Nº de medições	Valor médio	Desvio padrão
1	3	0,42	0,16	7 (8)	0,68 (0,76)	0,20 (0,36)	2 (3)	0,63 (0,85)	0,06 (0,38)	3	0,52	0,17	15 (17)	0,60 (0,69)	0,32 (0,32)
2	4	0,43	0,07	7 (9)	0,67 (0,75)	0,23 (0,26)	3 (4)	0,63 (0,87)	0,34 (0,56)	4	0,69	0,15	18 (21)	0,62 (0,70)	0,22 (0,32)
3	3	0,54	0,12	7 (9)	0,68 (0,77)	0,16 (0,24)	2 (3)	0,68 (0,89)	0,20 (0,39)	4	0,50	0,17	12 (19)	0,61 (0,69)	0,17 (0,26)

correlação) considerados para o tanque Classe A foram os valores válidos para o Estado de São Paulo, contidos em VIEIRA (1983). O fator Kc (coeficiente de cultura) foi considerado igual a 1,0 , em vista das rampas não apresentarem deficiência de umidade durante os períodos de aplicação estudados.

TABELA 41. Valores da evapotranspiração potencial média em cada fase de testes.

Fase de Testes	Evapotranspiração Potencial valor médio \pm desvio padrão (mm/h)
Fase 1	0,126 \pm 0,074
Fase 2	0,314 \pm 0,041
Fase 3	0,083 \pm 0,073
Fase 4	0,296 \pm 0,041

De posse destes valores de evapotranspiração, foi montada a Tabela 42, onde estão os valores médios das frações do efluente bruto que se perderam por evapotranspiração e infiltração no solo em cada fase, incluindo os valores médios para todas as fases em cada rampa. Verifica-se que o valor médio da porcentagem de efluente aplicado que infiltrou foi de 34 por cento, e o valor médio da evapotranspiração esteve entre 5 e 10 por cento, fração esta inversamente proporcional à taxa de aplicação.

TABELA 42. Valores das frações, do efluente bruto aplicado, para a evapotranspiração (EVAP/E) e Infiltração (INF/E).

Rampa	Área (m ²)	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Média das 4 fases	
		EVAP/E	INF/E	EVAP/E	INF/E	EVAP/E	INF/E	EVAP/E	INF/E	EVAP/E	INF/E
1	306	0,08	0,50	0,19	0,13	0,05	0,32	0,09	0,39	0,10	0,34
2	372	0,04	0,53	0,09	0,24	0,03	0,34	0,09	0,22	0,06	0,33
3	366	0,03	0,43	0,06	0,26	0,02	0,30	0,09	0,41	0,05	0,35

5.13. REMOÇÃO DE COLIFORMES

Os resultados apresentados nas Tabelas 12 e 13, são semelhantes aos apresentados por HUNT *et alii* (1979), demonstrando a ineficiência deste processo na eliminação de coliformes, além de questionar mais uma vez o uso *Coliformes fecais* e *Streptococcus fecais* como indicadores de patogenicidade do efluente tratado pelo processo de escoamento superficial no solo.

Este questionamento se tornou evidente quando se detectou a presença nos efluentes tratados, de coliformes totais e fecais, embora eles não estivessem presentes no efluente bruto. Uma provável causa foi a presença constante de pequenos pássaros nas 3 rampas durante todas as fases de testes.

O teste bioquímico IMVIC, apresentou resultados de que os coliformes presentes nos efluentes tratados não trariam problemas do ponto de vista sanitário, pois os microrganismos detectados estão comúnes no solo e cursos d'água.

De qualquer forma, a desinfecção do efluente tratado se torna necessária, evitando que qualquer variação que possa ocorrer ao efluente bruto traga problemas do ponto de vista sanitário.

6. CONCLUSÕES

Em seguida são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho, nas condições do experimento:

- Os valores de pH dos efluentes tratados se mantiveram estáveis e em torno de 7,0 , independente da taxa e período de aplicação, indicando um efeito tampão existente no processo. É necessário o abaixamento do pH do efluente bruto a valores próximos de 11,0 , onde o valor de ADH é próximo de zero, possibilitando que o efeito tampão do processo atue normalmente

- A remoção de sólidos sedimentáveis foi sempre muito próxima de 100 por cento, independente da taxa e período de aplicação.

- O efluente tratado apresentou condutividade maior que a apresentada pelo bruto, indicando a solubilização ao longo da rampa de compostos presentes no solo e resultantes da biodegradação presente na camada de lodo biológico.

- Taxa de aplicação no valor de 0,100 m³/h.m e período de aplicação de 12 horas/dia, onde as cargas orgânicas variaram de 775 a 1.160 kg de DQO/ha.dia e 429 a 696 kg de DBO/ha.dia , apresentaram as melhores remoções de Sólidos Totais, o mesmo ocorrendo para os sólidos suspensos totais, com eficiência de remoção de 74,3 à 97,8 por cento,

bem como para os sólidos suspensos voláteis.

- Em condições normais de tratamento, onde não havia influência da alta ADH, os melhores valores de % Rem. para a DQO e DBO foram obtidos com taxa de aplicação de $0,200 \text{ m}^3/\text{h.m}$, permanecendo acima de 70 por cento. Durante as quatro fases, para esta taxa de aplicação, as cargas orgânicas variaram entre 634 a 5.663 kg de DQO/ha.dia e 857 a 2.400 kg de DBO/ha.dia. A % Rem da DBO teve um comportamento semelhante ao obtido pela DQO.

- A remoção de fósforo total mostrou ser mais eficiente com a utilização de taxa de aplicação de $0,100 \text{ m}^3/\text{h.m}$, onde a influência do período de aplicação não foi significativa, com % Rem. na faixa de 77,1 à 88,8 por cento.

- Em vista do reduzido número de amostras analisadas, não se obteve com maior precisão o comprimento mínimo necessário para o tratamento deste tipo de efluente industrial, porém este situa-se acima dos 30 metros, possivelmente ao redor dos 60 metros.

- A porcentagem média de recuperação do efluente bruto lançado, recolhido ao final da rampa foi de 61 por cento.

- Há a necessidade de desinfecção do efluente tratado, questionando-se o uso de coliformes como indicadores do grau de patogenicidade para o efluente produzido pelo processo de escoamento superficial no solo.

SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Algumas sugestões para estudos futuros, que se mostraram evidentes durante o transcorrer do trabalho, são apresentadas a seguir:

- A adição de nutrientes ao efluente bruto mostrou uma tendência de melhoria na eficiência do processo, porém mais testes devem ser realizados para se determinar realmente a viabilidade desta adição, tanto do ponto de vista da efetiva melhoria do desempenho do processo, como do ponto de vista econômico.

- Utilização do efluente das lagoas anaeróbias, onde as variações ocorridas no efluente bruto são absorvidas, ocorrendo também a presença de sólidos sedimentáveis a valores mínimos. Também um estudo da possibilidade de eliminação da necessidade das lagoas aeradas, onde o consumo de energia nos aeradores é muito grande.

- Como tratamento terciário, diminuindo as concentrações residuais de fósforo e nitrogênio, adicionados ao efluente antes das lagoas aeradas, diminuindo a possibilidade de eutrofização do corpo d'água receptor.

- Estudo da possível contaminação das águas subterrâneas, através do monitoramento da quantidade de nitrato presente no líquido percolado, a diferentes profundidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ESTUDO prevê crescimento da citricultura. Folha de São Paulo, São Paulo, 24 Abr. 1990, p. G-1.
- 2 FALTA d'água já causa conflito no interior de São Paulo. Folha de São Paulo, São Paulo, 13 Mar. 1990, p. C-5.
- 3 ABERNATHY, A. R. , "Wastewater treatment by overland flow", 38th. INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE, Purdue Univ., 1983. Proceedings. p. 47-55.
- 4 ABERNATHY, A. R. ; ZIRSCHKY, T and BORUP, M. B. , "Overland flow wastewater at Easley, S.C.", J. Water Pollution Control Federation, 47 (4):291-299, 1985.
- 5 CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Método da Diluição (20 C, 5 dias), Normalização Técnica L5.120, 1º ed., São Paulo, 1978.
- 6 FIGUEIREDO, R. F. ; SMITH, R. G. and SCHROEDER, E. D. , "Rainfall and overland flow performance ", J. Environ. Engineering, 110 (3):768-794, 1984.
- 7 FIGUEIREDO, R. F. , "Tratamento de esgotos pelo processo de escoamento superficial no solo", Revista DAE, 45 (140):62-66, 1985.

- 8 FULLER, W.H. and WARRICK, A.W., "Soils in water treatment and utilization - Volume I Land Treatment", 3^o ed., Boca Raton, CRC Press Inc., 1988, cap 1, 27 e 28.
- 9 GILDE, L.C.; KESTER, A.S.; LAW, J.P.; NEELEY, C.H. and PARMELEE, D.M., "A spray irrigation system for treatment of cannery wastes", J. Water Pollution Control Federation, 43(10):2011-2025, 1971.
- 10 HUNT, P.G.; PETERS, R.E.; STURGIS, T.C. and LEE, C.R., "Reliability problems with indicator organisms for monitoring overland flow treated waste effluent", J. Environ. Qual., 8 (3):301-304, 1979.
- 11 KHALID, R.A.; PATRICK, W.H. and MIXON, M.N., "Phosphorus removal process from overland flow treatment of simulated wastewater", J. Water Pollution Control Federation, 47 (1):61-69, 1982.
- 12 METCALF & EDDY, INC. Land-Treatment Systems. In: "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse", 2^o ed., Boston, Mc Graw-Hill Book Company, 1979, cap 13, 760-828.
- 13 OVERCASH, M.R., "Implication of overland flow of liquid municipal wastewater sludges", J. Water Pollution Control Federation, 47 (1):20-29, 1975.
- 14 OVERCASH, M.R.; COVIL, D.M.; GILLIAM, J.W.; WESTERMAN, P.W. and HUMENIK, F.J., "Overland flow pretreatment of poultry manure", J. Environ. Eng. Division, 104 (2):339-350, 1978.

- 15 OVERCASH, M.R., "Implication of overland flow for municipal waste management", J. Water Pollution Control Federation, 50 (10):2337-2347, 1978.
- 16 OVERMAN, A.R. and WOLFE, D.W., "Overland flow treatment of wastewater at Florida State Prison", J. Water Pollution Control Federation, 58 (9):903-910, 1986.
- 17 PAYER, F.S. and WEIL, R.R., "Phosphorus renovation of wastewater by overland flow land application", J. Environ. Qual., 16 (4):391-397, 1987.
- 18 PERRY, E.L.; REAP, E.J. and GILLILAND, M.A., "Evaluation of the overland flow process for treatment of high-strength snack food processing wastewater", 40th MID-ATLANTIC INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE, University of Maryland, 1982, Proceedings, Maryland, p. 63-73.
- 19 SMITH, R.G., "The overland flow process - a viable alternative for the removal of organic from wastewater? A predictive model", Environ. Process, 1 (3):195-205, 1982.
- 20 SMITH, R.G. and SCHROEDER, E.D., "Physical design of overland flow systems", J. Water Pollution Control Federation, 55 (3):255-260, 1983.
- 21 SMITH, R.G. and SCHROEDER, E.D., "Field studies of overland flow process for the treatment of raw and primary treated municipal wastewater", J. Water Pollution Control Federation, 57 (7):785-794, 1985.
- 22 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th ed., American Public Health Association, New York, 1985.

- 23 TERADA, M., "Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas", Revista DAE, 45 (142):249-254, 1985.
- 24 TUCKER, D.L. and VIVALDO, N.D. "Design of overland flow system", J. Water Pollution Control Federation, 52 (3):559-567, 1980.
- 25 VIEIRA, D.B., "Engenharia de Irrigação", 1ª ed., Limeira, Fac. de Eng. de Limeira, UNICAMP, 1983, 433p.
- 26 WIGHTMAN, D.; GEORGE, D.B.; ZIRSCHKY, J.H. and FILIP, D.S., "High-rate overland flow", Water Research, 17 (11):1679-1690, 1983.

APÊNDICE 1

TABELA 14. Dados do período de adaptação da rampa de número 1

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RANPA nº 1 - ADAPTAÇÃO - Taxa de Aplicação de 0,100 m ³ /h.m																	
	20-06/ 5			22-06/ 7			28-06/ 13			30-06/ 15			04-07/ 19			07-07/ 22		
	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem
pH	12,21	7,00	--	4,19	7,00	--	12,17	7,47	--	5,24	8,03	--	11,63	6,61	--	10,99	7,40	--
.Alcalinidade mg CaCO ₃ /l	2608	372	--	0	535	--	3228	275	--	71	459	--	448	433	--	418	418	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	14068	2322	83,51	4041	3404	15,81	17802	4802	73,01	7643	5293	30,71	4140	3459	16,41	5037	2039	59,5
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	7,2	0,7	90,31	--	--	--	13,2	1,15	91,31	--	--	--	2,2	1,15	47,71	4,6	1,0	78,3
.Condutividade uS/cm	7221	1046	--	465	1843	--	6848	872	--	780	1653	--	1328	1660	--	1038	1253	--
.Sol. Sediment. ml/l	36,0	< 0,1	100	24,0	0,6	97,51	264	< 0,1	100	120,0	3,0	97,51	70,0	0,8	98,91	258,0	0,2	99,9
.Sol.Totais mg/l	13105,0	2046,7	84,41	1655,3	3091,2	-86,71	18402,3	1740,5	90,51	3995,9	4081,0	-2,11	2927,7	2834,4	3,21	3251,0	1752,7	50,2
.Sol.Tot.Vol. mg/l	7519,0	1586,9	78,91	1295,4	1762,4	-3,61	9597,1	1025,4	89,31	2782,9	2203,5	20,81	1674,3	1641,0	2,01	2201,7	761,3	65,4
.Sol.Tot.Fixos mg/l	5586,0	459,0	91,81	359,9	1328,8	-269	8805,2	723,1	91,81	1213,0	1877,5	-54,81	1253,4	1193,4	4,81	1319,3	991,4	24,9
.Sol.Susp.Tot. mg/l	533,0	26,8	95,01	--	--	--	1100,0	41,9	96,21	--	--	--	333,0	65,3	80,41	--	--	--
.Sol.Susp.Vol. mg/l	533,0	7,9	98,51	--	--	--	880,0	33,4	96,21	--	--	--	260,5	51,1	80,41	--	--	--
.Sol.Susp.Fix. mg/l	ND *	18,9	--	--	--	--	220,0	8,5	96,11	--	--	--	72,5	14,2	80,41	--	--	--

* ND - não detectável

TABELA 15. Dados do período de adaptação da rampa de número 2

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 2 - ADAPTAÇÃO - Taxa de Aplicação de 0,100 m ³ /h.m																				
	16-06/ 1			20-06/ 5			22-06/ 7			28-06/ 13			30-06/ 15			04-07/ 19			07-07/ 22		
	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem
. pH	11,89	8,55	--	12,23	8,03	--	4,32	7,22	--	12,16	7,70	--	5,05	7,42	--	11,14	6,87	--	10,75	7,39	--
.Alcalinidade mg CaCO ₃ /l	824	439	--	2708	382	--	0	551	--	2992	365	--	61	326	--	443	444	--	362	484	--
. D.Q.O. mg O ₂ /l	5998	2027	66,2	13495	3109	77,0	3835	3631	5,3	17140	1982	88,4	7408	5816	21,5	3694	2743	25,7	4252	2057	51,6
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	--	--	--	9,4	1,4	85,1	--	--	--	13,4	2,0	85,1	--	--	--	2,2	1,0	54,5	3,0	1,2	60,0
.Condutividade uS/cm	2100	1137	--	7719	1145	--	498	1785	--	6681	938	--	747	1237	--	1295	1527	--	979	1295	--
.Sol. Sediment. ml/l	200,0	0,1	100	136,0	4,0	97,1	22,0	11,0	50,0	304,2	60,0	80,3	141,0	40,0	71,6	44,0	1,8	95,9	11,2	1,2	89,3
.Sol.Totais mg/l	4532,7	1857,6	59,0	12424,5	2665,1	78,5	1506,1	3442,7	-128	16860,2	1480,3	91,2	3867,5	3799,2	1,8	2655,1	2332,8	12,1	2964,6	1751,1	40,9
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2964,4	1539,6	48,1	7157,5	1744,0	75,6	1115,8	2134,6	-91,3	9110,2	863,3	90,5	2898,5	2259,8	22,0	1713,3	1750,3	-2,2	1551,4	1033,4	33,4
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1586,3	318,0	80,0	5276,0	921,1	82,5	390,2	1288,1	-301	7750,0	617,2	92,0	969,0	1539,4	-58,9	941,8	582,5	38,2	1413,2	717,7	49,2
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--	869,0	73,1	91,6	--	--	--	1146,0	116,8	89,8	--	--	--	202,8	61,2	69,8	--	--	--
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	732,0	63,3	91,4	--	--	--	870,0	95,4	89,0	--	--	--	147,2	46,1	68,7	--	--	--
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	137,0	9,8	92,8	--	--	--	276,0	21,4	92,2	--	--	--	55,6	15,1	72,8	--	--	--

TABELA 16. Dados do período de adaptação da rampa de número 3

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) — RAMPA nº 3 - ADAPTAÇÃO - Taxa de Aplicação de 0,100 m ³ /h.m																				
	16-06/ 1			20-06/ 5			22-06/ 7			28-06/ 13			30-06/ 15			04-07/ 19			07-07/ 22		
	E2	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem
pH	11,89	8,11	--	12,21	7,97	--	4,35	7,39	--	12,12	7,60	--	5,05	8,06	--	11,14	6,96	--	10,62	7,12	--
Alcalinidade mg CaCO ₃ /l	831	413	--	2611	291	--	0	625	--	2398	309	--	61	479	--	443	408	--	340	347	--
D.Q.O. mg O ₂ /l	5996	1357	77,41	14846	2853	80,8	4175	3720	10,91	14088	1051	92,51	7420	4886	34,21	3969	2638	33,51	4190	3477	17,0
Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	--	--	--	11,2	1,4	87,51	--	--	--	11,6	1,2	89,71	--	--	--	2,8	1,0	64,31	3,1	1,65	46,8
Condutividade uS/cm	2183	1013	--	6889	971	--	498	1934	--	5727	789	--	751	1560	--	1262	1494	--	946	1121	--
Sol. Sediment. ml/l	310,0	< 0,1	100	210,0	< 0,1	100	28,0	6,0	78,61	588,0	< 0,1	100	140,0	4,0	97,11	50,0	0,1	100	106,0	7,0	93,4
Sol. Totais mg/l	4509,0	1506,3	66,61	13069,8	2009,5	84,61	1751,9	3668,6	-109	13202,0	1043,6	92,11	3521,4	3697,9	-5,01	2831,4	2007,3	26,31	3299,1	2655,4	19,5
Sol. Tot. Vol. mg/l	3142,0	1021,2	67,51	7135,9	1372,7	80,81	1338,0	2220,5	-66,01	7000,8	510,4	92,71	2296,5	1901,8	17,21	1894,5	1224,9	35,31	2092,9	1688,6	19,3
Sol. Tot. Fixos mg/l	1367,0	485,1	64,51	5933,9	636,8	89,31	413,9	1448,1	-250	6201,2	533,2	91,41	1224,9	1796,1	-46,61	936,9	862,4	8,01	1206,2	966,8	19,8
Sol. Susp. Tot. mg/l	--	--	--	1085,0	29,3	97,31	--	--	--	1171,0	45,5	96,11	--	--	--	347,3	31,6	90,91	--	--	--
Sol. Susp. Vol. mg/l	--	--	--	922,0	27,0	97,11	--	--	--	931,0	36,5	96,11	--	--	--	246,8	31,6	87,21	--	--	--
Sol. Susp. Fix. mg/l	--	--	--	163,0	2,3	98,61	--	--	--	240,0	9,0	96,31	--	--	--	100,5	ND	* 100	--	--	--

* ND - não detectável

TABELA 17. Dados da Fase I para a rampa de nº 1

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 1 - FASE I - Taxa de aplicação de 0,100 m ³ /h.a																				
	12-07/ 1			14-07/ 3			18-07/ 7			26-07/ 15			17-08/ 37			22-08/ 42			24-08/ 44		
	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem	EI	SI	Z Rem
pH	11,93	7,15	--	9,90	7,10	--	7,05	6,64	--	12,07	7,26	--	10,24	7,37	--	9,56	7,54	--	9,72	7,57	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	822	473	--	258	569	--	129	392	--	1284	502	--	344	559	--	298	226	--	267	413	--
.D.O.D. mg O ₂ /l	3106	1732	44,21	5840	3923	32,81	3652	3023	17,21	4289	2688	37,31	5428	3263	39,91	4925	808	83,61	3315	1815	45,2
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	--	--	--	3,6	1,45	59,71	--	--	--	5,8	0,65	88,81	4,0	0,85	78,81	--	--	--	2,3	0,65	71,7
.Condutividade µS/cm	2656	1303	--	838	2009	--	631	1403	--	4648	1594	--	1228	1527	--	863	1079	--	979	1220	--
.Sol. Sediment. ml/l	12,0	< 0,1	99,21	74,0	< 0,1	99,91	5,0	< 0,1	98,01	32,0	< 0,1	99,71	9,0	ND*	100	24,0	0,4	98,31	10,0	ND*	100
.Sol.Totais mg/l	2357,5	1645,4	30,21	2740,5	3174,1	-15,81	1535,0	2189,1	-40,81	4412,0	2375,1	46,21	3517,3	2477,3	59,61	2297,3	1303,9	43,21	2644,0	1536,4	41,9
.Sol.Tot.Vol. mg/l	899,7	694,1	22,91	1864,3	1586,2	14,91	2977,5	1161,9	-18,91	1780,7	1180,5	33,71	2110,6	1960,1	7,11	1608,5	620,4	61,41	2481,6	957,1	61,4
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1457,8	1951,3	34,71	876,2	1587,9	-81,21	577,5	1027,2	-77,91	2631,3	1194,6	54,61	1406,7	517,2	63,21	688,8	683,5	0,81	162,4	579,3	-257
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--	444,5	25,5	94,31	--	--	--	622,8	26,9	95,61	286,8	73,6	74,31	--	--	--	282,4	29,3	89,6
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	374,5	20,9	94,41	--	--	--	528,8	16,3	96,91	206,8	48,6	76,51	--	--	--	194,6	23,5	87,9
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	70,0	4,6	93,41	--	--	--	94,0	10,6	88,71	80,0	25,0	68,81	--	--	--	87,8	5,8	93,4

* ND - não detectável

TABELA 18. Dados da Fase 1 para a rampa de nº 1

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 1 - FASE 1 - Taxa de Aplicação de 0,100 m ³ /h.m																							
	29-08/ 89			31-08/ 89			05-09/ 89			27-09/ 89			29-09/ 89			03-10/ 89			- /					
	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem	E1	SI	Z Rem			
pH	12,10	7,49	--	8,75	7,15	--	9,24	7,69	--	11,03	8,13	--	8,62	7,88	--	11,70	7,67	--						
Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	1316	548	--	258	602	--	267	484	--	269	424	--	343	528	--	866	428	--						
D.O.O. mg O ₂ /l	2379	2055	13,61	4158	2387	42,61	4054	1850	54,41	2841	745	73,81	7439	1330	82,11	5409	1549	71,41						
D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	1,4	0,85	39,31	--	--	--	3,0	1,35	55,01	3,5	0,9	74,31	--	--	--	--	--	--						
Condutividade µS/cm	5810	1627	--	1129	1693	--	822	1278	--	772	1013	--	1228	1311	--	2822	1818	--						
Sol. Sediment. mg/l	3,6	0,1	97,21	10,0	0,7	93,01	21,0	0,1	99,51	13,0	0,1	99,21	38,0	0,2	99,51	18,0	0,1	99,41						
Sol. Totais mg/l	3151,5	2005,6	36,41	2040,2	2344,9	-14,91	2116,7	1773,7	16,21	2247,7	1318,5	41,31	4199,2	1673,4	60,11	3615,1	2072,4	42,71						
Sol. Tot. Vol. mg/l	1213,2	1079,5	11,01	1249,9	1078,0	13,81	1485,5	1058,7	28,71	1781,1	804,3	54,81	2784,6	851,8	69,41	1689,2	844,4	50,01						
Sol. Tot. Fix. mg/l	1983,3	926,1	52,21	790,3	1266,9	84,01	631,2	715,0	-13,31	466,6	514,2	-10,21	1414,6	821,6	41,91	1925,9	1228,0	36,21						
Sol. Susp. Tot. mg/l	166,4	109,9	34,01	--	--	--	353,0	178,8	49,31	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sol. Susp. Vol. mg/l	124,2	75,4	39,31	--	--	--	243,2	129,8	46,61	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sol. Susp. Fix. mg/l	42,2	34,5	18,21	--	--	--	109,8	49,0	55,41	--	--	--	--	--	--	--	--	--						

TABELA 19. Dados da Fase 2 para a rampa de nº 1

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 1 - FASE 2 - Taxa de Aplicação de 0,100 m ³ /h.a																				
	05-10/ 1			11-10/ 7			18-10/ 14			08-11/ 35			14-11/ 41			16-11/ 43			30-11/ 57		
	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem
pH	9,98	8,06	--	11,49	7,70	--	10,19	7,76	--	10,11	7,30	--	10,54	5,75	--	11,05	7,22	--	5,74	8,06	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	397	571	--	810	381	--	446	489	--	276	1353	--	457	391	--	1042	562	--	132	876	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	6161	1352	78,11	7997	1412	82,31	4266	1986	68,31	5539	3918	29,31	10538	7771	26,31	5112	3361	34,31	6303	3027	52,0
.D.B.O. mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3600	2450	31,9
.Fósforo Total mg P ₀₄ -P/l	7,0	1,0	85,71	8,5	1,95	77,11	4,4	1,0	77,31	6,6	2,25	65,91	--	--	--	8,2	3,7	54,91	7,0	2,4	65,7
.Condutividade µS/cm	1004	1320	--	2025	1519	--	1162	1278	--	1187	2341	--	1228	1751	--	--	--	--	1228	2374	--
.Sol. Sediment. ml/l	22,0	(0,1	99,51	60,0	(0,1	99,81	22,0	(0,1	99,51	24,0	0,2	99,91	200,0	4,4	97,81	7,0	0,4	97,81	17,0	0,2	98,8
.Sol.Totais mg/l	3423,7	1793,9	47,61	4235,1	1727,0	59,21	3297,6	1572,0	52,31	2523,6	3324,5	-31,71	5969,7	5611,6	6,01	3829,3	2817,0	26,41	2637,7	3240,7	-22,9
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2386,3	862,2	63,91	2634,0	697,2	73,51	2063,4	992,0	51,91	1542,3	1718,0	-11,41	3697,9	3776,6	-2,11	1715,9	1480,7	13,71	1343,3	1734,4	-29,1
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1037,4	931,7	10,21	1601,1	1029,8	35,41	1234,2	572,8	53,61	981,3	1606,5	-63,71	2271,8	1835,0	19,21	2113,4	1336,3	80,41	1294,4	1506,3	-16,4
.Sol.Susp.Tot. mg/l	784,0	61,0	92,21	700,8	58,4	91,71	601,6	46,1	92,31	637,6	76,9	87,91	--	--	--	607,6	119,3	80,41	512,2	82,2	83,9
.Sol.Susp.Vol. mg/l	612,8	35,3	94,21	552,8	37,4	93,21	487,2	29,4	94,01	478,8	59,0	87,71	--	--	--	473,2	92,9	80,41	498,7	73,8	85,0
.Sol.Susp.Fix. mg/l	171,2	25,7	85,01	148,0	21,0	85,81	114,4	16,7	85,41	158,8	17,9	88,71	--	--	--	134,4	26,4	80,41	13,3	8,4	36,8

TABELA 20. Dados das Fases 2 e 3 para a rampa de número 1

PARÂMETROS	DATA/TEMPO DE COLETA - RAMPA nº 1 - FASE 2						DATA / TEMPO DE COLETA(dias) - RAMPA nº 1 - FASE 3											
	05-12/ 62			- /			07-12/ 84			04-01/ 92			11-01/ 99			- /		
	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem
pH	10,61	7,92	--				11,42	8,05	--	12,08	7,67	--	10,31	7,56	--			
.Alcalin.Total mg CaCO3/l	639	579	--				683	677	--	1454	583	--	339	189	--			
.D.O.O. mg O2/l	7232	1323	81,71				5696	1311	77,01	5333	1891	64,51	4999	192	96,21			
.D.B.O mg O2/l	4350	750	82,81				--	--	--	2144	1066	50,31	--	--	--			
.Fósforo Total mg PO4-P/l	--	--	--				--	--	--	4,7	1,25	73,41	4,6	0,8	82,61			
.Condutividade uS/cm	1629	1560	--				2224	1660	--	5644	1569	--	1328	481	--			
.Sol. Sediment. ml/l	3,4	0,1	97,11				15,0	0,2	98,71	16,0	ND	100	26,0	ND*	100			
.Sol.Totais mg/l	4437,8	1794,4	59,61				3713,5	1976,9	46,81	5972,8	2493,7	58,31	3408,0	520,9	84,71			
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2837,6	803,4	71,71				2066,4	1264,2	38,81	2684,6	1733,3	35,41	2252,8	284,8	87,41			
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1600,2	988,0	38,31				1647,1	712,7	56,71	3288,2	760,4	76,91	1155,2	236,1	79,61			
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--				--	--	--	760,4	36,1	95,31	733,6	16,5	97,71			
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--				--	--	--	540,8	23,7	95,61	546,4	11,9	97,81			
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--				--	--	--	219,6	12,4	94,41	187,2	4,6	97,51			

* ND - não detectável

TABELA 21. Dados da Fase 4 para a rampa de nº 1

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) — RANPA nº 1 - FASE 4 - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.m																				
	23-01/ 111			25-01/ 113			01-02/ 120			- /			- /			- /			- /		
	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem	E1	S1	Z Rem
pH	11,30	7,94	--	10,70	8,03	--	3,41	7,86	--												
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	355	416	--	489	788	--	0	613	--												
.D.O.O. mg O ₂ /l	5459	846	83,3	6368	1916	69,9	5572	1731	68,9												
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--												
.Fósforo total mg PO ₄ -P/l	3,4	0,8	77,8	6,4	1,05	83,6	6,2	1,2	80,6												
.Condutividade µS/cm	1743	1195	--	--	--	--	996	2050	--												
.Sol. Sediment. ml/l	24,0	ND*	100	39,0	0,2	99,5	7,0	ND*	100												
.Sol.totais mg/l	3386,5	1348,3	60,2	4260,2	2600,2	39,0	2213,4	1927,3	12,9												
.Sol.tot.Vol. mg/l	1935,7	688,3	64,4	2602,7	1350,9	48,1	1838,7	841,2	54,2												
.Sol.tot.Fixos mg/l	1450,8	660,0	54,5	1675,5	1249,3	24,5	374,3	1086,1	-190												
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--	--	--	--	643,5	24,6	96,2												
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	--	--	--	613,0	23,9	96,1												
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	--	--	--	30,5	0,7	97,7												

* ND - não detectável

TABELA 22. Dados da Fase 1 para a rampa de nº 2

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA DE nº 2 - FASE 1 - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.a																				
	12-07/ 1			14-07/ 3			21-07/ 10			26-07/ 15			17-08/ 37			22-08/ 42			24-08/ 44		
	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item
pH	11,95	7,26	--	9,83	7,53	--	11,12	7,30	--	12,11	7,47	--	10,24	6,94	--	9,25	7,50	--	9,71	7,76	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	833	392	--	258	467	--	548	500	--	1327	521	--	338	516	--	274	231	--	263	446	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	3389	2333	31,2	6342	2918	54,0	5737	2956	48,5	3516	1758	50,0	5634	3221	42,8	5049	722	85,7	3248	1452	55,3
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Fósforo total mg PO ₄ -P/l	--	--	--	3,8	1,45	61,8	4,0	0,8	80,0	4,8	0,6	87,5	4,4	0,8	81,8	--	--	--	2,3	0,7	69,6
.Condutividade µS/cm	2698	1311	--	847	1602	--	1403	1594	--	4856	1428	--	1220	1527	--	830	1046	--	979	1004	--
.Sol. Sediment. ml/l	17,0	2,2	87,1	76,0	1,4	98,2	55,0	< 0,1	99,8	22,0	< 0,1	99,6	8,0	ND*	100	25,0	0,2	99,2	7,0	< 0,1	98,6
.Sol.Totais mg/l	2486,1	1814,3	27,0	2547,9	2533,7	0,6	3415,8	3073,0	10,0	4313,5	1770,0	59,0	3449,5	2011,8	41,7	2258,5	2009,2	11,0	--	--	--
.Sol.Tot.Vol. mg/l	940,2	772,5	17,8	1748,2	1349,5	22,8	2122,0	2368,5	-11,6	1607,0	850,6	47,1	2001,3	1604,7	18,0	1566,1	1248,3	20,3	--	--	--
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1545,9	1041,8	32,6	799,7	1184,2	-48,1	1293,8	704,5	45,6	2706,5	919,4	66,0	1448,2	407,1	71,9	692,48	706,9	-9,9	--	--	--
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--	500,0	66,5	86,7	618,5	28,2	95,4	526,0	29,4	94,4	276,8	42,8	84,5	--	--	--	244,0	44,9	81,6
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	379,5	48,6	87,2	453,5	25,3	94,4	398,8	18,0	95,5	179,2	26,5	85,2	--	--	--	149,0	32,6	78,1
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	120,5	17,9	85,2	165,0	2,9	98,2	127,2	11,4	91,0	97,6	16,3	83,3	--	--	--	95,0	12,3	87,0

* ND - não detectável

TABELA 23. Dados da Fase I para a rampa de nº 2

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA DE nº 2 - FASE I - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.a																				
	29-08/ 49			31-08/ 51			05-09/ 56			21-09/ 72			27-09/ 78			29-09/ 80			- /		
	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item	E2	S2	Z Item
pH	12,10	7,53	--	8,81	7,15	--	9,86	7,13	--	9,84	7,82	--	10,97	8,08	--	8,56	7,94	--			
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	1343	543	--	263	537	--	294	375	--	278	449	--	261	305	--	318	462	--			
.D.B.O. mg O ₂ /l	2532	1959	22,61	4417	2249	49,11	4121	2435	40,91	4019	1185	70,51	2934	353	88,01	6144	832	86,51			
.D.B.O. mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	2,2	1,6	27,31	--	--	--	3,9	1,1	71,81	5,8	1,6	72,41	3,7	1,05	71,61	--	--	--			
.Condutividade µS/cm	5727	1577	--	1096	1527	--	830	1179	--	1262	1527	--	755	797	--	1228	1062	--			
.Sol. Sediment. ml/l	16,0	3,0	81,31	20,0	2,2	89,01	20,0	0,8	96,01	40,0	0,1	99,71	9,0	0,2	97,81	26,0	0,2	99,31			
.Sol.totais mg/l	3284,5	2069,5	36,01	2202,4	2074,6	5,81	2281,3	1726,7	24,31	2204,3	1474,5	33,11	2279,5	898,7	60,61	3292,6	1093,3	66,81			
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1183,7	1138,3	3,81	1374,4	1139,2	17,11	1606,2	970,5	39,61	878,9	797,5	9,31	1887,0	1450,2	76,11	2199,0	731,0	66,61			
.Sol.Tot.Fixos mg/l	2100,8	931,2	55,71	828,0	935,4	-13,01	675,1	756,2	-12,91	1325,4	677,0	48,91	392,5	448,5	-14,31	1093,6	359,3	67,11			
.Sol.Susp.Tot. mg/l	293,0	482,8	-64,81	--	--	--	504,0	186,9	62,91	433,4	79,3	81,71	--	--	--	--	--	--			
.Sol.Susp.Vol. mg/l	215,8	275,2	-27,51	--	--	--	331,2	118,0	64,41	381,0	57,7	84,91	--	--	--	--	--	--			
.Sol.Susp.Fix. mg/l	77,2	207,6	-169	--	--	--	172,8	68,9	60,11	52,4	21,6	58,81	--	--	--	--	--	--			

TABELA 24. Dados da Fase 2 para a rampa de nº 2

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA DE nº 2 - FASE 2 - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.m																				
	05-10/ 1			11-10/ 7			18-10/ 14			25-10/ 21			08-11/ 35			14-11/ 41			16-11/ 43		
	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem
pH	10,20	7,92	--	11,48	7,61	--	10,34	7,16	--	6,01	7,10	--	10,21	9,61	--	10,56	5,47	--	11,86	5,76	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	441	593	--	772	555	--	473	424	--	155	439	--	276	584	--	468	375	--	1014	595	--
.D.O.D. mg O ₂ /l	6015	1440	76,1	7329	2268	69,1	6689	2985	55,4	5608	2490	55,6	5505	4674	15,1	10618	7654	27,9	4908	5895	-19,0
.D.B.D mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Fósforo total mg PO ₄ -P/l	7,9	0,95	88,0	8,6	2,1	75,6	7,8	1,9	75,6	--	--	--	5,8	3,85	33,6	--	--	--	8,4	6,1	27,4
.Condutividade uS/cm	1162	1411	--	1909	1560	--	1137	1278	--	1062	1361	--	1179	2158	--	1253	1594	--	--	--	--
.Sol. Sediment. ml/l	22,0	< 0,1	99,5	54,0	< 0,1	99,8	28,0	0,2	99,3	7,0	0,2	97,1	26,0	7,0	73,1	180,0	24,0	86,7	9,0	2,0	77,8
.Sol.Totais mg/l	3486,1	1672,6	52,0	4448,2	2142,8	51,8	3471,4	2049,4	41,0	2250,4	2256,2	-0,3	1678,1	3459,1	-106	5793,3	4872,9	15,9	4017,8	3611,6	10,1
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2650,3	1254,2	52,7	2840,1	1089,2	61,3	2248,3	1094,2	51,3	1470,1	1386,0	5,7	1517,7	2014,7	-32,7	3982,5	3978,4	0,1	1811,0	2113,9	-16,7
.Sol.Tot.Fixos mg/l	835,8	418,4	49,9	1608,1	1044,6	35,0	1223,1	955,2	21,9	780,3	870,2	-11,5	160,4	1444,4	-801	1810,8	894,5	50,6	2206,8	1497,7	32,1
.Sol.Susp.Tot. mg/l	857,2	40,5	95,3	751,6	53,0	92,9	789,6	61,3	92,2	--	--	--	609,6	329,0	46,0	--	--	--	616,5	358,4	41,9
.Sol.Susp.Vol. mg/l	656,0	30,0	95,4	601,6	45,1	92,5	599,2	53,6	91,1	--	--	--	440,8	238,2	46,0	--	--	--	482,5	265,0	45,1
.Sol.Susp.Fix. mg/l	201,2	10,5	94,8	150,0	7,9	94,7	190,4	7,7	96,0	--	--	--	168,8	90,8	46,2	--	--	--	134,0	93,4	30,3

TABELA 25. Dados das Fases 2 e 3 para a rampa de número 2

PARÂMETROS	DATA/TEMPO DE COLETA - RAMPA nº 2 - FASE 2						DATA / TEMPO DE COLETA - RAMPA nº 2 - FASE 3											
	30-11/ 57			05-12/ 62			07-12/ 64			27-12/ 84			04-01/ 92			11-01/ 99		
	E2	S2	Z Res	E2	S2	Z Res	E2	S2	Z Res	E2	S2	Z Res	E2	S2	Z Res	E2	S2	Z Res
pH	6,53	6,53	--	11,10	7,46	--	11,41	7,66	--	11,46	7,57	--	12,10	7,57	--	10,49	7,59	--
.Alcalin.Total mg CaCO3/l	182	1031	--	656	623	--	672	672	--	594	272	--	1443	505	--	350	655	--
.D.O.O. mg O2/l	6583	5828	11,51	6509	2408	63,01	5802	1615	72,21	3960	987	74,41	5137	1473	71,31	5334	1240	76,8
.D.B.O mg O2/l	--	--	--	4500	1950	56,71	--	--	--	2280	565	75,21	3125	965	69,11	3263	690	78,9
.Fósforo Total mg PO4-P/l	6,8	3,3	51,51	--	--	--	--	--	--	2,7	1,7	37,01	4,6	3,5	23,91	5,8	1,65	71,5
.Condutividade µS/cm	1303	3046	--	1760	1809	--	2216	1826	--	1776	1859	--	5644	1245	--	1361	1519	--
.Sol. Sediment. ml/l	24,0	0,6	97,51	26,0	0,2	99,21	14,0	0,1	99,31	32,0	0,2	99,41	14,0	0,1	99,31	36,0	ND	100
.Sol.Totais mg/l	3017,5	5064,7	-67,81	3952,1	2232,7	43,51	3862,1	2260,8	41,51	3184,7	2160,6	32,21	5474,7	2152,4	60,71	3835,7	1828,7	52,3
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1676,0	2731,1	-62,91	2469,9	1072,4	56,61	1901,9	1485,3	21,91	1875,1	697,7	62,81	2301,3	1333,0	42,11	2365,0	977,3	58,7
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1341,5	2333,6	-73,91	1482,2	1160,3	21,71	1960,2	775,5	60,41	1309,6	1462,9	-11,71	3173,4	819,4	74,21	1470,7	851,4	42,0
.Sol.Susp.Tot. mg/l	755,6	214,8	71,61	--	--	--	--	--	--	716,8	216,8	69,81	617,5	118,5	80,81	1066,4	26,3	97,5
.Sol.Susp.Vol. mg/l	664,8	149,8	77,51	--	--	--	--	--	--	605,6	155,2	74,41	449,0	50,8	88,71	804,0	12,4	98,5
.Sol.Susp.Fix. mg/l	90,8	65,0	28,41	--	--	--	--	--	--	111,2	61,6	44,61	168,5	67,7	59,81	262,4	13,9	94,7

ND - não detectável

TABELA 26. Dados da Fase 4 para a rampa de nº 2

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 2 - FASE 4 - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.m																				
	23-01/ 111			25-01/ 113			30-01/ 118			01-02/ 120			- /			- /			- /		
	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem	E2	S2	Z Rem
pH	11,34	7,55	--	10,64	7,50	--	11,09	7,57	--	3,37	6,86	--									
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	366	494	--	489	799	--	695	761	--	0	600	--									
.D.O.O. mg O ₂ /l	5693	2295	59,71	5936	2227	62,51	6074	2682	55,81	5668	2897	48,91									
.D.B.O mg O ₂ /l	3550	1535	56,81	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	4,8	3,9	18,71	5,9	2,25	61,91	6,7	3,3	50,81	8,5	4,7	44,71									
.Condutividade uS/cm	1834	1461	--	--	--	--	--	--	--	1013	1859	--									
.Sol. Sediment. ml/l	34,0	0,4	98,81	30,0	2,0	93,31	36,0	2,0	94,51	8,4	5,4	35,71									
.Sol.Totais mg/l	3756,0	1722,0	54,21	4010,8	2565,0	36,11	3940,4	2689,5	31,71	2207,3	2915,8	-32,11									
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2644,4	867,9	67,21	2408,5	1320,6	45,21	1403,9	1247,9	11,11	1833,5	1414,0	22,91									
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1111,6	854,1	23,21	1602,3	1244,4	22,31	2536,5	1441,6	43,21	373,8	1501,8	-302									
.Sol.Susp.Tot. mg/l	--	--	--	1001,6	282,8	71,81	--	--	--	795,0	759,0	4,51									
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	752,4	160,6	78,71	--	--	--	722,5	441,5	38,91									
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	249,2	122,4	50,91	--	--	--	72,5	317,5	-338									

TABELA 27. Dados da Fase I para a rampa de nº 3

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RMPA nº 3 - FASE I - Taxa de Aplicação de 0,300 m ³ /h.a																				
	14-07/ 3			18-07/ 7			21-07/ 10			26-07/ 15			17-08/ 37			22-08/ 42			24-08/ 44		
	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem
pH	9,98	7,34	--	8,06	6,92	--	11,34	7,16	--	12,13	6,94	--	9,81	6,65	--	9,25	7,27	--	9,96	7,12	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	258	526	--	161	494	--	682	404	--	1370	526	--	295	322	--	285	333	--	306	344	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	6163	3731	39,5	4236	3127	26,2	6020	3115	48,3	4022	2943	26,8	5511	4159	24,5	5042	1498	70,3	3543	2224	37,2
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	1,95	1,4	28,2	--	--	--	4,6	1,05	77,8	4,8	1,1	77,1	5,2	2,15	58,6	--	--	--	3,2	0,9	71,9
.Condutividade uS/cm	830	1760	--	652	1477	--	1544	1486	--	4980	1668	--	1121	1328	--	847	1121	--	1044	1195	--
.Sol. Sediment. ml/l	62,0	< 0,1	99,8	40,0	< 0,1	99,7	59,0	0,1	99,8	23,0	< 0,1	99,6	13,0	ND*	100	35,0	< 0,1	99,7	15,0	< 0,1	99,3
.Sol.Totais mg/l	2564,0	2538,7	1,0	1836,8	2021,8	-10,1	2846,1	2347,0	17,5	4405,9	2803,7	36,4	3301,2	2909,7	11,9	2457,8	1378,7	44,0	2293,7	1489,5	35,1
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1615,3	1198,9	25,8	1105,1	999,5	9,6	2106,0	1203,4	42,9	1888,0	1652,2	12,5	1914,5	1907,9	0,4	1707,8	669,1	60,8	1574,0	857,5	45,5
.Sol.Tot.Fixos mg/l	948,7	1339,8	-41,2	731,7	1022,3	-39,7	740,1	1143,6	-54,5	2517,9	1151,5	54,3	1386,7	1001,8	27,8	750,0	709,6	5,4	719,7	632,0	12,2
.Sol.Susp.Tot. mg/l	619,0	20,7	96,7	--	--	--	703,0	32,9	95,3	534,8	31,1	94,2	436,6	32,8	92,5	--	--	--	420,6	27,4	93,5
.Sol.Susp.Vol. mg/l	458,0	15,0	96,7	--	--	--	512,5	27,2	96,7	428,8	27,2	93,7	247,4	25,5	89,7	--	--	--	266,0	25,4	90,5
.Sol.Susp.Fix. mg/l	161,0	5,7	96,5	--	--	--	190,5	5,7	97,0	106,0	3,9	96,3	189,2	7,3	96,1	--	--	--	154,6	2,0	98,7

* ND - não detectável

TABELA 28. Dados da Fase I para a rampa de nº 3

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 3 - FASE I - taxa de Aplicação de 0,300 m ³ /h.m																				
	29-08/ 49			31-08/ 51			05-09/ 56			21-09/ 72			27-09/ 78			29-09/ 80			03-10/ 84		
	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item
pH	12,11	6,93	--	8,20	6,73	--	9,83	6,62	--	9,39	7,50	--	11,09	7,95	--	8,26	7,71	--	11,69	7,30	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	1332	521	--	231	424	--	294	294	--	252	465	--	266	424	--	286	473	--	890	342	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	2562	2629	-2,61	4786	2775	42,01	4006	3014	24,81	4170	2173	47,91	2818	788	70,01	5668	1141	79,91	5987	1833	69,4
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	2,3	1,8	21,71	--	--	--	3,4	1,8	47,11	6,7	4,65	30,61	3,8	2,0	47,41	--	--	--	--	--	--
.Condutividade µS/cm	5561	1702	--	1071	1444	--	830	1112	--	1228	1544	--	793	954	--	1212	1071	--	2880	1909	--
.Sol. Sediment. ml/l	13,0	< 0,1	99,21	19,0	0,6	96,81	19,0	1,2	96,71	6,0	0,2	96,71	7,0	0,2	97,11	24,0	0,6	97,51	25,0	< 0,1	99,6
.Sol.Totais mg/l	3170,8	2230,3	29,71	2247,2	1940,0	13,71	2181,1	1785,8	18,11	2147,9	2129,9	0,81	2104,7	1357,4	35,51	3190,4	1453,8	54,41	3930,6	2075,0	47,2
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1195,6	1198,5	-0,21	1487,9	998,4	32,91	1517,4	1086,3	28,41	920,5	1220,8	-32,61	1728,6	829,5	52,11	2413,5	865,3	64,11	1977,4	818,6	58,6
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1975,2	1031,8	47,81	759,3	941,6	-24,01	663,7	699,5	-5,41	1227,4	909,1	25,91	376,1	527,9	-40,41	776,9	588,5	24,31	1953,2	1256,4	35,7
.Sol.Susp.Tot. mg/l	304,6	179,8	41,01	--	--	--	397,4	214,8	46,01	500,4	248,9	57,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Sol.Susp.Vol. mg/l	218,2	153,9	29,51	--	--	--	270,8	190,4	29,71	471,2	213,4	54,71	--	--	--	--	--	--	--	--	--
.Sol.Susp.Fix. mg/l	86,4	25,9	70,01	--	--	--	126,6	24,4	80,71	109,2	35,5	67,51	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TABELA 29. Dados da Fase 2 para a rampa de nº 3

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 3 - FASE 2 - Taxa de Aplicação de 0,300 m ³ /h.m																				
	05-10/ 1			14-10/ 7			18-10/ 14			25-10/ 21			08-11/ 35			14-11/ 41			16-11/ 43		
	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item	E3	S3	Z Item
pH	10,22	7,90	--	11,45	6,62	--	10,16	6,81	--	5,95	6,58	--	10,25	5,71	--	10,38	5,28	--	11,86	5,37	--
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	457	571	--	789	740	--	441	392	--	152	406	--	270	601	--	441	380	--	1014	507	--
.D.O.O. mg O ₂ /l	6042	1266	79,0	6875	4328	37,1	6563	3489	46,8	5376	2751	48,8	5427	4860	10,4	10442	4981	52,3	5183	6522	-25,8
.D.B.O mg O ₂ /l	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4000	3425	14,4	--	--	--	--	--	--
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	7,6	1,75	77,0	8,8	44,0	54,5	6,6	2,2	66,7	--	--	--	6,0	3,1	48,3	--	--	--	8,3	8,9	-7,2
.Condutividade µS/cm	1145	1287	--	1892	2216	--	1129	1278	--	1079	1361	--	1195	2133	--	1220	1619	--	--	--	--
.Sol. Sediment. ml/l	3,0	0,1	96,7	66,0	0,3	99,5	26,0	0,8	96,9	9,0	0,3	96,7	26,0	5,0	80,8	200,0	5,0	97,5	8,0	9,0	-12,5
.Sol.Totais mg/l	3412,3	1263,8	63,0	4230,7	3548,5	16,3	3326,5	2133,3	35,9	2343,2	2039,8	13,0	2539,6	3105,2	-22,3	5830,0	3411,3	41,5	3941,2	3854,9	2,2
.Sol.Tot.Vol. mg/l	2297,4	900,9	60,8	2703,5	1961,9	27,4	2230,0	1378,2	38,2	1530,0	1333,3	12,9	1535,2	2000,9	-30,3	3693,5	2249,7	39,1	1653,9	2235,3	-35,1
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1114,9	362,9	67,4	1535,2	1586,6	-3,3	1096,5	755,1	31,1	813,2	706,5	13,1	1004,4	1104,3	-9,9	2136,5	1161,6	45,6	2287,3	1619,6	29,2
.Sol.Susp.Tot. mg/l	961,2	111,8	88,4	727,6	72,6	90,0	786,4	96,1	87,8	--	--	--	654,8	339,5	48,2	--	--	--	615,5	819,6	-33,2
.Sol.Susp.Vol. mg/l	785,2	88,0	88,8	585,2	68,2	88,4	584,8	84,5	85,5	--	--	--	494,0	246,2	50,2	--	--	--	458,5	617,2	-34,6
.Sol.Susp.Fix. mg/l	176,0	23,8	86,5	142,4	4,4	96,9	201,6	11,6	94,2	--	--	--	160,8	93,3	42,0	--	--	--	157,0	202,4	-28,9

TABELA 30. Dados das Fases 2 e 3 para a rampa de número 3

PARÂMETROS	DATA/TEMPO DE COLETA - RAMPA nº 3 - FASE 2						DATA / TEMPO DE COLETA(dias) - RAMPA nº 3 - FASE 3											
	30-11/ 57			05-12/ 62			27-12/ 84			04-01/ 92			11-01/ 99			- /		
	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem
pH	6,37	6,83	--	11,07	7,44	--	11,47	7,66	--	12,25	7,83	--	10,46	7,26	--			
.Alcalin.Total mg CaCO3/l	187	970	--	650	648	--	588	361	--	1286	905	--	350	799	--			
.D.O.O. mg O2/l	6826	4698	31,21	6345	2101	66,91	3877	1619	58,21	4853	1849	41,31	5604	2137	58,71			
.D.O.B mg O2/l	--	--	--	3950	1300	67,11	2760	760	72,51	2565	1185	53,81	3480	1100	67,71			
.Fósforo Total mg PO4-P/l	7,6	4,4	42,11	--	--	--	2,4	3,7	-54,21	4,5	6,3	-40,01	5,5	1,8	67,31			
.Condutividade uS/cm	1295	2797	--	1710	1776	--	1818	1876	--	7387	2083	--	1394	1926	--			
.Sol. Sediment. ml/l	28,0	3,0	89,31	24,0	0,4	98,31	29,0	0,2	99,31	16,0	0,4	97,51	32,0	1,0	96,91			
.Sol.Totais mg/l	3125,1	4480,0	-43,31	3983,8	2331,4	41,51	3147,9	2332,7	25,91	5694,4	3409,7	40,11	3681,9	2591,5	29,61			
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1712,8	2644,1	-54,41	2368,1	1192,3	49,71	1723,9	922,5	46,51	2919,9	1917,0	34,41	2259,5	1340,4	40,71			
.Sol.tot.Fixos mg/l	1412,3	1835,9	-30,01	1615,7	1139,1	29,51	1424,0	1410,2	1,01	2774,5	1492,7	46,21	1422,4	1251,1	12,01			
.Sol.Susp.Tot. mg/l	870,4	463,2	76,81	--	--	--	701,2	381,6	45,61	563,0	295,0	47,51	991,6	86,8	91,21			
.Sol.Susp.Vol. mg/l	758,4	313,2	58,71	--	--	--	552,4	307,2	44,41	416,5	166,0	60,11	708,4	62,0	91,21			
.Sol.Susp.Fix. mg/l	112,0	150,0	-33,91	--	--	--	148,8	74,4	50,01	146,5	129,5	11,61	283,2	24,8	91,21			

TABELA 31. Dados da Fase 4 para a rampa de nº 3 - ADIÇÃO DE NUTRIENTES

PARÂMETROS	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- RAMPA nº 3 - FASE 4 - Taxa de Aplicação de 0,200 m ³ /h.m																				
	23-01/ 111			25-01/ 113			30-01/ 118			01-02/ 120			- /			- /			- /		
	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem	E3	S3	Z Rem
pH	6,75	7,90	--	6,31	7,84	--	6,49	8,14	--	2,78	7,81	--									
.Alcalin.Total mg CaCO ₃ /l	405	710	--	411	1271	--	378	1549	--	0	1022	--									
.D.O.O. mg O ₂ /l	8012	1575	80,41	5770	1913	66,91	6142	3134	51,11	5950	2579	56,71									
.D.B.O mg O ₂ /l	5325	673	87,41	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
.Fósforo Total mg PO ₄ -P/l	160,0	15,5	90,31	130,0	20,0	84,61	164,0	62,5	61,91	94,0	66,5	29,31									
.Condutividade µS/cm	1560	1776	--	--	--	--	--	--	--	1444	2905	--									
.Sol. Sediment. ml/l	58,0	1,4	97,61	74,0	3,2	95,71	56,0	5,6	90,01	9,0	7,0	22,21									
.Sol.Totais mg/l	3474,0	1746,1	49,71	4331,6	2646,2	38,91	4217,0	2924,4	30,71	3010,0	2491,8	17,21									
.Sol.Tot.Vol. mg/l	1972,2	1017,1	48,51	2609,7	1248,9	52,11	1937,2	1567,2	19,11	2327,3	1352,7	41,91									
.Sol.Tot.Fixos mg/l	1501,6	729,0	51,41	1721,9	1397,3	18,91	2279,8	1356,5	40,51	682,7	1136,1	-66,91									
.Sol.Susp.tot. mg/l	--	--	--	1118,0	295,4	73,61	--	--	--	804,0	913,0	-13,61									
.Sol.Susp.Vol. mg/l	--	--	--	745,2	201,4	73,01	--	--	--	733,5	623,0	15,11									
.Sol.Susp.Fix. mg/l	--	--	--	372,8	94,0	74,81	--	--	--	70,5	290,0	-311									

60

TABELA 32. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletada ao final de cada rampa - FASE 1

RAMPA	VAZÃO DO EFLENTE BRUTO (m ³ /h)	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- FASE 1												
		S(vazão do efluente tratado) -- S(vazão do efl. tratado)/E(vazão do efl. bruto)												
		29-08/ 49		05-09/ 76		27-09/ 78		29-09/ 80		- / -	- / -	- / -		
nº		S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E					
1	0,510	0,210	0,412	0,136	0,267	--	--	0,302	0,592					
2	1,240	0,534	0,431	0,648	0,523	0,433	0,049	0,534	0,431					
3	1,830	0,918	0,502	1,231	0,673	0,815	0,445	--	--					

TABELA 33. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletada ao final de cada rampa - FASE 2

RAMPA	VAZÃO DO EFLENTE BRUTO (m ³ /h)	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- FASE 2																	
		S(vazão do efluente tratado) -- S(vazão do efl. tratado)/E(vazão do efl. bruto)																	
		05-10/ 1		11-10/ 7		18-10/ 14		25-10/ 21		08-11/ 35		14-11/ 41		16-11/ 43		30-11/ 57		05-12/ 62	
nº		S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E
1	0,510	0,302	0,592	0,486	0,953	0,486	0,953	--	--	0,277	0,543	0,750	1,471	0,344	0,675	0,263	0,516	0,302	0,592
2	1,240	0,534	0,431	0,948	0,765	0,648	0,523	1,267	1,022	1,141	0,920	1,311	1,057	0,433	0,349	0,985	0,794	1,101	0,888
3	1,830	1,107	0,605	0,991	0,542	1,861	1,017	1,551	0,848	2,146	1,173	1,702	0,930	1,068	0,584	1,408	0,769	0,918	0,502

TABELA 34. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletada ao final de cada rampa - FASE 3

RAMPA	VAZÃO DO EFLUENTE BRUTO (m ³ /h)	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- FASE 3												
		S(vazão do efluente tratado) -- S(vazão do efl. tratado)/E(vazão do efl. bruto)												
		07-12/ 64		27-12/ 84		04-01/ 92		11-01/ 99		- / *	- / *	- / *	- / *	- / *
nº		S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E					
1	0,510	0,655	1,284	--	--	0,344	0,675	0,302	0,592					
2	1,240	1,101	0,888	2,000	1,613	0,302	0,244	0,948	0,765					
3	1,830	--	--	0,991	0,541	1,502	0,821	2,391	1,306					

101

TABELA 35. Dados das vazões do efluente bruto e tratado, e a fração de efluente coletada ao final de cada rampa - FASE 4

RAMPA	VAZÃO DO EFLUENTE BRUTO (m ³ /h)	DATA / TEMPO DE COLETA(dias) -- FASE 4												
		S(vazão do efluente tratado) -- S(vazão do efl. tratado)/E(vazão do efl. bruto)												
		23-01/ 111		25-01/ 113		30-01/ 118		01-02/ 120		- / *	- / *	- / *	- / *	- / *
nº		S	S/E	S	S/E	S	S/E	S	S/E					
1	1,020	0,389	0,381	0,717	0,703	--	--	0,486	0,476					
2	1,240	0,948	0,764	0,773	0,623	1,062	0,856	0,648	0,523					
3	1,220	0,426	0,349	0,548	0,449	0,548	0,449	0,918	0,752					

APÊNDICE 2

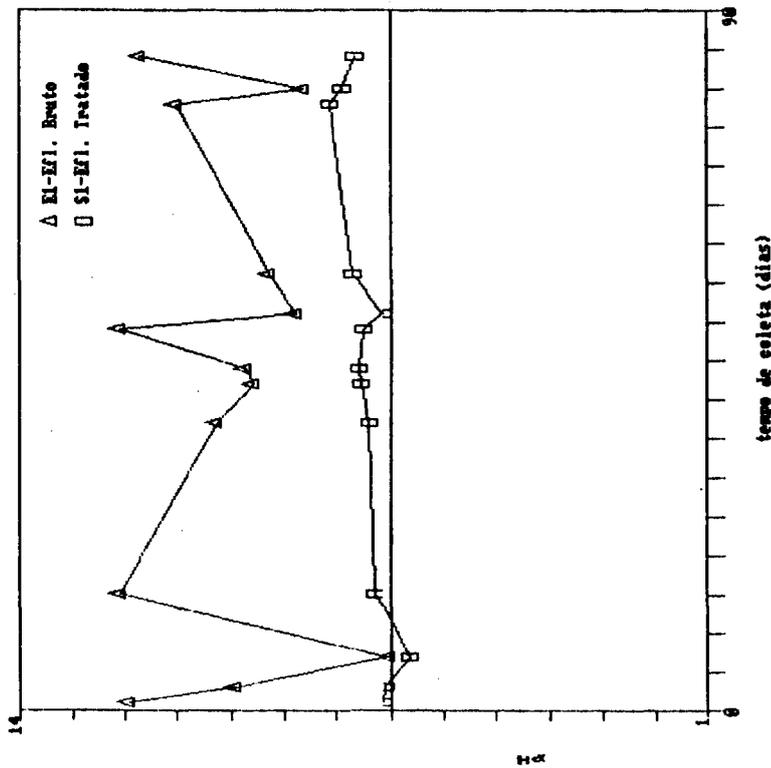


FIGURA 21. Valores de pH: Rampa nº 1 - FASE 1

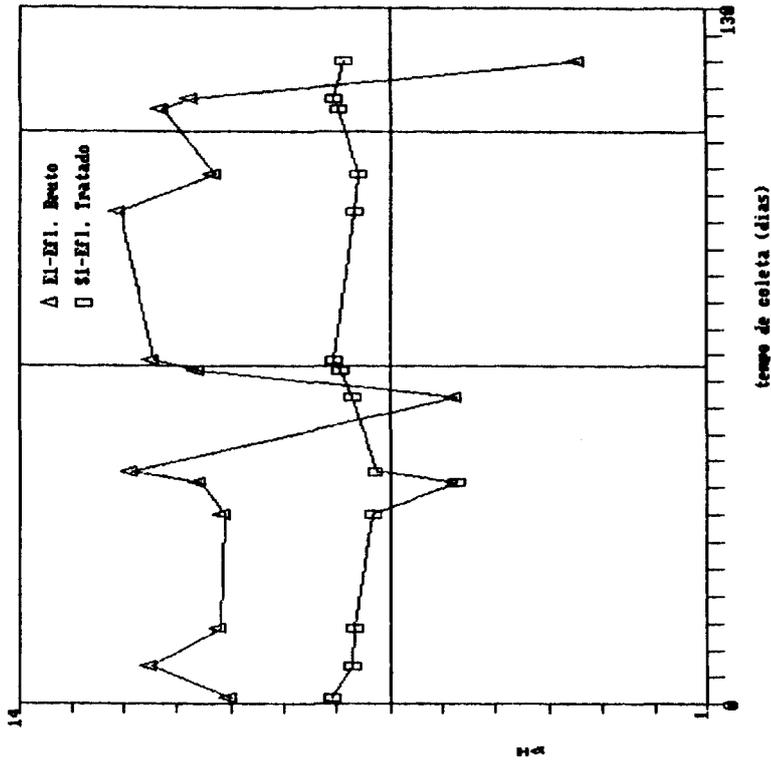


FIGURA 22. Valores de pH: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

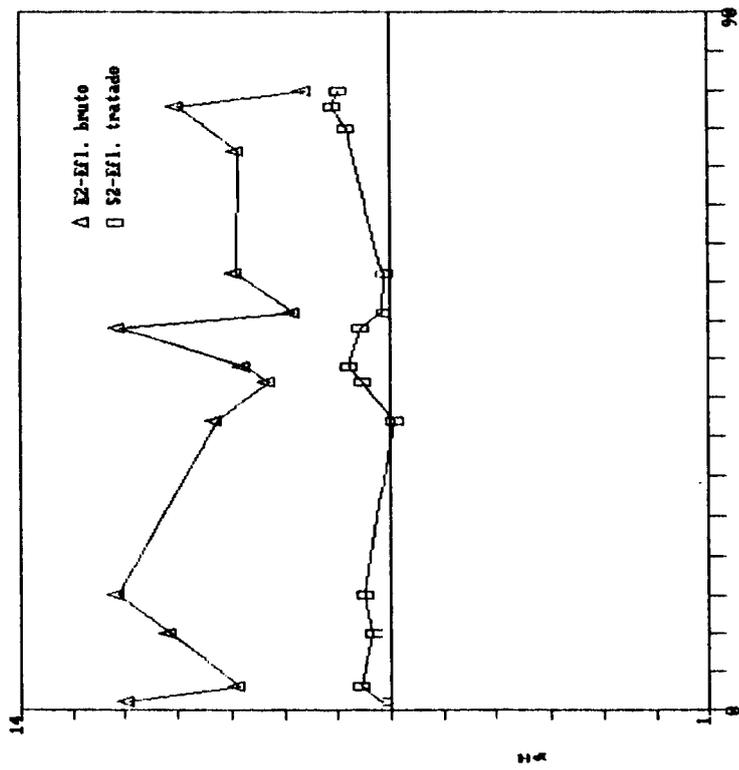


FIGURA 23. Valores de pH: Rampa n: 2 - FASE 1

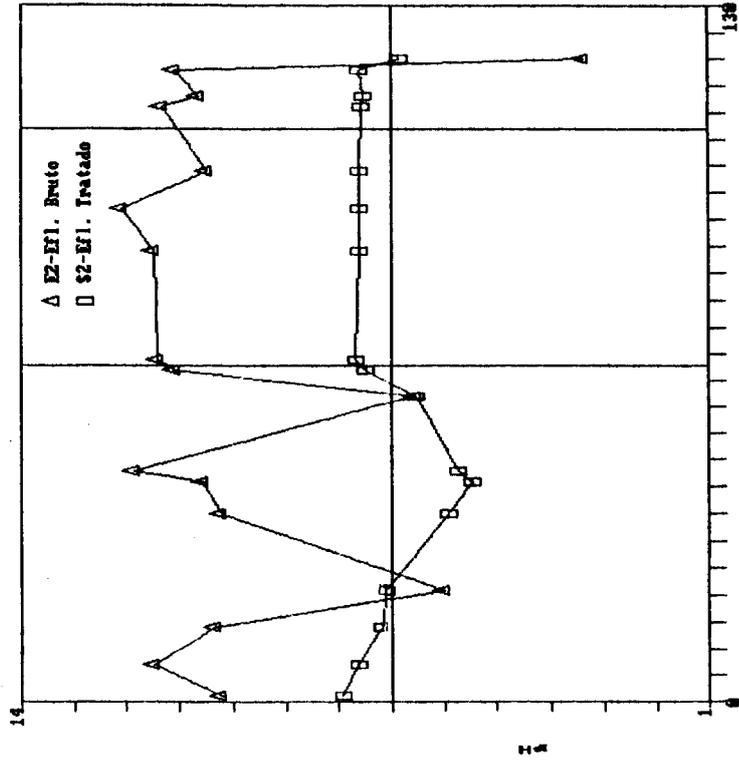


FIGURA 24. Valores de pH: Rampa n: 2 - FASES 2, 3 e 4

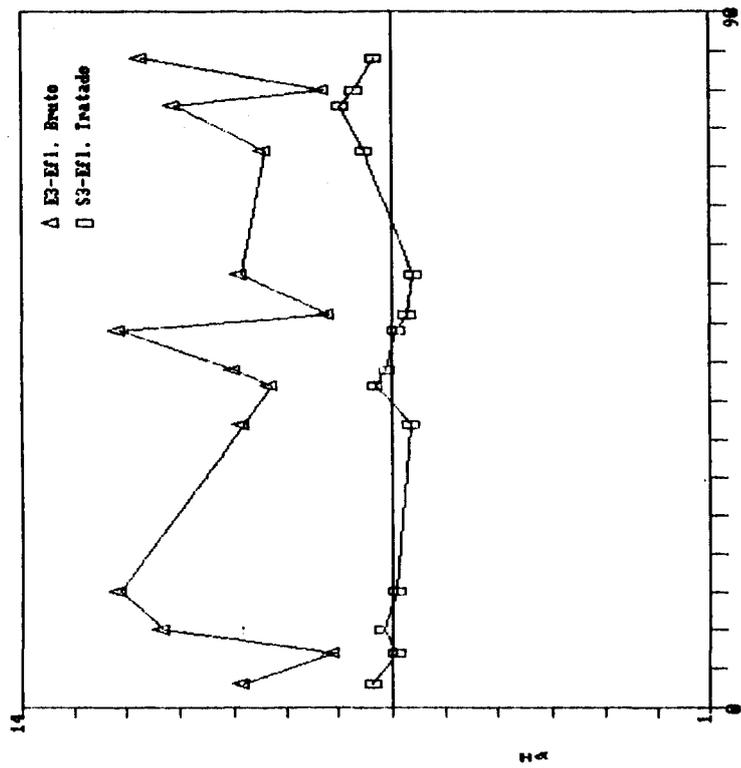


FIGURA 25. Valores de pH: Rampa n° 3 - FASE 1

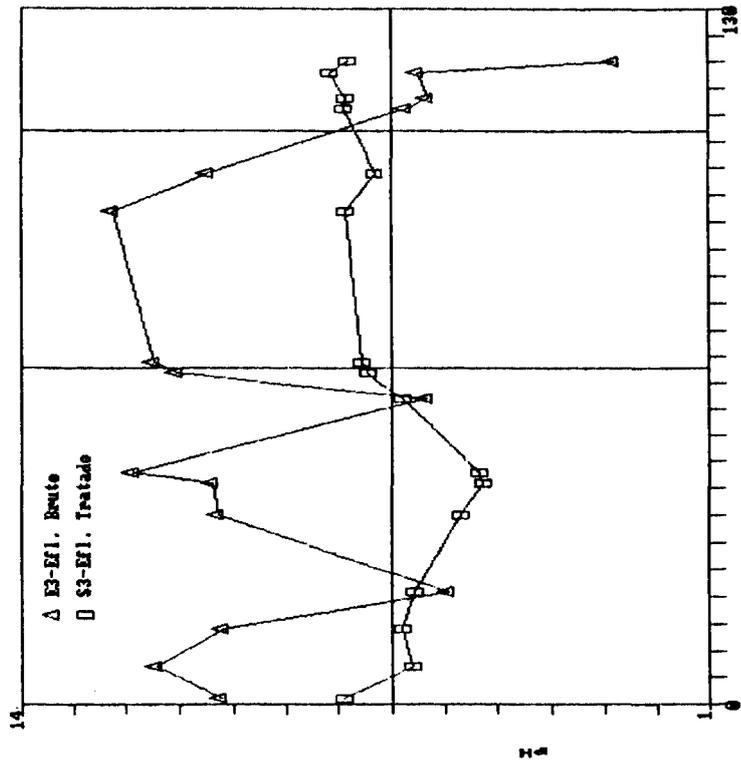


FIGURA 26. Valores de pH: Rampa n° 3 - FASES 2, 3 e 4

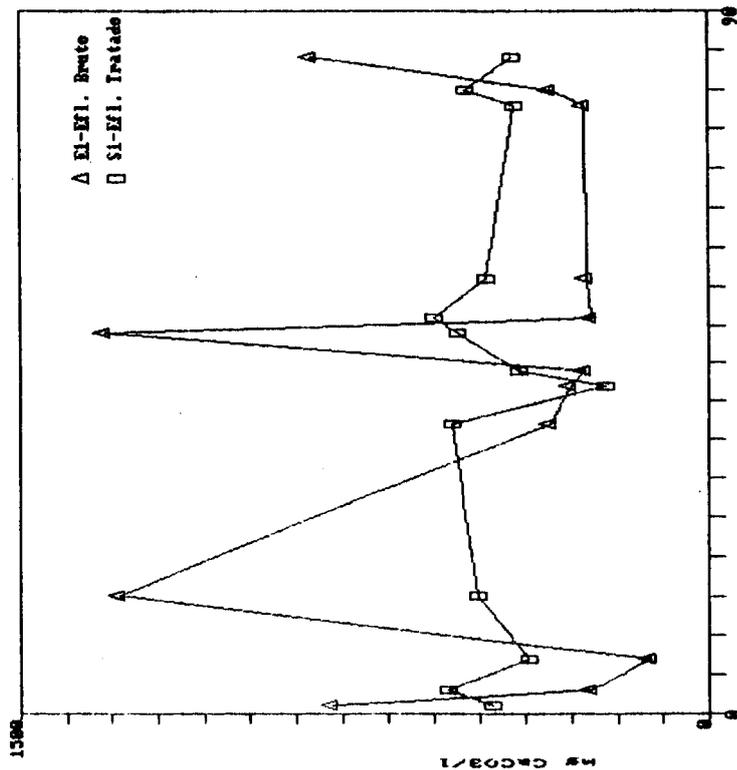


FIGURA 27. Alcalinidade Total: Rampa n° 1 - FASE 1

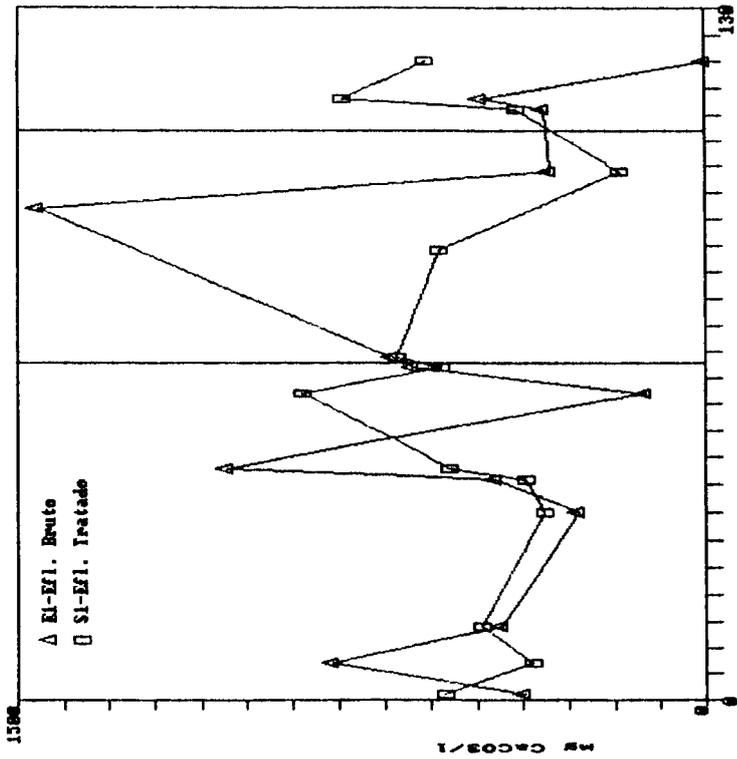


FIGURA 28. Alcalinidade Total: Rampa n° 1 - FASES 2, 3 e 4

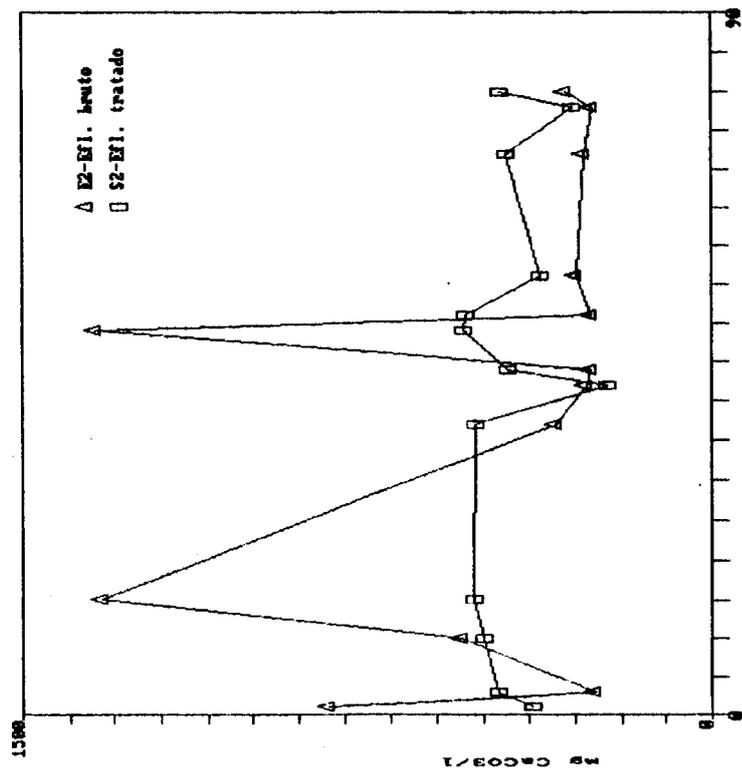


FIGURA 29. Alcalinidade Total: Rampa nº 2 - FASE 1

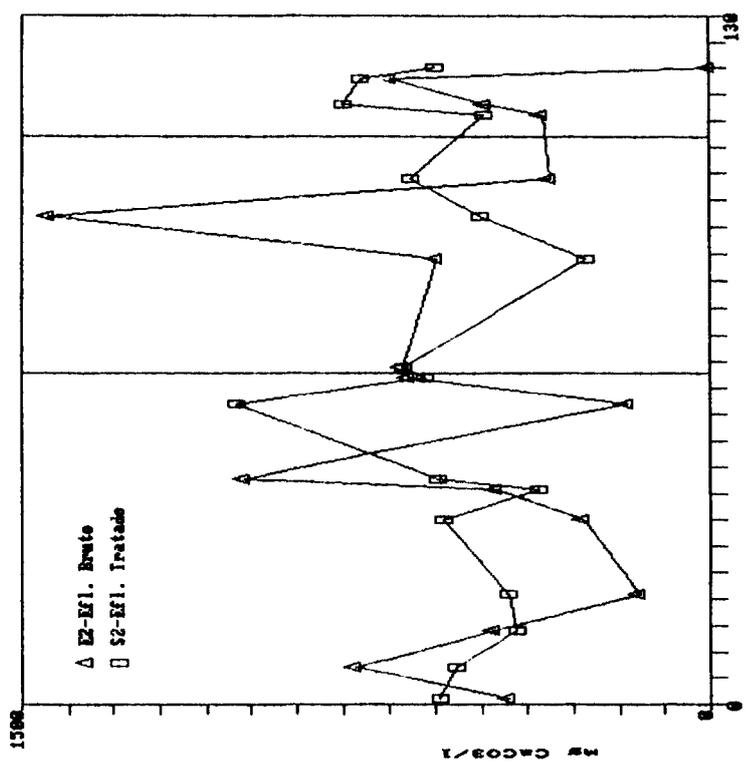


FIGURA 30. Alcalin. Total: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

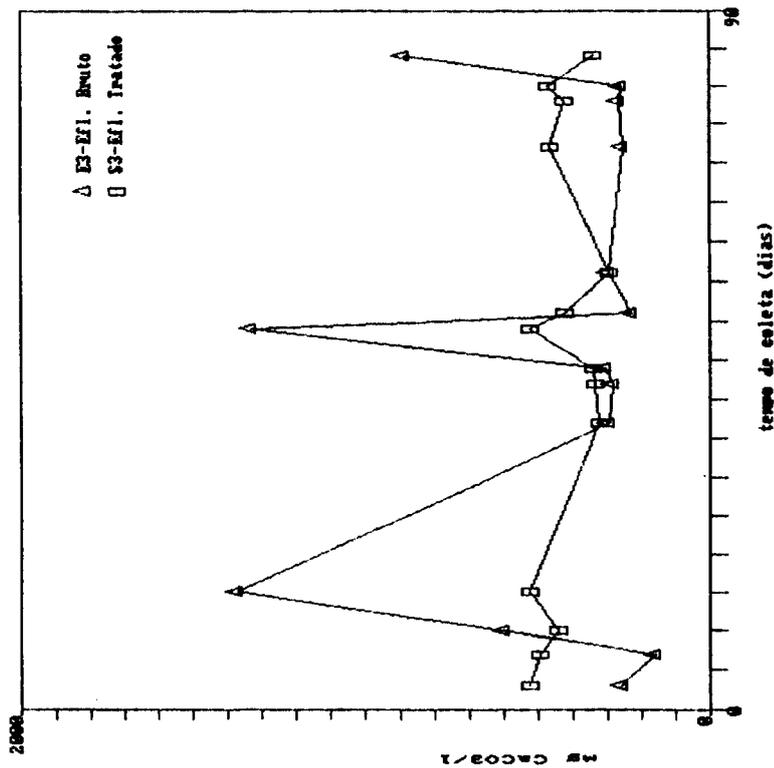


FIGURA 31. Alcalinidade: Rampa nº 3 - FASE 1

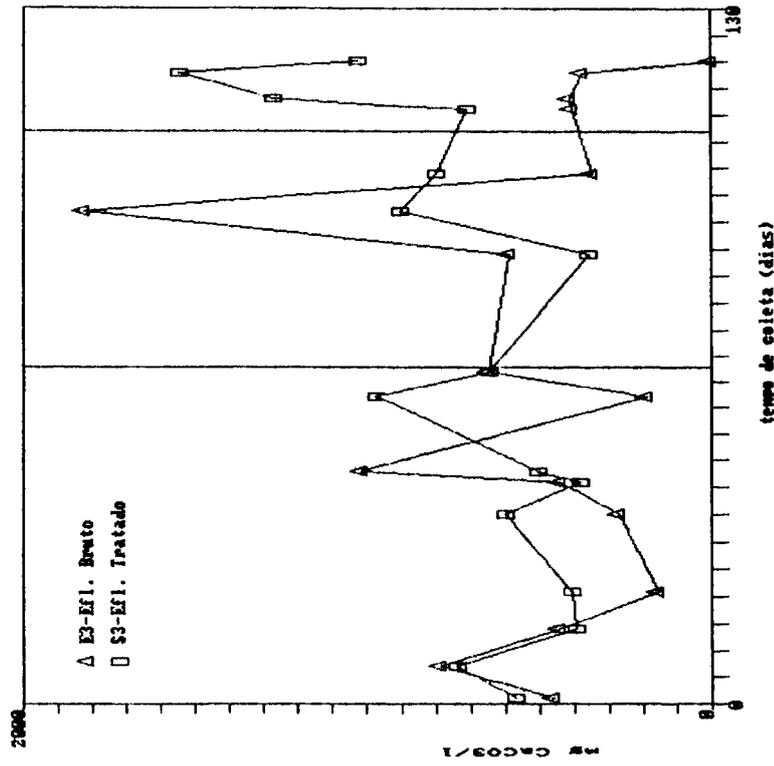


FIGURA 32. Alcalinidade: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

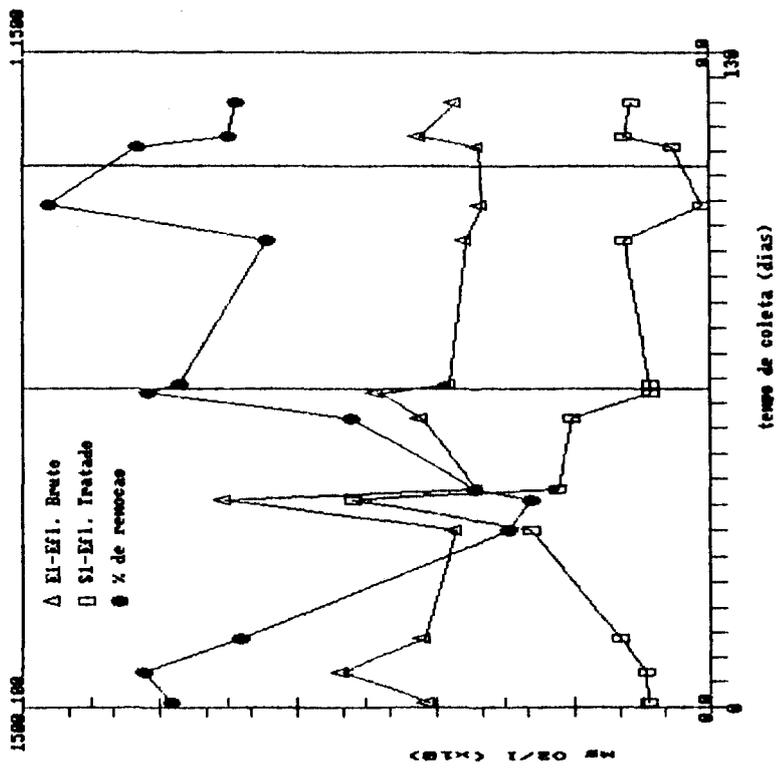


FIGURA 34. D40: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

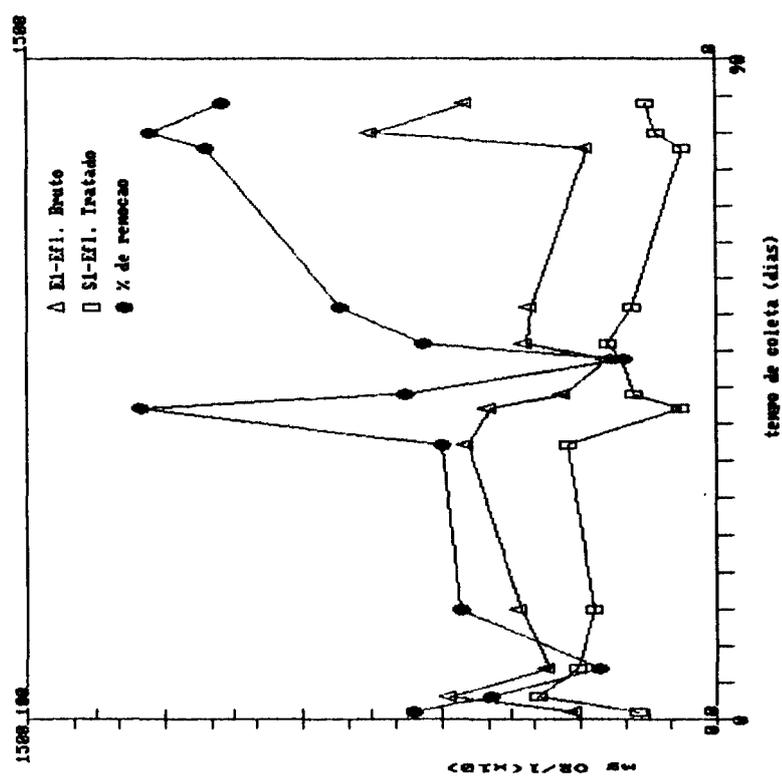


FIGURA 33. D40: Rampa nº 1 - FASE 1

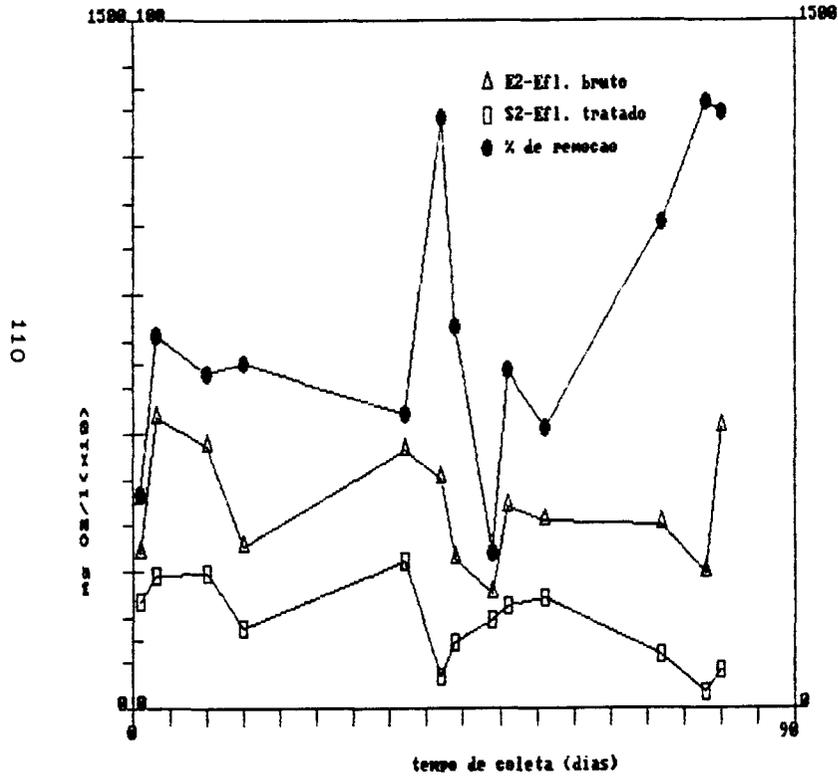


FIGURA 35. DBO: Rampa nº 2 - FASE 1

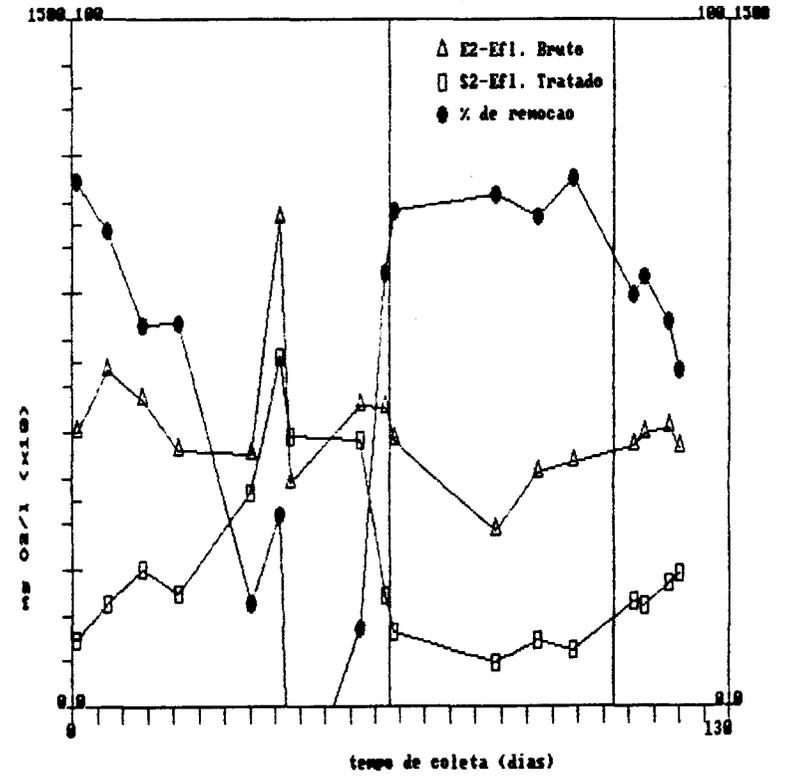


FIGURA 36. DBO: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

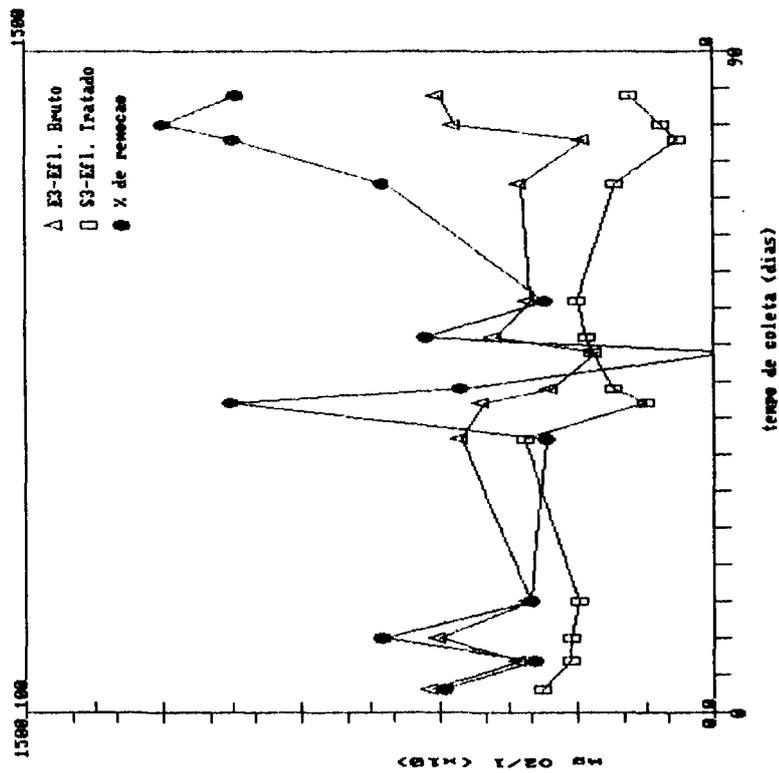


FIGURA 37. D00: Rampa n: 3 - FASE 1

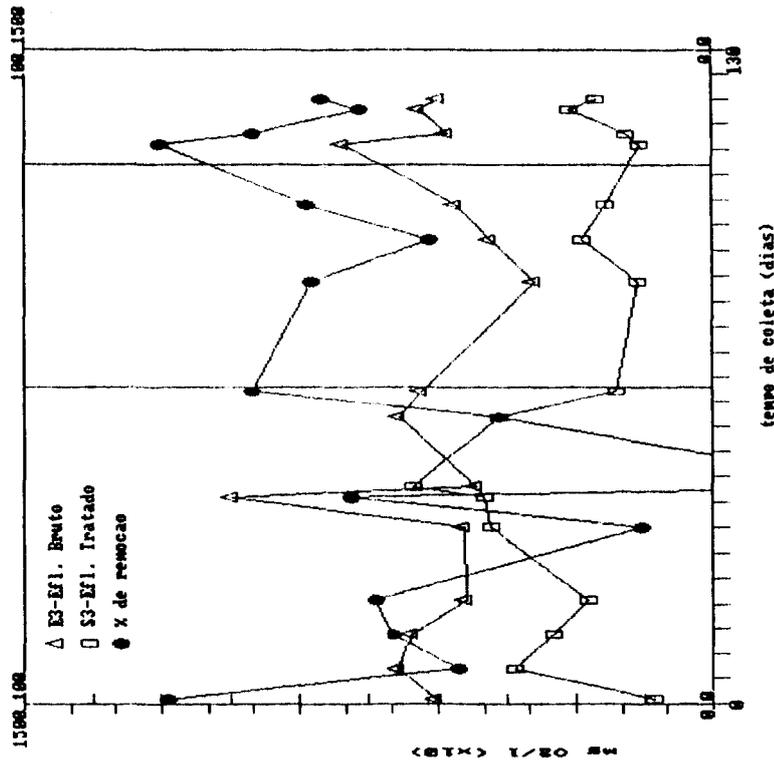


FIGURA 38. D00: Rampa n: 3 - FASES 2, 3 e 4

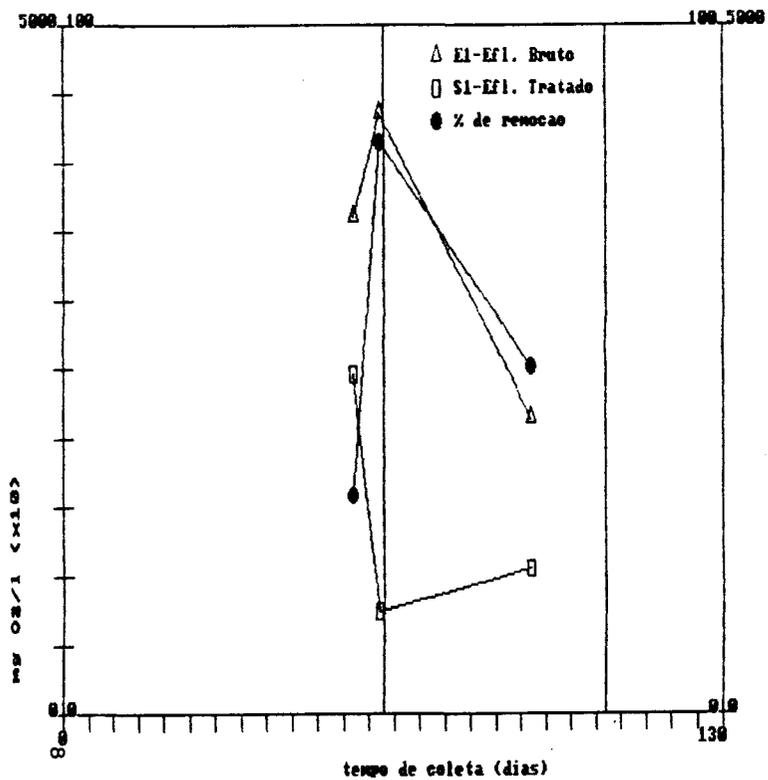


FIGURA 39. D80: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

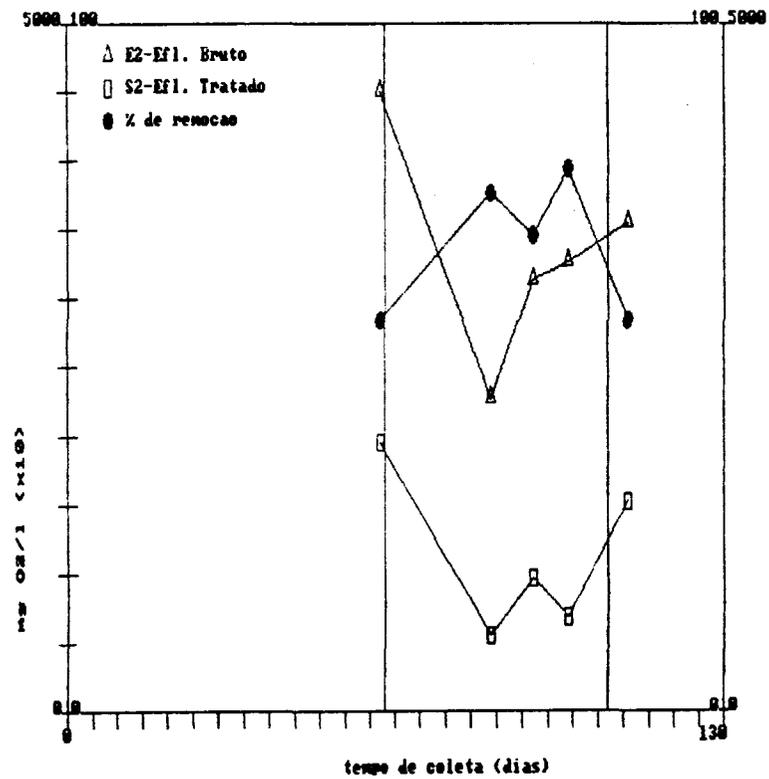


FIGURA 40. D80: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

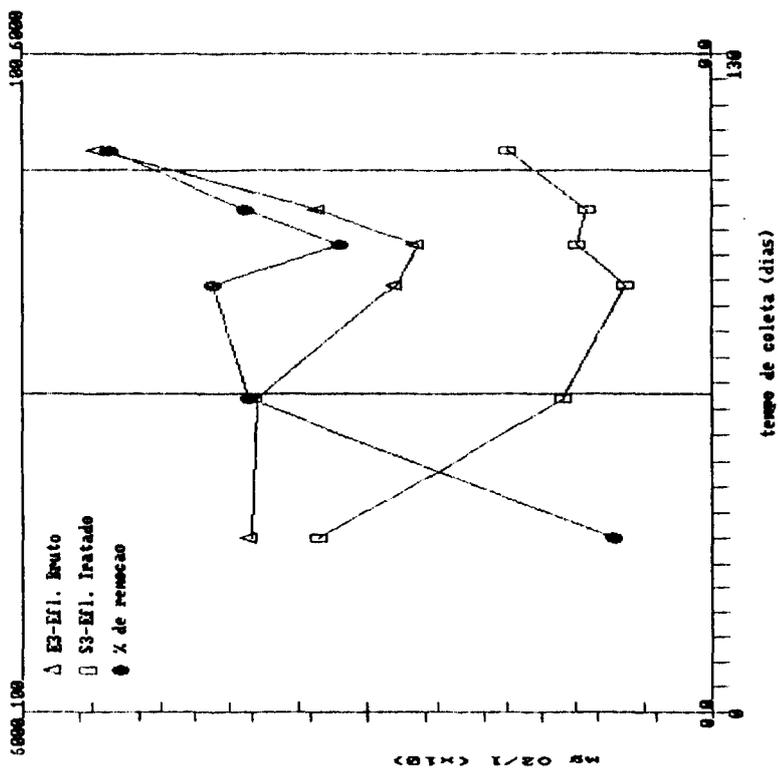


FIGURA 41. D80: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

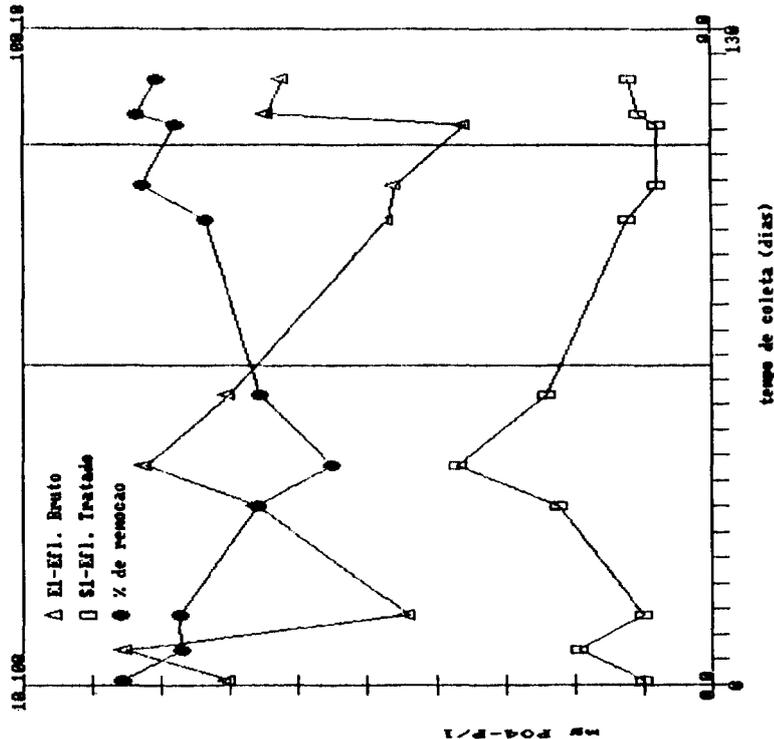


FIGURA 43. Fósforo Total: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

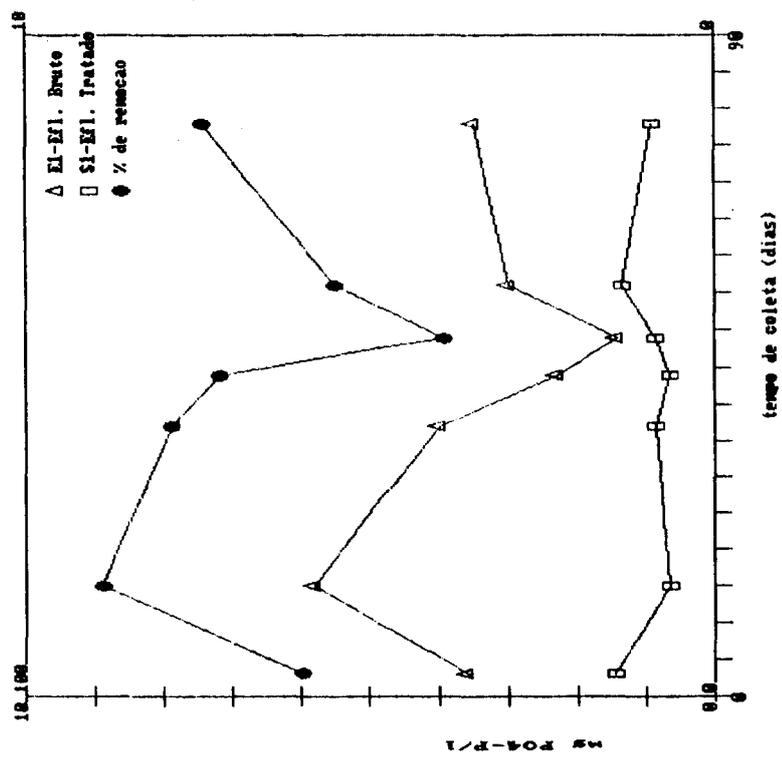


FIGURA 42. Fósforo Total: Rampa nº 1 - FASE 1

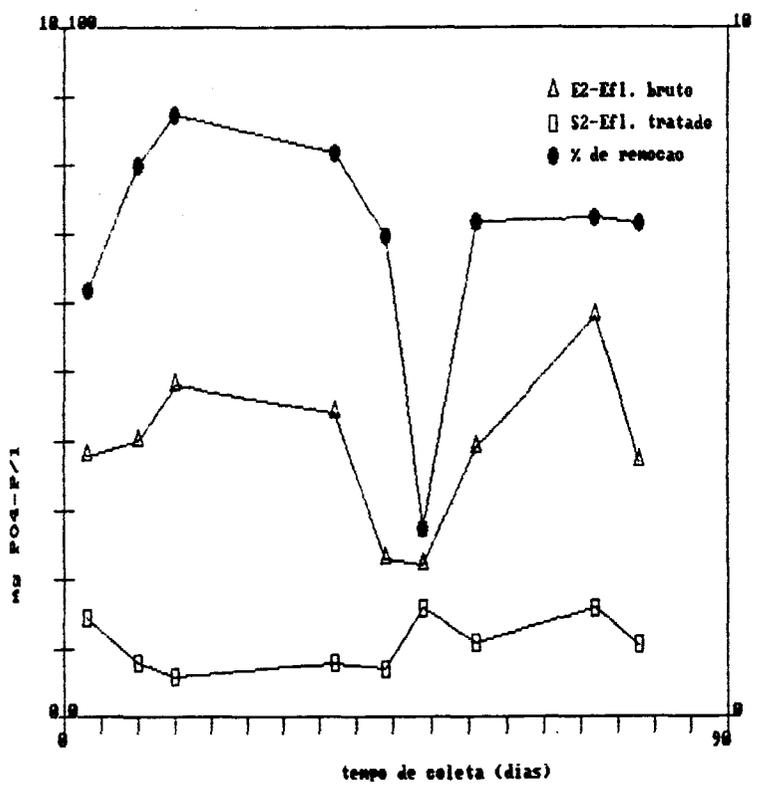


FIGURA 44. Fósforo Total: Rampa nº 2 - FASE 1

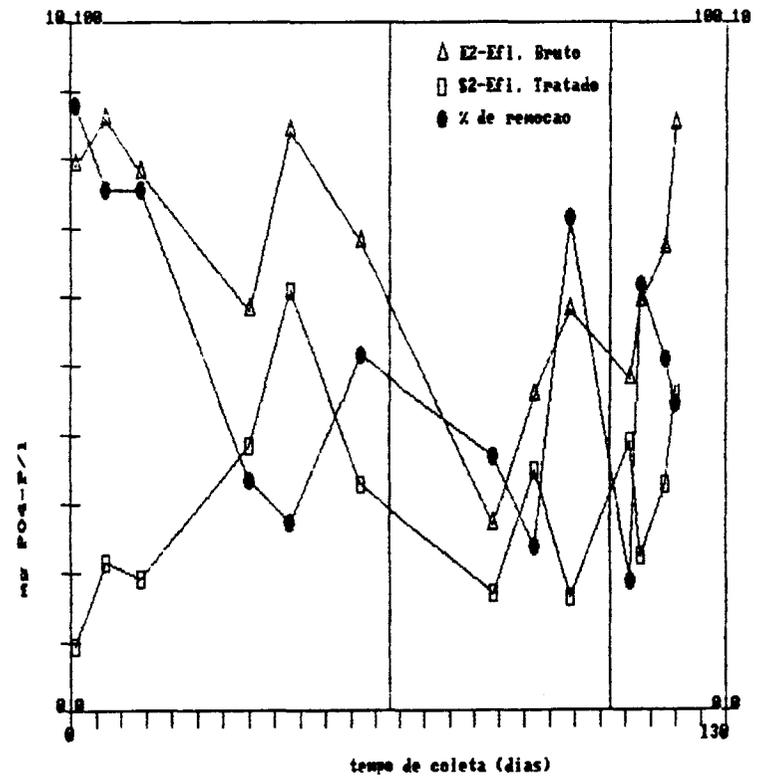


FIGURA 45. Fósforo Total: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

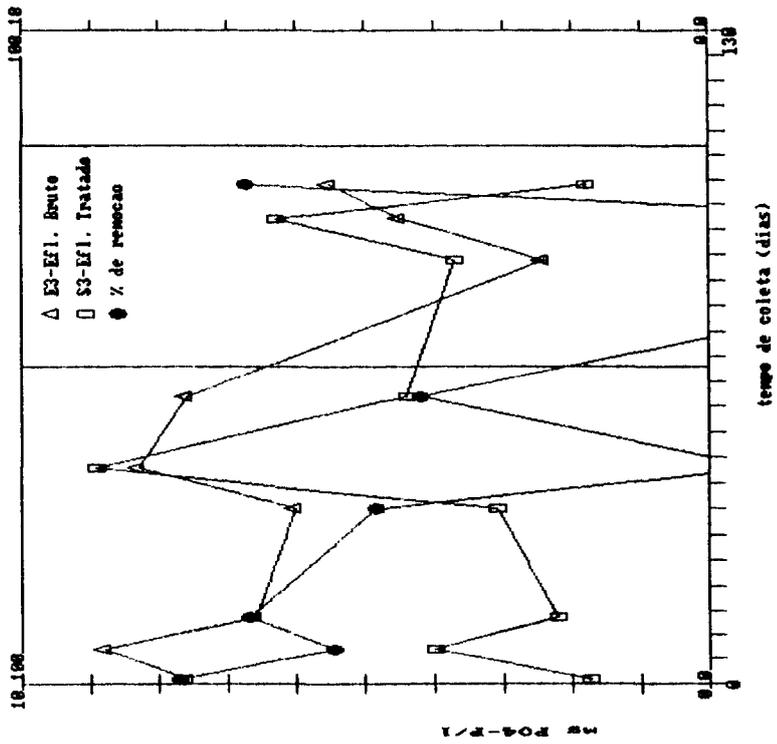


FIGURA 47. Fósforo Total: Rampa nº 3 - FASES 2 e 3

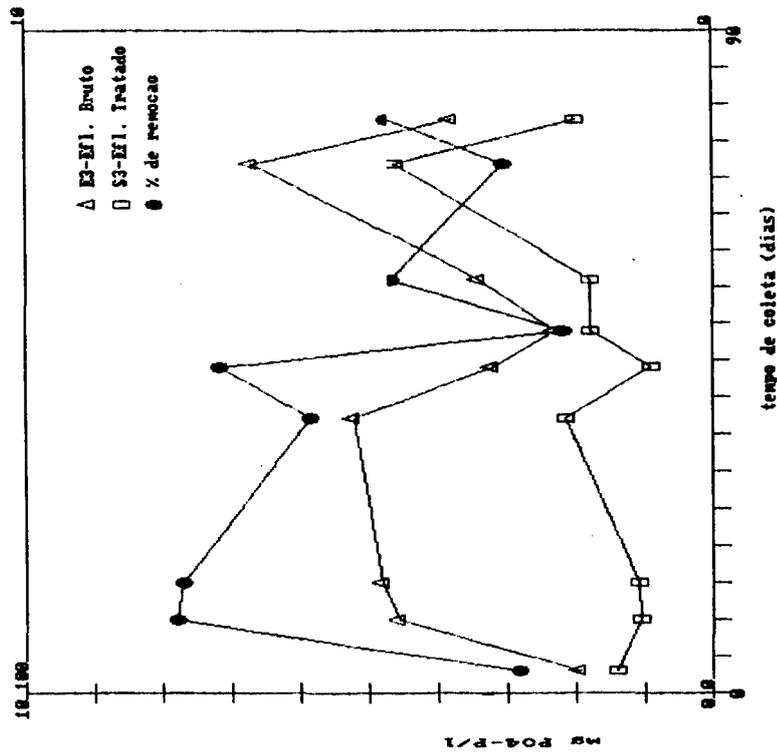


FIGURA 46. Fósforo Total: Rampa nº 3 - FASE 1

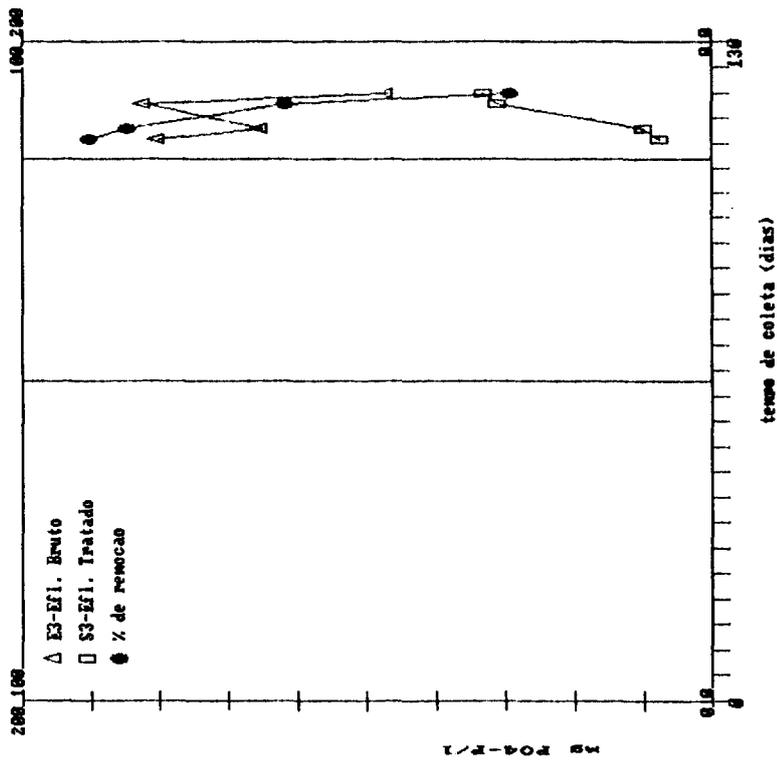


FIGURA 48. Fósforo Total: Rampa n: 3 - FASE 4

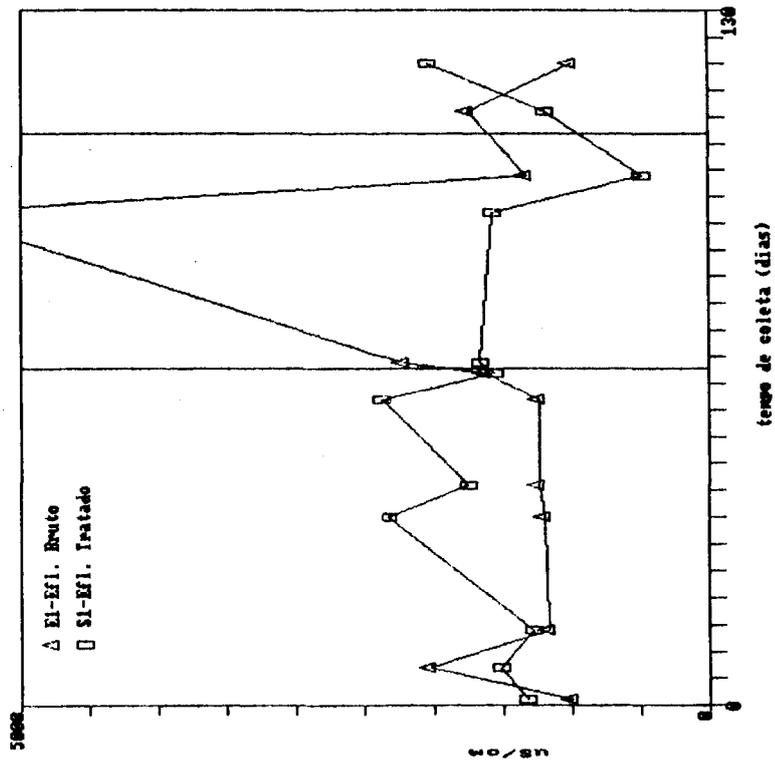


FIGURA 59. Condutividade: Rampa n: 1 - FASES 2, 3 e 4

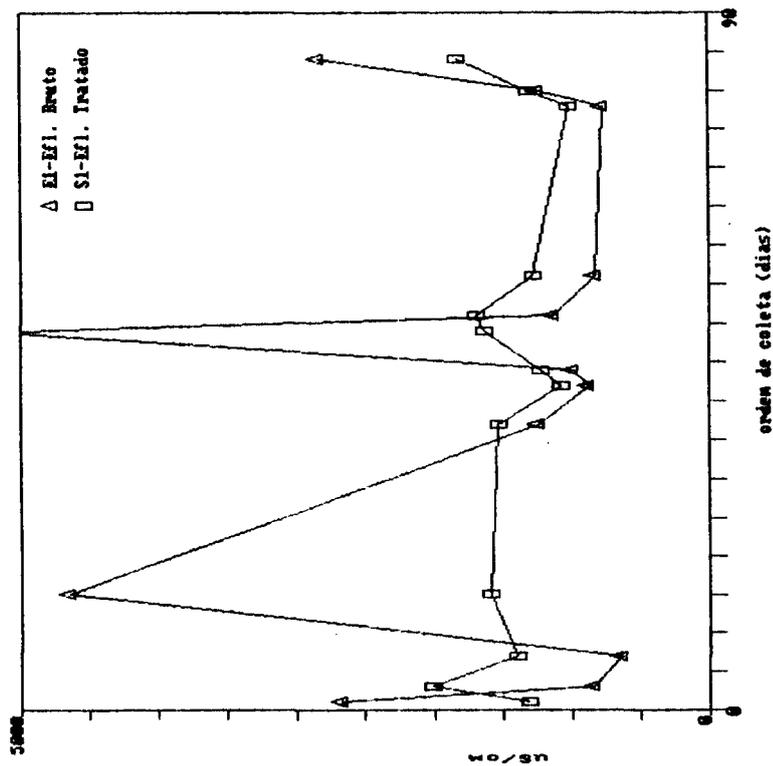


FIGURA 49. Condutividade: Rampa n: 1 - FASE 1

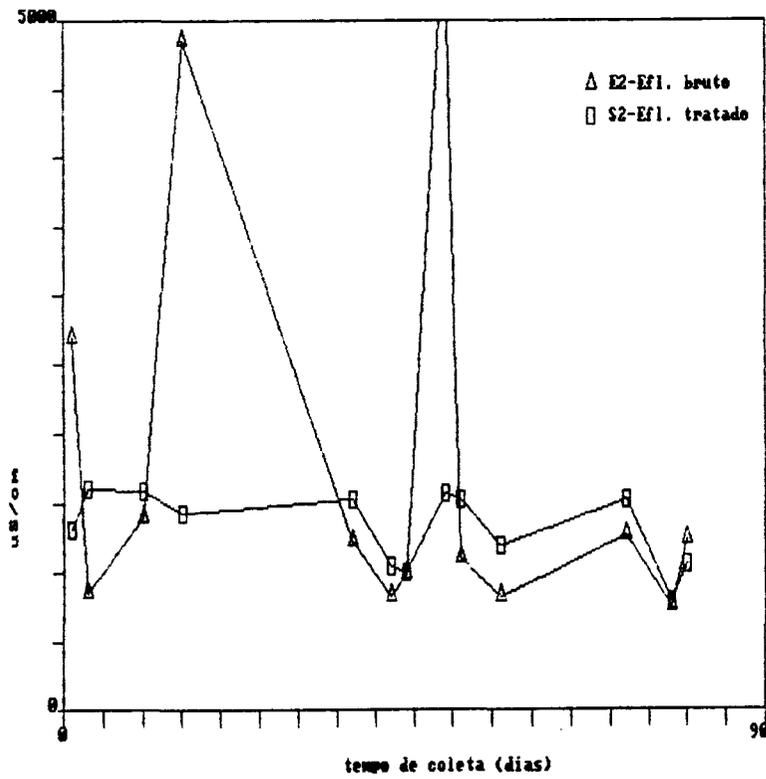


FIGURA 51. Condutividade: Rampa nº 2 - FASE 1

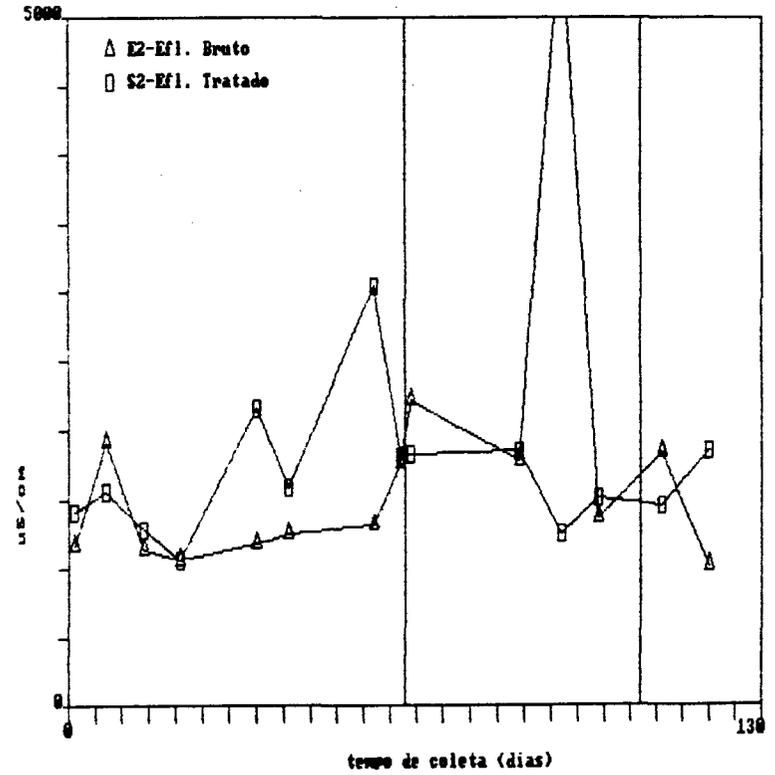


FIGURA 52. Condutividade: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

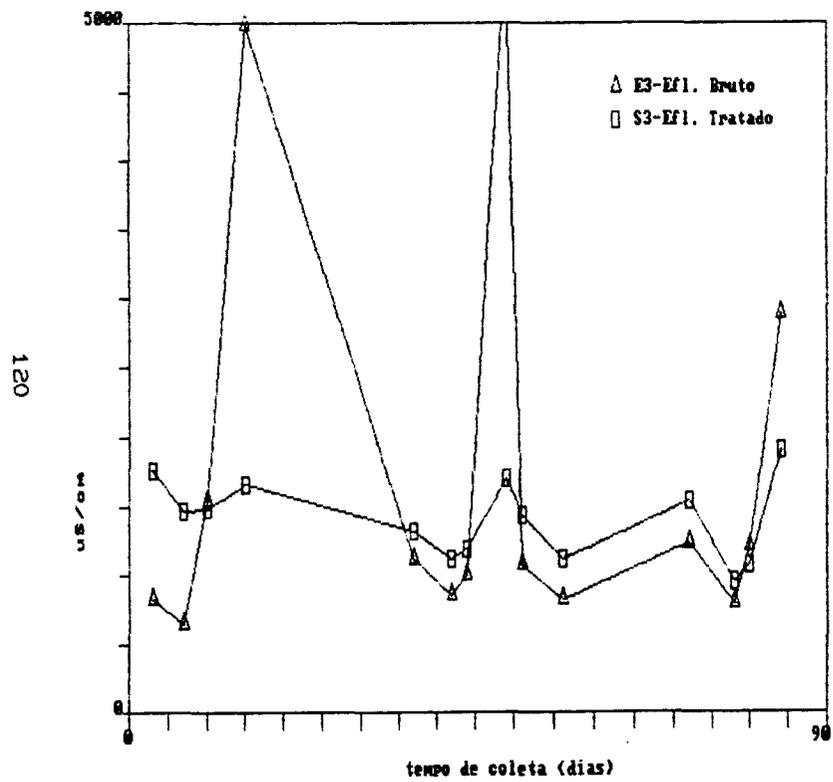


FIGURA 53. Condutividade: Rampa nº 3 - FASE 1

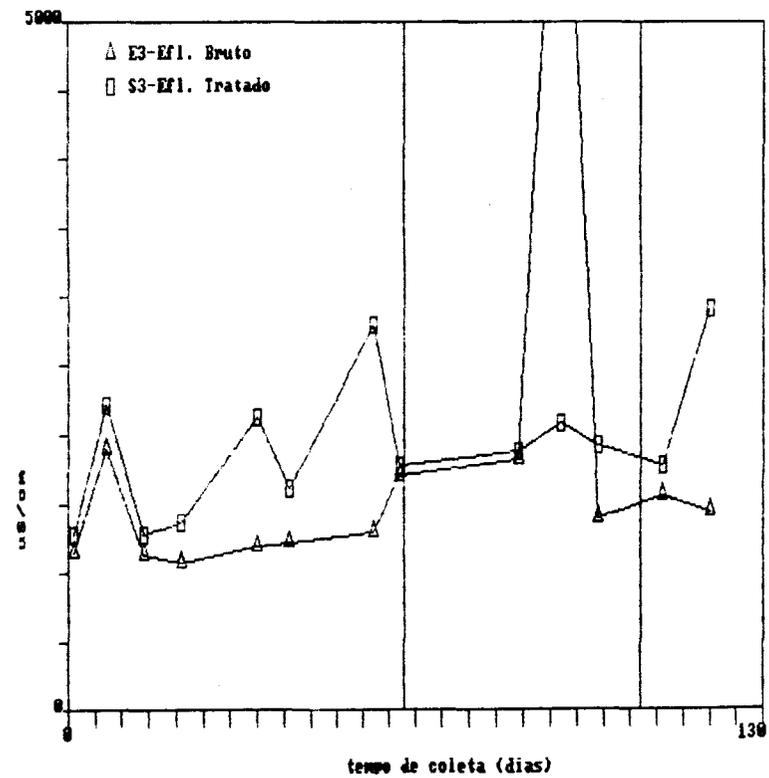


FIGURA 54. Condutividade: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

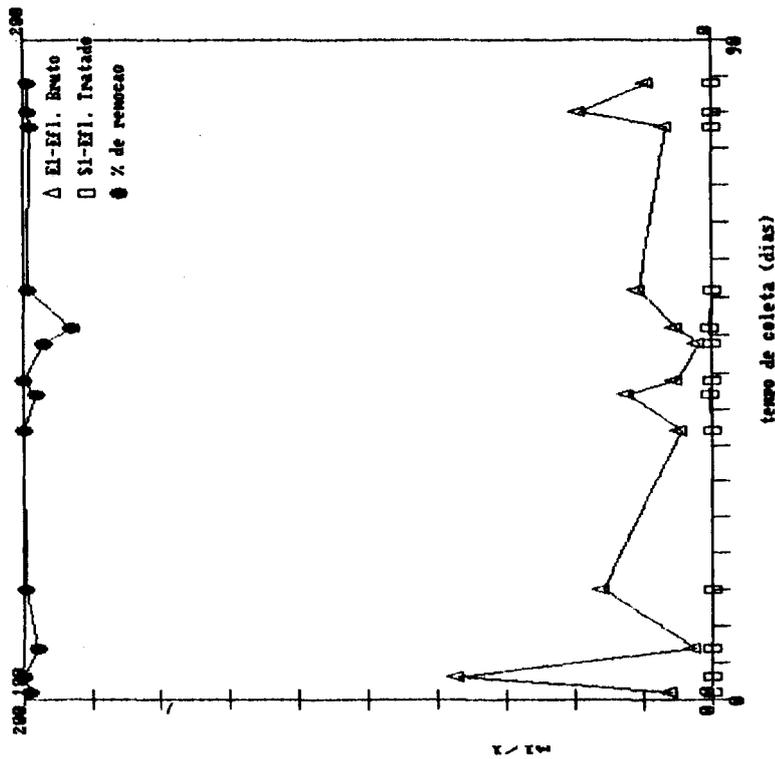


FIGURA 55. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 1 - FASE 1

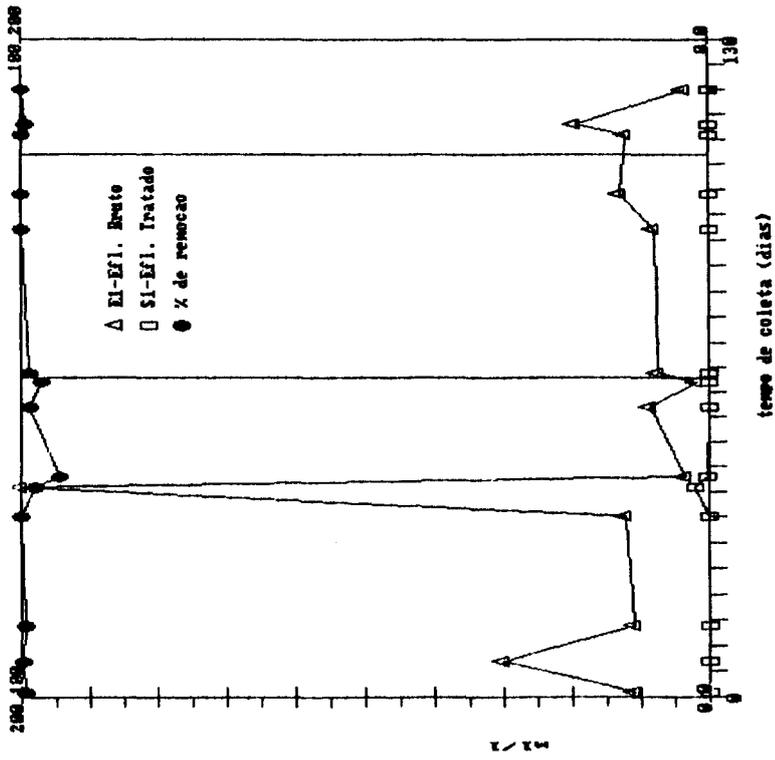


FIGURA 56. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

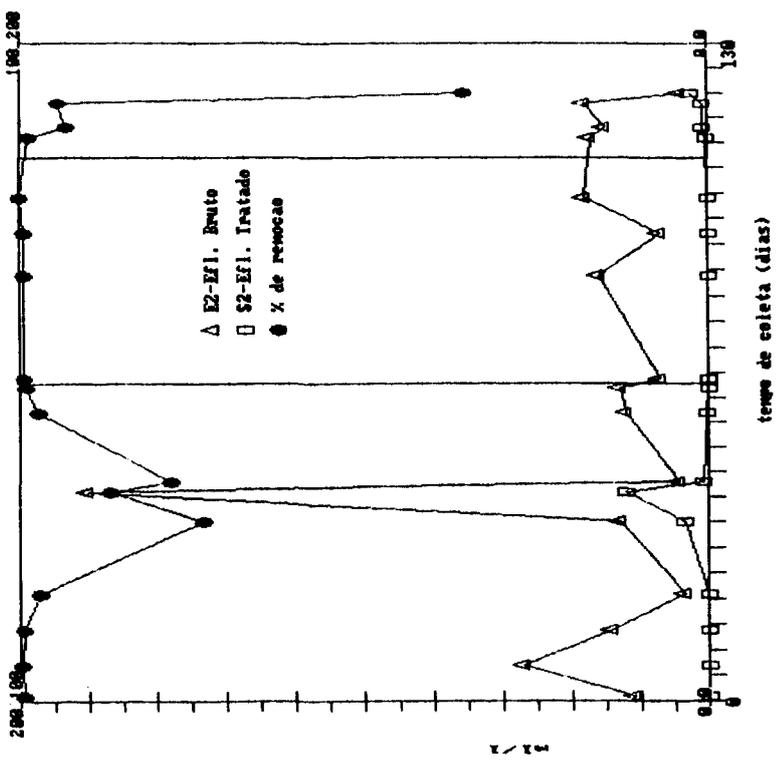


FIGURA 58. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

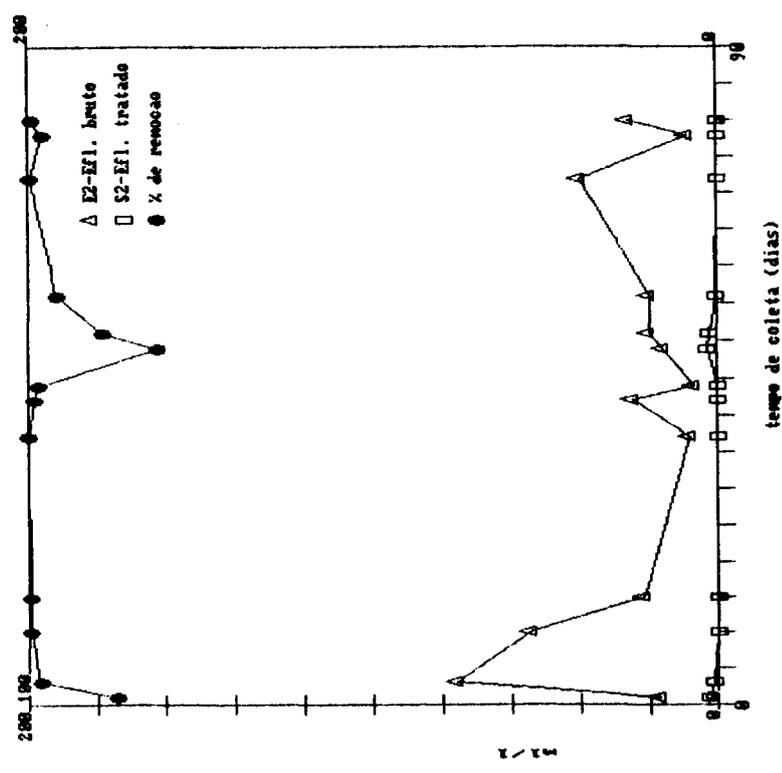


FIGURA 57. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 2 - FASE 1

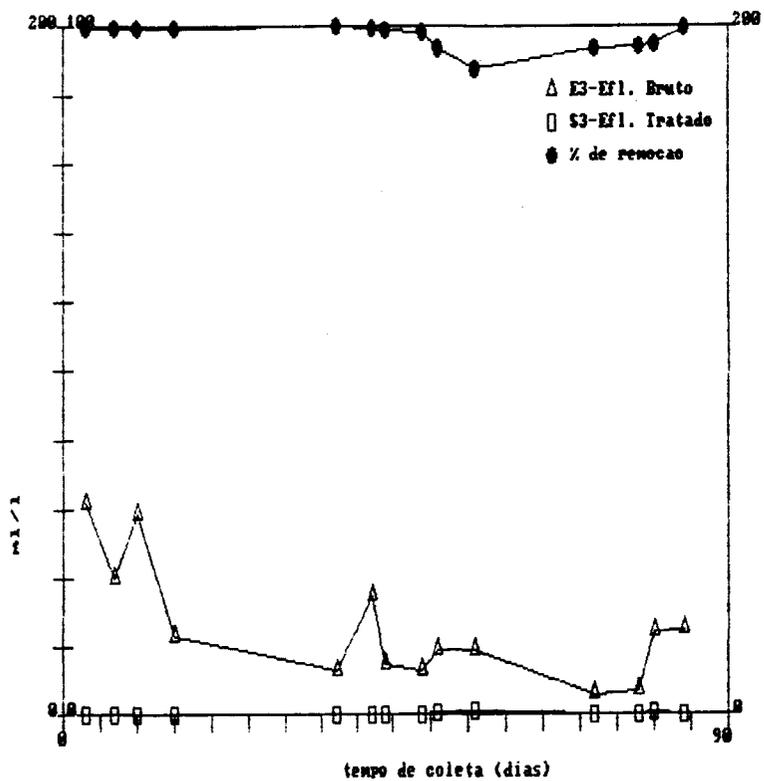


FIGURA 59. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 3 - FASE 1

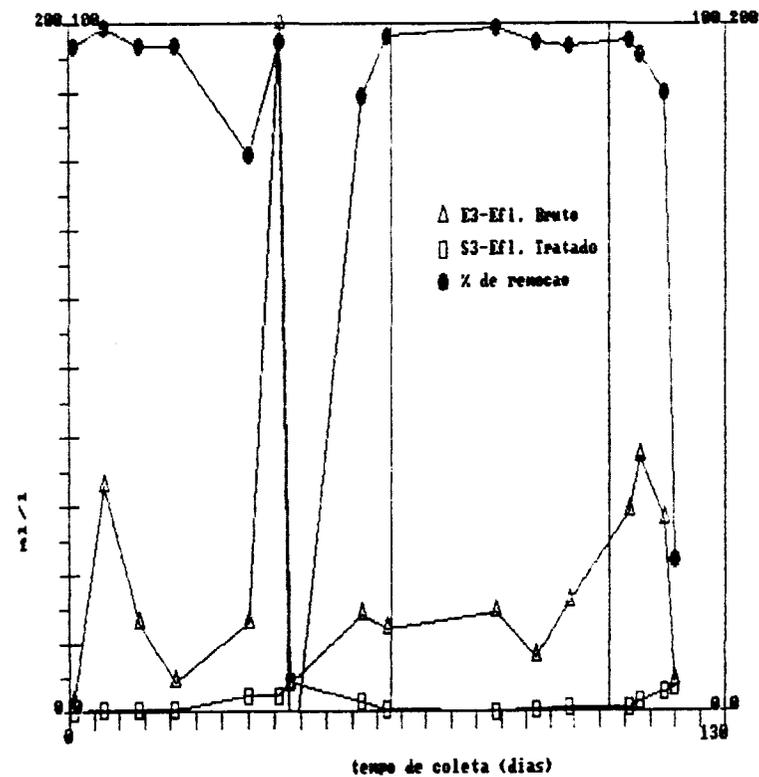


FIGURA 60. Sól. Sedimentáveis: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

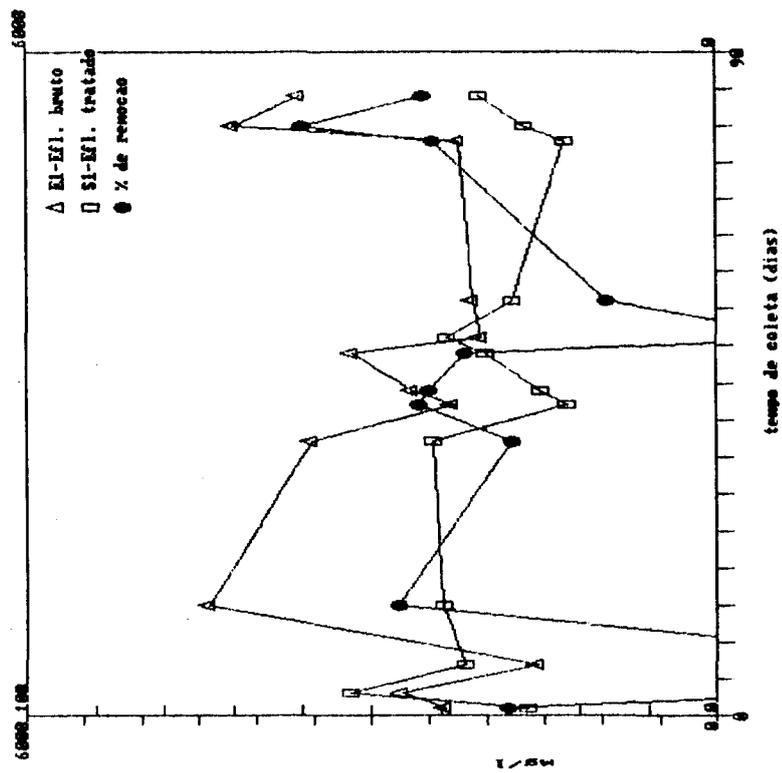


FIGURA 61. Sól. Totais: Rampa n: 1 - FASE 1

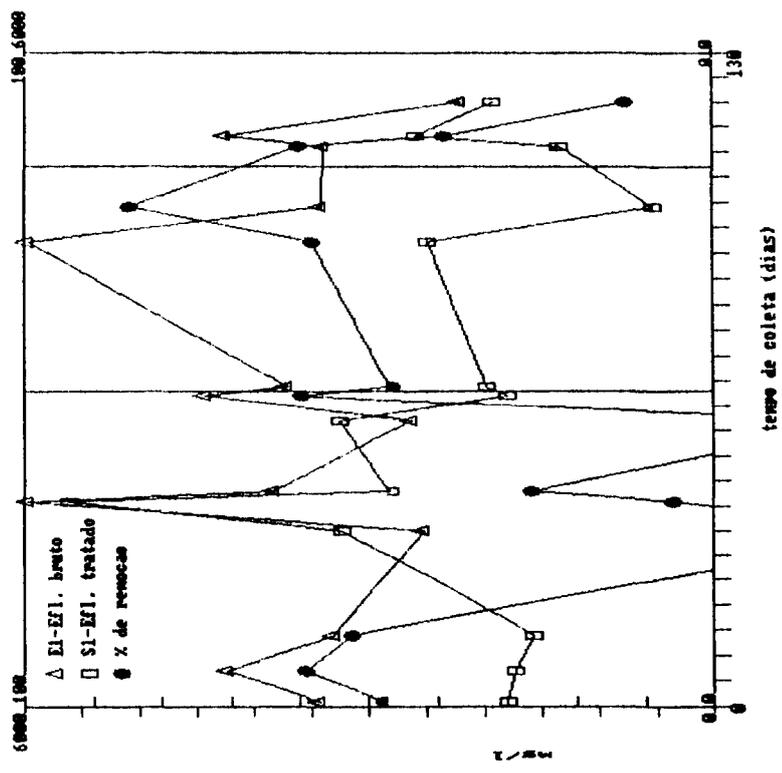


FIGURA 62. Sól. Totais: Rampa n: 1 - FASES 2, 3 e 4

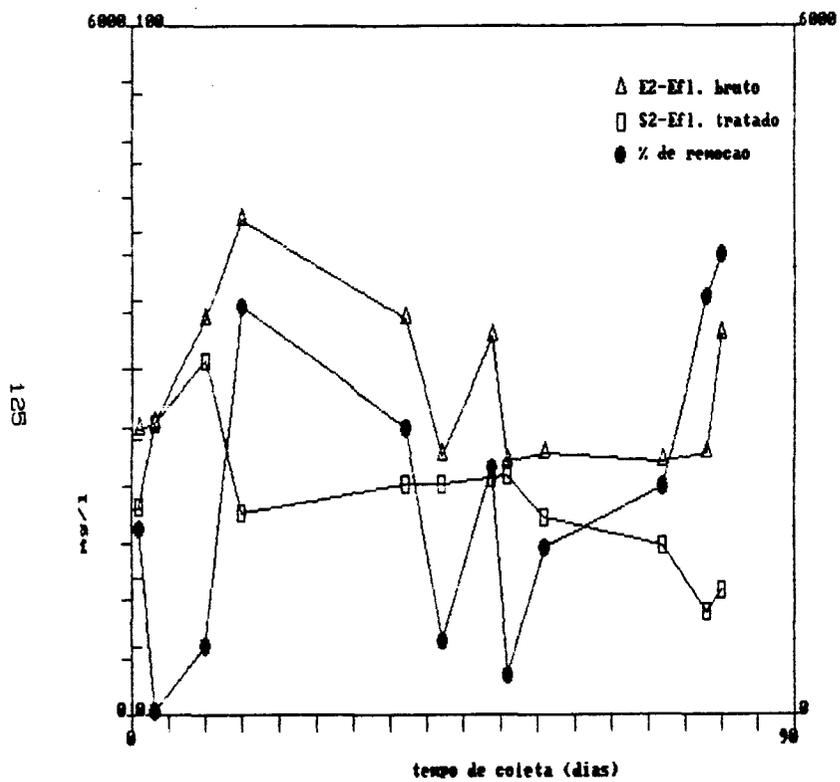


FIGURA 63. Sól. Totais: Rampa nº 2 - FASE 1

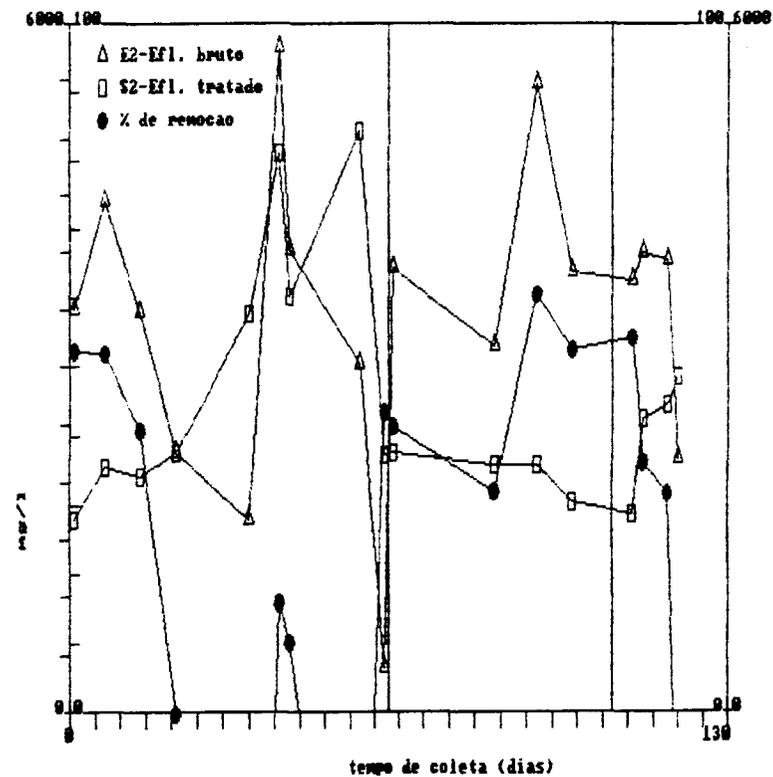


FIGURA 64. Sól. Totais: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

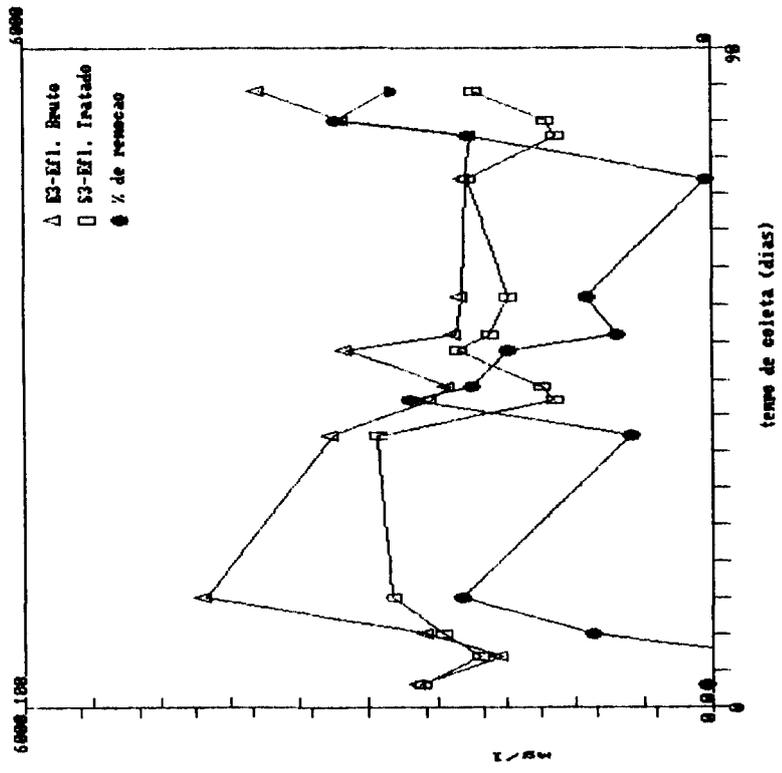


FIGURA 65. Sól. Totais: Rampa nº 3 - FASE 1

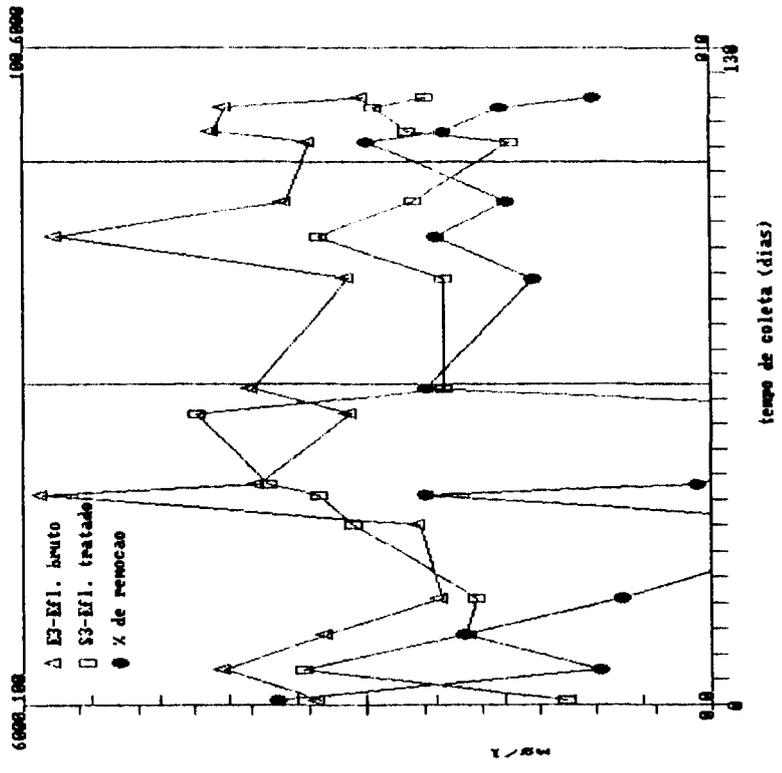


FIGURA 66. Sól. Totais: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

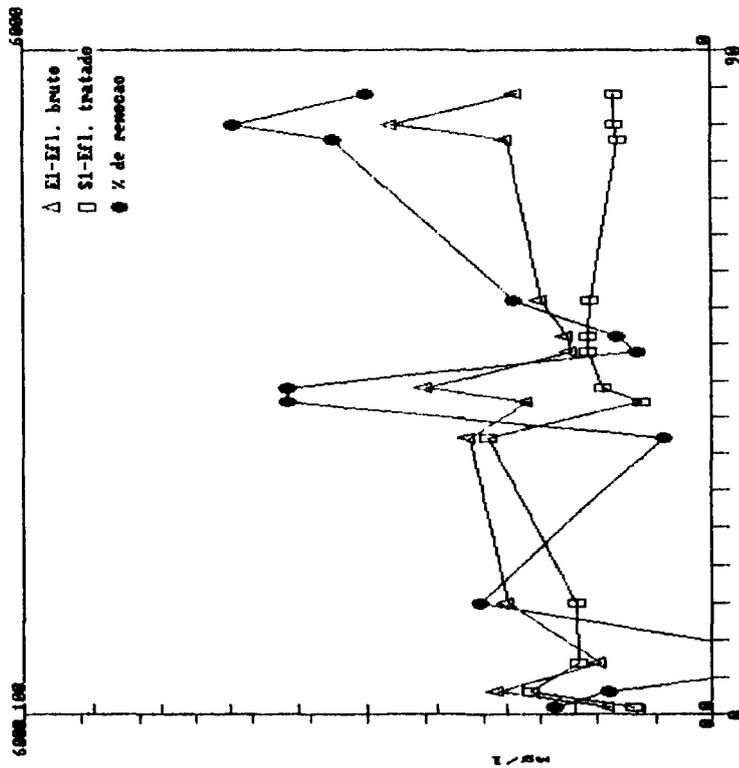


FIGURA 67. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 1 - FASE 1

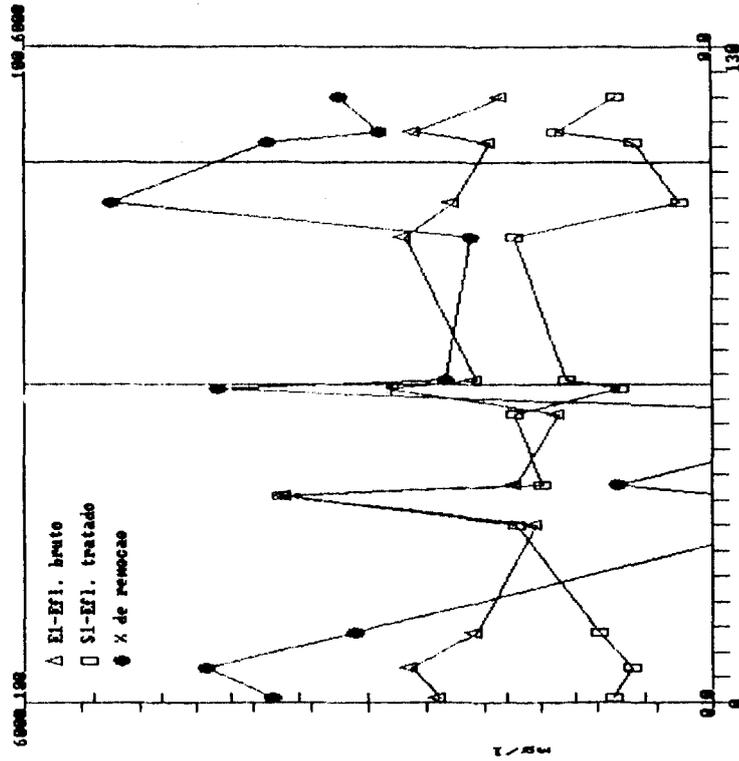


FIGURA 68. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

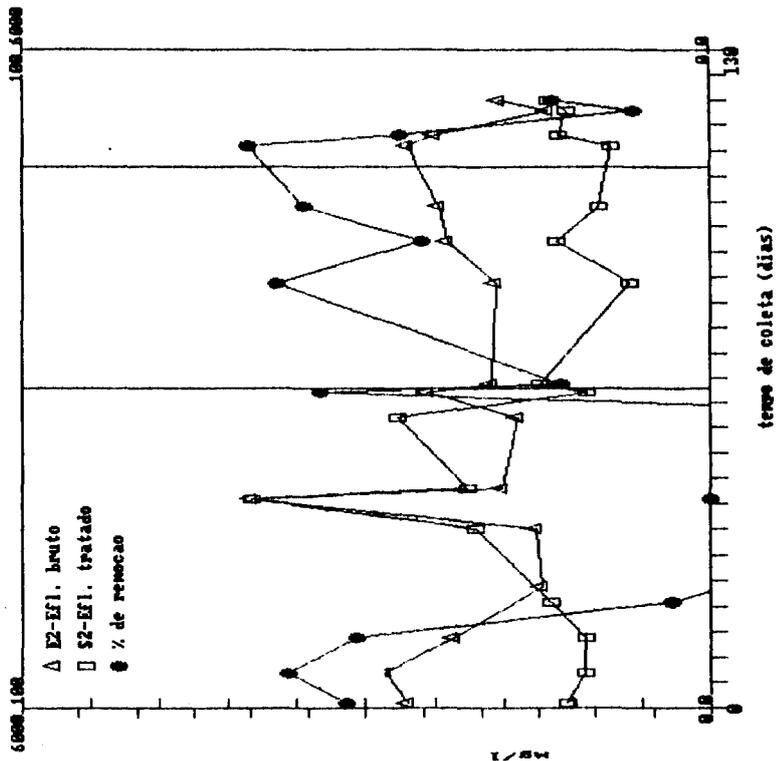


FIGURA 70. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

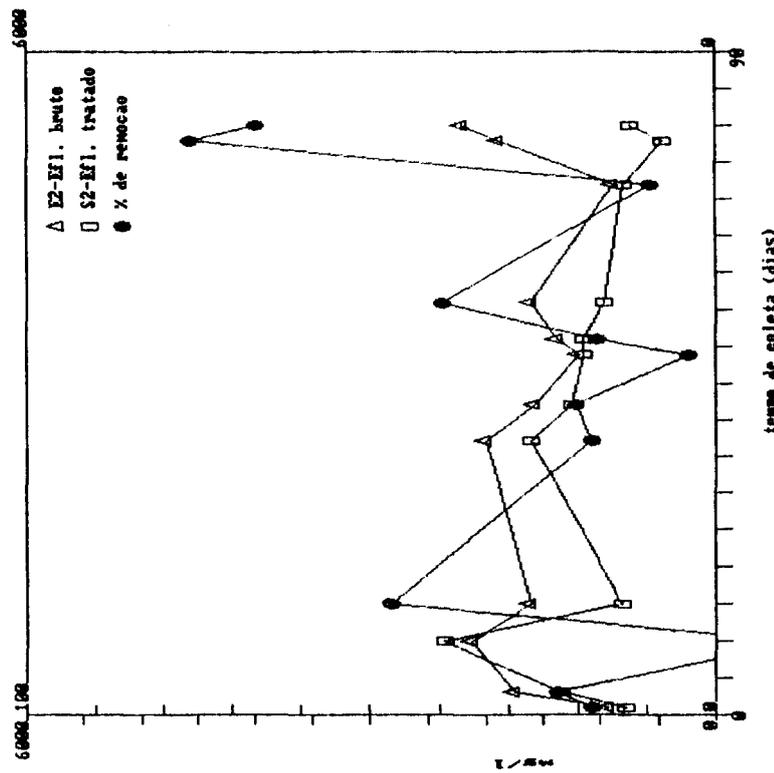


FIGURA 69. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 2 - FASE 1

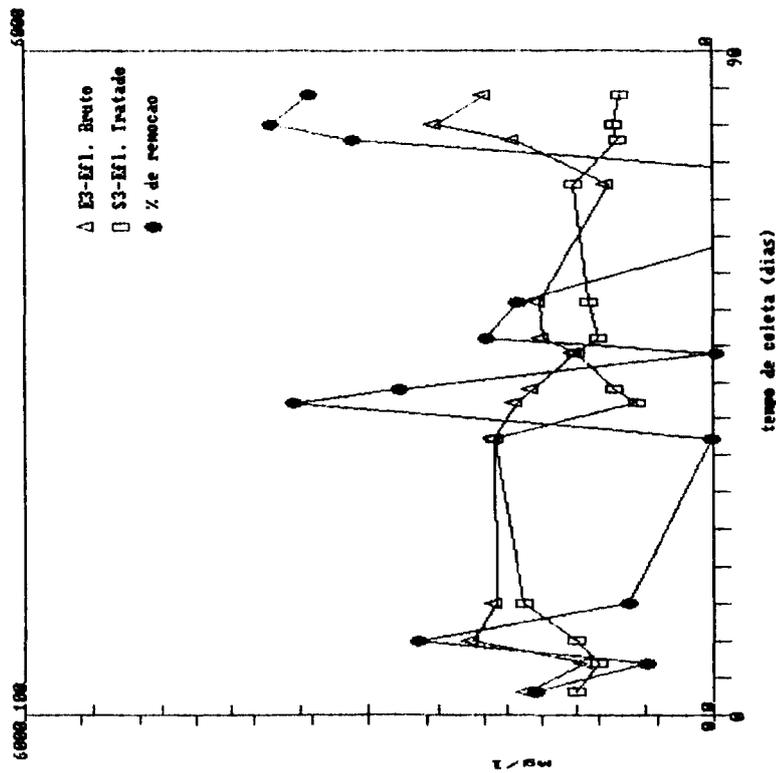


FIGURA 71. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 3 - FASE 1

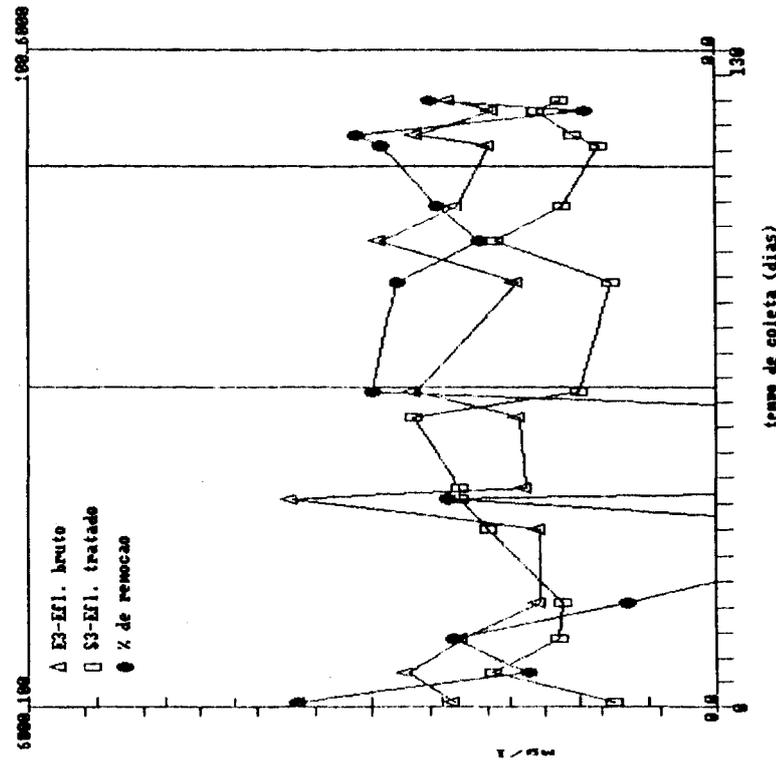


FIGURA 72. Sól. Tot. Voláteis: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

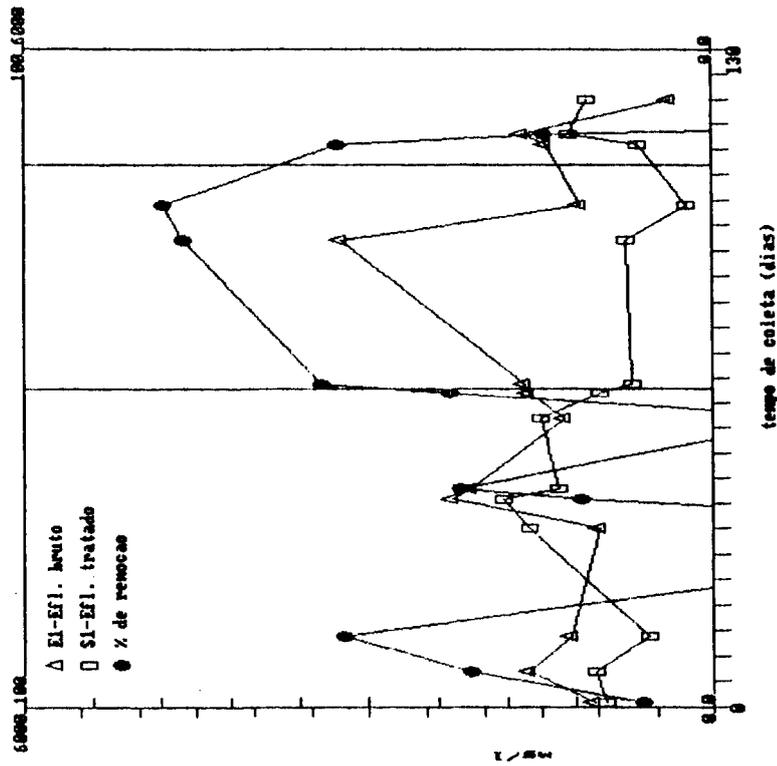


FIGURA 74. Sól. Tot. Fixos: Rampa n: 1 - FASES 2, 3 e 4

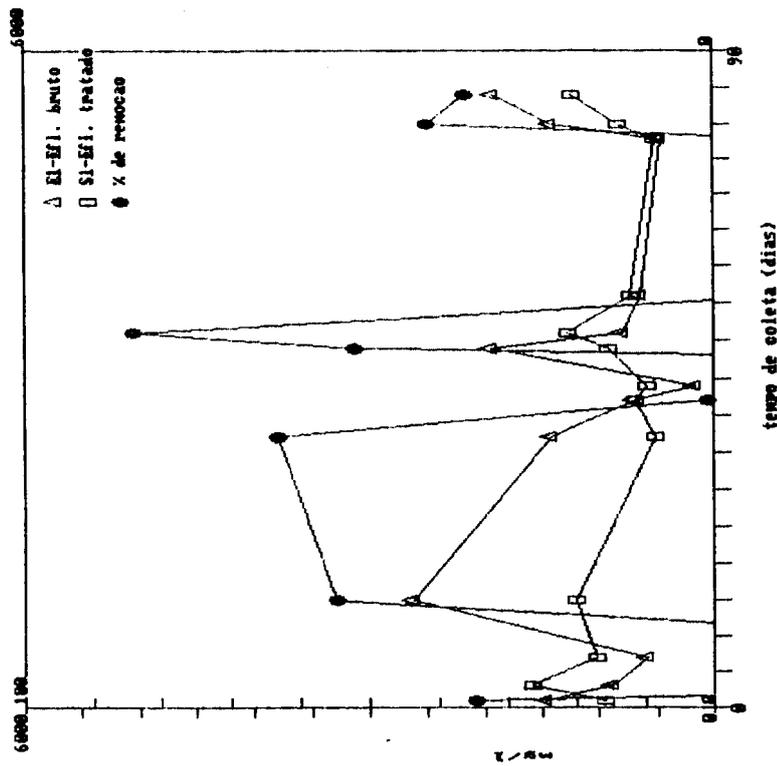


FIGURA 73. Sól. Tot. Fixos: Rampa n: 1 - FASE 1

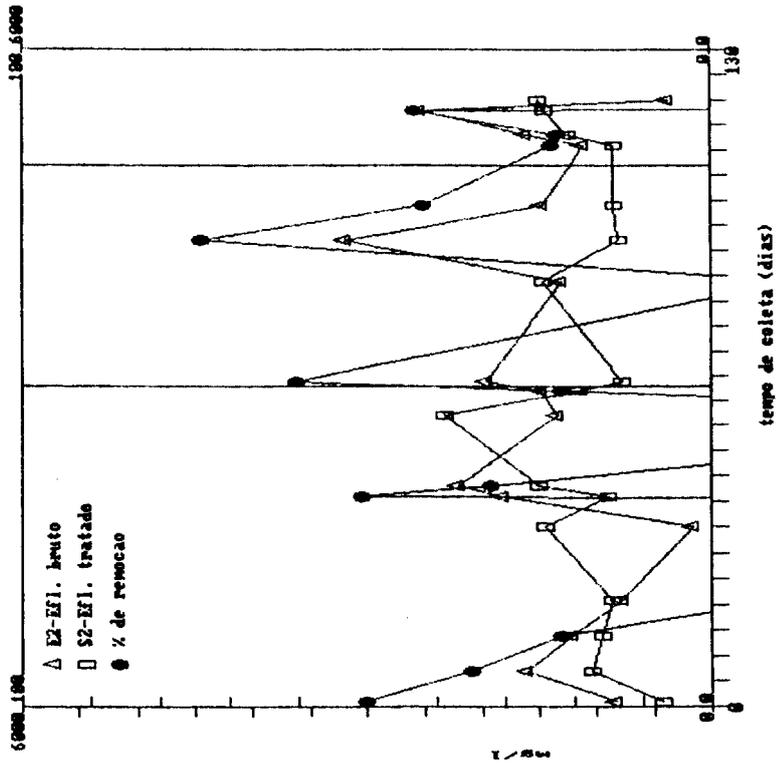


FIGURA 76. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

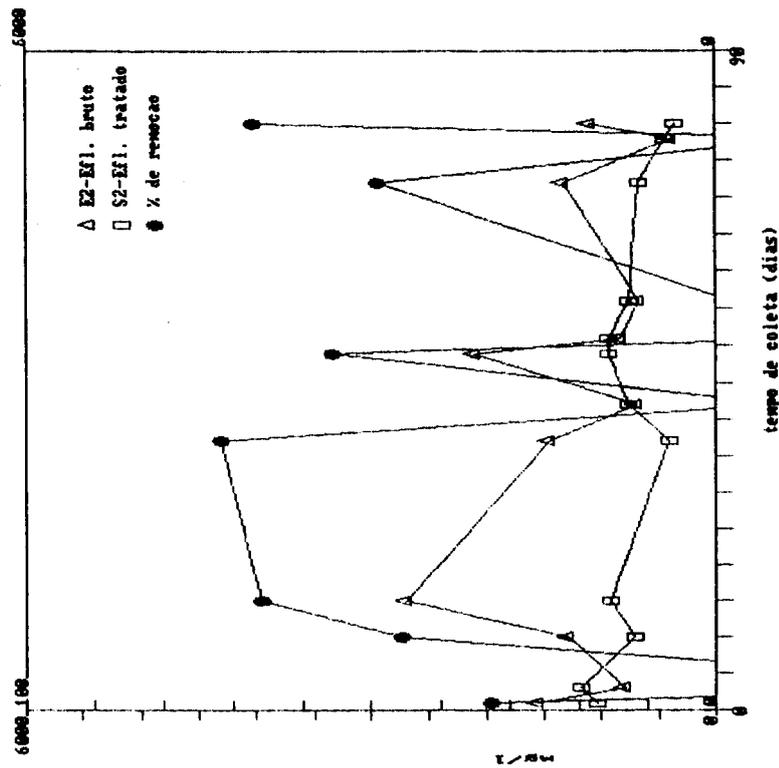


FIGURA 75. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 2 - FASE 1

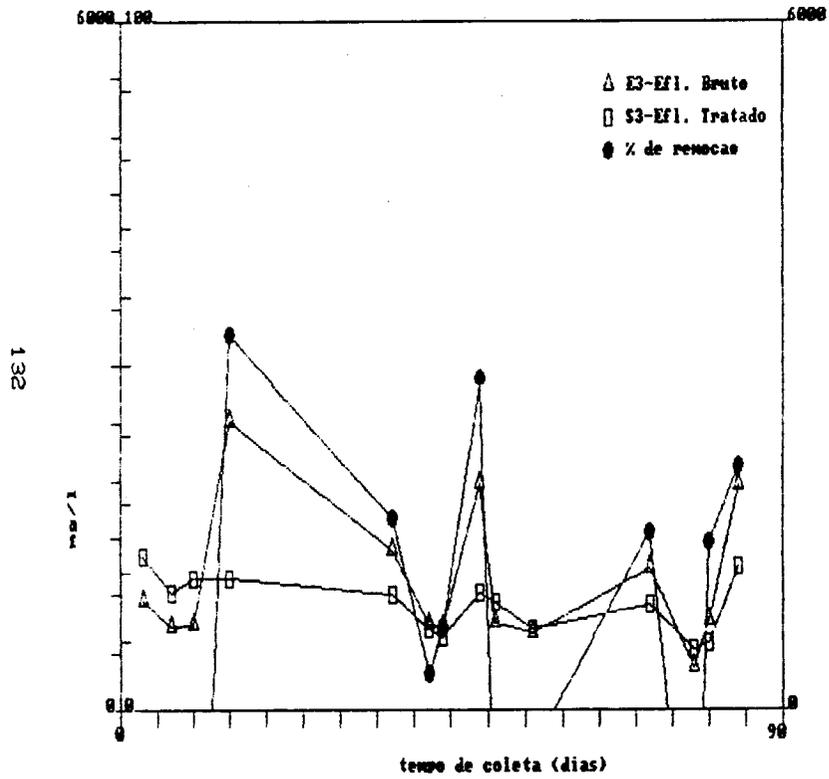


FIGURA 77. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 3 - FASE 1

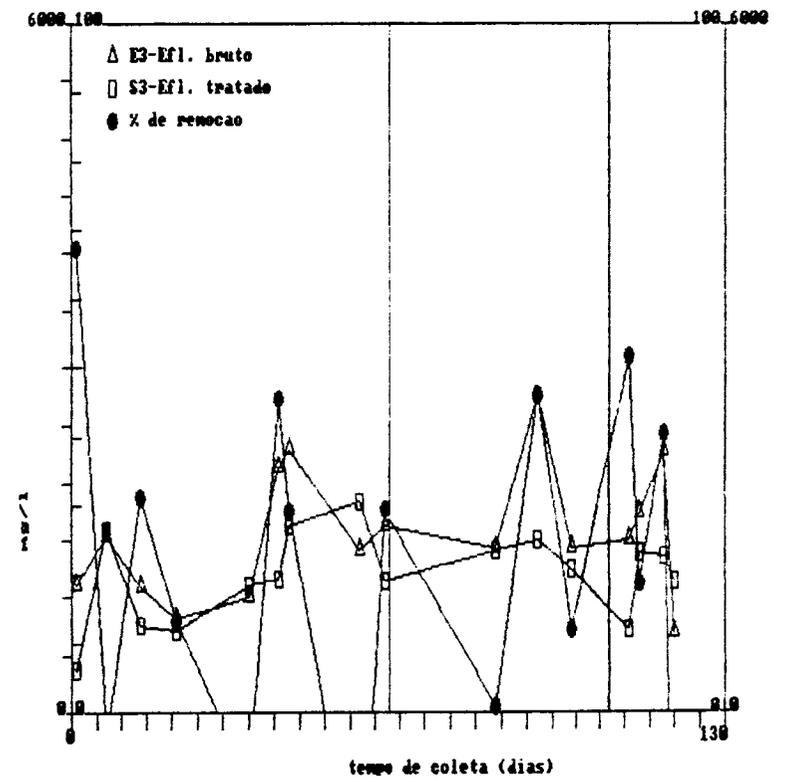


FIGURA 78. Sól. Tot. Fixos: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

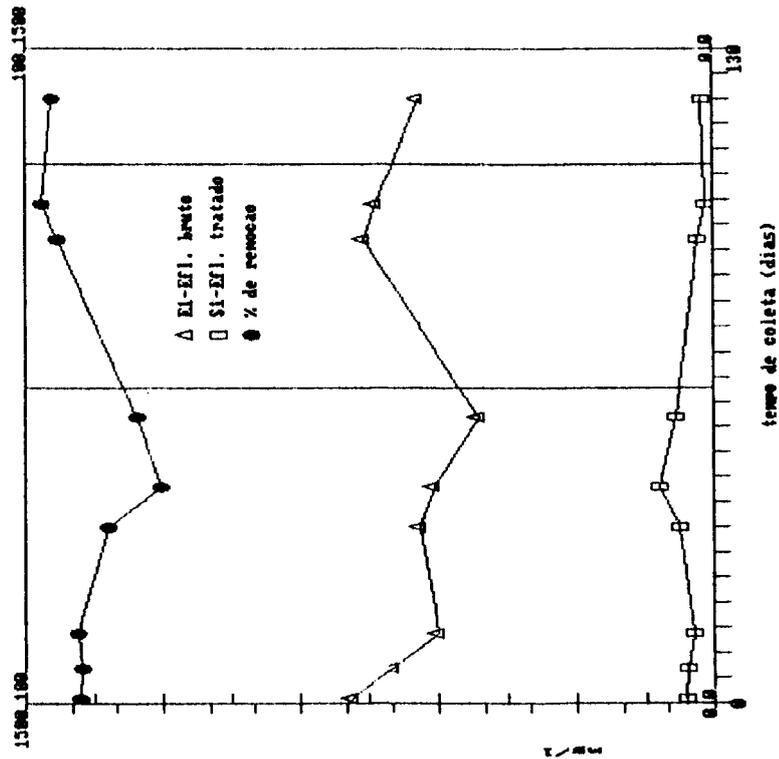


FIGURA 80. Sól. Susp. Totais: Rampa n° 1 - FASES 2, 3 e 4

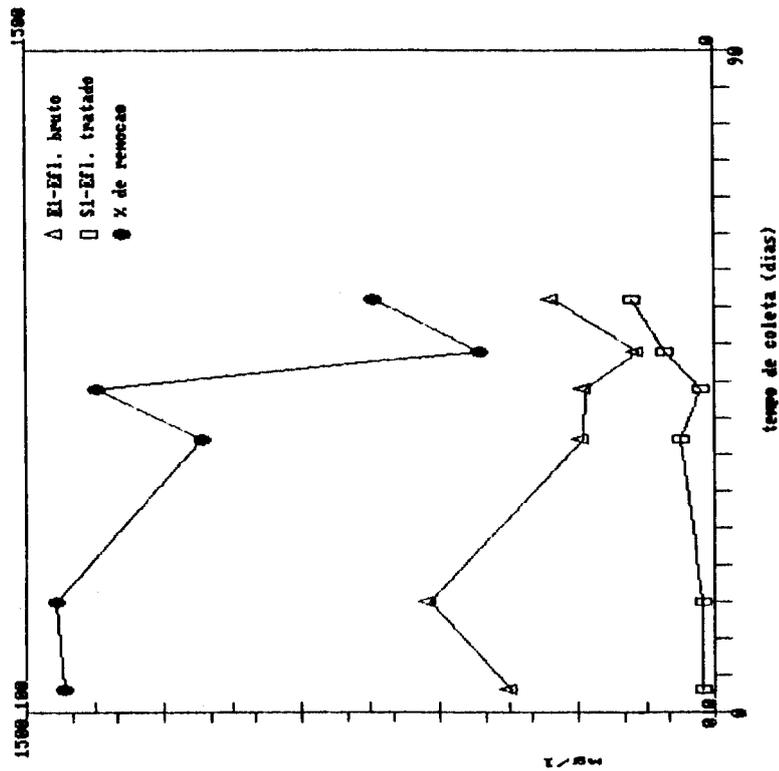


FIGURA 79. Sól. Susp. Totais: Rampa n° 1 - FASE 1

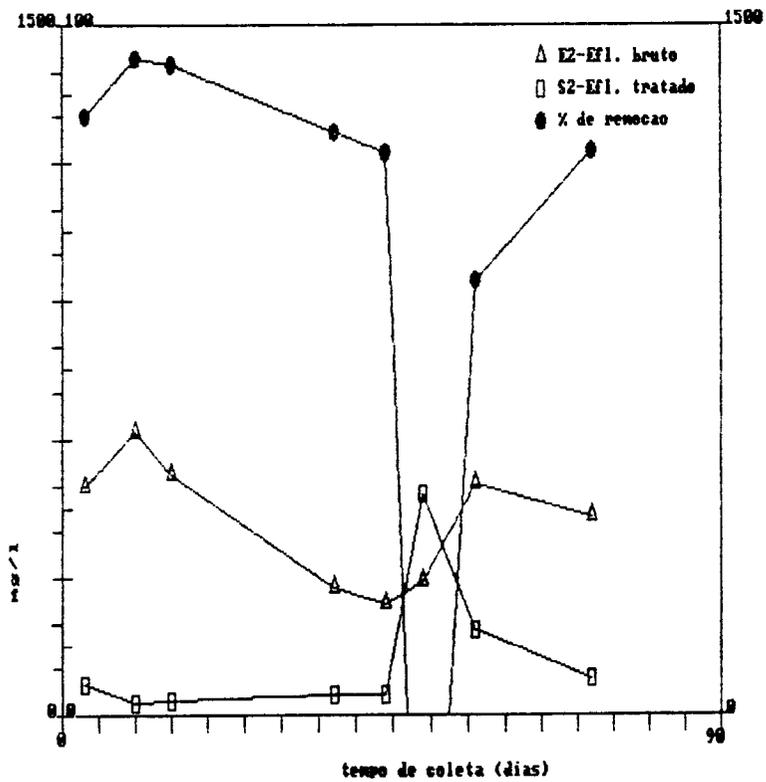


FIGURA 81. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 2 - FASE 1

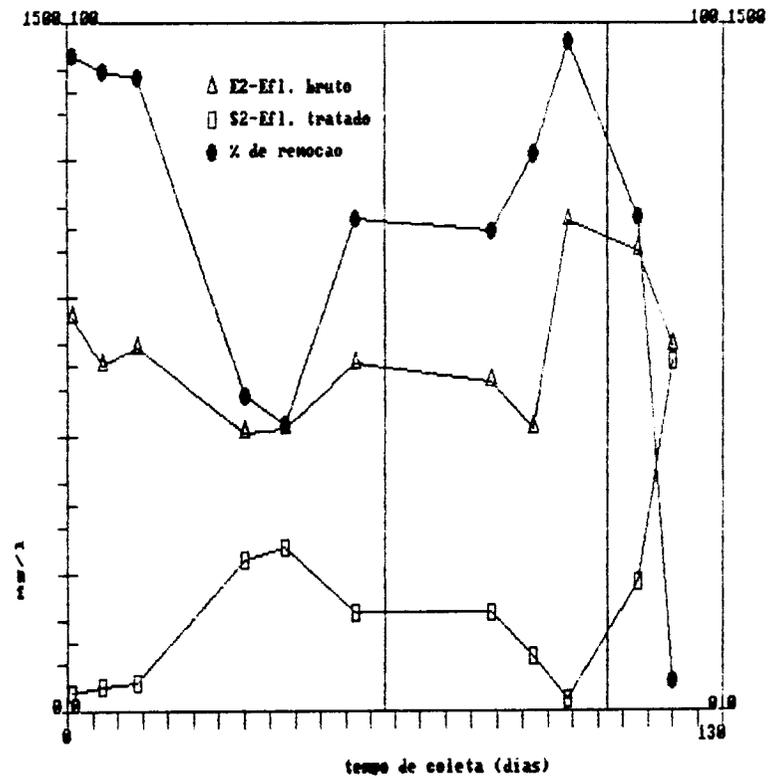


FIGURA 82. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

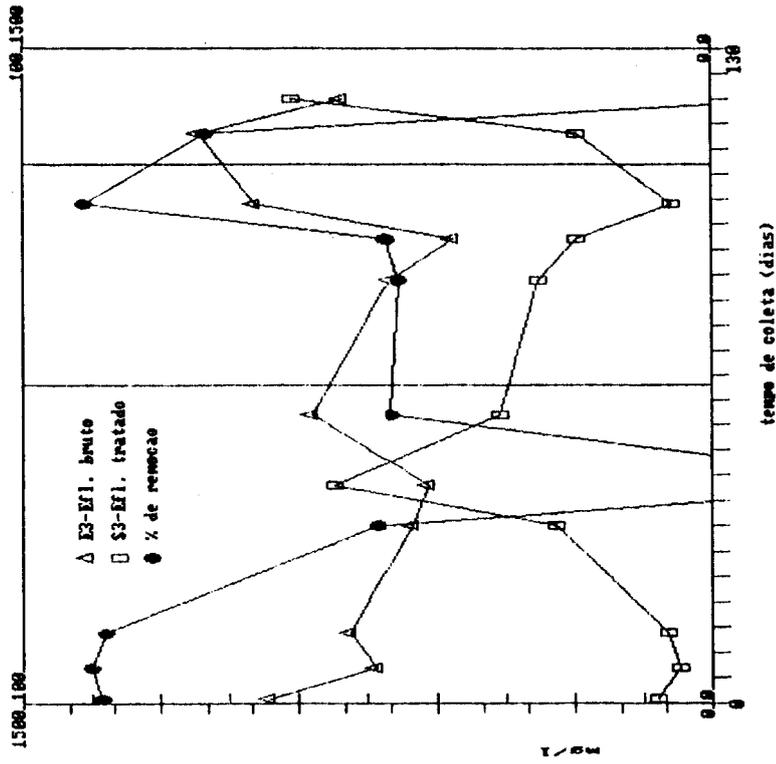


FIGURA 84. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

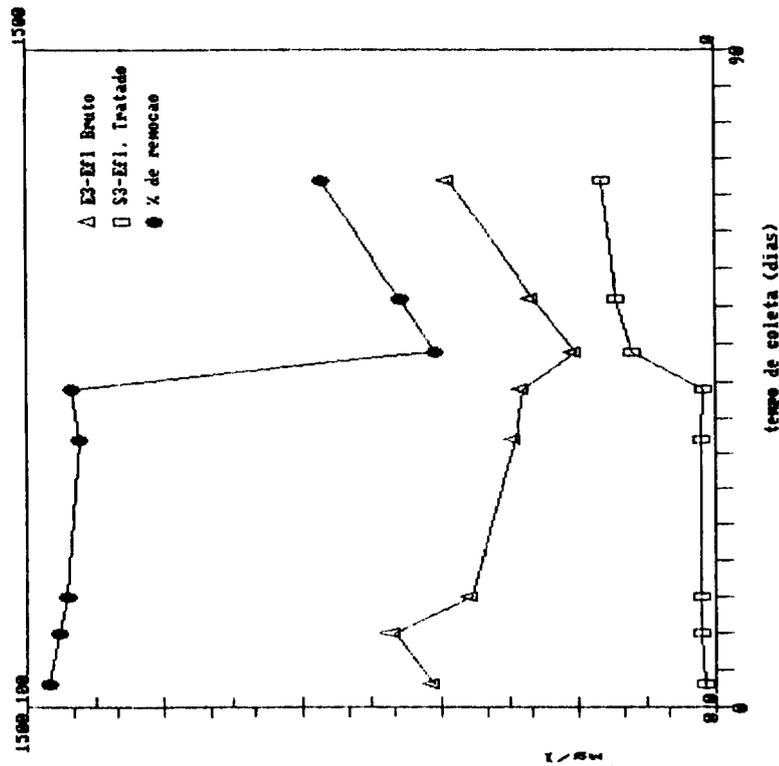


FIGURA 83. Sól. Susp. Totais: Rampa nº 3 - FASE 1

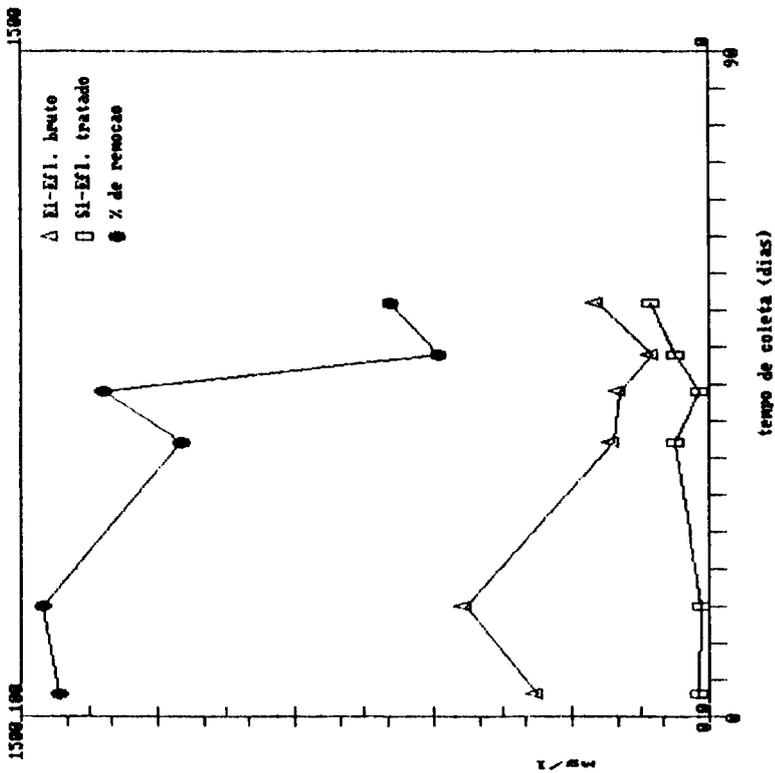


FIGURA 85. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 1 - FASE 1

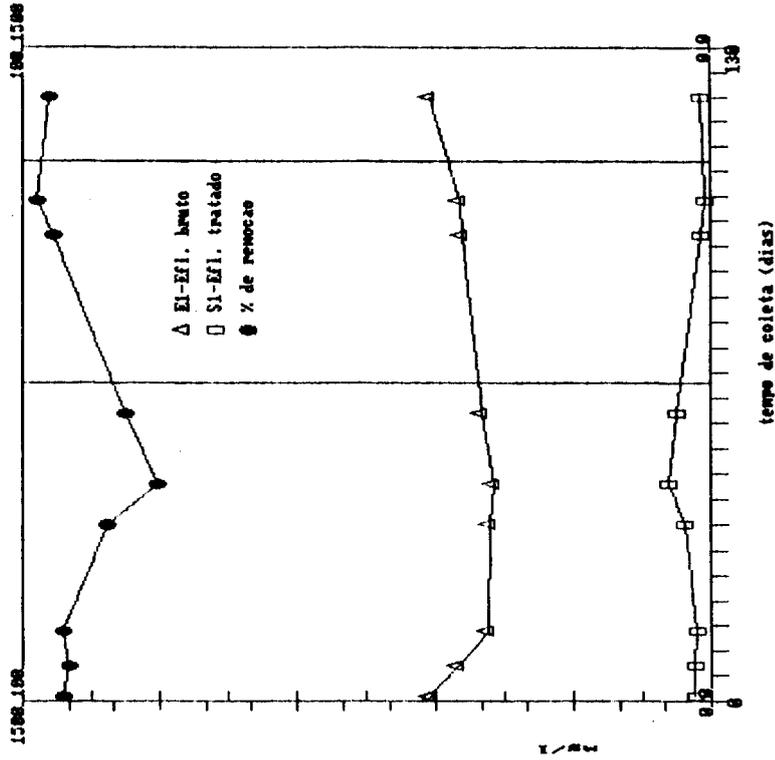


FIGURA 86. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

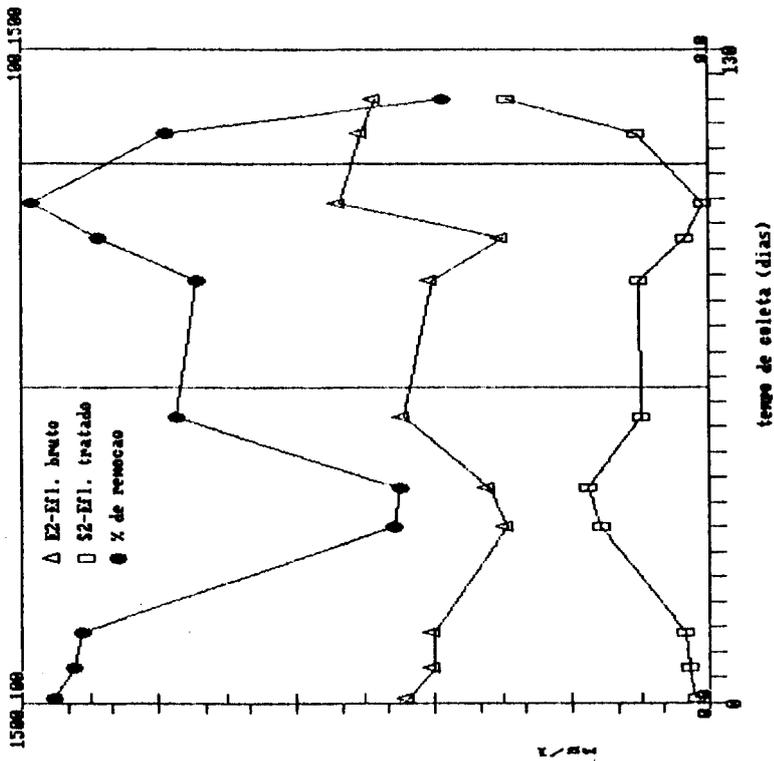


FIGURA 88. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

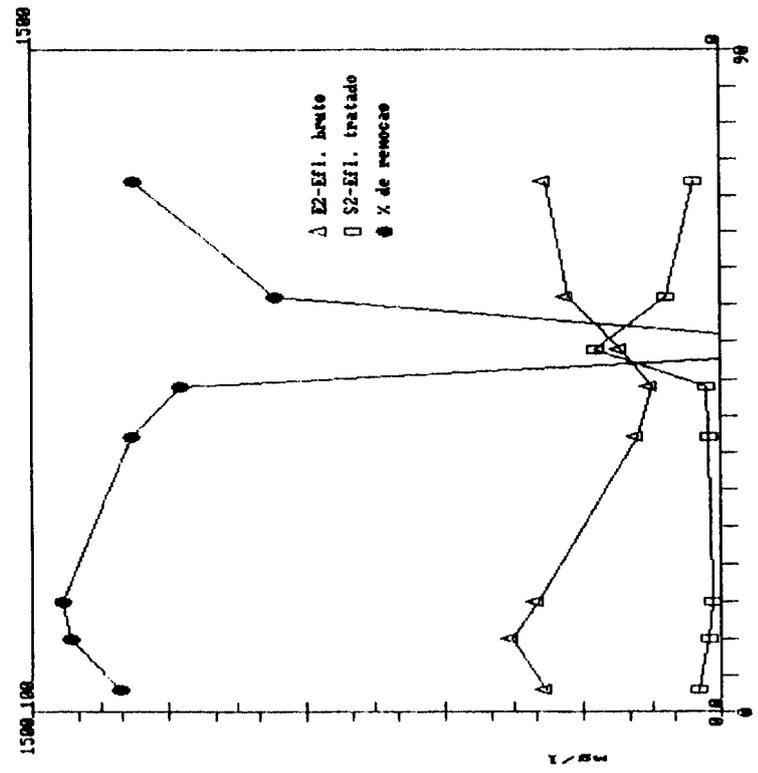


FIGURA 87. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 2 - FASE 1

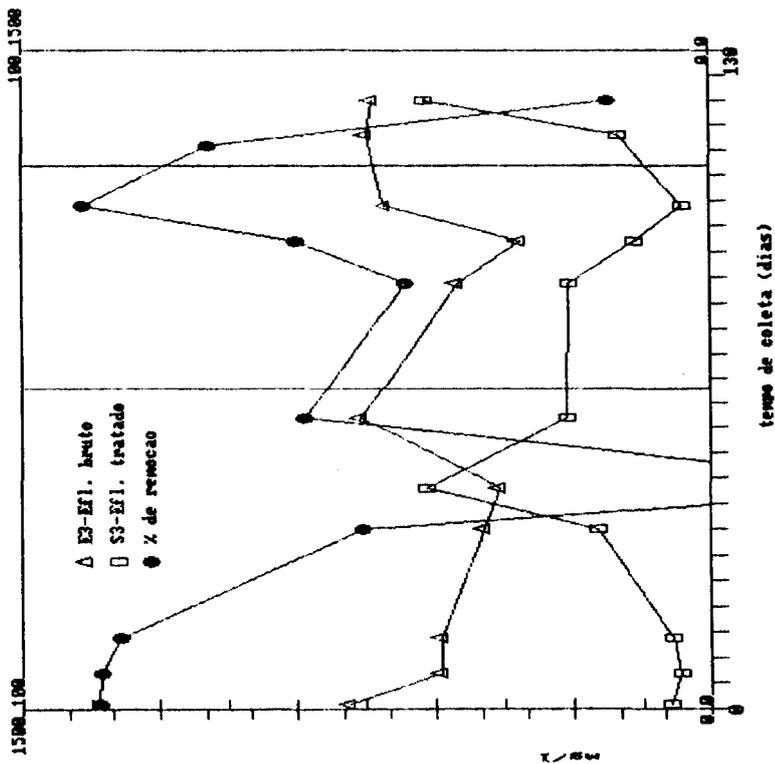


FIGURA 90. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

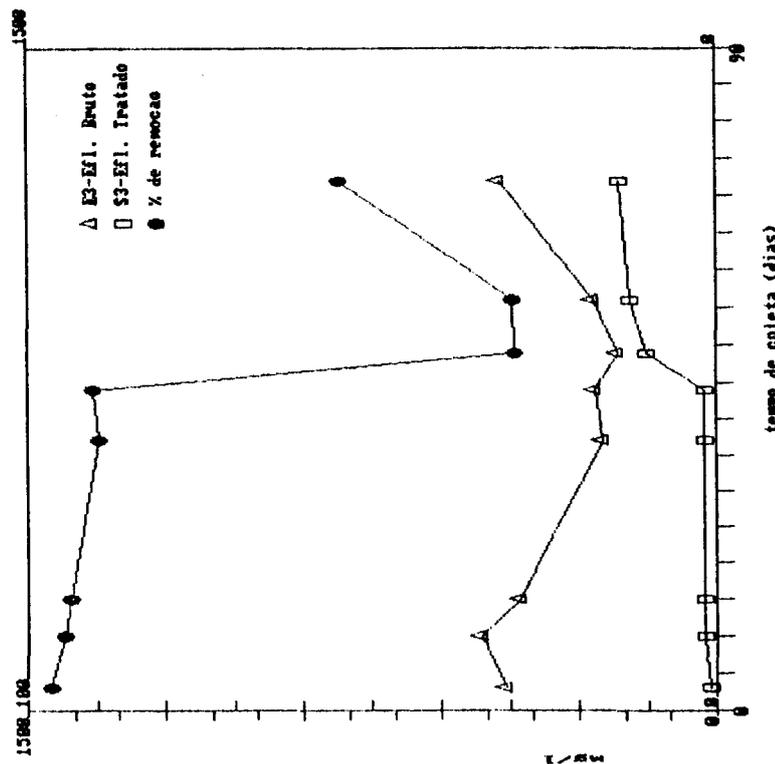


FIGURA 89. Sól. Susp. Voláteis: Rampa nº 3 - FASE 1

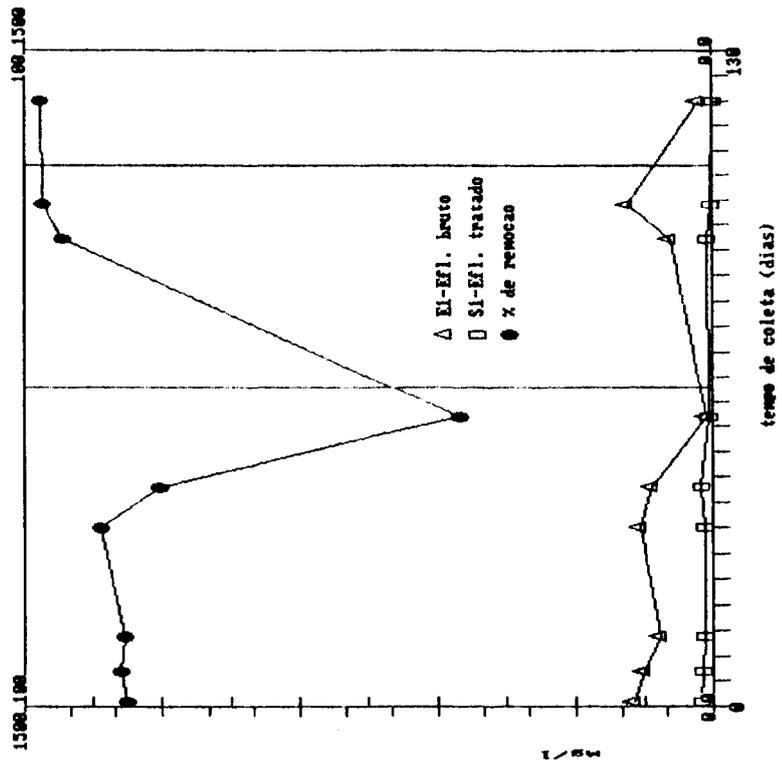


FIGURA 92. Sól. Susp. Fixos: Rampa n: 1 - FASES 2, 3 e 4

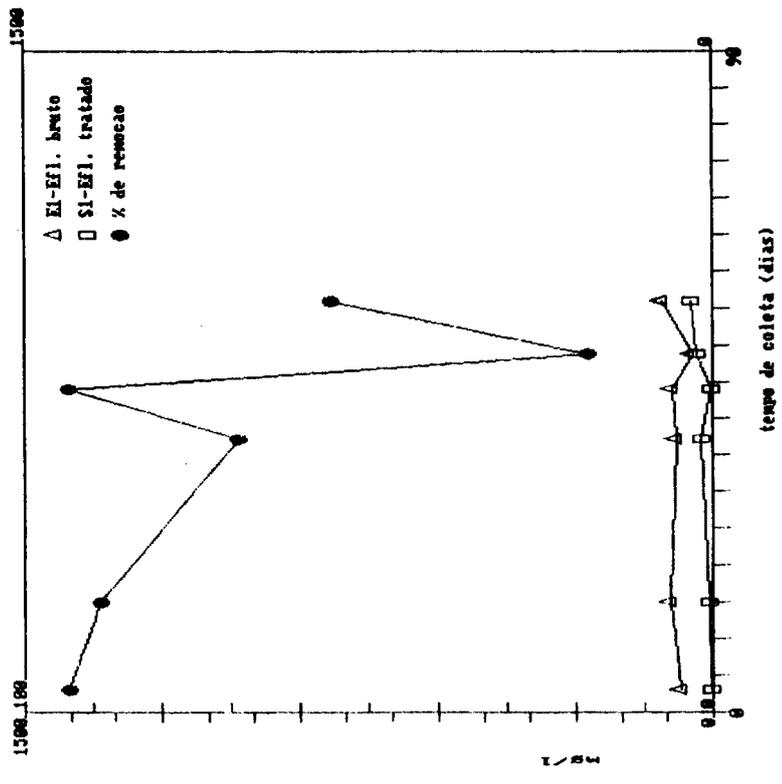


FIGURA 91. Sól. Susp. Fixos: Rampa n: 1 - FASE 1

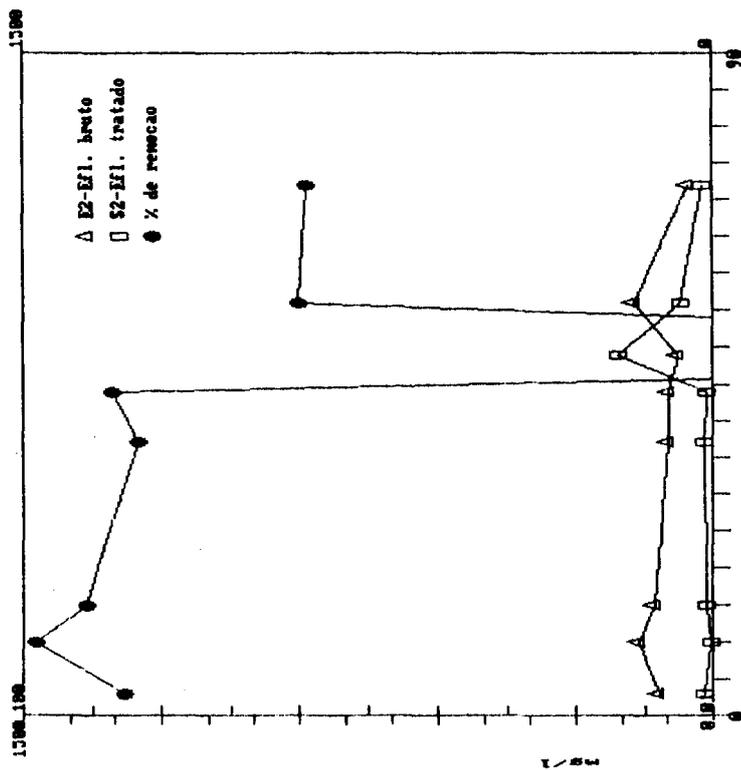


FIGURA 93. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 2 - FASE 1

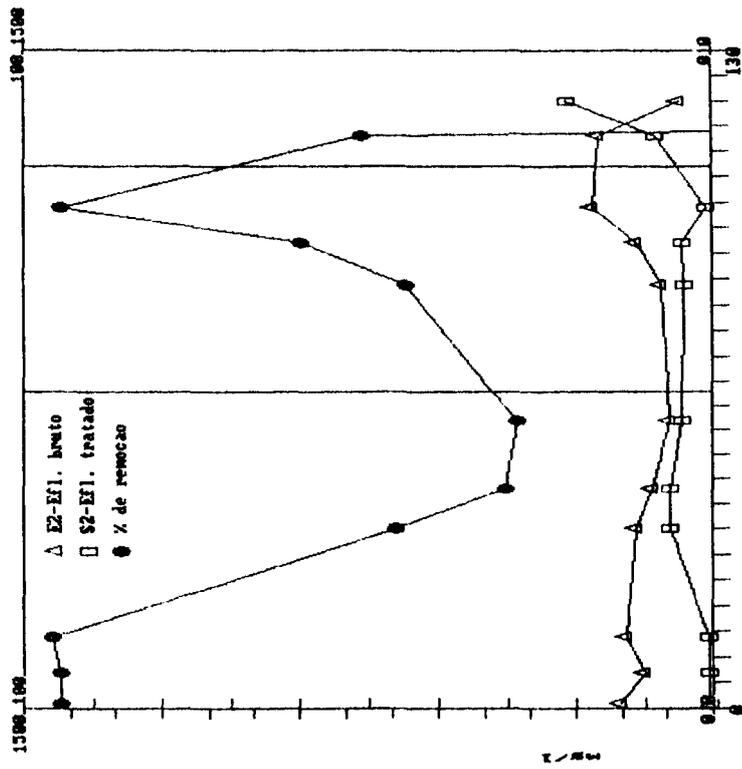


FIGURA 94. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

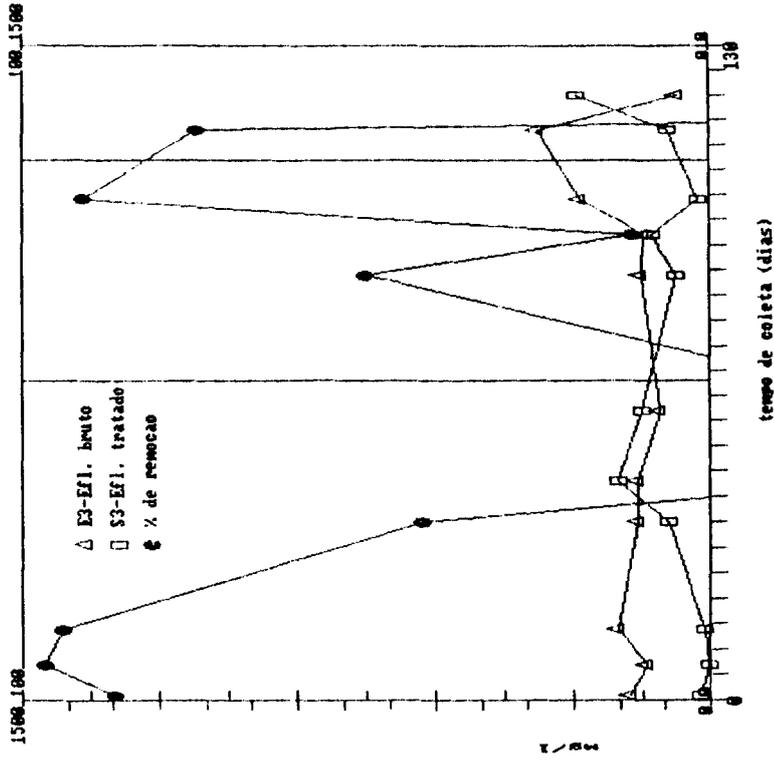


FIGURA 96. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 3 - FASES 2, 3 e 4

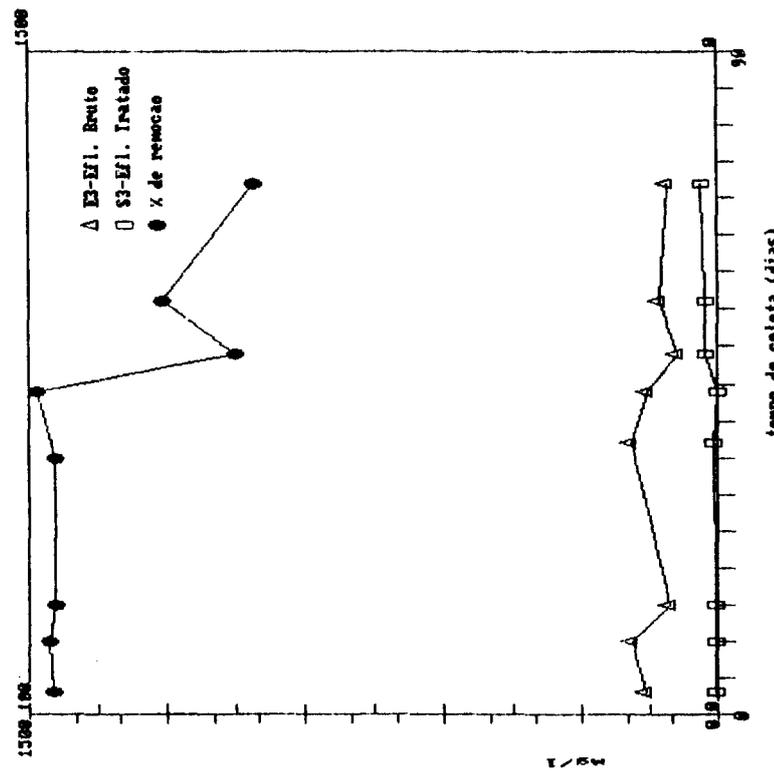


FIGURA 95. Sól. Susp. Fixos: Rampa nº 3 - FASE 1

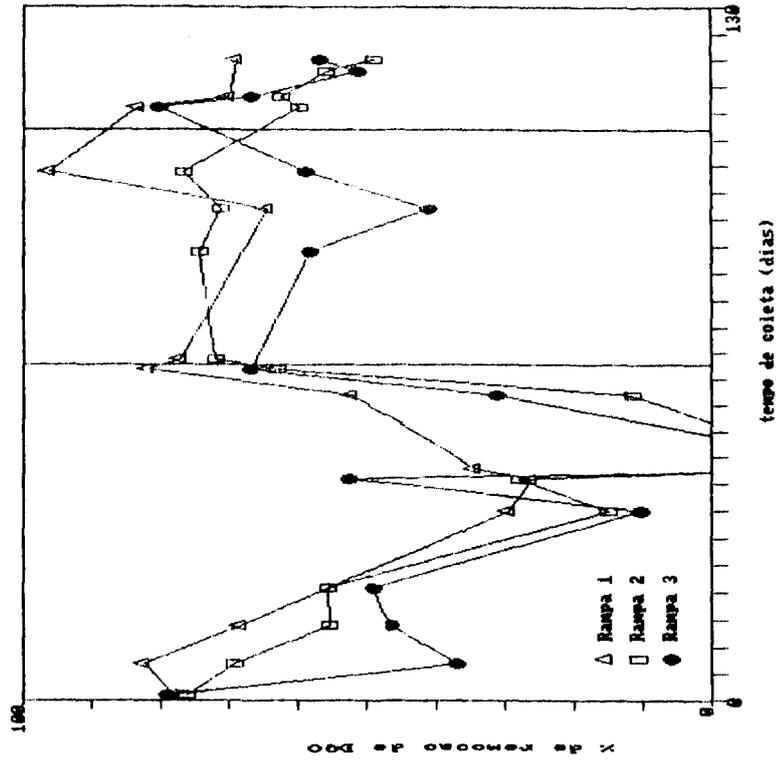


FIGURA 98. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: Z Rem. de DDO

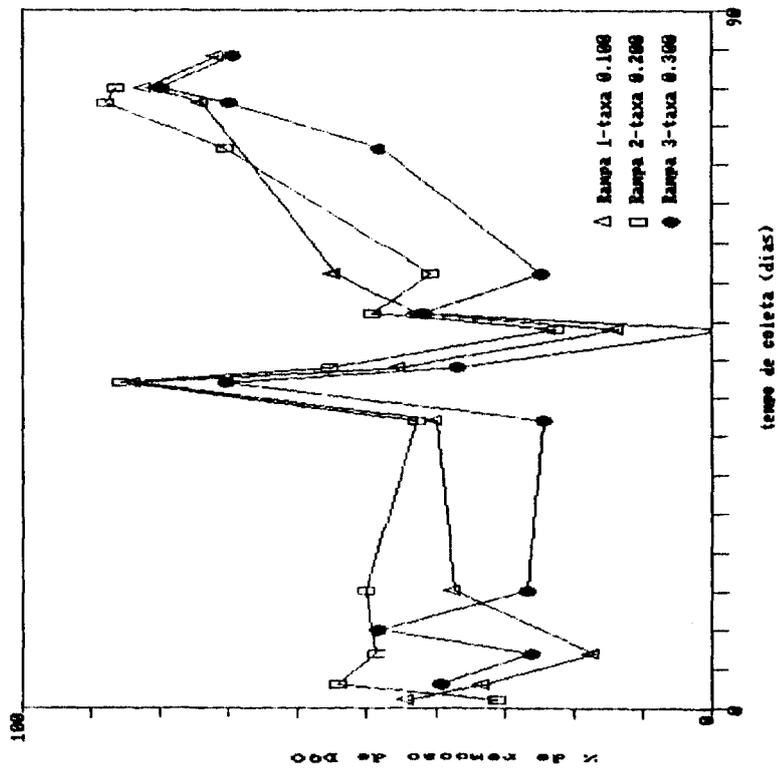


FIGURA 97. Comparação entre as rampas na FASE 1: Z Rem. de DDO

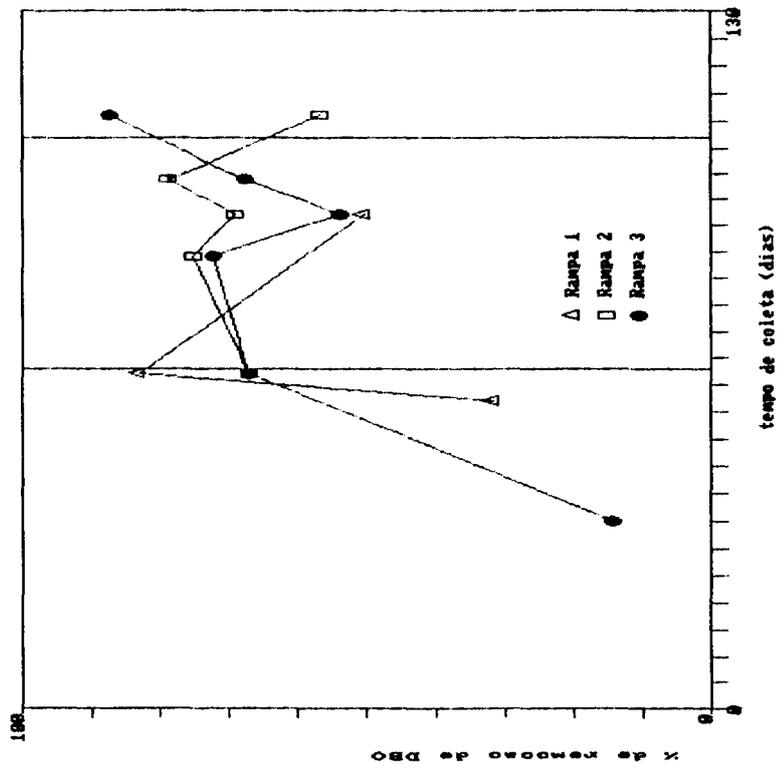


FIGURA 99. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4:
Z. Rev. de DBO

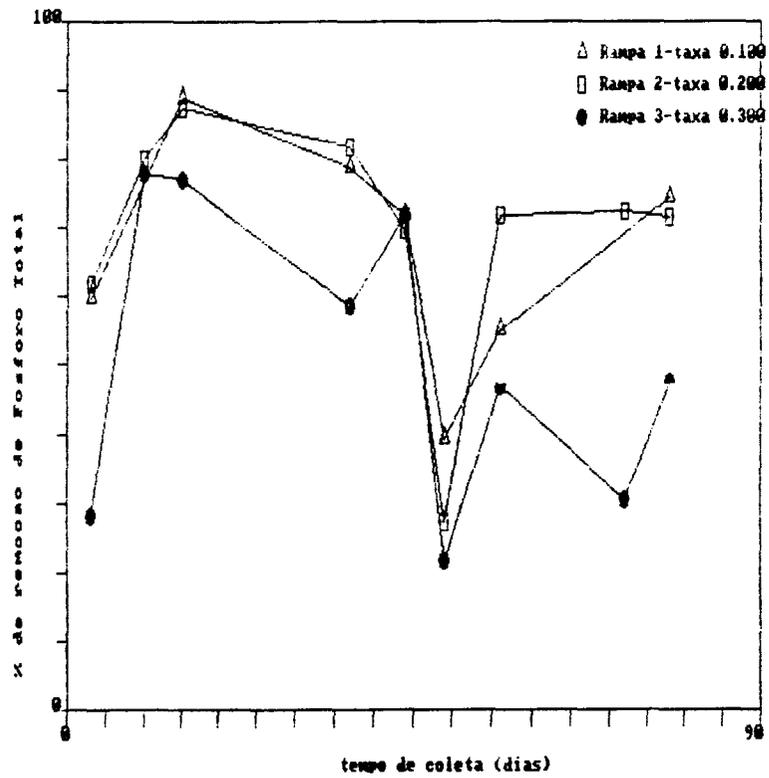


FIGURA 100. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de Fósforo Total

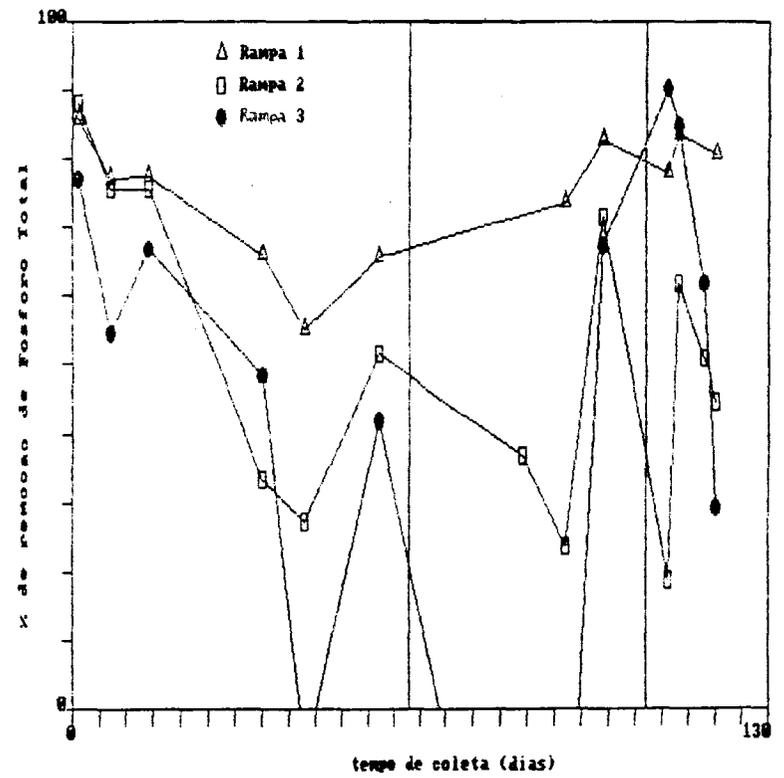


FIGURA 101. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: % Rem. de Fósforo Total

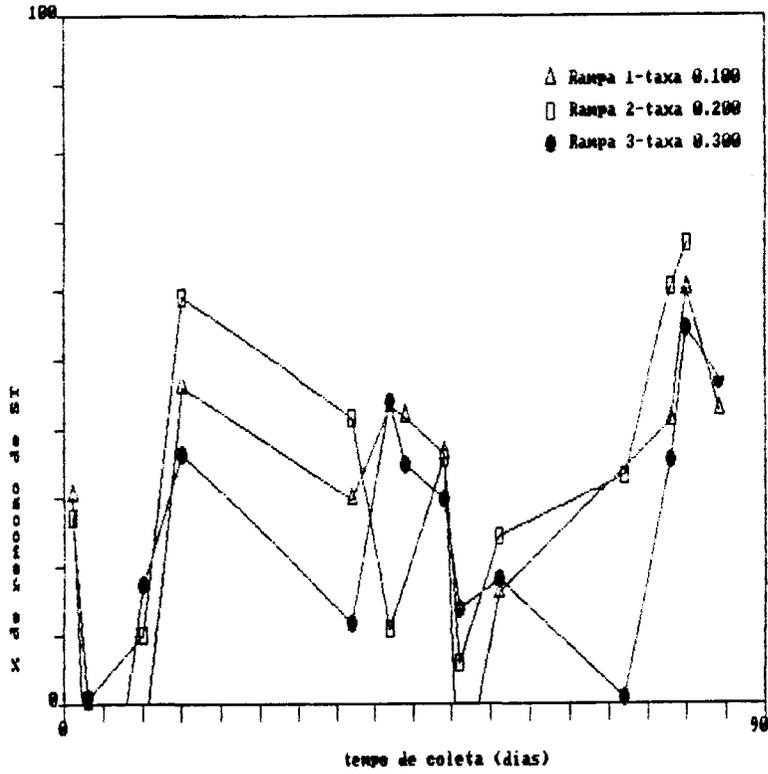


FIGURA 102. Comparação entre as rampas na FASE 1: Z Rem. de Sólidos Totais

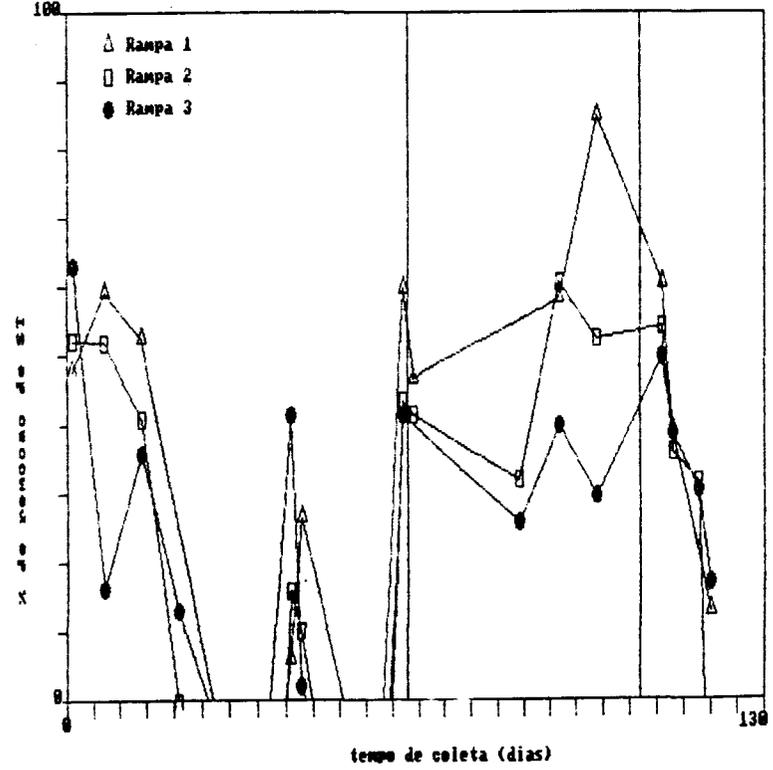


FIGURA 103. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: Z Rem. de Sólidos Totais

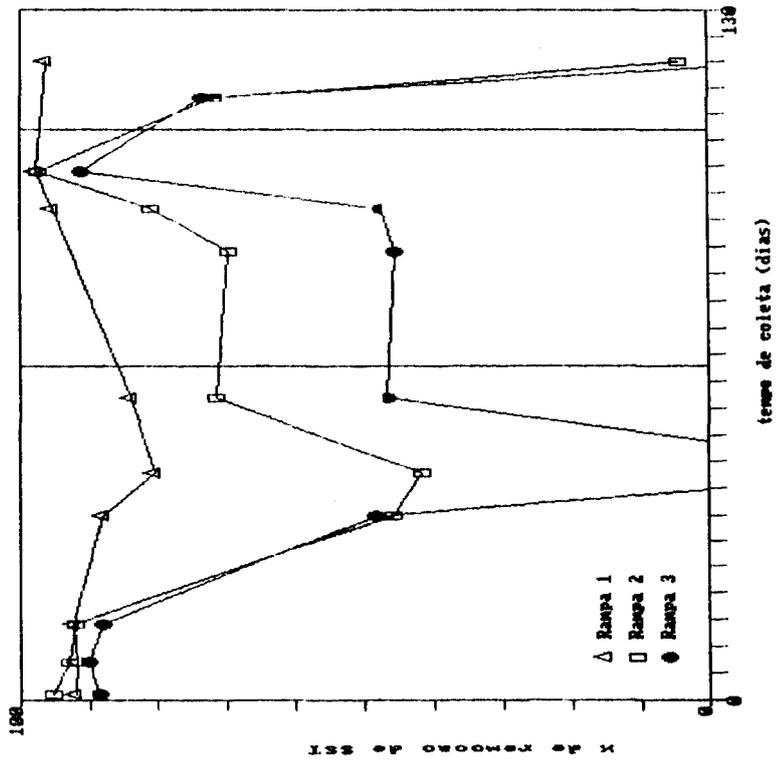


FIGURA 105. Comparação entre as rampas nas FASES 2, 3 e 4: % Rem. de Sól. Susp. Totais

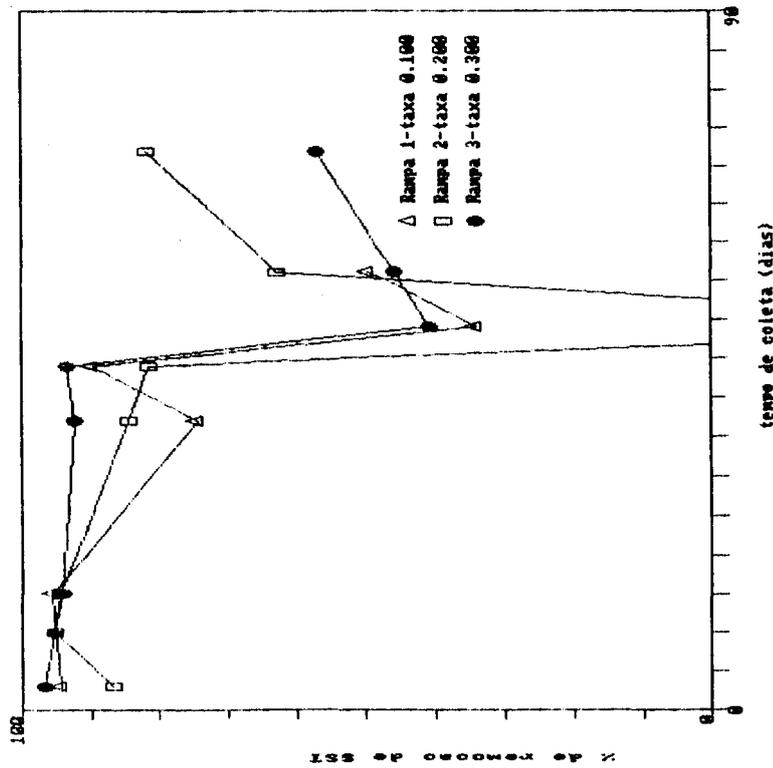


FIGURA 104. Comparação entre as rampas na FASE 1: % Rem. de Sól. Susp. Totais

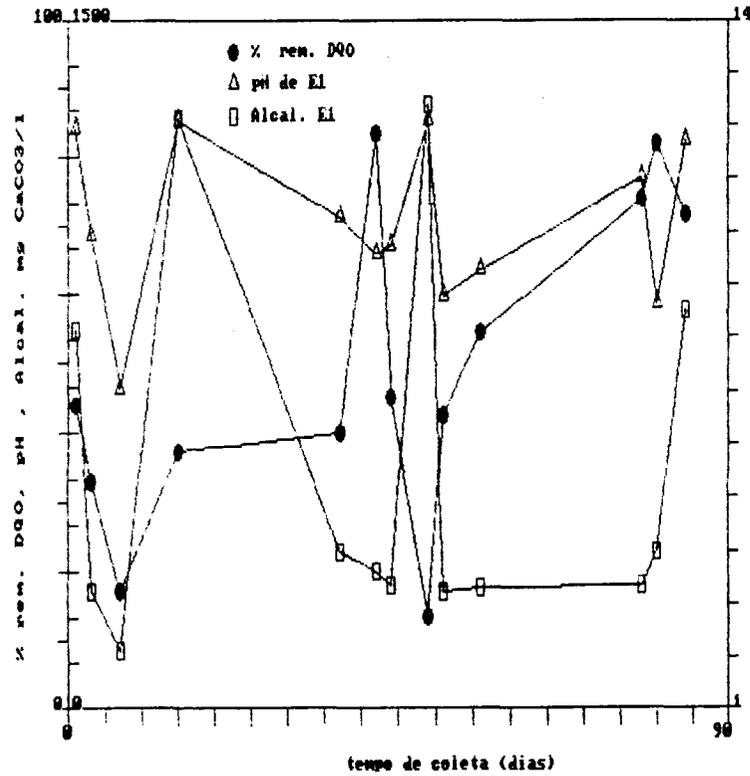


FIGURA 106. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 1

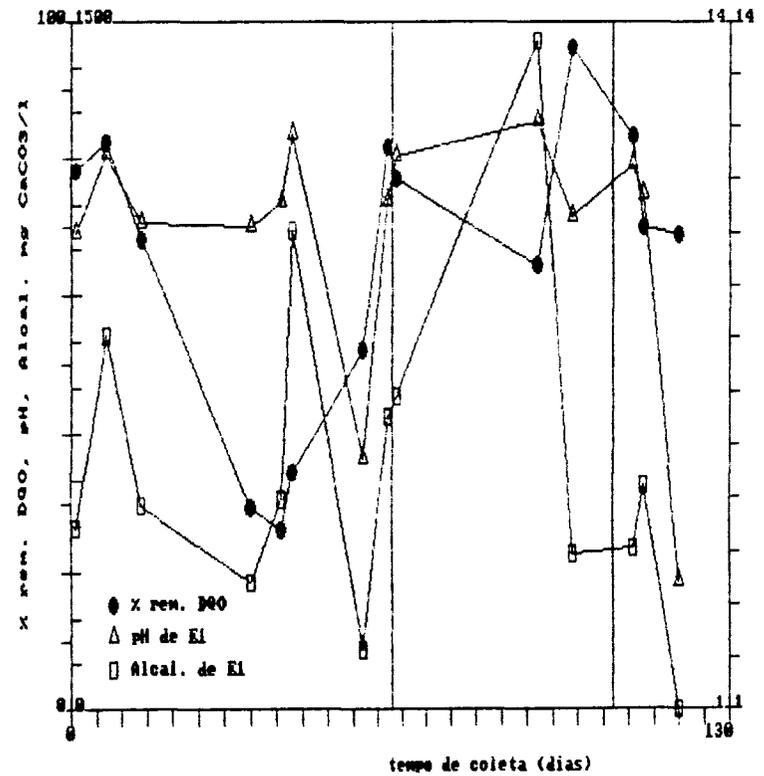


FIGURA 107. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de DQO ao longo do tempo na rampa nº 1 nas FASES 2, 3 e 4

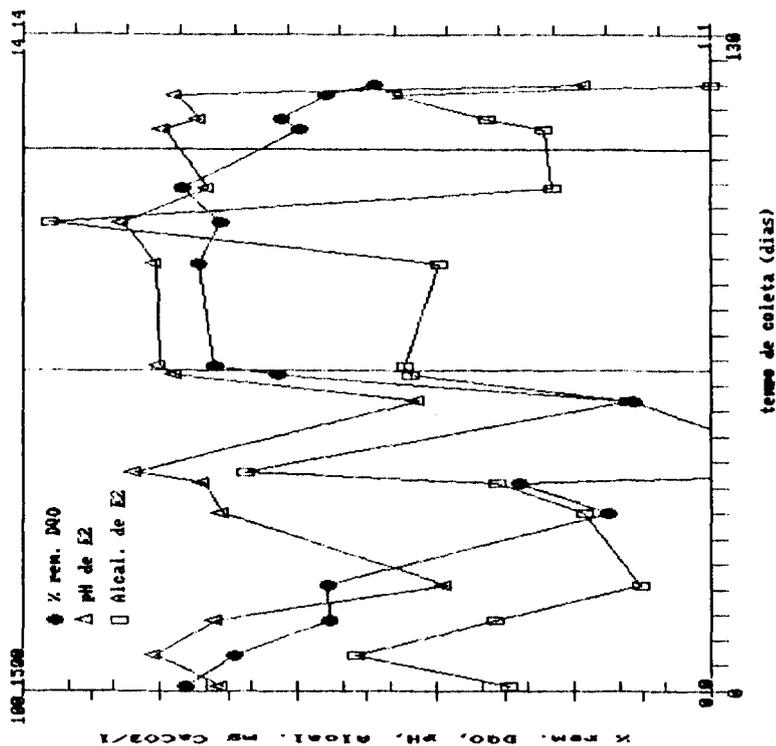


FIGURA 107. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de DBO ao longo do tempo na rampa nr 2 nas FASES 2, 3 e 4

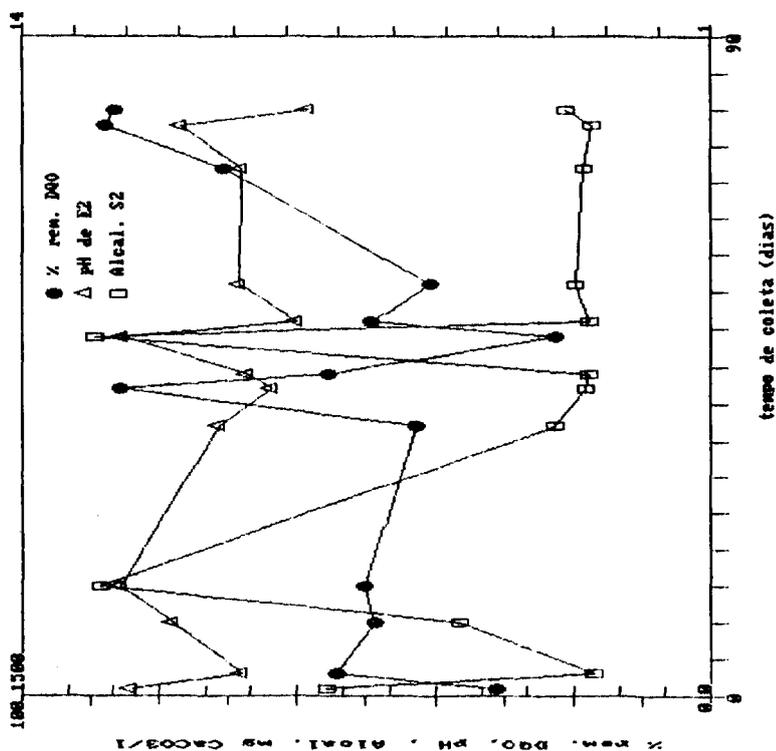


FIGURA 108. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de DBO ao longo do tempo na rampa nr 2 na FASE 1

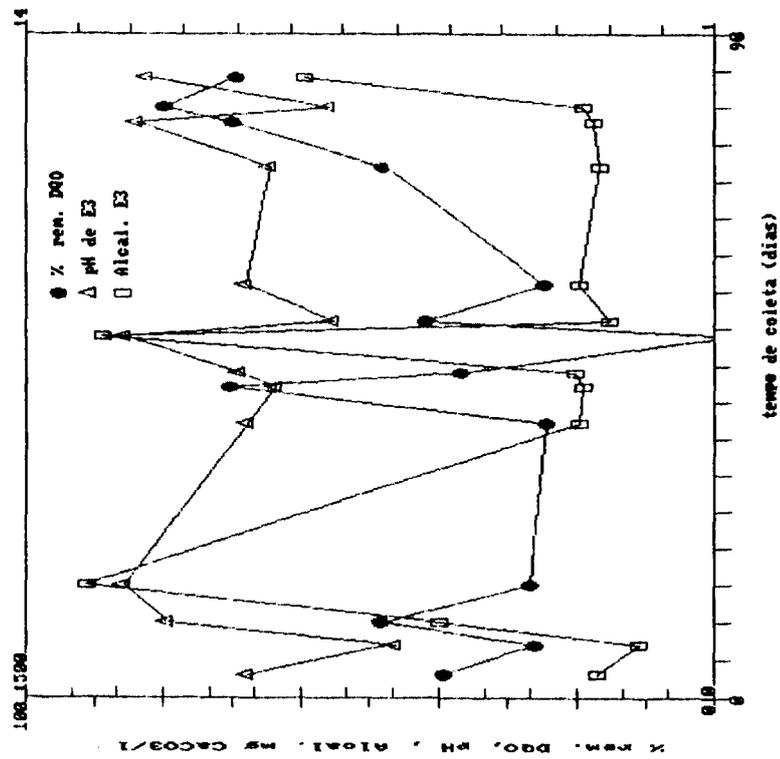


FIGURA 110. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de DBO ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1

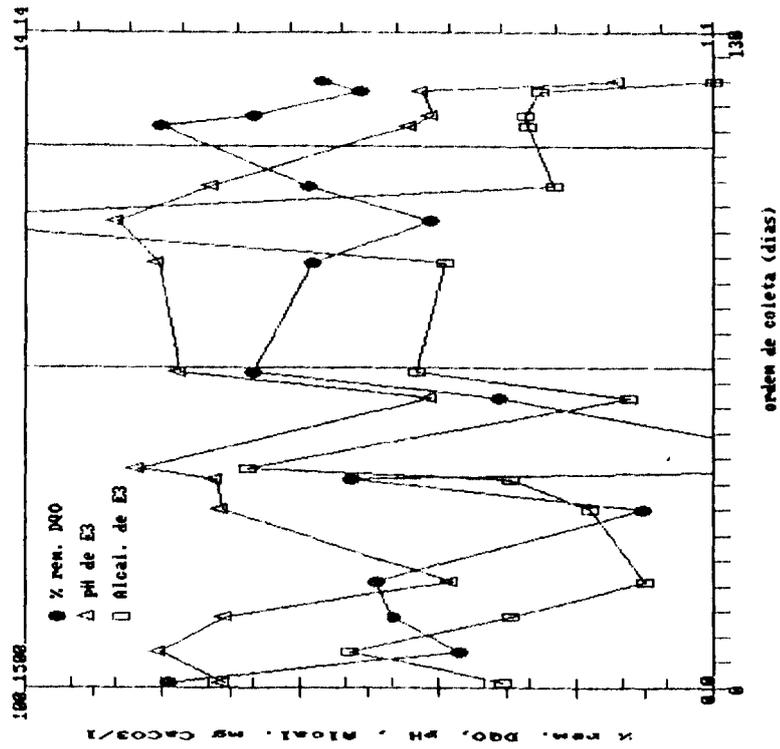


FIGURA 111. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de DBO ao longo do tempo na rampa nº 3 nas FASES 2, 3 e 4

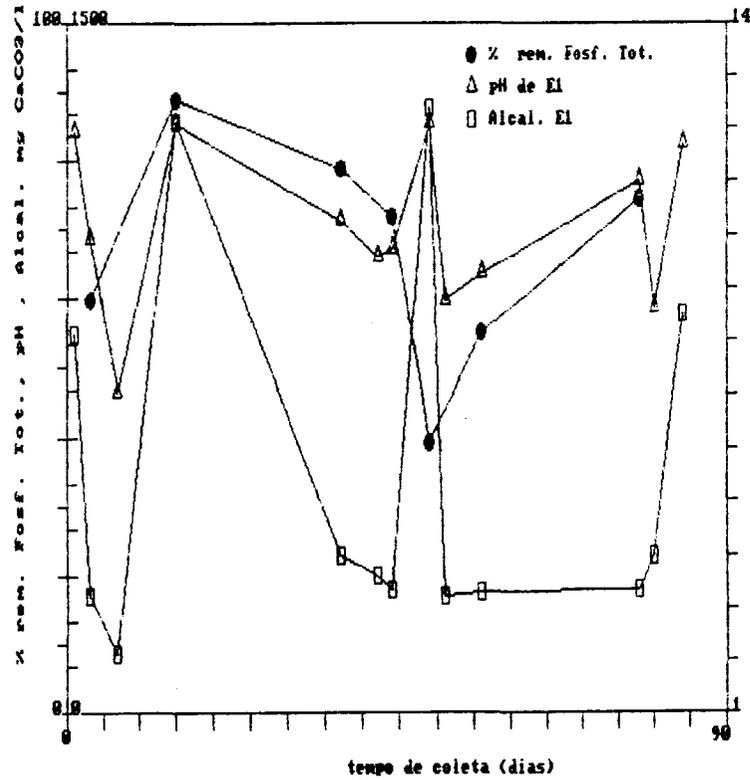


FIGURA 112. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 1 na FASE 1

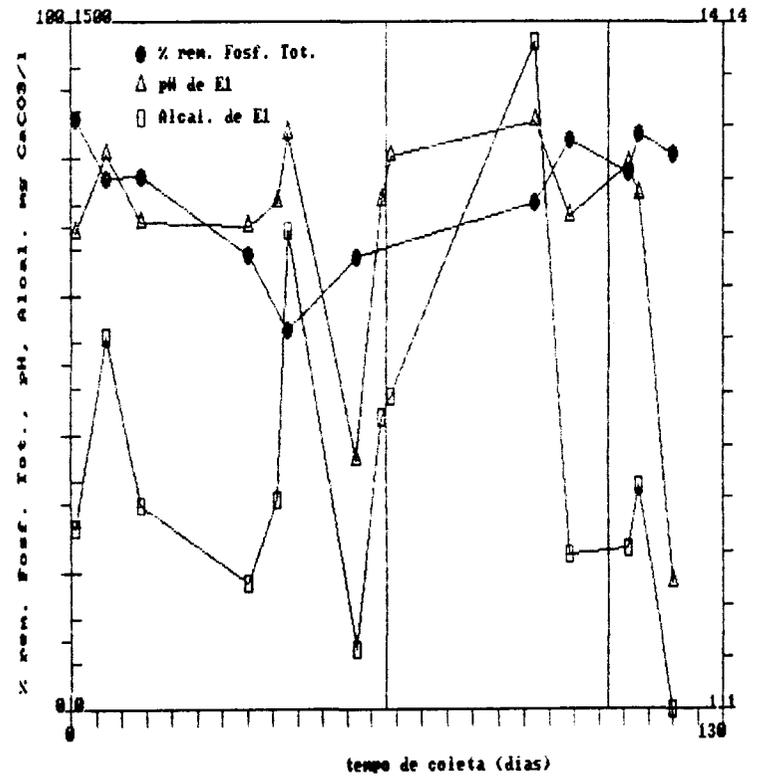


FIGURA 113. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 1 nas FASES 2, 3 e 4

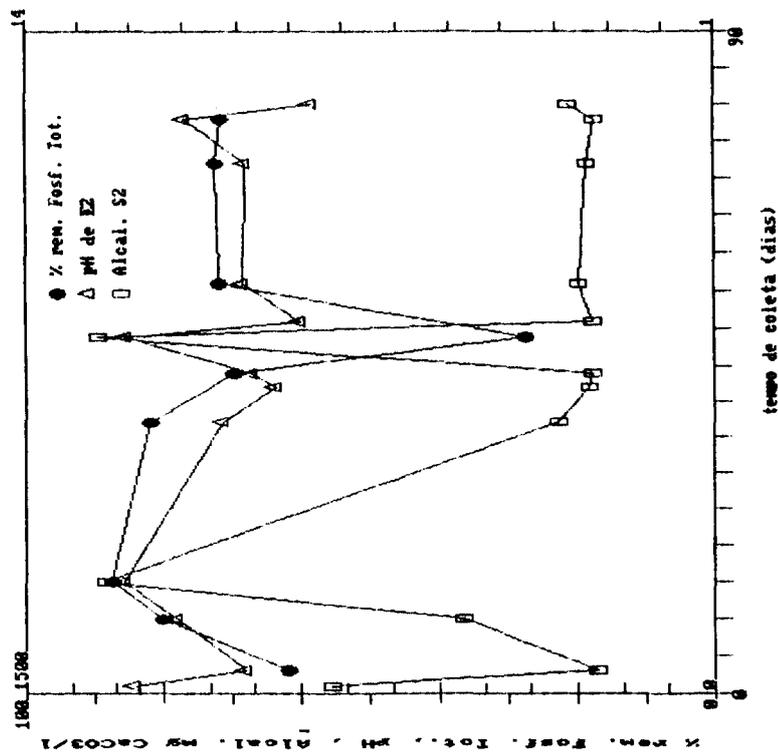


FIGURA 114. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z
 Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa
 nº 2 na FASE 1

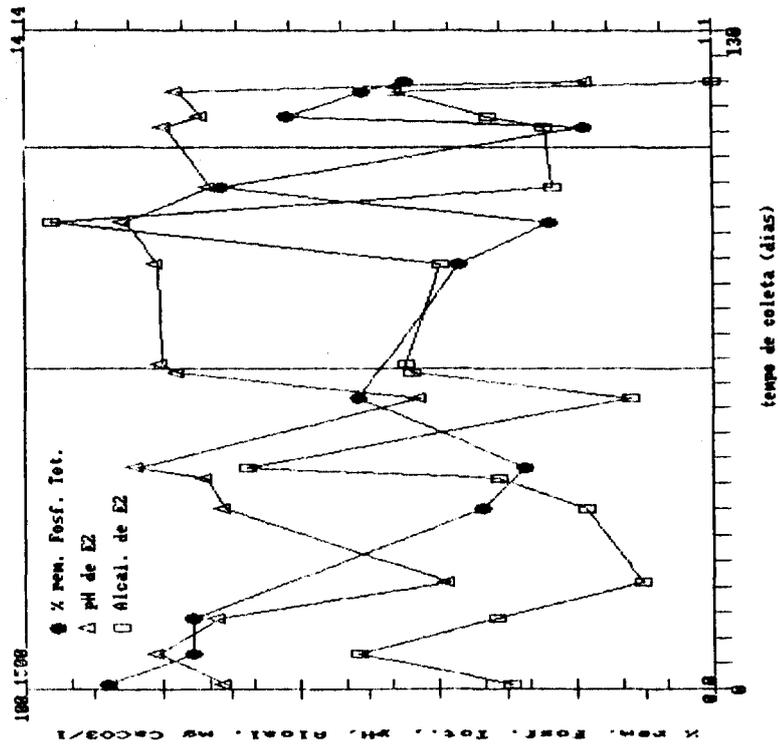


FIGURA 115. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z
 Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa
 nº 2 nas FASES 2, 3 e 4

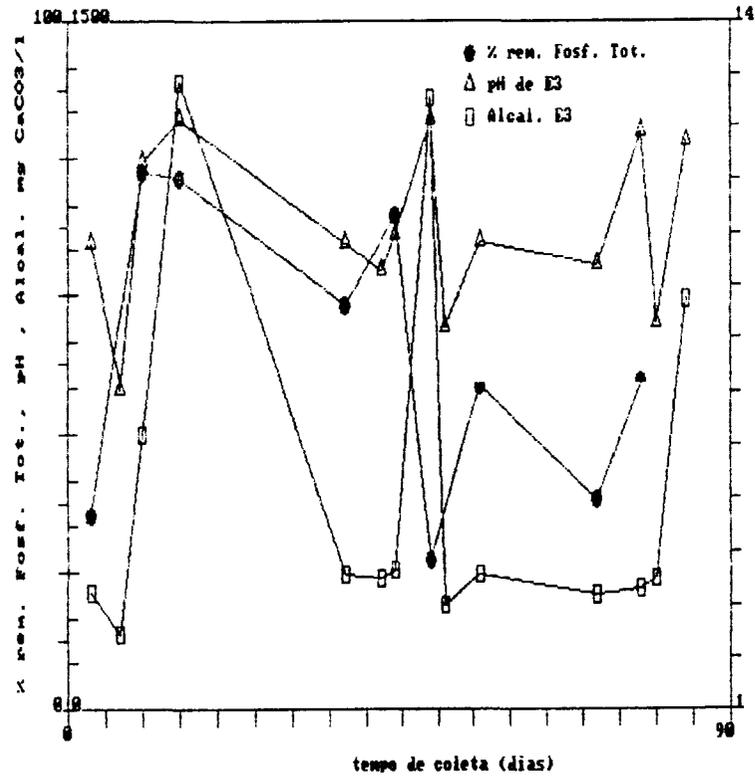


FIGURA 116. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1

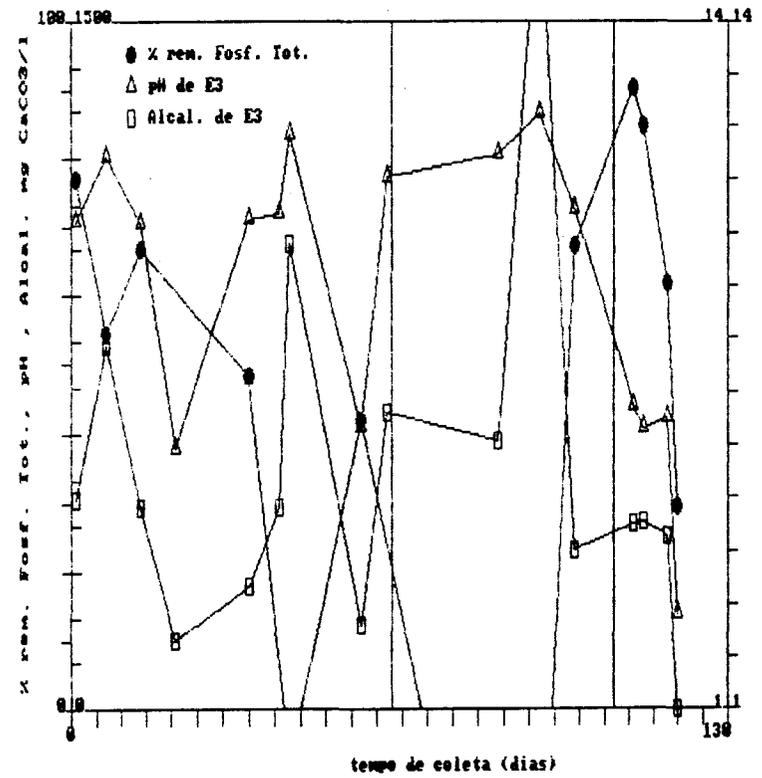


FIGURA 117. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Fósforo Total ao longo do tempo na rampa nº 3 nas FASES 2, 3 e 4

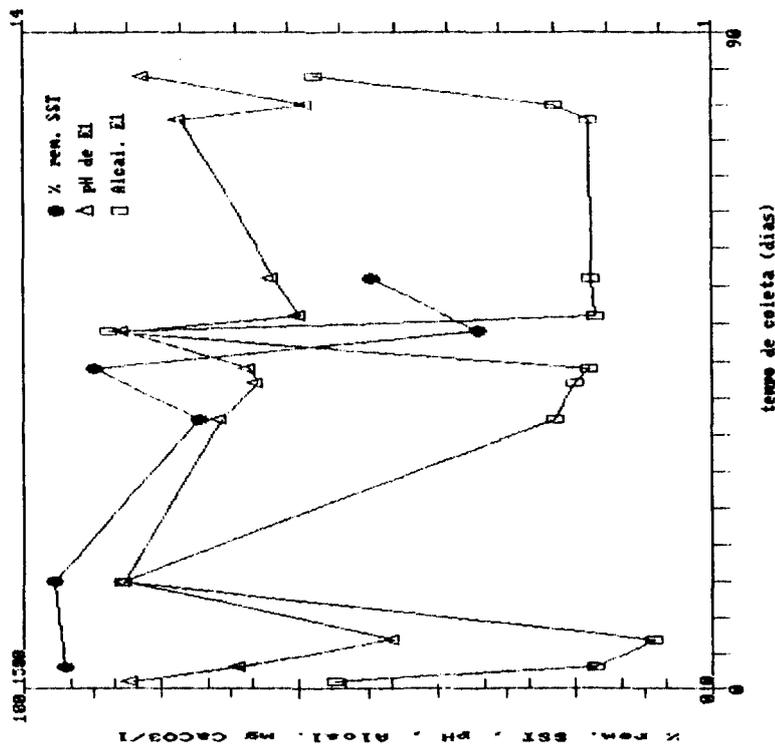


FIGURA 118. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa n: 1 na FASE 1

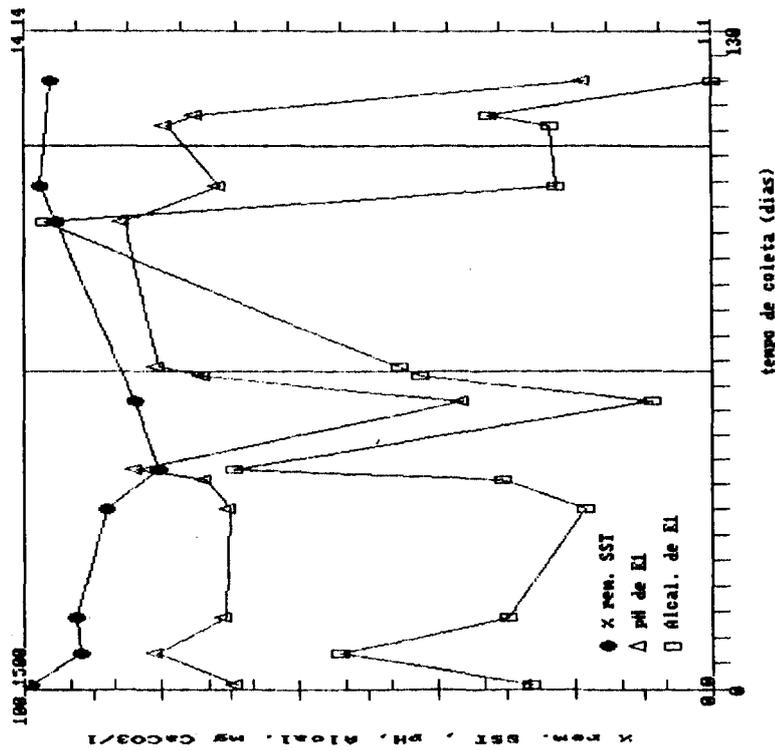


FIGURA 119. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa n: 1 nas FASES 2, 3 e 4

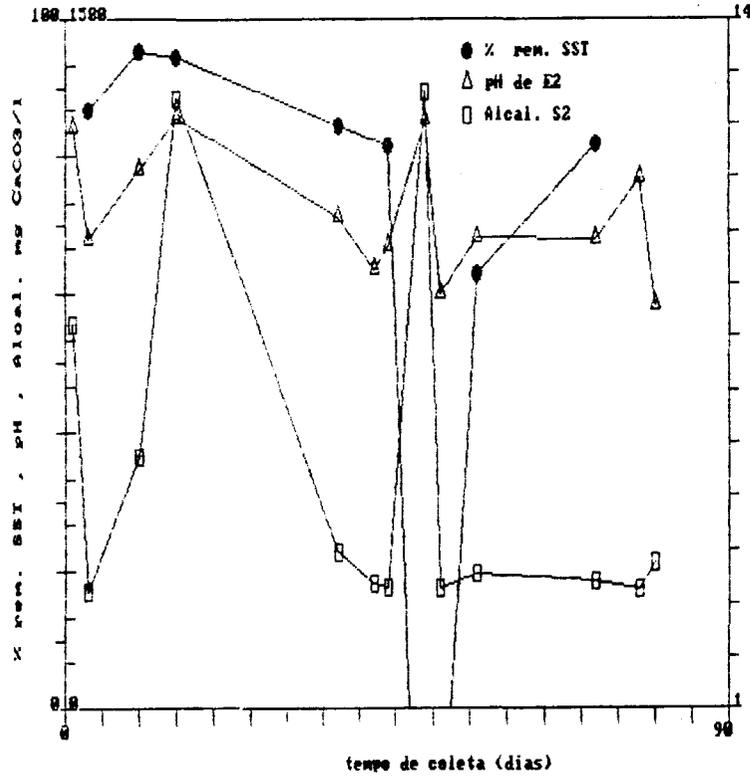


FIGURA 120. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 2 na FASE 1

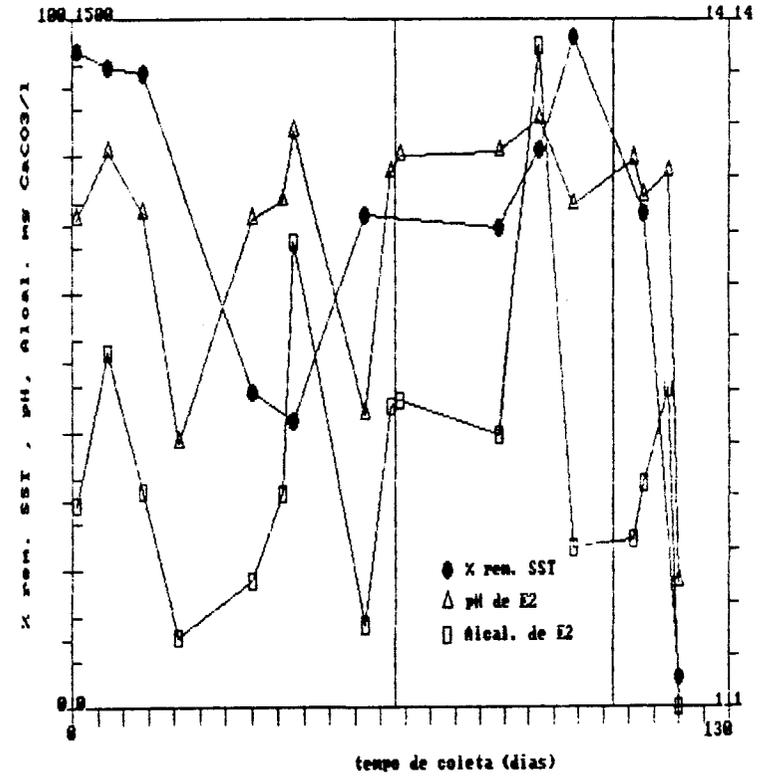


FIGURA 121. Influência dos valores de pH e alcalinidade na Z Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 2 nas FASES 2, 3 e 4

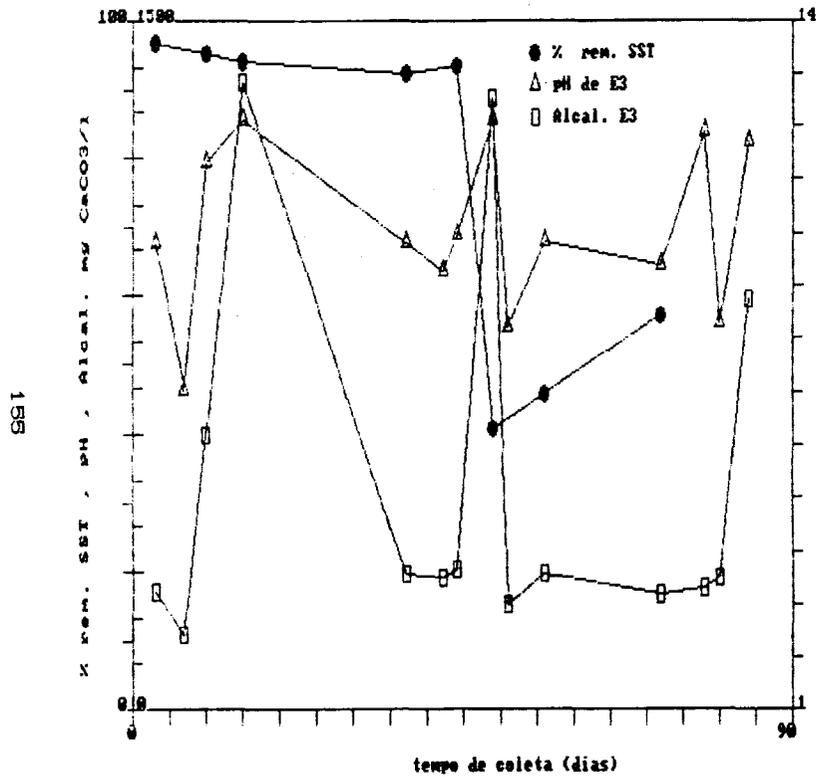


FIGURA 122. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Sól.Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 3 na FASE 1

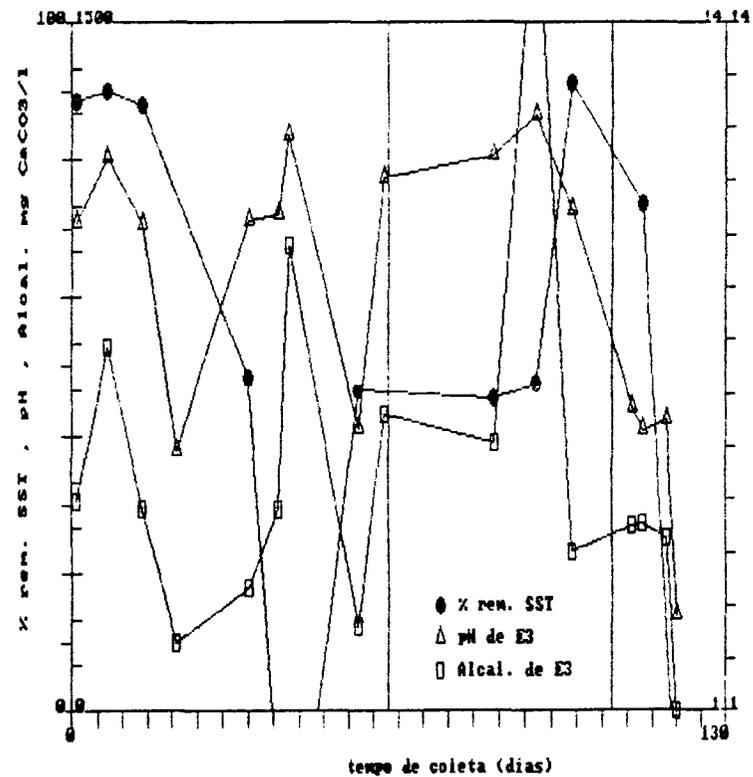


FIGURA 123. Influência dos valores de pH e alcalinidade na % Rem. de Sól. Susp. Total ao longo do tempo na rampa nº 3 nas FASES 2, 3 e 4

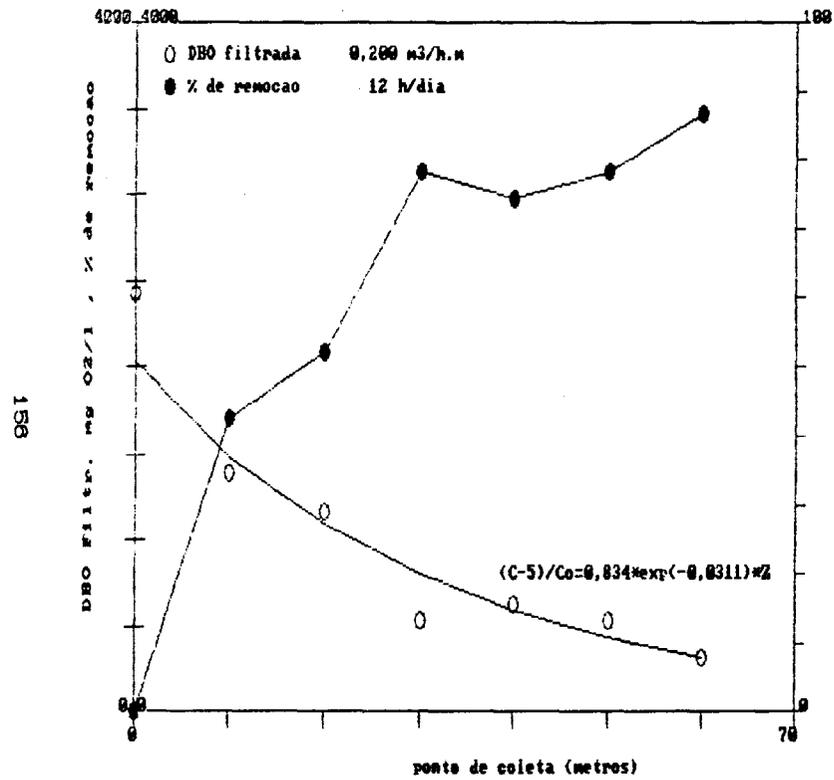


FIGURA 124. Comportamento da remoção de DBO filtrada ao longo da rampa de n^o 3

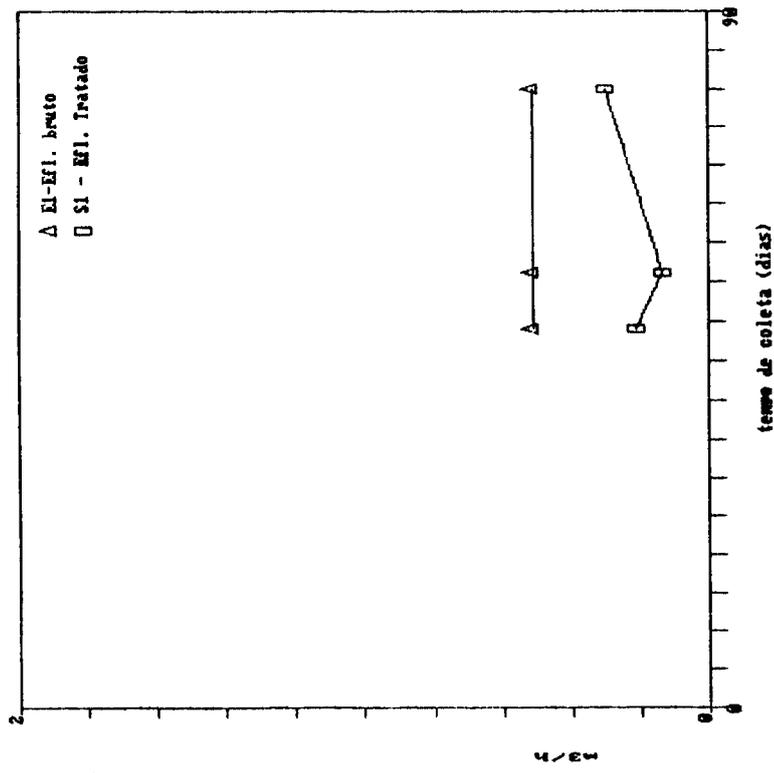


FIGURA 125. Valores de Vazão: Rampa nº 1 - FASE 1

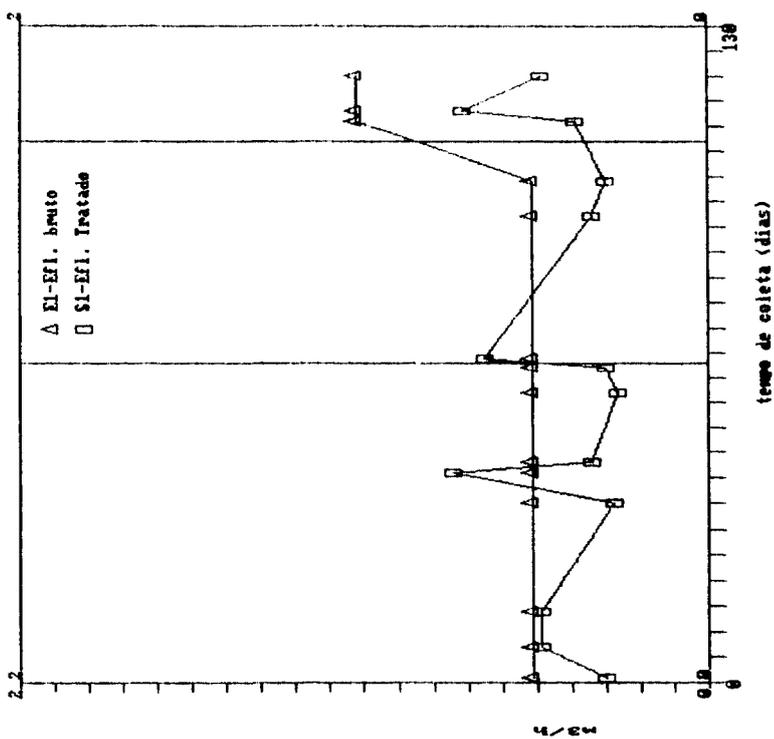


FIGURA 126. Valores de Vazão: Rampa nº 1 - FASES 2, 3 e 4

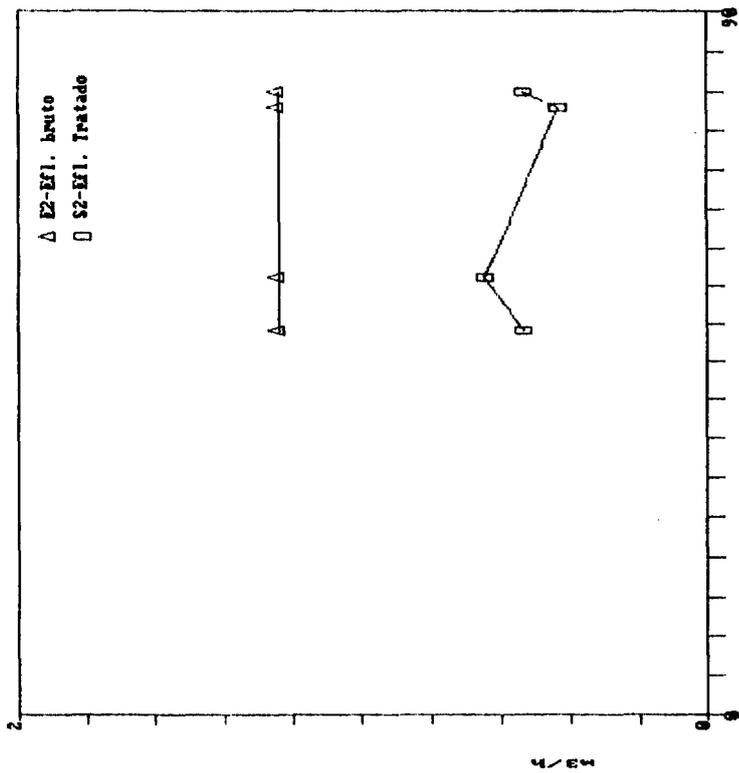


FIGURA 127. Valores de Vazão: Rampa nº 2 - FASE 1

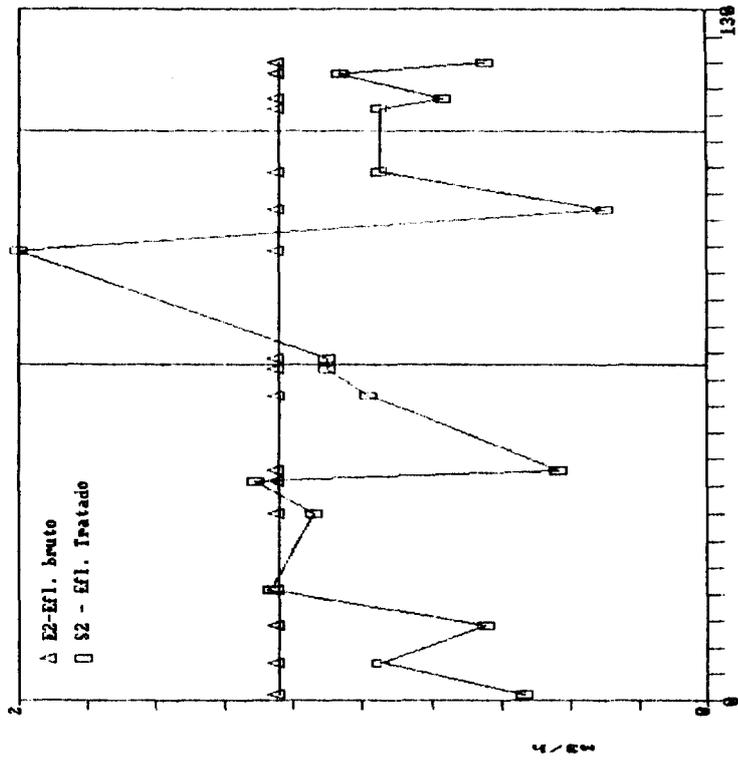


FIGURA 128. Valores de Vazão: Rampa nº 2 - FASES 2, 3 e 4

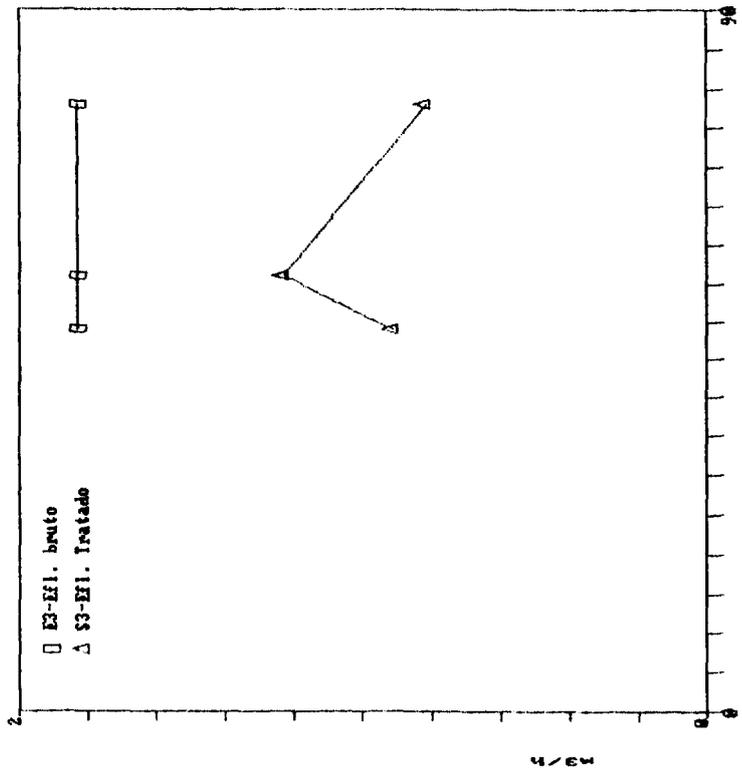


FIGURA 127. Valores de Vazão: Rampa nr 3 - FASE 1

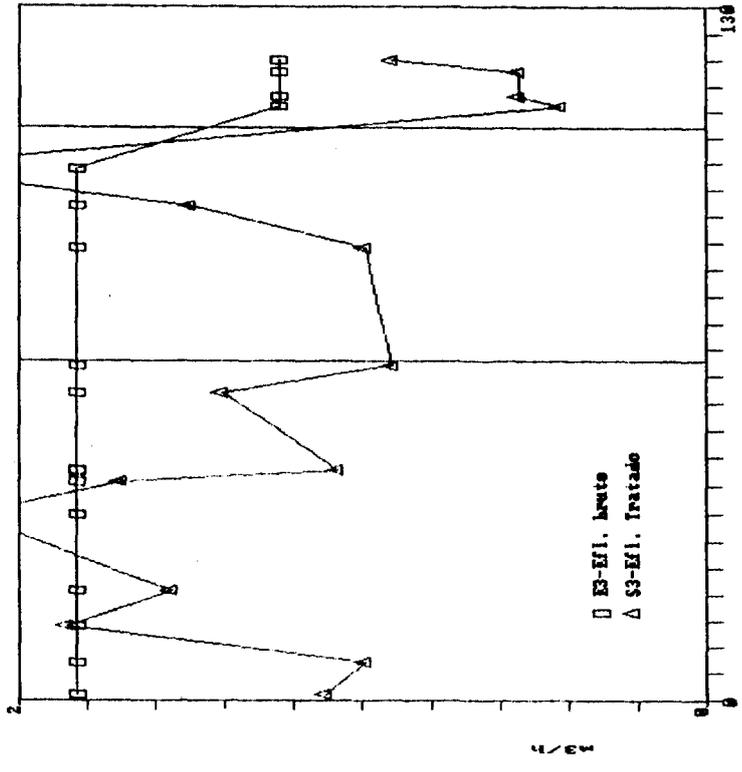


FIGURA 130. Valores de Vazão: Rampa nr 3 - FASES 2, 3 e 4