UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

ESCOLA DE QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

MARIA DE LOURDES RIBEIRO DE SOUZA DE AZEVEDO

MONITORAMENTO DE BIOAEROSSÓIS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Rio de Janeiro

2014

Maria de Lourdes Ribeiro de Souza de Azevedo

MONITORAMENTO DE BIOAEROSSÓIS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Orientadoras:

Prof[a] Dra. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto

Prof[a] Dra. Selma Gomes Ferreira Leite

Prof[a] Dra. Aline Sarmento Procópio

ESCOLA DE QUÍMICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Agosto de 2014

Azevedo, Maria de Lourdes Ribeiro de Souza de.

Monitoramento de Bioaerossóis em uma Estação de Tratamento de Esgoto/ Maria de Lourdes Ribeiro de Souza de Azevedo – 2014.

175f.: il.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2014.

Orientadores: Antonieta Peixoto Gimenes Couto Maria; Gomes Ferreira Leite Selma; Sarmento Procópio Aline

1. Monitoramento. 2. Bioaerossóis. 3. Estação de tratamento 4.Microrganismos. Teses. I. Couto, Maria Antonieta Peixoto Gimenes (Orient.). II. Leite, Selma Gomes Ferreira . III. Procópio, Aline Sarmento. IV. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação de Processos Químicos e Bioquímicos. V. Título.

MARIA DE LOURDES RIBEIRO DE SOUZA DE AZEVEDO

MONITORAMENTO DE BIOAEROSSÓIS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção título de Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

DSc Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto - Orientadora

(EQ/UFRJ)

DSc Selma Gomes Ferreira Leite - Orientadora

(EQ/UFRJ)

DSc Aline Sarmento Procópio - Orientadora

(DESA/UFJF)

DSc Célia Regina Granhen Tavares

(UEM)

DSc Paulo Afonso de Almeida

(CEDAE)

DSc Andréa Camardella de Lima Rizzo

(CETEM)

DSc Eliana Flávia Camporese Sérvulo

(EQ/UFRJ)

DSc Claudinei de Souza Guimarães

(EQ/UFRJ)

AGRADEÇO

A Deus que me fez confiar quando em alguns momentos já perdia as esperanças e me fortaleceu nos momentos mais difíceis.

OFEREÇO

A Nossa Senhora Aparecida por me acolher em seu manto nos momentos em que estive nas maiores dificuldades

DEDICO

Ao meu pai Arnaldo (*in memorian*) que partiu sem poder ver seu sonho se realizar e minha mãe Lúcia pelo amor e Incentivo aos meus estudos durante toda a minha trajetória.

Dedico esta dissertação de doutorado aos amores da minha vida, que são meus filhos e meu marido pela compreensão de ter ficado muitas vezes ausente, pela paciência e pelo incentivo e força para não me deixar desistir e conseguir chegar ao final deste trabalho. A vitória não é só minha é de todos nós.

Muito obrigada

AGRADECIMENTOS

Para chegar ao fim dessa jornada muitas pessoas foram importantes para mim, das quais não poderia deixar de externar meus sinceros agradecimentos e compartilhar a minha alegria.

A Deus por ter me dado forças e sabedoria para completar este trabalho.

A minha mãe por ter me apoiado e me ajudado nas horas mais difíceis.

A minha filha Beatriz, por me ajudar nos trabalhos de campo, nas análises de laboratório e por estar sempre comigo em todas as etapas, pois sua ajuda foi de grande importância para a realização desse trabalho.

Ao meu filho Matheus pela compreensão nos meus momentos de ausência e carinho nos momentos em que precisei.

Ao meu marido Marcos pelo incentivo, apoio e carinho em todos os momentos durante a realização deste trabalho.

A minha professora orientadora Dr.ª Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto, pelo apoio, carinho, paciência, compreensão, incentivo, por acreditar na minha capacidade e não me deixar esmorecer nunca, e principalmente pela sua amizade que foi muito importante nessa minha caminhada, meus sinceros agradecimentos.

As professoras orientadoras Dr.ª Selma Gomes Ferreira Leite e Dr.ª Aline Sarmento Procópio, pela contribuição ao meu conhecimento, pela dedicação na condução desse trabalho.

A todos os professores do programa, pela contribuição que deram ao meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

Ao Dr. Paulo Afonso de Almeida, chefe da Estação de Tratamento de Esgotos de Alegria que sem o seu apoio não seria possível a realização desse trabalho.

Ao professor José Ricardo de Almeida França, Professor do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por disponibilizar os dados ambientais utilizados nessa pesquisa.

Ao professor Sergio Alves da Silva do INCQS (Fiocruz), pelo apoio e sugestões no desenvolvimento e a avaliação estatística dos dados.

As alunas de iniciação científica Fernanda dos Santos Pereira e Michelly dos Santos Campos de Lima, que me ajudaram nas análises de laboratório.

Aos meus colegas do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA) da Fiocruz pelo apoio e companheirismo para a realização deste trabalho.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

AZEVEDO, Maria de Lourdes Ribeiro de Souza de. **Monitoramento de Bioaerossóis em uma Estação de Tratamento de Esgotos**. Orientadores: DSc. Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto, DSc, Selma Ferreira Leite, DSc. Aline Sarmento Procópio, Rio de Janeiro. 2014. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos).

O estudo da qualidade do ar em ambientes abertos normalmente se concentra na determinação de índices de poluição atmosférica e emissão de particulados, e não para a presença de bioaerossóis, que podem trazer riscos para a saúde humana mediante contaminações decorrentes de microrganismos. O presente estudo objetivou o monitoramento de bioaerossóis em uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de grande porte, localizada na cidade do Rio de Janeiro. Foi avaliada a influência das condições ambientais (temperatura, umidade, pressão atmosférica e velocidade do vento) na emissão de bioaerossóis. Ao longo de um ano foi quantificada a presença de coliformes totais, *E. coli*, *Salmonela sp e Shigella sp, Pseudomonas sp* e fungos. Foram feitas amostragens de 200 l de ar, por filtração em membrana de acetato de celulose com 0,45 µm de poro, empregando filtro AFG. As amostragens foram feitas em locais próximos aos equipamentos integrantes das diversas etapas do tratamento, como Grade Grosseira, Tanque de Aeração, Saída do Efluente e Jardim. As membranas foram plaqueadas em meios específicos e incubadas a 37°C. A contagem das colônias foi feita em 24 e 48 horas. Nas áreas próximas a todas as etapas do tratamento houve maior incidência de fungos, com picos de concentração de 1000 UFC/m^3. Entre as condições ambientais, a temperatura ambiente e a umidade relativa foram os fatores que parecem influenciar mais na concentração dos microrganismos no ar. A pressão atmosférica não apresentou influência na incidência dos microrganismos monitorados. Os resultados mostram que houve uma maior concentração de microrganismos no ar nas áreas de pré-tratamento, e que esta concentração diminuiu à medida que o tratamento avançou.

Palavras Chave: Monitoramento, bioaerossóis, estação de tratamento, microrganismos.

ABSTRACT

AZEVEDO, Maria de Lourdes Ribeiro de Souza de. **Monitoring of bioaerosols in a Wastewater Treatment Plant.** Rio de Janeiro. 2014. TESE (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

The study of air quality in open environments usually concentrates on levels of air pollution and particulate emissions, and not for the presence of bioaerosols, which may lead risks to the human health, due to the contamination caused by microorganisms. The present study aimed at monitoring of bioaerosols in a large scale Wastewater Treatment Plant (WWTP), located in the city of Rio de Janeiro. The influence of the environmental conditions (temperature, humidity, atmospheric pressure and wind speed) in the emission of bioaerosols was evaluated. Over a year, the presence of total coliforms, E. coli, *Salmonella* sp, *Shigella* sp and *Pseudomonas* sp and fungi it was quantified. Samples of 200 L of air were taken by filtration on a cellulose acetate 0.45 mm in pore size membrane filter, employing AFG system. The samples were taken in places near the steps of treatment, Grade Coarse, Pond Aeration, output Effluent and Garden. Membranes were plated on specific media and incubated at 37 ° C. The counting of colonies was taken at 24 and 48 hours. In the next all stages of treatment areas showed higher incidence of fungi, with peak concentration of 1000 CFU / m^3. Among environmental conditions, it seems that ambient temperature and relative humidity were the most influenced on the concentration of microorganisms in the air. The atmospheric pressure did not influence the incidence of microorganisms monitored. The results show that there was a higher concentration of microorganisms in the air in the pre-treatment area, and that the concentration decreased as the treatment progressed.

Key-words: Monitoring, bioaerosols, Plant Treatment, Microorganisms

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADROS

Figura 2.1 Amostrador impactador Andersen..... 41

Figura 2.2 Estágios de Deposição das Partículas no Aparelho Respiratório..... 41

Figura 2.3 Amostrador impactador MAS- 100®..... 42

Figura 2.4 Amostrador SAS®..... 43

Figura 2.5 Amostrador Microflow 90®..... 43

Figura 2.6 Amostrador AGI 30..... 44

Figura 2.7 Amostrador All Glass Millipore Impringer..... 45

Figura 2.8 Holder do Sistema AFG 46

Figura 2.9 Partes que compõem o Holder do Sistema AFG..... 46

Figura2.10 Amostrador de particulado AFG..... 46

Figura 2.11 Amostrador de ar Sartorius MD8..... 47

Figura 2.12 Esquema de uma Estação de Tratamento de Esgoto..... 64

Figura 2.13 Imagem de Satélite da Estação de Tratamento de Esgoto..... 65

Figura 2.14 Grade Grosseira..... 66

Figura 2.15 Grade de Sólidos 66

Figura 2.16 Caixas de Areia Inoperante..... 67

Figura 2.17 Caixa de Remoção de Areia em Operação..... 67

Figura 2.18 Decantador Primário..... 68

Figura 2.19 Reator Biológico..... 69

Figura 2.20 Aerador Horizontal..... 70

Figura 2.21 Aerador de Superfície..... 71

Figura 2.22 Aerador de Ar Difuso..... 72

Figura 2.23 Decantador Secundário..... 73

Figura 2.24 Decantador Secundário..... 73

Figura 2.25 Reciclo do Lodo..... 74

Figura 2.26 Reciclo do Lodo..... 74

Figura 2.27 Disposição Final..... 75

Figura 2.28 Efluente sendo lançado no corpo receptor..... 75

Figura 4.1 Pontos de Amostragem na ETE..... 81

Figura 4.2 Conjunto montado..... 87

Figura 4.3 Membrana para retenção dos microrganismos 88

Figura 4.4 Membranas sobre Placas de Petri..... 89

Figura 5.1 Amostragem na Grade Grosseira..... 97

Figura 5.2 Gráfico com a Quantidade de UFC na Grade Grosseira..... 97

Figura 5.3 Imagem da Grade Fina (A), Amostragem na Grade Fina(B)..... 98

Figura 5.4 Gráfico com a Quantidade de UFC na Grade Fina..... 99

Figura 5.6 Gráfico com a Quantidade de UFC na Caixa de Areia..... 100

Figura 5.7 Imagem Decantador Primário(A), Amostragem no Decantador Primário(B)..... 101

Figura 5.8 Gráfico com a Quantidade de UFC no Decantador Primário..... 101

Figura 5.9 Amostragem no Tanque de Aeração..... 102

Figura 5.10 Gráfico com a Quantidade de UFC no Tanque de Aeração..... 102

Figura 5.11 Imagem Decantador Secundário(A), Amostragem no Decantador Secundário(B)..... 103

Figura 5.12 Gráfico com a Quantidade de UFC no Decantador Secundário..... 103

Figura 5.13 Amostragem no Adensador de Lodo..... 104

Figura 5.14 Gráfico com a Quantidade de UFC no Adensador de Lodo..... 105

Figura 5.15 Amostragem na Disposição Final(saída)..... 105

Figura 5.16 Gráfico com a Quantidade de UFC na Saída..... 106

Figura 5.17 Gráfico com a quantidade de microrganismos em UFC/m^3 na ETE..... 106

Figura 5.18 Distribuição dos dados em função dos microrganismos utilizando o amostrador MAS 100®..... 109

Figura 5.19 Distribuição dos dados em função dos microrganismos utilizando o amostrador AFG..... 109

Figura 5.20 Gráficos do Perfil de Concentração dos Microrganismos no ar na Grade Grosseira..... 113

Figura 5.21 Gráficos da Série Histórica da Concentração de microrganismos no ar na Grade Grosseira..... 114

Figura 5.22 Gráficos do Perfil de Concentração dos Microrganismos no ar no Tanque de Aeração..... 117

Figura 5.23 Gráficos da Série Histórica da Concentração de Microrganismos no ar no Tanque de Aeração..... 118

Figura 5.24 Gráficos do Perfil de Concentração dos Microrganismos no ar na Saída..... 122

Figura 5.25 Gráficos da Série Histórica da Concentração de Microrganismos no ar na Saída do efluente..... 122

Figura 5.26 Amostragem no Jardim..... 125

Figura 5.27 Gráficos do Perfil de Concentração dos Microrganismos no

ar no Jardim..... 127

Figura 5.28 Gráficos da Série Histórica da Concentração de Microrganismos no ar no Jardim..... 128

Figura 5.29 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *pseudomonas* no ar na Grade Grosseira..... 133

Figura 5.30 Influência das Condições Ambientais na Concentração de coliformes totais no ar na Grade Grosseira..... 134

Figura 5.31 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar na Grade Grosseira..... 135

Figura 5.32 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar na Grade Grosseira 136

Figura 5.33 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *salmonella e shigella* no ar na Grade Grosseira..... 137

Figura 5.34 Influência das Condições Ambientais na Concentração de fungos no ar na Grade Grosseira..... 138

Figura 5.35 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *pseudomonas* no ar no Tanque de Aeração..... 139

Figura 5.36 Influência das Condições Ambientais na Concentração de coliformes totais no ar no Tanque de Aeração..... 140

Figura 5.37 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar no Tanque de Aeração..... 141

Figura 5.38 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar no Tanque de Aeração..... 142

Figura 5.39 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *salmonella e shigella* no ar no Tanque de Aeração ... 143

Figura 5.40 Influência das Condições Ambientais na Concentração de fungos no ar no Tanque de Aeração..... 144

Figura 5.41 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *pseudomonas* no ar na Saída..... 145

Figura 5.42 Influência das Condições Ambientais na Concentração de coliformes totais no ar na Saída..... 146

Figura 5.43 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar na Saída..... 147

Figura 5.44 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar na Saída..... 148

Figura 5.45 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *salmonella e shigella* no ar na Saída..... 149

Figura 5.46 Influência das Condições Ambientais na Concentração de fungos no ar na Saída..... 150

Figura 5.47 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *pseudomonas* no ar no Jardim..... 151

Figura 5.48 Influência das Condições Ambientais na Concentração de coliformes totais no ar no Jardim..... 152

Figura 5.49 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar no Jardim..... 153

Figura 5.50 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *E.coli* no ar no Jardim..... 154

Figura 5.51 Influência das Condições Ambientais na Concentração de *salmonella e shigella* no ar no Jardim..... 155

Figura 5.52 Influência das Condições Ambientais na Concentração de fungos no ar no Jardim..... 157

Figura 5.53 Quantidade de Microrganismos no ar na Estação no período de um ano..... 158

Figura 5.54 Grau de dispersão das pseudomonas nas etapas do

tratamento..... 159

Figura 5.55 Grau de dispersão dos Coliformes Totais nas etapas do tratamento.....

Figura 5.56 Grau de dispersão de E.coli nas etapas do tratamento.. 160

Figura 5.57 Grau de dispersão de E.coli(Fluorocult) nas etapas do tratamento..... 160

Figura 5.58 Grau de dispersão de Salmonellas e Shigellas nas etapas do tratamento..... 161

Figura 5.59 Grau de dispersão de Fungos nas etapas do tratamento..... 161

Quadro 5.1 Principais doenças transmitidas por Água Contaminada..... 30

Quadro 5.2 Representação Gráfica dos resultados de um teste típico de DBO..... 58

Quadro 5.3 Exemplos de valores típicos de DBO de alguns efluentes..... 58

Quadro 5.4 Dados da Razão DQO/DBO para diferentes efluentes..... 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Concentração dos microrganismos medidos com os dois Amostradores..... 99

Tabela 2 Valores de p-valor para cada grupo microbiano..... 100

Tabela 3 Concentração de Microrganismos no ar na Grade Grosseira no período de um ano 102

Tabela 4 Valores de Coeficientes de correlação na Grade Grosseira..... 105

Tabela 5 Concentração de Microrganismos no ar no Tanque de Aeração no período de um ano..... 115

Tabela 6 Valores de Coeficientes de correlação no Tanque de Aeração..... 118

Tabela 7 Concentração de Microrganismos no ar na Saída no período de um ano..... 127

Tabela 8 Valores de Coeficientes de correlação na Saída..... 130

Tabela 9 Concentração de Microrganismos no ar no Jardim no período de um ano.....

140

Tabela 10 Valores de Coeficientes de correlação no Jardim..... 142

GLOSSÁRIO

AL – Adensador de Lodo

CA – Caixa de Areia

CF – Coliformes Fecais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Coliformes Totais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DP – Decantador Primário

DS – Decantador Secundário

EN - Enterobactérias

EF – Estreptococos Fecais

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FU - Fungos

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GF – Grade Fina

GG – Grade Grosseira

GN – Gram-negativas

PCR – Reação em Cadeia da Polimerase

PRONAR – Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar

PS - Pseudomonas

PV – Poços de Visita

QPC - Quota Per Capita

SE – Saída do Efluente

S/S – Salmonela e Shigella

TA – Tanque de Aeração

UFC – Unidade Formadora de Colônias

UV – Ultra Violeta

VMA – Valores Máximos Aceitáveis

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO 20

1.1 Introdução..... 20

1.2 Produção Associada a Tese 23

1.3 Estrutura da Tese..... 24

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 25

2.1 Aspectos Gerais..... 25

2.2 Principais Grupos Microbianos Presentes no Ar..... 35

2.3 Variáveis que Afetam a Caracterização dos Bioaerossóis..... 38

2.3.1 Amostragem..... 38

2.3.2 Tipos de Amostradores..... 40

2.3.2.1 Amostradores por Impacto..... 40

2.3.2.2 Amostrador com Coleta em Meio Líquido..... 43

2.3.2.3 Amostrador com Coleta por Filtração.... 45

2.3.3 Período de Amostragem..... 48

2.3.4 Condições Ambientais..... 49

2.4 Esgotos..... 50

2.4.1 Tipos de Esgotos..... 51

2.4.1.2 Esgoto Doméstico..... 51

2.4.1.3 Características dos Esgotos Domésticos..... 53

2.5 Estação de Tratamento de Esgoto(ETE)..... 60

2.5.1 Classificação dos Métodos de Tratamento..... 62

2.5.2 Tratamento Preliminar..... 65

2.5.3 Tratamento Primário..... 67

2.5.4 Tratamento Secundário..... 68

2.5.5 Disposição Final..... 74

2.5.6 Considerações Finais 75

CAPÍTULO 3 JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS..... 77

3.1 Objetivo Geral..... 78

3.2 Objetivos Específicos..... 78

CAPÍTULO 4 METODOLOGIAS..... 80

4.1 Local de realização do trabalho de campo..... 80

4.2 Ensaios Prévios..... 82

4.3 Meios de Cultura..... 82

4.3.1 Meio para Plaqueamento de Fungos Filamentosos..... 83

4.3.2 Meio para Plaqueamento de Coliformes Totais e E.coli..... 83

4.3.3 Meio para Plaqueamento de *Pseudomonas*..... 84

4.3.4 Meio para Plaqueamento de *Salmonela* e

Shiguela..... 85

4.3.5 Meio para Plaqueamento de *E.coli*..... 85

4.4 Metodologias de Amostragem Microbiana..... 86

4.4.1 Amostrador e Condições de Amostragem..... 86

4.4.2 Etapas da Amostragem..... 89

4.5 Condições Ambientais..... 92

4.6 Tratamento Estatístico de Dados..... 92

CAPÍTULO 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 96

5.1 Estudos Preliminares para a Definição dos Locais de Amostragem..... 96

5.1.1 Grade Grosseira..... 96

5.1.2 Grade Fina..... 98

5.1.3 Caixa de Areia..... 99

5.1.4 Decantador Primário..... 100

5.1.5 Tanque de Aeração 102

5.1.6 Decantador Secundário 102

5.1.7 Adensador de Lodo..... 104

5.1.8 Saída do Efluente..... 105

5.2 Comparação dos Amostradores MAS100® e AFG..... 107

5.3 Resultados da Campanha..... 110

5.3.1 Grade Grosseira..... 111

5.3.2 Tanque de Aeração 116

5.3.3 Saída do Efluente..... 121

5.3.4 Jardim..... 125

5.4 Influência das Condições Ambientais..... 129

5.5 Número Total de Microrganismos medidos na ETE..... 157

5.6 Considerações Finais..... 162

CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES 164

6.1 Conclusões..... 166

6.2 Sugestões para outros trabalhos..... 168

CAPÍTULO 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 169

CAPÍTULO 1: Apresentação do Tema e Organização do Estudo

1.1 Introdução

A qualidade do ar é um assunto amplamente discutido porém não temos muitos trabalhos voltados para a qualidade microbiológica do ar. O que se encontra com frequência são estudos da qualidade do ar em ambientes confinados, em ambientes com ar condicionado. Normalmente, os estudos da qualidade do ar em ambientes abertos se concentram em avaliações de índices de poluição, em locais onde se tem alto índice de material particulado em suspensão, gases(CO, SOx, NOx, O_3, etc), que se encontram nos centros urbanos pelo tráfego intenso de veículos, ou em regiões industriais onde se tem grande liberação de poluentes no ar. Nesses casos, os estudos abordam, principalmente, problemas ambientais que estes poluentes podem causar como também problemas de saúde que podem trazer. Porém esses estudos não indicam microrganismos que podem ser transportados pelos particulados e que podem, também, trazer riscos para a saúde dos indivíduos.

Em mais de um quarto da superfície terrestre, a concentração total de partículas aerolizadas pode ser composta por material biológico, tais como grãos de pólen, esporos fúngicos, bactérias, vírus e fragmentos de material vegetal e animal (JONES, 2004)

Os microrganismos são formas de vidas detectadas em todas as partes do Planeta, desde a superfície terrestre até as altitudes elevadas, em todas as áreas continentais, nos ambientes marítimos desde a superfície até as profundezas abissais. Podem ser encontrados no ar, no solo, e, inclusive, nos indivíduos, incluindo-se vírus, bactérias, fungos,

algas e protozoários. Estima-se que a massa microbiana total seja 25 vezes superior à massa total da vida animal na Terra. Os animais transportam enormes populações microbianas, por exemplo, o corpo humano tem cerca de 10 bilhões de células e 100 bilhões de microrganismos (UFSC, 2005).

Pode-se verificar que, com o crescimento dos grandes centros urbanos, há também um aumento significativo da contaminação dos ambientes e, principalmente, do ar. Esta contaminação se dá tanto por material particulado como por bioaerossóis, ampliando, assim, a chance da difusão dos microrganismos no ambiente. Com o aumento da contaminação do ar, este tema tem se tornado cada vez mais importante, para a minimização de riscos à saúde do homem e dos demais seres vivos.

A importância da presença dos organismos no ar é abordada na Aerobiologia, que é o ramo da ciência, que estuda os organismos biológicos presentes no ar, suas origens, o transporte e a deposição em relação às condições meteorológicas e seus impactos sobre seres humanos, animais ou plantas. A Aerobiologia, em interação com outras ciências, como a biologia, fisiologia vegetal, micologia e meteorologia, forma o alicerce básico para estudar a produção, a liberação, o transporte e a deposição de bioaerossóis. (MOREAU, 1994; BIEVRE, 1998; MAIN 2003, *apud* PANTOJA, 2007)

O ar não é um ambiente propício para os microrganismos, a formação de bioaerossóis depende de uma fonte geradora e pode utilizar particulados para se ancorar e ser transportado. Com base no que foi assim apresentado, o presente estudo foi concentrado no monitoramento de bioaerossóis em áreas de uma estação de tratamento de esgoto (ETE). A estação escolhida foi uma estação de grande porte, situada na cidade do Rio de Janeiro, RJ que atende a uma área de alta concentração populacional, localizada nas

proximidades de uma via com intenso fluxo de automóveis, o que gera grande produção de particulados.

Com isso, pode-se aliar dois fatores importantes ao estudo, que é a presença de particulados associados à produção de bioaerossóis. Para se ter ideia preliminar da situação, foi feita uma amostragem inicial somente para a definição de alguns parâmetros que fossem mais significativos para o estudo como: horários de coleta, locais de amostragem e etapa do tratamento.

Mediante buscas na área de monitoramento de bioaerossóis em ambientes abertos, foi constatado que existem poucos trabalhos publicados no Brasil e no exterior. Devido a isso, a quantidade de artigos consultados não foi muito expressiva. Esta escassez de trabalhos contribuiu para a motivação para a realização do presente estudo, além do interesse da contribuição deste estudo na qualidade de vida dos trabalhadores assim como da população circunvizinha a estação de tratamento de esgoto. Muitos trabalhos foram encontrados tratando sobre monitoramento de microrganismos no ar, porém estes eram em maioria de estudos em ambientes confinados.

1.2 Produção Associada à Tese

Trabalho completo em congresso:

AZEVEDO, M. L. R. S.; COUTO, M. A. P. G.; LEITE, S. G. F; PROCÓPIO, A. S. "Monitoramento de bioaerossóis em estações de tratamento de esgoto". In: Anais do COBEQ 2012 XV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 9 a 12 de setembro de 2012, Armação dos Búzios

Artigo publicado:

AZEVEDO, M. L. R. S, COUTO, M. A. P. G., LEITE, S. G. F., AZEVEDO, B., ALMEIDA, P. A B. R. S., PROCÓPIO A. S., SILVA, S. A. "Evaluation of Air

Samplers Systems in the Monitoring of Bioaerosols at Wastewater Treatment Plants", International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol:14 Issue 3, p48

Trabalhos orientados e apresentados em jornada de iniciação de científica

COSTA, A.M. (autora) COUTO, M.A.P.G.; LEITE, S.G.F.; PROCÓPIO, A.S.; AZEVEDO, M.L.R.S. (orientadoras). "Monitoramento de bioaerossóis em áreas próximas a estações de tratamento de esgoto". XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ, outubro de 2009, Rio de Janeiro.

PEREIRA, F.S.; LIMA, M.S.C. (Autoras); COUTO, M.A.P.G.; LEITE, S.G.F.; AZEVEDO, M.L.R.S. (Orientadoras). "Monitoramento de bioaerossóis em estações de tratamento de esgoto". In: Anais da XXXIV Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural da UFRJ, outubro de 2012, Rio de Janeiro.

1.3 Estrutura da Tese

O presente documento foi organizado em 7 capítulos. Além deste, que traz uma breve apresentação do tema, nos capítulos subsequentes são feitas as seguintes abordagens:

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica com os principais estudos relacionados ao tema.

O capítulo 3 traz as justificativas e os objetivos deste estudo.

As metodologias empregadas na realização deste estudo estão descritas no capítulo 4.

No capítulo 5, são apresentados e discutidos os resultados.

O capítulo 6 traz as conclusões referentes ao trabalho de campo, realizado junto à Estação de Tratamento.

O capítulo 7 lista as referências citadas.

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

2.1 Aspectos gerais

A microscopia ótica ampliou a capacidade da visão humana e permitiu o descobrimento de um mundo aparentemente invisível. O termo microrganismo foi cunhado para designar os inúmeros organismos, que somente são visíveis com auxílio de microscópios. Tal designação permitiu o surgimento de um novo ramo do conhecimento: a Microbiologia (Sant'Anna Junior, 2013).

Os microrganismos apresentam organização celular simples (unicelulares e multicelulares) e desempenham papel importantíssimo na reciclagem dos nutrientes no ambiente. Do ponto de vista da Tecnologia Ambiental, asseguram a degradação de inúmeros poluentes, sendo agentes principais dos chamados processos biológicos de tratamento de efluentes (Sant'Anna Junior, 2013).

Os microrganismos são universais. As correntes de ar carregam os microrganismos das superfícies terrestres para a atmosfera, e de continente para continente (PELCZAR, 1996).

A flora microbiana do ar é transitória e variável, uma vez que a quantidade e os tipos de agentes contaminantes são determinados pelas várias fontes de contaminação existentes no meio ambiente. Embora o ar não seja um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos, estes podem ser ancorados e carregados nas partículas de pó em grandes gotas, que se sedimentam rapidamente. Os organismos introduzidos no ar podem ser transportados ao longo de poucos centímetros, ou muitos quilômetros. Alguns microrganismos transmitidos pelo ar morrem em questão de segundos; outros sobrevivem por semanas, meses, ou, até, anos. O destino final dos microrganismos transportados pelo ar é governado por um conjunto complexo de circunstancias que inclui a umidade relativa, temperatura ambiente, quantidade de luz solar e o tamanho das partículas

portadoras de microrganismos (FREIRE, 2005). A natureza dos microrganismos também é importante. Por exemplo, os organismos, que formam esporos ou cistos, provavelmente sobrevivem no ar por um longo período de tempo (PELCZAR, 1996).

As partículas de origem biológica, suspensas no ar, são denominadas bioaerossóis (CAVINATTO, 1991). São frequentemente obtidos por reações biológicas de plantas ou animais e podem ser gerados por ações naturais ou antropogênicas, o que traz a necessidade de um monitoramento desses aerossóis (PATENTALAKIS, 2008).

Os bioaerossóis são numerosos e diversificados, compreendendo vírus, bactérias, fungos, cistos de protozoários, grãos de pólen, fragmentos de plantas e insetos. Essas partículas biológicas podem perfazer de 10 a 50% da massa total do ar, dependendo da estação do ano e da localização geográfica (PANTOJA, 2007). Os diversos tipos de aerossóis biológicos apresentam uma variada distribuição de tamanho. Os polens típicos de plantas têm diâmetros de aproximadamente 17-58 µm (STANLEY, LINSKINS 1974), esporos de fungos, são tipicamente de 1-30 µm de diâmetro (GREGORY, 1973), as bactérias são normalmente de 0,25-8 µm de diâmetro (THOMPSON, 1981), enquanto os vírus têm diâmetros que são tipicamente menores que 0,3 µm (WESTBROOK & ISARD, 1999; BURGE, 2002; MAIN, 2003, MILLNER et al., 1994).

O material biológico não ocorre, necessariamente, no ar como partícula independente. SHAFFER e LIGHTHART (1997) identificaram que a maioria das bactérias encontradas no ar estava associada a partículas maiores que 3µm de diâmetro aerodinâmico. As bactérias podem ocorrer como aglomerações de células, ou podem ser transportadas no ar em fragmentos de plantas ou animais, partículas de poeira, de pólen, esporos e gotas, que as contenham e as tornem aerotransportadas. Vírus podem ser transportados em grandes gotas emitidas pelos animais (DONALDSON et al, 1983).

O comportamento de qualquer das partículas na atmosfera dependerá da sua dimensão, densidade e forma. A taxa na qual as partículas são depositadas pode ser apresentada em termos de velocidade de deposição, que depende, principalmente, do diâmetro aerodinâmico da partícula. O tamanho típico de aerossóis biológicos acima identificados resulta em uma série de diâmetros aerodinâmicos, que resultam em deposições em diferentes velocidades (NICHOLSON, 1988b).

A granulometria afetará, também, na probabilidade de uma partícula entrar em suspensão na atmosfera. CHAMBERLAIN (1975) observou que pequenas partículas encontradas na superfície, como cimento em pó, não são susceptíveis à ressuspensão apenas pelo efeito do vento, enquanto partículas com tamanho entre 30 e 100 µm, como a poeira, estão mais suscetíveis a essa perturbação . Ou seja, algumas partículas se movem apenas pela ação do vento, outras são perturbadas somente por impacto. Conforme comentado por Nicholson (1988a) em seus estudos de processos de ressuspensão de partículas. A sobrevivência de uma partícula biológica na atmosfera também será afetada pelo seu tamanho. A interação de uma partícula com o seu ambiente depende da sua superfície, da sua capacidade de se manter em suspensão, do seu volume(JONES, 2004).

A colonização do ar está diretamente relacionada às condições ambientais, de forma que os microrganismos variam em qualidade e quantidade, dependendo do local analisado (PEI-CHIN et al., 2000a; PASTUSZKA et al., 2000; HUANG et al., 2002). Muitos parâmetros são descritos como sendo perigosos ou, até mesmo, letais para os microrganismos no ar. Um desses parâmetros é a radiação solar, que apresenta variações bastante significativas com as mudanças de estações do ano. Outros fatores também podem ser determinantes para a sobrevivência dos microrganismos, como a velocidade e

direção dos ventos, variação de temperatura, umidade e turbulência do ar (KARRA, 2007).

As doenças infecciosas e não infecciosas induzidas pela inalação de diferentes bioaerossóis dependem não apenas de suas propriedades biológicas e composição química, mas também do número de partículas inaladas e o estágio em que se depositam no sistema respiratório. Aerossóis maiores que 10 µm possuem baixa probabilidade de atravessar a região nasal; os que apresentam diâmetro de 5-10 µm são depositados no sistema respiratório superior e as partículas menores que 5 µm , designadas de frações respiratórias, são capazes de penetrar nos alvéolos, causando infecções, reações alérgicas e outras doenças graves (PASTUSZKA et al., 2000).

Dos milhares de microrganismos conhecidos, apenas um número reduzido pode causar doenças, sendo denominados patogênicos. Nos demais grupos, estão incluídos os que são essenciais na reciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica. A vida na Terra depende dessas transformações químicas efetuadas por microrganismos no ambiente, pois, na ausência destes, a matéria orgânica acumular-se-ía indefinidamente. Dessa forma, o contato desses organismos com o homem pode ocorrer positivamente, quando estes são indispensáveis à vida, ou, negativamente, com efeitos prejudiciais à saúde (UFSC, 2005). Neste caso, é importante realizarem-se estudos relacionando a ocorrência de microrganismos patogênicos no ar, uma vez que estes podem penetrar no organismo através das vias nasais causando sintomas tanto respiratórios como gastro intestinais. (Fattal et al., 1983; Sigsgaard et al., 1994; Thorn et al., 1998; Ivens et al., 1999; Douwes et al., 2003). Bioaerossóis podem ser veículos para a disseminação de doenças patogênicas entre humanos e animais (KARRA, 2007). Devido a isso, as partículas biológicas aerotransportadas são motivo de maior preocupação, pois, podem atingir um grande

número de pessoas, tornando-se, assim, um problema de saúde pública. O quadro 1 apresenta as principais doenças que podem ser transmitidas por água contaminada por organismo patogênico de origem fecal.

Quadro 1 - Principais doenças transmitidas por água contaminada.

ORGANISMO	DOENÇA	AGENTE CAUSADOR	SINTOMAS
Báctérias	Disenteria bacilar	*Shigella dysenteriae*	Forte diarréia
	Enterite	*Campylobacter jejuni* *Campylobacter coli*	Diarréia, dor abdominal, indisposição, febre nausea, vômito
	Cólera	*Vibrio cholerae*	Diarréia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade
	Gastroenterite	*Escherichia coli* - enteropatogênica	Diarréia
	Leptospirose	*Leptospira*	Icterícia, febre
	Febre paratifóide	*Salmonella*	Febre, diarréia, indisposição, dor de cabeça, aumento do baço, envolvimento dos tecidos linfáticos e intestinos
	Salmonella	*Salmonella*	Febre, nausea, diarréia
	Febre Tifóide	*Salmonella typhi*	Febre elevada, diarreia, ulceração do entestino delgado
Vírus	Hepatite	Vírus da hepatite A	Icterícia, febre
	Doenças respiratórias	Adenovirus	Doenças respiratórias
	Gastroenterite	Enterovírus, Norwalk, rotavírus, etc	Diarréia leve a forte, vômito
	Meningite	Enterovírus	Febre,vômito, enrijecimento do pescoço
	Poliomielite	*Poliomyelitis vírus*	Paralisia, atrofia
Protozoários	Disenteria Amebiana	Entamoeba histolytica	Diarréia prolongada com sangramento, abscessos no fígado e intestino delgado
	Giardíase	*Giardia lamblia*	Diarréia leve a a forte, náusea, indigestão, flatulência
	Criptosporidiose	*Cryptosporidium*	Diarréia
	Balantidíase	*Balantidium coli*	Diarréia, disenteria
Helmintos	Ascaridíase	*Ascaris lumbricoides*	Manifestações pulmonares, deficiência nutricional, obstrução intestinal e de outros órgãos
	Tricuríase	*Trichuris trichiura*	Diarréia, fezes com sangramento, prolapso retal

Conforme comentado, os bioaerossóis podem ser gerados por meio de processos naturais e por atividades humanas. Por processos naturais,=tem-se, por exemplo, a degradação de matéria orgânica no solo e na água. Têm-se, por meio de atividades humanas, como principal foco, os processos de tratamento de esgoto que podem

conter qualquer microrganismo, inclusive patogênicos, que podem estar nas águas residuais, assim como nos bioaerossóis, que são gerados durante as diferentes fases do processo (KARRA, 2007).

A formação de bioaerossóis tem uma significante influência na qualidade do ar, não só na área de estações de tratamento de esgoto como também nas áreas próximas (PATENTALAKIS, 2008), o que pode ser considerado um fator de risco para a população que vive em seu entorno.

Estações de tratamento de esgotos são fontes geradoras de bioaerossóis, especialmente em estágios que incluem movimentação severa dos líquidos e, em particular, a etapa de aeração dos tanques que resultam em grande formação de aerossóis. Os microrganismos, como bactérias, fungos e vírus, são, frequentemente, encontrados, podendo ser patogênicos, ou causar alergias, quando inalados. Estes bioaerossóis podem ser transportados pelo vento por mais de 100 metros de distância (PATENTALAKIS, 2008, BAUER et al. 2002; FANNIN et al., 1985; LEE et al., 2006; PASCUAL et al., 2003; Ranalli et al., 2000; Sawyer et al., 1993).

Segundo GRISOLI (2009), a concentração dos bioaerossóis diminui à medida que se aumenta a distância da fonte geradora, e isto se dá pela dispersão atmosférica e diluição do ar. A concentração também sofre influência das estações do ano, sendo que, de acordo com este autor, mostra-se uma maior concentração de microrganismos no verão do que no inverno.

É praticamente consensual que as concentrações de microrganismos aerotransportados dependem de diferentes parâmetros, tais como o tipo de estação de tratamento, o porte e os equipamentos presentes nas estações de tratamento. Por exemplo, o tipo de aerador dos tanques exerce influência, pois, dependendo do tipo de aeração, este processo pode gerar uma grande quantidade de

bioaerossóis. A natureza do esgoto, se industrial ou doméstico, pode ser crucial para a formação de bioaerossóis. O esgoto doméstico propicia uma geração maior de bioaerossóis como também uma maior chance de se ter microrganismos patogênicos. As condições ambientais também afetam, uma vez que o ambiente tem muita influência na sobrevivência e dispersão dos microrganismos. Outros fatores são muito importantes para qualquer estudo, como a temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, direção do vento, velocidade do vento, sobrevivência dos microrganismos no ar, a sazonalidade, entre outros. (KARRA, 2007; SANCHEZ, 2008; FRACCHIA, 2006; PASCUAL, 2003)

A concentração de microrganismos no ar numa estação de tratamento é variável. Segundo estudos, há um decréscimo gradual na emissão de bioaerossóis na medida em que o processo de tratamento avança, desde o pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário (KARRA, 2007).

A avaliação da concentração dos microrganismos no ar pode ser feita por meio de amostragens realizadas com amostradores de diversos tipos e modelos, que são escolhidos de acordo com o objetivo do estudo. É importante identificar as diferenças entre os amostradores e as técnicas de cultivo, pois estes fatores podem dificultar a comparação dos resultados, além do que alguns microrganismos necessitam de técnicas e meios de cultura apropriados (BRANDI, 2000).

Segundo OPPLIGER (2005) além de bactérias e fungos, a presença de endotoxinas também foi verificada em ambientes próximos a ETEs.

Endotoxina, comumente referida na literatura como lipopolissacarídeo (LPS), é uma toxina que, ao contrário de uma exotoxina, não é segregada de forma solúvel pela bactéria, mas, sim, um componente estrutural presente na parede celular de bactérias Gram-negativas como, por exemplo: *E. coli, Salmonella e Shigella,*

Pseudomonas sp, entre outras, independentemente se os organismos são patogênicos ou não.

Existem várias fontes naturais de endotoxinas, podendo ser classificadas como exógenas (atmosfera, alimentos, água, fezes e urina) e endógenas (colonização de mucosas, trato gastrointestinal, feridas, traumas, abscessos, bactérias no sangue e linfa e mobilização de tecido lipídico) (BIOMIN, 2013).

OPPLIGER (2005) verificou que as endotoxinas podem ser geradas por tipos de indústrias diferentes como confinamento animal, indústria de transformação de algodão, processamento de grãos entre outros, indicando, também, que há associações entre exposição à endotoxinas aerotransportadas e sintomas respiratórios, ou declínio de função pulmonar, além de problemas no trato intestinal, dores de cabeça e fadiga frequente.

No que diz respeito à legislação, há numerosas propostas para determinação dos Valores Máximos Aceitáveis (VMA), ou de conjuntos de valores que classifiquem as condições ambientais, com relação aos marcadores epidemiológicos - fungos e bactérias – por meio de padrões ou normas, indicados por órgãos governamentais, órgãos e sociedades científicas ou privadas, ou, ainda, por meio de projetos de pesquisa, experiência profissional, ou consenso científico. Observa-se, porém, que essas propostas não são uniformes, sugerindo a possibilidade de variações decorrentes de variáveis macrogeográficas, climáticas e, até mesmo, socioeconômicas e tecnológicas (PANTOJA, 2007).

A primeira legislação brasileira para controle da qualidade do ar foi a Portaria nº 231, de 27 de abril de 1976. Neste edito, padrões de emissões foram adotados para estabelecer os níveis máximos de concentração permitida de poluentes no ar, a fim de proteger a saúde

da população. Esses padrões foram extraídos da legislação americana, considerada, na época, como a mais avançada do mundo, e se adequaram pouco à realidade brasileira (SANTOS e RODRIGUES, 1998 *apud* CAMARINHA, 2010)

Em 1989, o governo brasileiro, por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), instituiu o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar) pela Resolução Conama 05/89. O objetivo principal da Resolução foi restringir os níveis de poluentes por fonte de poluição atmosférica, limitando emissões por todo o País, considerando tipologia de fonte e poluentes prioritários, e usando padrões de qualidade do ar como estratégia complementar de controle (CAMARINHA, 2010).

Em junho de 1990, o Conama, por meio da Resolução n° 003, estabeleceu os padrões de qualidade do ar nos ambientes externos, que, ultrapassados, poderiam afetar à saúde, segurança e ao bem-estar da população e do meio ambiente em geral. Os padrões primários são referentes as concentrações que quando ultrapassadas podem afetar a saúde da população e secundários são as concentrações limite, em que abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso ao bem estar da população e ao meio ambiente em geral. No tocante às partículas inaláveis, que são aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm. Essas partículas podem ainda ser classificadas como partículas inaláveis finas – MP 2,5 (<2,5 µm) e partículas inaláveis grossas (2,5 a 10 µm). As partículas finas, devido ao seu tamanho, podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório. Os valores de referência para padrões primários e secundários para as partículas inalavam são a concentração média aritmética anual de 50µg m^{-3} e concentração média diária de 150 µg m^{-3}, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano (CONAMA, 1990).

Para os níveis de contaminantes biológicos do ar de interiores, que variam, enormemente, em função do tempo e espaço, ainda não existem métodos e padrões amplamente estabelecidos (PANTOJA, 2007). A ANVISA estabeleceu padrões para ambientes internos, em que o Valor Máximo Recomendável para contaminação microbiológica deve ser $\leq$ 750 UFC.m^{-3} de fungos, para a relação I/E $\leq$ 1,5, em que I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior (ANVISA, 2003).

Os padrões de qualidade do ar são metas a serem obtidas por meio de uma estratégia baseada em padrões de emissão. O Conama, entretanto, não estabelece padrões de qualidade do ar para material particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 µm, em que estão incluídos os microrganismos (CAMARINHA, 2010).

2.2 Principais grupos microbianos presentes no ar

Os tipos e o número dos microrganismos no ar variam de acordo com o ambiente, e são influenciados pelas condições meteorológicas e pelas condições geomorfológicas do local. Conforme já explanado, vários tipos de microrganismos podem ser encontrados, entretanto, nesta seção, serão relatados os grupos microbianos de interesse para os processos de tratamento de efluentes que são os grupos-alvo do presente estudo: fungos e bactérias.

Os fungos consistem em células eucarióticas, que apresentam um núcleo envolto por uma membrana como as algas. Têm parede celular rígida e podem ser uni ou multicelulares. Alguns podem ser microscópicos em tamanho, enquanto que outros, muito maiores como os cogumelos, fungos, que crescem em madeira úmida, ou no solo. Os fungos são desprovidos de clorofila e, portanto, não realizam fotossíntese. Não ingerem alimentos, mas devem absorver os nutrientes

dissolvidos no ambiente. Na categoria dos fungos, encontram-se muitos organismos com morfologia distinta. Os chamados fungos filamentosos crescem, formando micélios a partir de filamentos, denominados hifas (bolores), que podem apresentar esporos. Individualmente, as hifas são microscópicas, porém quando em grande quantidade, a massa fúngica é visível a olho nu. Os bolores têm valor considerável; eles são usados para produzir o antibiótico Penicilina, molho de soja, queijos Roquefort e Camembert, e muitos outros produtos. Contudo, eles, também, têm notável participação nos processos de reciclagem de nutrientes e são responsáveis pela deterioração de materiais, tais como matéria têxtil e madeira (PELCZAR, 1996). As leveduras são fungos que, em geral, se apresentam na forma de células individuais, não formando filamentos ou micélios. Como os bolores, as leveduras são tanto benéficas quanto prejudiciais. Elas são, amplamente, utilizadas em indústrias de pães, produzem o gás que faz a massa da farinha crescer. Devido a sua habilidade em produzir álcool, as leveduras são essenciais para a obtenção de bebidas alcoólicas fermentadas. Por outro lado, causam deterioração de alimentos e doenças como vaginites e infecção oral, popularmente, chamado de sapinho (PELCZAR, 1996). A presença de leveduras no processo de tratamento de efluentes não é tão marcante quanto à das bactérias, que pode ser considerada muito pequena (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

Os fungos produzem propágulos, que são estruturas muito leves, e utilizam o ar como veículo de transporte, de forma que estão sempre presentes nesse ambiente. Os fungos são organismos de ampla distribuição e adaptados a vários ambientes, sendo encontrados em quase todos os ecossistemas existentes no Planeta. As infecções mais comuns causadas por fungos são as micoses, como pé-de-atleta e candidíase além de problemas respiratórios. Segundo estudos de Pei-Chin (2000b), mostraram que a exposição de fungos no ar pode estar associado a várias doenças respiratórias como asmas, aspergilose,

pneumonite, rinite entre outras. Infecções fúngicas graves em geral afligem apenas a pessoas com defesas enfraquecidas pela desnutrição, câncer, drogas ou infecções viróticas, que suprimem o sistema imunológico. (ALEXOPOULOS, 1996, *apud* PANTOJA, 2007).

Segundo AZEVEDO (1997), apud PANTOJA (2007), estes microrganismos despertam grande interesse prático e científico devido às suas características biológicas - saprofíticos, parasitas e simbiontes - sendo considerados assim seres ubiquitários, que podem facilmente utilizar substâncias simples como nitrogênio e fósforo para o seu crescimento.

Os fungos, que, comumente habitam o ambiente aéreo, são denominados fungos anemófilos ou alergizantes, pertencentes a diversos gêneros e espécies (PANTOJA, 2007).

As bactérias consistem em organismos unicelulares - procariotos. O citoplasma é confinado, na maioria das células, por uma parede semirrígida. A membrana citoplasmática controla a passagem de nutrientes e produtos para o interior da célula. O citoplasma é uma solução que contém as moléculas essenciais para o metabolismo celular. A água é o mais abundante componente das células, correspondendo a cerca de 75% da massa bacteriana (SANT'ANNA JUNIOR, 2013). Algumas apresentam estruturas externas, flagelos, e, portanto, podem locomover-se em líquidos e ambientes úmidos. As eubactérias são de grande importância na natureza e na indústria, essenciais na reciclagem de lixos orgânicos e na produção de antibiótico como estreptomicina. Infecções causadas por eubactérias incluem infecção estreptocócica de garganta, tétano, peste, cólera e tuberculose. Os organismos do grupo archae assemelham-se às eubactérias, porém, são notadas por sua habilidade em sobreviver em ambientes não usuais, como aqueles com altas concentrações salinas ou elevada acidez e altas temperaturas. Elas vivem em lagoas salinas e

piscinas térmicas, por exemplo. Algumas são capazes de desempenhar atividade química especial, como produção de gás metano a partir de dióxido de carbono e hidrogênio. Organismos do grupo archae produtores de metano vivem somente em ambientes anaeróbios, como no fundo de pântanos, ou no intestino de ruminantes, tais como gado e carneiro (PELCZAR, 1996).

2.3 Variáveis que afetam a caracterização dos bioaerossóis

2.3.1 Amostragem

As amostragens são muito importantes para qualquer estudo, porém, no caso de amostragem de bioaerossóis, isto se torna o ponto crítico. Além de exigir o uso de equipamentos específicos, a amostragem sofre interferência do tipo de amostrador, que deve ser escolhido dependendo do tipo de microrganismo, levando em consideração o tamanho, a concentração, entre outros fatores.

As amostras devem ser levadas ao laboratório em até quatro horas após a coleta e devem ser mantidas sob-refrigeração (Standard methods, 1995). As amostras devem ser inoculadas em meios de cultura e incubadas em estufa a temperaturas específicas para cada tipo de microrganismo, as amostragens por impactação não necessitam de inoculação. (FRACCHIA, 2006).

Amostragens de bioaerossóis também podem sofrer interferências do meio ambiente, como o estresse bacteriano, que pode ser definido como qualquer fenômeno que resulte na interrupção diminuição do crescimento normal de uma população microbiana. Normalmente são causados por fatores externos que podem ser os mais variados possíveis como: limitação de nutrientes, choque térmico, pH, invasão de outros microrganismos, entre outros. Pode-se prever que no ambiente como em amostragens ambientais está repleto de fatores potencialmente

estressantes. (ICB, 2014). Em uma amostragem, os microrganismos podem sofrer influência de poluentes químicos presentes no ar, que podem provocar a inibição no crescimento destes. Alguns microrganismos podem sofrer estresse durante a amostragem, o que também pode influir no crescimento. Um motivo de estresse é quando o amostrador não está numa vazão adequada (Karra, 2007).

2.3.2 Tipos de amostradores

Segundo ALVAREZ (1995), um monitoramento efetivo de bioaerossóis requer uma eficiente coleta do ar, para isso são necessários amostradores adequados para este fim.

Existem vários modelos de amostradores, que podem ser empregados no monitoramento de bioaerossóis.

2.3.2.1 Amostradores por impacto

O princípio da impactação consiste no arraste do fluxo de ar, forçando a passagem deste através de orifícios, aumentando sua velocidade e impactando-o a uma superfície onde a partícula fica retida. O fluxo de ar transfere, por efeito Venturi, certa energia inercial a partícula (FRONDIZI, 2012).

O amostrador impactador Andersen (Figura 2.1) pode ter vários estágios (1 a 6), em que cada estágio possibilita que se retenha um determinado intervalo de tamanho de partículas (Figura 2.2). O ar é aspirado e impactado, diretamente, em placas de Petri com meio Agar específico, para cada microrganismo. É utilizado, principalmente, quando se quer saber o tipo de microrganismo existente, assim como o tamanho da partícula, possibilitando a determinação de como esta atinge o sistema respiratório. Com isso, é recomendado para estudos focados nos danos à saúde dos trabalhadores das estações de tratamento. Em seu estudo, BRANDI (2000) comparou este amostrador

com o amostrador *Surface Air System (*SAS). Em amostragem simultânea com os dois amostradores, a contagem de bactérias foi superior com o amostrador Andersen, sugerindo que este seja mais eficiente na coleta de bactérias (FRONDIZI, 2012).

HUNG (2010) em seu estudo de amostragens de ar em tanques de aeração obteve resultados errôneos na leitura das colônias feitas com o impactador Andersen, pois, devido à alta concentração de bactérias no local, as colônias formadas se sobrepuseram umas às outras, dificultando, assim, a contagem.

Figura 2.1- Amostrador impactador Andersen
(disponível em: www.energetica.ind.br, 2012)

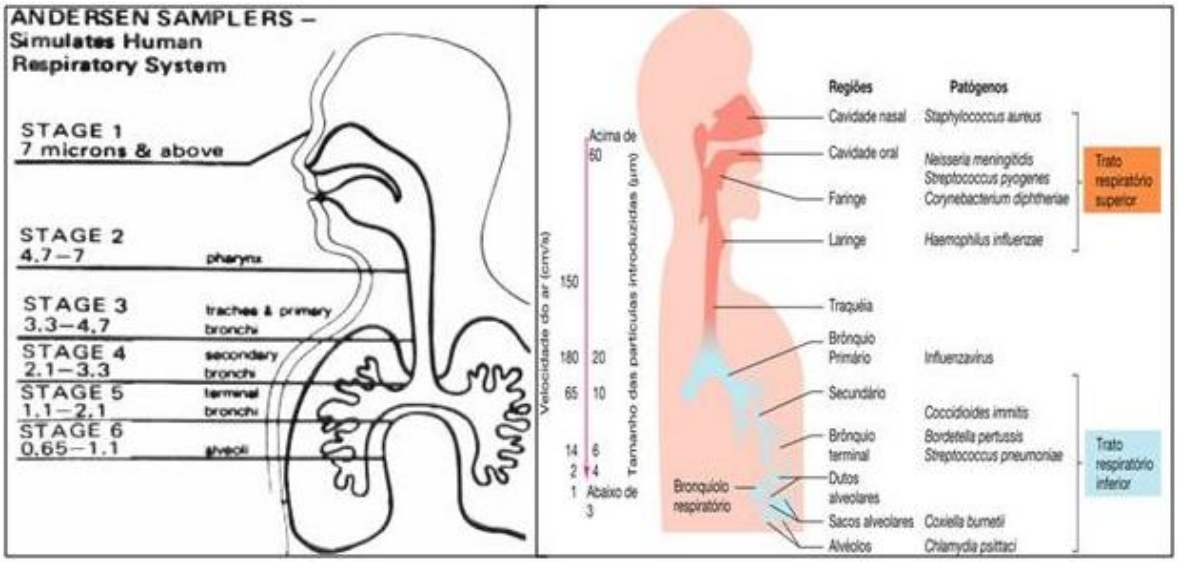


Figura 2.2- Estágios de deposição das partículas no aparelho respiratório
(disponível em: www.energetica.ind.br, 2012)

O amostrador impactador MAS 100® (Figura 2.3) possui apenas um estágio, aspirando o ar que passa através de orifícios e que atinge diretamente as placas, onde os aerossóis são forçados sobre o meio agarizado específico para cada microrganismo (KARRA, 2007; MAIER et al., 2000). Este amostrador se difere do citado anteriormente pois além de ser mais compacto, funciona de forma programada e automática, o que o torna mais fácil de manusear.

PASCUAL (2003) demonstrou a viabilidade de usar o amostrador MAS 100® com uma técnica que utiliza um pêndulo para recolher os bioaerossóis em um meio líquido, sendo este amostrador e técnica úteis em amostragens de bioaerossóis que contenham agentes patogênicos por *polymerase chain reaction (PCR) como, por exemplo, L.pneumophila*.

Figura 2.3 - Amostrador impactador, MAS100®
Fonte: Autoria própria

O amostrador *Surface Air System* (SAS®)(Figura 2.4) figura como um sistema que aspira em velocidade fixa de 180 L. min^{-1}. O impactador faz o plaqueamento em meio Agarizado específico para cada microrganismo, no momento da amostragem (FRACCHIA, 2006).

RANALLI (2000) relatou a praticidade no uso deste equipamento, pois este funciona à pilha, o que facilita as amostragens em campo.

Figura 2.4 - Amostrador SAS®(*Surface Air System*)
(disponível em: www.internationalpbi.it, 2012)

O amostrador Microflow 90® (Figura 2.5) funciona como um impactador de um estágio, a velocidade fixa de 90 L.min.$^{-1}$. As amostragens são feitas diretamente em meio agarizado (SANCHEZ, 2008).

Figura 2.5 - Amostrador Microflow 90®
(disponível em: WWW.eximpor.com, 2012)

2.3.2.2 Amostrador com coleta em meio líquido

Estes amostradores são utilizados quando se tem microrganismos que estão em baixa concentração, pois, os amostradores por impactação podem causar algum tipo de estresse durante a amostragem, dificultando o crescimento e a obtenção de colônias (BRANDI, 2000).

No amostrador AGI-30m (Figura 2.6), a coleta de ar é realizada em meio líquido de tampão fosfato 0,1M, utilizado quando se tem

microrganismos, normalmente, patogênicos, em que a impactação pode causar resultados errôneos (ALVAREZ, 1995).

Figura 2.6 - Amostrador AGI-30
(disponível em: www.airmet.com.au, 2012)

O amostrador *All Glass Millipore Impringer* (*Hereafter Impringer*)(Figura 2.7) utiliza um meio líquido em seu interior que é específico para reter os microrganismos. Este amostrador é recomendado para coletas de *Salmonela, Shigella, Aeromonas spp e Pseudomonas aeruginosa* (BRANDI, 2000).

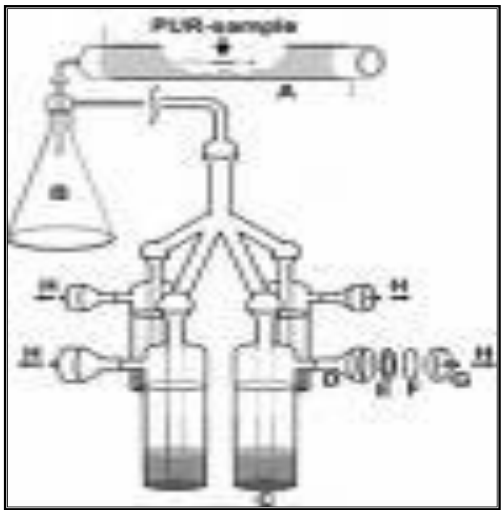


Figura 2.7 - Amostrador All Glass Millipore Impinger (hereafter Impringer)
(disponível em: www.pubs.rsc.org, 2012)

2.3.2.3 Amostrador com coleta por filtração

Este método é uma operação unitária que consiste na separação de uma fase sólida de uma fase fluida que pode ser líquida ou gasosa. As fases passam através de um meio permeável e poroso, onde a fase sólida fica retida.(INFOPÉDIA, 2014).

O sistema AFG de suporte para filtro é concebido para recolhimento de partículas e compostos gasosos, por impregnação dos filtros nas medições de poluição do ar. O amostrador pode ser utilizado com várias fases sucessivas de filtros, com diferentes tamanhos de poro ou pode ser utilizado com diferentes agentes de impregnação. Os suportes dos filtros são produzidos por injeção para moldagem de policarbonato.

Os porta-filtros são projetados para filtros com 47 milímetros diâmetros e a área exposta tem um diâmetro de 40 mm(Nilu®)(Figuras 2.8 e 2.9).

O sistema montado do amostrador de particulado AFG (Figura 2.10) é conectado a uma bomba de vácuo, por meio da qual o ar é succionado e passa através de uma membrana, que retém os particulados e os microrganismos. Essa membrana é posteriormente colocada sobre meio de cultivo agarizado específico.

Figura 2.8 - Holder do Sistema AFG
(Fonte: Nilu®)

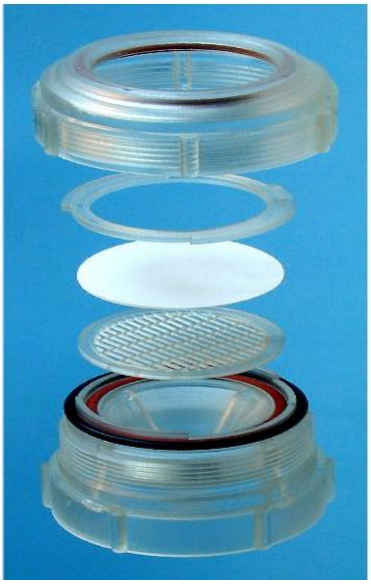


Figura 2.9 - Partes que compõem o Holder do Sistema AFG(Fonte: Nilu®)

Figura 2.10 - Amostrador de particulado AFG
(Fonte: autoria própria)

O amostrador de ar Sartorius MD (Figura 2.11) é constituído por uma bomba, conectada a uma mangueira de polietileno flexível, ligada a um suporte de filtro com uma membrana de gelatina (GMF). O filtro possui diâmetro de 80 mm, tamanho dos poros 3 µm e é esterilizável por radiação(RANALLI, 2000). Em seu estudo, RANALLI utilizou este amostrador para coleta de *E.coli* em testes comparativos de diferentes tipos de cultura e amostragens.

Figura 2.11 - Amostrador de ar Sartorius MD8
(disponível em: www.filtsep.com, 2012)

Todos os amostradores citados são eficientes, porém, mesmo alguns, sendo indicados para situações específicas, nem sempre é possível se obter um amostrador para cada tipo de coleta ou microrganismo diferente. Neste caso, cabe ao pesquisador fazer as adaptações necessárias para o seu estudo. O tempo e o volume coletado são bastante variados e, portanto, estes parâmetros devem ser ajustados por meio de ensaios prévios.

Brandi (2000) utilizou três amostradores: um para cada tipo de microrganismo. Para amostragem de coliformes totais, fungos, enterococos, *E.coli* e estafilococos, foi utilizado o amostrador impactador SAS. Para a amostragem de bactérias totais, foi utilizado o amostrador Andersen de seis estágios. Nas amostragens para a contagem de *Salmonella, Shiggella, Aeromonas spp e Pseudomonas aeruginosa,* foi utilizado o amostrador All Glass Millipore Impinger.

2.3.3 Período de amostragem

O período de amostragem, também, vai depender do que se pretender avaliar. KARRA (2007) fez amostragens diárias por um período de três meses, pois, o objetivo de seu estudo era uma avaliação somente no verão. A alta concentração de microrganismos foi

detectada no estagio do pré tratamento da ETE. GRISOLI (2009) fez amostragens semanais por três meses no verão e três meses no inverno, para fazer um comparativo entre as estações do ano inverno e verão, em que a maior concentração foi detectada no verão. FRACCHIA (2006) fez amostragens durante o verão e o inverno, quando fez o estudo em duas estações de tratamento de esgoto(planta A e planta B) para avaliar o risco dos aerossóis e a influência das estações do ano nessas emissões. O seu estudo mostrou que a planta A teve a maior concentração de bactérias mesofílicas no filtro biológico no verão e na entrada do esgoto no inverno. THORN (2002), em seu estudo, realizou amostragens por uma semana em cada etapa do tratamento por dois meses, a fim de comparar amostradores estacionários e pessoais. O estudo de CARDUCCI (2000) mostra amostragens mensais por um período de onze meses para comparar diferentes tipos de aeradores.

Segundo SANCHEZ-MONEDERO(2008) para a avaliação de muitos parâmetros, a amostragem deve ser realizada diariamente e por um período de, pelo menos, um ano, em diferentes horários do dia, em duplicata ou triplicata. Porém, baseado nos ensaios prévios para o presente estudo, esse procedimento seria impraticável, pois, uma medição durante um ano com amostragens diárias em períodos diferentes do dia, em vários pontos diferentes da estação, além de cada amostra ter que ser, no mínimo, em duplicata, exigiria uma equipe de trabalho considerável além de equipamentos e estrutura laboratorial complexa, pois geraria uma quantidade enorme de amostras, o que tornaria inviável o seu processamento e avaliação, nas condições de trabalho disponíveis. O dimensionamento da campanha foi feito com acompanhamento estatístico de modo que fosse possível a realização dos testes com as condições disponíveis, sem que houvesse comprometimento na avaliação dos resultados.

É, ainda, recomendável a realização de teste em branco, que consiste em submeter o filtro de coleta de ar a todas as etapas que precedem e sucedem a amostragem, porém, não amostrar, para se ter certeza que a quantidade de microrganismos encontrados é realmente do ar e não por manuseio incorreto do equipamento, ou por falha na técnica de amostragem. Este procedimento permite ter o comparativo, da real interferência do gerador de microrganismos no ambiente SANCHEZ-MONEDERO, 2008.

2.3.4 Condições ambientais

As condições ambientais, como umidade relativa do ar, temperatura ambiente, velocidade e direção do vento, são parâmetros importantes que podem ter influência nas amostragens. Devido a isso, devem ser verificadas em todas as amostragens (KARRA, 2007).

As condições ambientais podem ser as mais variadas possíveis e dependem, diretamente, do local onde o estudo será realizado, pois, em alguns locais, as estações do ano apresentam características bem definidas de temperatura ambiente e umidade relativa. Em locais onde as temperaturas ambientes, por exemplo, não sofrem variação significativa ao longo do ano. É importante se considerar a sazonalidade nos estudos a respeito de microrganismos no ar, uma vez que estes parâmetros podem ter influência nas amostragens (FRACCHIA, 2006; GRISOLI, 2009; JONES, 2004; KARRA, 2007; OPPLIGER, 2005).

FRACCHIA (2006) mostrou que existe uma significante dependência dos microrganismos com as estações do ano, tendo uma maior incidência destes ocorrida no verão, quando a temperatura ambiente e umidade relativa são mais altas que no inverno.

OPPLIGER (2005) detectou a influência das estações do ano apenas para os fungos, na qual a concentração foi maior no verão que no inverno.

KARRA (2007) avaliou a emissão de aerossóis no verão, e os resultados indicaram um aumento nas concentrações de bactérias no ar quando a temperatura ambiente e a radiação solar não estavam em seu limite mais alto. Em contrapartida, ocorreu uma diminuição na concentração dos fungos no ar na parte da tarde, em comparação com as concentrações ao meio-dia, com maior radiação solar, portanto as concentrações de fungos mostraram um nível máximo ao meio-dia.

2.4 Esgotos

Os termos "esgoto" e "águas residuais" são adotados para denominar águas que, após utilização industrial e humana, sofrem transformação de suas características naturais. A origem do esgoto pode ser industrial e doméstica, sendo esta última formada, basicamente, por dejetos humanos(SPERLING, 1996).

Os dejetos humanos são veículos de microrganismos, que podem ser patogênicos que podem ser responsáveis por várias doenças, entre as quais destacam-se a febre tifóide e paratifóide, as diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase entre outras(FUNASA, 2007).

Além dessas, destacam-se, também, as doenças que podem ser veiculadas por meio de organismos que podem ser transportados pelo ar, na forma de aerossóis. Os indivíduos podem inalar e contrair doenças não menos graves, como insuficiências respiratórias, alergias entre outras (SPERLING, 1996).

2.4.1 Tipos de esgotos

Esgotos domésticos, é a denominação para águas contendo matéria fecal e as águas servidas, resultantes de banhos, lavagens de utensílios e roupas (FUNASA, 2007)

Esgotos industriais são as águas que compreendem os resíduos químicos oriundos principalmente, de indústrias de alimentos, matadouros e as águas residuárias agressivas, procedentes de industrias de metais, as águas residuárias procedentes de industrias de cerâmica e águas de refrigeração entre outras (FUNASA, 2007).

2.4.1.2 Esgoto doméstico

O esgoto doméstico é aquele que provém, principalmente, de quaisquer edificações que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas, como residências, estabelecimentos comerciais, instituições de ensino, entre outros. Compõe-se, essencialmente de água, águas de banho e lavagens, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem(FUNASA, 2007). Normalmente, a vazão doméstica de esgotos é calculada em função da população e de um valor atribuído para o consumo médio diário de água de um indivíduo, denominado Quota Per Capita(QPC) (FUNASA, 2007).

O consumo de água e a geração de esgotos em uma localidade variam ao longo do dia (variações horárias) e ao longo do ano (variações sazonais)(SPERLING, 1996).

Nos esgotos as excretas são formadas basicamente por fezes humanas contém microrganismos de diversos tipos, sendo que os coliformes *Escherichia coli, Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae* estão presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes (FUNASA, 2007).

2.4.1.3 Características dos esgotos domésticos

As análises das características do esgoto podem ser classificadas em físicas, químicas e biológicas. Os principais parâmetros, utilizados para caracterizar uma água residual, variam desde precisas determinações quimicas quantitativas como determinações qualitativas biológicas e físicas. Portanto, muitos dos parâmetros estão relacionados entre si. Por exemplo, pode-se citar a temperatura, que é um parâmetro físico, que afeta tanto a atividade biológica do esgoto como a quantidade de gases dissolvidos, os quais são classificados como parâmetro químico (METCALF EDDY, 1981).

- ***Características físicas***

Segundo o Manual de Saneamento da Funasa (FUNASA, 2007), as principais características físicas ligadas aos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor, turbidez e variação de vazão.

Os esgotos domésticos contém aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos, os quais contribuem de forma significativa com a poluição das águas. A temperatura em geral é um pouco superior à das águas de abastecimento, e está relacionada com a velocidade de decomposição do esgoto (FUNASA, 2007).

O odor característico do esgoto é causado pelos gases formados no processo de decomposição, e a cor e a turbidez indicam o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada, acompanhada de alguma turbidez, é típica de esgoto fresco, e a cor típica de esgoto velho é a preta(FUNASA, 2007).

A variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água

de um indivíduo. É estimado que, para cada 100 litros de água consumida pela população, são lançados, aproximadamente, 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80% da água consumida é transformada em esgoto(FUNASA, 2007).

- ***Características químicas***

Cerca de 70% dos sólidos no esgoto é matéria orgânica, sendo geralmente uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes nitrogênio.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituidos por: proteínas (40% a 60%), carboidratos (25% a 50%), gorduras e óleos (10%) e uréia, sulfatans, fenóis, etc. (FUNASA, 2007).

As proteínas contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e algumas vezes fósforo, enxofre e ferro. As proteínas são os principais constituintes dos organismos animais, mas ocorrem também em plantas. O gás sulfídrico presente nos esgotos é proveniente do enxofre que compõe algumas proteínas (FUNASA, 2007).

Os carboidratos, constituidos por carbono, hidrogênio, são as primeiras substâncias a serem hidrolisadas pelos microorganismos, produzindo ácidos orgânicos. Por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez. A graxa, provém geralmente do esgoto doméstico através do uso de manteiga, óleos vegetais, carnes entre outros(FUNASA, 2007).

Os sulfatantes são constituidos por moléculas orgânicas com a propriedade tensoativas ou seja, capases de formar espumas no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto. Os fenóis são compostos orgânicos que são mais comumente encontrados em despejos industriais (FUNASA, 2007).

A Matéria Inorgânica nos esgotos é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas, como por exemplo os sais. A areia é proveniente de água pluvial de lavagem de ruas e de águas do subsolo que chegam às galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações (FUNASA, 2007).

- ***Características biológicas***

As principais características biológicas do esgoto doméstico são os microrganismos de águas resíduais e indicadores de poluição. Os principais microrganismos presentes nas águas residuais são as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas. As bactérias são as mais importantes neste grupo, pois, são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica tanto na natureza como nas estações de tratamento (FUNASA, 2007).

Quanto aos indicadores de poluição, existem vários organismos, no qual sua presença num corpo d'água pode indicar uma forma de poluição. Para indicar, no entanto, a poluição de origem humana, adota-se os organismos do grupo coliforme como indicadores. Os mais utilizados são: Coliformes totais(CT), Coliformes fecais(CF) termotolerantes e *Estreptococos fecais (EF)* (FUNASA, 2007).

As bactérias do grupo coliformes têm sido isoladas de amostras de águas e solos, poluídos e não poluídos, bem como de fezes de animais de sangue quente e de seres humanos, ou seja, de mamíferos. Tal grupo foi utilizado no passado como indicador de poluição e continua sendo usado em algumas áreas, embora as dificuldades associadas à ocorrência de bactérias não fecais sejam um problema, pois, não existe uma relação quantitativa entre coliformes e microrganismos patogênicos(SPERLING, 1996).

As bactérias do grupo dos coliformes fecais(termotolerantes) são indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de

outros animais. A Escherichia coli está incluida nesse grupo e é considerada essencial para a pesquisa biológica, pois fornece indícios para as caracteristicas metabólicas e genéticas da vida em geral (PELCZAR, 1996). Testes para coliformes fecais são realizados a uma temperatura de 45°C, na qual o crescimento de bactérias de origem não fecal é suprimido. Os coliformes, por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e de simples determinação, são adotados como referência para indicar e medir a grandeza da poluição (SPERLING, 1996).

Os estreptococos fecais incluem várias espécies ou variedades de Streptococos, tendo, no intestino de seres humanos e de outros animais, o seu habitat usual. Como exemplos, citam-se *S. faecalis*, fazem parte da flora normal do trato inestinal do homem e dos animais, a sua presença representam contaminação fecal humana (PELCZAR, 1996). e *S. bovise S. equinus*, que representa bactérias indicadoras de fezes de bois e cavalos, respectivamente (SPERLING, 1996).

- ***Indicadores globais da matéria orgânica***

O oxigênio dissolvido é um parâmetro tão relevante que os principais indicadores do teor de matéria orgânica - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) - são expressos em termos de demanda de oxigênio. Ademais, os efluentes industriais e os domésticos contêm, além da matéria orgânica, outros poluentes que, também, podem estar solúveis na água, ou em suspensão na forma de partículas sólidas ou líquidas (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

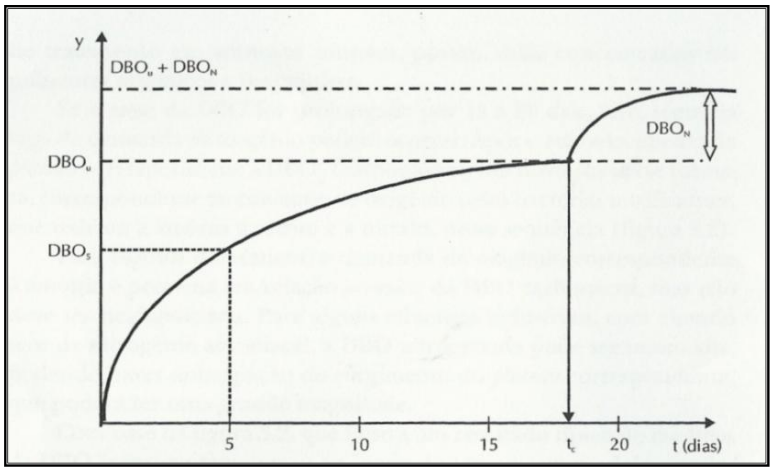
O material em suspensão pode, em geral, ser removido da água por métodos físico-químicos, cuja escolha dependerá das caracteristicas do material particulado, tais como: o tamanho, a densidade, carga elétrica entre outras. As inúmeras substâncias

orgânicas presentes em um efluente podem receber a denominação global de matéria orgânica. Esse material pode se apresentar em suspensão, ou solúvel na fase aquosa, e ser classificado como biodegradável ou persistente, não biodegradável (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

Não obstante, aos avanços observados, na química analítica, a identificação inequívoca de todas as substâncias presentes em um efluente, é, ainda, uma tarefa impraticável devido à variabilidade das características químicas dos efluentes. Para contornar essa dificuldade analítica, foram propostos indicadores globais da matéria orgânica como a DBO e DQO(SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

A DBO é a quantidade de oxigênio requerida por microrganismos, predominantemente bactérias, para oxidar os compostos presentes na amostra. É geralmente expresssa em mg de oxigênio por Litro. É a forma mais utilizada para se medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto ou em outras palavras; medir a quantidade de oxigênio necessário para estabilizar a matéria orgânica com a cooperação de bactérias aeróbias. Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior será a DBO. A DBO vai reduzindo-se gradativamente durante o processo de tratamento aeróbio e anaeróbio até, que a matéria orgânica estará estabilizada. Normalmente a uma temperatura de 20ºC, e após 20 dias, é possível estabilizar 99,0% da matéria orgânica dissolvida ou em estado coloidal. Em geral a DBO dos esgotos domésticos varia entre 120 e 500 mg. L^{-1} (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

O quadro 2 mostra uma curva de variação da DBO com vários tempos de incubação. Para determinações rotineiras não se procede ao levantamento da curva, mas a determinação da DBO em um período de tempo selecionado. A DBO é um bioensaio que procura simular a biodegradação dos poluentes presentes no efluente.



Quadro 2 - Representação gráfica dos resultados de um teste típico de DBO(SANT'ANNA JUNIOR, 2013)

Visto que a DBO pode representar o teor de matéria organica biodegradável presente em um efluente temos alguns valores típicos para efluentes mostrados no quadro 3. Pode-se observar que os valores da DBO são de algumas centenas de miligramas de oxigênio por litro, visto que, em geral, os efluentes são, caracteristicamente, águas contaminadas (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

Procedência do efluente	Faixa de DBO$_5$ (mg/L)
Doméstico (esgoto)	120–500
Refinaria de petróleo	300–800
Indústria de celulose e papel	300–800
Cervejarias	300–800
Vinhoto (produção de etanol)	5 000–15 000
Pescado em conserva	2 000–4 000
Laticínios	800–2 000

Quadro3 - Exemplos de valores típicos de DBO de alguns efluentes (SANT'ANNA JUNIOR, 2013)

A DQO configura-se como a quantidade de oxigênio necessária para oxidação química dos poluentes, presentes na amostra nas

condições de ensaio. A DQO é, geralmente, expressa em mg de oxigênio por litro.

Para a determinação da DQO, utiliza-se um agente químico oxidante como o dicromato de potássio em meio ácido - ácido sulfúrico. A oxidação, normalmente, é conduzida por duas horas. A demanda de oxigênio, medida nesse ensaio, pode ser exercida tanto por substâncias biodegradáveis como por substâncias não biodegradáveis. Devido à facilidade de determinação, a DQO tornou-se um parâmetro bastante utilizado. Os valores da DQO, normalmente, são maiores que os da DBO. O aumento da concentração de DQO em um corpo d'água deve-se, principalmente, a despejos de origem industrial. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil, quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Dessa forma, os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO, mede-se apenas a fração biodegradável, e, quanto mais este valor se aproximar da DQO, significa que mais biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações DQO/DBO de 3/1, por exemplo. Mas, valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se, ainda, o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

A DQO tem demonstrado ser um parâmetro bastante eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais (CETESB, 2013).

No quadro4, são apresentados valores da razão DQO/DBO para alguns efluentes

Efluente	Razão DQO/DBO_5
Esgoto doméstico	1,5–1,9
Efluente de cervejarias	1,5–2,0
Efluente de indústria de celulose e papel	3–5
Efluente de refinaria de petróleo	2,5–3,5
Chorume de aterro sanitário antigo	20–30

Quadro 4 - Dados da razão DQO/DBO para diferentes efluentes. (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

2.5 Estação de tratamento de esgoto (ETE)

As plantas de tratamento de esgoto ou estações de tratamento de esgotos(ETE), tem como objetivo a remoção da maior quantidade possível de contaminantes sólidos, líquidos e gasosos utilizando técnicas economicamente viáveis, de forma a adequar o efluente a uma qualidade desejada, ou ao padrão de qualidade vigente, para ser lançado em um corpo receptor (FUNASA, 2007).

O processo de tratamento de efluentes é dividido em pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário, sendo este último utilizado eventualmente, é denominado polimento do efluente(FUNASA, 2007).

O tratamento biológico de efluentes é composto por etapas, sendo a mais importante do tratamento a remoção e biodegradação dos poluentes orgânicos que estão presentes na fase aquosa, em virtude da magnitude do impacto que os poluentes orgânicos causam nos sistemas hídricos. Isto faz com que estes poluentes sejam a finalidade principal dos processos de tratamento de efluentes, porém

além destes outros poluentes não menos relevantes são removidos através do sistema biológico como nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e fósforo. (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

A biodegradação da matéria orgânica pode ser pelas vias anaeróbia e aeróbia. O processo aeróbio necessita de suprir as necessidades do consórcio microbiano um aporte de oxigênio. Na degradação aeróbia os poluentes biodegradáveis são oxidados a CO_2. Esse processo favorece a maior multiplicação celular e consequente aumento na produção de lodo. A degradação anaeróbia é mais complexa, pois envolve diferentes grupos microbianos, e as substancias orgânicas poluentes são transformadas, através de fermentação, gerando produtos ácidos, que posteriormente são transformados em substancias orgânicas com um ou dois átomos de carbono(metanol, formiato, gás carbônico e acetato) gerando hidrogênio. Esse processo tem como característica uma taxa de crescimento microbiano(produção de biomassa) menor que nos processos aeróbios, isso é uma vantagem, pois diminui os problemas de disposição e gerenciamento do excesso de biomassa gerado nos sistemas aeróbios de tratamento de efluentes. (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

As etapas do tratamento são pontos importantes para o estudo, pois, cada etapa do processo apresenta caracteristicas próprias, que podem gerar mais ou menos aerossóis.

Algumas etapas são citadas em alguns estudos como sendo críticas em emissão de aerossóis como o gradeamento, em que se tem uma grande turbulencia da água, além da grande concentração de microrganismos, e a etapa de tratamento biológico por meio de agitação da massa de água pelos aeradores. Nessa etapa, segundo SANCHEZ (2008), o tipo de aerador pode interferir muito nas quantidades de emissões. Ainda segundo SANCHEZ (2008) em estações onde a aeração é feita por meio de rotores horizontais e agitadores de

superfície, a geração de bioaerossóis é muito superior às que utilizam aeração por ar difuso.

Os pontos críticos em relação à emissão de aerossóis são, segundo KARRA (2007), o pré-tratamento, o decantador primário,o tanque de aeração, o decantador secundário e o processamento de lodo. PRAZMO (2003), em seu estudo, fez as amostragens no gradeamento, caixa de areia, decantador primário, tanque de aeração e decantador secundário. PASCUAL (2003) fez as amostragens para seu estudo no pré-tratamento, decantador primário, tanque de aeração e processamento de lodo.

2.5.1 Classificação dos métodos de tratamento

Os métodos de tratamento dividem-se em operações e processos unitários, e a integração destes compõe os sistemas de tratamento.

O conceito de operação e processo unitário é, por vezes, utilizado, intercambiadamente, em razão dos mesmos poderem ocorrer simultaneamente numa mesma unidade de tratamento. De forma geral, podem-se adotar as seguintes definições (SPERLING, 1996).

a) Operações físicas unitárias: as quais figuram como métodos de tratamento, no qual predomina a aplicação de forças físicas como, por exemplo, gradeamento, mistura, sedimentação, flotação, filtração, adsorção (SPERLING, 1996).

b) Processos químicos unitários: os quais figuram como métodos de tratamento, nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas como, por exemplo, precipitação, desinfecção (SPERLING, 1996).

c) Processos biológicos unitários: os quais figuram como métodos de tratamento, nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de

atividade biológica como, por exemplo, remoção da matéria orgânica carbonácea biodegradável, desnitrificação (SPERLING, 1996).

A Figura 2.12 apresenta um esquema de uma estação de tratamento de esgoto, semelhante à estação objeto do presente estudo. O esquema mostra todas as etapas do tratamento.

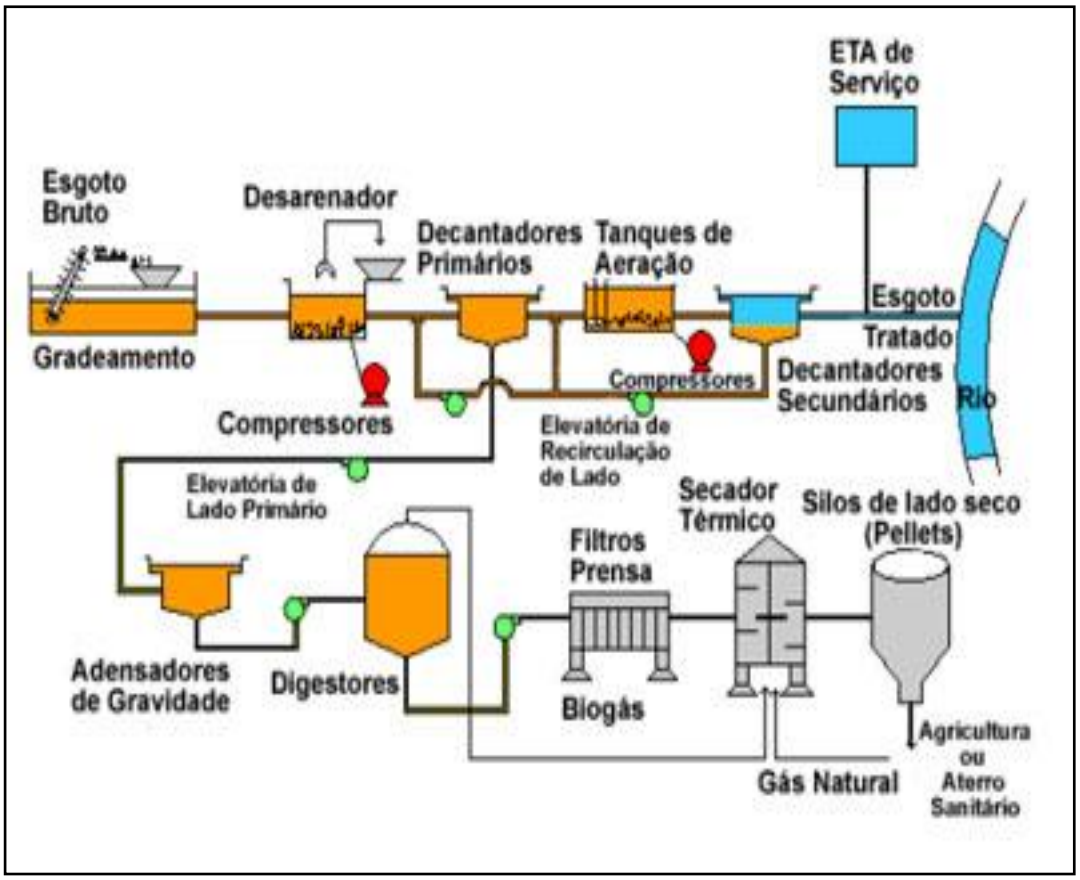


Figura 2.12 - Esquema de uma estação de tratamento de esgoto(DAESUMARE, 2012)

A ETE em estudo é de grande porte, está localizada na cidade do Rio de janeiro, e trata cerca de 5000 litros esgoto por segundo, independente da época do ano. A Figura 2.13 mostra a imagem de satélite da estação de tratamento em estudo.

Figura 2.13 - Imagem de satélite da Estação de Tratamento de Esgoto. Fonte: Google Maps

A seguir será descrita a ETE alvo do monitoramento. A quase totalidade das fotografias foi feita pela autora "*in loco*" durante as amostragens.

2.5.2 Tratamento Preliminar

O Tratamento preliminar é o primeiro conjunto de tratamentos, objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros e areia, onde o esgoto é sujeito aos processos de separação dos sólidos de maior granulometria e densidade (SPERLING, 1996).

Os mecanismos básicos de remoção são de ordem física, composto por equipamentos que promovem o gradeamento, que são as grades de sólidos grosseiros e grades de sólidos finos, conforme mostrado nas Figuras 2.14 e 2.15.

Figura 2.14 – Grades de sólidos grosseiros(vista de cima). Fonte: autoria própria

Figura 2.15 – Grade de sólidos grosseiros.Fonte: autoria própria

O desarenamento, na chegada à caixa de areia, é mostrado nas Figuras 2.16 e 2.17.

Fig. 2.16 – Caixas de remoção de areia inoperante. Fonte: autoria própria

Fig. 2.17 – Caixa de remoção de areia em operação. Fonte: autoria própria

2.5.3 Tratamento primário

O tratamento primário destina-se a remoção de sólidos flutuantes e sólidos em suspenção sedimentáveis. Os esgotos depois que passam pelo tratamento preliminar ainda contem sólidos em suspensão não grosseiros, que podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação. Nos decantadores primários, a carga orgânica, na forma de lodo(lodo primário bruto), é separada da água por

sedimentação e a escuma flutuante, rica em gorduras, é removida por coletores específicos. Este processo, exclusivamente de ação física pode, em alguns casos, ser ajudado pela adição de agentes químicos. Os agentes químicos através de coagulação/floculação possibilitam a obtenção de flocos de matéria poluente mais densos, e assim, mais facilmente sedimentáveis(SPERLING, 1996).

Nessa etapa do processo não há muita movimentação do esgoto, (conforme mostrado na figura 2.18) portando espera-se que nessa etapa a geração de aerossóis não seja alta.

Fig. 2.18 - Decantador primário. Fonte: autoria própria

2.5.4 Tratamento Secundário

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção de matéria orgânica, que pode se apresentar de várias formas como matéria orgânica dissolvida(DBO solúvel), que não é removida por processos físicos como sedimentação por exemplo e matéria orgânica em suspensão(DBO suspensa) que cujos sólidos de sedimentalidade mais lenta persistem na massa líquida. (SPERLING, 1996). O tratamento secundário objetiva na a degradação de matéria orgânica, através de reações bioquímicas realizada por microrganismos através de processo biológico anaeróbio ou aeróbio, dentre eles o processo de lodos

ativados e sua variantes, filtro biológico(aeróbio e anaeróbio), UASB e suas variantes, etc. (SPERLING, 1996).

Na estação objeto desse estudo o processo utilizado para degradação de matéria orgânica é o sistema de lodos ativados que são chamados de reatores biológicos, que são constituídos por tanques com grande quantidade de microrganismos aeróbios. Como o oxigênio é um gás que não se dissolve com facilidade no meio líquido, há a necessidade de promover o seu arejamento artificial(tanques de aeração), conforme figura 2.19.

Figura 2.19 - Reator biológico(tanques de aeração). Fonte: autoria própria

As principais formas de aeração artificial é através da introdução do ar ou oxigenio no líquido(aeração por ar difuso) ou por causar grande turbilionamento, expondo o líquido em forma de gotículas ao ar, forçando a entrada do ar no meio líquido(aeração superficial ou mecânica) (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

A aeração do sistema pode ser realizada com vários tipos de aeradores como por exemplo, o aerador por ar difuso, rotores horizontais. Segundo estudos, esta etapa do processo pode ser uma grande geradora de aerossóis, dependendo do tipo de aerador utilizado. Dos aeradores citados, segundo estudos comparativos, realizados por SANCHEZ, 2008, os de ar difuso são os que geram a menor

quantidade de bioaerossois, pois ficam localizados no fundo dos tanques e provocam uma baixa movimentação do líquido e os de superfície são os que geram a maior quantidade de bioaerossóis, pois provocam grande moviomentação do líquido.

O aerador de rotor superficial faz a movimentação da massa de água por meio de pás, o que provoca muita turbulência na água(JORDÃO, 2011). Essa turbulência gera uma grande formação de aerossóis no ar, conforme Figura 2.20. Este tipo de aerador está presente em plantas mais antigas, e normalmente não são mais utilizadas em plantas modernas.

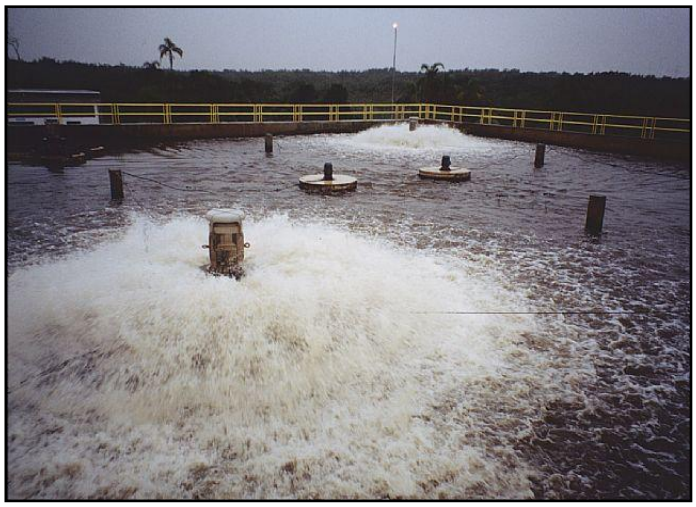


Figura 2.20 - Aerador de superfície (disponível em www.b2babimaq.com.br)

O aerador de turbina por formação de vácuo o ar é puxado e misturado com a água, provoca média turbulência na biomassa do tanque. Essa turbulência gera aerossóis, porém em menor quantidade que o processo anterior, conforme mostrado na fig.2.21.

Figura 2.21 - Aerador de turbina. (Jordão, 2011)

O aerador de ar difuso, apresentado na figura 2.22 mostra que o ar vem da parte inferior do tanque, e as pequenas bolhas vão subindo através do líquido até a superfície, o que provoca pouca turbulência na biomassa do tanque. Como o processo provoca baixa movimentação na superfície, consequentemente gera uma menor quantidade de aerossóis. Esse fato pode ser um dos fatores que influenciam na escolha desse aerador.

Figura 2.22 - Aerador de ar difuso (disponível em www.snatural.com.br)

No caso da estação em estudo o sistema de aeração utilizado é o de ar difuso, em que a aeração dos tanques é feita com baixa turbulência do meio líquido, o que diminui a geração de aerossóis.

No que diz respeito à formação de bioaerossóis, BRANDI (2000), concluiu que as ETEs que operam com aeração mecânica tem um impacto ambiental claramente desfavorável, devido à grande dispersão de aerossóis em torno os tanques de aeração. Ao contrário, os tanques que utilizam sistema de microbolhas submerso apresenta pouco risco de transmissão por via aérea de bactérias patogênicas e fungos para os trabalhadores de estações de tratamento de efluentes e moradores locais.

Na ETE em estudo após a aeração, o tratamento é complementado nos decantadores secundários, onde o lodo é sedimentado por gravidade e o efluente tratado sai pela calha interna da parte superior do tanque, conforme mostrado na figura 2.23 e 2.24.

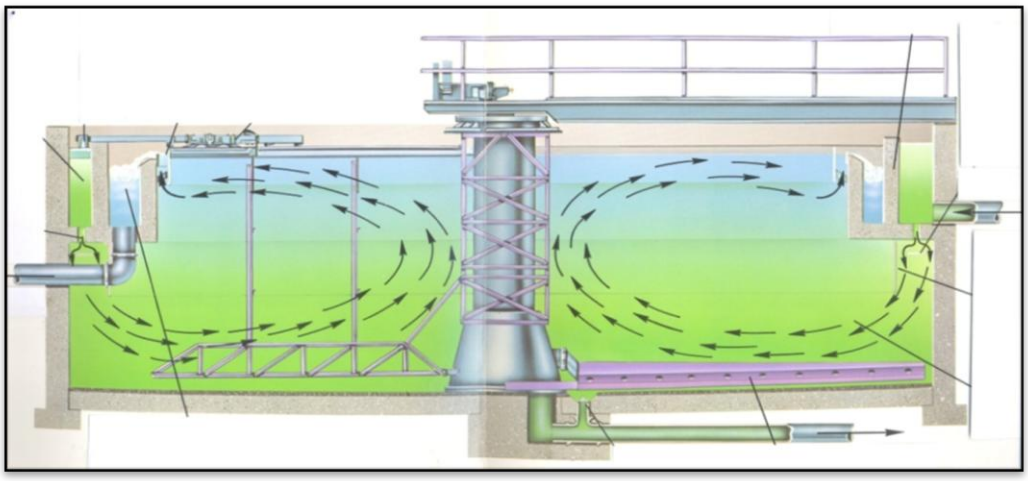


Fig. 2.23 – Decantador secundário. Fonte: JORDÃO, 2011

Figura 2.24 – Decantador Secundário. Fonte: autoria própria

O lodo ativado é recirculado para o tanque de aeração, conforme mostram as figuras 2.25 e 2.26. O excesso de lodo ativado gerado pelo tratamento, é removido para o adensamento de lodo, e posteriormente, encaminhado para os biodigestores.

Fig. 2.25 – Reciclo do lodo. Fonte: autoria própria

Figura 2.26 - Reciclo do lodo. Fonte: autoria própria

2.5.5 Disposição final

Após o tratamento, o efluente pode ser lançado ao corpo receptor, conforme as figuras 2.27 e 2.28. O efluente pode ser aplicado no solo e utilizado como água de reúso para desobstrução de canalizações, em obras civis, irrigação de canteiros de jardins públicos. Em ambos os casos, há que se levar em conta os poluentes eventualmente ainda presentes nos esgotos tratados, especialmente

organismos patogênicos e metais pesados guando existe contribuição industrial.

No caso da ETE em estudo, o efluente, proveniente do esgoto tratado, é lançada na Baía de Guanabara.

Figura 2.27 – Saída do efluente. Fonte: autoria própria

Figura 2.28 – Efluente sendo lançado no corpo receptor. Fonte: autoria própria

2.5.6 Considerações finais

Nesse capítulo foram abordados os aspectos e fatores que influenciam direta ou indiretamente na formação de aerossóis, assim como todas as caracteristicas da estação de tratamento em estudo. Pode-se depreender que o monitoramento e a avaliação de bioaerossóis não são tarefas triviais, dada a diversidade da ocorrência

da flora microbiana no ar, assim como as diferentes formas de amostragem, que podem interferir nos resultados. Adicionalmente, há uma gama de fatores que podem influenciar qualitativa e quantitativamente na incidência microbiana, que vão desde as condições edafoclimáticas até as condições operacionais da ETE.

O desenvolvimento do trabalho foi de grande importância para o estado da arte, pois normalmente se tem a preocupação com o processo em relação a remoção de poluentes orgânicos e produtos químicos não se atentando para as emissões que uma ETE pode ter, que no caso do estudo, as emissões de microrganismos no ar. O tipo e a concentração de microrganismos no ar podem ser responsáveis pelo desenvolvimento de doenças nos trabalhadores da estação, ou até mesmo podem ser carreados podendo atingir populações circunvisinhas. Esse estudo pode servir como base para interferências em processos de tratamento de efluentes já existentes assim como para ser levado em consideração em projetos de futuras instalações de ETEs, com localização, evitando locais de grande concentração populacional, equipamentos e técnicas mais adequadas que, mesmo que não eliminem, mas diminuam as concentração de bioaerossóis.

A metodologia utilizada foi desenvolvida especialmente para este trabalho através da adaptação de metodologias existentes para outros tipos de avaliação. Com esta diversidade de fatores, foram traçados objetivos bem definidos para a realização do trabalho, detalhados no capítulo 3, de modo a se planejar a estratégia de execução da parte experimental.

Capítulo 3: Justificativas e Objetivos

O interesse na realização deste estudo se deu a partir de pesquisas na área de tratamento de efluentes, onde é importante ter preocupação com a qualidade do tratamento para lançamento de efluentes com qualidade sem que ofereça risco ambiental aos sistemas hídricos, porém não existe a preocupação com emissões de microrganismos no ar, tanto na área do tratamento de efluentes quanto na circunvizinhança. O estudo da qualidade microbiológica do ar é um assunto de grande importância, conforme já citado anteriormente, pois, os microrganismos presentes no ar podem ser propagadores de doenças que, em alguns casos, podem ser graves tanto para a saúde dos trabalhadores nas estações de tratamento quanto para as pessoas de comunidades, tornando o risco de contaminação eminente.

Foi constatado que existem poucos trabalhos e poucas publicações de artigos em revistas internacionais na área de qualidade microbiológica do ar circundante às estações de tratamento de esgotos. A maioria dos estudos estão voltados para determinação da qualidade do ar de para áreas internas e ambientes fechados, isto é, estudos da qualidade do ar em ambientes com ar condicionado.

A escolha dos microrganismos para monitoramento se deu a partir das legislações e microrganismos que são mais comuns de serem encontrados nos efluentes. Foram feitos ensaios prévios, nos quais foram realizadas coletas de ar, que foram incubadas em meios variados. Dentre os microrganismos encontrados, foram escolhidos os que apresentaram maior incidência e maior risco de contaminação ambiental.

Com base no exposto, foram definidos os objetivos a seguir.

3.1 Objetivo Geral

Monitorar e avaliar alguns fatores que afetam a incidência de bioaerossóis microbianos em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) que utiliza o sistema de lodos ativados

Para atingir o objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos que se seguem:

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1 Monitoramento quantitativo de fungos, bactérias como coliformes totais e termotolerantes, E. *coli*, S*almonella* e S*higuela*, Pseudomonas

3.2.2 Estabelecer as correlações da incidência em função de variáveis tais como época do ano, ventos, umidade relativa, entre outras.

3.2.3 Correlacionar a incidência dos bioaerossóis com a etapa do tratamento de esgoto

Capítulo 4: Metodologias

Neste capítulo, serão descritas as metodologias utilizadas para a realização do estudo.

4.1 Local de realização do trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado em uma estação de tratamento de esgoto de grande porte situada na cidade do Rio de Janeiro.

A escolha do local deveu-se ao fato de a estação estar localizada em um centro urbano, junto a uma via expressa com grande fluxo de veículos, o que gera grande número de particulados em suspensão, que podem ser meio de transporte para os bioaerossóis. Além disso, é uma estação de grande importância para a cidade do Rio de Janeiro, pois trata volume considerável de esgoto, independente

da época do ano, o que foi de suma importância para a obtenção dos dados para o trabalho.

Para a execução da parte experimental da Tese, foi realizada uma campanha de um ano, com amostragens semanais em quatro pontos da estação, conforme apontado na literatura por KARRA (2007), PRAZMO (2003) e PASCUAL (2003). Os pontos escolhidos, baseados nos testes preliminares, foram a Grade de Sólidos Grosseiros, Tanque de Aeração, Saída do Efluente e Jardim, conforme mostra a Figura 4.1. O fato de se realizar um monitoramento contínuo permitiu avaliar o efeito da sazonalidade e das variáveis climáticas na incidência microbiana no ar.

Para a definição dos parâmetros da campanha e metodologia das amostragens foram realizados ensaios prévios.

Figura 4.1 - Pontos de amostragem na ETE. Fonte: Google maps

4.2 Ensaios Prévios

Os ensaios prévios foram realizados para definição dos diversos parâmetros que seriam importantes para a realização desse estudo. Nesses ensaios foram definidos os pontos de amostragem, tipo de amostrador, volume de ar coletado, meios de cultura, metodologia de amostragem, entre outros.

Para esse fim foram realizadas amostragens em todos os pontos de tratamento da ETE, onde foram definidos os pontos que seriam considerados mais críticos para emissão de aerossóis e os menos críticos.

Com os pontos definidos foram feitas amostragens para definição do amostrador e metodologia de amostragem. Nessa etapa foram feitas amostragens comparativas de dois amostradores o MAS 100 e o AFG, par saber se este segundo atenderia ao que se desejava estudar e então desenvolver uma metodologia de amostragem adequada para o estudo.

Com a definição do amostrador e metodologia de amostragem foram definidos os meios de cultura e os tempos de incubação.

4.3 Meios de cultura

Os meios de cultura utilizados foram escolhidos em função do grupo microbiano que foi avaliado. Foram utilizados meios de cultivo específicos para cada grupo, ou microrganismo.

Todo o manuseio do material foi realizado em capela de fluxo laminar, *Class II Biohazard Cabinet Operation* – Labconco, modelo n° 36212-04(60ciclos).

4.3.1 Meio para plaqueamento de fungos filamentosos

Foi utilizado o meio Agar Sabouraud, que é uma modificação de Carliers para cultivo de fungos como bolores e leveduras, particularmente usado para o cultivo de fungos, associados a infecções da pele. Este meio é adequado para a maioria dos fungos desse grupo. A peptona fornece os componentes nitrogenados. A dextrose é a fonte de energia. Em amostras altamente contaminadas, as placas devem ser suplementadas com agentes inibitórios para inibir o crescimento de bactérias, que suportam pH baixo. Com base nos testes preliminares, foi confirmada a alta contaminação dessas amostras. Portanto foi adicionado ao meio o antibiótico clorofenicol, a fim de inibir o crescimento de bactérias.

A composição do meio Sabouraud em gramas por litro é de 5,0g de Peptona de carne, 20,0g de glicose, 5,0g de peptona de caseína e 15,0g de Agar bacteriológico. Este meio foi preparado a uma concentração de 45g por litro de água destilada com 100mg por litro de clorofenicol. O meio foi autoclavado por 15 min. a uma temperatura de 121°C. Após autoclavação, o meio foi vertido em placas de Petri estéreis em capela de fluxo laminar.

A caracterização da presença de fungos foi feita pela formação de colônias de cores variáveis de aspecto emplumado.

4.3.2 Meio para plaqueamento de Coliformes Totais e E. coli

O meio utilizado para quantificação dos coliformes foi o Chromocult®. Neste meio é possível visualizar as colônias de Coliformes Totais e Termotolerantes em uma mesma placa por meio da diferenciação da cor de colônias.

A composição do meio Chromocult® em gramas por litro é de 3,0g de Peptona, 5,0g de cloreto de sódio, 2,2g de dihidrogenofosfato de

sódio, 2,7g de hidrogenofosfato dissódico, 1,0g de triptofano, 1,0g de pirovato de sódio, 70,15g de Tergitol®, 1,0g de sorbitol, 10,0g de Agar-agar, 0,2g de 6-cloro-3-indoxil-beta-D-galactopiranosido, 0,1g de isopropil-beta-D-tiogalactopiranosido e 0,1g de 5-bromo-4-cloro-3indoxil-beta-D-glucoronico ácido. Este meio foi preparado com uma concentração de 26,5g por litro de água destilada, com um pH de 6,8±2, a 25°C. Este meio não é autoclavado por recomendação da Merck, seu fabricante. Portanto, deve-se tomar o máximo de cuidado com a assepsia durante seu manuseio, após o preparo, pois, este deve ser vertido em placas estéreis em cabine de segurança.

A caracterização da presença de Coliformes Totais foi feita pela formação de colônias nas cores variando de salmão a vermelho. A presença de Termotolerantes foi caracterizada por colônias de coloração azul escuro a violeta. Podem aparecer colônias de cor azul claro a azul turquesa, o que caracteriza a presença de outras bactérias Gram-negativas, que não foram avaliadas.

4.3.3 Meio para plaqueamento de Pseudomonas

Foi utilizado o meio Cetrimide Agar para o plaqueamento de *Pseudomonas*.

A composição do meio Cetrimide Agar em gramas por litro é de 20,0g de peptona de gelatina, 1,4g de cloreto de magnésio, 10g de sulfato de potássio, 0,3g de brometo de N-cetil-N,N,N-trimetil amônio (cetrimida) e 13,0 g de Agar. Este meio foi preparado com uma concentração de 44,5g por litro de água destilada, e 10ml por litro de glicerina, e o pH ajustado a 7,2±2. Após o preparo, o meio foi autoclavado por 15min a 121°C e a seguir vertido nas placas de Petri estéreis em cabine de segurança.

A caracterização da presença de *Pseudomonas aeruginosa* foi feita pela formação de colônias brancas a transparentes.

4.3.4 Meio para plaqueamento de Salmonella e Shigella

O meio utilizado para as enterobactérias foi o Agar Levine. Este meio é composto em gramas por litro por: 10,0g de peptona, 2,0g de fosfato de dipotássio, 10,0g de Lactose, 0,4g de Eosin-Y, 0,065g de Azul de metileno e 15,0g de Agar. Este meio foi preparado com uma concentração de 37,5g por litro de água destilada e autoclavado por 15 min. a uma temperatura de 121°C. Após o preparo, o meio foi então vertido nas placas de Petri estéreis em cabine de segurança.

A caracterização da presença de S*almonella* e S*higella* foi a formação de colônias na cor âmbar a transparentes. A formação de colônias emplumadas, ou em forma de aranha, caracterizam *Candida albicans,* e a presença de coloração rosa intensa caracteriza a presença de outras *enterobactérias.*

4.3.5 Meio para plaqueamento de E. coli

O meio específico para determinação de *E. coli* foi o Fluorocult®. Este meio é composto em gramas por Litro por: 20,0g de Peptona de caseína; 2,0g de de extrato de carne; 1,0g de de extrato de levedura; 10,0g de sorbitol; 0,5g de citrato de ferro e amônio (III); 0,1g de 4-metil-β-D-glucuronido, 5,0g de cloreto de sódio; 0,025g de azul de bromotimol; 2,0g de tiossulfato de sódio; 1,12g de desoxicolato de sódio; 13,0g de ágar-ágar.

A caracterização foi feita pela formação de colônias amarelas esverdeadas.

4.4 Metodologias de amostragem microbiana

Existem vários modelos de amostradores, que podem ser empregados no monitoramento de bioaerossóis. Estes apresentam vantagens e desvantagens inerentes ao seu princípio de funcionamento. Em alguns casos, não é possível se ter vários tipos de amostradores à disposição para cada tipo específico de microrganismo. Devido a isso, faz-se necessário se dispor de metodologias diferentes, que possam se adequar a necessidades diferentes e com resultados satisfatórios.

Com base na importância do monitoramento de bioaerossóis, foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar o amostrador AFG da Nilu® comparado com o Amostrador impactador, MAS-100®, da Merck, considerado como referência no mercado.

As amostragens foram realizadas por um período de quatro semanas. O amostrador AFG apresentou resultado satisfatório, a avaliação estatística mostrou que os resultados encontrados são estatisticamente, iguais (AZEVEDO, 2014).

4.4.1 Amostrador e condições de amostragem

O sistema adotado neste trabalho para a amostragem ambiental dos aerossóis foi o AFG, já descrito no item 2.3.2.3, equipamento utilizado com frequência na coleta de aerossóis.

O AFG foi conectado por uma tubulação de polietileno a uma bomba de vácuo Fabricado por HITACHI Ltd. (Japão) e distribuído por Sibata Scientific Tecnology Ltd., de 100V, 35W e 60Hz com número de série 0260211, que é responsável pela sucção do ar, forçando-o a atravessar a membrana, onde os microrganismos ficam retidos.

No amostrador, foi utilizada uma membrana de acetato de celulose de 45 µm de tamanho de poro. O equipamento foi montado, conforme demonstrado na Figura 4.2 e 4.3.

Figura 4.2 – Conjunto Montado. Fonte: autoria própria

As placas utilizadas são de polietileno, estéreis, lisas, descartáveis, com 90 mm de diâmetro interno e 15 mm de altura.

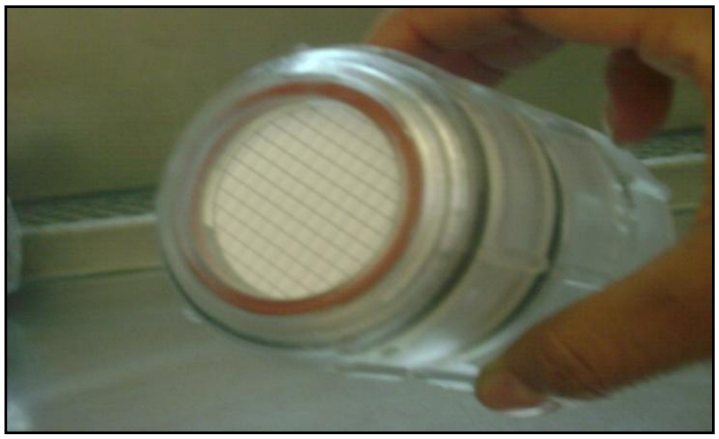


Figura 4.3 – Membrana para a Retenção dos Microrganismos.

Fonte: autoria própria

A determinação do tempo de amostragem para este trabalho foi baseada em vários estudos como o de GRIZOLI (2009), que utilizou, em seu estudo, o amostrador impactador *Microflow Active*, por um período

de 2,13 min. (200 litros de ar) para bactérias mesofílicas e fungos. Para Enterobactérias, *Pseudomonas* e *Clostridium*, um tempo de 4,27min. (400 litros de ar). Para o método de sedimentação de partículas do ar por exposição de placas, utilizou-se um tempo de 10 min. para fungos, bactérias mesofílicas e 30 min. para *Pseudomonas*, em função dos ensaios preliminares.

Para o presente estudo, o volume de ar coletado foi de 200 litros, com uma vazão da bomba de 20 litros por minuto por 10 minutos de amostragem.

Decorrido o tempo de amostragem, o amostrador era desconectado da bomba e guardado. A operação foi repetida para os outros quatro filtros, sendo que o quinto filtro foi o teste do branco. Este filtro acompanhou todos os procedimentos, mas, sem o processo de coleta de ar.

Após o término das amostragens, os filtros foram levados ao laboratório, as membranas foram retiradas do amostrador e colocadas nas placas de Petri sobre o meio de cultura específico conforme mostra a Figura 4.4. Esta operação foi realizada em cabine de segurança.

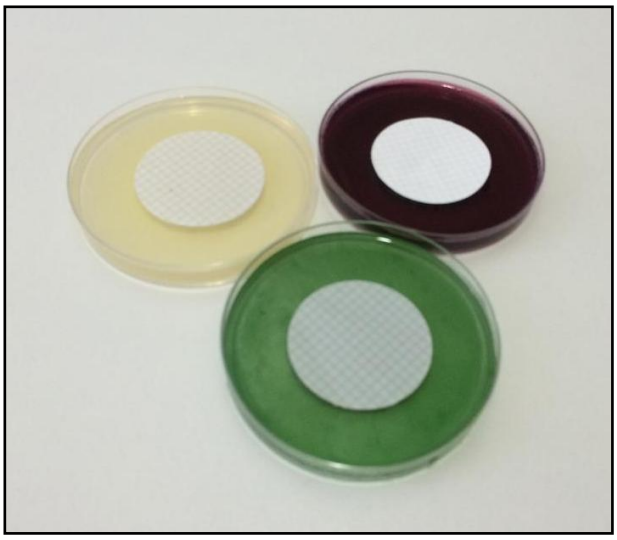


Figura 4.4 - Membranas sobre as placas de petri
Fonte: autoria própria

Em seguida, as placas foram incubadas em estufa a (37± 2°)C. A temperatura de incubação foi a recomendada pelos fabricantes dos meios de cultura.

Depois de decorridos os tempos de incubação de 24 e 48 horas, as placas eram avaliadas, e as colônias eram contadas em um contador de colônias, da marca Phoenix, modelo CP600(Brasil).

4.4.2 Etapas da amostragem

A coleta e análise das amostras de bioaerossol são resumidas, conforme segue:

1. As placas de Petri foram preparadas com antecedência, com os meios agarizados.

2. Em cabine de segurança, o amostrador foi desmontado e esterilizado em radiação UV, assim como os recipientes, nos quais estes foram guardados.

3. Ainda na cabine de segurança, o amostrador foi montado, sendo colocada a membrana e o conjunto acondicionado em sacos de polietileno esterilizados. Os amostradores foram transportados para o campo em caixa de isopor, previamente, esterilizada por radiação UV.

4. Foi realizada a amostragem de campo, com o cuidado de coletar sempre na direção do vento, e ficar sempre atento às mudanças bruscas de direção, pois, isto poderia interferir nos resultados de acordo com o recomendado por OPPLIGER (2005).

5. Após o término da amostragem, removeu-se o amostrador da bomba, e o conjunto foi guardado, cuidadosamente, em embalagem de polietileno estéril para ser levado para o laboratório.

7. No laboratório, em cabine de segurança, o conjunto foi desmontado, e a membrana foi colocada na placa de Petri sobre o meio agarizado.

8 - As placas de Petri foram levadas para a estufa a (37 $\pm$ 2)° C por 48 horas.

9. Nos períodos de incubação de 24 e 48 h, foi realizada a observação visual das colônias e a contagem. A contagem das colônias de microrganismos é, normalmente, apresentada em termos de Unidade Formadora de Colônias (UFC) por metro cúbico de ar (m^3).

10. Conhecendo-se o volume de ar, o tempo decorrido da amostragem e o número de colônias (UFC), calculou-se, então, a concentração de bioaerossóis no ar, em termos de UFC/m^3 de ar, segundo a metodologia de cálculo a seguir.

Cálculo da Concentração de Microrganismos

X=$(N1 + N2)/2 \,.\, f$, em que: equação 1

X : Concentração de microrganismos (UFC/m^3)

$N1$: Concentração de microrganismos na amostragem de cada ponto

$N2$: Concentração de microrganismos na amostragem na duplicata

f: Fator de correção de volume

$f = 1m^3 \,/\, 0{,}2\, m^3 \leftrightarrow f = 5$

A concentração média de microrganismos foi calculada por meio da equação 2, apresentada a seguir:

$X = 1/4 \sum_{i=1}^{4} Xi$, em que: equação 2

Xi: Concentração de microrganismos em cada dia de amostragem, calculada pela equação 1.

4.5 Condições ambientais

Nas análises, foram consideradas as condições ambientais como temperatura ambiente, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento.

As informações das condições meteorológicas foram provenientes da Estação Meteorológica do Galeão, localizada a cerca de 10 Km da ETE em estudo. Os dados foram gentilmente, disponibilizados por José Ricardo de Almeida França, Professor e Pesquisador, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

4.6 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados foram tratados estatisticamente, a fim de que fosse possível comparar os resultados e identificar as influências significativas. Foi aplicado o teste de normalidade Shapiro Wilk a um nível de significância de 5% (a=0,05), bilateral, e os dados mostraram-se não normais (p-valor < a) e, com isso, não foi possível se aplicar o ANOVA, pois, para esse teste faz-se necessário que os dados tenham um comportamento normal. Outro ponto é que, para utilização do teste ANOVA, faz-se, também, necessária a comparação de três ou mais grupos, pois para conclusão da análise do ANOVA, é preciso que, ao menos, um dos grupos apresente uma média estatisticamente diferente dos outros. Na comparação de apenas dois grupos, não se pode chegar a essa conclusão. Sendo assim, foi aplicado um teste não paramétrico, o qual não tem a premissa de normalidade, denominado

Teste de Wilcoxon/Mann-Whitney a um nível de significância de 5% (a=0,05), bilateral. (SIEGEL, 2008)

Para avaliar a relação das condições ambientais com a concentração dos microrganismos foi feito o teste de Correlação de Pearson, que é medido pelo coeficiente de Correlação. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. (SNEDECOR, 1967)

O *Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney* compara populações das quais não se tem informações sobre suas distribuições, mas, as variáveis envolvidas tem uma escala de medida menos ordinal, ou seja, pode-se abordar o caso de variáveis aleatórias qualitativas ordinais ou quantitativas. O teste é usado, quando se pretende testar se as duas distribuições são iguais em localização, isto é, quando se está interessado em saber se uma população tende a ter valores maiores do que a outra, ou, se elas têm a mesma mediana. (SIEGEL, 2008)

O teste de *Wilcoxon/Mann-Whitney* é baseado na soma de *postos dos* valores obtidos, combinando-se as duas amostras. Isto é realizado, ordenando-se esses valores - do menor para o maior - independentemente do fato de qual população cada valor provém. Faz-se, então, a soma de postos das amostras e compara-se com os valores tabelados para o teste sob aquele nível de significância desejado. (SIEGEL, 2008)

Para a avaliação quantitativa dos microrganismos, foi elaborado um gráfico de caixa, ou *boxplot*, que é uma maneira conveniente de

descrever, graficamente, grupos de dados numéricos por meio de seus quartis. Os diagramas de caixa, também, podem ter linhas, estendendo-se, verticalmente, a partir das caixas, indicando variabilidade fora dos superiores e inferiores quartis. Os *Outliers* podem ser plotados como pontos individuais. (TRIOLA, 2008)

Os diagramas de caixa podem exibir diferenças entre o comportamento das medianas e a dispersão das populações sem fazer quaisquer hipóteses da subjacente distribuição estatística como: os espaçamentos entre as diferentes partes da caixa demonstra, graficamente, o grau de dispersão e assimetria nos dados. Também, é, amplamente, utilizado para representar valores discrepantes em relação à mediana do conjunto de dados. Além dos próprios pontos, eles permitem estimar, visualmente, os intervalos interquartílicos, o que permite avaliar, sem grandes testes estatísticos, uma tendência à não normalidade dos dados. Os diagramas de *Boxplots* podem ser desenhados na horizontal ou vertical, levando às mesmas interpretações. Neste diagrama, o eixo vertical representa a variável a ser analisada, e o eixo horizontal, um fator de interesse. Este diagrama pode ser utilizado como uma ferramenta para localizar e analisar a variação de uma variável dentre diferentes grupos de dados. A partir desses diagramas, foi possível calcular a mediana e os quartis - o quartil inferior contém 25% (1/4) das menores medidas e o quartil superior, 75% (3/4) de todas as medidas. (TRIOLA, 2008)

O diagrama de caixas se caracteriza em plotar a posição da mediana em uma caixa, daí o nome de diagrama de caixas, em que a base representa o quartil inferior (25% ou 1/4) dos menores valores) e o topo da caixa o quartil superior (75% ou 3/4) dos valores observados. A caixa, portanto, representa 50% de todos os valores observados, concentrados na tendência central dos valores, eliminando os 25% menores valores e 25% maiores valores (75% - 25% = 50%)(TRIOLA, 2008)

Um segmento de reta vertical conecta o topo da caixa ao maior valor observado, e outro segmento conecta a base da caixa ao menor valor observado. Sendo assim, o diagrama de caixa identifica onde estão localizados 50% dos valores mais prováveis, a mediana e os valores extremos. (TRIOLA, 2008)

Capítulo 5 - Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos no presente estudo.

Os resultados dos estudos prévios estão mostrados a seguir, em que se tem a avaliação de Bioaerossóis em função das etapas do tratamento. (Azevedo, 2012)

5.1 Estudos Preliminares Para a Definição dos Locais de Amostragem

5.1.1 Grade Grosseira

Na estação de estudo, a Grade Grosseira fica localizada a cerca de quatro metros da superfície (Figura 5.1). A amostragem foi realizada em um ponto acima da passagem do esgoto bruto, em um local próximo à descarga de caminhões, que fazem o transporte de resíduos de banheiros químicos, limpeza de fossas e desentupidoras.

Figura 5.1 – Amostragem na Grade Grosseira.
Fonte: autoria própria

Os resultados estão mostrados na Figura 5.2. O número total de microrganismos no ar foi cerca de 6000 UFC.m-^{3} de ar. As espécies de maior incidência foram *Salmonella* e *Shigella*, apresentando um total de 2200 UFC.m-^{3} de ar. O número de *Pseudomonas* também foi significativo, 600 UFC.m-^{3} de ar. A quantidade de termotolerantes foi cerca de 150 UFC.m-^{3} de ar. O número de fungos, 50 UFC.m-^{3} de ar, foi insignificante face aos demais grupos.

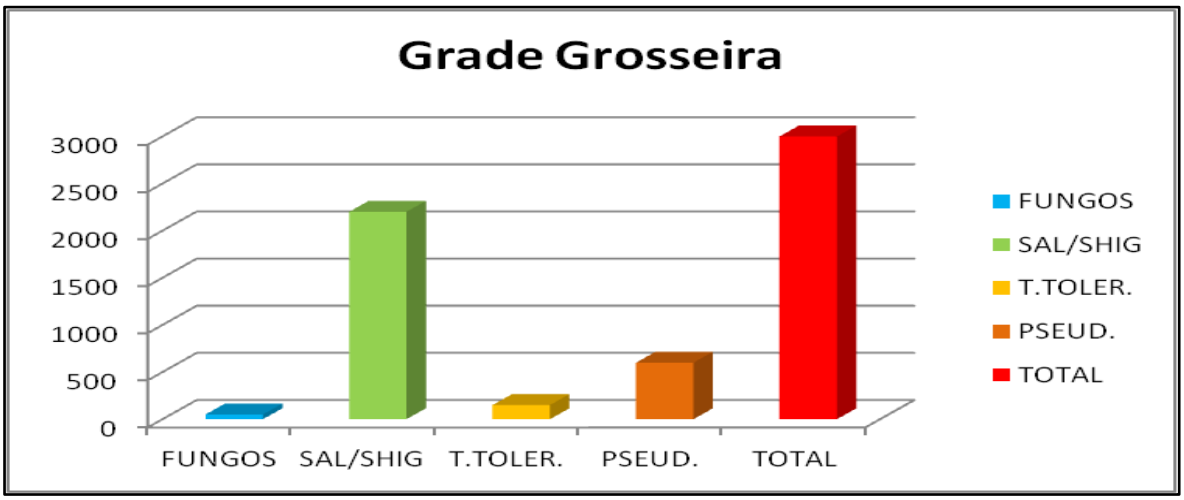


Figura 5.2- Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC na Grade de sólidos grosseiros

5.1.2 Grade Fina

A Grade Fina (Grade de sólidos finos) fica a 3 metros do solo, o esgoto bruto chega por bombeamento, causando grande movimentação do líquido, como mostra a figura 5.3.

Figura 5.3 – Imagem da Grade Fina (A), Amostragem na Grade Fina(B)
Fonte: autoria própria

Os resultados estão mostrados na Figura 5.4. Verifica-se uma quantidade de cerca de 2400 UFC.m^{-3} de ar. A quantidade de Termotolerantes foi de 150 UFC.m^{-3} de ar, quantidade semelhante à encontrada na Grade Grosseira, pois é uma etapa com turbulência e grande movimentação do líquido. A baixa concentração de fungos nessa etapa, 100 UFC.m^{-3} de ar, vai ao encontro ao estudo de Pascual (2003), que observou uma concentração de 750 UFC.m^{-3} de ar. A concentração de *Salmonella e Shigella* , cerca de 1800 UFC.m^{-3} de ar e *Pseudomonas*, 440 UFC.m^{-3} de ar repetiu o padrão da etapa anterior.

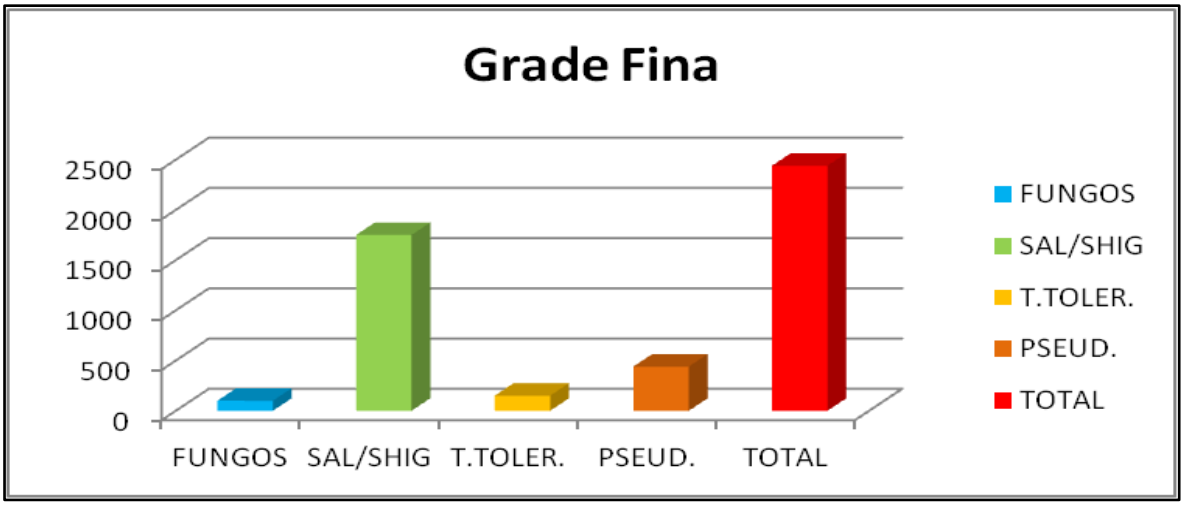


Figura 5.4 – Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC na Grade de sólidos finos

5.1.3 Caixa de Areia

Nesta etapa o efluente permanece em um tanque por um tempo de residência para que a areia se deposite. O esgoto sai da caixa de areia por gravidade, acarretando turbulência e gerando aerossóis, conforme mostra a figura 5.5, portanto é uma etapa geradora de aerossóis.

Figura 5.5 – Imagem da Caixa de Areia (A), Amostragem na Caixa de Areia(B)
Fonte: autoria própria

Os resultados estão mostrados na Figura 5.6. Neste gráfico pode-se observar que nesta etapa houve um pequeno decréscimo da incidência microbiana, com 1800 UFC.m-^{3} de ar, predominando Termotolerantes, 530 UFC.m-^{3}, *Pseudomonas,* 250 UFC.m-^{3} de *Salmonella e Shigella* e Fungos cerca de 500 UFC.m-^{3} de ar.

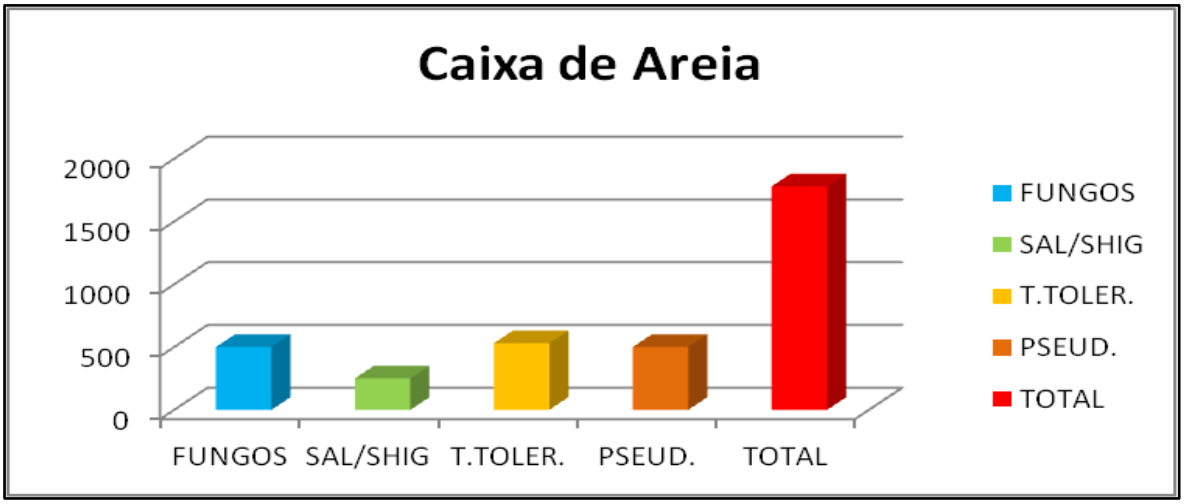


Figura 5.6 – Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC na Caixa de Areia

5.1.4 Decantador Primário

Nessa etapa do tratamento, o esgoto passa por tanques, onde tem um tempo de permanência necessária para a decantação da parte sólida, sem turbulência do líquido, sendo, portanto uma etapa de baixa produção de bioaerossóis, conforme a figura 5.7.

Figura 5.7 – Imagem Decantador Primário(A), Amostragem no Decantador Primário(B). Fonte: autoria própria

Os resultados são mostrados na Figura 5.8. Este gráfico mostra a incidência microbiana, com cerca de 650 UFC.m-3 de ar, foi menor que nas etapas anteriores. O número de fungos foi o mais expressivo, 500 UFC.m-3 de ar. Os demais grupos apresentaram valores próximos, em torno de 50 UFC.m-3 de ar. Esta etapa do processo mesmo apresentando baixa movimentação do líquido é um local de média geração de aerossóis.

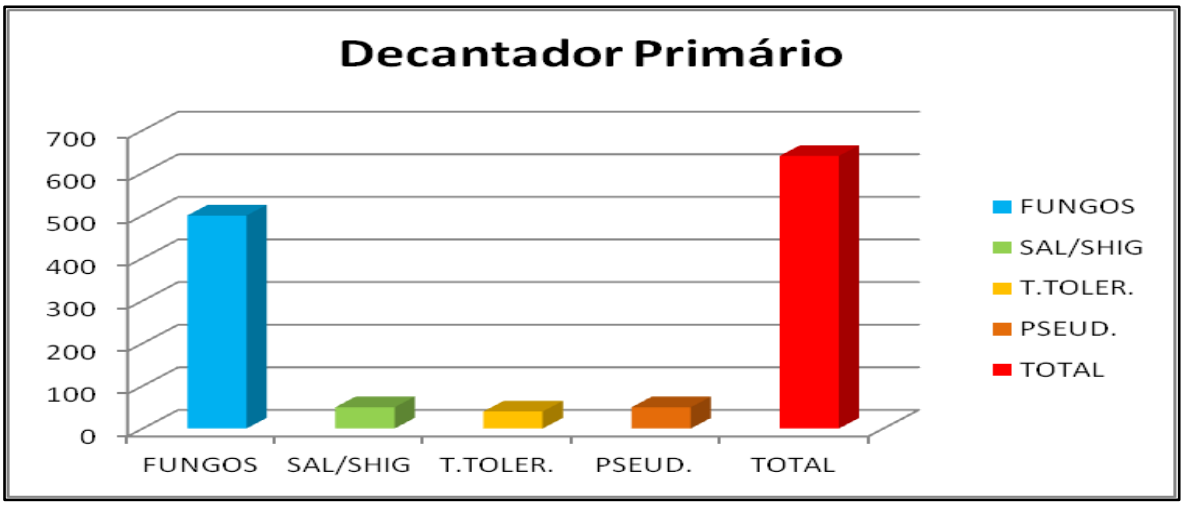


Figura 5.8 – Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC no Decantador Primário.

5.1.5 Tanque de Aeração

No tanque de aeração ou reator biológico, é onde ocorre a degradação da matéria orgânica, para que isso ocorra se faz necessário um sistema de aeração, que na estação objeto do estudo é utilizado o sistema de ar difuso. A aeração é feita pelo fundo do tanque e causa agitação do líquido, o que torna essa etapa do processo potencialmente geradora de aerossóis, conforme mostra a Figura 5.9.

Figura 5.9 – Amostragem no Tanque de Aeração.
Fonte: autoria própria

De acordo com a Figura 5.10, verifica-se que os valores de concentração foi cerca de 1300 UFC.m^{-3} de ar. Foram encontrados 500 UFC.m^{-3} de ar de fungos, 250 UFC.m^{-3} de ar de *Salmonella* e *Shigella*, 200 UFC.m^{-3} de ar de Termotolerantes e 350 UFC.m^{-3} de ar de *Pseudomonas.*

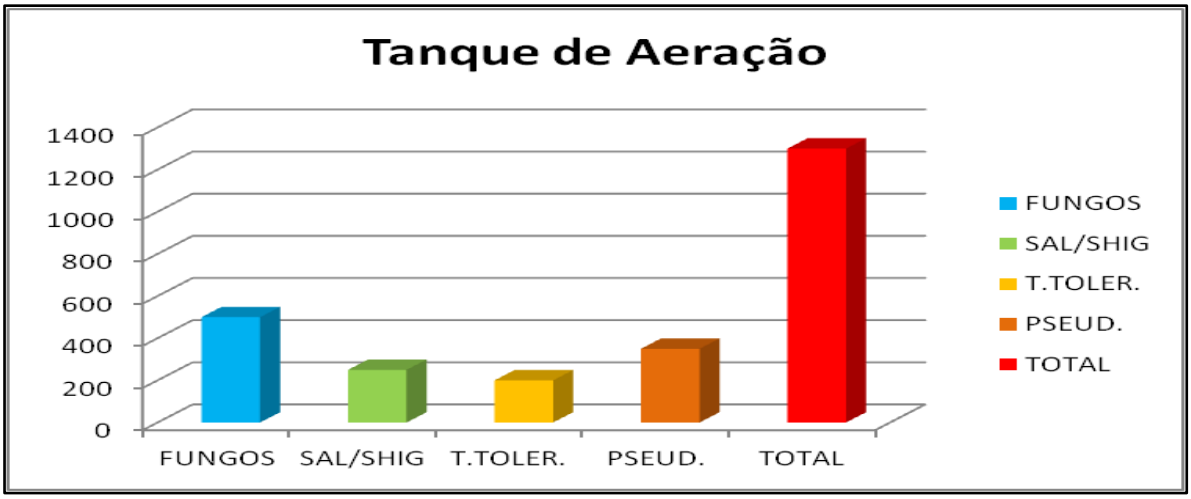


Figura 5.10 – Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC no Tanque de Aeração.

5.1.6 Decantador Secundário

Nesta etapa do processo a movimentação da massa líquida é baixa, devido a separação do efluente tratado do lodo através da decantação. A baixa movimentação do líquido implica em uma baixa produção de aerossóis, conforme mostrado na figura 5.11.

Figura 5.11 – Imagem Decantador secundário(A), Amostragem no Decantador Secundário(B). Fonte: autoria própria

De acordo com a Figura 5.12. Houve um decréscimo significativo na quantidade de microrganismos presentes no ar, 110 UFC.m-^{3} de ar. A quantidade de Termotolerantes foi 10 UFC.m-^{3} de ar. Porém a

quantidade de *Pseudomonas* , foi de 100 UFC.m-^{3} de ar, ainda presentes nessa etapa não era esperada segundo trabalho de KARRA (2007). Os demais microrganismos em estudo não foram encontrados.

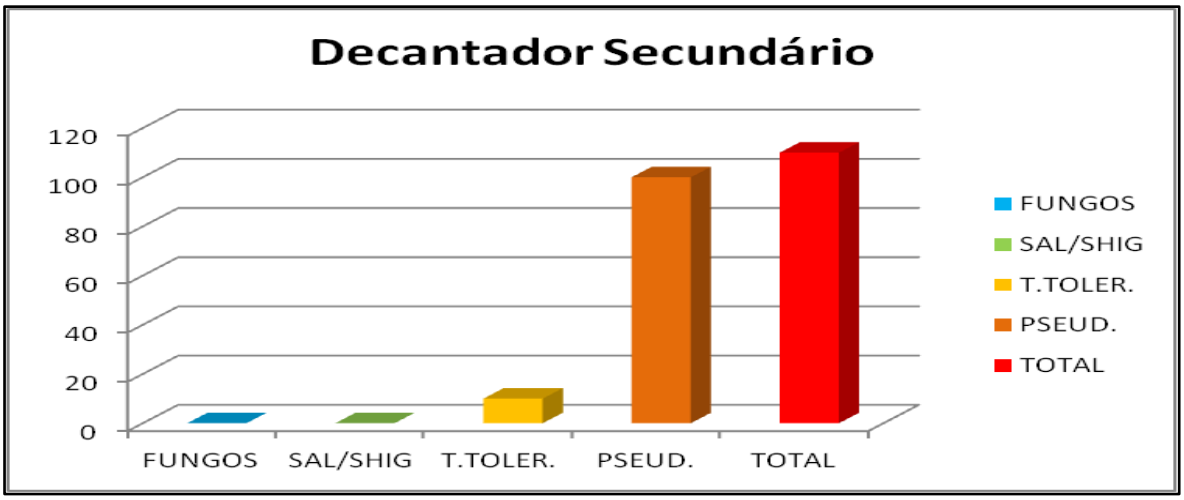


Figura 5.12 – Gráfico com a concentração de microrganismos em UFC no Decantador Secundário

5.1.7 Adensador de Lodo

O lodo destinado ao tratamento é canalizado para o adensador, onde é retirado o excesso de água. O processo é semelhante à decantação, onde o lodo entra na parte inferior, e o líquido sai na parte superior do decantador.

A figura 5.13 mostra que a etapa tem pouca movimentação do líquido, gerando baixa quantidade de aerossóis.

Figura 5.13 – Imagem Adensador de Lodo(A), Amostragem no Adensador de Lodo(B) Fonte: autoria própria

De acordo com a Figura 5.14 a incidência de microrganismos, cerca de 770 UFC.m-^{3} de ar, sendo 50 UFC.m-^{3} de ar de fungos, 350 UFC.m-^{3} de ar de *Salmonella e Shigella,* 120 UFC.m-^{3} de Termotolerantes e 250 UFC.m-^{3} de ar de *Pseudomonas*.

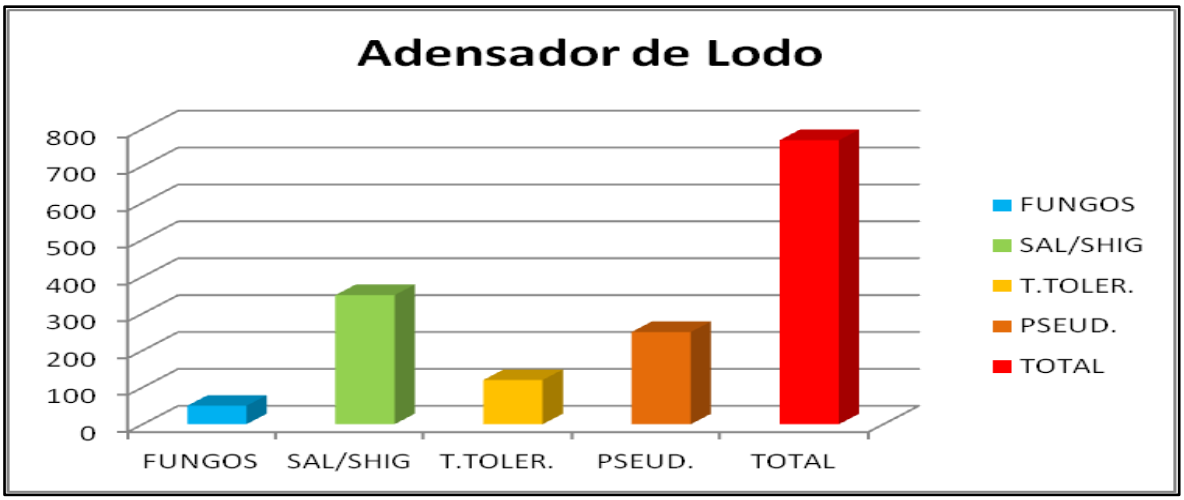


Figura 5.14 – Gráfico com a Concentração de microrganismos em UFC no Adensador de Lodo

5.1.8 Saída do Efluente

Na saída o efluente já passou por todas as etapas de tratamento, e a expectativa é que a concentração de microrganismos nos aerossóis seja mais baixo que nas etapas anteriores. Além disso para um efluente ser lançado em um corpo hídrico tem que estar dentro dos parâmetros estabelecidos polos órgãos controladores. A amostragem na área da saída do efluente está mostrado na Figura 5.15.

Figura 5.15 – Amostragem na Disposição Final(Saída do Efluente).
Fonte: autoria própria

A figura 5.16 mostra que neste ponto de amostragem, a concentração de microrganismos no ar foi muito baixo.

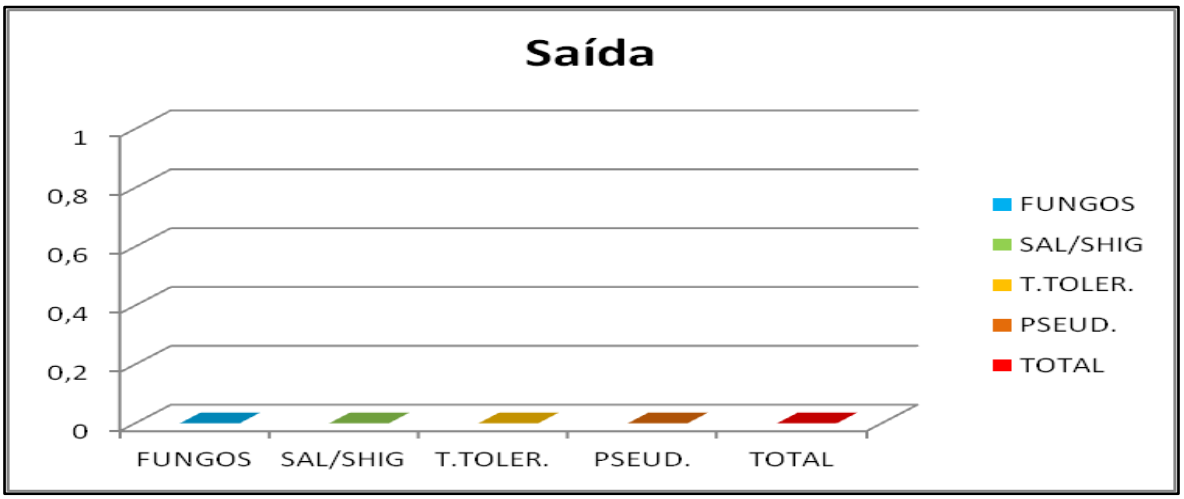


Figura 5.16 – Gráfico com a Quantidade de UFC na Saída.

A concentração dos microrganismos de acordo com etapa do tratamento é mostrada na Figura 5.17. Neste gráfico pode-se observar que os valores diminuíram à medida que o tratamento avançou, em consonância com alguns resultados reportados por KARRA (2007).

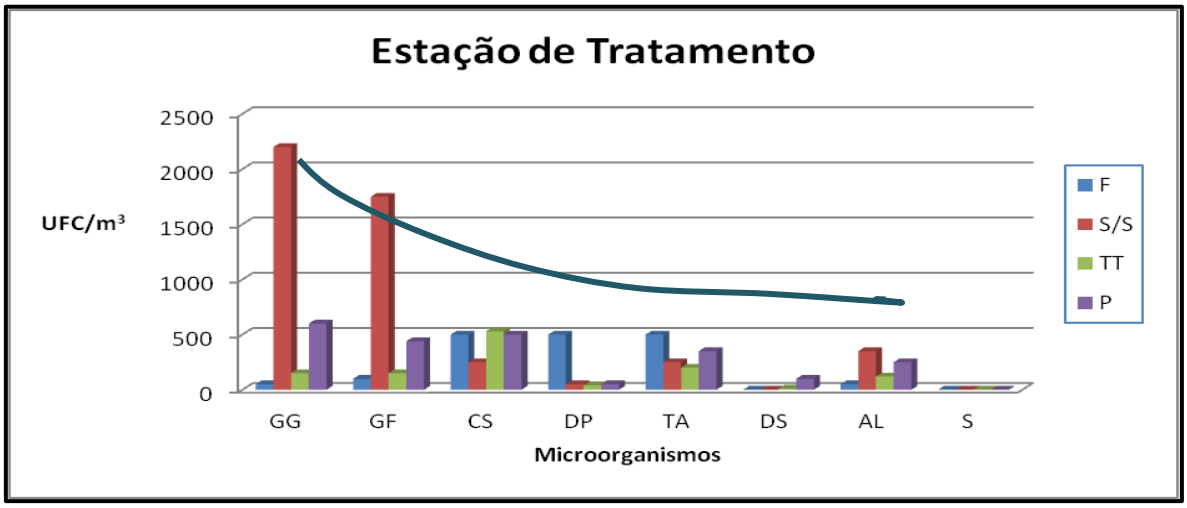


Figura 5.17 – Gráfico com a quantidade de microrganismos em UFC/m³ na ETE. Em que F – Fungos, SS – *Salmonella sp e Shigella sp*, TT – Termotolerante, P – *Pseudomonas sp,* GG- Grade Grosseira, GF – Grade Fina, CA – Caixa de Areia, DP – Decantador Primário, TA – Tanque de Aeração, DS – Decantador Secundário, AL – Adensador de Lodo, S – Saída.

A partir dos resultados encontrados nos estudos preliminares, foram determinados os pontos de amostragem para a realização da campanha para realização deste trabalho. Foram escolhidos dois pontos considerados críticos: Grade de Sólidos Grosseiros(Grade Grosseira) e Tanque de Aeração, um ponto considerado de baixa incidência de bioaerossóis no ar: Saída do Efluente e acrescentado um ponto fora da área de tratamento, denominado de Jardim. Com base, nestes testes foram selecionados os meios de cultura mais adequados, tempo de amostragem e volume de ar a ser coletado.

5.2 Comparação dos amostradores MAS100® e AFG®

Conforme mencionado no Capítulo 4, foram realizados ensaios comparando o sistema AFG, com o sistema MAS100®, para verificar se o

aparato para a amostragem adotado no presente trabalho levaria a resultados compatíveis com o sistema atualmente mais empregado para o monitoramento de bioaerossóis. Os testes com os amostradores foram feitos na Grade Grosseira, Tanque de Aeração, Saída do Efluente e Jardim.

O amostrador de ar MAS 100® está de acordo com a norma ISO/ CD14698-1:1996 recomendado para controle de salas limpas e ambientes controlados (Merck, 2002). É um instrumento disponível para detecção e caracterização dos componentes viáveis de bioaerossóis. No presente estudo este foi utilizado para qualificação e quantificação de microrganismos durante o processo de tratamento de esgotos.

O amostrador AFG é um instrumento utilizado para a captação de ar muito utilizado para avaliação de particulados, possui dois estágios, onde podem ser colocadas duas membranas com diferentes tamanhos de poro, para captação de particulados de diferentes diâmetros. Neste estudo, o amostrador foi utilizado como uma nova metodologia para avaliação de bioaerossóis.

As amostragens foram feitas simultaneamente com os dois amostradores em todos os pontos. O volume de ar coletado foi de 200L para todos os tipos de microrganismos.

A concentração de microrganismos medidos a partir da coleta com os dois amostradores, nas várias etapas do tratamento é mostrada na tabela 1.

TABELA 1- Concentração dos microrganismos medidos com os dois amostradores. Valores em UFC.m-^{3} de ar

	Pseudomonas		Coliformes Totais		Termotolerantes		e.Coli		Salmonella/shigella		EnteroBactérias		Fungos		Total de Microrganismos	
	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG	MAS100	AFG
T.AERAÇÃO	35	20	20	15	15	15	15	15	20	18	75	20	168	145	348	248
G.GROSSEIRA	755	745	63	35	62	35	95	80	205	180	390	200	2620	1010	4190	2285
JARDIM	100	45	15	15	15	15	15	30	155	140	275	70	240	100	815	415
SAÍDA	85	20	25	15	20	15	95	20	40	30	55	35	620	355	940	490

A comparação entre métodos de amostragens foi feito separadamente para cada microrganismo. Dessa forma foi utilizado o teste de Wilcoxon com dados pareados, comparando os dados de p-valor com um nível de significância de 5%. O teste mostra que os valores comparados são considerados estatisticamente diferentes quando o p-valor encontrado for inferior a 0,05.

A tabela 2, mostra que para todos os grupos microbianos o p-valor foi superior a 0,05, mostrando que os valores encontrados pelos amostradores são estatisticamente iguais.

TABELA 2 - Valores de p-valor para cada grupo microbiano

	Pseudomonas	Coliformes Totais	Termotolerantes	e.coli	Salmonella/Shigella	Enterobactérias	Fungos
p-valor	0,3094	0,3562	0,6198	0,8817	0,6867	0,2	0,4857

A distribuição dos dados em função do tipo de microrganismos em relação ao amostrador MAS100® é mostrado na figura 5.18.

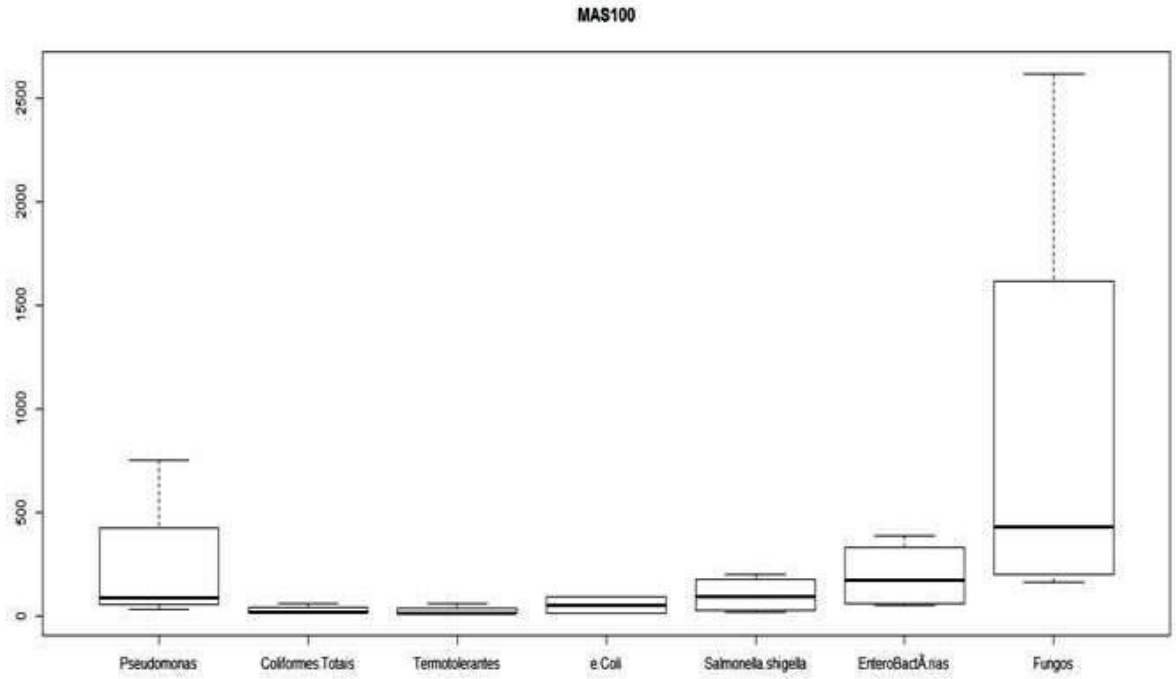


Figura 5.18 - Distribuição dos dados em função dos microrganismos utilizando o amostrador MAS100®.

A distribuição dos dados em função do tipo de microrganismos em relação ao amostrador AFG é mostrada na figura 5.19.

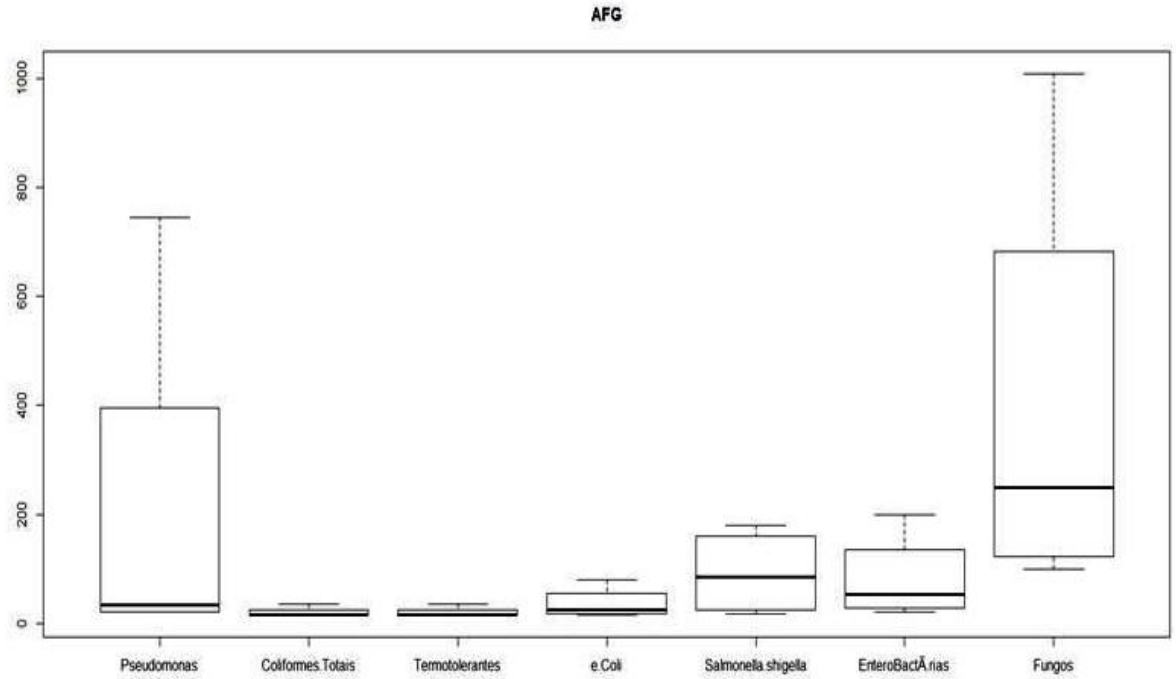


Figura 5.19 - Distribuição dos dados em função dos microrganismos utilizando o amostrador AFG.

Os gráficos mostram que a distribuição dos valores em ambos amostradores foram semelhantes, e mostraram a variação dos resultados de forma uniforme para todos os microrganismos em estudo.

Os resultados encontrados na campanha realizada para esse estudo são mostrados a seguir:

5.3 Resultados da Campanha

A campanha foi realizada por um período de doze meses (1 ano), compreendendo todas as estações do ano. As amostragens foram realizadas na Grade de sólidos grosseiros(Grade Grosseira), Reator Biológico(Tanque de Aeração), Saída do Efluente(Saída) e na área de plantio de mudas(Jardim).

Os resultados encontrados durante a campanha estão mostrados a seguir:

5.3.1 Grade Grosseira

Os resultados relacionados aos valores de concentração dos microrganismos no ar encontrados na Grade Grosseira, são mostrados na Tabela 3:

TABELA 3 - Concentração de Microrganismos no ar na Grade Grosseira no período de um ano(UFC.m-^{3})

	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	ESTAÇÕES DO ANO
OUTUBRO	120	17	85	13	9	10	254	
NOVEMBRO	405	400	155	185	315	2000	3460	
DEZEMBRO	205	40	40	55	215	185	740	PRIMAVERA
TOTAL	730	457	280	253	539	2195	**4454**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JANEIRO	1190	385	150	145	145	875	2890	
FEVEREIRO	745	40	25	70	920	1950	3750	
MARÇO	95	120	110	50	160	2195	2730	VERÃO
TOTAL	2030	545	285	265	1225	5020	**9370**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
ABRIL	515	267	65	25	145	890	1907	
MAIO	365	85	50	40	280	265	1085	
JUNHO	1160	290	235	448	215	1600	3948	OUTONO
TOTAL	2040	642	350	513	640	2755	**6940**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JULHO	1050	70	60	95	250	1270	2795	
AGOSTO	330	180	85	65	100	230	990	INVERNO
SETEMBRO	270	255	125	90	140	215	1095	
TOTAL	1650	505	270	250	490	1715	**4880**	

A concentração de microrganismos próxima à Grade Grosseira foi alta por todo o ano. Este fato estava dentro das expectativas, devido ao fato de que nessa etapa o esgoto encontra-se *in natura*, sem nenhum tipo de tratamento e a operação na grade de sólidos grosseiros ser de grande movimentação do efluente. Foi observado que, como neste local se tem descarga de caminhões de resíduos de banheiros químicos, limpeza de fossas e outros materiais afins. A descarga desses materiais é feita na superfície e normalmente quando o material sai dos caminhões sob pressão e forma uma grande quantidade de aerossóis. Pode-se concluir que este fato corrobora para a elevada concentração de microrganismos no ar nesse ponto da estação de tratamento.

Com uma amostragem de um ano foi realizado um estudo em relação a frequência da concentração dos microrganismos no ar na área da grade grosseira, conforme mostrado na figura 5.20, para avaliar o comportamento da concentração dos microrganismos. A figura mostra o perfil das concentrações referentes a amostragem ao longo do ano. Podemos observar para todos os microrganismos estudados, que as concentrações mais baixas apresentam uma maior frequência e um decaimento a medida que as concentrações dos microrganismos são mais elevadas.

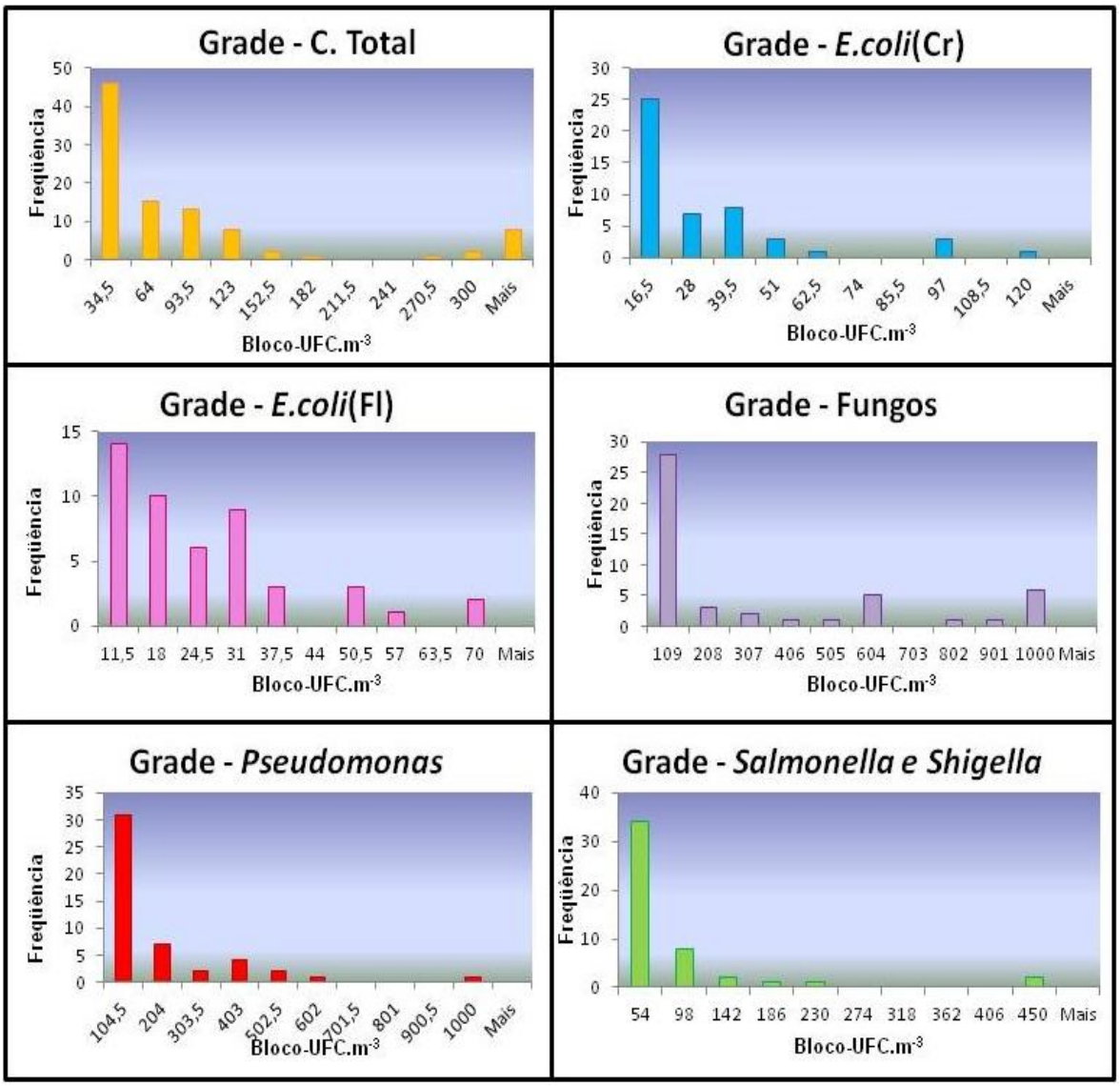


Figura 5.20- Gráficos do Perfil de concentração dos microrganismos no ar na Grade Grosseira(C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*.

A Figura 5.21 mostra a série histórica da concentração de microrganismos no ar emitidos a partir da operação da Grade de sólidos grosseiros.

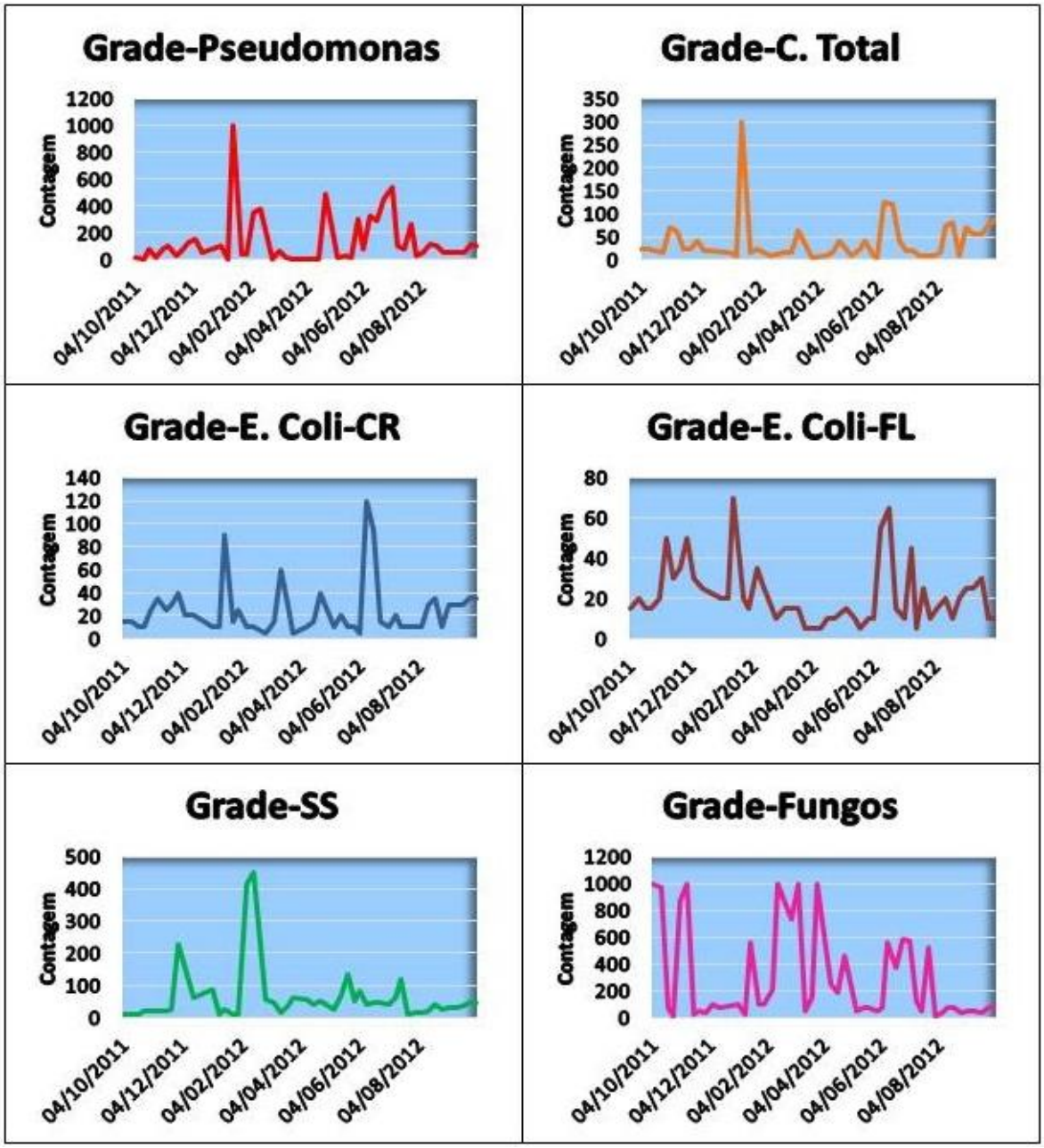


Figura 5.21 - Gráficos da Série histórica da Concentração de Microrganismos no ar na Grade Grosseira (C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

Com relação aos gráficos da série histórica podemos observar que a concentração de microrganismos exibiu variações para cada grupo microbiano. O mês de fevereiro foi o de maior incidência de todos os grupos em análise, seguido pelo mês de junho. *E. coli* e fungos

foram os que apareceram com maior concentração durante todo o ano. A presença de *E. coli* pode ser atribuída pela movimentação de material de origem fecal, que é despejado pelos caminhões, e a presença de fungos, devido estes serem os mais comuns de serem encontrados no ar.

Os valores encontrados no presente estudo, para o período do verão, foram superiores àqueles encontrados por Karra (2007), que afirma que essa etapa é caracterizada por alta concentração de microrganismos no ar, principalmente de Coliformes Totais e *E. coli*. Os estudos de Karra foram realizados em Creta na Grécia, com temperatura ambientes e umidade relativas mais baixas, sendo as máximas em torno de 30ºC de temperatura ambiente e 40% de umidade relativa. O autor encontrou, no verão, em média, 172 UFC/m^3 e 28 UFC/m^3 de ar, respectivamente. A média da concentração de fungos foi de 380 UFC/m^3 de ar. As condições ambientais como temperatura ambiente e umidade relativa mais altas como as encontradas no Rio de Janeiro, com máximas de 35ºC de temperatura ambiente e 94% de umidade relativa, estes parâmetros podem ser favoráveis à permanência de microrganismos no ar, principalmente fungos.

5.3.2 Tanque de Aeração

A Tabela 4 lista a concentração de microrganismos no ar em relação às estações do ano, no Tanque de Aeração.

TABELA 4 - Concentração de Microrganismos no ar no Tanque de Aeração no período de um ano(UFC/m^3)

	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	ESTAÇÕES DO ANO
OUTUBRO	40	45	30	45	45	2010	2215	
NOVEMBRO	80	75	55	75	100	1890	2275	
DEZEMBRO	45	30	30	35	40	95	275	PRIMAVERA
TOTAL	165	150	115	155	185	3995	**4765**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JANEIRO	95	80	65	90	45	135	510	
FEVEREIRO	45	35	20	210	360	135	805	
MARÇO	30	95	105	45	35	1200	1510	VERÃO
TOTAL	170	210	190	345	440	1470	**2825**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
ABRIL	25	262	35	25	40	190	577	
MAIO	60	35	35	30	90	75	325	
JUNHO	85	110	85	363	50	1150	1843	OUTONO
TOTAL	170	407	155	418	180	1415	**2745**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JULHO	155	35	35	40	50	155	470	
AGOSTO	105	175	30	30	85	95	520	INVERNO
SETEMBRO	60	95	25	55	95	75	405	
TOTAL	320	305	90	125	230	325	**1395**	

A amostragem por um período de um ano nos permitiu realizar um estudo em relação a frequência da concentração dos microrganismos no ar na área da grade grosseira, conforme mostrado na figura 5.22. A figura mostra o perfil das concentrações referentes a amostragem ao longo do ano. Observa-se que para todos os microrganismos estudados, as concentrações mais baixas apresentam uma maior frequência e um decaimento a medida que as concentrações dos microrganismos são mais elevadas.

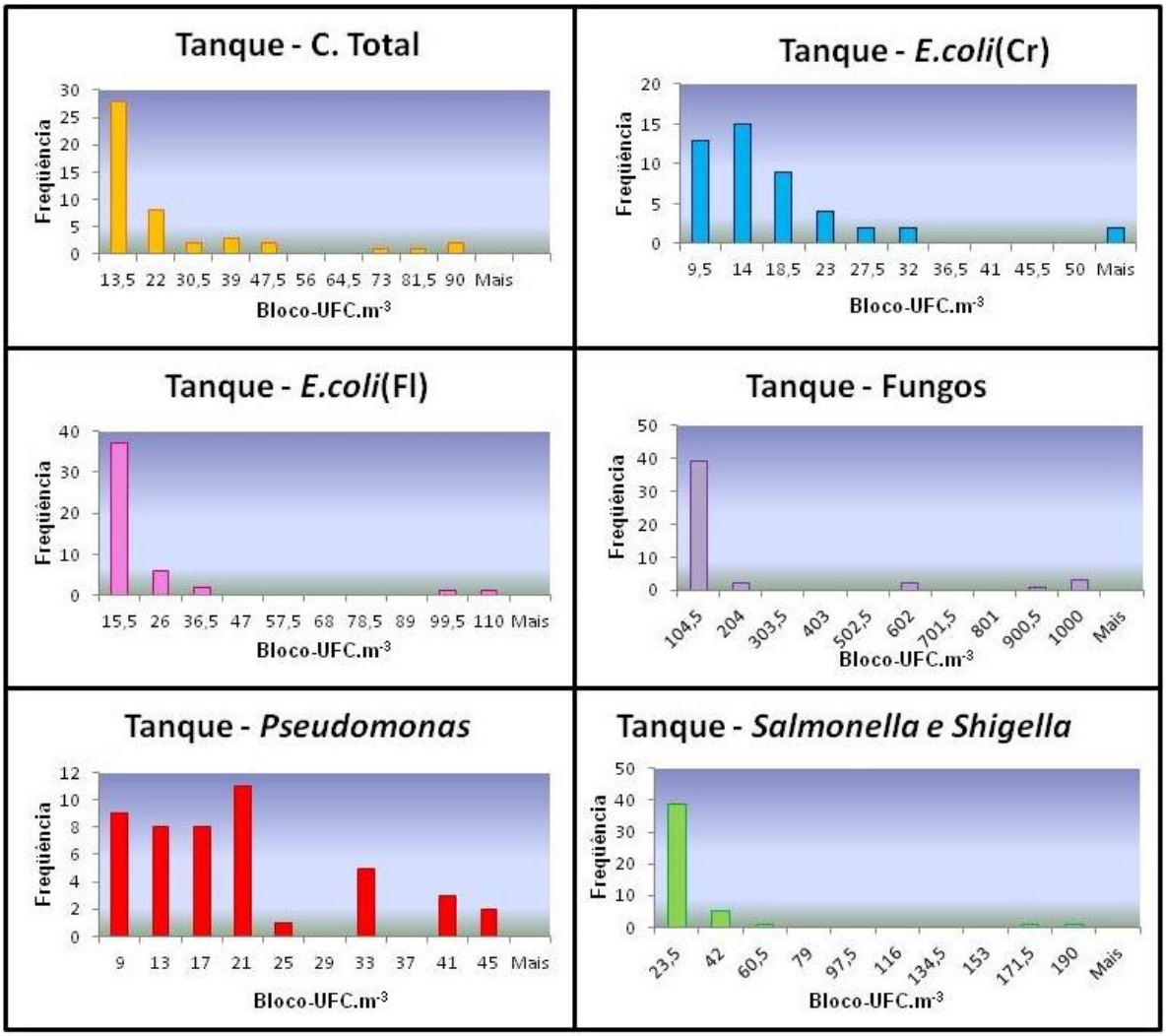


Figura 5.22 - Gráficos do Perfil de concentração dos microrganismos no ar no Tanque de Aeração(C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A Figura 5.23 mostra os gráficos da série histórica da concentração dos microrganismos no ar no Tanque de Aeração.

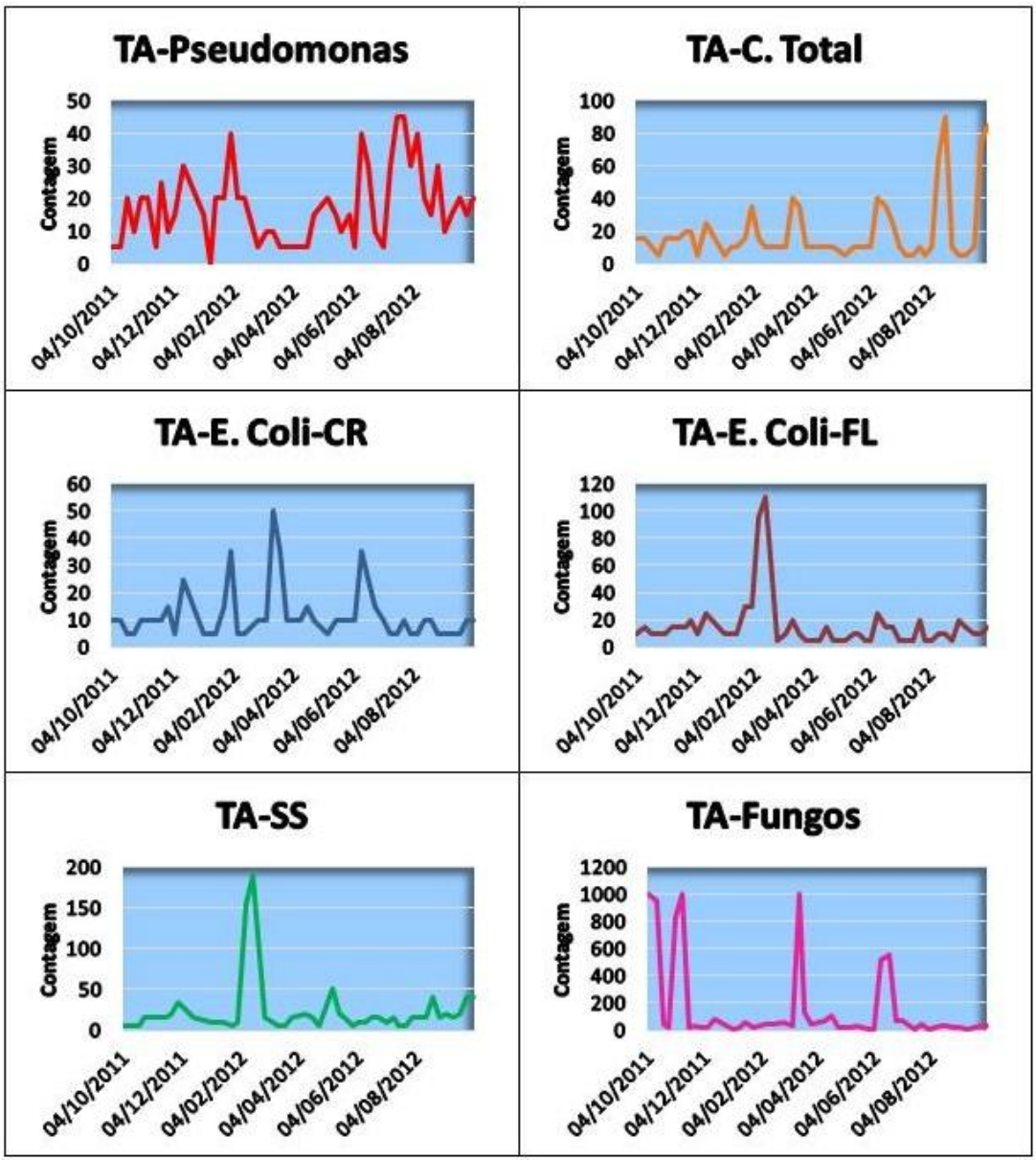


Figura 5.23 – Gráficos da Série histórica da concentração de Microrganismos no ar no Tanque de Aeração (C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A concentração de microrganismos no Tanque de Aeração não foi muito alta, em comparação com os resultados encontrados na Grade Grosseira, sendo os valores próximos ao longo do ano. Nessa etapa do tratamento a literatura destaca que a incidência de microrganismos no ar está relacionada diretamente ao tipo de sistema de aeração. Na estação em estudo o sistema utilizado promove uma baixa movimentação do líquido, devido ao tipo de aeração, ser por ar difuso, o que diminui sensivelmente a turbulência nessa etapa, e por consequência uma menor formação de aerossóis no ar. A

concentração de *Pseudomonas* mostrou variabilidade durante todo o ano assim como *E.coli*(Cr) e Fungos. *E.coli*(Fl), *Salmonella/Shigella* apresentaram menores variações, com picos nos meses de fevereiro e março. Estes meses foram os de maior incidência de todos os grupos em análise, com exceção dos Coliformes Totais, que tiveram maior incidência nos meses de agosto e setembro e os Fungos que tiveram maior incidência nos meses de outubro, dezembro e abril.

No que concerne às estações do ano, a concentração de microrganismos no Tanque de Aeração foi de 4765 UFC/m^3 de ar, no período da primavera. No período do verão a concentração de microrganismos foi de 2825 UFC/m^3 de ar; no outono foi de 2745 UFC/m^3 de ar e, no inverno foi de 1345 UFC/m^3 de ar. A concentração total de microrganismos no Tanque de Aeração foi, ao longo do ano, de 11730 UFC/m^3. Portanto as maiores concentrações de microrganismos foram observadas na primavera e no verão, e a média mensal de microrganismos no ar foi de 977 UFC/m^3 de ar.

PASCUAL (2003) encontrou, em média, 535 UFC/m^3 de ar para os fungos; 26 UFC/m^3 de ar para os Coliformes Totais; 10 UFC/m^3 de ar para os coliformes fecais; e 1 UFC/m^3 de ar para as *Pseudomonas*. Destacando que este estudo foi realizado num período de novembro a abril na cidade de Barcelona na Espanha, onde as temperatura ambientes nesse período costumam ser baixas com mínimas de até 4ºC. O autor não informou as condições ambientais durante as amostragens.

Segundo BRANDI (2000), uma ETE com sistemas de aeração por ar difuso gera uma quantidade de aerossóis inferior aos sistemas mecânicos. O autor fez estudo comparativo entre os sistemas em duas estações de tratamento na Costa Noroeste Adriática no verão. Portanto os resultados encontrados podem ser justificados, já que a ETE em estudo utiliza este sistema de aeração.

Conforme visto em vários estudos, essa etapa é considerada crítica para a emissão de aerossóis, devido à necessidade de aeração.

Os resultados encontrados, nesse estudo, ficaram acima dos verificados nos trabalhos referenciados. Isto pode estar relacionado ao período de amostragem, pois na literatura não foram encontrados trabalhos com amostragem ao longo de um ano.

5.3.3 Saída do Efluente

O resultado da amostragem, nesse ponto da estação, apresenta-se na Tabela 5.

TABELA 5 - Quantidade de Microrganismos no ar na saída do efluente no período de um ano(UFC/m^3)

	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(Fl)	SS	FUNGOS	TOTAL	ESTAÇÕES DO ANO
OUTUBRO	75	9	45	8	12	11	160	
NOVEMBRO	120	120	30	35	90	130	525	
DEZEMBRO	30	10	10	15	45	20	130	PRIMAVERA
TOTAL	225	139	85	58	147	161	**815**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(Fl)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JANEIRO	40	40	40	35	25	65	245	
FEVEREIRO	60	95	95	75	15	15	355	
MARÇO	55	110	110	110	45	20	450	VERÃO
TOTAL	155	245	245	220	85	100	**1050**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(Fl)	SS	FUNGOS	TOTAL	
ABRIL	45	257	20	15	20	50	407	
MAIO	145	50	40	45	90	200	570	
JUNHO	50	45	30	343	90	160	718	OUTONO
TOTAL	240	352	90	403	200	410	**1695**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(Fl)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JULHO	130	40	35	35	75	155	470	
AGOSTO	50	225	70	20	45	135	545	INVERNO
SETEMBRO	75	70	45	20	60	95	365	
TOTAL	255	335	150	75	180	385	**1380**	

A figura 5.24 mostra o perfil das concentrações referentes a amostragem ao longo do ano. Podemos observar para todos os microrganismos estudados, que as concentrações mais baixas apresentam uma maior frequência e um decaimento a medida que as concentrações dos microrganismos são mais elevadas.

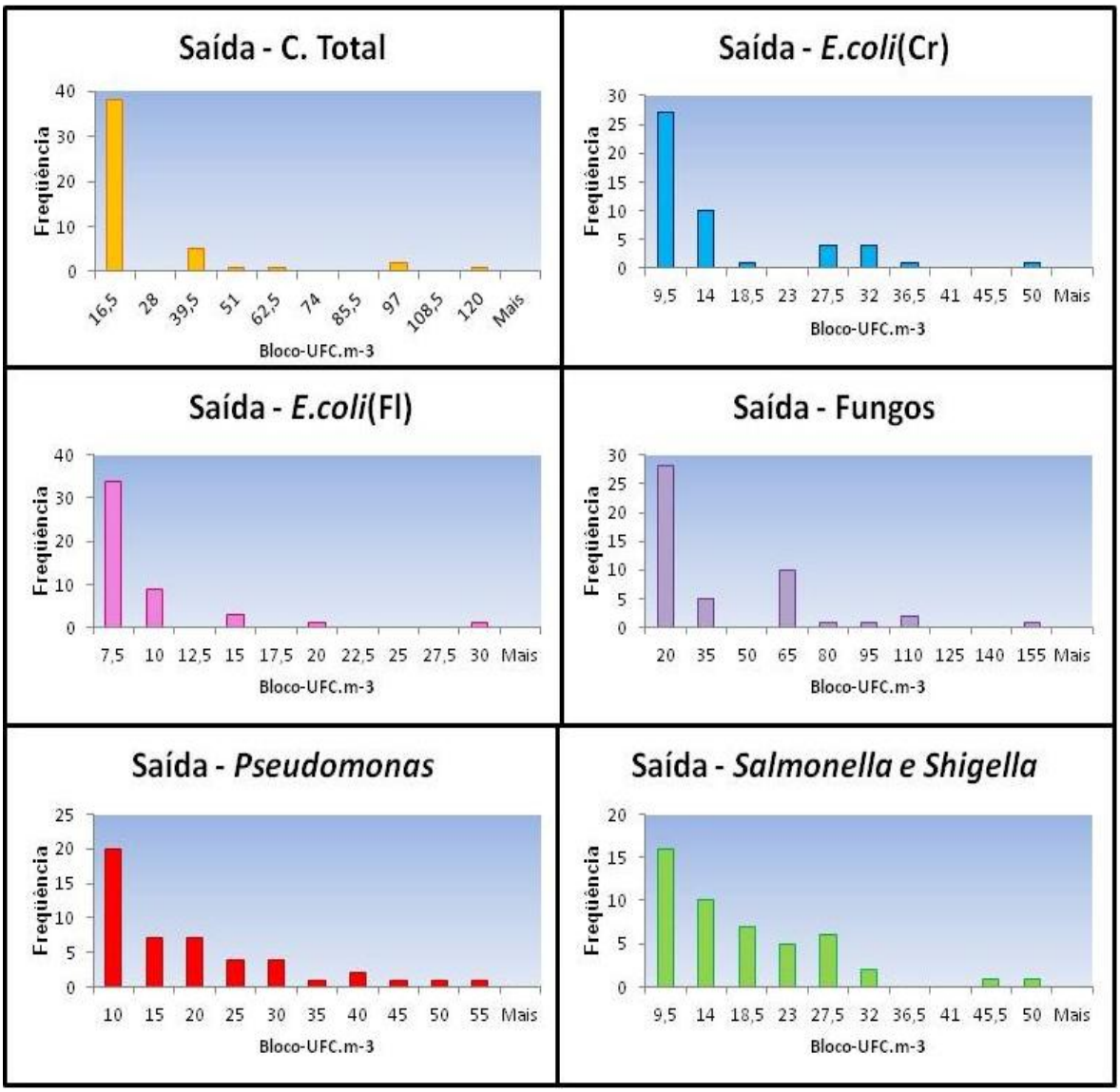


Figura 5.24 - Gráficos do Perfil de concentração dos microrganismos no ar na Saída(C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A Figura 5.25 mostra as séries históricas da concentração de microrganismos no ar na saída do efluente.

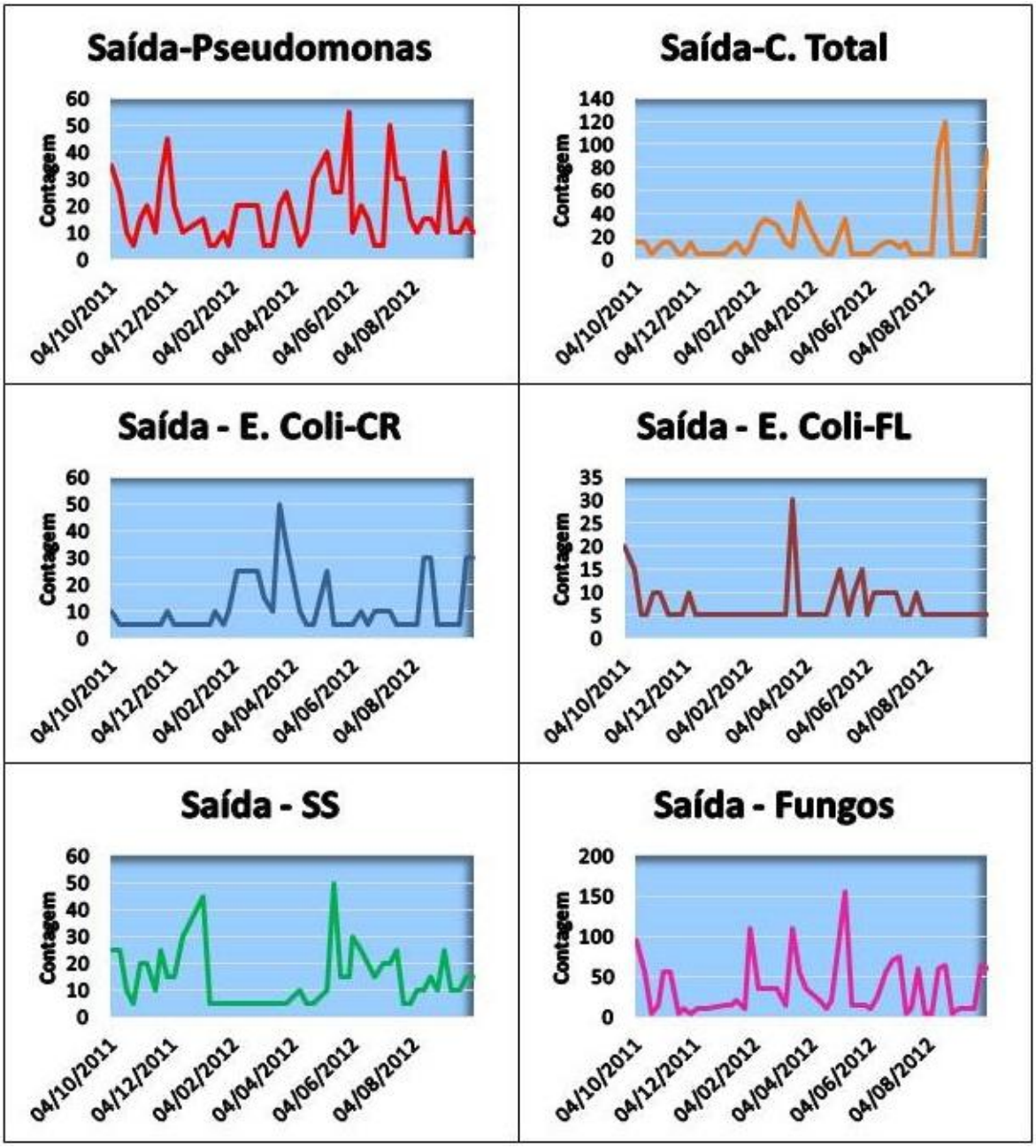


Figura 5.25 - Gráficos da Série histórica da Concentração de de Microrganismos no ar na Saída do Efluente (C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A concentração de *Pseudomonas* foi variável durante o ano, com os maiores picos entre os meses de junho a agosto. Coliformes Totais apresentaram valores baixos ao longo do ano, porém com pico no mês de agosto em relação aos demais microrganismos. *E. coli* apresentou picos em agosto com os dois meios de cultura utilizados. *Salmonella* e Shigella apresentaram seus menores valores de concentração nos meses de fevereiro a maio. Fungos foram os que

apresentaram maior concentração ao longo do ano, sendo a maior incidência no mês de junho.

Considerando as estações do ano, a concentração de microrganismos na Saída foi de 4940 UFC.m^{-3} de ar, no período da primavera. No período do verão a concentração de microrganismos foi de 1050 UFC.m^{-3} de ar; no outono foi de 1695 UFC.m^{-3} de ar e, no inverno foi de 1380 UFC.m^{-3} de ar. Portanto, a concentração total de microrganismos, na Saída foi ao longo do ano de 4940 UFC.m$^{-3.}$ Os resultados mostram que as maiores concentrações de microrganismos ocorreram no outono e no inverno, e a média mensal de microrganismos no ar foi de 411 UFC.m^{-3} de ar.

Os dados obtidos mostraram que, nas proximidades da saída do efluente, a concentração de microrganismos foi alta ao longo do ano. Os valores encontrados foram acima dos esperados, pois foram superiores àqueles encontrados nos ensaios prévios. Este fato não estava dentro das expectativas, devido à literatura destacar que este ponto, por se tratar de uma etapa final do tratamento, deveria ser o de baixa incidência de microrganismos no ar, podendo tender a zero. Segundo KARRA (2007), um gradual declínio de emissão de bioaerossóis ocorre à medida que o tratamento avança, portanto, nessa etapa, a emissão deveria ser menor que as encontradas nas etapas anteriores.

Porém, na ETE em estudo, essa etapa do tratamento tem um diferencial em relação às ETEs listadas nos diferentes estudos da literatura, por haver grande movimentação do líquido. Isto se deve ao fato de o efluente tratado ser lançado como uma cachoeira até a Baía de Guanabara, em um local de degradação ambiental, com alta concentração de poluentes, além da presença de vegetação em decomposição. Essa movimentação do líquido muito provavelmente foi o fator responsável pela formação de bioaerossóis no ar.

5.3.4 Jardim

Na ETE em estudo, o Jardim é o local onde há muitas árvores e plantas, e são cultivadas mudas de espécies da mata atlântica para reflorestamento de áreas devastadas e replantio de mangues, conforme mostrado na Figura 5.26. Mesmo que este ponto não tenha participado dos estudos prévios, pelo fato de ser um local de muita circulação de pessoas, foi julgado relevante para a avaliação da ETE.

Figura 5.26 - Amostragem no Jardim.
Fonte: autoria própria

No Jardim, as plantas são regadas várias vezes ao dia através de *sprinklers* que produzem bioaerossóis. Além disso, o Jardim fica próximo à portaria e ao portão principal de entrada, onde há grande movimentação de caminhões, que transportam resíduos de limpeza de fossas e banheiros químicos para serem descarregados na Grade Grosseira. Esta circulação dos caminhões muito provavelmente é o fator responsável pela suspensão de particulados no ar.

A Tabela 6 traz a concentração de microrganismos no Jardim ao longo do ano.

TABELA 6 - Quantidade de Microrganismos no ar no jardim no período de um ano (UFC/m³)

	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	ESTAÇÕES DO ANO
OUTUBRO	205	12	75	9	8	10	319	
NOVEMBRO	360	305	35	90	110	660	1560	
DEZEMBRO	200	15	15	30	135	225	620	PRIMAVERA
TOTAL	765	332	125	129	253	895	**2499**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JANEIRO	140	50	45	40	55	620	950	
FEVEREIRO	185	35	35	225	515	170	1165	
MARÇO	25	70	70	50	60	615	890	VERÃO
TOTAL	350	155	150	315	630	1405	**3005**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
ABRIL	40	252	25	15	30	50	412	
MAIO	215	25	20	40	80	240	620	
JUNHO	180	55	45	358	55	910	1603	OUTONO
TOTAL	435	332	90	413	165	1200	**2635**	
	PSEUD.	C. TOTAL	E. COLI(Cr)	E.COLI(FI)	SS	FUNGOS	TOTAL	
JULHO	455	35	35	100	120	145	890	
AGOSTO	205	55	20	35	40	190	545	INVERNO
SETEMBRO	80	60	40	50	75	180	485	
TOTAL	740	150	95	185	235	515	**1920**	

A figura 5.27 mostra o perfil das concentrações referentes a amostragem ao longo do ano. Podemos observar para todos os microrganismos estudados, que as concentrações mais baixas apresentam uma maior frequência e um decaimento a medida que as concentrações dos microrganismos são mais elevadas.

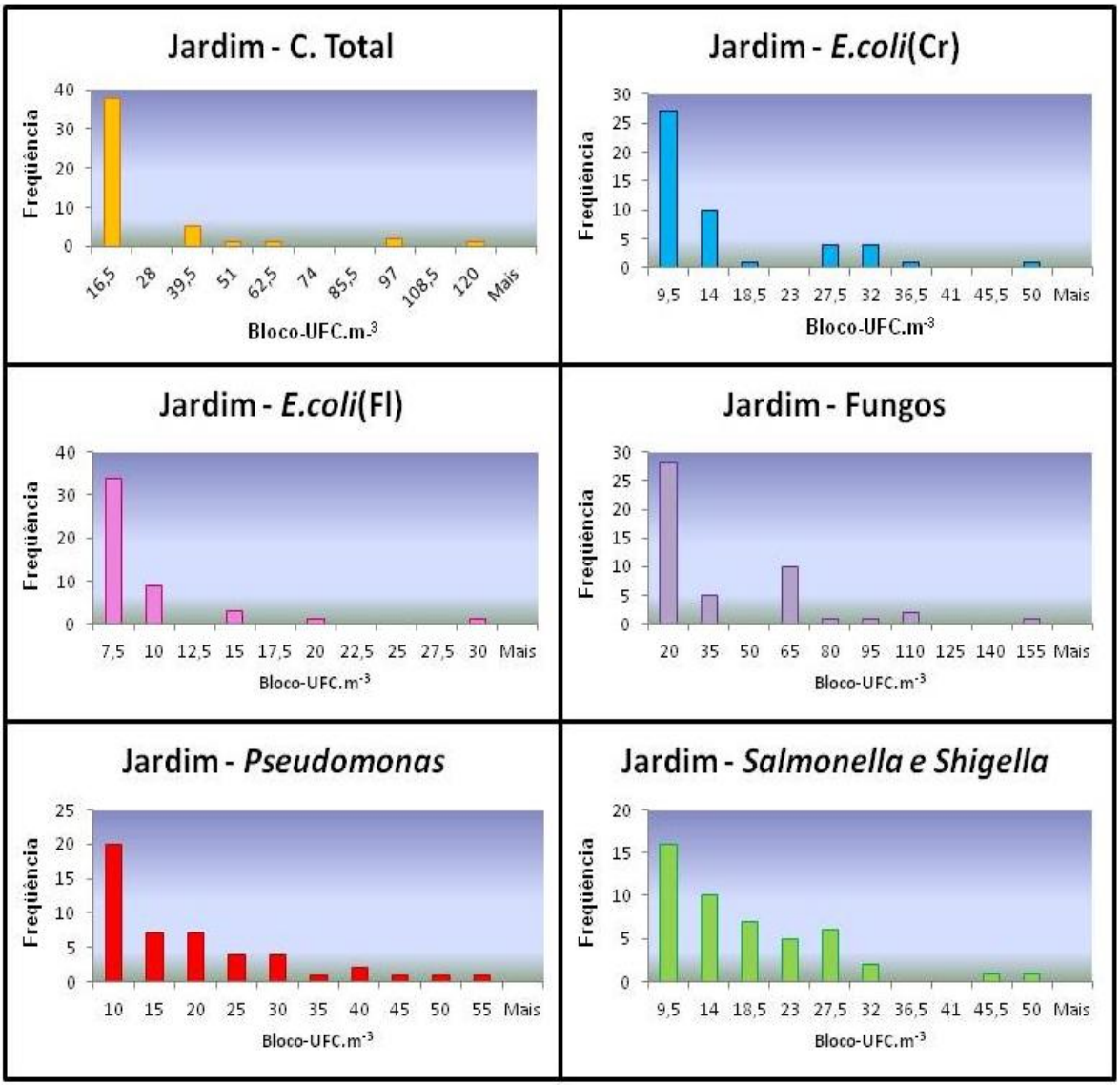


Figura 5.27 - Gráficos do Perfil de concentração dos microrganismos no ar no Jardim(C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A Figura 5.28 mostra a série histórica da concentração de microrganismos no ar no Jardim.

O Jardim apresentou uma concentração alta de microrganismos ao longo do ano, tendo os fungos apresentado valores mais altos que os demais. Os valores encontrados foram acima do esperado, em comparação aos estudos prévios. Nesse ponto não temos a presença de efluentes somente a presença dos caminhões de transporte de detritos e a presença de gotículas provenientes da irrigação das plantas do local aliado a esse fato pode-se supor que a dispersão de aerossóis pode se alastrar por uma grande área no entorno da estação.

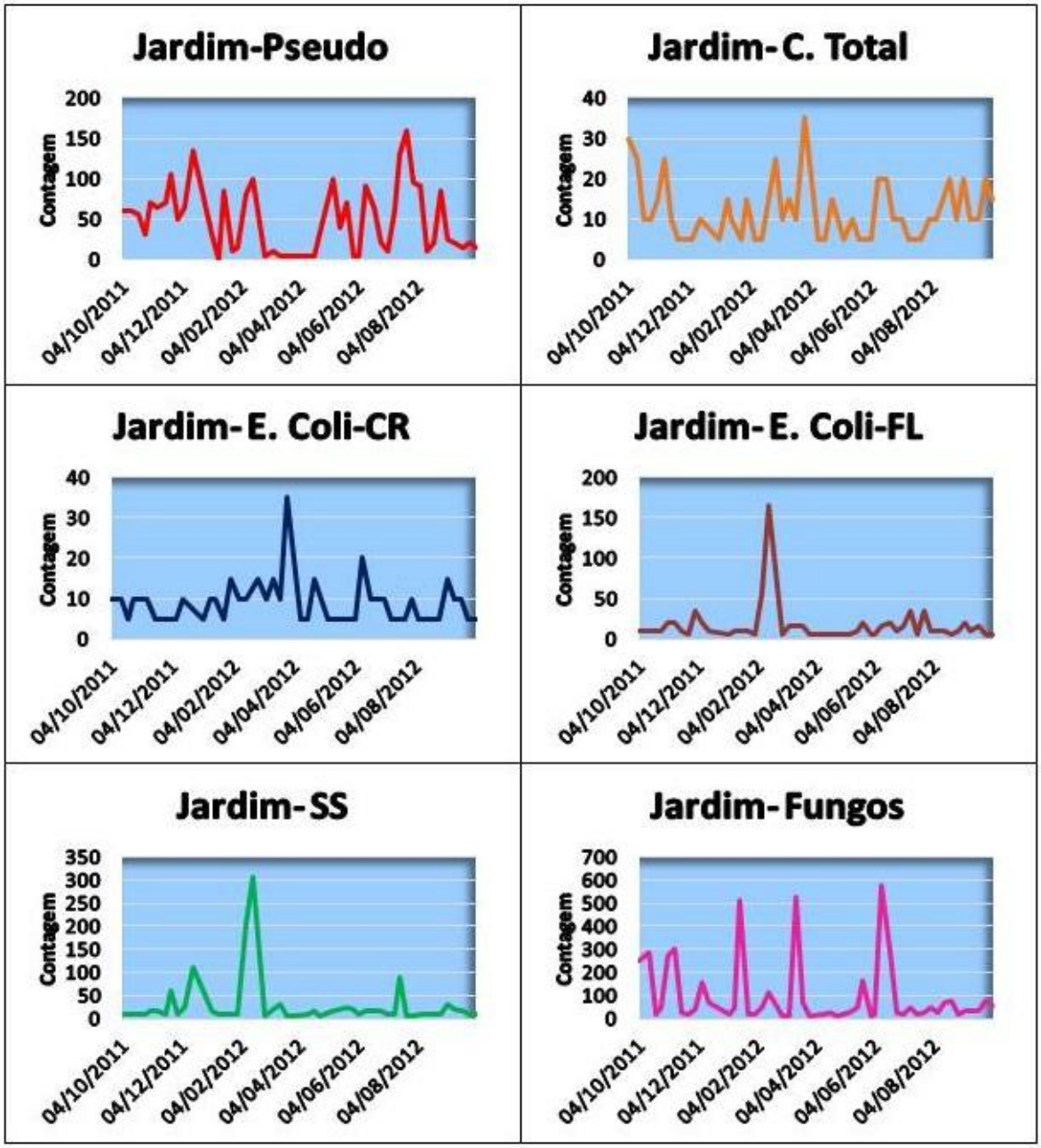


Figura 5.28 - Gráficos da Série histórica da Concentração de Microrganismos no ar no Jardim. (C.Total: Coliformes Totais, CR: Cultivado em meio Cromocult®, FL: Cultivado em meio Fluorocult®, SS: *Salmonella/Shigella)*

A concentração de *Pseudomonas* apresentou valores próximos durante todo o ano, com uma maior incidência nos meses de janeiro e agosto. Coliformes Totais apresentaram valores baixos ao longo do ano com pico no mês de abril. *E. coli* apresentou picos em fevereiro e abril com dois meios de cultura utilizados respectivamente. *Salmonellas* e Shigellas apresentaram seus menores valores de concentração no mês de fevereiro. Fungos foram os que apresentaram maior concentração

ao longo do ano, com maior incidência nos meses de fevereiro, abril e julho.

Considerando as estações do ano, a concentração de microrganismos no Jardim foi de 2499 UFC.m^{-3} de ar, no período da primavera. No período do verão a concentração de microrganismos foi de 3005 UFC.m^{-3} de ar; no outono foi de 2635 UFC.m^{-3} de ar e, no inverno foi de 1920 UFC.m^{-3} de ar. Portanto, a concentração total de microrganismos no Jardim, ao longo do ano, foi de 10059 UFC.m^{-3} e as maiores concentrações de microrganismos foram observadas no verão e a média mensal de microrganismos no ar foi de 838 UFC.m^{-3} de ar.

5.4 Influência das Condições Ambientais

Para se relacionar as condições ambientais com a concentração dos microrganismos, foi utilizado um método estatístico, Correlação. A correlação é avaliada pelo coeficiente de correlação. Este relacionou cada microrganismo com as variáveis ambientais como: a velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (°C), umidade relativa do ar (%) e pressão atmosférica (Bar), a fim de verificar se estas teriam alguma interferência na sua concentração. Uma correlação forte deve ter valores em torno de 1, o que seria considerado uma correlação perfeita, porém normalmente considera-se uma correlação razoavelmente significativa, valores maiores que 0,7.

Como na literatura não existem estudos de correlação em função de microrganismos e condições ambientais, pode ser que nesse caso o valor de correlação significativa seja diferente de 0,7, porém para essa afirmação seria necessário um estudo específico para este fim, muito complexo e de longa duração, para se estabelecer um valor de referência para este tipo de sistema.

A Tabela 7 apresenta os valores dos coeficientes de correlação dos microrganismos de estudo em função das condições ambientais.

Tabela 7 - Valores de Coeficiente de Correlação na Grade Grosseira

PSEUDOMONAS	C.TOTAL	E.Coli (Cr)	E. Coli (Fl)	SALMONELLA/ SHIGELLA	FUNGOS
Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento
0.1034663	0.2255649	0.03783391	0.00900806	0.07492867	-0.1014237
Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
0.03729254	0.04155213	0.1407586	0.2671266	0.1820378	0.2203173
Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa
0.08511907	-0.02084596	-0.1277442	-0.3296804	-0.1386019	-1413746
Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão
-0.04216883	0.03769371	-0.1332932	-0.3364306	-0.189888	-0.02235891

A Tabela 8 apresenta os valores dos coeficientes de correlação dos microrganismos de estudo em função das condições ambientais no Tanque de Aeração

Tabela 8 - Valores de Coeficiente de Correlação no Tanque de Aeração

PSEUDOMONAS	C.TOTAL	E.Coli (Cr)	E. Coli (Fl)	SALMONELLA/ SHIGELLA	FUNGOS
Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento
-0.003495201	0.1175597	-0.2401528	-0.04748868	0.03542938	-0.2938364
Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
-0.2908344	-0.1063595	0.1905309	0.2195307	0.08191834	0.1990291
Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa
0.1249937	-0.1063595	0.06992675	-0.133436	-0.05063593	-0.2770663
Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão
0.1516087	0.1082035	-0.3192588	-2258748	-0.05193153	-0.09303811

A Tabela 9 apresenta os valores dos coeficientes de correlação dos microrganismos de estudo em função das condições ambientais na Saída do Efluente.

Tabela 9 - valores de Coeficiente de Correlação na Saída do Efluente

PSEUDOMONAS	C.TOTAL	E.Coli (Cr)	E. Coli (Fl)	SALMONELLA/ SHIGELLA	FUNGOS
Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento
0.2471053	0.2118416	0.2243566	-0.1916496	-0.02410126	-0.04353215
Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
-0.1533307	-0.1606903	0.04757529	0.0709512	-0.1137046	-0.002388454
Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade.Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa
-0.04712889	0.1757899	0.2366869	-0.1029853	-0.2183466	0.1383013
Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão
0.01123065	0.2195811	0.01254495	0.01591475	0.02012816	0.1120718

Na Tabela 10 são apresentados os valores dos coeficientes de correlação dos microrganismos de estudo em função das condições ambientais no Jardim.

Tabela 10 - valores de Coeficiente de Correlação no Jardim

PSEUDOMONAS	C.TOTAL	E.Coli (Cr)	E. Coli (Fl)	SALMONELLA/ SHIGELLA	FUNGOS
Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento	Velocidade do vento	Velocidade do Vento	Velocidade do Vento
-0.2523456	-0.027938	0.1321133	-0.08867199	-0.03580914	-0.2255947
Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
-0.217502	0.04746495	0.1900274	0.142663	0.1489463	0.2051461
Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa	Umidade Relativa
0.07766479	-0.08338413	-0.01012038	-0.1641306	-0.05217079	-0.2296457
Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão	Pressão
0.04752523	0.02890432	-0.1701787	-0.01491707	-0.09722617	-0.1815219

Com base nos valores dos coeficientes mostrados nas Tabelas 4,5, 6 e 7 todos os valores dos coeficientes referentes aos microrganismos em estudo foram inferiores a 0,7. Isso significa que, estatisticamente, os microrganismos em todos os pontos de amostragem, não sofreram influência das condições ambientais na variação de suas concentrações.

A seguir serão mostrados os gráficos das correlações referentes as amostragens de todos os microrganismos em estudo.

❖ Grade Grosseira

A Figura 5.29 mostra os gráficos de correlação de *Pseudomonas* em função das condições ambientais na Grade grosseira.

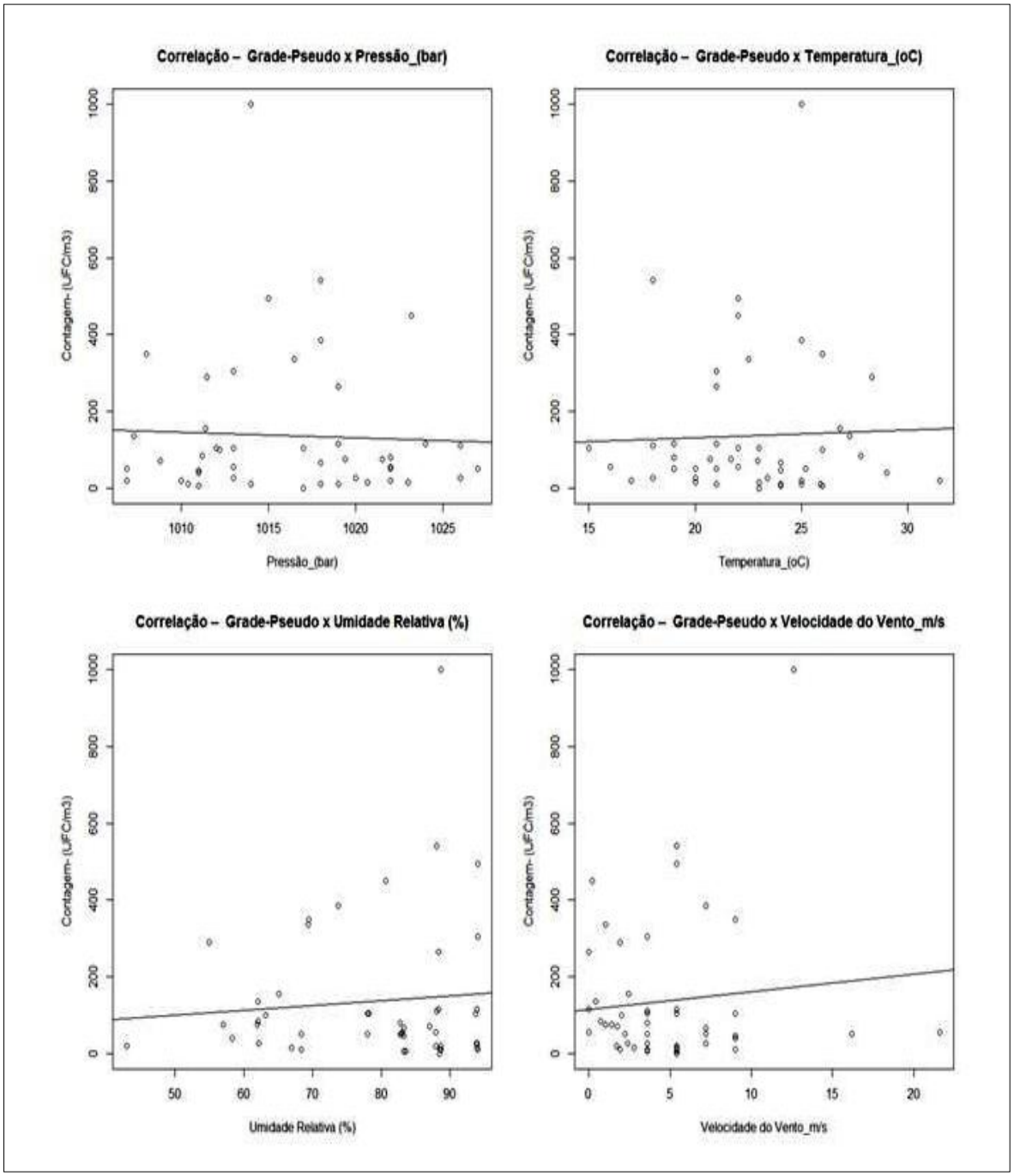


Figura 5.29 – Influência das condições ambientais na concentração de *Pseudomonas* próxima à Grade Grosseira

A Figura 5.30 mostra os gráficos de correlação de Coliformes Totais em função das condições ambientais na Grade grosseira.

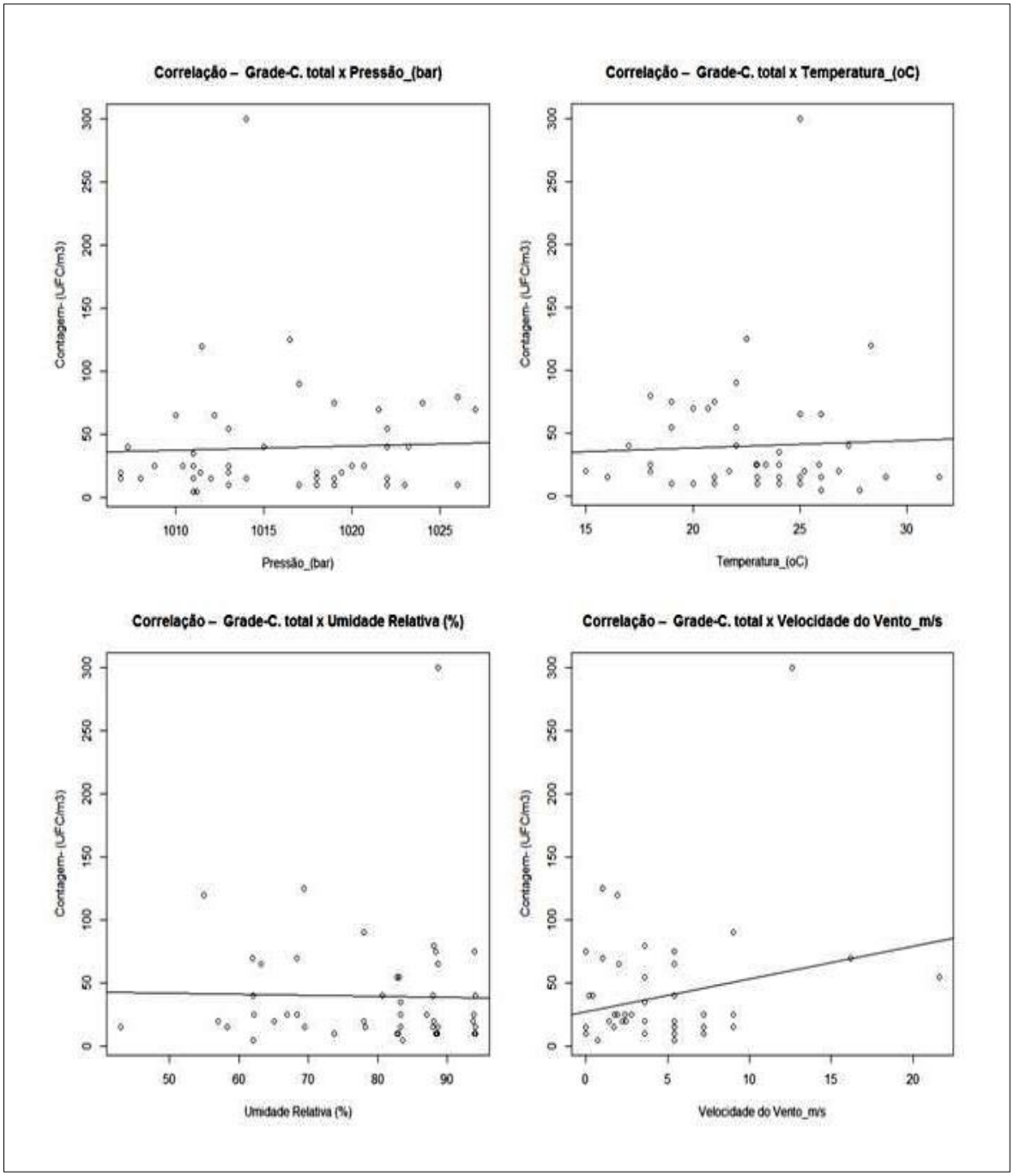


Figura 5.30 - Influência das condições ambientais na concentração de Coliformes Totais próxima à Grade Grosseira

A Figura 5.31 mostra os gráficos de correlação de *E. coli*(Cr)em função das condições ambientais na Grade grosseira

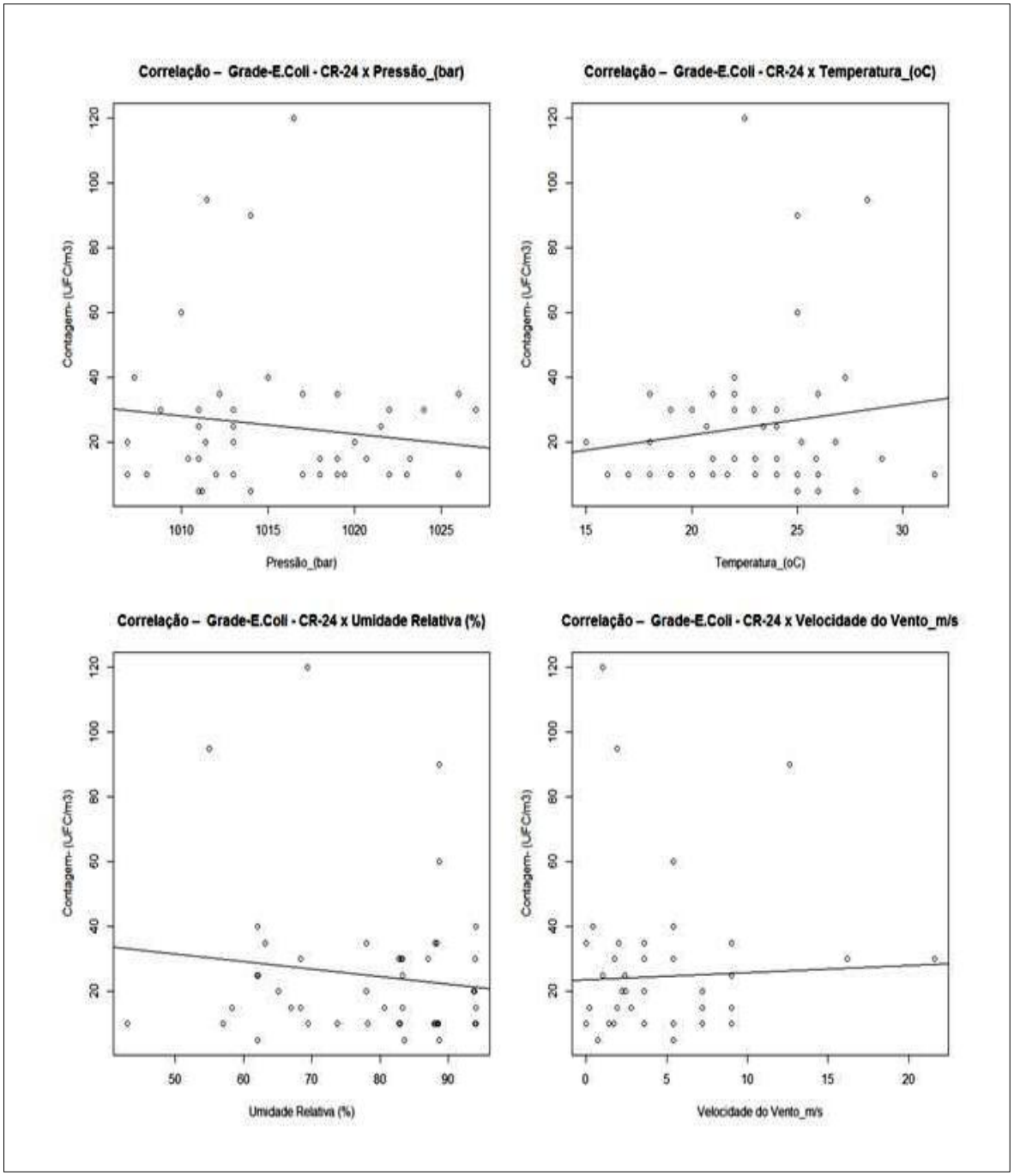


Figura 5.31 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* próxima à Grade Grosseira

Os gráficos da Figura 5.32 mostra os gráficos de correlação de *E. coli*(FI) em função das condições ambientais na Grade grosseira

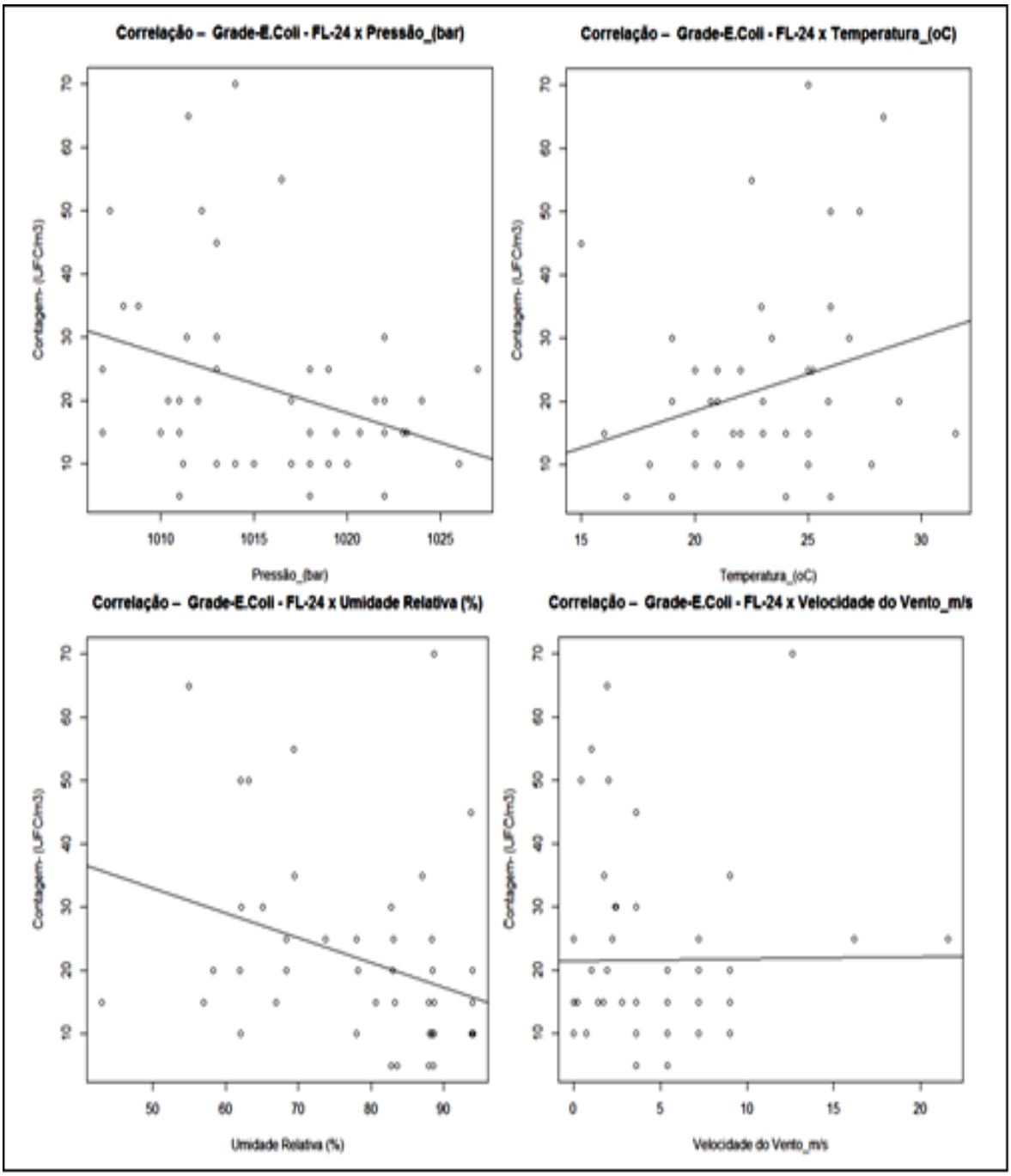


Figura 5.32 - Influência das condições ambientais na concentração de E.coli próximo a Grade Grosseira

A Figura 5.33 mostra os valores de concentração de *Salmonella* e *Shigella* em função das condições ambientais.

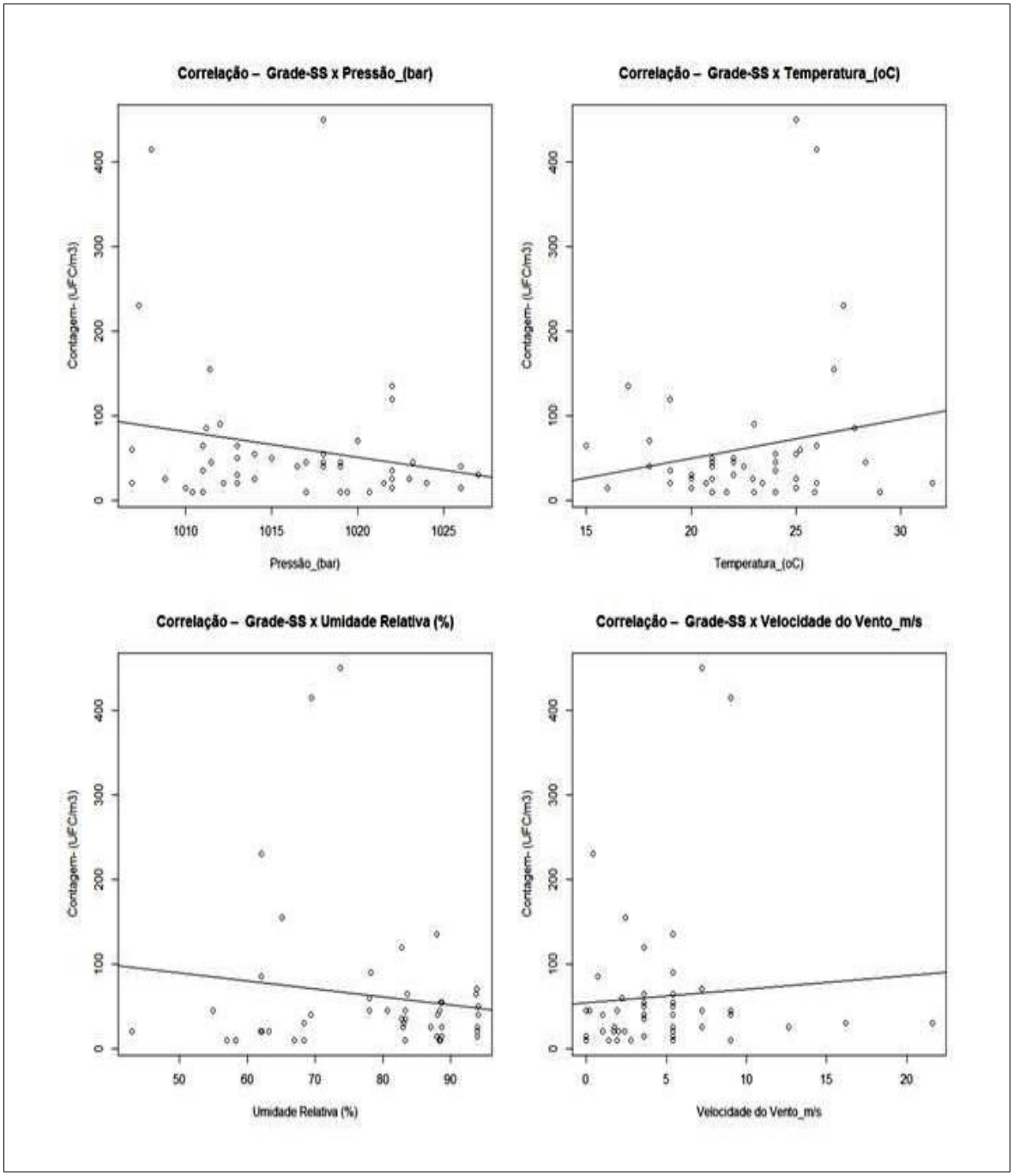


Figura 5.33 - Influência das condições ambientais na concentração de *Salmonella e Shigella* no ar na Grade Grosseira

A Figura 5.34 apresenta os gráficos de correlação da concentração de fungos em função das condições ambientais.

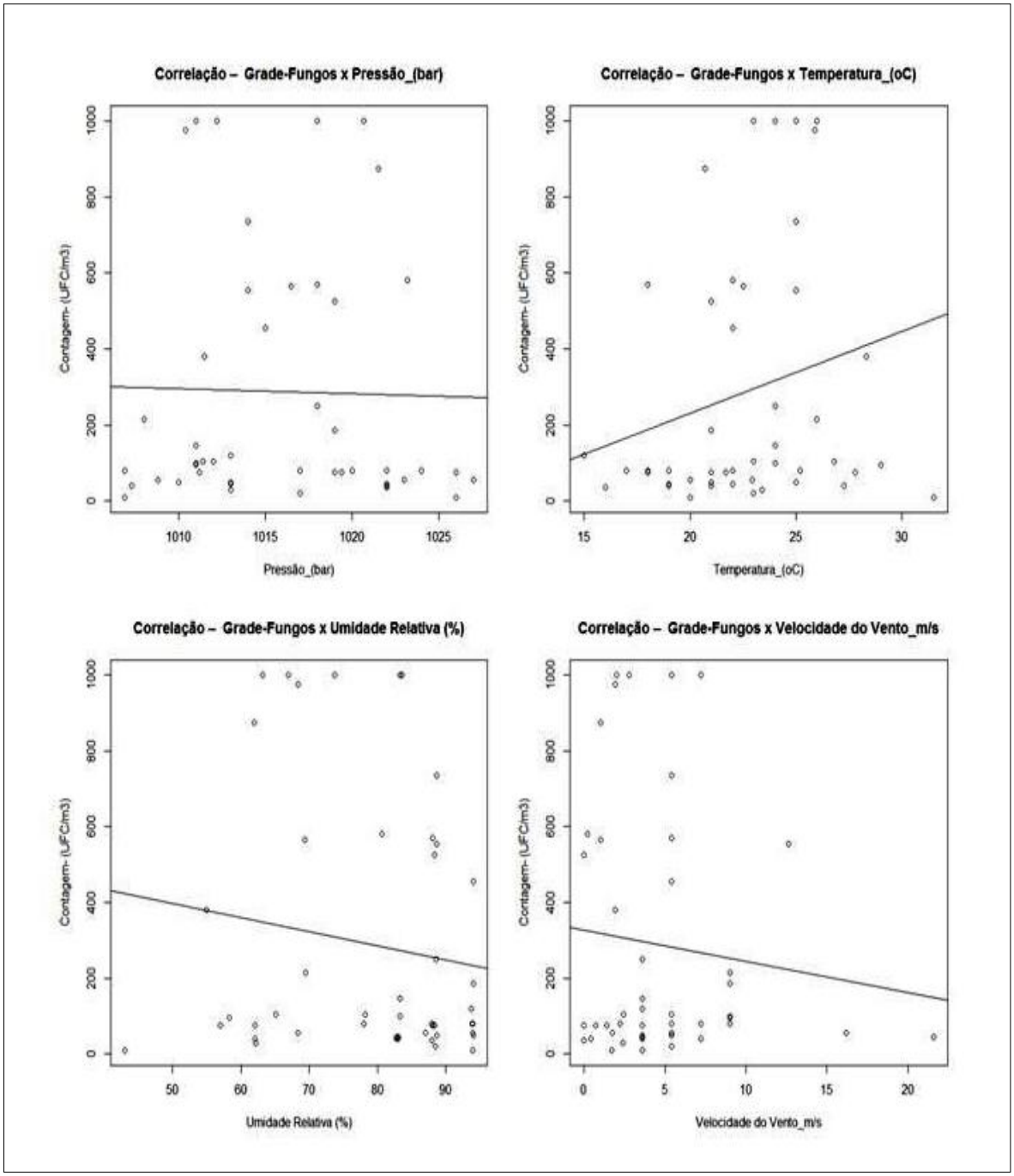


Figura 5.34 - Influência das condições ambientais na concentração de Fungos próxima à Grade Grosseira

❖ Tanque de Aeração

A Figura 5.35 mostra os valores de concentração de *Pseudomonas* em função das condições ambientais.

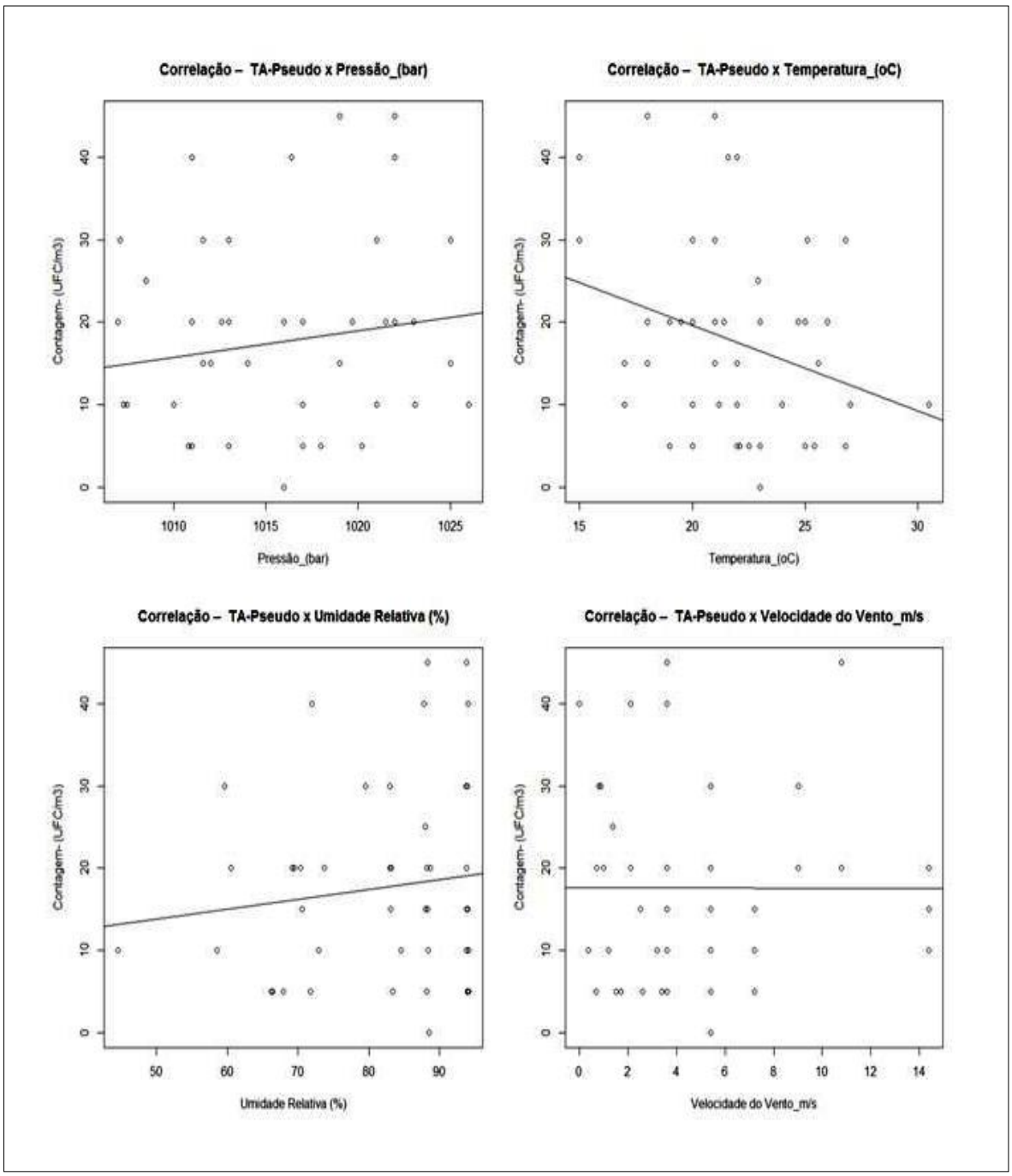


Figura 5.35 - Influência das condições ambientais na concentração de *Pseudomonas* próxima ao Tanque de Aeração

A Figura 5.36 mostra os valores de concentração dos Coliformes Totais em função das condições ambientais.

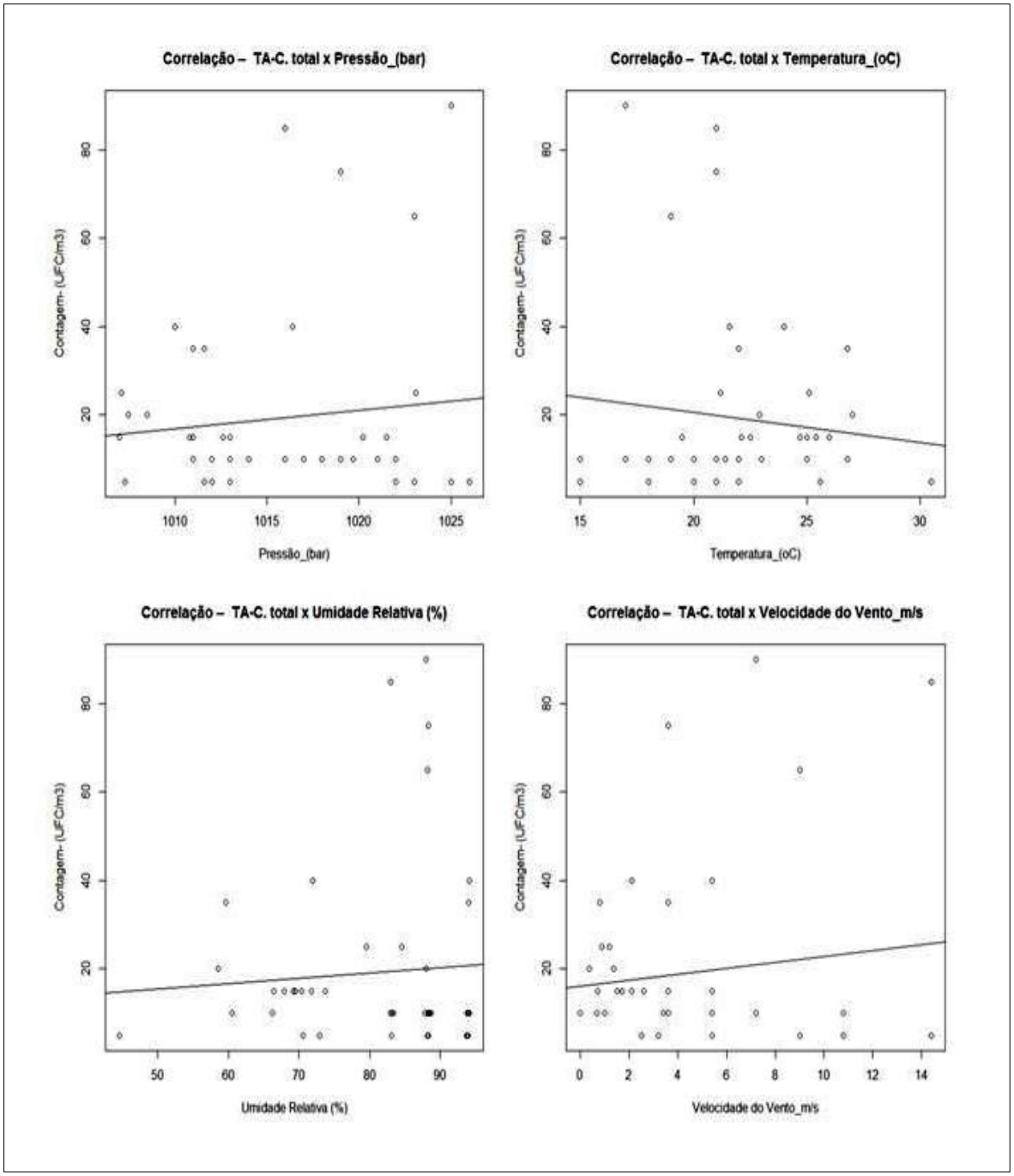


Figura 5.36 - Influência das condições ambientais na concentração de Coliformes Totais próximo ao Tanque de Aeração

Na Figura 5.37, encontram-se os valores de concentração de *E.coli(Cr)* em função das condições ambientais.

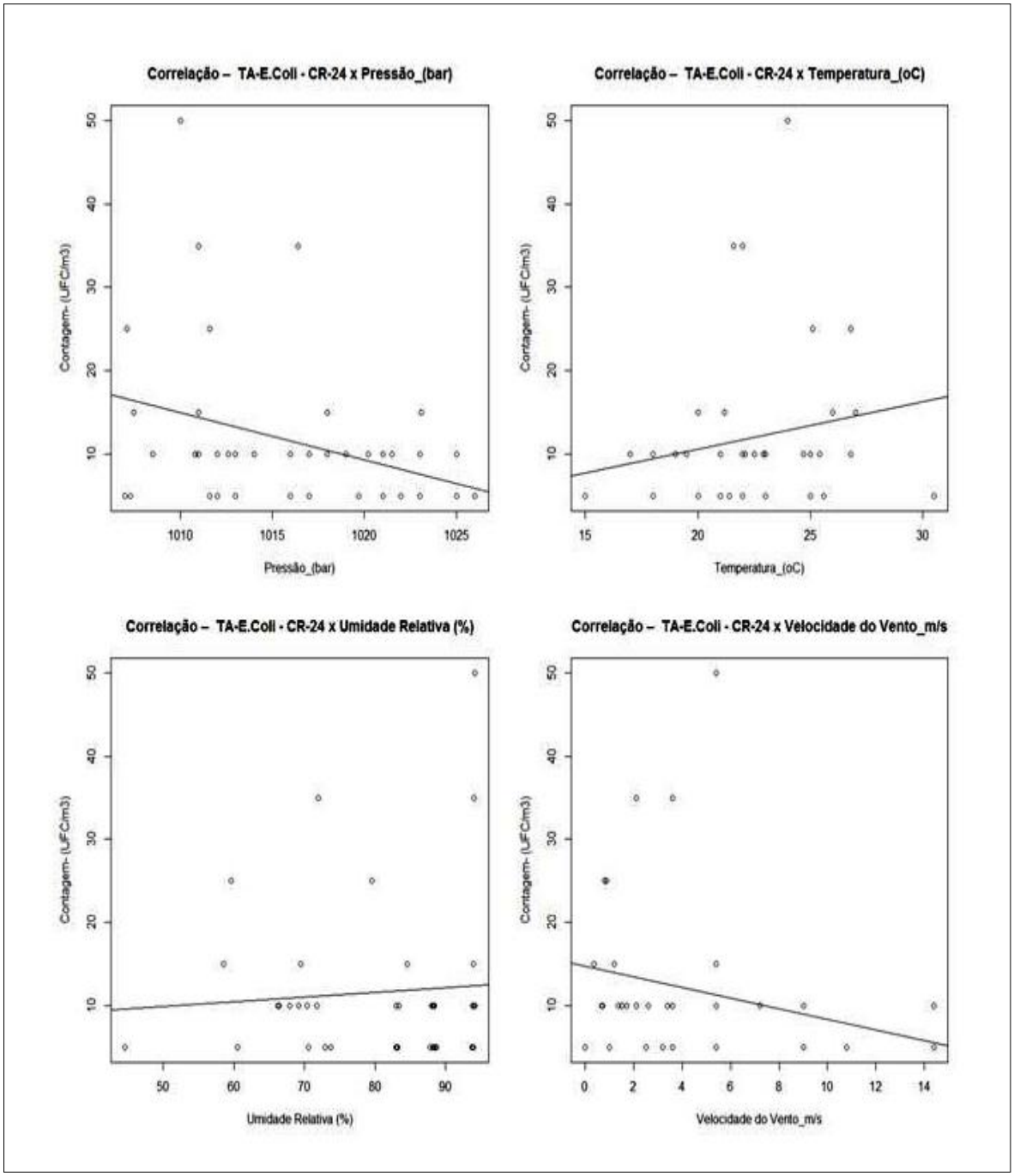


Figura 5.37 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* próximo ao Tanque de Aeração

A Figura 5.38 mostra os valores de concentração da *E.coli(Fl)* em função das condições ambientais.

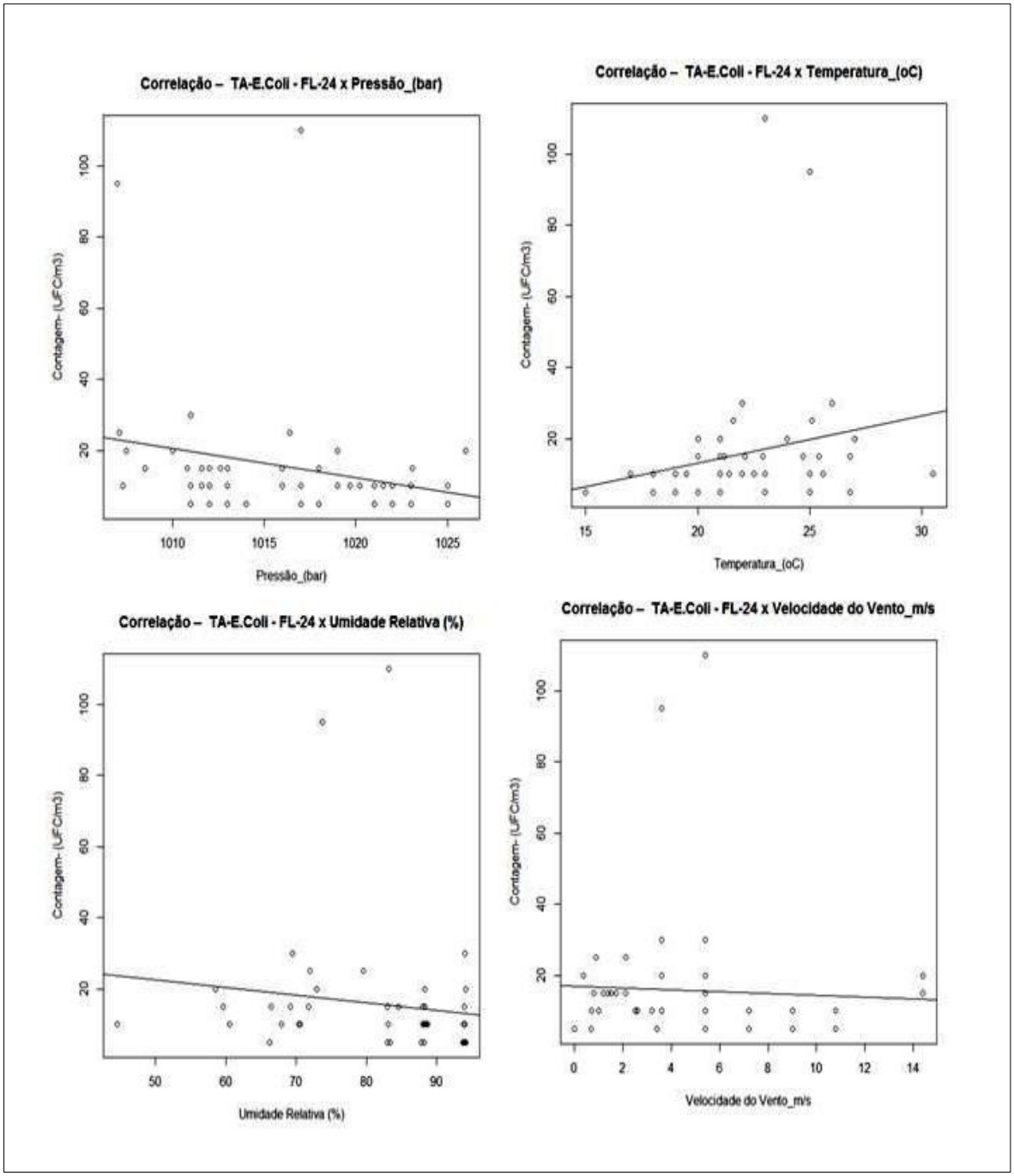


Figura 5.38 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* no ar no Tanque de Aeração

A Figura 5.39 mostra os valores de concentração da *Salmonella* e *Shigella* em função das condições ambientais.

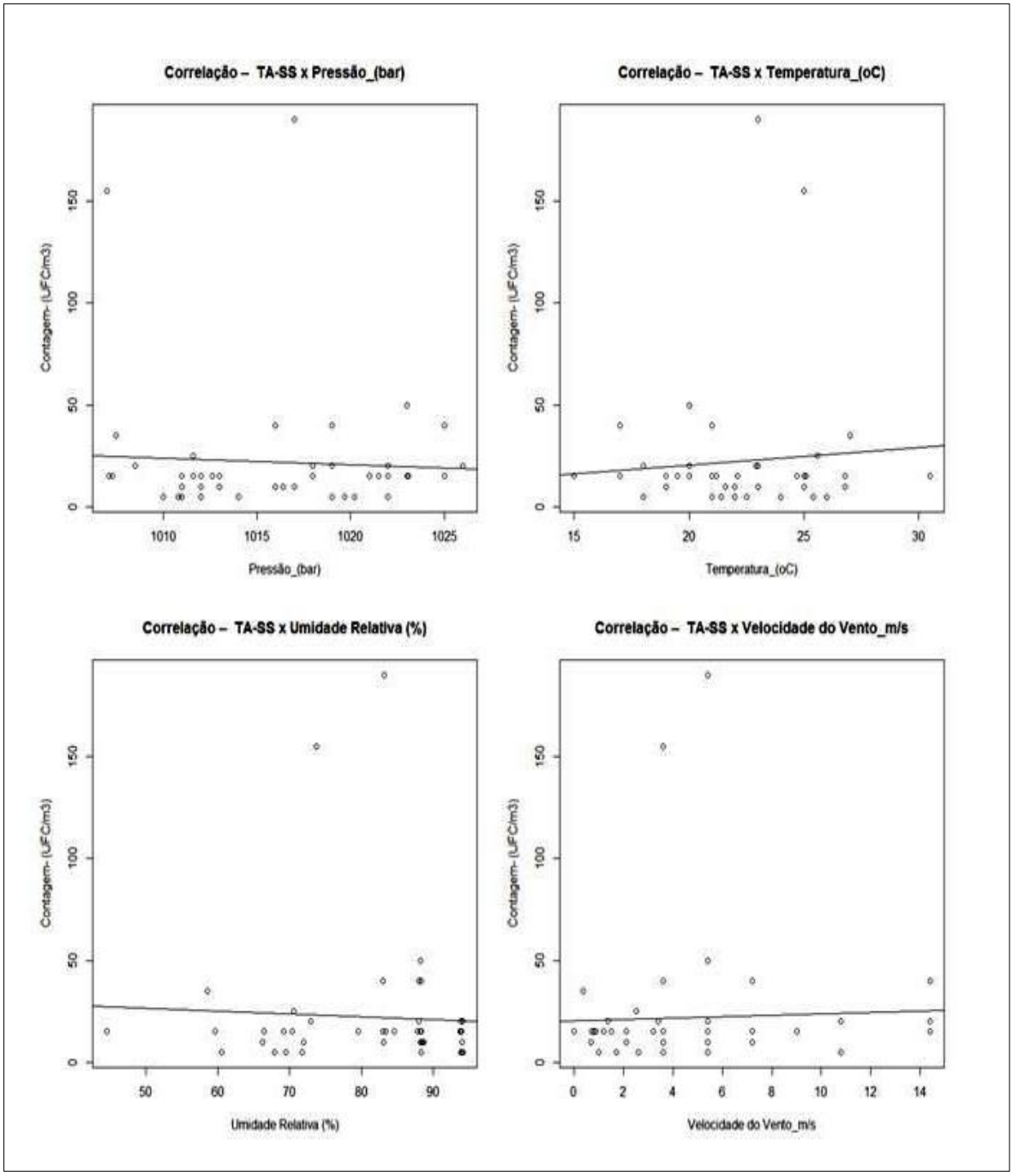


Figura 5.39 - Influência das condições ambientais na concentração de *Salmonella e Shigella* no ar no Tanque de Aeração

A Figura 5.40 mostra os valores de concentração de Fungos em função das condições ambientais.

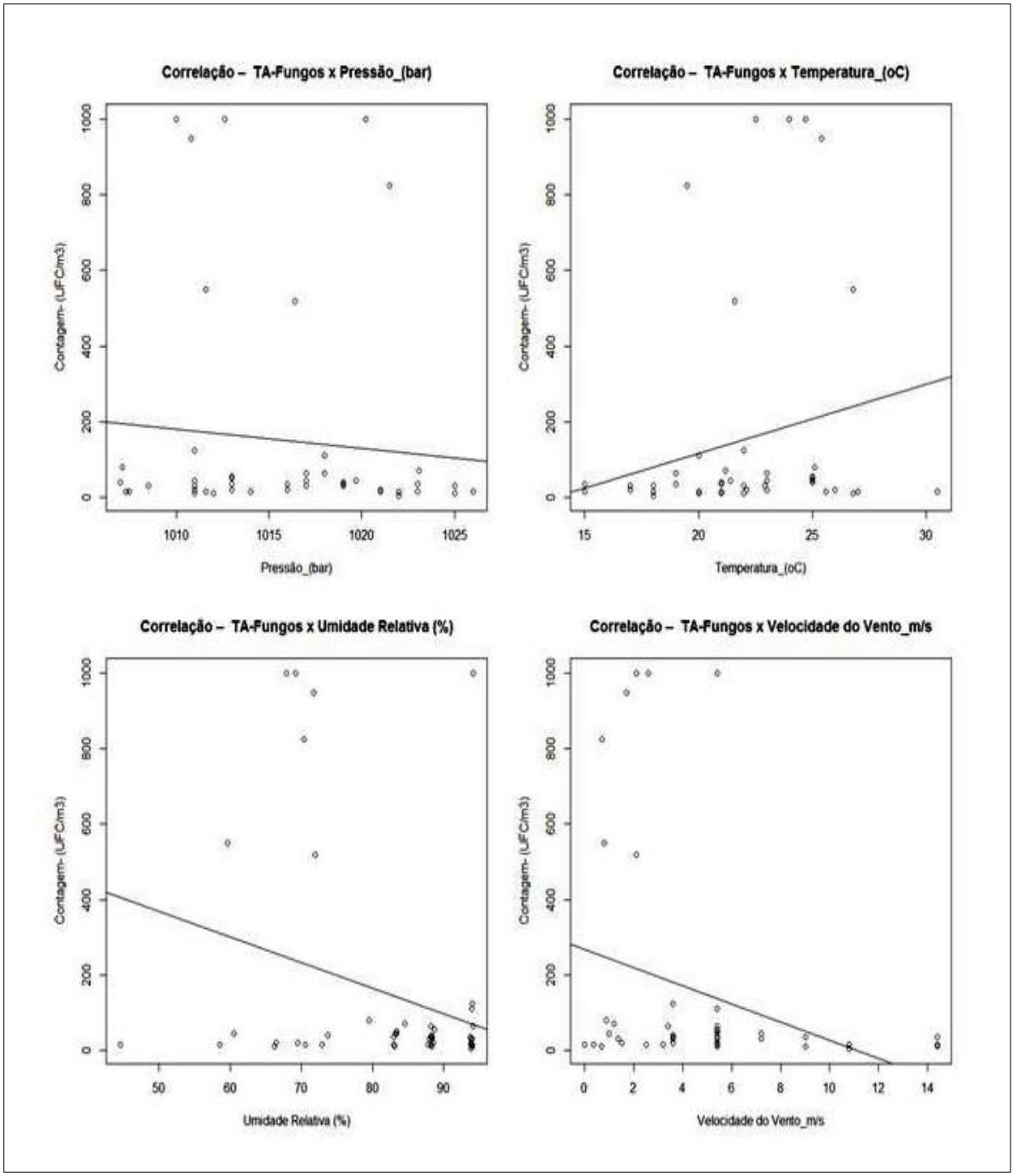


Figura 5.40 - Influência das condições ambientais na concentração de Fungos próximo ao Tanque de Aeração

❖ Saída

A Figura 5.41 mostra os valores de concentração de *Pseudomonas* em função das condições ambientais.

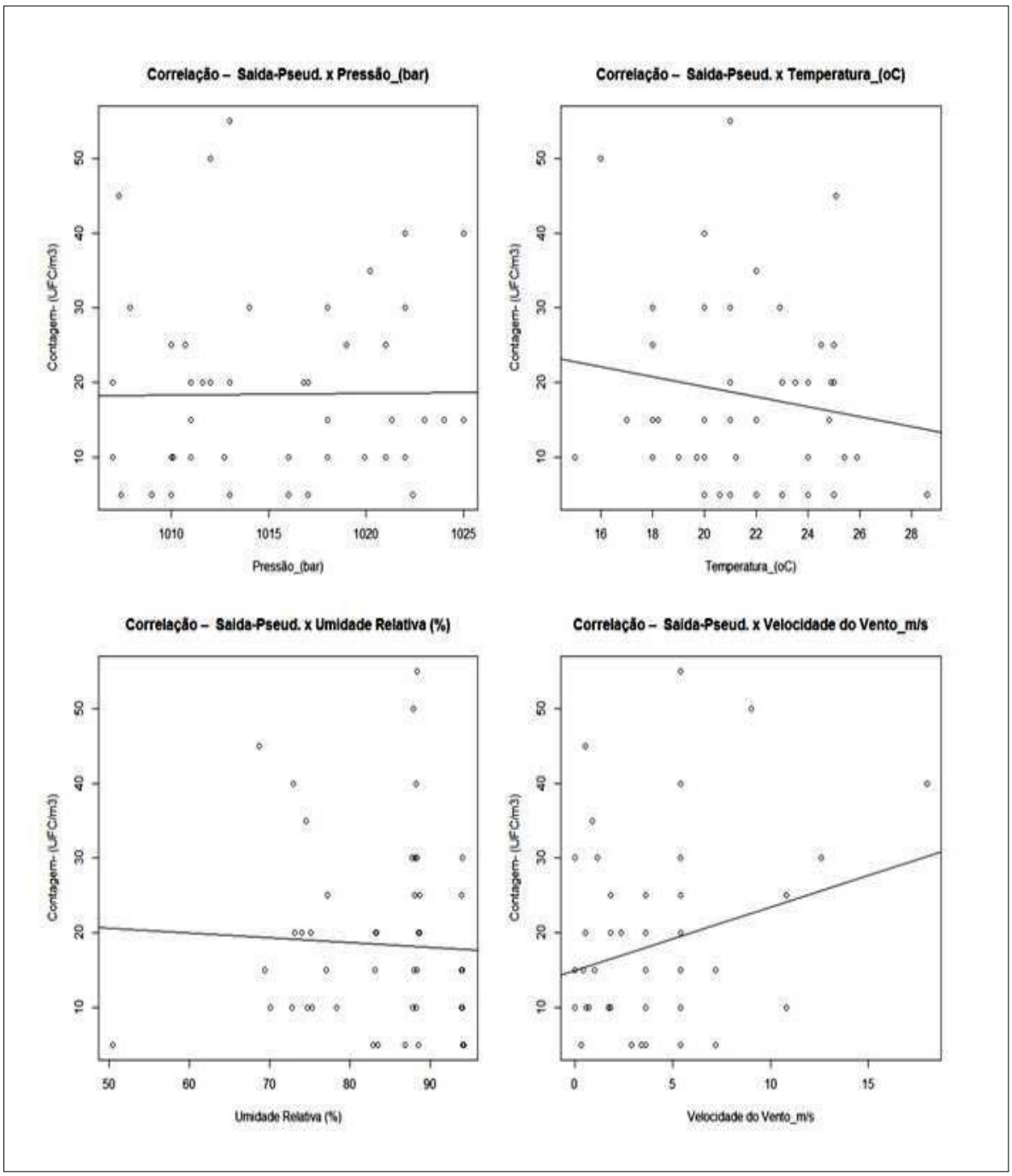


Figura 5.41 - Influência das condições ambientais na concentração de *Pseudomonas* no ar na Saída

A Figura 5.42 mostra os valores de concentração de Coliformes Totais em função das condições ambientais.

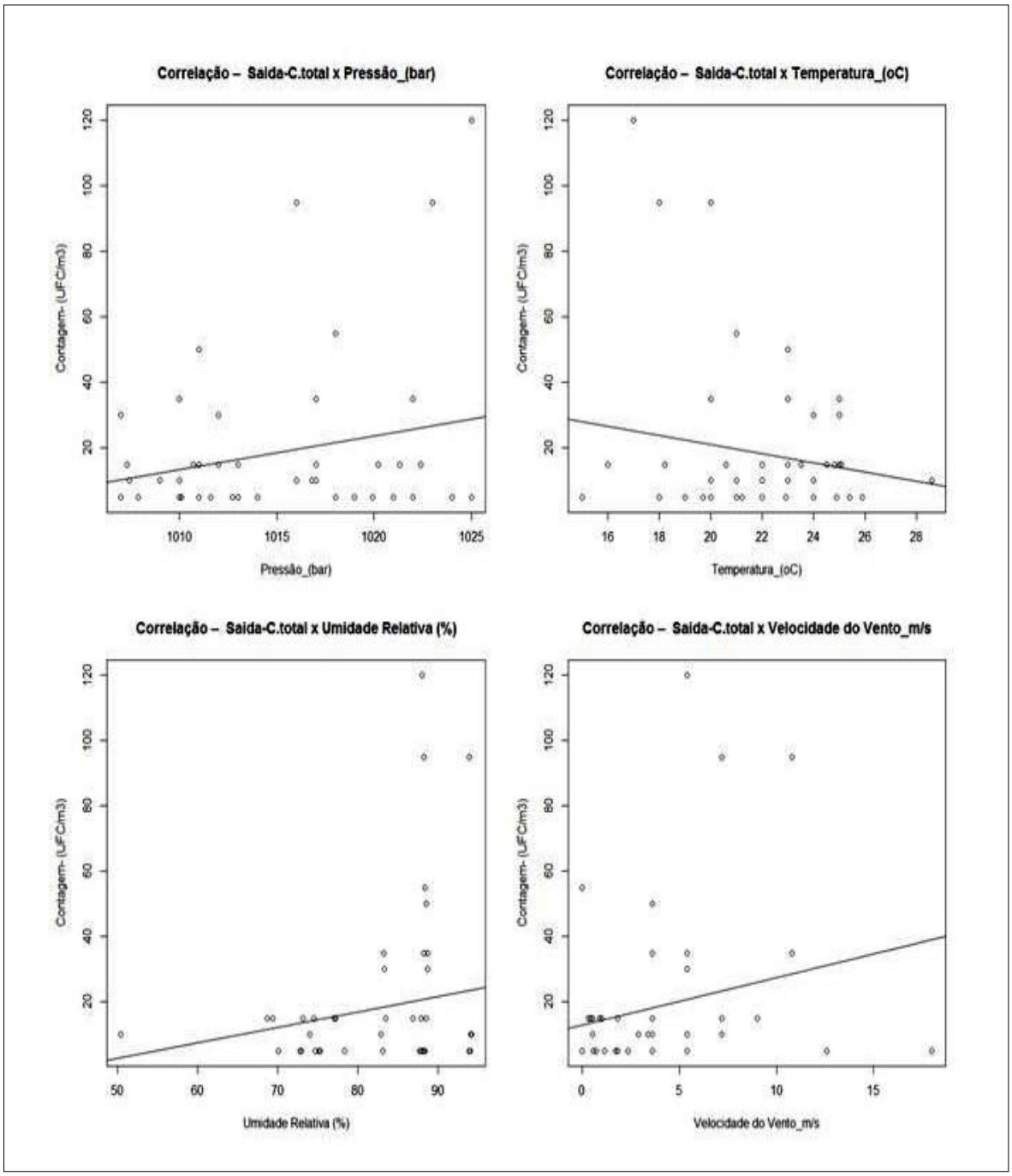


Figura 5.42 - Influência das condições ambientais na concentração de Coliformes Totais no ar na Saída

Na Figura 5.43, encontram-se os valores de concentração de *E. coli(Cr)* em função das condições ambientais.

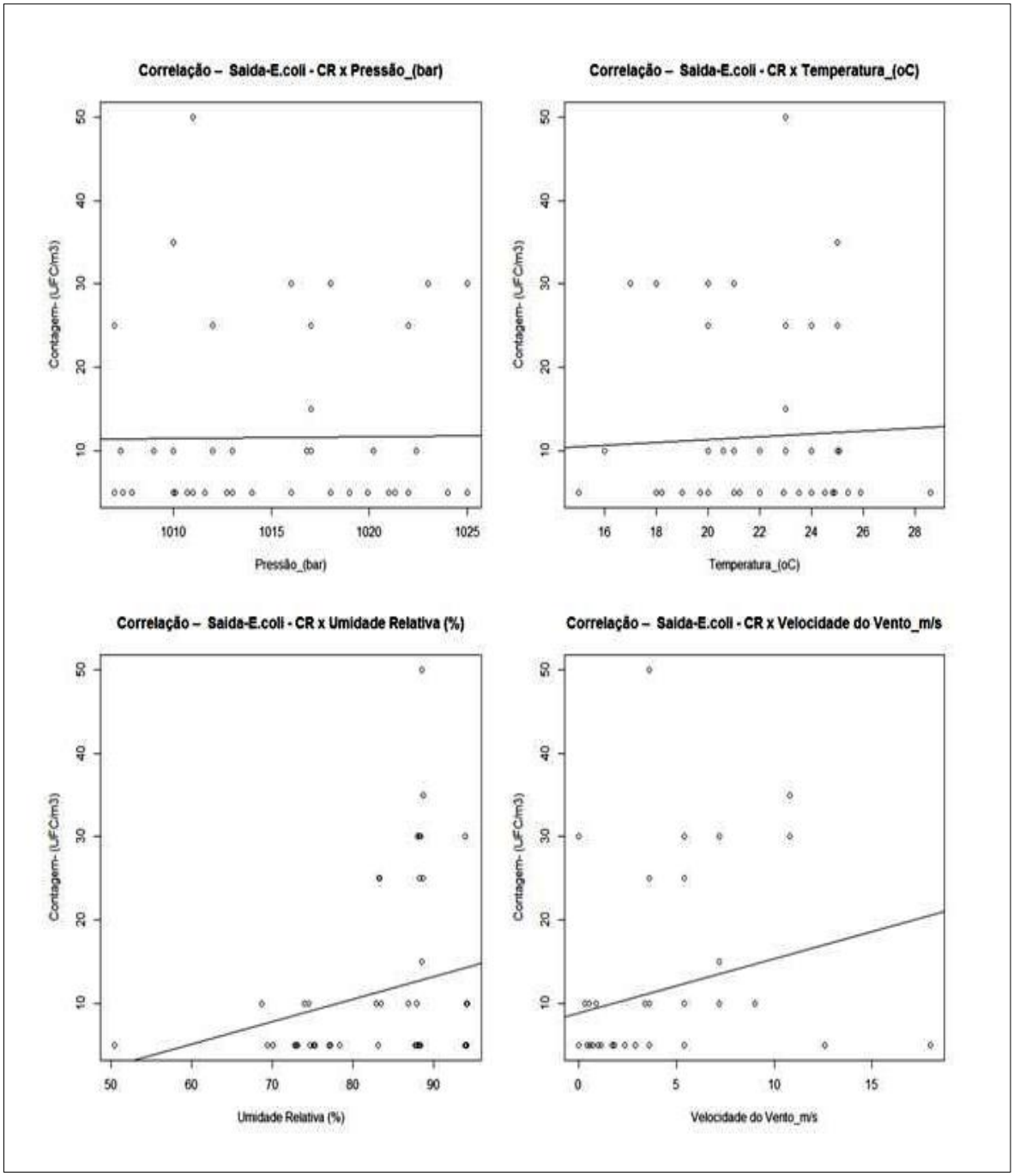


Figura 5.43 - Influência das condições ambientais na concentração de E.coli próximo a Saída

A figura 5.44 apresenta os gráficos das influencias ambientais na concentração de *E. coli(Fl)*.

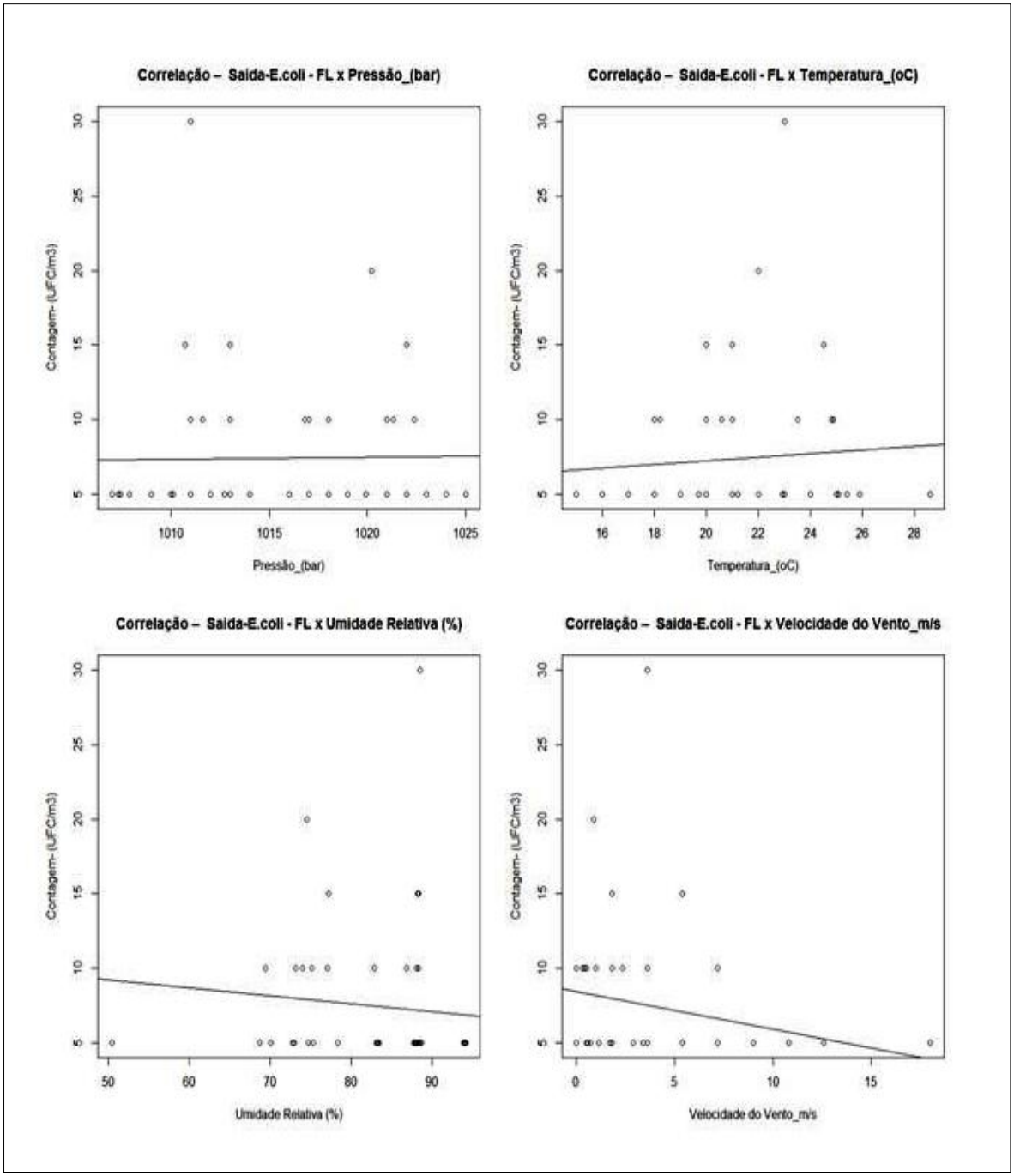


Figura 5.44 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* no ar na Saída

A Figura 5.45 mostra os valores de concentração de *Salmonella e Shigella* em função das condições ambientais.

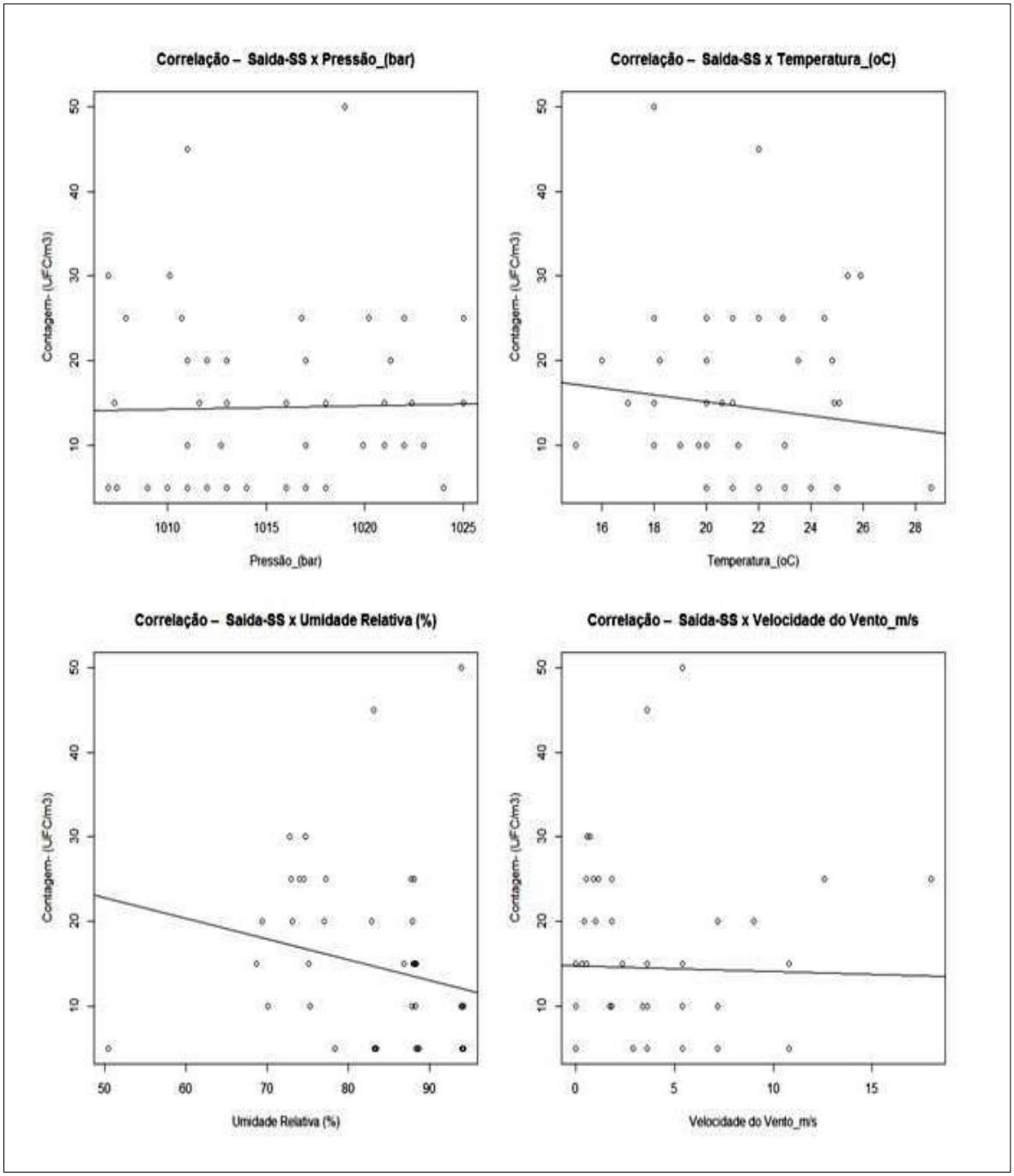


Figura 5.45 - Influência das condições ambientais na concentração de *Salmonella e Shigella* próximo a Saída

A Figura 5.46 mostra os valores de concentração de Fungos em função das condições ambientais.

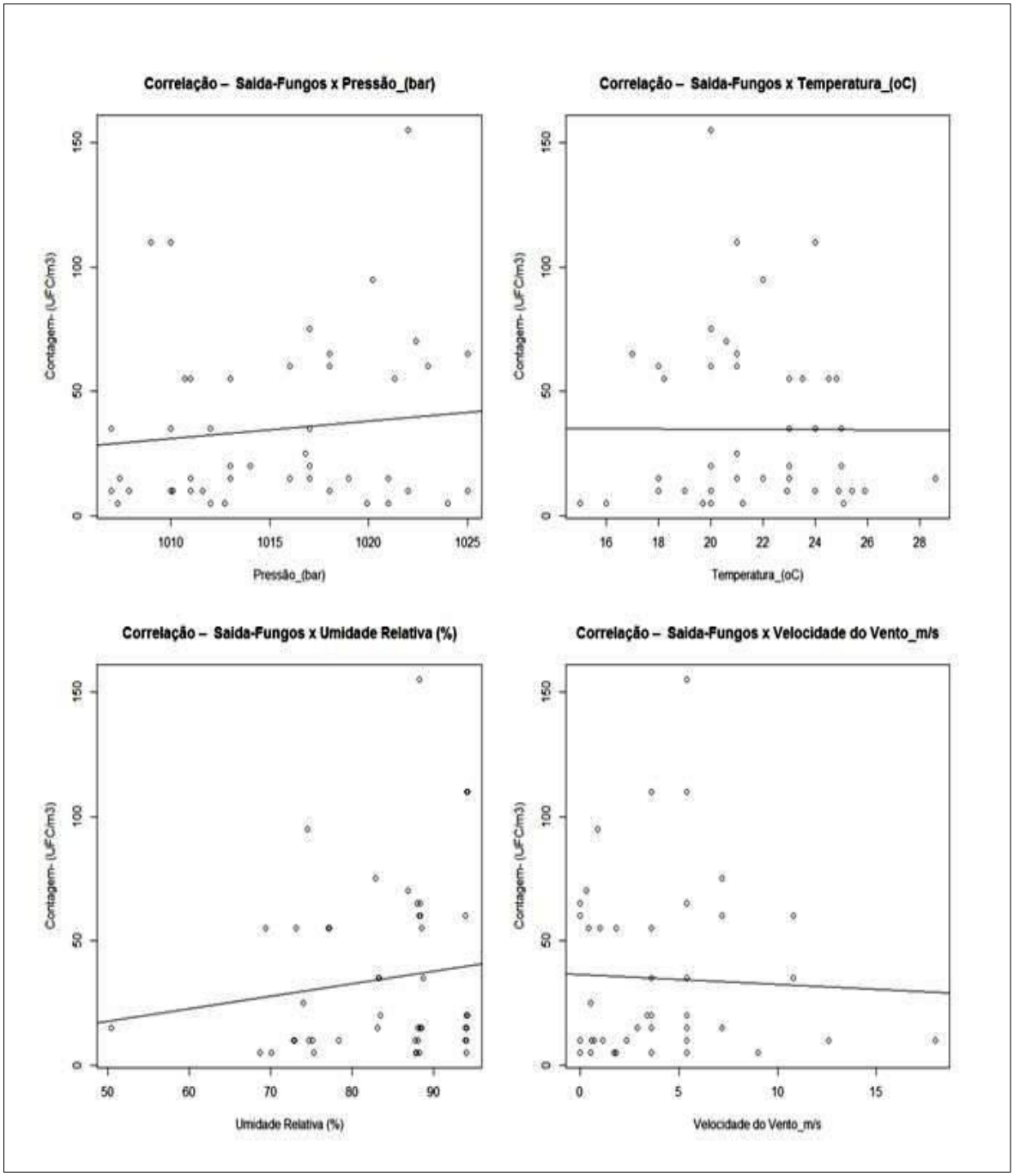


Figura 5.46 - Influência das condições ambientais na concentração de Fungos no ar na Saída

❖ Jardim

A Figura 5.47 mostra os valores de concentração de *Pseudomonas* em função das condições ambientais.

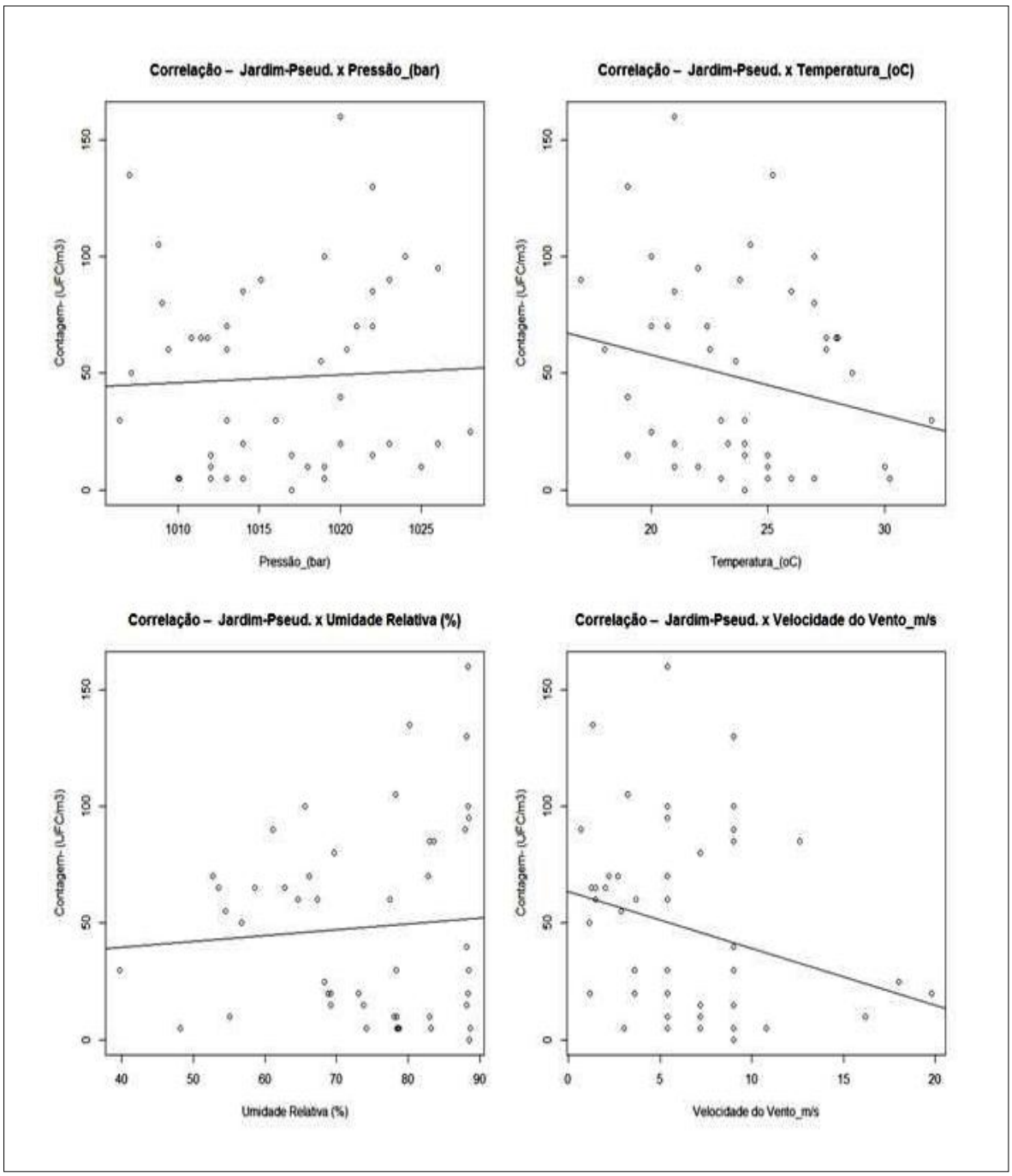


Figura 5.47 - Influência das condições ambientais na concentração de *Pseudomonas* próximo ao Jardim

A Figura 5.48 mostra os valores de concentração de Coliformes Totais em função das condições ambientais.

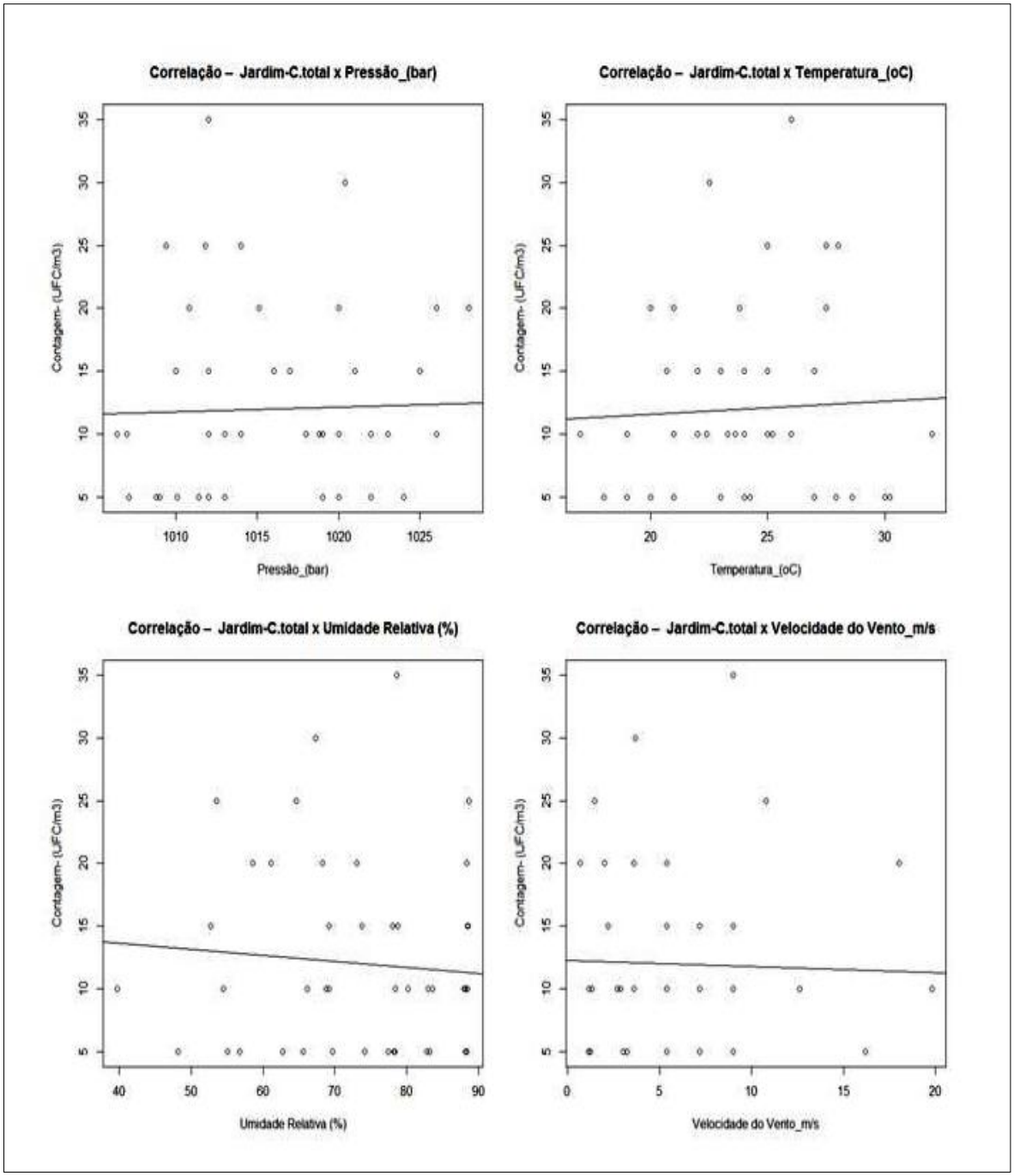


Figura 5.48 - Influência das condições ambientais na concentração de Coliformes Totais próximo ao Jardim

A Figura 5.49 mostra os valores de concentração de *E. coli(Cr)* em função das condições ambientais.

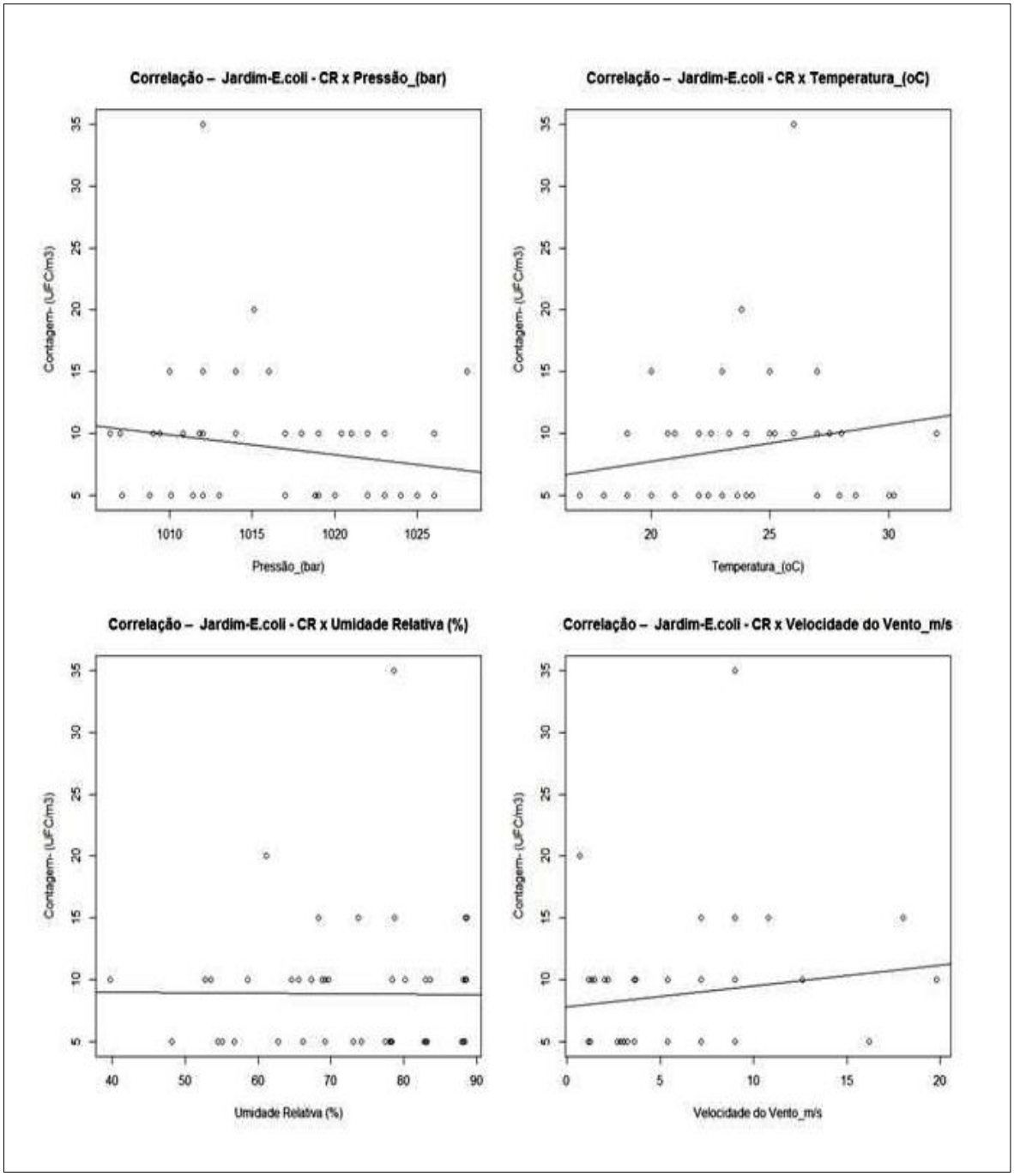


Figura 5.49 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* no ar próximo ao Jardim

Os gráficos da figura 5.50 mostram o valor de correlação de *E. coli(Fl)* em função das condições ambientais.

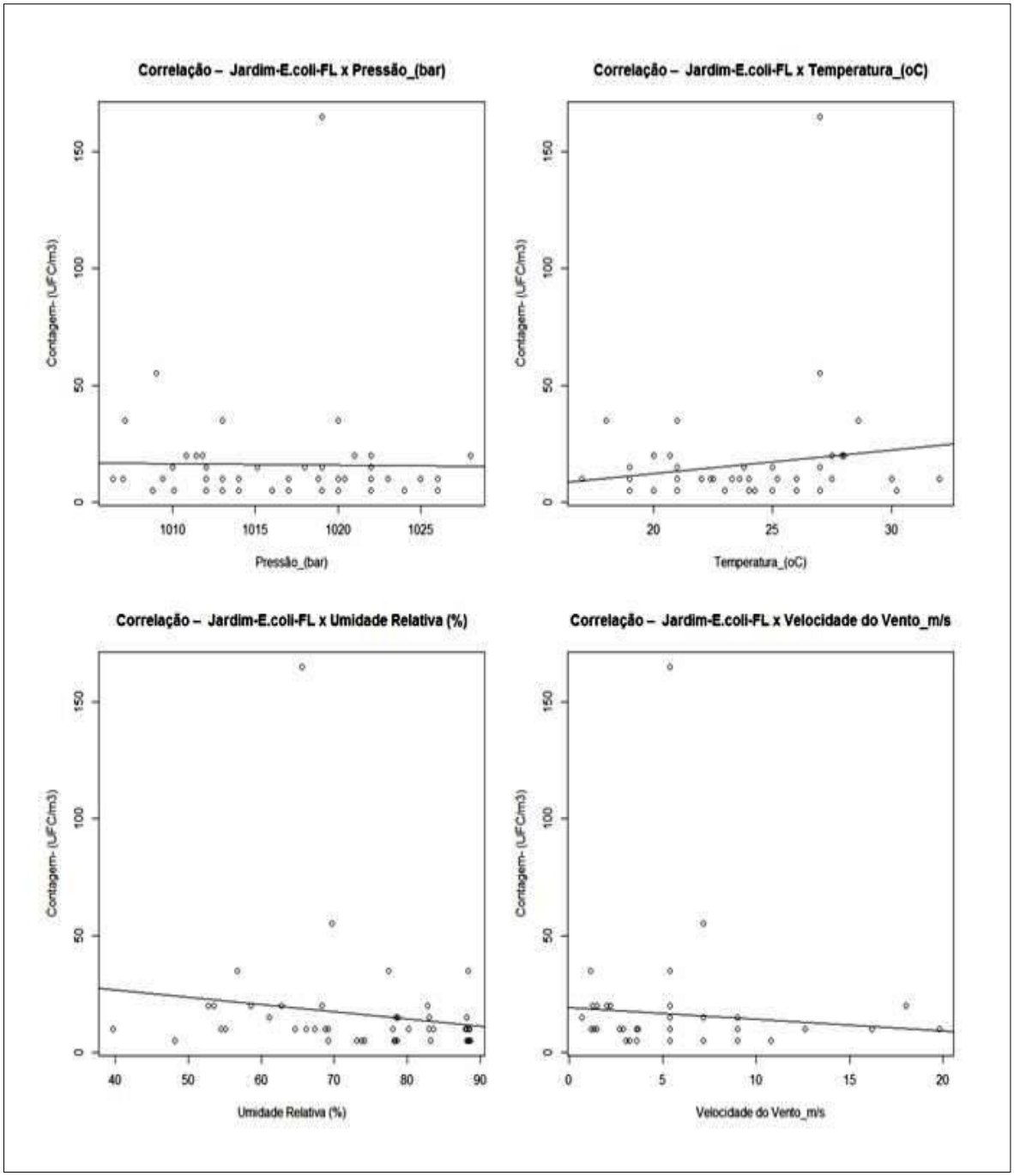


Figura 5.50 - Influência das condições ambientais na concentração de *E.coli* no ar próximo ao Jardim

Os gráficos da figura 5.51 mostram o valor de correlação de *Salmonella e Shigella* em função das condições ambientais.

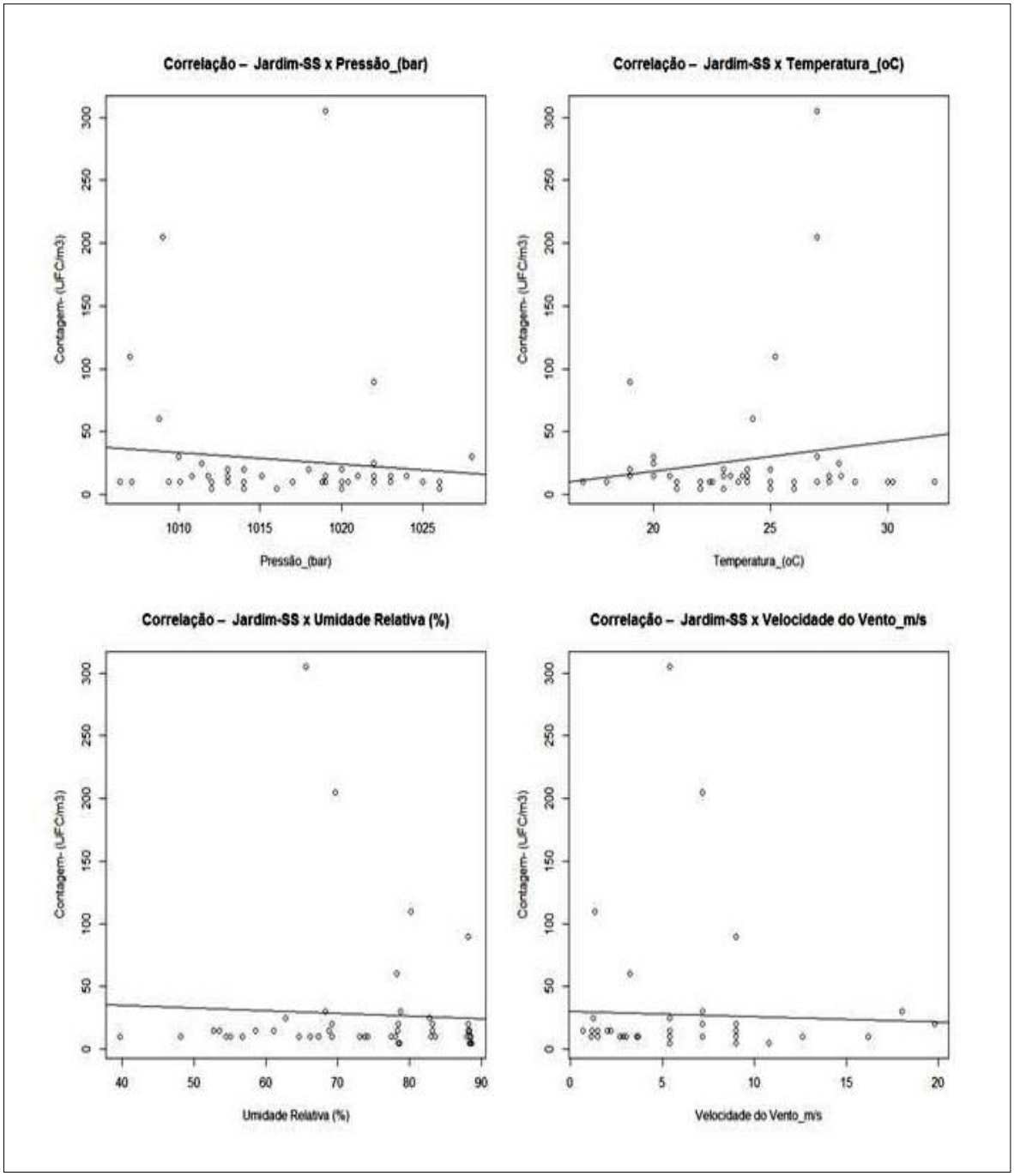


Figura 5.51 - Influência das condições ambientais na concentração de *Salmonella e Shigella* no ar próximo ao Jardim

A Figura 5.52 mostra os gráficos de concentração de Fungos em função das condições ambientais.

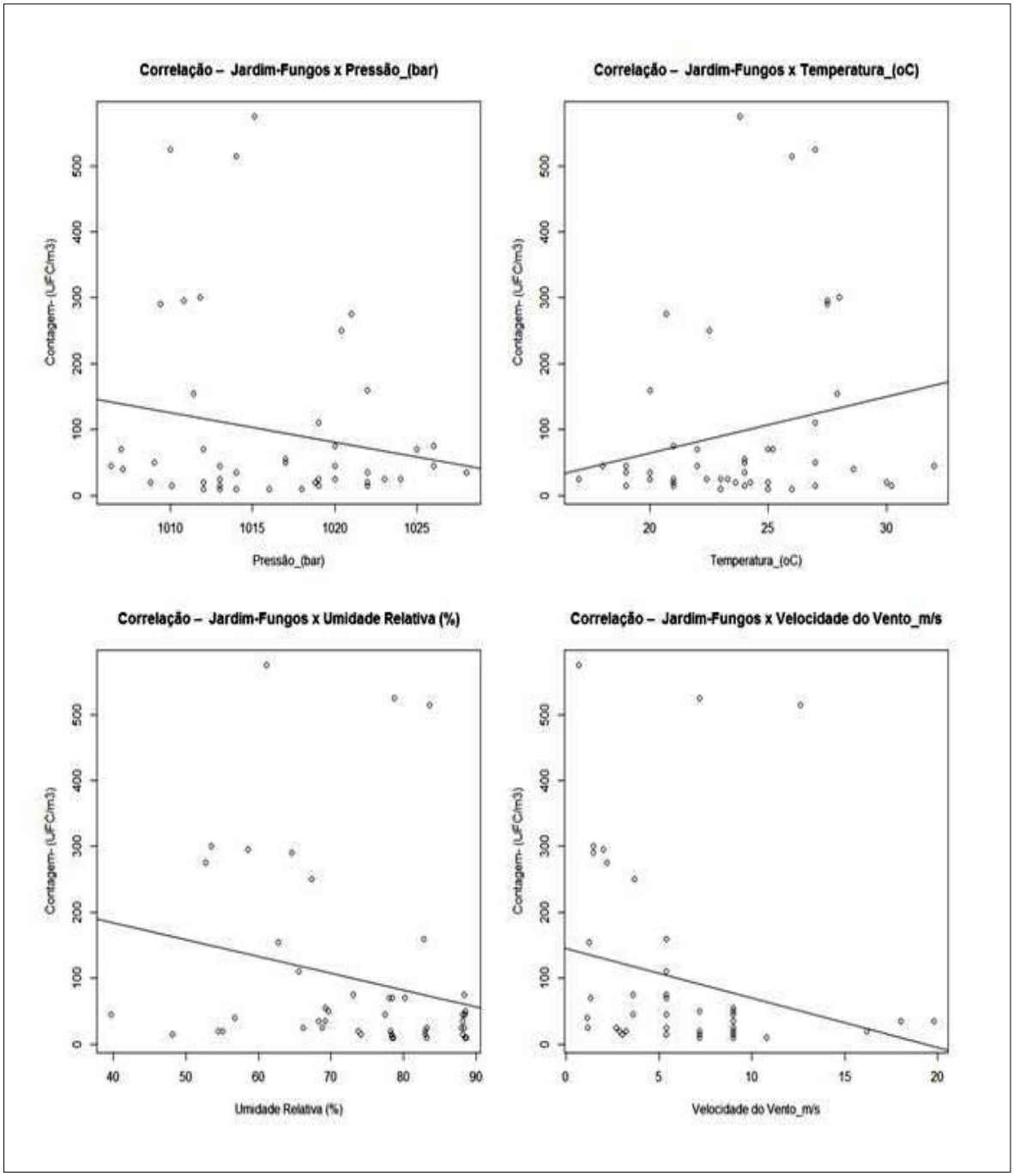


Figura 5.52 - Influência das condições ambientais na concentração de fungos no ar próximo ao Jardim

Para caracterizar graficamente que uma correlação entre a concentração dos microrganismos e as condições ambientais os pontos do gráfico devem estar distribuídos de maneira uniforme e próximos a reta.

Este fato não é observado nos gráficos acima, pois os pontos não encontram-se com esta configuração. Observa-se que em acordo com o valor de correlação os gráficos de correlação para todos os locais de amostragem e todos os microrganismos em estudo, indicam que estatisticamente, não existe influência das condições ambientais na concentração dos microrganismos no ar, porém essa hipótese não é totalmente descartada, conforme citado anteriormente, a correlação para este tipo de estudo pode apresentar um comportamento diferenciado.

5.5 Número Total de Microrganismos Medidos na ETE

A Figura 5.53 mostra o total de microrganismos, encontrados na estação de tratamento ao longo do ano, em cada etapa do tratamento em estudo.

O gráfico da figura 5.53 mostra que houve uma diminuição da incidencia de bioaerossóis no ar a medida que o tratamento avançou. Na área da Grade Grosseira foi a etapa do tratamento, que apresentou a maior concentração de microrganismos no ar. Fungo foi o microrganismo que apresentou a maior concentração em todas as etapas do processo e no Jardim. *Pseudomonas* foi o segundo microrganismos de maior incidência no ar, seguida por *Salmonellas* e *Shigellas.*

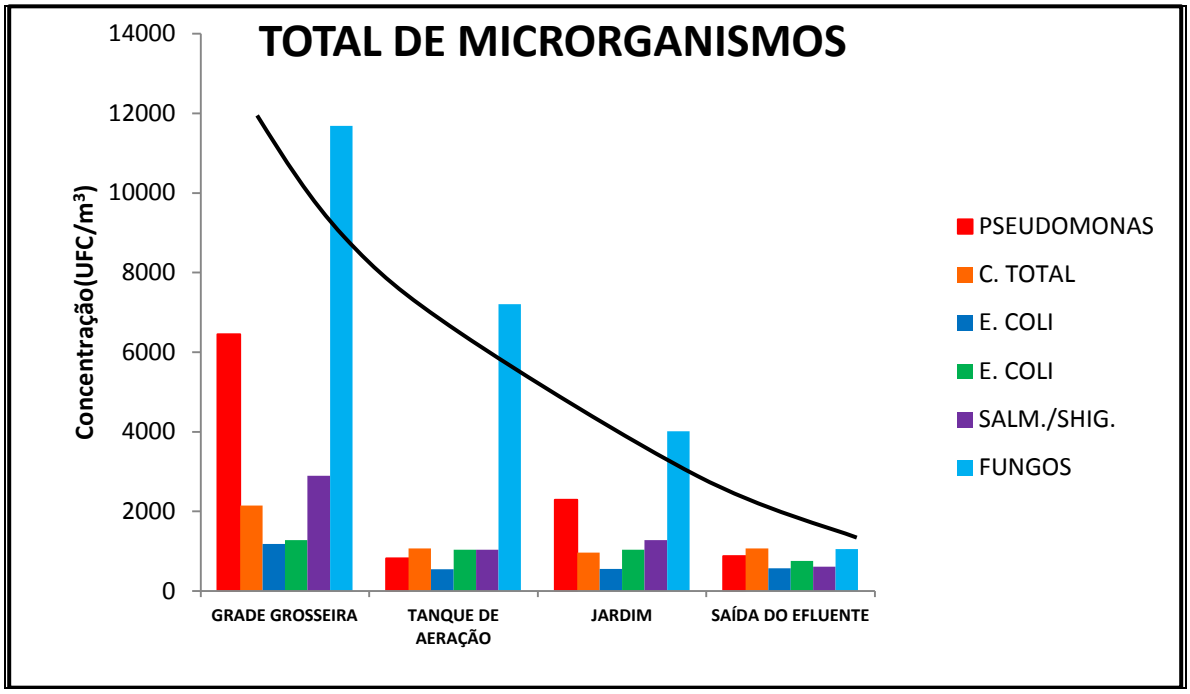


Figura 5.53 – Quantidade de Microrganismos na Estação no período de um ano

A figura 5.54, 5.55, 5.56 e 5.57 ilustra os gráficos de boxplot que mostram o grau de dispersão dos valores de concentração de cada microrganismo em relação a cada ponto de amostragem, mostrando, também, a assimetria nos dados e a identificação de valores discrepantes. Mostram também que os microrganismos apresentaram uma variação semelhante em todos os pontos com um acréscimo na Grade Grosseira e que a dispersão de fungos nos pontos de amostragem apresentaram variabilidade semelhante nas etapas do tratamento com destaque para a Grade Grosseira que apresentou concentração muito alta.

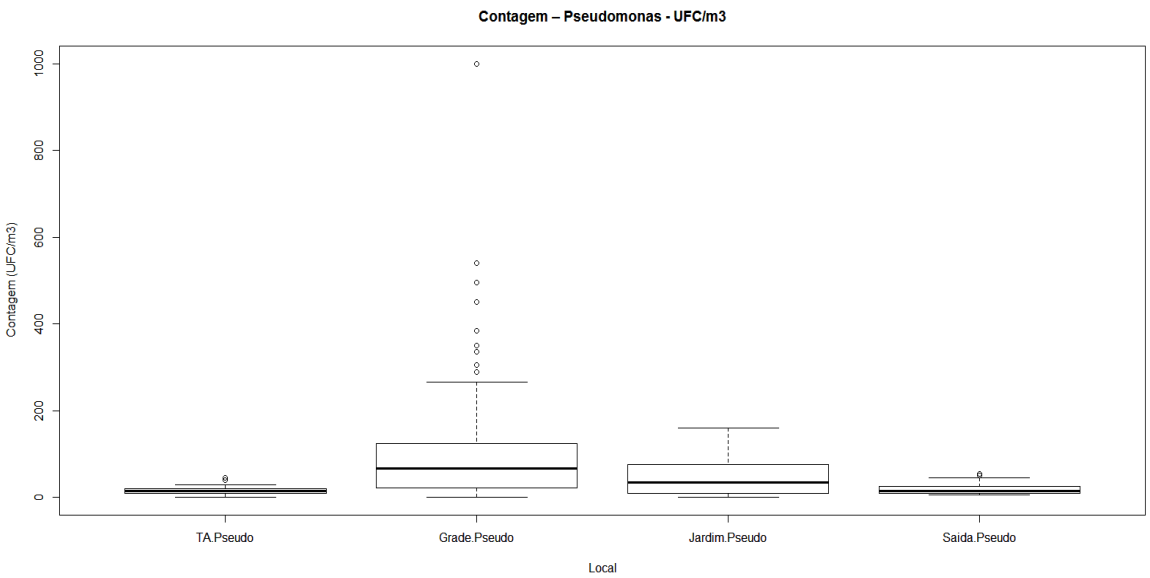


Figura 5.54 - Dispersão de P*seudomonas* nas etapas do tratamento

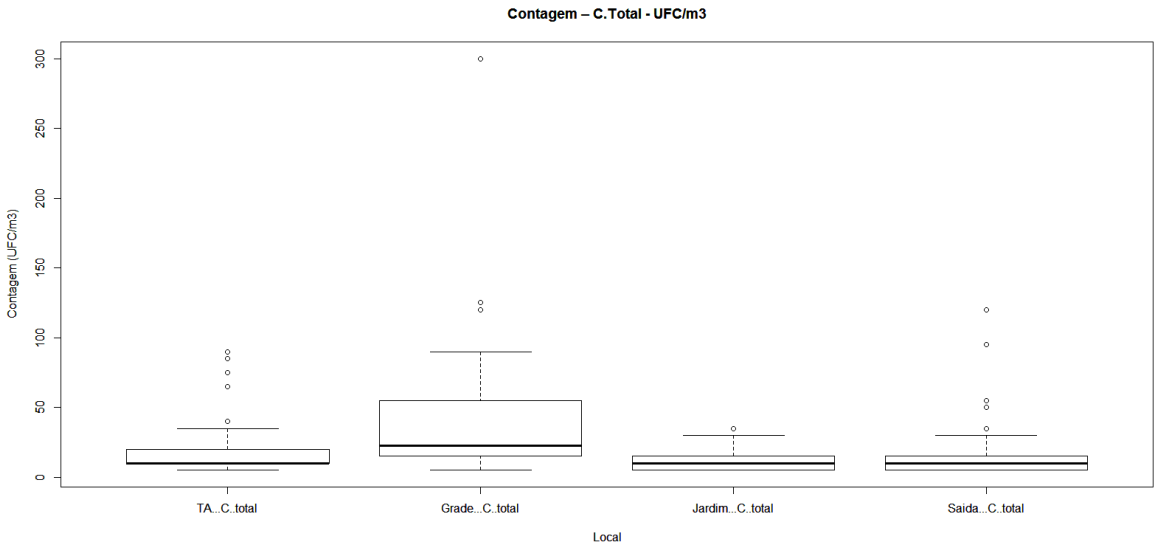


Figura 5.55 - Dispersão de Coliformes Totais nas etapas do tratamento

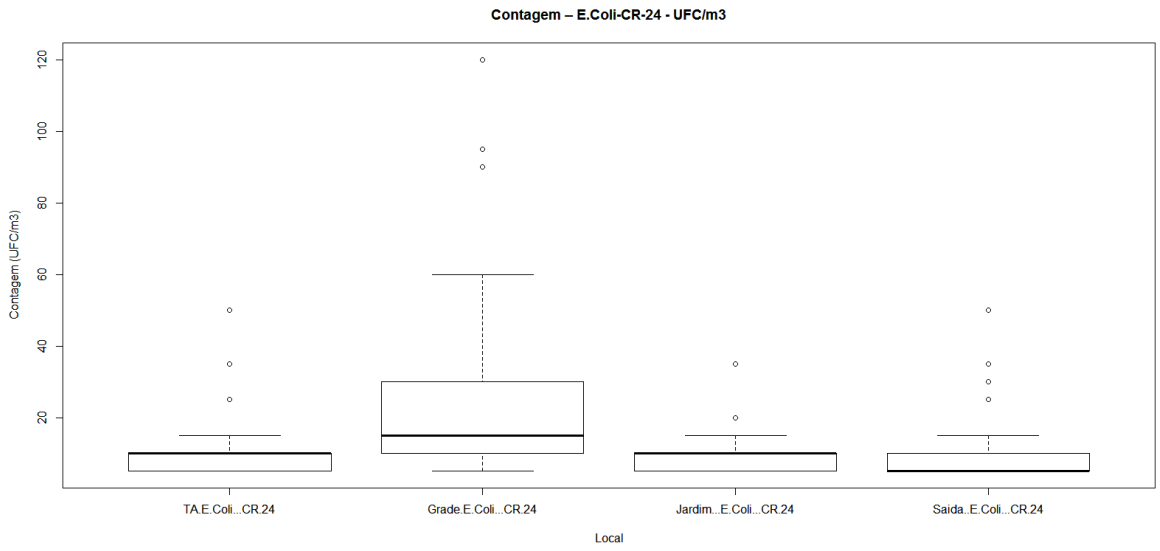


Figura 5.56 - Dispersão de *E.coli* nas etapas do tratamento

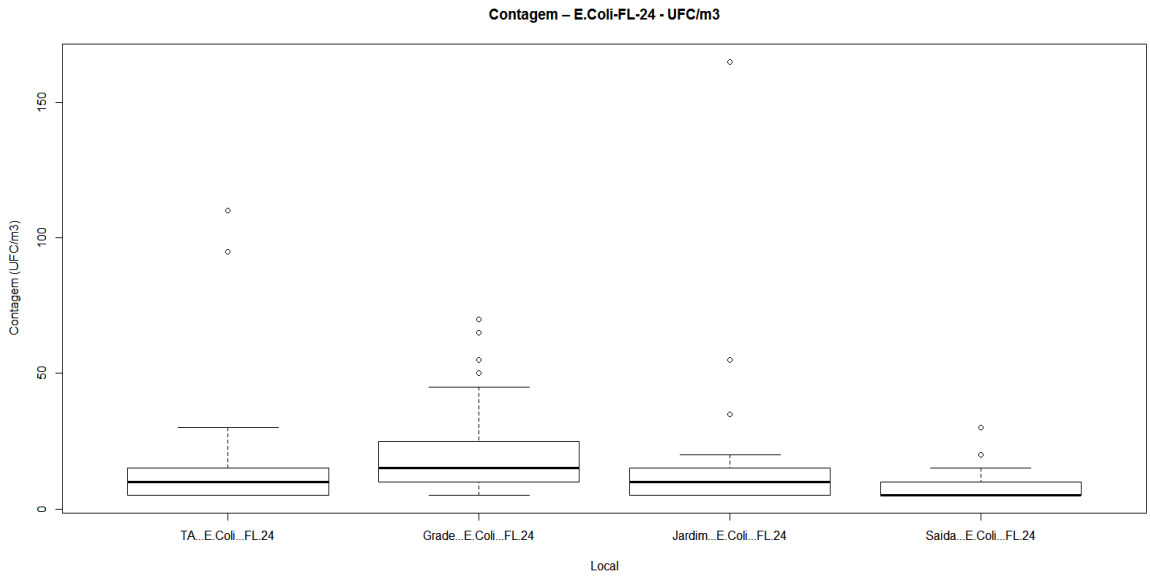


Figura 5.57 - Dispersão de E.coli(Fluorocult) nas etapas do tratamento

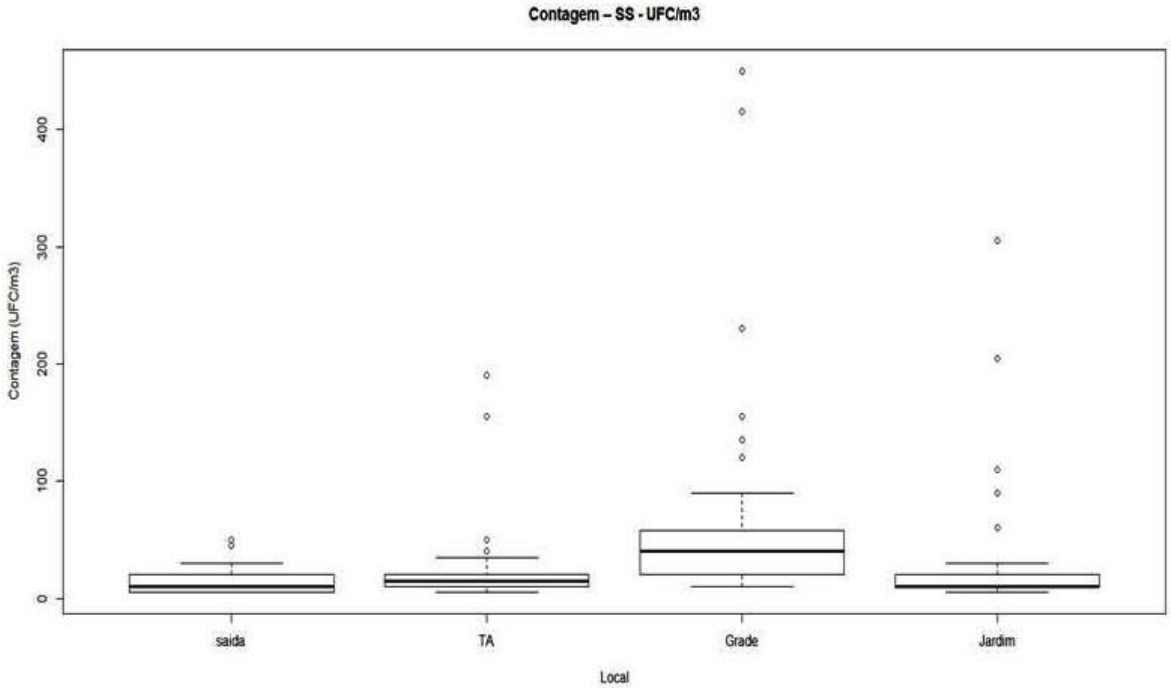


Figura 5.58 - Dispersão de Salmonellas e Shigellas nas etapas do tratamento

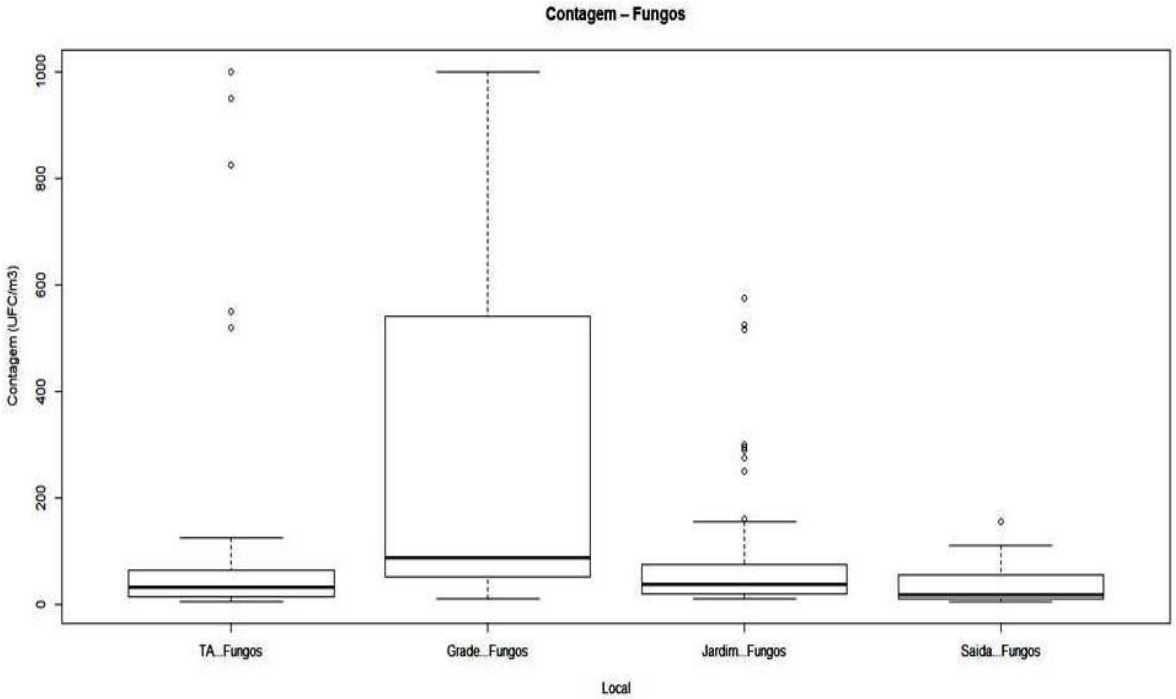


Figura 5.59 - Dispersão de Fungos nas etapas do tratamento

5.6 Considerações Finais

O trabalho realizado foi de grande magnitude, pois transcorreu continuamente por um período de um ano. Não foi encontrado na literatura nacional nem estrangeira nenhum trabalho que apresentasse uma série histórica tão extensa. Os trabalhos reportados foram realizados em períodos de um mês, três meses, no verão, no inverno, mas nenhum com amostragem em período de 12 meses, envolvendo a análise de tantas variáveis, como etapas do tratamento, tipos de microrganismos, condições ambientais e estações do ano.

Os trabalhos encontrados normalmente tratavam do assunto de forma fragmentada, comparando os microrganismos, ou as etapas do tratamento com maior concentração no ar, comparação de amostradores, entre outros.

Além disso, antes do início da campanha para a tese, foram feitos estudos prévios na estação de tratamento em todas as etapas do tratamento, em diferentes horários e diferentes Amostradores, como mostrados no início deste capítulo. Esses testes prévios foram importantes para o desenvolvimento da metodologia para realização desse estudo, pois foram definidos os parâmetros de amostragem como, tempo de amostragem, volume de ar coletados, tipos de membrana, meios de cultura, tempos de incubação. Toda a metodologia foi desenvolvida especialmente para este trabalho, adequando-se metodologias já existentes.

Com posse dos resultados desses testes prévios, foram definidas as diretrizes do trabalho, através de auxilio estatístico, onde foram definidos quais seriam os pontos de maior impacto para o estudo, quais microrganismos seriam de maior incidência aliada a sua importância, além da definição da quantidade de amostragens semanais que tornasse possível o processamento das amostras, já que se o volume de amostras estipulado tinha que ser viável de ser realizado.

A comparação dos resultados com os trabalhos já existentes na literatura foram um fator de dificuldade, pois a maioria desses trabalhos foram realizados na Europa, com condições climáticas bem diferentes das encontradas no Brasil, principalmente no que concerne a temperatura ambientes e umidade relativas. Também verificou-se alguns sistemas de tratamento por vezes diferentes, devido a algumas estações de tratamento funcionarem em ambientes fechados entre outros fatores.

A metodologia de amostragem utilizada nesse estudo também foi desenvolvida para este fim e, com isso, a comparação também foi dificultada. Mas, mesmo com as dificuldades, alguns resultados obtidos ficaram em acordo com a literatura como por exemplo a diminuição da incidência dos bioaerossóis no ar à medida que o tratamento avança, como citado por Karra (2007).

Ao fim das amostragens a quantidade de resultados obtidos foi grande para ser trabalhada, por isso foi feita a opção de seguir a linha de análise adotada nesta Tese.

O trabalho poderia seguir outras linhas de análise poderiam ter sido exploradas, mas isto inviabilizaria, do ponto de vista prático, a conclusão do trabalho.

Capítulo 6: Conclusões e Sugestões

O estudo da presença de microrganismos no ar é de grande importância tanto em ambientes fechados como em locais abertos, pois pode atingir diretamente na saúde das pessoas. Os microrganismos dependendo do tipo e da concentração podem trazer problemas a saúde, tanto por contato com a pele como por via respiratória.

O estudo de microrganismos em ambientes externos não é muito amplo, isto é não são encontrados muitos trabalhos nessa área, a maioria dos trabalhos se concentram em ambientes fechados, este fato deve ser devido isto estar ligado diretamente aos casos de doenças comprovadas por contaminação em ambientes confinados. A maioria das pessoas tem o sentimento de que em ambientes com muitas pessoas, doentes ou não, locais fechados sem ventilação, locais com ar

condicionado, principalmente se estes não tiverem uma manutenção periódica, são locais onde podem ser encontrados microrganismos no ar. Devido a isso é dada uma importância maior a esse tipo de exposição.

Em locais abertos as pessoas de modo geral não tem essa percepção, de que algumas infecções respiratórias, intestinais e cutâneas, podem ser causadas por microrganismos que estão no ar. O ar não é um local muito adequado para o crescimento de microrganismos, mas estes podem sobreviver nesse meio por algum tempo, dependendo das condições e concentrações. Por entre outras, essa deve ser umas das razões de não haver motivação para ter estudos voltados para esse tema.

O ar não é um meio propício para os microrganismos, pois estes necessitam de ancoragem para se locomoverem, logo, em locais abertos os particulados são como veículos para locomoção destes pelo ar.

Em ambientes abertos se tem uma grande dispersão dos microrganismos, o que faz com que sejam encontrados em locais distantes da fonte geradora. Dentre as muitas fontes geradoras de bioaerossóis uma estação de tratamento de esgotos é a que tem maior destaque, pois normalmente trabalha de forma contínua e pode gerar bioaerossóis em grandes quantidades e variedades.

No Brasil ainda não existe uma legislação para determinação de padrões para microrganismos no ar em ambientes abertos. Esta pesquisa detectou que existe um grande número de microrganismos no ar na área de uma estação de tratamento e esses dados são passíveis de atenção para o tema.

A estação de tratamento de esgoto em estudo fica em um centro urbano, cercado de residências e empresas onde circula um grande número de pessoas. Os resultados encontrados nesse estudo mostraram que os microrganismos estão em grande concentração e variedade nas áreas circunvizinhas da estação de tratamento. Este fato pode ser passível de atenção do poder público e das empresas, pois uma alta concentração de microrganismos associada a presença de particulados no ar pode ser tratado como um problema de saúde pública, os valores encontrados, inúmeras vezes foram muito superiores aos estabelecidos pela legislação para ambientes confinados. Isso nos leva a crer que as pessoas que circulam em áreas próximas as ETEs podem estar de certa forma em contato com microrganismos, e dependendo do tipo e da concentração poderão vir a contrair algum tipo de doença.

6.1 Conclusões

A partir dessas considerações e dos dados coletados e discutidos no corpo do trabalho, pode-se extrair as seguintes conclusões:

- A Grade Grosseira foi o ponto de maior incidência de microrganismos, devido ao efluente, neste ponto, não ter recebido nenhum tratamento, além do agravo dos caminhões que descarregam os detritos nesse local.

- O Tanque de Aeração foi o segundo ponto com maior concentração de microrganismos, pois, nesse ponto, existe o borbulhamento do esgoto por meio de ar difuso, que causa movimentação do líquido e formação de aerossóis.

- A Saída do Efluente foi o ponto de menor concentração de microrganismos, devido, neste ponto, ao esgoto já ter sido

tratado; mesmo tendo movimentação de líquido, este ponto foi o de menor concentração de microrganismos no ar.

- No jardim, tem-se alto nível de particulados em suspensão, por ficarem próximas à entrada e à saída da estação, além de ser o local de passagem dos caminhões, que descarregam material para tratamento. A alta concentração de microrganismos na área do jardim caracteriza que mesmo longe das fontes geradoras, isto é na área de tratamento propriamente dita encontramos uma quantidade significativa de bioaerossóis. Isto indica que os bioaerossóis são dispersos por grandes áreas através do ar, principalmente quando se tem particulados associados.

- Os Fungos estão presentes em todos os pontos de coleta de amostra da estação. Foi o microrganismo de maior concentração em qualquer época do ano;

- As condições ambientais, apesar de estatisticamente não apresentarem correlação forte com a concentração dos microrganismos no ar, parecem exercer influencia, em função da concentração de picos sob algumas condições.

- A estação do ano com maior incidência de microrganismos foi o verão, seguida do outono.

- O inverno foi a época do ano de menor incidência de microrganismos no ar.

6.2 Sugestões para outros trabalhos

Para a continuidade dessa pesquisa, várias linhas de trabalho podem ser desenvolvidas. A seguir são listadas algumas sugestões:

- Avaliação da concentração de microrganismos inalados pelos trabalhadores de uma ETE, através de amostradores fixos ao corpo do trabalhador.

- Estudo da incidência de doenças que possam ter sido causadas por inalação de bioaerossóis em pessoas que circulem no entorna de uma ETE.

- Avaliação da variação de concentração de microrganismos no ar ao longo do dia.

- Avaliação da relação entre a concentração de microrganismos no ar e a concentração de microrganismos no efluente.

- Avaliação da relação entre a concentração de microrganismos no ar e a quantidade de particulados no ar.

- Avaliação da incidência de microrganismos em relação à distância de fontes geradoras

- Desenvolvimento de correlação estatística adequada a incidência de microrganismos no ar em sistemas abertos.

Capítulo 7: Referências Bibliográficas

ALVAREZ, A. J., BUTTNER, M. P., e STETZENBACH, L. D. – PCR for Bioaerosol Monitoring: Sensitivity and Environmental Interference – Applied and Environmental Microbiology, p. 3639-3644, 1995

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLAKWEL. L. *Introductory mycology*. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, p. 869, 1996.

AZEVEDO, J. L. Genética e melhoramento de fungos. *Biotecnologia – Ciência e Desenvolvimento*, v.1, n.1, p.12-15, 1997.

AZEVEDO, M. L. R. S.; COUTO, M. A. P. G.; LEITE, S. G. F; PROCÓPIO, A. S.- Monitoramento de bioaerossóis em estações de tratamento de esgoto. In: Anais do COBEQ 2012 XV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 9 a 12 de setembro de 2012, Armação dos Búzios, RJ, 2012.

AZEVEDO, M. L. R. S, COUTO, M. A. P. G., LEITE, S. G. F., AZEVEDO, B., ALMEIDA, P. A B. R. S., PROCÓPIO, A. S., SILVA, S. A. -Evaluation of Air Samplers Systems in the Monitoring of Bioaerosols at Wastewater Treatment Plants, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS v.14 Issue 3, p.48, 2014.

BARBOSA, H. R.; TORRES, B. B. - Microbiologia básica. São Paulo, SP: Atheneu, 2010.

BAUER, H., FUERHACKER, M., ZIBUSCHKA, F., SCHMID, H., & PUXBAUM, H. - Bacteria and fungi in aerosols generated by two different types of wastewater treatment plants. Water Research,v. 36, p.3965–70, 2002.

BRANDI, G., SISTI, M. e AMAGLIANI, G. - Evaluation of the environmental Impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems, Journal of Applied Microbiology, v.88, p.845-852, 2000.

BIEVRE, C., Cours de Mycologie Médicale – Aerobiologie[s.l]: Centre d'Ensiegnement, Institut Pasteur, 1998.

BURGE, H.A. An update on pollen and fungal spore aerobiology. Journal of the Allergy and Clinical Immunology, v.110, n.4, p.544-552, 2002.

CAMARINHA, G.C. - Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado Inalável na Atmosfera da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Março,2010, xiii, 172p.;il. Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ), Rio de Janeiro, 2010.

CARDUCCI, A., GEMELLI, C., CANTIANI, L., CASINI, B., & ROVINI, E. Assessment of microbial parameters as indicators of viral contamination of aerosol from urban sewage treatment plants. Letters in Applied Microbiology, 28, 207–210,1999.

CAVINATTO, V. M. Influência de fatores ambientais na dispersão de partículas originadas em um sistema de tratamento biológico de esgotos em valos de oxidação. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Faculdade de Ciências Biológicas, USP, São Paulo, 1991.

CHAMBERLAIN AC. The movement of particles in plant communities In: Monteith JL, editor. Vegetation and the atmosphere. p. 155–203, 1975.

DONALDSON AI, WARDLEY RC, MARTIN S, FERRIS N.P. - Experimental Aujeszky's disease in pigs: excretion, survival and transmission of the virus. Vet Rec, v.113, p.490 –494, 1983.

DOUWES, J., THORNE, P., PEARCE, N., HEEDERIK, D. - Review: bioaerosol health effects and exposure assessment: progressand prospects. Annals of Occupational Hygiene, v.47, p.187–200, 2003.

FANNIN, K. F., VANA, S. C., & JAKUBOWSKI, W. - Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses. Applied and Environmental Microbiology, v.49, p.1191–1196, 1985.

FATTAL, B., APPLEBAUM, J.Y., PELEG-OLEVSKY, E., GOLDBERG, B., SHUVAL, H.I. - Proximity of residential areas to wastewater sprinkler irrigated fields and transmission of diseases. Developments in Ecology and Environmental Quality v.2, p.55–67, 1983.

FRACCHIA, L., PIETRONAVE, S., RINALDI, M., E MARTINOTTI, M. G. - Site-related airborne biological hazard and seasonal variations in two wastewater treatment plants - Water Research v.40, p.1985 – 1994, 2006.

FREIRE, S.A. - Inter-relações entre a qualidade do ar externo e interno em espaços hospitalares: O Complexo de Doenças Infectocontagiosas Dr. Clementino Fraga - João Pessoa – Paraíba. P.116, 2005.

FRONDIZI, C. - Qualidade doar. Energética Industria e Comércio LTDA. Brasil, 2012

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE(FUNASA) - Manual de Saneamento, Brasil. 3ªed. rev.1ªReimpressão- Brasília, 2006.

GREGORY, P.H.- Microbiology of the Atmosphere. Wiley, New York, p.377, 1973.

GRISOLI, P., RODOLFI, M., VILLANI, S., GRIGNANI, E., COTTICA, D., BERRI, A., PICCO, A. M., DACARRO, C. – Assessment of airborne microorganism contamination in an industrial area characterized by an open composting facility and a wastewater treatment plant – Envionmental Research v.109, p.135-142, 2009.

IVENS, U.I., BRUEM, N.O., EBBEHOJ, N., NIELSEN, B., POULSEN,O.M., WURTZ, H. - Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. Scandinavian Journal of Work Environment & Health v.25, p.238–245, 1999.

HUANG, C.; LEE, C.L.F.; MA, Y., S.U., H.J. - The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3yr study. Atmospheric Environment, v.36,n.1, p.4385- 4395, 2002.

HUNG, H. – Use of Floating ball for reducing bacterial aerosol emissions from aeration in wastewater treatment processes – Journal of Hazardous Materials 175, p. 866-871, 2010.

JONES, A., M., ROY, M. H. - The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review - Science of the Total Environment, v.326, p.151–180, 2004.

JORDÃO, E. P. e PESSOA, C. A. - *Tratamento de Esgotos Domésticos. 6a. ed. ABES-RJ, 2011*

KARRA, S. - Microorganisms in bioaerosol emissions from waste treatment plants during summer at a Mediterranean site – water resert, Greece, v. 41, p.1355-1365, 2007.

LEE, J. A., JOHNSON, J.C., REYNOLDS, S. J., THORNE, P. S., & O'SHAUGHNESSY, P. T. - Indoor and outdoor air quality assessment of four wastewater treatment plants. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, v.3, p.36–43, 2006.

SANT'ANNA JUNIOR, L., G. - Tratamento Biológico de Efluentes - Fundamentos e Aplicações, 2ª edição, Interciência, 2013.

MAIER, R.M., PEPPER, I.L., GERBA, C.P. Environmental Microbiology. Academic Press, San Diego, CA, 2000.

MAIN , C. E. - Aerobiological, ecological and health linkages. Environment International, v.29, n.2/3, p.347-349, 2003.

MERCK, MAS-100® manual—microbial air monitoring system, 2002.

METCALF & EDDY – Wastewater engineering: treatment and reuse. 4 ed. New Tork: McGraw Hill, 2003.

MILLNER, P.D., OLENCHOCK, S.A., EPSTEIN, E., RYLANDER, R.,HAINES, J., OOI, B.L., HORNE, E., MARITATO, M.- Bioaerosols associated with composting facilities. Compost Science and Utilization v.2, n.4, p.8–57, 1994.

MOREAU, R.M. - The origin of aerobiology. Journal of Aerosol Science, v.25, n.1, p.109-110, 1994.

NICHOLSON, K.W. - A review of particle resuspension. Atmos Environ 1988a, v.22, p.2639 –2651, 1988.

NICHOLSON K.W. - The dry deposition of small particles: a review of experimental measurements. Atmos Environ1988b, v.22, p.2653 –2666, 1988.

OPPLIGER, A., HILFIKER, S. E DUC, t. V. - Influence of Seasons and Sampling Strategy on Assessment of Bioaerosols in Sewage Treatment Plants in Switzerland - Ann. occup. Hyg., Vol. 49, Nº. 5, p.393–400, 2005.

PANTOJA, L.D.M. - Biológico, São Paulo, v.69, n.1, p.41-47, 2007.

PASCUAL, L., PEREZ-LUZ, S., ADELA YANEZ, M., SANTAMARIA, A.,GIBERT, K., SALGOT, M., APRAIZ, D., CATALAN, V. - Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. Aerobiologia, v.19,p.261–270, 2003.

PASTUSZKA, J. S.;PAW, U .K. T.; LIS, D. O.; WLAZLO, A.; ULFIG, K. - Bacterial and
fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. Atmospheric Environment, v.34, n.3, p.3833-3842, 2000.

PATENTALAKIS, N., PANTIDOU, A., KALOGERAKIS, N. - Determination of Enterobacteria in air and wastewater samples from a wastewater treatment plant by Epi-Fluorescence Microscopy, Springer, v.8, p.107-115, 2008.

PEI-CHIN, W.; HUEY-JEN, S.; CHIA-YIN, L. - Characteristics of indoor and outdoor airborn fungi at suburban and urban homes in two seasons. The Science of the Total Environment, v.253, n.2, p.111-118, 2000a.

PELCZAR, M. P. – Microbiologia - Editora McGraw-Hill do Brasil – São Paulo, 1980.

PRAZMO, Z. – Exposure to Bioaerosols in a Municipal Sewage Treatment Plant – Original Articles – Ann Agric Environ Med, v.10, p.241-248, 2003.

RANALLI, G., PRINCIPI, P. & SORLINI, C. - Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools, Aerobiologia, v.16, p.39–46, 2000.

RESOLUÇÃO ANVISA - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, D.O.U: 20 de janeiro, 2003.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A, AGUILAR, M.I., FENOLLA R, E ROIG, A. - San Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants – water research, v.42, p.3739–3744, 2008.

SANTOS, M. A., RODRIGUES, M. G. - *Environmental issues arising from the thermopower generation in Brazil.* Energy Policy, v.26, n.14, p.1065-1070, 1998.

SAWYER, B., ELENBOGEN, G., RAO, K. C. O'BRIEN, P., ZENZ, D. R., & LUE-HING, C. -Bacterial aerosol emission rates from municipal wastewater aeration tanks. Applied and Environmental Microbiology, v.59, p.3183–3186, 1993.

SHAFFER BT, LIGHTHART B. - Survey of the culturable airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: urban, rural, forest and coastal. Microbial Ecology, v.34, p.167 –177, 1997.

SIEGEL, S. & CASTELAN, Jr, N.J. - Estatística não Paramétrica para as Ciencias do Comportamento. Artmed-Bookman, São Paulo, 2006, reimpressão 2008.

SIGSGAARD, T., MALMROS, P., NERSTING, L., PETERSEN, C. - Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine v.149, p.1407–1412, 1994.

SNEDECOR, G.W. - Statistical methods, 6ª ed., Lowa State University, 1967.

SPERLING, M. V. - Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - 2ªed., Belo horizonte, 1996.

STANDARD methods, American Public Health Association. Washington, p.9-19, 1995.

STANLEY RG, LINSKINS HF. - Pollen: biology, chemistry and management. Berlin, Springer-Verlag, 1974.

THORN, J., BEIJER, L., RYLANDER, R. - Airways inflammation and glucan exposure among household waste collectors. American Journal of Industrial Medicine v.33, p.173–178, 1998.

THORN, J. – Measurement Strategies for the Determination of Airborne Bacterial Endotoxin in Sewage Treatment Plants, Department of Environmental Medicine, Goteborg University, Goteborg, Sweden, v.46, p.549-554, 2002.

THOMPSON W., editor. Black's medical dictionary, Adam and Charles Black, 33 ed, 1981.

TRIOLA, M.F. - Introdução a Estatística, 10ª edição. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2008.

WESTBROOK, J. K. & ISARD, S. A. - Atmospheric scales of biotic dispersal. Agricultural and Forest Meteorology, v.97, n.4, p.263-274, 1999.

Referências Eletrônicas

Aerador de ar difuso - disponível em www.snatural.com.br - acesso em 08.08.2010.

Aerador horizontal - disponível em www.b2babimaq.com.br - acesso em 08.08.2010.

Aerador superficial - disponível em www.guarujaequipamentos.com.br - acesso em 08.08.2010.

Estação de tratamento de Esgoto – disponível em www.daesumare.com.br - acesso em 24.06.10

Filtração - Disponível em www.infopedia.pt - acesso em 20.02.2014

Gerenciamento de riscos causados por Endotoxinas - disponível em www.biomin.net - Acesso em 28.10.2013.

Manual do amostrador - disponível em www.energetica.ind.br - acesso em 22.08. 2012.

Os microrganismos – disponível em www.enq.ufsc.br – acesso em 12.05.09.

Reciclagem de lixo – disponível em www.daesumare.com.br - acesso em 26.07.10

Regulação da expressão de genes em resposta a limitação nutricional, Laboratório de fisiologia de microrganismos, 2014 - Disponível em www.icb.usp.br - acesso em 02.09.14

Tratamento de esgoto: Tecnologias Acessíveis – disponível em www.bndes.gov.br – acesso em 12.05.09.

Variáveis de Qualidade das águas - disponível em www.cetesb.sp.gov.br - acesso em 18.03.2013