



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA

Rua dos Funcionários 1540 Juvevê

Curitiba - PR CEP 80035-050

Fone: (41) 350-5658

Fax: (41) 3505677

e-mail: jair@ufpr.br

JAIR ALVES DIONÍSIO

**RISCOS BIOLÓGICOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
ETE-BELÉM, CURITIBA - PR**

**Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Engenheiro de
Segurança do Trabalho, curso de Pós-
Graduação em Engenharia e Segurança do
Trabalho, Instituto de Engenharia do
Paraná/Universidade Federal do Paraná**

**Orientador: Professor MSc. Roberto Riva de
Almeida**

CURITIBA

2006

TERMO DE APROVAÇÃO

JAIR ALVES DIONÍSIO

RISCOS BIOLÓGICOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
ETE-BELÉM, CURITIBA - PR

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Segurança do Trabalho, curso de Pós-Graduação em Engenharia e Segurança do Trabalho, Instituto de Engenharia do Paraná/Universidade Federal do Paraná

Banca Examinadora

Orientador: Roberto Riva de Almeida

Membro: Esp. Mericler Doneda Camargo

Membro: Hamilton Costa Júnior

CURITIBA, 30 de março de 2006

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou a realização do curso.

Ao Instituto de Engenharia do Paraná pela oportunidade de reciclagem e expansão dos conhecimentos.

À Sanepar pelo auxílio financeiro concedido pelo programa Sanetec (Sistema de Inovação Tecnológica do Paraná) e também pela liberação das dependências das instalações da ETE-Bélem para que a pesquisa pudesse ser realizada.

À empresa Millipore, representada pela empresa Leasil, na pessoa da Silvana Franco, que através de um empréstimo do equipamento Monitor Microbiológico de Ar modelo M Air T da Millipore garantiu a execução da pesquisa.

À empresa Biosystems pelo fornecimento dos meios de cultura para contagem dos microrganismos.

Ao prof. MSc. Roberto Riva de Almeida pela orientação e estímulo para elaboração da pesquisa.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia e Segurança do Trabalho por despertarem uma nova visão profissional, tendo como meta segurança e a saúde dos trabalhadores.

Aos colegas de turma que muito contribuíram para a minha formação: Almir Luiz de Souza, Adriano, Hélio Ikeda, Beatriz Montserrat e Glória Maria da Rocha.

As minhas filhas que souberam compreender os momentos de ausência durante o curso.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização desta pesquisa.

À dona Elda Nazaré Leite Lubansinski, secretária do laboratório de Biologia do Solo/SCA/UFPR pelo apoio e colaboração nas análises.

Aos meus pais, Geraldo e Iracy, que com grande sacrifício sempre investiram na educação dos seus filhos.

LISTA DE TABELAS

1	BACTÉRIAS PATOGÊNICAS PRESENTES EM FEZES DE PESSOAS INFECTADAS.	3
2	MICROORGANISMOS PRESENTES NO ESGOTO BRUTO	4
3	DENSIDADE DE MICROORGANISMOS DO AR, NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ETE BELÉM, CURITIBA – PR, EM AMBIENTES INTERNO E EXTERNO (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)	18
4	DENSIDADE DE MICROORGANISMOS DO AR, NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ETE BELÉM, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – PR, EM AMBIENTES INTERNO E EXTERNO (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).	21

LISTA DE QUADROS

1	GRUPO DE MICRORGANISMO, MEIO DE CULTURA UTILIZADO E TEMPERATURA DE INCUBAÇÃO	17
---	--	----

RESUMO

A qualidade do ar no ambiente de trabalho é fundamental para o desempenho das atividades dos trabalhadores. Os tanques de aeração das estações de tratamento de esgoto produzem elevadas quantidades de microrganismos que podem transmitir doenças aos trabalhadores. Foi realizada uma amostragem do ar em ambientes internos (AI) do setor administrativo da ETE – Belém, Curitiba – PR, localizado a aproximadamente 70 m dos tanques de aeração subdivido em: supervisão administrativa, cozinha, sala de painéis, laboratório de sólidos, laboratório de físico-química, sala da prensa e do caleador e no ambiente externo (AE) a 3 m de distância do tanque de aeração, com o objetivo de avaliar a qualidade do ar, a qual os trabalhadores estão expostos. As amostragens de bioaerossóis foram realizadas em triplicatas, com um Monitor Microbiológico de Ar modelo M Air T da Millipore, contendo meio de cultura específico para os grupos de microrganismos: fungos mesofílicos; estafilococos; coliformes fecais; *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias heterotróficas. Verificou-se que no AI (supervisão administrativa, cozinha, sala de painéis, laboratório de sólidos, laboratório físico-química e supervisão dos laboratórios) apresentaram índices “I/E” < 1,5, o que significa ambientes em boas condições. Já na sala da prensa e do caleador, a densidade fúngica ultrapassou o Valor Máximo Aceitável de “750 UFC/m³” de ar, além disso, o índice “I/E” foi > 2,0, demonstrando a má condição do ar. No AE a densidade microbiana, principalmente bactérias, foi elevada. No AI há necessidade de se realizar uma pesquisa qualitativa em todos os ambientes para detectar a presença dos gêneros de fungo patogênicos conforme prevê a Resolução Anvisa 176/2000. Ainda no AI – Sala da prensa e do caleador, devido à grande quantidade de bioaerossóis gerados, recomenda-se a substituição da prensa por uma centrífuga que não gera bioaerossóis. No AE é necessária a utilização de EPI apropriado: proteção respiratória e ocular para bioaerossóis proveniente dos tanques de aeração.

Palavras-chave: bioaerossóis, tanque de aeração, microrganismos.

ABSTRACT

The quality of air in the work environment is basic for the performance of the activities of the workers. The tanks of aeration of the wastewater treatment plants produce high amounts of microorganisms that can transmit illnesses to the workers. A sampling of air in internal environments (AI) of the Administrative Sector ETE-Belém, Curitiba-PR was carried through, located approximately the 70 m of the tanks of aeration subdivides in: administrative supervision, kitchen, room of panels room, solid laboratory, química-física laboratory, press room and the lime applicator and in the external environment (AE) 3 m of distance of the aeration tank, with the objective to evaluate the quality of the air, which the workers are displayed. The samplings of bioaerosol had been carried through in third copies, with a Microbiological Air Monitor model M Air T Millipore, contend half of specific culture for the groups of microorganisms: mesophilic fungi; staphylococci; fecal coliforms; *Pseudomonas aeruginosa* and heterotrophics bacteria. It was verified that in the AI (administrative supervision, kitchen, panels room, solid laboratory, laboratory química-física and laboratories supervision) they had presented indices "I/E" < 1,5 what it means environments in good conditions. Already in the press and lime applicator room, the fungal density exceeded Acceptable Maximum Value 750 UFC/m³ air, moreover, the indice "I/E" was > 2,0 demonstrating the bad condition of air. In the AE the microbial density, mainly bacteria, was raised. In the AI it has necessity of if to carry through a qualitative research in all the environments to detect the presence of the pathogenic sorts of fungi as foresees the Resolution Anvisa 176/2000. Still in the AI - Room of the press and the lime applicator, due to great amount of generated bioaerosols, sends regards substitution to it of the press for a centrifugal machine that does not generate bioaerosols. In the AE the use of appropriate EPI is necessary: respiratory and ocular protection for bioaerosols proceeding from the tanks of aeration.

Key-words: bioaerosols, microorganisms, aeration tank

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE QUADROS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Caracterização microbiológica dos esgotos	3
2.2 Dispersão de microrganismos pelo ar	5
2.3 Doenças associadas aos microrganismos presentes nos bioaerossóis	8
2.4 Dispersão de microrganismos pelos bioaerossóis	9
2.5 Riscos Biológicos no Trabalho em Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, segundo o Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE (2002).	11
2.6 Métodos de avaliação de microrganismos no ar	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Caracterização da estação de tratamento de esgotos	14
3.2 Coleta de amostras de bioaerossóis	15
3.3 Contagem de microrganismos no ar	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Ambiente Interno (AI) - Densidade de Fungos Mesofílicos	18
4.2 Ambiente Interno (AI) - Densidade de bactérias	19
4.3 Ambiente Externo (AE) - Densidade de Microrganismos	19
4.4 Qualidade do ar em Ambiente Interno (AI), de acordo com a Resolução Anvisa 176/2000	20
5. CONCLUSÕES	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

INTRODUÇÃO

Os riscos biológicos existentes nos ambientes de trabalho são muitas vezes desconhecidos ou até mesmos ignorados, principalmente por falta de conhecimento dos empresários e trabalhadores ou pela própria formação específica dos engenheiros. O que por outro lado é compreensível, uma vez que a intensidade com a qual afetam os trabalhadores é bem inferior aos riscos químicos e físicos, porém, não menos importante. Sendo assim, a sua importância não pode ser negligenciada.

Dados recentes, do Ministério do Trabalho e Emprego (MET) do ano de 2003, publicados no site www.met.gov.br/Empregador/segsau/default.aspx destacam a proporção de acidentes e mortes comparando-se os diversos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos e mostram que os biológicos são menos numerosos. Porém, muitas vezes o risco biológico é ignorado, e o trabalhador se ausenta do trabalho, por curto período de tempo (meio-dia ou um dia), devido a doenças respiratórias, alergias, asma, indisposição entre outras, geradas por agentes biológicos. Deve-se ressaltar que essas faltas não são comunicadas oficialmente, não geram Comunicado de Acidente de Trabalho (CAT), não chegam ao INSS e conseqüentemente não são associadas aos agentes biológicos existentes no ambiente de trabalho e assim os profissionais da área de segurança e saúde não investigam os fatos. Além disso, essa “postura” do trabalhador é um dos fatores que tem causado elevado índice de absenteísmo nas empresas, o que representa um problema para os seguimentos governamentais, empresariais e trabalhadores, causando grandes prejuízos financeiros, pois são fatos repetitivos.

Em alguns ambientes específicos com grande exposição do trabalhador ao risco biológico, que muitas vezes pode levar à morte, como é o caso de ambientes climatizados, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) aprovou a Resolução nº 176/2000, que estabelece os padrões de qualidade do ar nestes ambientes.

De forma similar, para ambientes específicos, como os utilizados por serviços de saúde (representados por qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde da população, e todas as ações de promoção, recuperação, assistência, pesquisa e ensino em saúde em qualquer nível de complexidade), o MTE começa a tomar medidas necessárias, ou seja, criou em 11/11/2005 a legislação específica para esses ambientes de trabalho, representadas pela NR 32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde, para assegurar aos profissionais de segurança e saúde do trabalho a prevenção da saúde dos trabalhadores.

Ciente da especificidade, da elevada densidade microbiana e do risco potencial para os trabalhadores envolvidos nas atividades ligadas aos esgotos o MTE (2002) elaborou o Manual “Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico” e o capítulo II trata dos Riscos no Setor Saneamento Básico e sua Prevenção. Este capítulo relaciona os riscos ambientais identificados nas diversas etapas/atividades/serviços do setor bem como recomenda as principais medidas de prevenção. Porém, deve-se ressaltar que a iniciativa é de relevante importância, mas há necessidade de uma maior fiscalização por parte do MET do cumprimento pelas empresas de tratamento de esgotos.

Os principais microrganismos presentes no esgoto são fungos, bactérias e vírus que podem causar enfermidades agudas ou crônicas. Dentre as enfermidades agudas predominam as doenças infecciosas diarréicas, hepáticas e respiratórias. As crônicas são representadas principalmente pela asma brônquica e pela alveolite alérgica (MTE, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do ar, em termos microbiológicos, a qual os trabalhadores da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Belém estão expostos.

2. REVISÃO BILIOGRÁFICA

2.1 Tratamento de Esgoto (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

O objetivo das plantas de tratamento de esgoto é o de eliminar maior quantidade possível de contaminantes sólidos, líquidos e gasosos, dentro das possibilidades técnicas e econômicas. O processo apresenta muitas variações mas fundamenta-se principalmente em sedimentação, coagulação, condensação, desinfecção, aeração, filtração e tratamento de lodos.

Exemplo as etapas de dois modelos básicos de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE.

1 – Sistema Aeróbio

- Elevatória de esgoto bruto com bombas tipo parafuso.
- Tratamento Preliminar
- Gradeamento mecânico para retirada de resíduos com diâmetro maior que 2 cm (dois centímetros).
- Desarenador para separação de material inorgânico (remoção de areia)

Tratamento Primário

Decantador primário para remoção de sólidos em suspensos por gravidade

Tratamento Secundário

- Tanque de Aeração (reator biológico) onde se processa insuflação mecânica de ar para propiciar adequadas condições para ação bioquímica de microrganismos aeróbios.
- Decantador secundário onde o lodo é sedimentado por gravidade.

- Estação elevatória de recirculação de lodo.

Tratamento do lodo

- Adensador de lodo.
- Elevatória de lodo adensado.
- Prensa desaguadora (ou qualquer outro equipamento de desaguamento de lodo) para desidratar o lodo adensado com ou sem auxílio de produto floculante.
- Sistema de calagem onde se processa a desinfecção do lodo prensado.
- Lagoas de secagem e armazenamento de lodo.

Outros

- Canal de descarga do efluente final.
- Medidor de vazão (calha Parshall)
- Laboratório de análises – para testes de pH, série de sólidos totais, fixos e voláteis, sólidos suspensos fixos e voláteis, sólidos dissolvidos, teste de demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) e demanda química de oxigênio (DQO). Estes testes são realizados em cada uma das etapas do processo.

2 – Sistema Anaeróbio

Tratamento preliminar

Composto de grades para remoção de resíduos sólidos de maior porte e desarenadores.

Tratamento Primário

Decantadores primários – dotados de ponte raspadora rolante para arrastar o lodo com controle automatizado.

Tratamento Secundário

Digestores anaeróbicos – tanque fechado dotado de válvulas para exalação de gases que se formam no processo (metano) que não tenham sido drenados para a queima em “flares”.

Tratamento do Lodo

- Digestores secundários – tanques abertos.
- Setor de Desidratação – local com uso de emulsão catiônica para desidratar o lodo.
- Aterro de lodo.
- Laboratório de análises – para testes de pH, série de sólidos totais, fixos e voláteis, sólidos suspensos fixos e voláteis, sólidos dissolvidos, teste de demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) e demanda química de oxigênio (DQO). Estes testes são realizados em cada uma das etapas do processo.

2.2 Riscos no Trabalho em Estações de Tratamento de Esgoto – ETE (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

Os riscos associados a cada processo variam de acordo com a planta de tratamento e com os produtos químicos utilizados em cada um deles, mas podem ser divididos em físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e de acidentes. Para prevenir ou reduzir os impactos sobre a saúde do trabalhador é necessário identificar, avaliar e controlar os riscos.

2.2.1 Riscos físicos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

- Radiação não-ionizante pela exposição ao sol para trabalhos a céu aberto e nos trabalhos de solda em oficinas de manutenção.

- Ruído proveniente de máquinas e equipamentos (bombas de elevatórias, aeradoras, bombas de captação, etc
- Umidade.
- Situações em que o Índice de IBUTG pode estar acima do limite de tolerância, tais como trabalho a céu aberto, ambientes sem ventilação adequada.

Recomendações:

- Fornecimento de proteção contra a exposição ao sol para tarefas com postos de trabalho fixos, tais como toldos, guarda-sol com haste flexível para possibilitar adaptação ao posicionamento do sol durante o dia.
- Alternância de tarefas de modo a reduzir a exposição ao sol.
- Fornecimento de cremes cutâneos contendo fatores de proteção contra raios ultravioleta “A” e “B”, com potencial de proteção a ser definido pelo médico coordenador do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO.
- Fornecimento de anteparos executados em material incombustível para proteção de trabalhadores circunvizinhos aos trabalhos com solda e de equipamentos de proteção individual, para o soldador propriamente dito, promovendo seu adequado acompanhamento médico no que se refere à realização de radiografia de tórax e espirometria, por tratar-se de fonte de exposição de aerodispersóides não fibrogênicos.
- Realização de dosimetria de ruído, de no mínimo 75% da jornada efetiva de trabalho, para avaliar a real exposição de trabalhadores ao risco. Em casos em que ficar comprovada dose maior ou igual a 80

dB(A), deverá a empresa instituir o Programa de Conservação Auditiva – PCA. Na impossibilidade técnica de redução da geração/propagação/exposição ao ruído, adotar-se-á o uso de EPI, cuidando-se para que ofereçam a proteção requerida. Quanto à umidade deve ser exigida a ênfase ao exame dermatológico por ocasião de quaisquer avaliações médicas, assim como a adoção de adequadas medidas de proteção individual.

- Avaliação adequada das condições de conforto térmico, adotando-se medidas tais como alternância de tarefas, feitas em locais com maior conforto térmico, fornecimento satisfatório de líquidos, etc.

2.2.2 Riscos de acidentes (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

- Explosões em atmosferas contendo metano e H₂S, tais como em reatores anaeróbicos e em espaços confinados (poços de visita - PV, valas subterrâneas, locais de instalações de registros, tanques de sedimentação esvaziados para reparos).
- Registre-se ainda o risco de explosões nos trabalhos em oficinas de manutenção com uso de equipamentos de solda oxi-acetilênica sem adequada inspeção periódica/conservação de cilindros de gases.
- Operação de máquinas ou partes delas (equipamentos de mistura, rastelo para lodos, bombas e seus dispositivos mecânicos, principalmente, se acionados inadvertidamente em momentos de manutenção).
- Contusões e quedas (pelas diferenças de nível e umidade no solo).

- Soterramento em obras de construção e reparação de redes de esgoto.
- Acidentes por atropelamento, pelo desempenho de tarefas em vias públicas.
- Acidentes de trânsito, tais como abalroamento, em atividades externas em que o trabalhador desloca-se em veículos particulares ou da empresa.
- Choques elétricos em escavações em virtude de contato inadvertido com redes elétricas subterrâneas energizadas, em equipamentos não aterrados.
- Picadas de animais peçonhentos nos trabalhos de entrada em poço de visita (PV), em atividades de capina de áreas verdes de estações de tratamento.
- Afogamento por queda em tanques de tratamento de esgotos.
- Trauma por queda de materiais, tais como tubos, manilhas, sacarias, nos procedimentos de carga, descarga e armazenamento.
- Via de regra entende-se como espaço confinado os locais com meios limitados de entrada e saída, que não foram planejados para permanência continuada de pessoas e que carecem de ventilação adequada, existindo o risco quando se associa escassez de oxigênio, a presença de produto ou resíduo químico tóxico e ainda de material inundante como a água.

Recomendações:

- .Averiguação prévia da concentração de oxigênio e da presença de gases tóxicos antes de se adentrar o espaço confinado, providenciando-se ventilação/exaustão mecânica adequadas (por exemplo insuflação/exaustão de ar) para correção das não conformidades, se necessário. É fundamental a certificação de que não estarão sendo insuflados gases e outros resíduos emanados de geradores ou de motores de ventiladores Adequado treinamento de trabalhadores quanto a medidas de segurança para adentrar locais confinados, incluindo a suspensão dos trabalhos nos casos em que persistirem condições inadequadas para a execução das tarefas prescritas. Manter equipe composta por no mínimo 3 pessoas, autorizadas a laborar mediante Permissão para Trabalho - PT.
- Utilização completa e correta de EPI. No caso de trabalhos em poços de visita o uniforme deverá ser impermeável, constituído de peça única para não permitir solução de continuidade, que poderia expor a pele do trabalhador em contato com animais peçonhentos.
- Adequada sinalização do local, especialmente em se tratando de trabalhos em vias públicas.
- Treinamento em direção defensiva para trabalhadores que utilizam veículos.
- Adoção de procedimentos/sistemas de controle (programas bloqueio/advertência) que impossibilitem o acionamento inadvertido de máquinas em manutenção, como por exemplo a máquina ser novamente acionada pelo encarregado de seu reparo, ou ainda a instalação de bloqueio físico da área de religação de equipamentos.

- Emissão de ordens de serviço e/ou de procedimentos operacionais a serem adotados para manutenção de máquinas, procedendo aos pertinentes treinamentos de trabalhadores.
- Instalação de proteção coletiva nos locais com riscos de queda e, na impossibilidade técnica confirmada, fornecimento e exigência de uso de EPI.
- Garantia de que as instalações elétricas estejam desenergizadas nos trabalhos de manutenção em máquinas e equipamentos e em trabalhos em valas.
- Adoção de medidas adequadas quanto ao prévio estudo do solo, adequado escoramento de valas e deposição de resíduos delas retirados, etc.
- Proibição do fumo e porte de equipamentos capazes de gerar fagulhas e faíscas nos locais com possibilidade da existência de gases explosivos.
- Realização de inspeção periódica de cilindros de gases em equipamentos de solda oxi-acetilênica.
- Adoção de procedimentos operacionais padronizados, com adequado treinamento de trabalhadores, quanto à sinalização e isolamento de áreas sob içamento, transporte e empilhamento de materiais.

2.2.3 Riscos biológicos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

- Procedem principalmente da exposição a microrganismos presentes nos resíduos humanos e de outras espécies animais. Quando se

utiliza processo de aeração para tratamento de resíduos esses microrganismos podem estar dispersos no ar representando fonte de contaminação. A situação de risco pode assumir maiores proporções quando do extravasamento de esgoto.

- Os principais microrganismos presentes são fungos, bactérias e vírus que podem causar enfermidades agudas ou crônicas. Dentre as enfermidades agudas predominam as doenças infecciosas diarréicas, hepáticas e respiratórias. As crônicas são representadas principalmente pela asma brônquica e pela alveolite alérgica.

Recomendações:

- As empresas devem propiciar condições adequadas para cuidados rigorosos com a higiene pessoal, incluindo banho ao término da jornada de trabalho, fornecimento de uniformes para troca diária, com higienização a cargo da empresa, pois nesses serviços deverão ser entendidos como equipamento de proteção individual – EPI, além da disponibilização de vestiários dotados de armários individuais de compartimento duplo, com sistemas isolados para recepção da roupa suja e uso de roupas limpas.
- Para trabalhos executados em logradouros públicos garantir condições mínimas de conforto para satisfazer necessidades fisiológicas, por exemplo com a instalação de unidades de apoio móveis ou não.
- Elaborar protocolo de imunização, com prévia avaliação sorológica dos trabalhadores com possibilidade de exposição aos vírus das hepatites, ou outras doenças passíveis de proteção por meio de vacinação, aprovada pela autoridade competente.

- Promover adequado acompanhamento médico, incluindo a realização de exames parasitológicos e microbiológicos de fezes, sorologia para leptospirose e hepatites, etc. por ocasião das avaliações médicas.
- Adotar medidas de proteção coletiva contra quedas em tanques de tratamento de esgoto (guarda corpo). Quando for tecnicamente comprovada a impossibilidade de adoção de proteção coletiva, utilizar-se-á sistema adequado de proteção individual.
- Proteção respiratória e ocular para aerodispersóides de material orgânico proveniente dos reatores aerados.

2.2.4 Riscos químicos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

- Pelo uso de cloro, líquido (HCl) e gasoso (Cl₂) nos processos de coagulação, condensação, desinfecção e tratamento de lodos. O cloro gasoso pode ocasionar, inclusive em pequenas concentrações, alterações em vias aéreas em consequência da formação de ácido clorídrico. As alterações vão de irritação até a síndrome de sofrimento respiratório do adulto, e ao edema agudo de pulmão em concentrações de 40 a 60 ppm, sendo fatal após 1 hora de exposição a concentrações de 50 a 100 ppm. O cloro líquido pode causar lesão ocular em caso de respingo. Causa ainda alterações cutâneas como graves irritações e bolhas, além de acne clorada, no contato direto. Nos olhos seus vapores são irritantes podendo levar a queimadura, além de ação cáustica e necrozante, conjuntivite, queratite e blefarite. As alterações digestivas são erosão do esmalte e dentina, anorexia, vômitos e pirose.
- Provoca também, emagrecimento, anemia, vertigens e cefaléias. Geralmente quando uma planta utiliza cloro em grandes quantidades, está localizada em grandes centros metropolitanos,

com densidade populacional elevada, gerando riscos não só para os trabalhadores como também para a comunidade circundante.

- Pelo uso de ozona, nos processos de coagulação, condensação, desinfecção e tratamento de lodos. Provoca irritação ocular, nasal e de pulmões, ressecamento oral e tosse. Em concentrações mais elevadas provoca dor torácica, dispnéia, edema pulmonar e broncopneumonia. Exposições a concentrações entre 0,6 a 0,8 ppm por duas horas podem causar insuficiência respiratória grave 24 horas após.
- Exposição a gás sulfídrico (H_2S) e gás metano (CH_4) gerados pela decomposição do material orgânico. O gás sulfídrico tem odor característico (ovo podre), mas a detecção olfativa não é confiável em razão da fadiga olfativa que ocasiona. Causa irritação ocular, conjuntivite, perda do olfato. Em concentrações de 200 a 300 ppm, pode ocasionar inconsciência, hipotensão, edema pulmonar, convulsões. Exposição por 1 minuto a 900 ppm causa inconsciência e morte. O H_2S interfere bioquimicamente inibindo enzimas contendo metais essenciais no transporte de oxigênio, resultando asfixia e morte.
- Atmosfera IPVS (imediatamente perigosa à vida e à saúde) para exposições a concentrações iguais ou superiores a 100 ppm de H_2S . Em concentrações mais baixas é irritante das vias aéreas, gerando também dores de cabeça e conjuntivite.
- O gás metano compete com o oxigênio reduzindo sua concentração no ambiente, representando risco de asfixia, além de poder ocasionar explosão na presença de fagulha ou fonte de ignição.
- Produtos químicos utilizados nos laboratórios de análises.

- Contato com óleos, graxas e solventes nas atividades de manutenção de máquinas, tanto as de uso exclusivo do setor quanto aos veículos de transporte.
- Exposição a inseticidas, incluídos os do grupo dos organofosforados, nas tarefas de limpeza e manutenção de redes de esgoto.

Recomenda-se:

- . Instituir Planos de Contingências e Controle de Emergência para situações de vazamento de produtos tóxicos.
- . Elaborar e implementar Programa de Proteção Respiratória PPR em conformidade com a Instrução Normativa n.1 de 11 de abril de 1994 e tomando por base o Manual do Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro - Recomendações, Seleção e Uso de Respiradores.
- . Elaborar programa de treinamento em higiene visando esclarecer sobre os métodos de manuseio e utilização de substâncias e seus riscos à saúde.
- . Providenciar enclausuramento ou isolamento dos processos de adição de produtos tóxicos aos efluentes a serem tratados.
- . Instituir sistema de ventilação e exaustão em locais com possibilidade de vazamentos de produtos químicos.
- . Instalação de chuveiros e lava-olhos em locais com possibilidade de vazamento/exposição a produtos químicos.

- Proibição formal de fumo durante trabalhos em locais confinados ou com possibilidade de conter metano, pelo risco de efeito somatório agravante (monóxido de carbono e metano) de condição de baixa concentração de oxigênio, além do risco de desencadear incêndio/explosão.
- Disponibilizar conjuntos respiratórios autônomos para situações emergenciais, promovendo o adequado treinamento para seu uso.
- Estudar a viabilidade técnica da substituição de ozona por produtos menos tóxicos (hipoclorito líquido e radiações ultravioleta).
- Substituir solventes e óleos por produtos menos tóxicos e uso de cremes de proteção água-óleo resistentes.
- Promover adequado acompanhamento médico, especialmente em empregados encarregados de realizar tarefas de limpeza de redes de esgoto.

2.2.5 Riscos ergonômicos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E MPREGO, 2002)

- Esforço físico na utilização repetida de equipamentos pesados tais como garfos para retirada de resíduos sólidos de maior volume como o que ocorre nos setores de tratamento preliminar de esgoto ou manuseio de rastelo para retirada de lodo sobrenadante como ocorre nos setores de adensadores nas estações de tratamento de esgoto (ETE).
- Trabalho noturno nas centrais de controle, às vezes, executado por apenas 1 empregado.

Recomendações:

- Realizar a análise ergonômica do trabalho contemplando todas as atividades que envolvam riscos dessa natureza. No documento deverá constar claramente as recomendações a serem adotadas com cronograma de execução.
- Fazer adequado acompanhamento médico para verificar adoecimento decorrente/agravado por trabalho noturno. Os dados alterados deverão compor o Relatório Anual do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, devendo surtir efeitos nas normas gerais da empresa no combate/controle de fontes de adoecimento no trabalho.
- Mecanizar processo de levantamento de resíduos recolhidos em grades de tratamento preliminar de esgoto e de rastelo de lodo sobrenadante no setor de adensadores.
- Manter equipes com no mínimo 2 trabalhadores, independentemente do local de prestação de serviços e do conteúdo das tarefas prescritas.

2.3 Caracterização Microbiológica dos Esgotos

O processo convencional de tratamento de esgotos produz sólidos durante a sedimentação primária e no tratamento biológico. Estes sólidos contêm vários produtos orgânicos e inorgânicos tais como a biomassa produzida pela conversão biológica de compostos orgânicos, escumas, óleos e graxas, nutrientes (N e P), metais pesados, compostos orgânicos sintéticos, patógenos, etc. Os sólidos são posteriormente estabilizados para reduzir a matéria orgânica, eliminar odores ofensivos e baixar o nível de patógenos (HONG et al. 2003).

A maioria das bactérias presentes no esgoto é originária das fezes humanas ainda que poucas delas, como a *Leptospira* spp., sejam provenientes da urina do rato de esgoto (*Rattus norvegicus*). Fezes humanas contêm 25 a 33% do peso seco de bactérias, sendo a maioria morta (ANDRAUS et al. 1999).

A presença e os níveis de patógenos no esgoto dependem, naturalmente, dos níveis de infecção da população contribuinte, ou seja, da população assistida pela rede de esgoto, o que pode ser observado na TABELA 1.

TABELA 1. BACTÉRIAS PATOGÊNICAS PRESENTES EM FEZES DE PESSOAS INFECTADAS.

Espécie	Nº/g de peso seco
<i>Escherichia coli</i>	10 ⁸
<i>Salmonella paratyphi</i>	10 ⁶
<i>Salmonella thypi</i>	10 ⁶
Salmonella spp	10 ⁶
<i>Shigella sonnei</i> , <i>S. flexineri</i> , <i>S. boydii</i> , <i>S. dysenteriae</i>	10 ⁵

Fonte: EPA (1985)

A degradação das substâncias orgânicas nas estações de tratamento de esgotos é resultante da atividade de bactérias heterotróficas aeróbias e anaeróbias e fungos heterotróficos. GRAY (1989) investigou comunidades microbianas em diferentes estações de tratamentos de esgoto e encontrou comunidades diferentes de bactérias e fungos em todos tipos de tratamento de esgoto aeróbio e anaeróbio.

O esgoto bruto é um potencial condutor de microrganismos (TABELA 2) e pode representar um risco a saúde quando microrganismos patogênicos tornam-se aerolizados durante o processo de aeração.

TABELA 2. MICRORGANISMOS PRESENTES NO ESGOTO BRUTO

Microrganismo	UFC/mL
Coliformes totais	$1,1 \times 10^8$
Coliformes fecais	$9,5 \times 10^6$
Estreptococos fecais	$2,6 \times 10^6$
<i>Clostridium perfringens</i>	$3,0 \times 10^4$
Colífagos	$1,8 \times 10^5$

Fonte: Gasi (1991)

Trabalhadores das estações de tratamento de esgotos são potencialmente expostos a uma grande variedade de poluentes que podem ser agentes químicos específicos (H_2S , compostos orgânicos voláteis, químicos industriais tais como PCBs, metais pesados, etc.), agentes infecciosos e parasitas (vírus da hepatite A, *Leptospira* e *Helicobacter*, *Ascaris* e *Giardia*, etc.) e agentes biológicos não infecciosos (endotoxinas e micotoxinas). Além disso, esses trabalhadores podem desenvolver problemas respiratórios, gastro-intestinais, gripes e outros sintomas, que podem ser associados à exposição a microrganismos não infecciosos e toxinas microbianas específicas (DOUWES et al. 2001).

As estações de tratamento de esgotos são consideradas como fontes potenciais de microrganismos patogênicos, que são transportados por via aérea.

Em 1993 na Alemanha foi realizado um estudo que identificou centenas de diferentes espécies de fungos e bactérias saprofitas, incluindo actinomicetos termofílicos, no ar de estações de tratamento de esgoto. Baixas concentrações de bactérias patogênicas e vírus também foram identificadas (BÜNGER et al. 2000).

Diferentes autores têm ressaltado a incidência de uma forma especial de doença a chamada “síndrome dos trabalhadores de esgoto” entre os trabalhadores em tubulações e estações de tratamento de esgotos (BAUER, et al. 2002). A doença é caracterizada pela indisposição geral, fraqueza, rinite aguda e febre (LAITINEN et al. 1994), acompanhada de sintomas gastro-intestinais.

Os tanques de aeração das estações de tratamentos de esgotos são reconhecidos como uma importante fonte de aerossóis microbianos e, entretanto, podem representar riscos de exposição, primeiramente para trabalhadores das estações de tratamento como uma consequência do contato direto com o material/substrato contaminado ou por inalação de microrganismos aerolizados. Entretanto, também um risco potencial para visitantes e para a população vizinha não pode ser excluído. Apesar disso, riscos para populações que vivem próximas a estações de tratamento têm sido pobremente investigado (BRANDI et al. 2000).

2.4 Dispersão de Microrganismos pelo Ar

A transferência de microrganismos das estações de tratamento de esgoto para o ar ocorre principalmente durante o processo de aeração no qual há formação de bioaerossóis, os quais são gerados do estouro das bolhas de ar produzidas pelos sistemas de aeração do tratamento de esgoto, que fornecem o oxigênio para os processos de biodegradação. Neste caso as bolhas de ar movimentam-se para a superfície e em seguida estouram. Este fato produz pequenas gotas que são lançadas para cima atingindo facilmente 15 cm acima da superfície do líquido (WOODCOCK, 1995). O número de bioaerossóis aumenta rapidamente com o tamanho da bolha (WARNECK, 1988). Sendo assim, o tipo de sistema de aeração influencia grandemente a produção de bioaerossóis.

BLNACHARD e SYZDEK (1970) mostraram nos seus experimentos que concentrações de bactérias nas gotas ejetadas do estouro das bolhas foram 10 a 100 vezes maiores que da fonte de água, dependendo do tamanho da gota.

Tanques de aeração de estação de tratamento de esgotos produzem por minuto mais que 130 partículas/m³ de ar, sendo aproximadamente 10% constituídas de coliformes fecais (HO, 2002).

Concentrações de bactérias viáveis no ar da vizinhança medido a diferentes alturas e diferentes distâncias dos tanques de aeração já são descritos na literatura há muito tempo. BRANDI et al. (2000) investigaram a transmissão pelo ar de bactéria e fungos nas distâncias: 2 m e 10 m do tanque de aeração de duas estações de tratamento, com diferentes sistemas de aeração. As concentrações de aerossóis na distância de 2 m foram maiores quando geradas pelo sistema de aeração mecânica: 560 UFC/m³ e 1110 UFC/m³, respectivamente, para bactérias e fungos, do que quando foram geradas pelo sistema de fina difusão de ar: 220 UFC/m³ e 190 UFC/m³, respectivamente, para bactérias e fungos.

SAWER et al. (1996) encontraram concentrações de 126 a 4840 UFC/m³ de ar a diferentes alturas acima da superfície do tanque de aeração. BRENNER et al. (1988) determinaram entre 86 e 7143 UFC/m³ de bactérias para uma distância de 25 m do centro da superfície de um aerador ou a 1 m da parede basal do aerador. Não obstante, nenhum dado está disponível no que diz respeito a emissões microbianas diretas dos tanques de aeração na fase gasosa antes da diluição com o ar ambiental.

BAUER et al. (2002) trabalharam com dois tipos diferentes de estações de tratamento de esgoto e avaliaram as quantidades de bactérias e fungos viáveis presentes nos bioaerossóis emitidos. Os autores observaram na planta piloto de lodo ativado concentrações médias de 17.000 UFC/m³ de bactéria mesofílica, 2100 UFC/m³ de ar para bactérias tsa-sb (bactérias associadas com determinados fator de virulência), 1.700 UFC/m³ de ar para fungos mesofílicos e 45 UFC/m³ de ar para fungos termotolerantes. Nos aerossóis provenientes do reator filme-fixado encontraram 3.000 UFC/m³ de ar de bactérias mesofílica e 730 UFC/m³ de ar de bactérias tsa-sb e 180 UFC/m³ para fungos mesofílico e 14 UFC/m³ de fungos termotolerantes. Os autores concluíram que as emissões de bactérias e fungos aerolizados são significativamente diferentes para os dois tipos de tratamentos de

esgoto. O reator filme-fixado gera menos emissões microbianas do que a estação de tratamento de lodo aditivado. Os microrganismos estavam contidos em aerossóis < 0,2 μm , os quais podem atingir os alvéolos pulmonares.

WANNER (1975) e BRANDI et al. (2000) investigaram a influência de diferentes sistemas de aeração na dispersão microbiana. Eles concluíram que as mais baixas emissões de bioaerossóis foram causadas por bolhas finas difundidas no ar e que a maior parte das emissões bacterianas foi causada por gotas largas, que tendem a cair mais rapidamente.

BRAND et al. (2000) usaram três dispositivos amostradores de ar (SAS, ANDERSEN six-stages and all glass impinger) para avaliar o impacto ambiental de bioaerossóis de bactérias e fungos gerado por estações de tratamento de esgoto municipal que operam com diferentes métodos de oxigenação. Os autores observaram que as concentrações microbianas mais altas foram recuperadas acima dos tanques (2247 UFC/m³ de ar) e em posições a 2 m de distâncias (1425 UFC/m³). Ainda, os autores encontraram uma correlação linear entre a quantidade de esgoto tratada e a dispersão microbiana através do ar. A planta que opera com um sistema de ar difundido formando bolhas finas gera concentrações mais baixas de bactérias e fungos; além disso, microrganismos indicadores e estafilocos praticamente não foram encontrados. Finalmente, as bactérias: *Salmonellae*, *Pseudomona aeruginosa*, *Shigella*, *Aeromonas* spp. não foram detectadas tampouco nas plantas. Os autores concluíram que ocorre uma dispersão considerável de bactérias e fungos pelo ar, quando o tanque de aeração recebe oxigenação via agitação mecânica do esgoto, e sugerem a necessidade de convertê-lo para sistema de aeração difusa que possui menos riscos para a saúde humana.

O bioaerossol produzido por estação de tratamento de esgoto pública pode conter vírus entérico que devido a sua alta estabilidade sob condições ambientais, baixa dose de infecção é transmitida pela rota do aerossol, provavelmente constitui um potencial de risco para a saúde dos trabalhadores de estação de tratamentos de esgotos e das residências vizinhas (CARDUCCI et al., 1999).

Aumentos dos riscos de saúde devido à exposição a bioaerossóis, principalmente infecções das vias aéreas e da pele, foram reportadas em trabalhadores expostos a esgoto. Sintomas dermatológicos e respiratórios, incluindo infecções, foram também encontradas em um estudo sobre trabalhadores do lixo em New York (BUNGER et al. 2000). Bioaerossóis são capazes de induzir severas reações tóxicas tais como a síndrome tóxica da poeira orgânica, também chamadas de pneumociste tóxica.

Endotoxinas de bactérias Gram negativas foram identificadas como a causa destes sintomas tóxicos e foram também associadas com diminuição crônica e aguda da função pulmonar. Os fungos alérgenos podem causar alergias do tipo I - tais como asma bronquial rinite alérgica - em pessoas predispostas.

Embora diversos estudos sobre a saúde das populações que vivem próximas às estações de tratamento de esgoto não demonstrem efeitos significativos adversos na saúde relacionada à exposição ao aerossol, entretanto, a avaliação de níveis transportados por via aérea de microrganismos não infecciosos em ambientes altamente contaminados é uma questão real (EDWARD, 1998).

2.5 Doenças Associadas aos Microrganismos Presentes nos Bioaerossóis

Doenças infecciosas e não infecciosas causadas pela inalação de diferentes bioaerossóis dependem não apenas das propriedades biológicas e composição química dos seus aerossóis, mas também do número inalado e do seu local de deposição no sistema respiratório. O local de deposição das partículas está diretamente relacionado ao diâmetro aerodinâmico das mesmas, o efeito dos bioaerossóis na saúde depende principalmente de suas propriedades físicas e especialmente sua distribuição de tamanho.

A capacidade da bactéria patogênica causar infecção segundo KOWJAL (1985) depende da virulência ou da infectividade das espécies, da hereditariedade e da susceptibilidade do receptor humano e das condições ambientais de transmissão. Sendo assim, a infecção é uma relação dose-resposta na qual a dose é o número de

células bacterianas viáveis as quais o humano está exposto, e a resposta é o nível de infecção, ou seja é uma infecção sub-clínica sem doença, portadores sadios, ou uma infecção com doença.

Partículas maiores que 10 μm têm baixa probabilidade de entrar e atravessar a região nasal do trato respiratório naso-faríngeo. Bioaerossóis com diâmetro aerodinâmico de 5-10 μm são depositados principalmente na parte superior do sistema respiratório assim chamados de fração respirável e são capazes de penetrar nos alvéolos e podem causar alveolites alérgicas e outras doenças sérias (SELTZER, 1995).

Em trabalhadores expostos a bioaerossóis provenientes de estações de tratamento de esgoto há uma grande variedade de efeitos na saúde. Entre eles são citadas sinusites, infecções recorrentes do ouvido ou sintomas de gripe (BURGGE, 1990; MAHAR, 1999). Os sintomas respiratórios e as desordens gastro-intestinais podem ocorrer após a exposição a longo prazo (RYLANDER, 1986; IVENS et al. 1999).

Doenças infecciosas e não infecciosas causadas pela inalação de diferentes bioaerossóis dependem não apenas das propriedades biológicas e composição química dos seus aerossóis, mas também do número inalado e do seu local de deposição no sistema respiratório. Pois o local de deposição das partículas está diretamente relacionado ao diâmetro aerodinâmico da partícula, o efeito dos bioaerossóis na saúde depende principalmente de suas propriedades físicas e especialmente sua distribuição de tamanho.

O tamanho das células ou das partículas é um fator importante nos riscos associados com a contaminação microbiológica. Geralmente, quanto menor a partícula maior é o risco. A relação é devido ao fato que células menores e esporos podem atingir o pulmão e não são facilmente expelidas.

KRAJEWSKI et al. (2004) realizaram, na Alemanha, um estudo com 99 trabalhadores de uma grande estação de tratamento de esgoto, com o objetivo de

investigar queixas relativas à saúde dos trabalhadores expostos a bioaerossóis. A população estudada foi dividida em subgrupos de acordo com os postos de trabalho: tratamento mecânico, tratamento biológico, tratamento do esgoto e controle de operação. Foram avaliadas as concentrações de endotoxinas e D glucano no ar, na zona de respiração dos trabalhadores. As determinações foram feitas no verão durante a manhã. Os autores não encontraram relação estatisticamente significativa entre as queixas de saúde com os postos de trabalho. Na região de respiração dos trabalhadores a concentração média de endotoxinas foi de 20,3 ng/m³ e o de D glucano foi 7,76 ng/m³ e não se relacionou com o posto de trabalho. Entretanto, houve uma correlação altamente positiva entre os níveis de endotoxina e D Glucano, coeficiente de correlação 0,86, $p < 0,0005$.

2.6 Dispersão de Microrganismos pelos Bioaerossóis

Bioaerossóis contêm microrganismos que podem ser gerados através de processos naturais ou artificiais. Tem sido relatado que bioaerossóis são capazes de transportar microrganismos por longas distâncias e dependendo da fonte geradora eles são capazes de produzir infecções, problemas asmáticos e outros efeitos na saúde (BOVALLIUS et al. 1978).

A concentração de microrganismos em gotas ejetadas pelo estouro das bolhas em combinação com a concentração microbiana na interface ar-água pode exceder a concentração na sub-superfície por diversas vezes, contribui para a formação de aerossóis. Gotas do jato que são maiores que as gotas de películas contém massa significativa e prevalecem nos bioaerossóis.

Uma vez no ar as gotas evaporam e as bactérias na forma de bioaerossóis juntamente com as massas de ar podem ser transportadas para longas distâncias. A presença da bactéria no ar depende de uma combinação de fatores ambientais incluindo intensidade luminosa, tamanho e composição das gotas, assim como temperatura e umidade do ar. Até o presente momento, muito pouco é conhecido a respeito dos processos que controlam o fato das bactérias em gotas de aerossol.

A radiação ultravioleta assim como o oxigênio causa a morte de células vegetativas transportadas pelo ar. Outras situações como mudanças de temperatura e umidade relativa do ar estão entre os fatores que apresentam forte efeito germicida. Entretanto, a respeito dessas condições adversas, alguns microrganismos parecem sobreviver a longas distâncias transportados como bioaerossóis. Células contendo pigmentos carotenóides e em particular esporos de bactérias e fungos tendem a sobreviver melhor quando transportados pelo ar. BOVALLIUS et al. (1980) relatam que esporos de *Bacillus* viajaram a uma distância de 1800 km da região próxima ao Mar Negro até a Suécia.

Na Estação de Pesquisa Rothera (Ilha Adelaide, Península Antártica), HUGHES (2003) observou que doses moderadas de radiação UV reduziram o número de coliformes fecais viáveis, depositadas pelo vento, em 99,9%, quando comparado com período de baixa incidência de radiação UV. O autor constatou ainda que apenas uma hora de exposição a estresse de dissecação e à radiação UV a redução foi respectivamente, 99,8% e 99,98% dos coliformes fecais viáveis.

Na Estação de Pesquisa Rothera (Ilha Adelaide, Península Antártica), HUGHES (2003) observou que com a velocidade moderada do vento de 15 m/s foi capaz de transportar coliformes fecais a uma distância de 175 m da estação de tratamento do esgoto.

A Antártica também recebe doses diárias de radiação e em especial a ultra-violeta (287 a 470 nm), que são conhecidas por reduzirem a sobrevivência dos microrganismos no ar, na água e no esgoto.

Além disso, a dispersão de bactérias pode atingir altitudes extremamente elevadas, pois num experimento de caracterização de bioaerosol na Tasmânia observaram que as bactérias foram encontradas a 5,4 Km de altura.

Geralmente, alta velocidade dos ventos, alta umidade relativa do ar, céu nublado e altas concentrações de aerossóis no ar são provavelmente as condições mais importantes para o transporte efetivo de bactérias e fungos através do ar.

2.7 Métodos de Avaliação de Microrganismos no Ar

Existem quatro grupos de métodos para coleta de amostras: contagem de UFC microbiana por metro cúbico de ar obtido por aspiração; contagem de UFC por deposição de colônias em placas; dosagem de substâncias químicas produzidas por microrganismos; e contagem de células ao microscópio. Até o momento, apenas os dois primeiros métodos apresentam resultados confiáveis.

O método de coleta ativa é o mais recomendado pelos guias oficiais, entretanto apresenta alguns problemas: é difícil esterilizar o equipamento coletor; é caro; produz ruídos e turbilhonamento no ar; compromete a viabilidade dos microrganismos pelo seu impacto com o equipamento ou meios de cultura; os resultados podem diferir de acordo com o método ou o amostrador empregado. Na sua validação, deve-se levar em consideração a capacidade de detectar baixos níveis de contaminação; o fluxo de ar e o seu impacto; a medição do volume amostrado; a utilização de um meio de cultura adequado; facilidade de operação, limpeza, desinfecção e esterilização; e o equipamento não deve intrinsecamente adicionar biocontaminantes ao que está sendo medido.

A coleta passiva por deposição de microrganismos em Placas de Petri depende da contaminação pela ação da gravidade, sendo afetada pelo tamanho e forma das partículas, fluxo de ar, tempo de exposição, local onde as placas são expostas e apresenta dificuldade para estimar dados quantitativos. Entretanto, tem várias vantagens: menor custo; reproduz condições mais habituais na sala (as bactérias contaminam as superfícies por deposição e não por aspiração); é um método estéril e fácil de ser realizado, podendo fornecer dados quantitativos, desde que se uniformize o tamanho da placa, meio de cultura, tempo de exposição, processamento laboratorial da amostra e a forma de medição do resultado. Entretanto, a exceção da *Joint Commission on Accreditation of Hospital*, que recomenda seu uso para monitorar salas com fluxo laminar, praticamente todas as demais instituições optam por resultados advindos de métodos ativos de coleta, apesar da não uniformização de equipamento ou técnica.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Estação de Tratamento de Esgotos

A unidade de tratamento de esgotos da Sanepar denominada “ETE-Belém” situada em Curitiba-PR, está em operação há 25 anos e trata os esgotos pelo processo de aeração prolongada, sistema conhecido como carrossel. Apesar de ser a única entre as dezenas de unidades de tratamento nesse gênero, merece destaque pelas quantidades de esgoto tratada (500.000 habitantes) e de lodo produzido (t/dia^{-1}).

Ao chegar à ETE-Belém, o esgoto passa por um gradeamento, onde os sólidos grosseiros, como galhos e trapos, são retirados, evitando danos aos equipamentos. Um segundo gradeamento é utilizado para reter materiais menores, que não são facilmente biodegradáveis e que podem, inclusive, trazer problemas para as tubulações, bombas e válvulas. O material retido em ambos os gradeamentos é transportado para uma caçamba. A fase seguinte é a desarenação, na qual a areia contida no esgoto é removida por sedimentação pelo desarenador.

Depois que os materiais indesejáveis e os sólidos inertes são retirados, o esgoto vai para os tanques de aeração, em número de dezesseis, sendo que apenas doze estão em operação.

O sistema "Carroussel" utiliza aeradores de eixos verticais (2/tanque), marca LSA, com vazão de $150 \text{ Kg de ar.h}^{-1}$, que operam em turno de 24 h e que promovem turbulência, permitindo que os sólidos fiquem em suspensão e em contato direto com a matéria orgânica a ser degradada.

Os aeradores instalados nas extremidades dos tanques (cabeceiras), impulsionam o líquido ao longo do valo, fornecendo o oxigênio necessário ao processo (lodos ativados/aeração prolongada) e mantendo o lodo em suspensão.

O circuito apresenta duas zonas de características totalmente diferentes:

- Zona de mistura completa ou mistura total
- Zona de fluxo

A zona de mistura completa situa-se sob os aeradores caracterizando-se por um fluxo espiral, que promove uma completa agitação em toda a massa líquida.

Além de ocorrer aqui a introdução do oxigênio, origina-se o impulso do líquido por meio dos aeradores; obviamente, esta zona é rica em oxigênio dissolvido.

Na zona de fluxo os microorganismos existentes no sistema degradam, por metabolismo aeróbio, a matéria orgânica contida no afluente, transformando-a em compostos mais simples (CO_2 , H_2O , NH_3 ou NO_3 , etc.).

O sistema Carroussel® caracteriza-se por:

- Possuir eficiência de remoção de DBO superior a 98%;
- Promover a nitrificação e a desnitrificação em um mesmo tanque;
- Não necessitar, normalmente, de decantação primária;
- Ser pouco sensível a cargas de choque ou tóxicas;
- Produzir um excesso de lodo com idade mínima de 20 dias, garantindo um bom grau de estabilização, facilitando o posterior desaguamento, não atraindo insetos ou gerando fortes odores ofensivos (fatores esses imprescindíveis em determinados tipos de indústrias).

Completando o tratamento biológico, dois decantadores secundários recebem o "liquor" dos tanques de aeração e separam o efluente dos sólidos suspensos. O efluente tratado extravasa pelos vertedores e vai ser descartado em um canal, indo desaguar no Rio Iguaçu.

3.2 Coleta de Amostras de Bioaerossóis

No dia 18 de outubro de 2005, foram coletadas amostras de bioaerossóis em dois tipos de ambiente: interno e externo.

- Ambiente Interno: Setor Administrativo, localizado a aproximadamente 70 m dos tanques de aeração.

Supervisão Administrativa

- Cozinha
- Sala de painéis
- Laboratório de sólidos
- Laboratório de Físico-Química
- Sala da Prensa

Equipamentos: Prensa e Caleador

Ambiente externo:

- a 3 m de distância do tanque de aeração, em frente ao Centro de comandos de motores

As amostragens de bioaerossóis foi realizada em triplicatas, com um Monitor Microbiológico de Ar modelo M Air T da Millipore, com a taxa de amostragem ativa de ar na razão de $1\text{m}^3/7\text{min}$, ao qual foi acoplado a um cassete de 44 cm^2 de área, contendo meio de cultura específico. Sobre este adicionou-se a placa perfurada do M Air T com 967 furos para otimizar a distribuição de colônias e reduzir a sobreposição.

Os pontos de coleta foram escolhidos aleatoriamente, com o intuito de cobrir toda a área amostrada e o Monitor posicionada sobre as mesas (salas de supervisão), bancadas (laboratórios), painéis (sala de painéis) e banquetas (caleador).

Ao amostrador de ar foi acoplado um cassete estéril (90 mm de diâmetro) contendo, aproximadamente, 20 mL do meio de cultura específico, que atinge uma profundidade mínima de 6 mm e minimiza a evaporação de água durante o ciclo de amostragem.

Considerando-se a grande concentração de bioaerossóis no ambiente da sala da prensa, confirmado pelo teste preliminar, realizou-se a filtração do ar com grande dificuldade. A filtração foi realizada a uma distância de 1,0 m da prensa, na área onde atua o operador. Já para o caleador, localizado no piso da sala da prensa, a aproximadamente 6 m da mesma, a amostragem foi realizada ao lado deste, distante aproximadamente 5 m, onde o operador transita para realizar suas atividades.

3.3 Contagem de microrganismos no ar

Para cada grupo de microrganismo, fungos ou bactérias, utilizou-se o meio de cultura específico, conforme o QUADRO 1 abaixo.

QUADRO 1. GRUPO DE MICRORGANISMO, MEIO DE CULTURA UTILIZADO E TEMPERATURA DE INCUBAÇÃO

Grupo	Meio de cultura	T (°C)
1. Fungos		
Fungos Mesofílicos	Ágar Saboroud Dextrose Clorafenicol	25,0
2. Bactérias		
Estafilococos	Ágar Baird-Parker Base	35,0
Coliformes fecais	Ec Broth	35,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Agar Cetrimide Base	35,0
Bactérias heterotróficas	Casein-peptone Dextrose Yeast Agar	35,0

Após a filtragem do ar, os cassetes foram lacrados, embalados em recipientes “top wear”, transportados em caixas de isopor para o Laboratório de Biologia do Solo da UFPR e incubadas em estufa BOD, conforme a exigência de temperatura do microrganismos específico, apresentada no QUADRO 1.

Cinco dias após de incubação foram feitas as contagens das unidades formadoras de colônia (UFC) referente aos fungos mesofílicos, bactérias: heterotróficas, estafilococos, coliformes fecais e *Pseudomonas aeruginosa*. No entanto, a contagem de coliformes fecais e *Pseudomonas aeruginosa* foi feita mediante a confirmação nos meios Ec Broth e Acetamida, respectivamente, após cinco dias de incubação.

Os resultados obtidos de densidade de microrganismos em ambiente interno foram comparados com a RESOLUÇÃO ANVISA Nº 176, DE 24 DE OUTUBRO DE 2000 (ANEXO 1), na qual foram utilizados os parâmetros: Valor Máximo Aceitável e Valor Máximo Relativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos (TABELA 3), com a filtração do ar, demonstram a existência de todos os grupos de microrganismos pesquisados, ou seja, a presença de fungos mesofílicos (FM), coliformes fecais (CF), estafilococos (EF) e *Pseudomonas aeruginosa* (PA), além das bactérias heterotróficas (BH).

Verifica-se que no Ambiente Interno (Supervisão Administrativa, Cozinha, Sala de Painéis, Laboratório de Sólidos, Laboratório Físico-Químico e Supervisão dos Laboratórios), a maior densidade encontrada foi de Fungos Mesofílicos, seguida de Bactérias Heterotróficas, que foram mais de dez vezes superiores à densidade dos demais microrganismos.

4.1 Ambiente Interno (AI) - Densidade de Fungos Mesofílicos

Em ambiente interno, como os aqui analisados, a predominância de bactérias foi superior a dos fungos (TABELA 3). Esses resultados são corroborados por Wadd (2004), em outros ambientes internos com elevado trânsito de pessoas, como exemplo shopping center.

Os fungos no ar podem originar-se de diversos meios tais como: solo, superfície de plantas e animais, processo de aeração dos tanques das estações de tratamento de esgotos e outros.

4.2 Ambiente Interno (AI) - Densidade de bactérias

O grupo microbiano de menor densidade (TABELA 3), porém não menos importante, foi representado pelas bactérias: CF, EF e PA, além das BH. A presença das três primeiras, mesmo em quantidades baixas, indica a presença no ar de bactérias de origem humana, sendo o primeiro grupo CF considerado internacionalmente como indicador de contaminação fecal.

TABELA 3. DENSIDADE DE MICRORGANISMOS DO AR, NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ETE BELÉM, CURITIBA – PR, EM AMBIENTES INTERNO E EXTERNO (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Ambientes	Microrganismos (UFC/m ³ de ar)					
	FM	EF	CF	PA	BH	Total
1. Interno						
Supervisão Administrativa	128	12	47	3	228	418
Cozinha	191	10	36	9	212	458
Sala de Painéis	137	10	23	8	328	506
Laboratório de Sólidos	225	20	49	10	290	594
Laboratório de Físico-química	187	29	50	4	321	591
Supervisão dos Laboratórios	231	19	23	7	427	707
Sala da Prensa	442	121	2895	35	3694	7187
Caleador	415	85	2268	25	3512	6305
2. Externo
3 m de distância do tanque aerador	364	187	1578	32	3214	5375

Legenda:

FM = Fungos Mesofílicos; EF = Estafilocos; CF = Coliformes fecais; PA = *Pseudomonas aeruginosa*; BH = Bactérias Heterotróficas

Os fungos no ar podem originar-se de diversos meios tais como: solo, superfície de plantas e animais, processo de aeração dos tanques das estações de tratamento de esgotos e outros.

4.2 Ambiente Interno (AI) - Densidade de bactérias

A origem dessas bactérias, nesses ambientes, se dá principalmente pelo ar, pois o prédio do setor administrativo, onde estão os locais analisados, estão a aproximadamente a 70 m dos aeradores. Dessa forma, os ventos deslocam os bioaerossóis gerados nos tanques de aeração são facilmente deslocados pelas correntes de ventos atingindo os mais diversos locais, o que é confirmado por BOVALLIUS et al. (1980) e HUGHES (2003).

4.3 Ambiente Externo (AE) - Densidade de Microrganismos

O ponto de coleta, a aproximadamente 3 m do tanque aerador, representa um local de acesso ao mesmo no qual os operadores da estação fazem coletas de amostras de efluente. Nesta atividade estão expostos a uma grande concentração de bioaerossóis e conseqüentemente de microrganismos, inclusive patogênicos, semelhantes ao esgoto (Brandi et al. 2000).

Devido à inexistência de padrões, nacionais ou internacionais, para classificar os grupos de microrganismos quantitativa e qualitativamente no AE (TABELA 3), em função da heterogeneidade e o número de variáveis que interferem neste ambiente tais como: fonte geradora, temperatura, umidade, radiação solar, velocidade do vento entre outros é possível no máximo compará-los com as densidades encontradas em outros ambientes e destacar o risco potencial na transmissão de doenças.

4.4 Qualidade do ar em Ambiente Interno (AI), de acordo com a Resolução Anvisa 176/2000

De todas as avaliações internas as que merecem mais destaque são as realizadas na sala da prensa, as quais foram representadas por dois pontos de amostragem: prensa e caleador, conforme demonstra a TABELA 3. Verifica-se que a densidade dos cinco grupos microbianos foi muitas vezes superior a determinada para os outros ambientes.

Os resultados obtidos na sala da prensa são presumíveis, pois na data da visita de coleta de amostras (18/10/2005) foi possível constatar a olho nu, com grande facilidade a quantidade de bioaerossóis presente no ar, gerada pelo uso deste equipamento, característico do processo de prensagem do lodo, formando uma verdadeira nuvem. Este fato, liberação de bioaerossóis, representa um potencial gravíssimo e comprometedor da saúde dos operadores que ali desenvolvem suas atividades, por menor que seja o tempo de exposição. Tais trabalhadores podem desenvolver a chamada “síndrome dos trabalhadores de esgotos”, conforme destacam BAUER, et al. (2002) e LAITINEN et al. (1994) caracterizam a doença pela indisposição geral, fraqueza, rinite aguda e febre, acompanhada de sintomas gastro-intestinais. Além disso, os trabalhadores podem adquirir doenças crônicas representadas principalmente pela asma brônquica e pela alveolite alérgica (MET, 2002).

Ressalta-se que a prensa fica numa posição elevada (4 m) de altura e seus bioaerossóis gerados são deslocados pelas correntes de ventos e se movimentam em direção ao caleador, depositando-se sobre o trabalhador que ali se encontra, o qual recebe uma elevadíssima carga de microrganismos.

Os resultados obtidos, em termos de densidade microbiana, neste local de amostragem são semelhantes aos obtidos por BRAND et al. (2000) a uma distância de 2 m acima do tanque de aeração, ou seja, há uma grande similaridade, em termos de densidade e diversidade, entre os grupos microbianos aqui analisados e os constituintes dos esgotos.

É importante ressaltar que, conforme a TABELA 4, os resultados obtidos no ambiente interno demonstram que a maior parte dos ambientes analisados, com exceção da sala da prensa e do caleador, apresenta densidades inferiores ao estabelecido pelo “Padrão Referencial Brasileiro” Resolução Anvisa 176/2000, que estabelece o Valor Máximo Aceitável de “750 UFC/ m³” de ar. Mas, considerando-se que o local de amostragem é uma estação de tratamento de esgoto, que possui alto teor de umidade relativa, para preservação da saúde dos trabalhadores é fundamental a cada seis meses realizar uma avaliação qualitativa e quantitativa dos

microrganismos (bactérias e fungos) presentes no ar, conforme prevê a Resolução Anvisa 176/2000.

TABELA 4. DENSIDADE DE MICRORGANISMOS DO AR, NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ETE BELÉM, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – PR, EM AMBIENTES INTERNO E EXTERNO (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).

Ambientes	Fungos (UFC/m ³ de ar)			
	FM*	Amostra externa	Relação I/E**	Classificação***
1. Interno				
Supervisão Administrativa	128	168	0,8	BC
Cozinha	191	168	1,1	BC
Sala de Painéis	137	168	0,8	BC
Laboratório de Sólidos	225	168	1,3	BC
Laboratório de Físico-química	187	168	1,1	BC
Supervisão dos Laboratórios	231	168	1,4	BC
Sala da Prensa	442	168	2,6	MC
Caleador	415	168	2,5	MC

Legenda:

*FM = Fungos Mesofílicos;

**Relação I/E = Relação entre ambiente Interno (I) e ambiente externo (E)

***BC = Boas condições; MC = Más condições, segundo Resolução Anvisa 176/2000.

Comparando-se os resultados das densidades microbianas (TABELA 4) com o parâmetro “Valor Máximo Relativo” Resolução. Anvisa 176/2000, verifica-se que os Ambientes Internos (Supervisão Administrativa, Cozinha, Sala de Painéis, Laboratório de Sólidos, Laboratório Físico-Químico e Supervisão dos Laboratórios) apresentam índices “I/E” < 1,5, o que significa ambientes em boas condições, quanto ao ar.

No tocante a sala da prensa, a densidade microbiana ultrapassou o Valor Máximo Aceitável de “750 UFC/ m³” de ar (TABELA 4), demonstrando a elevada densidade microbiana deste ambiente. Além disso, o índice “I/E” foi > 2,0, reafirmando a péssima qualidade do ar a qual os operadores de prensa e caleador estão expostos.

5. CONCLUSÕES

Com base na amostragem obtida é possível concluir que:

No ambiente Interno da administração da ETE-Belém, devido às proximidades dos tanques aeradores e a natureza dos esgotos coletados, apesar dos baixos resultados de fungos (UFC/m³ de ar), há necessidade de se realizar uma pesquisa qualitativa em todos os ambientes com o objetivo de detectar a presença dos gêneros de fungo patogênicos: *Histoplasma* sp, *Cryptococcus neoformans*, e *Paracoccidioides* sp e também dos fungos toxigênicos como: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys atra*, *Fusarium moniliforme* e de bactérias como *Leptospira* sp e *Legionella pneumophila*, conforme prevê a Resolução Anvisa 176/2000.

No ambiente Interno – Sala da prensa e do caleador, os resultados quantitativos, Valor de Referência e o Valor Máximo Relativo, para fungos demonstram a má qualidade do ar, sugerindo que o funcionamento da prensa para desidratação do lodo é inadequado, devido à grande quantidade de bioaerossóis gerados, o que pode comprometer a saúde dos operadores. Esta prensa pode ser substituída por uma centrífuga que não gera bioaerossóis.

No ambiente externo – Local de passagem dos funcionários, ao lado dos tanques aeradores, para coleta de amostras é necessária a utilização de EPI apropriado: Proteção respiratória e ocular para aerodispersóides de material orgânico proveniente dos reatores aerados, macacão, protetor facial, luvas e botas.

REFERRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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** 36 (2002) 3965–3970.
- BLANCHARD, D. C.; SYZDEK L. Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. **Science**. 1970;170:626.
- BOVALLIUS, A.; ROIEY, R., HENNINGSON, E. Long range air transmission of bacteria. **Annals of the New York**. Academy of Sciences, 1980, 3, 186-200.
- BRANDI, G.; SISTI, M, AMAGLIANI, G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. **Journal Applied Microbiology**, 2000;88:845–52.
- BRANDI, G.; SISTI, M.; AMAGLIANI, G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. **Journal Applied Microbiology**. 2000, 88, 854-852.
- BRENNER, K. P.; SCARPINO, P.V.; CLARK, S. Animal viruses, coliphages, and bacteria in aerosols and wastewater at a spray irrigation site. **Applied Environmental Microbiology**. 1988;54:409–15.
- BÜNGER, J.; ANTLAUF-LAMMERS, M.; SCHULZ, T. G.; WESTPHAL, G. A.; MÜLLER, M. M.; RUHNAU, P.; HALLIER, E. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. **Occup Environ Med** 57:458–464 458, 2000.
- BURGE, H. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. **Journal Allergy Clinic Immunological**. 1990;86:687–701.
- CARDUCCI, A.; ARRIGHI, S., RUSCHI, M. A. Detection of coliphages and enteroviruses in sewage and aerosol from an activated sludge wastewater plant. **Letters in Applied Microbiology** 1995;21:207–214.
- CARDUCCI, A.; GEMELLI, C.; CANTIANI, L.; CASINI, B.; ROVINIUI, 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.
- CARRINGTON, E. G. The fate of pathogenic micro-organisms during waste-water treatment and disposal. **Water Research Centre - Technal** report no. 128, 58, 1980.
- DALES, R.E. ZWANENBURG, H., BURNETT, R.; FRANKLIN, C.A. Respiratory health effects of home dampness and molds among children. **American Journal of Epidemiology** 134:196-203 1991.

EDUARD, W.; HEEDERIK, D. Methods for quantitative assessment of airborne levels of noninfectious microorganisms in highly contaminated work environments. **Am Ind Hyg Assoc J**. 1998;59:113–27.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Environmental regulations and technology: control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40CFR part 503. EPA/625/R92/013. 1992.

EPSTEIN, E., WU, N.; YOUNGBERG, C., CROUTEAU, G. Dust and Bioaerosols at a Biosolids Composting Facility. **Compost Science & Utilization**. 2001, 3:250-255.

GRAY, NF. **Biology of wastewater treatment**. New York: Oxford University Press, 1989, 828p.

HAYS, B. D. Potencial for parasitic disease transmission with land application of sewage plant effluents and sludges. **Water Research**, 11:583-595, 1977.

HO, J. Future of biological aerosol detection. **Analytica Chimica Acta**, 457, 125–148, 2002.

HONGA, S. M.; PARKB, J. K.; LEEC, Y, O. Mechanisms of microwave irradiation involved in the destruction of fecal coliforms from biosolids. **Water Research** 38 (2004) 1615–1625. <http://alcor.concordia.ca/~raojw/crd/essay/essay000968.html>. Acessado em: 05/04/05.

HUGHES, K. A. Aerial dispersal and survival of sewage-derived faecal coliforms in Antarctica. **Atmospheric Environment**. 37: 3147–3155, 2003.

IVENS, U.I.; BREUM, N. O.; EBBEHOJ, N.; NIELSEN, B.H.; POULSEN, O.M.; WURTZ, H. Exposure–response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. **Scand J Work Environ Health** 1999;25:238–45.

KRAJEWSKI, J. A.; CYPROVISKI, M.; SZYMCZAC, M.; GRUCHALA, J. Health complaints from workplace exposure to bioaerosols: a questionnaire study in sewage workers. **Ann Agric Environ Med**. 2004, 11, 199–204.

LAITINEN, S.; KANGAS, J.; KOTIMAA, M.; LIESIVUORI, J.; MARTIKAINEN, P.J.; NEVALAINEN, A.; SARANTILA, R.; HUSMAN, K. Worker's exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. **Am Ind Hyg Assoc J** 1994; 55:1055–60.

MAHAR S.; REYNOLDS, S.J.; THORNE, P. S. Worker exposures to particulates, endotoxins, and bioaerosol in two refusederived fuel plants. **Am Ind Hyg Assoc J** 1999;60:679–83.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) Resolução - RE n ° 176, de 24 de outubro de 2000.

NEVALAINEN, A., PASTUSZKA, J., LIEBHABER, F., WILLEKE, K. Performance of bioaerosol samplers: Collection characteristics and sampler design considerations. **Atmospheric Environment**, 1991, 531–540.

ORSINI, M.; LAURENTI, P.; BONINTI, F.; ARZANI, D.; IANNI, A.; ROMANO-SPICA, V. A molecular typing approach for evaluating bioaerosol exposure in wastewater treatment plant workers. **Water Research** 36:1375–1378, 2002.

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

PIKE, E. B. DAVIS, R. D. Stabilisation and disinfection: their relevance to agricultural utilisation of sludge. **Water Research**, 3:1-29, 1984.

PÓSFAL, M.; LIB, J.; ANDERSON, J. R.; BUSECK, P. R. Aerosol bacteria over the Southern Ocean

RYLANDER, R. Lung disease caused by organic dust in the farm environment. **Am J Ind Med** 1986;10:221–7.

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. **Appl Environ Microbiol** 1993;59:3183–6.

SAWYER, B.; RAO, K. C.; O'BRIEN, P.; ELENBOGEN, G.; ZENZ, D.R.; LUE-HING, C. Changes in bacterial aerosols with height above aeration tanks. **J Environ Eng.** 1996;5:368–73.

SELTZER, J.M. Biologic contaminants. **Occupational Medicine: State of the Art Reviews**. 10: 1-25. 1995.

STETZENBACH, L. D. **Introduction to aerobiology**. In: Manual of environmental. 619–628. Washington, DC: ASM Press. 1997.

WARNECK, P. Chemistry of the natural atmosphere, Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz, 1988.

WOODCOCK, A. H. Bursting bubbles and air pollution. **Sewage Ind Wastes** 1955;27:1189.

ANEXO I. RESOLUÇÃO Nº 176 DE 24 DE OUTUBRO DE 2000 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE
AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/176_00re.htm



MINISTÉRIO DA SAÚDE

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA

RESOLUÇÃO-RE Nº 176, DE 24 DE OUTUBRO DE 2000

O Diretor da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere a Portaria nº 724, de 10 de outubro de 2000, c/c o art. 107, inciso II, alínea "a" e seu § 3º, considerando o interesse sanitário na divulgação do assunto;

considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem-estar e o conforto dos ocupantes dos ambientes climatizados;

considerando a disponibilidade dos dados coletados, analisados e interpretados e o atual estágio de conhecimento da comunidade científica internacional, na área de qualidade do ar ambiental interior, que estabelece padrões referenciais e/ou orientações para esse controle;

considerando o disposto no Art. 2º da Portaria GM/MS n.º 3.523, de 28 de agosto de 1998;

considerando que a matéria foi submetida à apreciação da Diretoria Colegiada que a aprovou em reunião realizada em 18 de outubro de 2000, resolve:

Art. 1º Determinar a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, em anexo.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

GONZALO VECINA NETO

ANEXO

Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

I - HISTÓRICO

O Grupo Técnico Assessor de estudos sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, foi constituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA, no âmbito da Gerência Geral de Serviços da Diretoria de Serviços e Correlatos e instituído por membros das seguintes instituições:

Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e de Qualidade do Ar de Interiores/BRASINDOOR, Laboratório Noel Nutels, Instituto de Química da UFRJ, Ministério do Meio Ambiente, Faculdade de Medicina da USP, Organização Panamericana de Saúde/OPAS, Fundação Cruz/FIOCRUZ, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho FUNDACENTRO/MTb, Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial/INMETRO, Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar/APECIH e, Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde/RJ, Instituto de Ciências Biomédicas ICB/USP e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 1999 e primeiro semestre de 2000, tendo como metas:

1. estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos a saúde dos seus ocupantes;

2. instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

II - ABRANGÊNCIA

O Grupo Técnico Assessor elaborou a seguinte Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos (Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004) e as recomendações para controle (Quadros I e II).

Recomendou que os padrões referenciais adotadas por esta Orientação Técnica sejam aplicados aos

ambientes climatizados de uso público e coletivo já existentes e aqueles a serem instalados. Para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigências de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros, sejam aplicadas as normas e regulamentos específicos.

III - DEFINIÇÕES

Para fins desta Orientação Técnica são adotadas as seguintes definições, complementares às adotadas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98:

- a) Aerodispersóides: sistema disperso, em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerosol ou aerossol.
- b) ambiente aceitável: ambientes livres de contaminantes em concentrações potencialmente perigosas à saúde dos ocupantes ou que apresentem um mínimo de 80% dos ocupantes destes ambientes sem queixas ou sintomatologia de desconforto.^{1, 2}
- c) ambientes climatizados: são os espaços fisicamente determinados e caracterizados por dimensões e instalações próprias, submetidos ao processo de climatização, através de equipamentos.
- d) ambiente de uso público e coletivo: espaço fisicamente determinado e aberto a utilização de muitas pessoas.
- e) ar condicionado: é o processo de tratamento do ar, destinado a manter os requerimentos de Qualidade do Ar Interior do espaço condicionado, controlando variáveis como a temperatura, umidade, velocidade, material particulado, partículas biológicas e teor de dióxido de carbono (CO₂).
- f) Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior: marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais
- g) Qualidade do Ar Ambiental Interior: Condição do ar ambiental de interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial.
- h) Valor Máximo Recomendável: Valor limite recomendável que separa as condições de ausência e de presença do risco de agressão à saúde humana.

IV - PADRÕES REFERENCIAIS

Recomenda os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo.

1 - O Valor Máximo Recomendável para contaminação microbiológica deve ser < 750 ufc/m³ de fungos, para a relação I/E < 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior.³

Quando este valor for ultrapassado ou a relação I/E for > 1,5, é necessário fazer um diagnóstico de fontes para uma intervenção corretiva.

É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

2 Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são:

2.1 - < 1000 ppm de dióxido de carbono (CO₂), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.²

2.2 - < 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.⁴

3 Os valores recomendáveis para os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401 Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.⁵

3.1 - a faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21°C e 23°C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27°C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28°C. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20°C a 22°C.

3.2 - a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até

70%. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

3.3 - a faixa recomendável de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, deverá variar de 0,025 m/s a 0,25 m/s. Estes valores são considerados médios quando medidos com instrumento de alta sensibilidade.

3.4 - a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes como lojas, centros comerciais, bancos e outros, onde a taxa de ocupação de pessoas por m² é crítica. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂, maior ou igual a estabelecida nesta Orientação Técnica como Valor Máximo Recomendável.

3.5 - o Grau de Pureza do Ar nos ambientes climatizados será obtido utilizando-se, no mínimo, filtros de classe G-3 nos condicionadores de sistemas centrais.2

Os padrões referenciais adotados complementam as medidas básicas definidas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, para efeito de reconhecimento, avaliação e controle da Qualidade do Ar Interior nos ambientes climatizados. Deste modo poderão subsidiar as decisões do responsável técnico pelo gerenciamento do sistema de climatização, quanto a definição de periodicidade dos procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, desde que asseguradas as frequências mínimas para os seguintes componentes, considerados como reservatórios, amplificadores e disseminadores de poluentes.

Componente	Periodicidade
Tomada de ar externo	mensal
Unidade filtrante	mensal
Serpentina de aquecimento	mensal
Serpentina de resfriamento	mensal
Umidificador	mensal
Ventilador	semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	semestral
Inspeção	semestral

V - FONTES POLUENTES

Recomenda que sejam adotadas para fins de pesquisa e com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, as possíveis fontes de poluentes informadas nos Quadros I e II.

QUADRO I: Possíveis fontes de poluentes biológicos

Agentes biológicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais Medidas de correção em ambientes interiores
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.	Realizar a limpeza e a conservação das torres de resfriamento; higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar as infiltrações; higienizar as superfícies.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido vazamentos, infiltrações e condensação de água; higienizar os ambientes e componentes do sistema de climatização ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar materiais porosos contaminados; eliminar ou restringir vasos

	com plantas.	de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água (hidroponia); utilizar filtros G-1 na renovação do ar externo.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.	Higienizar o reservatório ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Vírus	Hospedeiro humano.	Adequar o número de ocupantes por m ² de área com aumento da renovação de ar.; evitar a presença de pessoas infectadas nos ambientes climatizados
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.	Higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Pólen	Ar externo.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar as superfícies fixas e mobiliário, especialmente os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar o uso desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos .

QUADRO II: Possíveis fontes de poluentes químicos

Agentes químicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais medidas de correção em ambientes interiores
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).	Manter a captação de ar exterior com baixa concentração de poluentes; restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; eliminar a infiltração de CO proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
CO2	Produtos de metabolismo humano e combustão.	Aumentar a renovação de ar externo; restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas.
NO2	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a infiltração de NO2 proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
O3	Máquinas copiadoras e impressoras a laser .	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O ₃ .
Formaldeído	Materiais de acabamento, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários	Selecionar os materiais de construção, acabamento e mobiliário que possuam ou emitam menos formaldeído; usar produtos domissanitários que não contenham formaldeído.
Material particulado	Poeira e fibras.	Manter filtragem de acordo com NBR-6402 da ABNT; evitar isolamento termo-acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes internas e externas; higienizar as superfícies fixas e mobiliários sem o uso de vassouras, escovas ou espanadores; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade; adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores (vide biológicos); restringir o tabagismo em áreas fechadas.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a quantidade de ar externo admitido para renovação e/ou exaustão dos poluentes; restringir o tabagismo em áreas

		fechadas.
COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.	Selecionar os materiais de construção, acabamento, mobiliário; usar produtos de limpeza e domissanitários que não contenham COV ou que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
COS-V	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.	Eliminar a contaminação por fontes pesticidas, inseticidas e a queima de combustíveis; manter a captação de ar exterior afastada de poluentes.

COV Compostos Orgânicos Voláteis.

COS-V Compostos Orgânicos Semi- Voláteis.

Observações - Os poluentes indicados são aqueles de maior ocorrência nos ambientes de interior, de efeitos conhecidos na saúde humana e de mais fácil detecção pela estrutura laboratorial existente no país.

Outros poluentes que venham a ser considerados importantes serão incorporados aos indicados, desde que atendam ao disposto no parágrafo anterior.

VI - AVALIAÇÃO E CONTROLE

Recomenda que sejam adotadas para fins de avaliação e controle do ar ambiental interior dos ambientes climatizados de uso coletivo, as seguintes Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004.

Na elaboração de relatórios técnicos sobre qualidade do ar interior, é recomendada a NBR-10.719 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Norma Técnica 001

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Bioaerosol em Ambientes Interiores.

Método Analítico

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.

DEFINIÇÕES:

Bioaerosol: Suspensão de microorganismos (organismos viáveis) dispersos no ar.

Marcador epidemiológico: Elemento aplicável à pesquisa, que determina a qualidade do ar ambiental.

Aplicabilidade: Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

Marcador Epidemiológico: Fungos viáveis.

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Impactador de 1, 2 ou 6 estágios. Meio de Cultivo: Agar Extrato de Malte, Agar Sabouraud Destrose a 4%, Agar Batata Dextrose ou outro, desde que cientificamente validado.

Taxa de Vazão: 25 a 35 l/min, recomendado 28,3 l/min. Tempo de Amostragem: 10 min. Em áreas altamente contaminadas um tempo de amostragem menor pode ser recomendável.

Volume Mínimo: 140 l

Volume Máximo: 500 l Embalagem: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico) Transporte: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)

Calibração: Semestral

Exatidão: $\pm 0,02$ l/min.

Precisão: $\pm 99,92$ %

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

selecionar 01 amostra de ar exterior localizada nas proximidades da entrada da tomada de ar externo na altura de 1,50 m do solo.

selecionar ao menos 01 amostra de ar interior por andar ou de cada área servida por um equipamento condicionador de ar. Para grandes áreas recomenda-se :

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15

15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

o amostrador deve estar localizado na altura de 1,50m do solo, no centro do ambiente ou em zona ocupada.
PROCEDIMENTO LABORATORIAL: Método de cultivo e quantificação segundo normatizações universalizadas. Tempo mínimo de incubação de 7 dias a 25^oC., permitindo o total crescimento dos fungos.

BIBLIOGRAFIA:

"Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". 17 th ed. APHA, AWWA, WPC.F; "The United States Pharmacopeia". USP, XXIII ed., NF XVIII, 1985.

NIOSH- National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air) 0800, Fourth Edition.

IRSST Institute de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Quebec, Canada, 1994.

Members of the Technicae Advisory Committee on Indoor Air Quality, Commission of Public Health Ministry of the Environment Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises, Singapore.

Norma Técnica 002

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores.

Método Analítico

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Dióxido de carbono (CO₂).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamento de leitura direta.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo ou célula eletroquímica.	
Calibração: Anual ou de acordo com especificação do fabricante.	Faixa: de 0 a 5.000 ppm. Exatidão: ± 50 ppm + 2% do valor medido

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

selecionar 01 amostra de ar exterior localizada nas proximidades da entrada da tomada de ar externo na altura de 1,50 m do solo.

selecionar ao menos 01 amostra de ar interior por andar ou de cada área servida por um equipamento condicionador de ar. Para grandes áreas recomenda-se :

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

o amostrador deve estar localizado na altura de 1,50m do solo, no centro do ambiente ou em zona ocupada.
PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM: As medidas deverão ser realizadas em horários de pico de utilização do ambiente.

Norma Técnica 003

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem. Determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em Ambientes Interiores.

Método Analítico

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADORES: Temperatura do ar (°C)

Umidade do ar (%)

Velocidade do ar (m/s).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamentos de leitura direta. Termo-higrômetro e Termo-anemômetro.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta Termo-higrômetro. Princípio de operação: Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica.	
Calibração: Anual	Faixa: 0° C a 70° C de temperatura 5% a 95 % de umidade Exatidão: ± 0,8 ° C de temperatura ± 5% do valor medido de umidade
Amostrador: Leitura Direta Termo-anemômetro. Princípio de operação: Sensor de velocidade do ar do tipo fio aquecido ou fio térmico.	
Calibração: Anual	Faixa: de 0 a 10 m/s Exatidão: ± 0,03 m/s ± 4% do valor medido

Norma Técnica 004

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

Método Analítico

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados.

Aplicabilidade: Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

Marcador Epidemiológico: Poeira Total ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Coleta de aerodispersóides por filtração (MB-3422 da ABNT).

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 μm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Porta-filtro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.	
Aparelhagem: Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de 5%.	
Taxa de Vazão: 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.	
Volume Mínimo: 50 l	
Volume Máximo: 400 l	
Tempo de Amostragem: 50 l ---? 17 min ; 400 l ---? 133 min	
Embalagem: Rotina	
Transporte:	
Calibração: Em cada procedimento de coleta	Exatidão: ± 5% do valor medido

PROCEDIMENTO DE COLETA: MB-3422 da ABNT.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS: NBR- 10.562 da ABNT

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: NHO 17 da FUNDACENTRO

VII - INSPEÇÃO

Recomenda que os órgãos competentes de Vigilância Sanitária com o apoio de outros órgãos governamentais, organismos representativos da comunidade e dos ocupantes dos ambientes climatizados, utilizem esta Orientação Técnica como instrumento técnico referencial, na realização de inspeções e de outras ações pertinentes nos ambientes climatizados de uso público e coletivo.

VIII RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Recomenda que os proprietários, locatários e prepostos de estabelecimentos com ambientes ou conjunto de ambientes dotados de sistemas de climatização com capacidade igual ou superior a 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), devam manter um responsável técnico com as seguintes atribuições:

- realizar a avaliação biológica, química e física das condições do ar interior dos ambientes climatizados;
- proceder a correção das condições encontradas, quando necessária, para que estas atendam ao estabelecido no Art. 4º desta Resolução;
- manter disponível o registro das avaliações e correções realizadas; e
- divulgar aos ocupantes dos ambientes climatizados os procedimentos e resultados das atividades de avaliação, correção e manutenção realizadas.

Considera como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas nas análises preconizadas, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

A responsabilidade técnica pelas análises laboratoriais realizadas deverá estar desvinculada da responsabilidade técnica pela realização dos serviços de limpeza e manutenção do sistema de climatização.

1 World Health Organization. Indoor air quality: biological contaminants; Copenhagen, Denmark, 1983 (European Series n° 31).

2 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. ANSI/ASHRAE 62-1989. Standard-Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 1990.

3 Kulcsar Neto, F & Siqueira, LFG. Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores Visando a Saúde Pública no Brasil Revista da Brasindoor. 2 (10): 4-21, 1999.

4 Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, Resolução n.º 03 de 28/06 / 1990.

5 ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6401 Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto Parâmetros Básicos de Projeto, 1980.