

**Avaliação Ambiental e Epidemiológica do Trabalhador
da Indústria de Fertilizantes do Rio Grande, RS**

Maura Dumont Hüttner

**Porto Alegre, RS
1999**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Medicina
Curso de Pós-Graduação em Medicina: Pneumologia

**Avaliação Ambiental e Epidemiológica do Trabalhador
da Indústria de Fertilizantes do Rio Grande, RS**

Maura Dumont Hüttner
Orientador: José da Silva Moreira

**Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Pneumologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
(UFRGS)**

[000298648] Hüttner, Maura Dumont. Avaliação ambiental e epidemiológica do trabalhador da indústria de fertilizantes do Rio Grande, RS. 1999. 168 f. : il.

Catologação na fonte: Prof. Enriqueta Graciela D. de Cuartas CRB10/519

H983a Hüttner, Maura Dumont

Avaliação ambiental e epidemiológica do trabalhador da indústria de fertilizantes do Rio Grande, RS / Maura Dumont Hüttner. -- Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

168p.

Tese (doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

1. Epidemiologia : Indústria de Fertilizantes.
2. Doenças pulmonares ocupacionais : Indústria de Fertilizantes. I. Título.

CDU 616-036.22 : 661.152

**Para meu pai, Ernesto,
peça fundamental em minha vida, que
deu-me condições para percorrer esse caminho**

Agradecimentos

À minha família, Érica, Sandro e em especial a Luis, meu companheiro, que estiveram sempre ao meu lado e souberam entender meus momentos de impaciência e desânimo, e que, cada um, a sua maneira, me apoiaram e empurraram para frente.

A José Moreira, meu orientador e amigo, que com seu bom senso, experiência e tranquilidade, acompanhou-me em todos momentos desse trabalho, e muitos incêndios apagou na evolução do mesmo.

Aos amigos e colegas do Departamento de Medicina Interna da FURG que permitiram meu afastamento e se ocuparam de minhas funções durante minha ausência.

Aos meus colaboradores e ex-alunos, Alessandra Zille, Marcelo Igansi e Vanessa Pizzolatti que participaram ativamente da aplicação dos questionários e realização das espirometrias, formando uma equipe de trabalho valiosa e aplicada.

Aos colegas médicos do trabalho das indústrias de fertilizantes de Rio Grande, Drs Antônio Portella, Luiz Fernando Hormain e Mauro Curi que abriram as portas de suas indústrias, procurando facilitar meu trabalho em todas suas etapas.

Aos administradores das indústrias de fertilizantes de Rio Grande e suas equipes administrativas que, além da permissão para que esse estudo se realizasse, sempre colaboraram com meus pedidos e questionamentos. Entre todos que me auxiliaram, ou me emprestando bibliografia a respeito do assunto, ou com material gráfico e ilustrativo, ou acompanhando-me em inúmeras e intermináveis visitas as instalações das fábricas, agradeço em especial a duas pessoas: os engenheiros José Rogério Pinto Machado e Marco Antônio Brizolara de Freitas.

À professora Isabel Machado, do Departamento de Química da FURG, que contribuiu com sua amizade e conhecimento a respeito do tema, realizando a correção da parte técnica do presente estudo.

Aos colegas e amigos do Pavilhão Pereira Filho, aos integrantes da comissão de Pós-graduação em Pneumologia, que tão bem me acolheram em

seu serviço, e em especial ao Dr. Carlos Bruno Palombini, por suas palavras de incentivo a iniciar este curso, e que sem dúvida, foram uma provocação que deu certo.

Ao médico radiologista João Alfredo Cazaubon, que assessorou-me na leitura radiológica das radiografias torácicas.

Aos colegas, Dr. Aluísio J.D. Barros do Departamento de Medicina Social da Faculdade de Medicina da UFPel e ao Dr. Paul G. Kinas, do Departamento de Matemática da FURG, meus agradecimentos pelo auxílio na parte de estatística deste trabalho.

Aos meus amigos, que confiaram que este desafio seria vencido.

Resumo

As Doenças Pulmonares Ocupacionais constituem entre nós um importante e grave problema de saúde pública. Os conhecimentos a respeito de uma grande maioria delas é ainda incipiente. Com o objetivo de contribuirmos para o conhecimento dos riscos da exposição associada a produção de fertilizantes, realizou-se estudo ambiental e epidemiológico, transversal, com trabalhadores desse setor, em Rio Grande, RS. Foi aplicado questionário padronizado de sintomas respiratórios, realizado estudo radiológico de tórax e avaliada a função pulmonar através de espirometria, em 413 funcionários, sendo 305 expostos e 108 controles. Os trabalhadores expostos eram todos do sexo masculino, 84,3% da raça branca, 74,1% com escolaridade primária completa ou incompleta, com média de idade 38 anos ($\pm 7,6$) e tempo médio de exposição 11,8 anos ($\pm 6,7$). Quanto ao tabagismo, 126 (41,3%) eram fumantes, 76 (24,9%) ex-fumantes e 103 (33,8%) não fumantes. Foram divididos em quatro setores de trabalho em função dos riscos específicos de sua exposição ocupacional. A avaliação ambiental mostrou a presença de sílica livre, fluoretos e amônia gasosos, em concentrações acima dos limites de tolerância. Detectaram-se 30,5% de trabalhadores expostos com tosse, 14,7% com tosse crônica, 8,5% com bronquite crônica, 43,3% com rinite e 35,4% com conjuntivite. A espirometria foi normal em 82,3% dos trabalhadores, e o estudo radiográfico de tórax não evidenciou nenhuma anormalidade sugestiva de pneumoconiose. Inicialmente, a análise bivariada mostrou associação significativa entre exposição e tosse, tosse matinal, tosse no serviço, tosse e expectoração, tosse crônica, bronquite crônica, rinite e conjuntivite. Na análise multivariada, após o ajuste para tabagismo, manteve-se a significância para a tosse como um todo, para rinite e conjuntivite.

Abstract

Occupational Lung Diseases represent an important and serious public health problem. The knowledge regarding most of these diseases is still incipient. For the purpose of contributing to the knowledge of the risks associated with being exposed to fertilizer production, we made an environmental and epidemiological, transverse study, with workers in this activity, in Rio Grande, RS, Brazil. A standardized questionnaire of respiratory symptoms was applied; a thoracic radiologic study was made and the lung function was evaluated through spirometry in 413 employees, being 305 in the exposed group and 108 in the control group. The exposed workers were all men, 84.3% of them were Caucasian, 74.1% had attended elementary school (at least some years), the average age was 38 years old (± 7.6) and the average time of exposition was 11.8 years (± 6.7). Regarding smoking, 126 (41.3%) were current-smokers, 76 (24.9%) former-smokers, and 103 (33.8%) non-smokers. They were divided in four work sections concerning the specific risks of their occupational exposition. The environmental evaluation showed the presence of free silica, gaseous fluorides and gaseous ammonia, in concentrations above the tolerance limits. 30.5% of the exposed workers answered positively to cough, 14.7% to chronic cough, 8.5% to chronic bronchitis, 43.3% to rhinitis, and 35.4% to conjunctivitis. The spirometry was normal in 82.3% of the workers, and the thoracic radiological studies didn't point out any considerable abnormality of pneumoconiosis. Initially, the bivariate analysis showed significant association among exposition and cough, morning cough, cough at work, cough and expectoration, chronic cough, chronic bronchitis, rhinitis and conjunctivitis. In the multivariate analysis, after having made the adjustment for smoking, the statistical significance for cough as a whole, for rhinitis and conjunctivitis was maintained.

Sumário

Página

1. Introdução

1.1. Conceito	01
1.2. História da Evolução da Indústria de Fertilizantes no Brasil ..	02
1.3. Componentes dos fertilizantes inorgânicos (NPK)	07
1.3.1. Nitrogênio	07
1.3.2. Fósforo	11
1.3.3. Potássio	15
1.4. Reações químicas na produção de fertilizantes	18
1.4.1. Superfosfato	18
1.4.2. Granulação	23
1.5. Características das fábricas de fertilizantes em Rio Grande/RS	27

2. Avaliação Ambiental na Indústria de Fertilizantes

2.1. Histórico	32
2.2. Poluentes ambientais presentes na produção de fertilizantes	34
2.2.1. Poluentes gasosos	36
2.2.2. Poluentes líquidos	37
2.2.3. Poluentes sólidos	37
2.3. Controle dos poluentes ambientais	39
2.3.1. Dispositivos ambientais	40
2.3.2. Dispositivos individuais	45
2.4. Avaliação das emissões nos locais de trabalho	49
2.4.1. Equipamento utilizado para análise dos diferentes poluentes ambientais	50
2.5. Controle dos Poluentes Ambientais nas Indústrias de fertilizantes de Rio Grande/RS	52

3. Patogenicidade relacionada à produção de fertilizantes	
3.1 Patogenicidade em geral	54
3.2 Patogenicidade industrial relacionada aos fluoretos	56
3.2.1 Patogenicidade respiratória relacionada aos fluoretos e outros poluentes formados durante a produção de fertilizantes	60
3.3 Mortalidade relacionada ao Trabalho com Fertilizantes	64
4. Justificativa e Objetivos	
4.1 Justificativa	72
4.2 Objetivos	73
4.2.1 Objetivo principal	73
4.2.2 Objetivo-secundário.....	73
5. Material e Métodos	
5.1 Material e Métodos da Avaliação Ambiental nas Indústrias de Fertilizantes de Rio Grande/RS	74
5.2 Casuística e Métodos de estudo epidemiológico transversal dos trabalhadores com fertilizantes	76
5.2.1 Considerações gerais	76
5.2.2 Questionário Epidemiológico	76
5.2.3 Prova de Função Pulmonar	78
5.2.4 Avaliação Radiológica	80
5.2.5 Análise Estatística	80
5.2.6 Critérios de Definição do Grupo de Estudo	81
5.2.7 Amostra	84
6. Resultados e Discussão	
6.1 Resultados da Avaliação Ambiental	95
6.1.1 Para material particulado	95
6.1.2 Para gases	96
6.1.3 Qualidade aérea de Rio Grande/RS	98
6.1.4 Qualidade das águas de Rio Grande/RS	101
6.2 Discussão da Avaliação Ambiental	102
6.3 Resultados e discussão do estudo epidemiológico transversal	

dos trabalhadores com fertilizantes	103
6.3.1 Sintomas respiratórios	103
6.3.2 Rinite e Conjuntivite	104
6.3.3 Sintomas de vias aéreas inferiores	110
6.3.4 Análise multivariada dos sintomas respiratórios	119
6.4 Passado de doenças respiratórias	127
6.5 Exame físico	129
6.6 Radiograma torácico	130
6.7 Espirometria	131
6.8 Discussão do estudo epidemiológico transversal dos trabalhadores de fertilizantes de Rio Grande/RS	135
6.8.1 Sintomas respiratórios	135
6.8.2 Sintomas de vias aéreas superiores e oculares	136
6.8.3 Sintomas de vias aéreas inferiores	138
6.8.4 Passado de doenças respiratórias	141
6.8.5 Exame físico	141
6.8.6 Radiograma torácico	142
6.8.7 Espirometria	142
7. Conclusões	146
8. Bibliografia	147
9. Anexos	159

Lista de Figuras

	Página
Figura 1: Localização das indústrias de fertilizantes nas regiões Sul/Sudeste/Centroeste	6
Figura 2: Esquema de produção da Amônia e Uréia.....	9
Figura 3: Moinho de barras para rocha fosfática.....	13
Figura 4: Esquema de produção de concentrado fosfático.....	15
Figura 5: Fluxograma de produção do Superfosfato.....	20
Figura 6: Fluxograma da Granulação de fertilizantes NPK.....	24
Figura 7: Processo de Granulação.....	25
Figura 8: Vista parcial de fábrica de fertilizantes.....	28
Figura 9: Etapas da produção de fertilizantes e efluentes liberados.....	35
Figura 10: Separador inerte tipo ciclone.....	41
Figura 11: Purificador úmido tipo Venturi.....	43
Figura 12: Filtro de manga.....	44
Figura 13: Peça semifacial filtrante p/partículas.....	46
Figura 14: Peça semifacial c/filtros substituíveis.....	47
Figura 15: Peça facial inteira c/filtros substituíveis.....	48
Figura 16: Distribuição de Idades do Grupo Exposto e Grupo Controle.....	87
Figura 17: Escolaridade do Grupo Exposto e Grupo Controle.....	88
Figura 18: Tempo de trabalho do Grupo Exposto estratificado.....	90
Figura 19: Tempo de Trabalho Estratificado e Hábito Tabágico.....	91
Figura 20: Estratificação do Tempo de Trabalho e Setores de Exposição:.....	93
Figura 21: Rinite e Hábito tabágico:.....	106

Figura 22: Prevalência de Hiperemia à rinoscopia nos setores de trabalho:.....	107
Figura 23: Razão de Chances de Hiperemia à rinoscopia associada aos setores de trabalho:.....	108
Figura 24: Conjuntivite e Hábito tabágico:.....	109
Figura 25: Razão de Chances de conjuntivite associada a setores de trabalho:.....	110
Figura 26: Prevalência de sintomas respiratórios entre Grupo Exposto e Grupo Controle.....	112
Figura 27: Prevalência de sintomas respiratórios entre Grupo Exposto e Grupo Controle:.....	112
Figura 28: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados ao tempo de trabalho:.....	113
Figura 29: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados ao tempo de trabalho:.....	113
Figura 30: Razão de Chances de sintomas respiratórios dos Expostos segundo hábito tabágico:.....	116
Figura 31: Razão de Chances de sintomas respiratórios dos Expostos segundo o Hábito tabágico:.....	116
Figura 32: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados a Setor de Trabalho:.....	118
Figura 33: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados a Setor de Trabalho:.....	118
Figura 34: Prevalência de Pneumopatias prévias no Grupo Exposto e Grupo controle:.....	127
Figura 35: Prevalência de Asma associada aos setores de trabalho:.....	128

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1: Número de funcionários por indústria.....	84
Tabela 2: Comportamento das variáveis independentes das indústrias 1, 2, 3 e 4.....	85
Tabela 3: Comportamento das características antropométricas, idade, raça, estado civil e escolaridade no Grupo Exposto e Grupo Controle.....	86
Tabela 4: Prevalência do Tabagismo no Grupo Exposto e Grupo Controle.....	88
Tabela 5: Média de Consumo de cigarros em maços/ano de Fumantes e Ex-fumantes.....	89
Tabela 6: Estratificação do Consumo de cigarros em maços/ano.....	89
Tabela 7: Setores de exposição e média de tempo de trabalho, tabagismo e consumo de cigarros em maços/ano.....	92
Tabela 8: Coleta realizada entre 06 a 08/95.....	95
Tabela 9: Coleta realizada em 11/95.....	96
Tabela 10: Resultados relativos a HF/Unidade de TSP: setor esteira.....	96
Tabela 11: Resultados relativos a HF e NH ₃ na unidade de Produção setor granulador.....	97
Tabela 12: Prevalência de Sintomas Respiratórios no Grupo Exposto e Grupo Controle.....	104
Tabela 13: Rinite crônica e Tempo de Trabalho:.....	106
Tabela 14: Rinite Crônica e Setor de Trabalho:.....	107
Tabela 15: Conjuntivite e Tempo de Trabalho:.....	109
Tabela 16: Prevalência de Conjuntivite e Setores de Trabalho:.....	110
Tabela 17: Prevalência de sintomas respiratórios e tempo de exposição:.....	112
Tabela 18: Prevalência de sintomas respiratórios entre Fumantes e Não Fumantes:.....	114
Tabela 19: Prevalência de sintomas respiratórios segundo o consumo de cigarros estratificado em maços/ano, considerando apenas fumantes:.....	114

Tabela 20: Prevalência de sintomas respiratórios relacionados a Exposição e Tabagismo:.....	115
Tabela 21: Razão de Chances de sintomas respiratórios entre Expostos Fumantes e Controles Fumantes:.....	116
Tabela 22: Prevalência dos sintomas respiratórios relacionados ao setor de trabalho:.....	117
Tabela 23: Razão de Chances não ajustada e ajustada em regressão logística para sintomas respiratórios associados a Exposição a fertilizantes e Tabagismo:.....	120
Tabela 24: Razão de Chances não ajustada e ajustada em regressão logística para Rinite e Conjuntivite associada a Exposição a fertilizantes e Tabagismo:.....	123
Tabela 25: Razão de Chances não ajustada e ajustada, em regressão logística, da associação de Sintomas Respiratórios e Setores de Trabalho e Tabagismo:.....	125
Tabela 26: Idade de início e término da Asma brônquica no Grupo Exposto e Grupo Controle:.....	128
Tabela 27: Dados de Exame Físico no Grupo Exposto e Grupo Controle:.....	129
Tabela 28: Valores médios, desvios-padrão e percentual do previsto das variáveis espirométricas entre Grupo Exposto e Grupo Controle:.....	131
Tabela 29: Valores médios e desvios-padrão das variáveis espirométricas associadas a Hábito Tabágico, Tempo de Trabalho e Setores de Trabalho:...	132
Tabela 30: Classificação das espirometrias do Grupo Exposto e Grupo Controle:.....	133
Tabela 31: Classificação da Insuficiência Ventilatória segundo a espirometria:.....	133
Tabela 32: Associação de Insuficiência Ventilatória e Exposição ocupacional, Tabagismo, Tempo de trabalho e Setores de trabalho:.....	133
Tabela 33: Variação dos valores médios das variáveis espirométricas no Grupo Exposto e Grupo Controle não corrigidos e corrigidos para Tabagismo:.....	135

1. Introdução

1.1 Conceito

Fertilizante é qualquer material aplicado ao solo que forneça nutrientes para as plantas. Adubar, fertilizar, é tornar o solo mais produtivo. Esterco de gado, cinzas e materiais semelhantes, classificam-se dentro dessa definição como fertilizantes. No passado, era comum a derrubada de matas para o plantio de lavouras e não se falava em adubação das culturas; o solo recém desbravado fornecia todos os nutrientes necessários para a manutenção das plantas. Todavia, o efeito benéfico sobre a terra de substâncias como o excremento das aves e ossos era conhecido desde os tempos remotos. O uso de tais materiais só estava limitado à sua aquisição.

Durante algum tempo parecia que as profecias de Malthus, segundo as quais, a produção de alimentos cresce de forma aritmética enquanto que a população aumenta em progressão geométrica, se converteriam em realidade, a menos que se encontrassem outros fertilizantes além daqueles orgânicos. Com o desenvolvimento da população humana e a diminuição das áreas disponíveis para a exploração agrícola, houve uma pressão muito grande sobre o setor de produção de alimentos para que se aumentasse a produtividade por área. Para viabilizar essa maior produção foram desenvolvidos os fertilizantes químicos, com o objetivo de suprir as deficiências desse solo mais exigido.

Os fertilizantes comercializados são produtos que contêm um ou mais dos nutrientes essenciais para as plantas. Esses nutrientes podem ser:

- **Primários:** nitrogênio, fósforo e potássio
- **Secundários:** cálcio, magnésio e enxofre
- **Micronutrientes:** ferro, zinco, cobre, manganês, cloro, molibdênio, cobalto, enxofre, magnésio e boro

A produção agrícola, e portanto o suprimento de alimentos, tem no uso dos fertilizantes um dos principais fatores para atender as necessidades alimentares da população mundial. Dados recentes mostram que entre 1950 e

1982 a produção de grãos a nível mundial aumentou de 248 para 332 Kg/pessoa, enquanto que a área plantada diminuiu de 0,24 para 0,16 ha/pessoa, e o consumo de fertilizantes para este tipo de cultura cresceu de 5,0 para 26,0 Kg/pessoa (Bruno, 1985).

O uso de fertilizantes na demanda da alimentação mundial é atualmente uma obrigação, já que as necessidades alimentares são por um lado inadequadamente atendidas e, por outro, irão aumentar em função do crescimento populacional esperado. Pode-se dizer que os fertilizantes têm um grande valor social e econômico na construção e manutenção de uma civilização eficiente. Nos dias atuais, sua principal função é elevar o nível de fertilidade do solo, permitindo que variedades de plantas possam ser cultivadas, com benefícios econômicos maiores, e em sistemas modernos de agricultura.

1.2 História da Evolução da Indústria de Fertilizantes no Brasil

A indústria de fertilizantes, sua implantação e evolução, seguiu com certa proximidade o próprio processo de industrialização brasileira. Até o início da década de 50, a indústria nacional de fertilizantes era constituída por produtores de adubos de origem animal e vegetal, além de misturadoras de fertilizantes minerais importados.

A modernização no campo dos fertilizantes iniciou quando a indústria química aprendeu a forma de combinar hidrogênio e nitrogênio para produzir amoníaco sintético. Isso ocorreu durante a 1ª Guerra Mundial. Os dados disponíveis indicam, em 1936, uma produção de 22 672 toneladas de adubos de origem animal e um consumo de 33 665 toneladas de adubos químicos. Nos anos posteriores, existe uma tendência de estagnação na produção de adubos orgânicos, enquanto cresce a participação de adubos químicos no mercado. Em 1950, a produção dos primeiros atinge 20 979 toneladas, enquanto os últimos alcançam o total de 272 955 toneladas (Bruno, 1985).

A evolução do setor de fertilizantes no Brasil pode ser dividida em quatro fases:

Primeira fase: 1950-1974

Nesta fase aconteceu a estruturação do setor no país. A produção nacional de fertilizantes inorgânicos iniciou-se em 1943 com a exploração do carbonatito apatítico de Jacupiranga (S.P.) e, em 1947, com a produção de sulfato de amônio pela Cia. Siderúrgica Nacional, como subproduto de processo siderúrgico.

A evolução da agricultura brasileira e a necessidade de substituições de importações, nos fins dos anos 40 e início da década de 50, levou ao aumento de unidades de misturas que passaram a produzir formulações mais adequadas às condições do país. No mesmo período, surgem as primeiras fábricas de superfosfato simples (SSP), obtido a partir de concentrado fosfático nacional e, na maioria dos casos, de concentrado importado. Em 1958, inicia-se a produção de amônia no Brasil, obtida por síntese a partir de gases residuais da refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão.

A participação da indústria nacional de fertilizantes no mercado apresentou oscilações durante seu desenvolvimento, chegando em alguns períodos a diminuir a sua produção total e, portanto, sua participação relativa no consumo de fertilizantes. Essa tendência mostrou-se muito claramente com relação aos nitrogenados na segunda metade da década de 60. Já os fertilizantes fosfatados mostraram queda em sua produção apenas entre 1965 e 1966. A crescente demanda desses produtos fez com que novas unidades fossem instaladas, geralmente em portos ou em suas proximidades, devido à dependência de matérias-primas importadas.

Segunda fase: 1974-1980

Esta fase se caracterizou por um grande aumento na oferta interna de fertilizantes. Durante a década de 70, ocorreram grandes modificações no setor que diversificou seus produtos e aumentou o número de empresas instaladas no país. Implantaram-se vários complexos industriais como o da Ultrafertil, Copebrás e Quimbrasil, que produziram novos fertilizantes simples como superfosfato triplo (TSP), monoamônio fosfato (MAP), diamônio fosfato (DAP), nitrato de amônio e produtos intermediários como amônia e ácido fosfórico (Bruno, 1985).

Neste período consolidou-se o polo industrial de Rio Grande, RS, com início das unidades de superfosfato simples e triplo, monoamônio fosfato (MAP) e grânulos complexos NPK. A produção de fertilizantes no estado do Rio Grande do Sul concentra-se na cidade de Rio Grande. Nessa cidade efetuam-se:

- 1) produção de superfosfato simples e superfosfato triplo,
- 2) produção de monoamônio fosfato e diamônio fosfato e,
- 3) produção de fertilizantes granulados com todos ou partes dos elementos: nitrogênio, fósforo e potássio.

Entre 1973 e 1974, observa-se uma alta de preço dos fertilizantes no mercado internacional devido a primeira crise do petróleo, que ocasionou o aumento no custo energético da produção dos mesmos. O governo procurou proteger o setor agrícola da brusca elevação dos preços dos insumos energéticos pela adoção de várias medidas, entre elas a aplicação da política de subsídios. Foi traçada uma política governamental, através do Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola (PNFCA), que visava a substituição de importações diminuindo a dependência do Brasil com relação ao mercado internacional (Bruno, 1985).

Ao mesmo tempo são descobertas novas reservas de rochas fosfáticas em Minas Gerais e Goiás, o que possibilitou o suprimento interno de algumas matérias-primas. De forma geral, neste período, estabeleceram-se três pólos de fertilizantes: Cubatão em São Paulo, Camaçari na Bahia, e Rio Grande no Rio Grande do Sul.

Terceira fase: 1980-1984

Nos primeiros anos da década de 80, novas unidades industriais entram em operação, em consequência das metas traçadas pelo PNFCA, como a Goiasfértil em Ovidor, Goiás e a Fosfofértil em Uberaba, Minas Gerais. A primeira produzindo concentrado fosfático e a segunda, ácido fosfórico, superfosfato triplo e MAP. Incrementou-se a capacidade instalada de amônia e uréia com as unidades da Nitrofértil em Laranjeiras, Sergipe, e da Ultrafértil em Araucária, Paraná.

Neste período, o setor viveu momentos de grande dificuldades, em função de crescimentos negativos do consumo de fertilizantes. As empresas estatais ocupavam parcela considerável do setor, não atuando, no entanto, na comercialização de misturas N, P, K. Grande parte dos fertilizantes fosfatados e a quase totalidade dos nitrogenados eram supridos por empresas governamentais. O consumo aparente de fertilizantes apresentou uma queda da ordem de 18% ao ano, o que significava na prática, a retomada dos níveis de consumo de 1975-1976. O motivo dessa queda brusca foi a situação internacional desfavorável (resultante do segundo choque dos preços do petróleo), aliada a uma situação nacional de crise, tanto financeira quanto econômica. Assim, problemas como a inflação, recessão, o desemprego, déficit na balança comercial e de pagamentos, acabaram por limitar drasticamente o crédito rural e, ao mesmo tempo, deteriorar a relação dos preços dos fertilizantes e de produtos agrícolas (Cekinski,1990).

Quarta fase: 1984-1989

Neste período mais recente há uma reversão na taxa de crescimento da demanda, que passa a ser novamente positiva, de cerca de 13% ao ano. Este crescimento pode ser entendido como resultado de uma melhoria na situação econômica internacional e nacional. De importador de produtos intermediários, fertilizantes simples e fertilizantes compostos, o Brasil desenvolveu uma indústria que atende ao consumo de complexos granulados, supre quase inteiramente a demanda de fertilizantes nitrogenados e obteve auto-suficiência na produção de fertilizantes fosfatados.

As unidades industriais concentram-se na região Centro-oeste, Sul e Sudeste, sendo que as duas últimas regiões têm participação importante na produção de superfosfato simples e triplo (SSP,TSP), monoamônio fosfato (MAP) e granulados complexos NPK, enquanto que a região nordeste concentra a produção de nitrogenados tipo amônia (NH_3) e uréia (ver figura 1).

Dessa forma, grandes distâncias têm que ser vencidas para o fornecimento de uréia, produzida no Nordeste, às indústrias localizadas no Centro e Sul, assim como para abastecer as indústrias localizadas em Cubatão

(SP), e Rio Grande (RS), com concentrado fosfático de Minas Gerais e Goiás, além das distâncias impostas pelas importações.

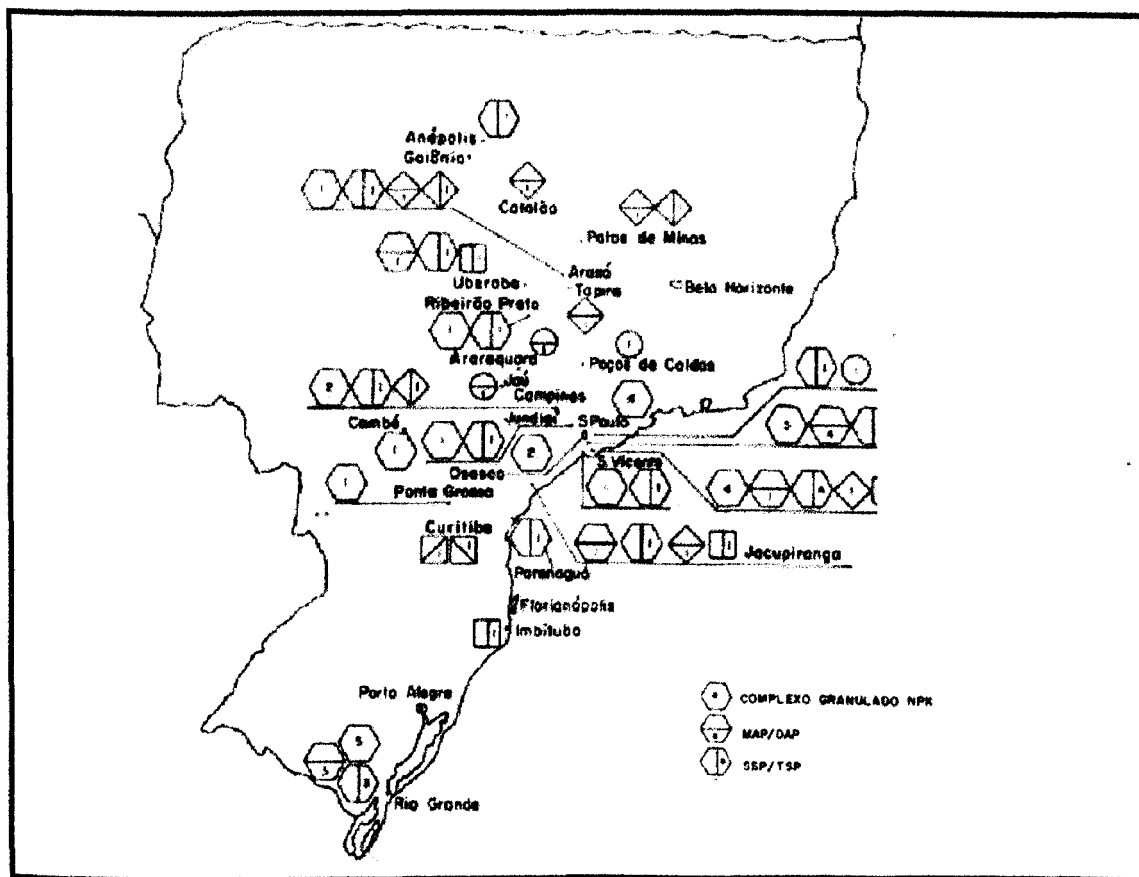


Figura1: Localização das indústrias de fertilizantes nas regiões Sul/Sudeste/Centro-oeste

Estágio atual:

A estrutura geral da indústria de fertilizantes é piramidal. Existem poucos produtores de matérias-primas no vértice e a área vai se ampliando à medida que esses elementos primários vão sendo manipulados por fábricas envolvidas com a produção e, principalmente, com a mistura do material seco (Sauchelli, 1966).

As empresas que atuam neste setor, excluídas as misturadoras, estão normalmente ligadas a grandes grupos, nacionais ou internacionais. Estas empresas podem ser apresentadas em quatro níveis de classificação:

- **Primeiro nível:** Empresas integradas, ou seja, empresas como a Copebrás e Quimbrasil/Serrana, que produzem e comercializam desde matérias-

primas básicas até misturas NPK, passando por produtos intermediários (amônia, concentrado fosfático, ácido sulfúrico, ácido fosfórico e ácido nítrico).

- **Segundo nível:** O grupo Fertifós (G 6) detém a totalidade da produção de matéria-prima nitrogenada e intermediários nitrogenados. Fazem parte desse grupo as empresas Nitrofértil; Arafértil; Ultrafértil; Fosfértil e Goiasfértil.
- **Terceiro nível:** Empresas que produzem e comercializam produtos intermediários, complexos e misturas N-P-K. Estas empresas adquirem suas matérias-primas de terceiros. Fazem parte desse grupo **Trevo; Defer; Manah; Fertisul; Solorríco; Centralsul; Galvani; Copas; Elequeiroz; Fosfanil; Beker e IAP (Indústria Agroquímica Paulista).**
- **Quarto nível:** Empresas não integradas, que atuam unicamente na comercialização de fertilizantes simples e na produção e comercialização de misturas N-P-K, adquirindo suas matérias-primas de terceiros. Neste grupo estão mais de 300 empresas, além de cooperativas de agricultores (Cekinski, 1990).

1.3 Componentes dos fertilizantes inorgânicos (N,P,K)

1.3.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento fundamental para a vida dos organismos vivos. Para as plantas exerce um papel vital. O nitrogênio é encontrado de forma abundante na natureza, mais especificamente na atmosfera, em estado gasoso. O ar é formado por 75% de seu peso em nitrogênio, contendo 80 000 toneladas do mesmo por hectare de superfície terrestre. O nitrogênio da atmosfera é um gás inerte e invisível. Não pode ser usado pelas plantas. Precisa combinar-se com outros elementos para tornar-se um fertilizante.

O desenvolvimento da indústria de fertilizantes nitrogenados é bastante recente. Por muitos anos o nitrogênio foi considerado como um nutriente

secundário, a tal ponto que o seu uso comercial como fertilizante data apenas do início deste século, quando o guano peruano, o salitre do Chile e vários resíduos orgânicos tornaram-se produtos comerciais.

A partir de 1900, os esforços para fixar o nitrogênio da atmosfera obtiveram êxito através da síntese do nitrato de cálcio pelo processo de arco voltaico e pela produção de cianamida cálcica. O processo do arco voltaico baseia-se no princípio da descarga elétrica atmosférica (raio). Durante uma descarga elétrica através do ar, o nitrogênio e o oxigênio atmosférico são combinados a altas temperaturas e reagem entre si, formando os óxidos de nitrogênio (N_yO_x), que também reagem com a água da atmosfera formando ácidos nitroso e nítrico. Esses ácidos em contato com o solo ou calcário, formam nitratos de cátions metálicos (cálcio, sódio, magnésio, etc...), sais nitrogenados, que podem ser aproveitados pelas plantas.

Em 1913, Haber e Bosch, deram origem na Alemanha, à moderna indústria de fertilizantes nitrogenados, através da síntese direta de amônia, a partir de nitrogênio e hidrogênio, usando coque como matéria prima.

No Brasil, a primeira unidade de síntese de amônia anidra é implantada em 1958 pela Petroquisa, com capacidade de 90,7 ton/dia, utilizando como matéria prima o gás de refinaria proveniente da Refinaria Presidente Bernardes em Cubatão (SP). Até o final da década de 60, a produção de fertilizantes nitrogenados é representada pelo nitrocálcio e sulfato de amônio. O marco histórico na produção de fertilizantes nitrogenados é o final da década de 60, quando a primeira grande fábrica para produção de amônia foi implantada pela Ultrafertil. Tinha capacidade de produção de 454 ton/dia e localizava-se no município de Cubatão (SP).

Em 1974, o Governo Federal lançou o Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola, objetivando alcançar a auto-suficiência em fertilizantes nitrogenados. Criou a Petrobrás Fertilizantes S.A. (Petrofertil), incorporando a Petroquisa e a Ultrafertil, com o objetivo de direcionar a política nacional de fertilizantes. Dispunha-se de unidades de produção em Araucária (Paraná), Laranjeiras (Sergipe), Camaçari (Bahia), e Cubatão e Piaçaguera (SP). A implantação na Bahia e em Sergipe deveu-se à proximidade da matéria prima e no Paraná pela disponibilidade de resíduo asfáltico (Giulietti, 1990).

A produção de amônia é um dos maiores feitos da engenharia química deste século. Com temperatura e pressão elevadas, o nitrogênio do ar é fixado com o hidrogênio. A fonte de nitrogênio é o ar atmosférico e do hidrogênio, geralmente, hidrocarbonetos que podem vir de várias fontes: gás natural, gás natural associado a petróleo, gás residual de refinaria e óleo residual asfáltico (ver figura 2). Este hidrogênio, extraído na forma de gás, reage com o nitrogênio do ar para formar a amônia, segundo a seguinte reação:



O carvão foi a primeira matéria-prima utilizada na Alemanha e nos EUA para produzir hidrogênio para a síntese de amônia. Até a Segunda Guerra Mundial, aproximadamente 90% da produção mundial de amônia tinha como matéria-prima o carvão mineral, utilizando-se vapor de água para seu processamento.

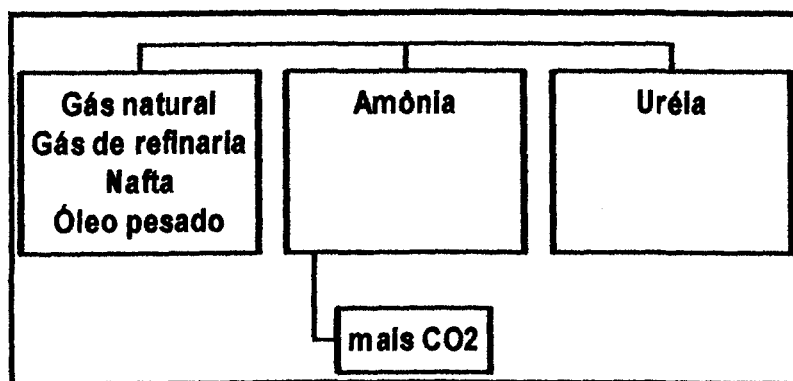


Figura 2: Esquema de produção da Amônia e Uréia

Para a produção de hidrogênio a partir de derivados de petróleos há tecnologias diferentes que estão associadas à matéria-prima. Quando se utilizam gás natural e naftas leves (utilizados no Brasil) a tecnologia aplicada é a da reforma dos hidrocarbonetos com vapor d'água, e quando se processam óleos pesados e resíduos asfálticos, a tecnologia é a da oxidação parcial.

O gás natural também fornece o CO₂ (dióxido de carbono) para a produção de uréia (45-0-0) que é outro fertilizante nitrogenado. O monóxido de carbono reage com a amônia e forma uréia, sob alta temperatura e pressão (ver figura 2). A uréia tem o teor de nitrogênio (45%) mais alto do que qualquer outro fertilizante nitrogenado (Slack, 1980).



O ácido nítrico é obtido pela reação da amônia com o ar atmosférico, da seguinte maneira:



A amônia anidra é despachada em carros tanques e vagões especiais sob pressão, como um líquido. Seu manuseio deve ser cercado de precauções especiais pois transforma-se rapidamente em gás sob pressão atmosférica. A amônia não é produzida em Rio Grande. Ela é importada, estocada em tanques, bem como o ácido sulfúrico e fosfórico, e mantida sob a forma líquida a -33° C. Resumindo, tem-se o seguinte:

Amônia	+ ácido sulfúrico	= sulfato de amônio
	+ ácido fosfórico	= fosfato de amônio
	+ dióxido de carbono	= uréia
	+ ácido nítrico	= nitrato de amônio
	+ ácido nítrico + O ₂ + carbonato sódio	= nitrato de sódio

Os fertilizantes com base de fosfato de amônio são o segundo grupo mais importante de adubos complexos, seguidos pelos nitrofosfatos. São obtidos pela reação entre ácido fosfórico e amoníaco. Segundo o grau de neutralização do ácido fosfórico pode-se formar MAP (monoamônio fosfato) ou DAP (diamônio fosfato). O MAP costuma ter 11% de nitrogênio e 53% de fósforo e o DAP 18% e 46% respectivamente (Soria e Chavarria, 1978).

1.3.2 Fósforo

Um comerciante, médico e alquimista, de nome Hennig Brandt (ou Henning Brant), de Hamburgo na Alemanha, isolou o fósforo da urina no século XVII, e foi a primeira pessoa conhecida a identificar um elemento químico. É verdade que o ouro, prata, cobre, ferro, mercúrio, arsênico, antimônio e outros já tinham sido descobertos previamente, mas por pessoas cujos nomes não foram registrados. Posteriormente, em 1769, descobriu-se que o fósforo é um constituinte dos ossos, e mais tarde ainda, constatou-se que era o principal componente de certas rochas formadoras da crosta terrestre (Hardesty, 1964). Dos inúmeros materiais existentes sobre a terra, o fosfato tem enorme importância para o homem. Este elemento é essencial para todo processo biológico e a vida não existiria sem ele.

Enquanto o nitrogênio (N_2) é encontrado em abundância e com facilidade na atmosfera, o mesmo não acontece com o fósforo e o potássio, que são provenientes de minerais geralmente localizados abaixo da superfície da terra, profundamente soterrados.

A matéria prima para a produção de fertilizantes fosfatados é a rocha fosfática, e o teor de fósforo é representado por P_2O_5 pelos produtores de fertilizantes. Certos minérios ou rochas fosfáticas ricas em P_2O_5 podem ser utilizados "in natura" na produção de fertilizantes, porém a maioria requer processos de beneficiamento ou de tratamento para aumentar o teor do minério, através da concentração dos minerais de fósforo, descartando-se os minerais de ganga ou minerais não fosfáticos (Cekinski, 1990).

O mundo consome aproximadamente trinta e três milhões de toneladas de rocha fosfática por ano, seja como produto concentrado industrialmente, ou em forma de fosfatos de alta concentração usados diretamente sem beneficiamento.

Existem dois tipos principais de rocha fosfática:

- **Ígnea:** São rochas de origem vulcânica, produzida a partir do magma primitivo, quando a terra foi se esfriando e se solidificou. Assim são os depósitos da Rússia e do Brasil. O principal mineral constituinte dessa rocha é a apatita (fluorapatita), $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$. O teor de P_2O_5 dessa rocha é de cerca de 5%. As rochas ígneas sofrem a ação das intempéries e são

decompostas, acontecendo um enriquecimento residual das apatitas, chamado de minério oxidado. Os depósitos ígneos no Brasil localizam-se em Catalão (GO); Jacupiranga (SP); Araxá e Tapira (MG); Ipanema e Serrote (SP); Anitópolis (SC) e Maicuru (PA).

- **Por sedimentação:** As rochas fosfáticas de origem sedimentar formam camadas, mais ou menos uniformes, constituídas por acúmulo de fosfatos de precipitação química, com ou sem ajuda de microorganismos, em fundos de lagos ou de mares (depósitos da plataforma continental). Formam-se naturalmente ao longo dos anos, por deposição de fósseis, compostos orgânicos, etc... Os mineradores na sua extração encontram ossos e dentes de peixes primitivos encravados nesses depósitos. São mais porosas, mais fáceis de serem fragmentadas. Portanto sua extração é menos onerosa. O principal mineral de fósforo dessa rocha é o carbonato-flúor-apatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2 \cdot \text{X CaCO}_3$), francolita, com quantidades de cálcio, ferro e fosfato variáveis. No Brasil, encontram-se rochas fosfáticas sedimentares em Patos de Minas (MG), Irecê (BA), Olinda (PE) e no Oeste Mato-Grossense.

Os depósitos mundiais de rocha fosfática encontram-se principalmente no norte da África (Tunísia, Argélia e Marrocos), e representam 50% das reservas mundiais. Nos Estados Unidos, os depósitos de rocha fosfática localizam-se na Flórida, Carolina do Norte, Tennessee, Idaho, Montana e Wyoming, e totalizam 30% das reservas mundiais. Na Rússia, na península de Kola, encontram-se 15% destas reservas (Slack, 1980).

A matéria prima utilizada no polo industrial de fertilizantes da cidade de Rio Grande, RS, é no momento atual essencialmente importada, em especial do Marrocos, Israel, África do Sul e Estados Unidos.

A estimativa das reservas brasileiras de rocha fosfática é de quase 4,0 bilhões de toneladas, o que fornece uma reserva em torno de 400 milhões de toneladas de P_2O_5 . As reservas brasileiras, em termos de P_2O_5 , representam cerca de 1% das reservas mundiais. As maiores reservas pertencem a Marrocos e EUA (Cekinski, 1990).

O processo de extração da rocha fosfática dá-se em geral a céu aberto, (minas nacionais), ou subterrâneo (como algumas no exterior). Nas minas, o

trabalho de extração da rocha fosfática é menos árduo do que o dos mineradores de carvão e manganês. O processo é rápido, simples, não necessitando o uso de dinamite ou vagonetas. O minério é pesado, denso e úmido produzindo muito pouca poeira na sua extração. Parece haver pouco risco de contrair silicose, embora tenha sido descrita uma pneumoconiose de opacidades redondas entre os britadores da rocha (Chauderon, 1983). O fosfato seco, este sim, é uma perigosa fonte de poeira quando está sendo armazenado, manuseado, transportado e carregado. Os fornos produzem grande quantidade de fumaças e aí o risco de pneumoconiose é maior.

A rocha fosfática lavrada é transportada por via rodoviária ou férrea para ser submetida a britagem, com o objetivo de redução granulométrica do minério até o diâmetro final máximo em torno de 32 mm ou 1¼ polegada (1 polegada=25 mm). Em uma segunda etapa, é submetida a moagem, ficando com a aparência final de um pó extremamente fino, semelhante ao talco, com diâmetro aproximado de 0,075 mm.



Figura 3: Moinho de barras para rocha fosfática

Posteriormente, a rocha fosfática passa por uma série de etapas visando a concentração dos minerais de fósforo. Em função do baixo teor de P_2O_5 das rochas brasileiras, existe a necessidade de que estas sejam beneficiadas para se obter concentrados fosfáticos com teor de fósforo adequado ao processamento químico subsequente.

As etapas são as seguintes (ver figura 4):

- **Moagem e classificação:** a moagem é feita num conjunto de moinhos de barras e bolas, por via úmida, operando em circuito fechado com ciclones de classificação (ver figura 3).
- **Deslamagem:** onde se processa a separação das partículas de tamanho menor de 20 micrômetros através de hidrociclones.
- **Condicionamento:** nesta etapa, são adicionados vários reagentes ao material em suspensão, conhecidos como agentes coletores e depressores.
- **Flotação:** a polpa condicionada é submetida à operação de flotação, cujo objetivo é alcançar a concentração dos compostos de fósforo pela separação de outros compostos diluentes.
- **Desaguamento e filtração:** a polpa final da operação de flotação, conhecida como "concentrado de flotação" é submetida a uma operação de espessamento, sendo depois encaminhada à filtração, num filtro a vácuo.
- **Secagem:** o material à saída do filtro tem uma umidade de 10% e é submetido a secagem. Utilizam-se secadores do tipo tambor rotativo e "flash dryer". A energia para secagem é fornecida da maneira convencional através da queima de um combustível em fornalha (Cekinski, 1990).

O produto final tem entre 36 e 38% de P_2O_5 (fósforo) quando submetido ao circuito completo. No caso de processamento parcial, que exclui a flotação, o produto obtido tem um teor máximo de 24% de P_2O_5 (fósforo).

Como componentes associados ao fósforo na rocha fosfática, encontra-se o CaO (óxido de cálcio) na proporção média de 50%; o MgO (óxido de magnésio) com menos de 1%; Fe_2O_3 (trióxido de ferro) por volta de 2,5%; TiO_2 (óxido de titânio) com 1,5% em média; SO_3 (trióxido de enxofre) com menos de 0,5%; Fe_3O_4 (magnetita) com menos de 0,5%; fluoretos com cerca de 2,0% e SiO_2 (sílica) em concentrações variando de menos de 1,0% a 25,5%,

dependendo da procedência da amostra e da metodologia da análise (Abreu, 1973).

O fósforo presente na rocha fosfática está combinado na estrutura do fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), que deve ser reduzido a fosfato monocálcico para ser assimilado como fertilizante pelas plantas. Por isso, é tratado quimicamente com ácidos fortes, como os ácidos sulfúrico, fosfórico e nítrico, para produzir fertilizantes fosfatados de maior solubilidade, que são os superfosfatos e nitrofosfatos.

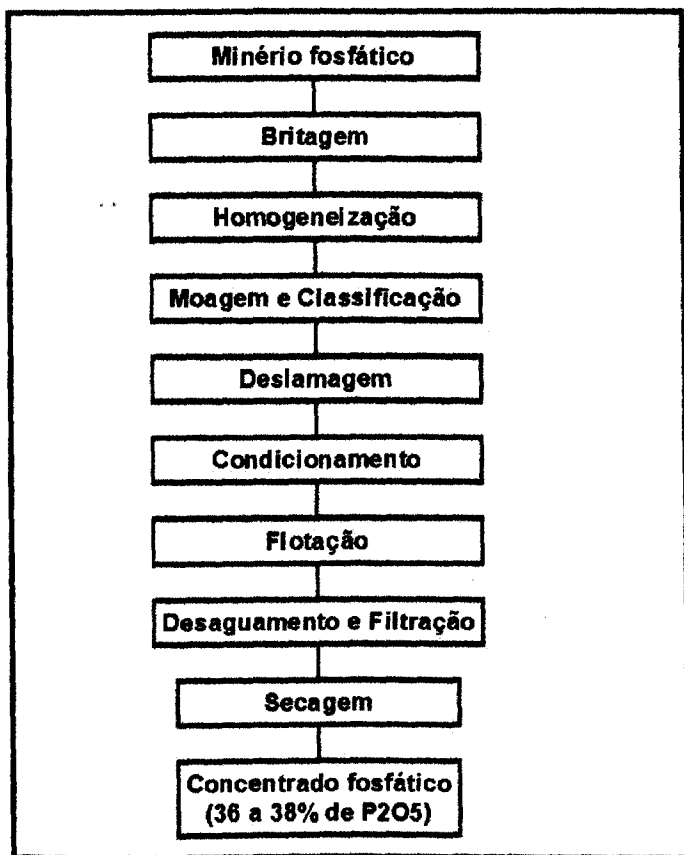


Figura 4: Esquema de produção de Concentrado Fosfático

1.3.3 Potássio

O potássio começou a ser explorado comercialmente por volta de 1860, na Alemanha, através da mineração de depósitos de carnalita ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Em 1864, a produção mundial anual de sais de potássio era

de 110 000 toneladas, tendo aumentado gradualmente, até 1900, para cerca de 3 milhões de toneladas e, atualmente, para mais de 45 milhões de toneladas.

A origem da palavra potássio deve-se a um antigo método de obtenção do mesmo. As cinzas de madeiras eram lavadas e essa água era deixada evaporar em potes. O resíduo após a evaporação era chamado de cinzas de pote (em inglês: pot ashes).

A indústria de fertilizantes potássicos baseia-se no aproveitamento de jazidas de minerais potássicos na forma de cloreto ou sulfato de potássio. É vendido como um produto contendo de 95 a 99% do sal, com um teor de K_2O de 60 a 62%.

Os minérios de potássio formaram-se a partir da evaporação de antigos mares e lagos, que secaram, depositando-se em seu fundo sais de potássio e outros sais, inclusive o sal comum de cozinha. Esses depósitos de potássio foram posteriormente cobertos por camadas espessas de rocha e solo. Assim, os dois maiores problemas da extração do potássio são: retirar o minério de profundidades de até 2.000 metros, e depois separar os componentes não desejáveis do minério, como carbonato de cálcio e magnésio; sulfato de cálcio e magnésio; cloreto de potássio e magnésio e cloreto de sódio (Slack, 1980).

Dentre os vários minerais potássicos existentes na natureza, os mais importantes para a indústria de fertilizantes, por serem solúveis, são:

- **Silvinita** (KCl), com 63% de K_2O . Encontrada normalmente misturada com cloreto de sódio, a mistura é chamada de silvinita;
- **Carnalita** ($KCl.MgCl_2.6H_2O$), com 17% de K_2O
- **Langbeinita** ($K_2SO_4.MgSO_4$), com 22,6% de K_2O
- **Nitro** (KNO_3), ou salitre, com 46,5% de K_2O
- **Caulinita** ($KCl.MgSO_4.3H_2O$), com 18,9% de K_2O

Entre esses, a silvinita é, de longe, a matéria-prima mais comum da indústria de fertilizantes (Guardani, 1990).

A produção de KCl baseia-se principalmente na mineração dos depósitos de silvinita, o que é feito na maioria das vezes através de poço e galerias subterrâneas. Esta técnica é limitada normalmente a profundidade de até 1300 metros. Para profundidade maiores são utilizadas outras técnicas, tais como a dissolução do sal e seu bombeamento até a superfície. Também é praticada,

embora em taxas bem menores, a recuperação de sais a partir de salmouras, em locais de alta concentração de sais, como o Grande Lago Salgado nos EUA e o Mar Morto no Oriente Médio (Guardani, 1990).

Na mineração por poço, é construído um poço central revestido, "shaft" do qual partem galerias. Nas galerias, o desmonte é feito algumas vezes por explosão, ou mais comumente com máquinas mineradoras, as quais escavam o minério continuamente, tendo capacidade para até 5 ton/min. O minério é transportado do local de desmonte até o poço, por vagões ou correias transportadoras.

A mineração por dissolução oferece a vantagem de permitir a exploração de depósitos de profundidades maiores e subaquáticos, além de evitar a construção de poços que são itens onerosos na mineração. Consiste na realização de furos revestidos internamente, até atingir o corpo do minério. Uma solução aquosa do sal, é bombeada por alguns dos furos, dissolvendo o sal do minério, sendo então retirada por outros furos.

A recuperação do cloreto de potássio a partir de salmouras naturais é feita em locais onde a taxa de evaporação é particularmente alta, como no Mar Morto e no Grande Lago Salgado (EUA). A salmoura é bombeada desses lagos para bacias de evaporação, em processos similares àqueles utilizados em salinas, no Brasil.

Existem três métodos principais para beneficiamento de minerais de silvinita, visando a produção de cloreto de potássio: flotação; separação por meios densos e dissolução-cristalização.

A produção de fertilizantes potássicos no mundo concentra-se em nove países, que são responsáveis por 99% de todo potássio exportado. Em ordem decrescente de participação são os seguintes: URSS, Canadá, Alemanha Oriental, Alemanha Ocidental, EUA, França, Espanha e Israel. Destes, Canadá e União Soviética representam 99% do total.

No Brasil, os depósitos de sais solúveis de potássio, estão localizados nos locais abaixo relacionados:

- Sergipe, Santa Rosa de Lima e Taquari – Vassouras. Estão a cerca de 500 metros de profundidade, sendo a parte efetivamente minerável equivalente a

30 milhões de toneladas de K_2O . O processo de mineração adotado é o de poço e galerias e o beneficiamento é feito por flotação.

- Bacia Submarina de Santos (SP). Não há informações sobre suas dimensões.
- Região Amazônica. O KCl estaria a 1050 metros de profundidade e não está ainda sendo explorado (Guardani, 1990).

Esse elementos básicos podem ser utilizados sob várias formas e, inclusive, muitas outras substâncias podem fazer parte de uma fórmula de fertilizantes, dependendo das necessidades do solo e da cultura, conforme esquema abaixo:

Substâncias utilizadas na indústria de fertilizantes

Nitrogenados	Fosfatados	Potássicos	Outros Micronutrientes
<ul style="list-style-type: none"> • Amônia anidra • Amônia líquida • Nitrato cálcio • Cloreto amônio • Fosfato amônio • Nitrato amônio • Sulfato amônio • Nitrato sódio • Nitrato potássio 	<ul style="list-style-type: none"> • Amônio fosfato • Ácido fosfórico • Fosfato trissódico • Fosfato dicálcico • Fosfato nítrico • Superfosfatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato Potássio • Cloreto potássio • Fosfato potássio • Hidróxido potássio • Nitrato potássio • Sulfato potássio 	<ul style="list-style-type: none"> • Boro • Cobalto • Cobre • Enxofre • Magnésio • Manganês • Molibdênio • Zinco

1.4. Reações químicas na produção de fertilizantes

1.4.1. Superfosfato é o termo genérico usado para denominar um fertilizante fosfatado simples, sólido, obtido a partir da reação de concentrado fosfático com ácido sulfúrico ou fosfórico, ou ainda com ambos. O produto do ataque com ácido sulfúrico é denominado "superfosfato simples" (SSP), e o resultado da solubilização com ácido fosfórico é conhecido como "superfosfato triplo" (TSP). A adição de ácido nítrico a rocha fosfática origina um outro grupo de fertilizantes fosfatados que são os nitrofosfatos (ver esquema abaixo).

	+ Ac. Sulfúrico = Superfosfato simples (18 a 20% P₂O₅)
Rocha fosfatada	
Ca₁₀(PO₄)₆F₂	+ Ac. Fosfórico = Superfosfato triplo (40 a 48% P₂O₅)
Fluorapatita	
	+ Ac. Nítrico = Nitrofosfatos (14 a 22% N₂ e 10 a 22% P₂O₅)

O **superfosfato simples** (0-18-0 a 0-20-0) é o fertilizante mais antigo, do ponto de vista comercial. Contém de 18 a 20% do P₂O₅. Em 23 de maio de 1842, na Inglaterra, duas patentes foram expedidas pela fabricação dos superfosfatos: John Bennet Lawes e James Murray. Lawes afirmava que fazia o produto "decompondo ossos, cinzas e pó de ossos e outras substâncias fosfóricas, pela adição de uma quantidade de ácido sulfúrico suficiente para liberar tanto ácido fosfórico que mantivesse o fosfato de cálcio em solução."

O superfosfato originou-se da procura de uma maneira prática de utilizar o fosfato dos ossos mais facilmente para o cultivo das plantas. Sabia-se de longa data que os ossos aplicados sobre as terras de cultivo aumentavam sua produtividade. Em torno de 1840, um diretor de escola protestante em Brunn, Gottfried Escher, publicou uma série de perguntas e respostas em um diário local onde afirmava: "É provável que a farinha de osso possa ter uma ação fertilizante mais rápida e satisfatória se puder ser decomposta em um tempo mais curto do que somente pela ação da natureza. Dessa maneira, uma tentativa para umedecer a farinha de osso antes de sua aplicação no campo, com ácido barato e não muito forte, pode resultar proveitoso" (Sauchelli, 1966).

O superfosfato simples é produzido pela reação da rocha fosfática moída com ácido sulfúrico diluído. A rocha fosfática e o ácido sulfúrico reagem em um misturador, no caso do processo tipo pó, ou, após serem misturados, passam para a etapa de "reação", que acontece no interior de dois tanques agitados, interligados em série, originando o produto granulado. O sistema é mantido na forma de suspensão ou lama sendo a fase líquida suprida em parte pela solução de ácido sulfúrico e complementada por água de fonte externa. Posteriormente, são encaminhados a um armazém onde se efetua a "cura" e também se endurece a massa da reação. A lama resultante da reação é passada a uma unidade de granulação convencional, onde o material será

granulado, seco, classificado, expedido e armazenado (ver figura 5) (Cekinski, 1990).

A temperatura da reação é mantida em torno de 90°C, devido ao calor liberado durante a reação do ácido com o fosfato. Para a manutenção desta temperatura, a água da fonte externa é alimentada em temperatura próxima àquela do reator.

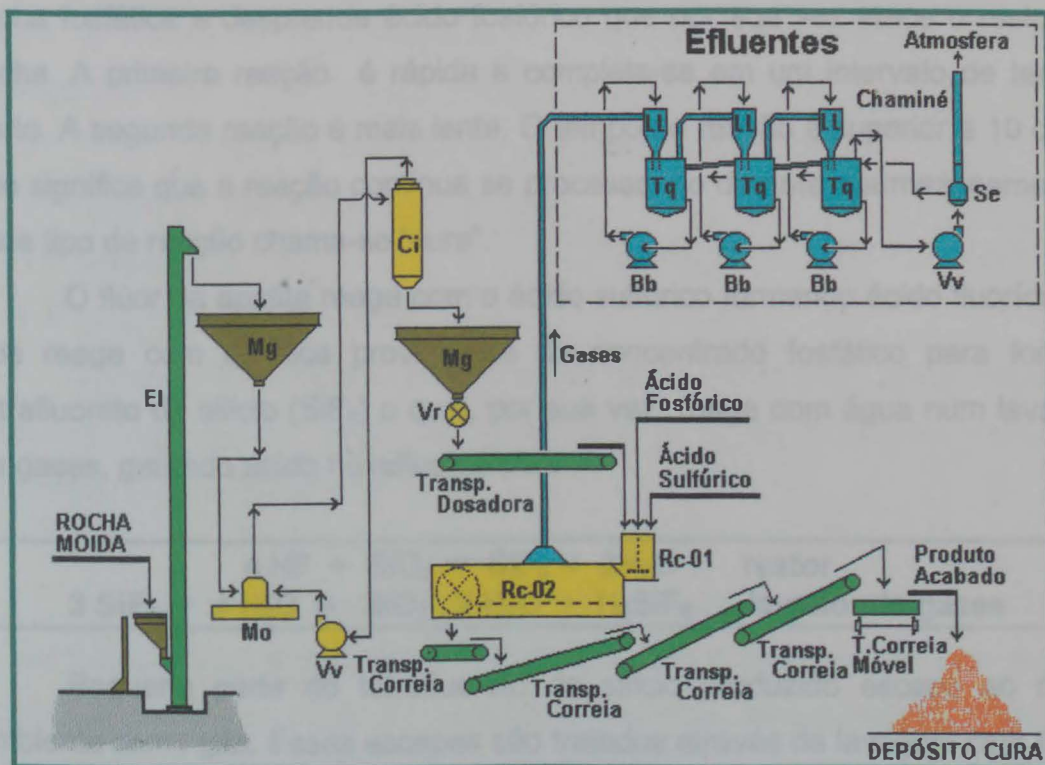
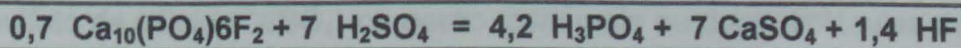


Figura 5: Fluxograma de produção do Superfosfato

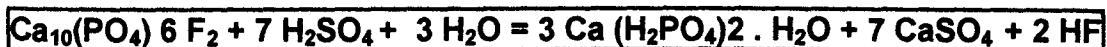
A reação de decomposição da apatita proveniente do concentrado fosfático com ácido sulfúrico compreende dois estágios. No primeiro estágio, o ácido sulfúrico reage com parte da apatita gerando ácido fosfórico, sulfato de cálcio e ácido fluorídrico.



Esta reação é rápida e forma uma "lama" no reator. O ácido fosfórico produzido ataca a apatita não reagida para formar o fosfato monocálcico e ácido fluorídrico.

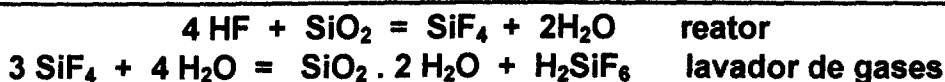


Neste estágio, a reação é lenta e a "lama" formada anteriormente começa a se solidificar. A reação global obtida é:



Esta segunda reação pode iniciar antes de todo ácido sulfúrico ser consumido pela primeira reação. O ácido sulfúrico ataca cerca de dois terços da rocha fosfática e desprende ácido fosfórico que por sua vez ataca o resto da rocha. A primeira reação é rápida e completa-se em um intervalo de tempo curto. A segunda reação é mais lenta. O tempo de reação é superior a 10 dias, isto significa que a reação continua se processando durante o armazenamento. Este tipo de reação chama-se "cura".

O flúor da apatita reage com o ácido sulfúrico formando ácido fluorídrico, que reage com a sílica proveniente do concentrado fosfático para formar tetrafluoreto de silício (SiF_4) o qual, por sua vez, reage com água num lavador de gases, gerando ácido hexafluorsilícico:



Pequena parte do tetrafluoreto de silício produzido escapa ao meio ambiente como gás. Esses escapes são tratados através de lavagem com água transformando o gás em ácido hexafluorsilícico que é líquido, e é reinjetado na acidulação da rocha fosfática ou neutralizado, por exemplo, com amônia e incorporado aos fertilizantes granulados. Os fluoretos na indústria de fertilizantes estão presentes como poeiras (fluoreto de cálcio: CaF_2), como gases (ácido fluorídrico: HF , e tetrafluoreto de silício: SiF_4), como líquidos (ácido hexafluorsilícico: H_2SiF_6).

Os principais componentes químicos presentes no superfosfato simples são: sulfato de cálcio (CaSO_4) ou gesso, com meia ou duas moléculas de água e o fosfato monocálcico monohidratado ($\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Componentes menores consistem em fosfato dicálcico, fosfato cálcico ferroso, fosfato cálcico de alumínio e materiais inertes como sílica, fluorossilicato, rocha que não reagiu, matéria orgânica e fosfato de outros metais presentes na rocha.

Além das reações que envolvem a apatita diretamente, acontecem outras reações secundárias. A presença de quantidades variáveis de ferro e alumínio na rocha fosfática é habitual. O ferro e o alumínio são grandes consumidores de ácidos e provavelmente têm um papel importante na reversão do fosfato não avaliado, oriundo de outros metais presentes na rocha fosfática.

A velocidade de liberação do flúor, à pressão de 20 mm de água, nos 30 minutos iniciais de produção de superfosfato simples utilizando ácido sulfúrico 65,5% na temperatura de 30 a 80° C, é expressa pela equação abaixo que ilustra os efeitos da temperatura e do tempo de mistura na velocidade de liberação do flúor.

$$\text{Log. } V = -779,5 (1/T) - 0,0128t + 2,1890 \quad \text{onde:}$$

- V = fração de flúor liberada por minuto
- T = temperatura (°K)
- t = tempo de agitação (min)

O produto é comercializado em forma de pó. Pode ainda ser granulado e misturado com outros elementos formando o NPK, ou fertilizante granulado composto (Soria e Chavarria, 1978).

O **superfosfato triplo** (0-42-0 a 0-50-0) é obtido a partir da reação da rocha fosfática com o ácido fosfórico. A operação é muito semelhante àquela que se usa para a produção do superfosfato simples, mas o produto obtido tem 40 a 48% de P₂O₅, o que vem a ser 2,5 vezes mais do que no superfosfato simples. Da mesma forma que o anterior, pode-se obter o produto em pó ou granulado por um processo semelhante (Soria e Chavarria, 1978).

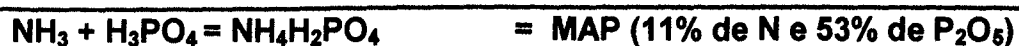
A principal reação de conversão para superfosfato triplo é:



Na maior parte dos processos, uma grande quantidade de flúor permanece no produto na forma de fluorsilicatos e fluoreto de cálcio. Nestes casos, o ácido fosfórico necessário é menor do que o indicado pela equação acima. A velocidade da reação depende da concentração de íon hidrogênio, da granulometria da rocha, da temperatura e da reatividade da rocha.

O superfosfato costuma ser armazenado em espaços muito amplos, com capacidade para 20.000 a 50.000 toneladas de material. A mistura sem curar é habitualmente triturada e levada ao edifício de armazenamento por meio de um transportador de banda. Os edifícios de armazenamento podem ser de madeira, aço ou concreto. Nestes ambientes deve-se cuidar a ventilação devido a emanações constantes de flúor e vapor d'água durante o processo de cura (Sauchelli, 1966).

Os fosfatos de amônio são produtos intermediários portadores de dois nutrientes: nitrogênio e fósforo. São comercializados dois sais deste tipo: o monoamônio fosfato (MAP) e o diamônio fosfato (DAP). São obtidos através da reação de amônia anidra e ácido fosfórico.



Assim como os superfosfatos, os fosfatos de amônio podem ser produzidos na forma de pó ou por processo direto, na forma granulada. Em Rio Grande, RS, usa-se a forma granulada de produção.

1.4.2 Granulação: A necessidade de se aplicar os nutrientes em proporções adequadas segundo o tipo de solo e as diferentes culturas, levou os fabricantes a produzirem as chamadas fórmulas NPK. Inicialmente eram produzidas simplesmente pela pesagem dos materiais componentes em pó, na proporção desejada, seguida da mistura por meio de pás, betoneiras ou misturadores rotativos. Tais fertilizantes onde não ocorre reação química entre os ingredientes, são chamados de "bulk blends" ou simplesmente de misturas. As fábricas que fazem misturas, seja de sólidos ou líquidos, são numerosas. São de pequeno tamanho, já que o processo é composto basicamente de equipamento de mistura e ensacadeiras. Nas misturas há uma diferença importante de tamanho das partículas que estão sendo misturadas, o que leva a problemas de segregação e, também, a apresentação em pó favorece a absorção de umidade com ocorrência de reações químicas e empedramento

colocados uma série de tubos fixos em um suporte. As matérias-primas líquidas (ácido sulfúrico, fosfórico e água) são pulverizadas sobre o leito de sólidos, enquanto a amônia e o vapor são alimentados por tubos colocados no interior do leito para garantir uma melhor eficiência de teor de calor e de massa. O granulador tem um movimento rotativo, que provoca o rolamento das partículas e sua aglomeração em grãos maiores. Dependendo da fórmula que está sendo produzida, serão acrescentados cloreto de potássio, mais uréia e mais micronutrientes tipo molibdênio, cobre, zinco, que estarão todos presentes ou não, em concentrações variáveis. Esses grãos úmidos passam a um secador onde a umidade é reduzida. Os grãos são resfriados e classificados segundo seu tamanho (ver figura 6 e 7).

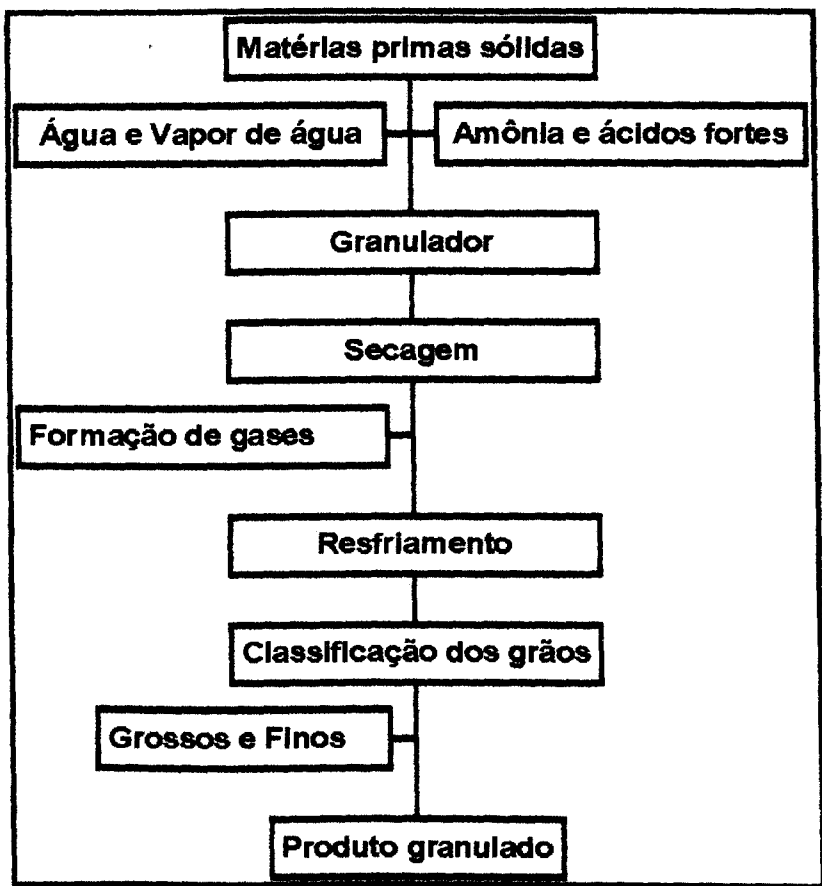


Figura 7: Processo de Granulação

Os grãos entre 2 e 4 mm de diâmetro são armazenados e posteriormente ensacados. As partículas maiores são moídas e junto com as menores de 2 mm retornam ao granulador. Um grão de diâmetro adequado é importante, pois, se

grande parte do produto precisa retornar ao ciclo, a produção da fábrica diminuirá e o custo de operação por tonelada de produto aumentará. Este produto pode ser recoberto com algum revestimento sólido como talco, caulim ou gesso com eventual adição de óleo.

O controle da granulação costuma ser realizado pelo trabalhador com maior experiência na produção de fertilizantes. O trabalhador fica localizado na frente da "boca" do granulador, estando potencialmente exposto, tanto de forma aguda como crônica, a escapes de amônia. Este funcionário permanece em pé, na "boca" do granulador, experimentando na palma de sua mão, com auxílio de uma pá, a cada instante, um punhado da lama que está se formando, conferindo pelo tato sua consistência, umidade e tamanho. Geralmente não usam luvas e, com o tempo, a palma das mãos fica tingida, impregnada com o pigmento característico das matérias-primas que são usadas.

O controle da granulação vai depender de itens básicos como a fórmula do fertilizante que está sendo produzido, a qual determinará a classe e a quantidade de sais solúveis e de água. Também é importante o calor da reação que será tanto maior quanto maior a quantidade de ácidos sulfúrico e fosfórico e amônia utilizados, o acréscimo de vapor e o controle da temperatura do secador.

Durante a secagem e o resfriamento formam-se gases que passam por uma bateria de ciclones onde é captada a maior parte dos materiais particulados liberados. O fluxo gasoso após os ciclones é coletado em um lavador de gases, geralmente do tipo "spray tower" ou tipo Venturi. Os gases do granulador, geralmente a amônia, são absorvidos por uma solução de ácido fosfórico, para tornar a lavagem mais eficiente (Bichara, 1990).

As principais reações químicas que ocorrem no granulador são as de amoniação de ácidos sulfúrico e fosfórico e do superfosfato:



As reações 1 e 2 ocorrem simultaneamente, em proporções variadas dependendo da fórmula que está sendo preparada. A reação 4 ocorre na amoniação dos superfosfatos que, além de produzir calor, libera água do fosfato monocálcico, evitando que isso ocorra no armazenamento do produto, o que poderia dar empedramento (Silveira, 1990).

1.5. Características das fábricas de fertilizantes em Rio Grande / RS

Existem quatro fábricas produtoras de fertilizantes na cidade de Rio Grande: Fertisul (atualmente Serrana), Defer (atualmente Central de Fertilizantes), Manah e Trevo. As quatro indústrias têm características muito semelhantes:

- A produção de fertilizantes em Rio Grande iniciou com a fábrica de nome Icisa, no fim da década de 1950, que produzia adubos granulados de baixo teor de fósforo. Em 15 de outubro de 1965 começou a funcionar a Fertisul S.A com uma unidade de mistura. Em 1972, esta indústria iniciou a produção de Superfosfato, Monoamônio fosfato (MAP) e granulado NPK. Em 1988, diversificando sua produção, desenvolveu uma linha para nutrição animal com o fosfato bicálcico. Desde 1996 a Fertisul foi incorporada ao grupo Serrana. Em 1971, foi a vez da Adubos Trevo, localizada no Canal da Barra de Rio Grande e dotada de um píer de atracação próprio, a cento e sessenta metros da margem. O píer tem capacidade para receber navios petroleiros de até sessenta mil toneladas e possui um sistema de carga e descarga totalmente automatizado. A Manah S.A. iniciou seu funcionamento em outubro de 1979. Em 1983, foi implantada outra unidade de fertilizantes NPK, com nome Centralsul (ramo Agro-industrial do Cooperativismo no RS) operando por sistema cooperativo. Esta indústria recebeu o nome, em 1988, de Defer S/A Fertilizantes. A partir de 1998, obtém nova razão social, operando como Central de Fertilizantes Ltda, atuando essencialmente na produção de fertilizantes, sem atuação na área comercial.
- A planta das indústrias de fertilizantes é composta por:

1. Grandes armazéns ou silos onde são armazenadas as matérias primas, os produtos intermediários e os produtos acabados, com capacidade para cerca de 100.000 toneladas de produtos, por indústria. O material é transportado para as outras unidades por esteiras, pá carregadeira e elevadores (ver figura 8).



Figura 8: Vista parcial de fábrica de fertilizantes

2. Local de moagem da rocha fosfática caracterizado por grande poluição sonora e de particulados. A capacidade anual de moagem de rocha fosfática é em torno de 100.000 toneladas por indústria.
3. Local de acidulação da rocha fosfática com volume de produção de superfosfato simples e triplo de mais ou menos 250.000 toneladas por ano por indústria.
4. Local de granulação do fertilizante complexo onde são produzidos cerca de 450.000 toneladas de produto granulado. A produção total de fertilizantes por indústria oscila de 300.000 a 1.000.000 toneladas por ano, dependendo do porte da mesma.
5. Local de ensacamento e embarque de produto final, extremamente automatizado, onde a função humana é braçal, seja mantendo a embalagem dos fertilizantes bem posicionada e aberta para enchimento, seja carregando caminhões, vagões de trens e porões de navios. Dependendo

do material que está sendo ensacado, terá maior ou menor quantidade de poeira no ambiente.

- Todas indústrias estão situadas na orla marítima, duas delas dispendo de um setor de embarque e desembarque (píer) no Porto de Rio Grande, RS. Esta localização é fundamental porque a matéria prima utilizada na produção dos fertilizantes é, atualmente, principalmente importada, e conduzida até Rio Grande via marítima. A rocha fosfática geralmente é procedente do Marrocos, Tunísia e Israel. O ácido fosfórico é oriundo dos EUA, Marrocos e África do Sul; o ácido sulfúrico do Japão, Chile e México, e a amônia, dos EUA, África do Norte e Venezuela. Há um grupo de funcionários encarregados da descarga deste material, que é estocado em grandes armazéns. A partir desses armazéns, a matéria-prima é conduzida automaticamente através de esteiras ou manualmente com pás carregadeiras até as unidades de acidulação ou granulação.
- Os ácidos sulfúrico e fosfórico são armazenados em tanques situados nas periferia das fábricas, com capacidade superior a 10.000 toneladas e controlados por funcionários com essa específica função. Com relação à amônia, a mesma está estocada em um terminal, com capacidade de armazenagem de 15.000 toneladas de amônia anidra, mantida a -33° C, na forma líquida. Este terminal opera atualmente, via amoniodutos, abastecendo diretamente as indústrias. O risco em sua manipulação é muito reduzido por ser essencialmente automatizado.
- O número exato de funcionários é difícil de precisar por duas razões principais: a terceirização dos serviços e a sazonalidade da produção dos fertilizantes. Com relação à terceirização, ela invadiu inclusive as funções diretamente ligadas à produção. O funcionário terceirizado não é da competência administrativa da indústria e esta não conhece o seu número exato. Com relação a sazonalidade, esta resulta em um número flutuante de funcionários que são admitidos de abril a novembro, quando a produção de fertilizantes é máxima, e são demitidos a partir daí quando a produção entra em recesso.

- Embora fosse voz corrente que os empregados das indústrias de fertilizantes não permanecessem muito tempo nos seus empregos, isso não foi comprovado na prática. O tempo médio de trabalho é superior a 10 anos. Ainda, quando saem de uma fábrica de fertilizantes a tendência é irem trabalhar em outra, já que acabam se especializando nesse tipo específico de função.
- Em cada setor, o processo de produção é controlado por um, no máximo três funcionários, que permanecem a maior parte do tempo em uma sala, a sala de operações, onde através do controle de um painel fazem o monitoramento do peso da matéria-prima, a velocidade das reações químicas, acrescentando água, vapor d'água, ácidos, etc.. Um maior número de funcionários permanece em cada área controlando diretamente o funcionamento dos equipamentos e fazendo a limpeza da área. Um número variado de funcionários é encarregado da manutenção dos equipamentos, nas funções de mecânicos, torneiros, hidráulicos, bombeiros, trabalhando em qualquer setor da planta onde se façam necessários.
- As quatro indústrias têm uma produção muito semelhante: superfosfato simples e triplo, monoamônio e diamônio fosfato (MAP e DAP), e NPK granulados, complexos e misturas. A capacidade de produção por indústria é de 500.000 toneladas por ano. Os fertilizantes são consumidos pelo mercado do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e também são exportados para os países do Mercosul.
- As formulações predominantes no primeiro semestre são: 10-18-20; 5-20-30 e 5-25-25 para milho, trigo e fumo, correspondendo cada número respectivamente a concentração de nitrogênio, fosfato e potássio na fórmula. No segundo semestre são: 2-20-20; 2-20-30 e 2-25-25 para soja.
- Existem alguns produtos que são específicos de determinada indústria, porém, o procedimento industrial necessário é semelhante ao que já é via de regra realizado. Por exemplo, a indústria 2 produz uma ração de uso animal,

que é feita a partir de calcário calcítico e ácido fosfórico desfluorizado, tendo como produto final o fosfato bicálcico e sendo o processo em si semelhante ao de produção do superfosfato. As outras indústrias produzem alguns fertilizantes enriquecidos com nutrientes secundários ou micronutrientes tipo molibdênio, ferro, zinco, cobre, manganês, cobalto, etc. Por exemplo, o Fosmag que é feito de fosfato enriquecido com magnésio.

Encontra-se em anexo A um pequeno dicionário conceituando alguns termos técnicos e substâncias químicas que são mencionados ao longo do texto, com a intenção de facilitar a leitura e compreensão.

2. Avaliação Ambiental da Indústria de Fertilizantes

2.1. Histórico

O conhecimento da associação entre o trabalho e o binômio saúde-doença é tão antigo quanto o próprio homem. Em papiros egípcios e, mais tarde, no mundo greco-romano existem referências a essa associação. Galeno já havia reconhecido a alta mortalidade dos trabalhadores em minas de chumbo. Hipócrates, no seu clássico *Ares, Água e Lugares*, descreve em detalhes o quadro clínico da intoxicação saturnina encontrada em um trabalhador mineiro. As observações de Lucrécio, um século antes do início da Era Cristã, parecem marcar o início da preocupação pela patologia do trabalho, quando perguntava a respeito dos trabalhadores das minas: "Não viste ou ouviste como morrem em tão pouco tempo, quando ainda tinham tanta vida pela frente?" (citado por Ramazzini, 1700). Plínio, o Velho (23-79 d.C.), autor de "*De Historia Naturalis*", após visitar alguns locais de trabalho, principalmente galerias de minas, descreve impressionado, o aspecto dos trabalhadores expostos ao chumbo, mercúrio e poeiras (Mendes, 1995). Em 1700, era publicado em Modena, na Itália, o livro *De Morbis Artificum Diatriba*, escrito pelo médico Ramazzini, sobre as doenças dos trabalhadores. Ramazzini descreve doenças que ocorrem em mais de cinquenta atividades e propõe que às perguntas Hipocráticas se acrescente mais uma: "Qual é a sua ocupação?"

O impacto da revolução Industrial ocorrida na Europa, principalmente na Inglaterra, França e Alemanha, sobre a saúde dos trabalhadores foi enorme. São inúmeros os relatos a respeito das condições de trabalho longo, penoso e perigoso em ambientes extremamente agressivos. Toda a sorte de acidentes graves, mutilantes e fatais, como intoxicações agudas, acometem os trabalhadores, incluindo crianças de cinco, seis ou sete anos, e mulheres, que eram preferidas pela possibilidade de lhes serem pagos salários mais baixos (Mendes, 1995).

A medicina industrial moderna, todavia, só começou a se desenvolver nos meados do século XIX. Um de seus pioneiros foi o médico inglês C.T. Thackrah que, em 1831, escreveu: “A maioria dos que refletem sobre o assunto admitem que as condições do local de trabalho geralmente são nocivas a saúde”... Permite-se a existência de males que poderiam ser facilmente corrigidos.”

A Alemanha foi o primeiro país a se interessar oficialmente pelo problema com a promulgação da Lei de Segurança do Trabalhador em 1883. A Inglaterra adotou legislação semelhante em 1897 e os Estados Unidos só o fizeram em 1910.

O passo mais significativo na história da higiene industrial dos Estados Unidos foi o ato de Segurança e Saúde Ocupacional (OSH Act). Este decreto estabeleceu normas de higiene industrial e limites permissíveis de exposição a tóxicos, ruídos, radiação; vibração e temperatura, baseados nos limites de tolerância (Threshold Limit Value) da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

No Brasil, país colônia por mais de três séculos, utilizando mão-de-obra escrava até o final do século XIX, as inter-relações entre trabalho e saúde não haviam sido, até então, motivos de preocupação para a administração pública nem para a classe médica. A melhoria nas condições de vida e saúde dos trabalhadores industriais dependeria de mobilização política e econômica, que só viria a acontecer no século seguinte, o século XX.

O impacto da revolução industrial sobre a vida dos trabalhadores é enorme. De acordo com o relato de Warren Dean, “as condições de trabalho no Brasil eram duríssimas: havia muitas estruturas que abrigavam máquinas as quais não haviam sido originalmente destinadas a essa finalidade; eram mal iluminadas e mal ventiladas, e não dispunham de instalações sanitárias. Os acidentes se amiudavam, com os trabalhadores via de regra cansados, pois trabalhavam além do horário, sem aumento de salário e eram multados por indolência ou pelos erros cometidos, se fossem adultos, ou surrados, se fossem crianças. As fotografias ocasionais de revezamento de turmas numa ou noutra fábrica nos exibem uma horda de espectros descarnados e andrajosos, apinhados à saída, precedidos de crianças descalças e raquíticas, com os rostos inexpressivos voltados para o chão” (Dean, 1971). No início do período

republicano, a saúde passa a ser uma questão social. Em 1917, a Comissão Rockefeller oferece ajuda financeira e técnica ao Brasil para a institucionalização e ensino da Saúde Pública e também para o controle das endemias, em especial a ancilostomíase. Em 1919 é aprovada a primeira Lei sobre Acidentes do Trabalho, onde fundamenta-se a teoria do “risco profissional” e a necessidade da intervenção da “autoridade policial” em ocorrências de acidentes do trabalho. Nos anos seguintes, as escolas médicas contribuem cada vez mais para a proteção do trabalhador com a Medicina Legal, o Sanitarismo, a Higiene, a Infortunistica e outros temas. O Estado intervém com a criação de legislação a respeito e a formação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio.

A saúde do trabalhador deve ser uma possibilidade concreta. É necessário que se possa trabalhar sem adoecer ou morrer em decorrência disso. Como diz René Mendes, em seu livro sobre Patologia do Trabalho: “Temos a crença e o compromisso que não é preciso adoecer pelo trabalho, muito menos morrer pelo trabalho, e quiçá, nem viver pelo trabalho...”

2.2. Poluentes ambientais presentes na produção de fertilizantes

Cada ambiente de trabalho apresenta um certo número de riscos para o indivíduo, alguns mais sérios do que outros. Esses riscos podem ser químicos, físicos e biológicos. Os riscos químicos originam-se da exposição a compostos químicos; os físicos incluem exposição a radiação ionizante ou não ionizante, temperaturas extremas e ruídos e, os biológicos, a exposição a fungos e bactérias. A exposição a agentes químicos constitui o principal risco à saúde do empregado. Agentes químicos podem produzir uma grande variedade de efeitos agudos e crônicos (Winner e Blanchard, 1981).

As indústrias químicas são consideradas como altamente poluentes em relação a outros tipos de indústrias. Dentre as indústrias químicas, a indústria de fertilizantes ocupa lugar de destaque como emissora de poluentes.

Do processo produtivo das indústrias de fertilizantes originam-se com maior ou menor intensidade, dependendo do tipo e da quantidade dos adubos produzidos, poluentes **gasosos, líquidos e sólidos** (ver figura 9) (Fabiani, 1990). Estes poluentes são gerados essencialmente por:

- Transporte, armazenamento e movimentação interna das matérias primas
- Processo de solubilização das matérias primas e as curas dos produtos intermediários (superfosfato simples, superfosfato triplo)
- Mistura de componentes, pesagem e embarque dos produtos finais

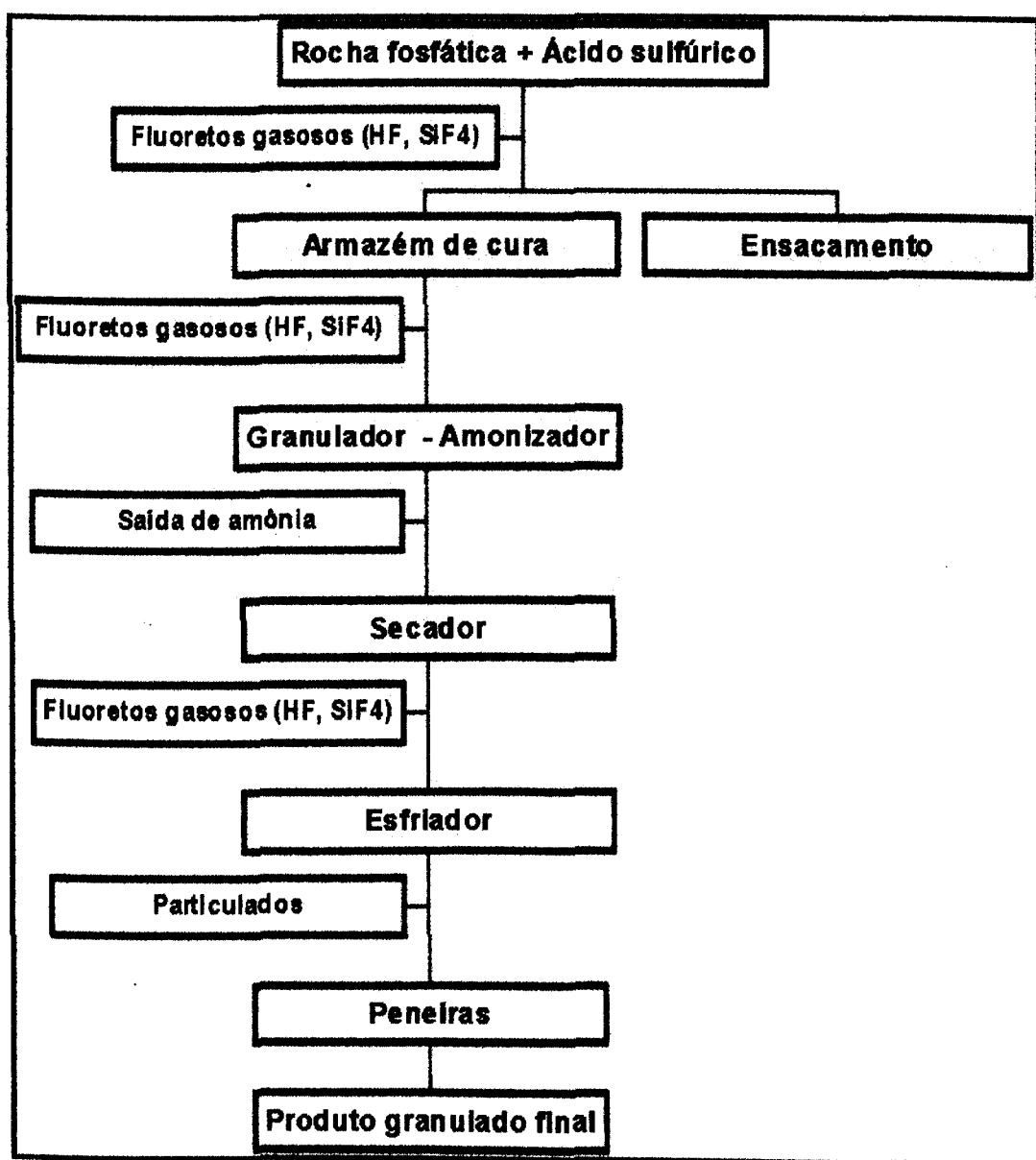


Figura 9: Etapas da produção de fertilizantes e efluentes liberados

Os poluentes ocupacionais devem ser mantidos dentro de certos limites, que são denominados limites de tolerância. **Limite de tolerância**, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/1989) é a concentração de substância no ar sob a qual acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente dia após dia durante toda a sua vida laboral, sem apresentar efeitos adversos à saúde.

2.2.1. Poluentes gasosos (gases e ou vapores): os principais poluentes gasosos lançados na atmosfera são os seguintes:

- **Óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3):** Para geração de vapor e energia é realizada a queima de óleo combustível BPF, que origina grandes quantidades de SO_2 (fornos, queimadores e caldeiras). A utilização de chaminés de altura suficiente para uma boa dispersão costuma ser medida adequada de controle (Fabiani, 1991).
- **Fluoretos:** São produzidos durante a acidulação da rocha fosfática e na fabricação de ácido fosfórico via úmida. Os fluoretos gasosos produzidos são o ácido fluorídrico (HF) e o tetrafluoreto de silício (SiF_4), que são reutilizados no processo industrial. A concentração do flúor nos resíduos gasosos durante a produção de superfosfato, em uma fábrica sem sistemas de controle é da ordem de 35 a 100 g/Nm³. Se os efluentes passam por uma bateria de ciclones, seu conteúdo em partículas será de 70 a 350 mg/Nm³ (Normal m³ = temperatura de 0° C e pressão atmosférica de 760 mm/Hg). O Instituto Nacional para Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) recomenda que sejam respeitados os valores de 2,5 mg de fluoretos por m³ de ar, no ambiente de trabalho, em uma jornada de mais de 10 h/dia e 40 h/semana. A exposição ocupacional é caracterizada se o trabalhador está exposto a mais de 50% dos valores recomendados. A nível de chaminé de descarga de produção, a concentração máxima de fluoretos não deverá ultrapassar 20 mg/m³ (ou 100g/ton de P_2O_5 produzida).
- **Amônia:** lançada na produção de fosfato de mono e diamônio, na granulação do NPK e nos potenciais vazamentos a nível de válvulas. A concentração da amônia a nível de chaminé não deve ultrapassar 32 mg/ m³

- **Cloreto de Amônio:** produzido durante a fabricação de fertilizantes NPK (com sulfato de amônio e cloreto de potássio na formulação).
- **Nitrato de Amônio:** lançado durante sua fabricação ou na granulação dos fertilizantes NPK contendo o produto.

2.2.2. Poluentes líquidos: A quantidade de efluentes líquidos descartada pela indústria de fertilizantes é pequena em relação aos gasosos. Os poluentes líquidos originam-se dos gasosos quando são absorvidos em torres de lavagem. Os líquidos resultantes dessas torres, podem retornar ao processo ou podem ser concentrados e comercializados como resíduos líquidos. A política atual dentro das indústrias de fertilizantes é de total reaproveitamento das águas de lavagem após filtragem, considerando-se, inclusive, que não existem efluentes líquidos. Os principais poluentes que saem com as águas na indústria de fertilizantes são os seguintes:

- **Amônia:** contida nos efluentes líquidos de vários pontos do processo de granulação, sendo reaproveitada no próprio processo.
- **Ácido fluorsilícico:** produzido na torre de lavagem de gases dos processos de fabricação de ácido fosfórico e superfosfatos simples e triplo. É reaproveitado na produção do superfosfato.
- **Efluentes de caldeiras e torres de refrigeração:** soluções ácidas e alcalinas que normalmente são utilizadas na limpeza das caldeiras e no tratamento das águas e são reutilizadas no processo industrial.

2.2.3. Poluentes sólidos (aerossóis): Constituem um grande problema no sentido de sua utilização futura. São os seguintes:

- **Fosfogesso:** subproduto oriundo da fabricação de ácido fosfórico via úmida; para cada tonelada de P_2O_5 produzida, se obtém como subproduto, de quatro a cinco toneladas de fosfogesso que são armazenadas a céu aberto em áreas bastante extensas.
- **Fluoretos particulados:** são a criolita, o alumínio, o fluorspar e a fluorapatita. Nas fábricas de superfosfato triplo são produzidas grandes quantidades de SiF_4 , um pouco menos de HF, que são gasosos, e pequena quantidade de particulados (Fabiani, 1990).

As emissões no armazenamento do produto em pó são de 0,7 a 1,5 Kg de flúor por tonelada de superfosfato produzido. As emissões de flúor nas fábricas convencionais com lavagem dos gases procedentes dos reatores é da ordem de 0,07 Kg por tonelada de produto. Nas fábricas que granulam o super triplo a partir do produto em pó, as emissões do flúor são de 0,03 a 0,05 Kg de flúor por tonelada de produto. As emissões de flúor nas fábricas de monoamônio fosfato (MAP) e diamônio fosfato (DAP) são de 0,05 a 0,2 Kg de flúor por tonelada de P_2O_5 produzida.

As operações de neutralização e granulação são as fontes de fumos e poeiras. Em uma fábrica de 10 ton/h se encontra 0,4 ton/d de partículas sólidas na saída dos ciclones. O tamanho dessas partículas é variado, mas 99% delas têm tamanho até 20 micrômetros.

A distribuição de tamanho é a seguinte:

- >10 micrômetros: 11%
- 10 a 5 micrômetros: 40%
- < 5 a 3 micrômetros: 26%
- < 3 micrômetros: 22% (Sauchelli, 1966)

O setor produtivo das indústrias de fertilizantes em Rio Grande, RS, divide-se em unidades industriais. Aquelas que interessam do ponto de vista de exposição ocupacional, ou seja, que oferecem risco ocupacional são as seguintes:

- **Unidade de moagem da Rocha Fosfática:** o fator de risco é a poeira gerada a partir do esmagamento da rocha fosfática que apresenta granulometria reduzida, assemelhando-se ao talco. Ocorre dispersão da poeira no ambiente, permanecendo em suspensão no ar ou depositando-se no solo, mais ou menos rapidamente, de acordo com o tamanho e a densidade das partículas em suspensão.
- **Unidade de produção de Superfosfato:** o risco principal está representado pelos gases SiF_4 (tetrafluoreto de silício) e HF (ácido fluorídrico) liberados na reação da rocha fosfática com ácido sulfúrico ou fosfórico.

- **Unidade de produção de Granulados (UPG):** a granulação é a transformação de matérias-primas sólidas, líquidas e gasosas, em um produto sólido granulado, contendo os elementos básicos NPK em proporções variadas. O risco fica a cargo das poeiras provenientes da matéria-prima utilizada e dos gases (amônia e fluoretos).
- **Unidade de Mistura, Ensacamento e Expedição:** o risco é devido a poeira gerada na movimentação dos produtos estocados nos armazéns.
- **Unidade de Estocagem de Produtos Sólidos:** o risco é representado pelas poeiras em suspensão nos armazéns. O abastecimento e a movimentação desses produtos é feita através de pás carregadeiras ou esteiras.

2.3. Controle dos poluentes ambientais

As indústrias de fertilizantes devem apresentar dois tipos de controle ambiental:

- Dos poluentes dentro do ambiente de trabalho
- Das emissões a nível de chaminé

O primeiro interessaria diretamente ao trabalhador e o segundo a comunidade onde a indústria está inserida. O Departamento do Meio Ambiente da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente do Estado do RS (FEPAM) é o responsável pelas normas técnicas que regularizam a instalação e o funcionamento das indústrias de fertilizantes. A preocupação desse órgão é com o controle da qualidade aérea ambiental, a nível de chaminés. O controle da qualidade aérea no ambiente de trabalho, ou seja, do ar que é respirado pelo trabalhador exposto, fica a cargo do Ministério do Trabalho.

As indústrias de fertilizantes utilizam dispositivos para melhorar ao máximo possível a qualidade do ambiente de trabalho. Existe uma grande variedade de dispositivos para o tratamento dos poluentes e vários métodos para o controle ambiental, cada um com sua indicação específica. Podem ser agrupados da seguinte maneira:

2.3.1 Dispositivos ambientais: que visam controlar os poluentes liberados no próprio processo de produção dos fertilizantes, e que constituem o sistema de ventilação da fábrica

2.3.2 Dispositivos individuais: para proteção individual dos funcionários expostos

2.3.1. Dispositivos ambientais

O controle dos efluentes líquidos e atmosféricos em uma fábrica de fertilizantes a fim de evitar a contaminação ambiental é um dos principais problemas desse tipo de indústria. O custo de instalação e funcionamento da aparelhagem para recuperação de particulados, gases e soluções líquidas é elevado. Do ponto de vista econômico e estratégico, o ideal seria que estas medidas estivessem incluídas na planta do projeto original da fábrica. Como isso muitas vezes não acontece, o higienista industrial e/ou o engenheiro de segurança tem de adaptar as medidas de prevenção às estruturas industriais já existentes.

Os equipamentos para controle dos poluentes ambientais podem ser divididos da seguinte forma:

- **Descarga através de chaminés altas**
- **Separadores inertes**
- **Purificadores úmidos**
- **Filtração**

1) Descarga através de chaminés elevadas: Não é uma medida que possa ser utilizada isoladamente, pois, mais do que controle ambiental dos poluentes, a chaminé produz dispersão dos mesmos. Uma regra geral para determinar a altura de uma chaminé, é que ela possua no mínimo uma vez e meia a altura do edifício mais alto da vizinhança. Sob condições adversas de temperatura, o efluente pode retornar à terra produzindo uma névoa densa, e impedindo o

funcionamento da fábrica. Quanto maior a altura da chaminé, mais distante será o ponto em que a névoa chegará ao solo (Sauchelli, 1966).

2) **Separadores inertes:** São usados para a remoção dos materiais particulados. Os mais utilizados na indústria de fertilizantes são os ciclones. Os particulados são arrastados junto com os gases durante as etapas de secagem e esfriamento. O sistema de ventilação é formado por uma coifa por onde entra o ar aspirado. O fluxo de ar é canalizado para uma tubulação conectada a um equipamento denominado **ciclone**, que tem a forma de um cone invertido, onde ficam depositadas as partículas aspiradas pela coifa. Na porção terminal, há um exaustor que mantém continuamente o fluxo de ar através do sistema (Sauchelli, 1966).

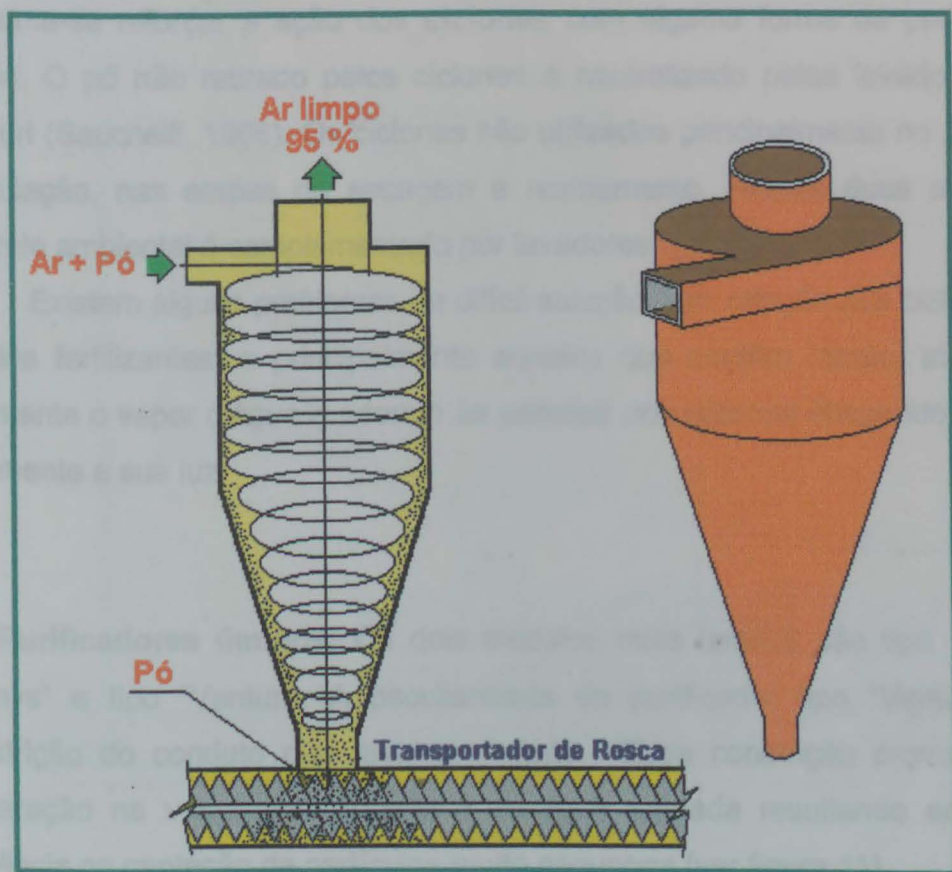


Figura 10: Separador inerte tipo ciclone

O princípio de funcionamento dos **ciclones** é o seguinte: a mistura de gás, ar e particulados entra na seção cilíndrica do ciclone tangencialmente. Desce em espiral pela periferia e depois de alcançar o fundo, sobe junto ao eixo vertical, formando um duplo vórtice (ver figura 10). As partículas que são arrastadas ficam sujeitas a uma força centrífuga que as joga contra as paredes do tanque e outra centrípeta que tende a mantê-las na corrente. Esse equilíbrio decide se as partículas são separadas do sistema ou se continuam sendo arrastadas (Sauchelli, 1966).

Os **ciclones** são os separadores inertes mais comuns e como são simples, duráveis e baratos são usados quase que universalmente. São também empregados para recuperar materiais secos e melhorar a economia do processo. Quando os **ciclones** funcionam adequadamente, recolhem 80 a 90% das partículas de 10 micrômetros e quase a totalidade das partículas maiores. A poeira mais fina é descarregada junto com os gases através da chaminé. Costuma-se reforçar a ação dos **ciclones** com alguma forma de purificação úmida. O pó não retirado pelos ciclones é neutralizado pelos lavadores tipo Venturi (Sauchelli, 1966). Os ciclones são utilizados principalmente no setor de granulação, nas etapas de secagem e resfriamento. Nestas duas etapas o controle ambiental é complementado por lavadores tipo Venturi.

Existem alguns problemas de difícil solução com relação aos ciclones. O pó dos fertilizantes, e principalmente aqueles que contêm nitrato, absorvem facilmente o vapor d'água e aderem às paredes dos ciclones chegando a ocluir totalmente a sua luz.

3) Purificadores úmidos: Os dois modelos mais usados são tipo torre de "sprays" e tipo "Venturi". A peculiaridade do purificador tipo "Venturi" é a constrição do conduto que leva o efluente. Essa constrição provoca uma aceleração na velocidade do gás e da água injetada resultando em maior eficiência na captação de partículas muito pequenas (ver figura 11).

Os poluentes dos setores de granulação passam habitualmente através de um purificador úmido depois de passarem pelos ciclones secos que retiraram a maior parte dos particulados. A maior vantagem dos purificadores úmidos é a

de retirar não somente o material particulado mas também diminuir os gases prejudiciais a um nível aceitável. O objetivo desse acréscimo de água é aumentar o tamanho das partículas e assim tornar mais efetivo o mecanismo de ação dos ciclones. Por isso, ciclones e lavadores são usados em conjunto na mesma etapa de produção. Os coletores úmidos são colocados nos setores de granulação e de superfosfato, onde existe formação de gases. A absorção dos gases produzidos durante a acidulação da rocha fosfática (ácido fluorídrico e tetrafluoreto de silício) é realizada em purificadores com água. A sua eficácia é da ordem de 92 a 97% (Soria e Chavarria, 1978).

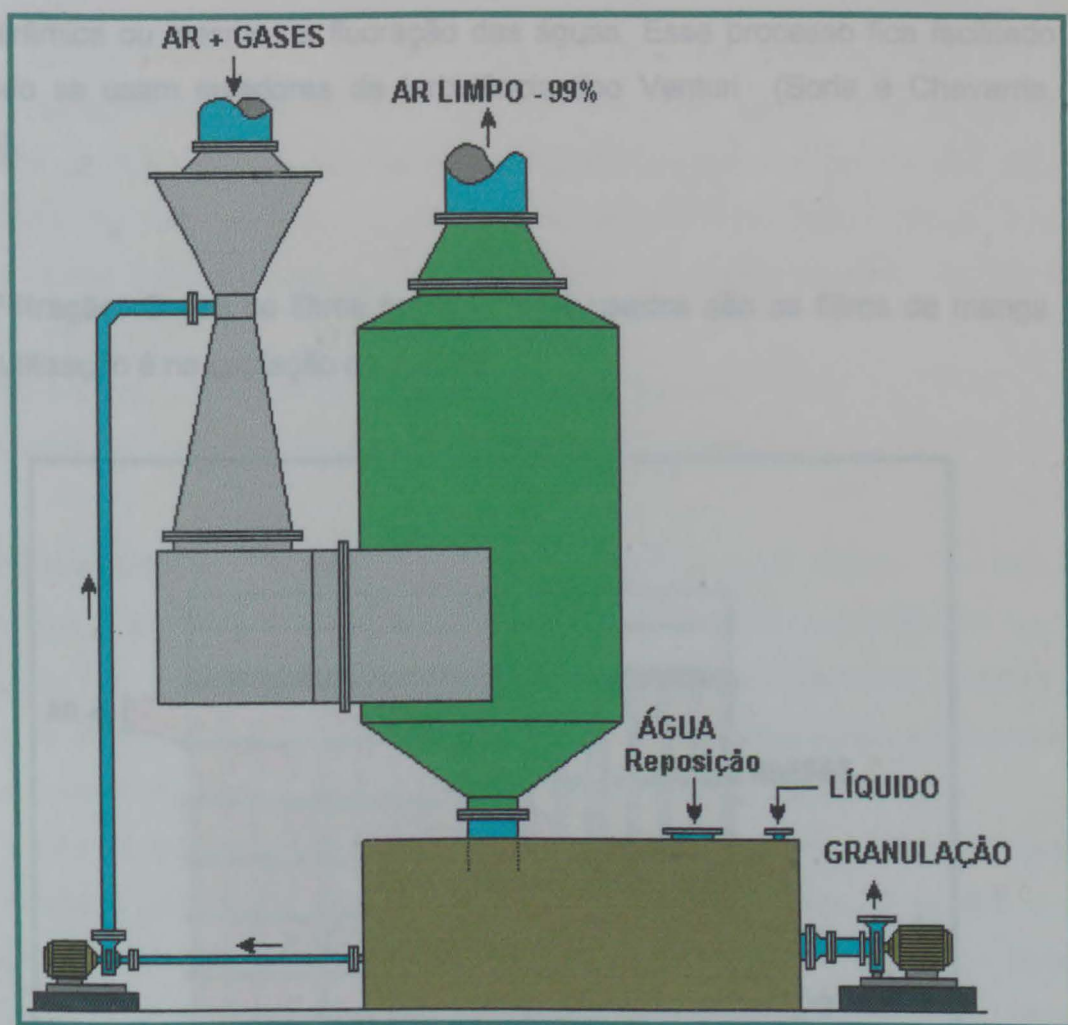


Figura 11: Purificador úmido tipo Venturi

O problema da utilização desses purificadores é o posterior uso das águas de lavagem. Elas podem ser reutilizadas até um certo limite a partir do qual precisam ser decantadas. Esta água de lavagem não deve ter um pH ácido porque diminuiria sua capacidade de absorção. Isso pode acontecer em

situações de grande desprendimento de fluoretos na granulação do superfosfato. Deve-se procurar que esta água tenha um pH próximo de 7,0. Não se conseguindo a neutralização do pH, a fumaça que sai pela chaminé adquire uma coloração branca, característica da presença do fluoreto de amônio (Sauchelli, 1966).

Com a política atual de fluoração das águas municipais existe interesse na recuperação dos efluentes dos lavadores pelo seu conteúdo de ácido fluorsilícico em concentrações de até 25%. O tetrafluoreto de silício reage imediatamente com a água formando o ácido fluorsilícico o qual pode ser empregado na fabricação de criolita para a indústria de alumínio, ou na indústria de cerâmica ou mesmo na fluoração das águas. Esse processo fica facilitado quando se usam lavadores de turbulência tipo Venturi (Soria e Chavarria, 1978).

4) Filtração: O tipo de filtros habitualmente usados são os filtros de manga. Sua utilização é na captação de poeiras.

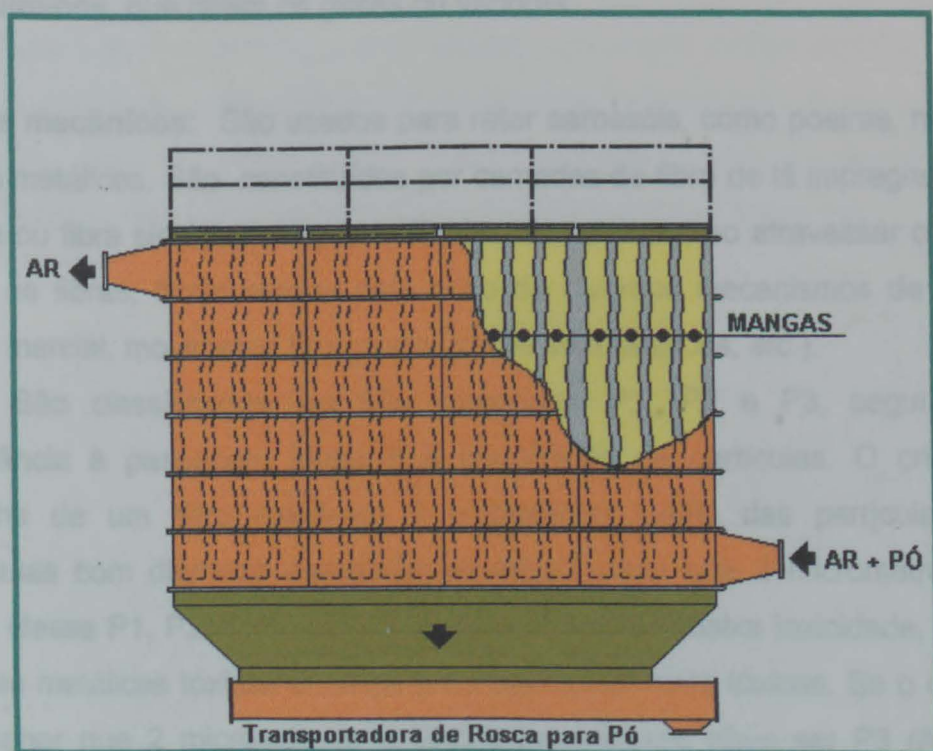


Figura 12: Filtro de manga

Têm um sistema de limpeza automático, através de jatos de ar sob pressão. São usados atualmente quase que essencialmente no setor de superfosfato (ver figura 12).

Outro sistema de filtração são os filtros Prensa utilizados para retirar particulados da água dos lavadores, ou seja, no tratamento dos poluentes líquidos.

2.3.2. Dispositivos individuais

Correspondem aos equipamentos pessoais de proteção respiratória individual chamados EPR ou EPI. Têm por finalidade purificar o ar ambiente que vai ser inalado. Os respiradores purificadores são compostos por uma cobertura das vias respiratórias, válvulas de inalação e exalação e filtros. O ar antes de ser inalado passa por filtros que retêm os contaminantes. Os filtros podem ser:

- **Mecânicos**, que retêm os contaminantes particulados
- **Químicos**, que retêm os gases ou vapores

Filtros mecânicos: São usados para reter aerossóis, como poeiras, névoas e fumos metálicos. São constituídos por camadas de fibra de lã impregnada com resina ou fibra sintética. As partículas levadas pelo ar, ao atravessar o espaço entre as fibras, ficam retidas pela ação de diversos mecanismos de captura (ação inercial, movimento browniano, forças eletrostáticas, etc.).

São classificados em três categorias, P1, P2 e P3, segundo sua resistência à passagem aérea e à penetração de partículas. O critério de escolha de um filtro mecânico é o tamanho médio das partículas: para partículas com diâmetro aerodinâmico médio maior que 2 micrômetros, usar filtros classe P1, P2 ou P3. Usar P1 para poeiras de baixa toxicidade, P2 para poeiras metálicas tóxicas e P3 para as partículas muito tóxicas. Se o diâmetro for menor que 2 micrômetros, o filtro a ser utilizado deve ser P3 (American National Standards Institute, 1992).

A medida que um filtro mecânico vai sendo usado, os poros vão sendo obstruídos e a resistência à respiração aumenta. Por isso, devem ser substituídos quando o usuário perceber o aumento da resistência à inspiração.

Filtros Químicos: Retêm os contaminantes na forma de gases e vapores. Os cartuchos contêm carvão ativado, puro ou impregnado, dependendo contra o que vão ser usados. Existem no mercado filtros para vapores orgânicos, gases ácidos, alcalinos (amônia e aminas) e especiais (mercúrio, cloreto de vinila, etc.).

Dependendo do tamanho do cartucho, são classificados em três categorias: pequenos (máxima concentração de uso 1.000 ppm); médios (5.000 ppm), e grandes (10.000 ppm) (European Committee for Standardization, 1989). Os filtros químicos devem ser substituídos quando o usuário sentir o cheiro do contaminante.

Existem três modelos básicos de respiradores purificadores:

1) Respiradores purificadores de ar tipo peça semifacial filtrante para partículas: São as chamadas peças descartáveis. São confortáveis, leves, de baixo custo e de fácil aceitação pelo usuário. Protegem contra poeiras, névoas e fumos metálicos. Não necessitam de limpeza, higienização ou manutenção, eliminando, portanto, esses custos. Podem ser usados com concentrações de contaminantes de até dez vezes o limite de tolerância (ver figura 13).

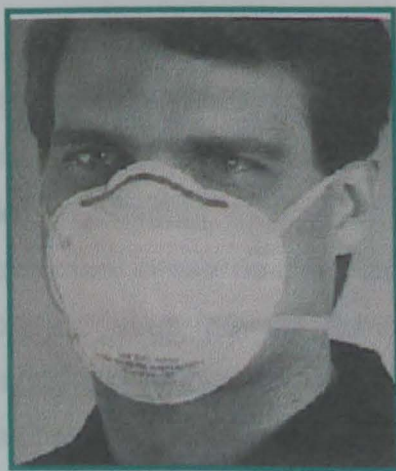


Figura 13: Peça semifacial filtrante para partículas

2) Respiradores purificadores de ar tipo peça semifacial e filtros substituíveis: São leves e de fácil manutenção. Restringem muito pouco o campo visual ou os movimentos. A peça semifacial cobre a boca e o nariz. Possuem válvula de inalação logo atrás do filtro e válvula de exalação. Os filtros químicos ou mecânicos são substituíveis. Proporcionam proteção contra poeiras, névoas, fumos metálicos, gases e vapores. Podem ser usados em ambientes com concentrações de até dez vezes o limite de tolerância (ver figura 14).

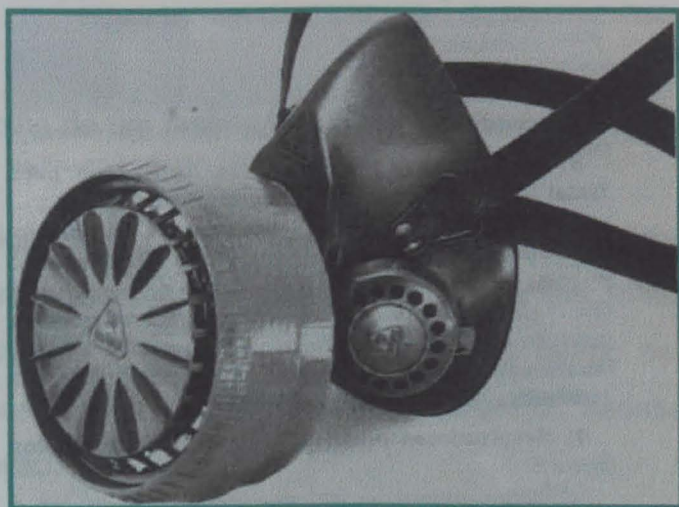


Figura 14: Peça semifacial com filtros substituíveis

3) Respiradores purificadores de ar tipo peça facial inteira e filtros substituíveis: A peça facial cobre os olhos, boca e nariz. Oferecem proteção maior que as semifaciais devido a melhor vedação do rosto. Permitem o uso de filtro químico de grande tamanho, preso no peito ou nas costas do usuário. Proporcionam proteção contra poeiras, névoas, fumos, gases e vapores (ver figura 15). Podem ser usados em ambientes com concentração de até cem vezes o limite de tolerância (Torloni, 1995).



Figura 15: Peça facial inteira com filtros substituíveis

A escolha de um respirador deve ser feita considerando-se três tipos de fatores:

- Fatores ligados ao risco respiratório como tipo de contaminantes, (gás, vapor, aerossóis), concentração dos contaminantes, limite de tolerância.
- Fatores ligados a tarefa, como frequência e tempo de uso, natureza da tarefa desempenhada e mobilidade necessária, necessidade de visão e comunicação.
- Fatores ligados ao usuário como deficiências respiratórias, problemas cardíacos e psicológicos, e aceitação (Torloni, 1995).

Por mais perfeito que seja o respirador, ele somente proporcionará proteção ao trabalhador, se for usado corretamente e durante todo o tempo de permanência do mesmo na área de risco. As máscaras são pouco aceitas pelos trabalhadores porque aumentam o trabalho respiratório, especialmente quando os filtros saturados não são renovados. São também incômodas, principalmente quando o calor é intenso. Ainda, as máscaras mais eficientes são também mais caras, fazendo com que a obrigatoriedade em sua utilização represente um custo maior para o empregador.

A partir de 11 de abril de 1994, com a Instrução Normativa nº 1, do Ministério do Trabalho, existe o Programa de Proteção Respiratória, cuja implantação é obrigatória em todas as empresas em que for necessário o uso de respiradores (Brasil. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e

Saúde no Trabalho. Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994. Diário Oficial, Brasília, 15 abr. 1994; 35, nº 71: sec=0, 5557-9). O conteúdo mínimo do programa aborda: necessidade primordial das medidas de proteção coletiva; define responsabilidades do empregador e do usuário; necessidade da administração do programa por uma única pessoa tecnicamente qualificada; existência de procedimentos escritos, e critérios de seleção dos respiradores, baseados no conhecimento da concentração do contaminante no ambiente e no diâmetro das partículas. Inclui ainda, o exame médico; treinamento e reciclagem do usuário; ensaio de vedação com cada usuário; cuidados de manutenção, inspeção, uso e realização de auditorias para avaliações do Programa de Prevenção de Riscos (PPR).

2.4. Avaliação das emissões nos locais de trabalho

A contaminação do ar ambiente é muitas vezes sutil e pode facilmente passar despercebida. A avaliação do ar ambiente pode ser feita por meio de:

- **amostragem da área**
- **amostragem individual**

A **amostragem da área** é feita em pontos fixos. Ela permite determinar variações na concentração aérea de um local para outro, especialmente nas imediações da fonte das emissões tóxicas. É útil na avaliação da fonte de emissão. Se a amostragem for feita em um número suficiente de pontos diferentes, pode-se fazer uma projeção do nível de concentração daquela área. A vantagem da amostragem de área é que não há limites no tamanho e peso do equipamento, ao contrário do monitoramento pessoal. Como o equipamento é ligado à tomada elétrica pode-se monitorar o ambiente por períodos longos.

A **amostragem individual** teve sua origem com os dosímetros de lapela usados para monitorizar radiação ionizante, como os raios X. Na monitorização de tóxicos, a amostragem pessoal é feita com uma bomba portátil que o empregado carrega durante o turno completo de trabalho. A entrada de ar é situada próxima do nariz do indivíduo. A amostra representa o valor médio e

cumulativo das diversas concentrações às quais ele se expôs durante o dia. Esta é a maneira mais precisa de se determinar a exposição do empregado à tóxicos do ar. O valor encontrado para esse empregado pode ser extrapolado para os demais que trabalham no mesmo setor. A desvantagem da monitorização pessoal é sua vulnerabilidade à interferência do empregado. É necessária a cooperação do mesmo para que os resultados sejam válidos. Ainda, o equipamento tem que ser compacto e leve, a fim de não interferir com os movimentos e eficiência do trabalhador.

O tipo de amostragem (de área ou individual), de dispositivo de coleta (membrana de filtro, tubo de carvão, etc..) vai depender da substância que se necessita medir (poeiras, gases, etc.).

2.4.1 Equipamentos utilizados para análise dos diferentes poluentes ambientais

1) **Poeiras:** coleta em filtros, separação das partículas por tamanho em um ciclone e pesagem das frações. Os instrumentos de coleta são formados basicamente por um sistema coletor, uma bomba de sucção, um medidor de fluxo e uma fonte de energia para seu funcionamento. Há bombas de grande fluxo (10 a 12 l/min), geralmente instaladas em um tripé, e há bombas menores, portáteis, pesando menos de 1 kg, movidas a bateria. A bomba aspira o ar através de um dispositivo que retém a(s) substância(s) de interesse: tubos de carvão ativado, no caso de solventes orgânicos, e membranas de filtro de celulose, no caso de fumos metálicos, fibras de amianto e outras poeiras.

Quando o objetivo é amostrar a poeira inalável, ou seja, aquela que atinge as vias aéreas periféricas, um dispositivo denominado sistema pré-coletor é adaptado ao equipamento de coleta. O sistema pré-coletor retém a poeira não respirável (acima de 10 micrômetros de diâmetro), possibilitando que o sistema coletor absorva somente a porção respirável da poeira (menos de 10 micrômetros de diâmetro).

Para fins de amostragem, a poeira respirável é definida como a fração de material particulado que fica retido no sistema coletor, que pode ser um filtro ou um estágio de impactação, depois que um fluxo de ar conhecido passou através

do sistema de pré-coleta. O mesmo coletor permite a coleta de poeira total e de poeira respirável. A separação da fração respirável da massa total de poeira é realizada quando o objetivo da coleta é a avaliação do risco de penetração e deposição das partículas nas vias respiratórias periféricas. Quando se deseja dosar somente a poeira total, que em certo grau atinge as vias respiratórias superiores, o sistema pré-coletor simplesmente não é adaptado ao sistema de coleta (Tietboehl, 1991).

A poeira coletada pode ser avaliada de forma apenas quantitativa (concentração de partículas por volume de ar) ou também qualitativa (natureza do material coletado).

2) **Gases e vapores:** tubos indicadores de leitura direta cuja cor muda na presença da substância de interesse ou coleta da amostra em recipiente ou ainda adsorção em tubos de carvão e análise por cromatografia gasosa.

3) **Névoas ou fumos metálicos:** adsorção e análise ou coleta em filtro e análise.

Uma outra forma de avaliar a exposição ocupacional é através da **análise de amostras biológicas** do trabalhador exposto. As amostras biológicas podem informar com relação a carga total do tóxico no corpo, a concentração no sangue e a quantidade excretada. As análises geralmente são feitas no sangue e/ou na urina. O monitoramento biológico avalia a contribuição das substâncias absorvidas através da pele e do aparelho digestivo; mede o efeito cumulativo da exposição ao tóxico, tanto no trabalho quanto fora dele. No caso de substâncias de vida média prolongada, sua concentração nos tecidos e humores é muito mais fidedigna do que a concentração aérea.

Os **fluoretos ambientais** podem ser monitorados através de **análises urinárias, séricas, de fios de cabelo e unhas**. Vários trabalhos têm sido realizados mostrando que as concentrações dos fluoretos no sangue, urina e cabelo correlacionam-se muito bem entre si e com a concentração do elemento no ambiente de trabalho. Duas situações não profissionais poderiam modificar a quantidade de flúor no organismo: a quantidade de flúor adicionada à água de

beber e uma alimentação rica em produtos do mar e chá preto (Czarnowski e Krechniak, 1990; Kono e col., 1993).

A análise de amostras de urina pós jornada de trabalho é que apresenta a melhor correlação com as condições do ambiente de trabalho. Deve ser colhida uma amostra de urina no início de uma jornada de trabalho, com uma exposição precedente mínima de 48 hs, seguida de uma outra amostra, no final de uma jornada de trabalho, tendo trabalhado no mínimo 4 dias daquela semana. Na amostra pré-jornada, os fluoretos não devem ultrapassar 4 mg/l, e na pós-jornada, 7 mg/l de urina. Se os resultados não forem normais devem ser repetidos. Se for um caso isolado devem ser investigadas causas pessoais, como alimentares, higiênicas, e se as alterações forem coletivas, a investigação se concentrará no ambiente de trabalho. As dosagens de fluoretos urinários devem ser repetidas a cada 6 meses de trabalho (NIOSH/ Recommended standard/1979 – 657.012/313).

2.5. Controle dos Poluentes Ambientais nas Indústrias de fertilizantes de Rio Grande / RS

As indústrias de fertilizantes dispõem de equipamentos ambientais e individuais semelhantes. Os equipamentos ambientais utilizados são os seguintes:

- 1) Chaminés elevadas:** Todas as quatro indústrias apresentam de uma a duas chaminés, com altura média em torno de 50 metros.
- 2) Separadores inertes e Purificadores úmidos:** As indústrias dispõem de:
 - coletor à seco tipo filtro de mangas
 - coletor à seco tipo ciclone
 - coletor via úmida tipo torre de "spray" de dois estágios com número de bicos injetores variável entre 6 a 8 por coletor. O líquido de lavagem é água do subsolo, com pH controlado através da adição de amônia, circulando em circuito fechado
 - coletor via úmida tipo "Venturi"

Esses dispositivos são colocados em locais considerados de maior risco com relação a poeiras e gases, como unidade de moagem de rocha fosfática (filtro de manga e coletor a seco tipo ciclone), unidade de produção de superfosfato, MAP, DAP, granulação (lavador de gases tipo torre de "spray" e tipo "Venturi" e coletor a seco tipo ciclone). Os ciclones e filtros de manga são utilizados para particulados e os lavadores úmidos para gases e particulados.

Os equipamentos de proteção individual utilizados são os seguintes:

- 1) Máscara para pó, com filtro tipo "Dustfoe 88"**
- 2) Máscara combitox com filtro para gases ácidos**

O monitoramento biológico da ação do flúor no organismo é feito pela análise de urina, realizada semestralmente. Segundo o Setor de Medicina do Trabalho das indústrias, os níveis encontrados estão sempre abaixo dos máximos permitidos, isto é, 4 mg/l de urina no início da jornada de trabalho, e 7 mg/l de urina no final da jornada.

3. Patogenicidade Relacionada à Produção de Fertilizantes

3.1. Patogenicidade em geral

Os principais poluentes oriundos da indústria de fertilizantes são: materiais particulados (originados a partir da matéria prima utilizada: sílica livre, cloreto de potássio, fluoretos na forma de criolita, fluorspar, fluoreto de alumínio e fluorapatita) e gases, essencialmente amônia, (NH_3), tetrafluoreto de silício (SiF_4), e ácido fluorídrico (HF). Entre todos, os mais citados na literatura como relacionados a doenças para o trabalhador exposto são os fluoretos.

A única origem **natural** dos fluoretos são as emissões vulcânicas. Em nossa vida diária, os fluoretos são encontrados na água que ingerimos, ou na alimentação como nos frutos do mar e sardinhas, no chá preto, em vegetais que crescem em terrenos contaminados por resíduos industriais e em produtos pecuários provenientes de gado que seja mantido nas proximidades de fábricas emissoras de fluoretos. Estão presentes na fumaça da queima do carvão sendo, portanto, um poluente urbano. A quantidade de flúor no ar de cidades não industriais e ambientes rurais é pequena.

O NIOSH reconheceu noventa e duas ocupações com potencial exposição aos fluoretos e estimou que 350 000 trabalhadores nos EUA estão expostos aos fluoretos (NIOSH, 75 e 76). A relação de indústrias abrange: aço, alumínio, carvão, cerâmica, tijolos, telhas, ladrilhos, azulejos, louça de barro, ferro, cimento, **fertilizantes fosfatados** e fundição de zinco. Existe risco também no enriquecimento de urânio pelo método de difusão e na síntese de substâncias fluoradas como freon e teflon. A eletrólise de criolita para a obtenção de alumínio é descrita pela literatura como a de maior risco em relação a fluorose, tanto profissional como extra-profissional (Seki, Buschinelli e Ferreira, 1981).

Com relação à pesquisa produzida nos últimos 25 anos, cerca de 40% da mesma, refere-se a exposição industrial relacionada a produção de alumínio por

eletrólise e 17% a de fertilizantes fosfatados, fósforo e ácido fosfórico a partir de rocha fosfática (Hodge e Smith, 1977).

Morichini, em 1805 encontrou flúor no esmalte dentário do homem e animais. Berzelius, em 1807, relatou a presença de flúor em ossos humanos e de bovinos em concentrações variadas. Uma das primeiras descrições dos efeitos nocivos do flúor foi feita por Thénard e Gay-Lussac em 1809. Eles descreveram a ação do ácido fluorídrico sobre a pele provocando o aparecimento de uma mancha branca, dolorosa, seguida pela formação de uma cicatriz. Em 1856, Nicklès encontrou fluoretos na urina, sangue e certos tecidos. Hoorsford, em 1869, encontrou fluoretos em tecido cerebral. Ficou evidente que fígado, rim e ossos continham as maiores concentrações de fluoretos (Princi, 1960).

Com relação a amônia, outro dos poluentes ocupacionais relacionados à produção de fertilizantes, a exposição acontece durante o processo de granulação dos fertilizantes fosfatados.

A presença de amônia no ambiente é detectada pelo seu cheiro forte e característico. A maioria das pessoas percebe seu odor em concentrações de 30 mg/m^3 e apresenta sintomas de irritação ocular e nasal com 50 mg/m^3 . Os órgãos alvos associados com a exposição a amônia são olhos, pele e aparelho respiratório. Os efeitos respiratórios são dependentes de sua concentração no ambiente, tempo de exposição e patologia pulmonar pré-existente. Como a amônia é solúvel na água, os sintomas do trato respiratório superior predominam. Podem aparecer tosse, desconforto faríngeo, laringoespasma e obstrução de via aérea com estridor e cornagem. Com concentrações muito altas de amônia, 2.500 a 6.500 mg/m^3 , podem ser referidos dor torácica, edema pulmonar, broncoespasmo, traqueíte, bronquiectasias e broncopneumonia. A amônia anidra líquida em contato com os olhos causa transtornos importantes, inclusive cegueira. A interação da amônia com a água forma hidróxido de amônia levando à liquefação protéica tecidual com destruição da córnea. Complicações potenciais da queimadura alcalina incluem glaucoma do ângulo estreito, cicatrização da córnea, catarata, entrópio e ceratite seca (Perry, 1995).

3.2. Patogenicidade industrial relacionada aos fluoretos

A **intoxicação aguda** por fluoretos, geralmente causada pela ingestão de grandes quantidades dos compostos solúveis do flúor, é de fácil identificação. A exposição cutânea produz uma queimadura térmica ou química, segundo o flúor seja gasoso ou em solução.

Largent, em **1950**, relatou os efeitos agudos para o homem com concentrações crescentes de fluoretos gasosos: desde sensação de desconforto até irritação bem definida de conjuntiva, fossas nasais, faringe, traquéia e dor intensa a nível da pele. Se houver grande absorção de fluoretos, pode-se esperar envolvimento do sistema nervoso central, com convulsões tônicas e clônicas. São comuns as contrações de grupos musculares, bem como sudorese e salivação.

A **fluorose industrial crônica**, no homem, foi descrita pela primeira vez em **1932** por Moller e Gudjonsson a partir de uma investigação feita em trabalhadores de uma indústria de criolita na Dinamarca (Moller e Gudjonsson, 1932).

A mais completa descrição de intoxicação profissional por fluoretos foi feita em **1937**, por Roholm, baseada em uma investigação detalhada também em trabalhadores de criolita, na Dinamarca. A concentração de poeiras no local de trabalho era maciça, de 30 a 40 mg/m³ e, em dois locais fechados, a concentração atingia até 9.000 mg/m³. 35% dos trabalhadores queixavam-se de dores, rigidez articular ou ataques reumáticos. Havia evidência radiológica de osteoesclerose em 84% dos trabalhadores expostos, estando a severidade das lesões relacionadas ao tempo de exposição ou a concentração de poeiras inaladas. Sinais de fibrose pulmonar leve ou moderada foram encontradas em 50% dos trabalhadores (Roholm, 1937).

A osteofluorose caracteriza-se por lesões no sistema ósseo e tecidos associados (ligamentos e tendões). As lesões surgem depois de muitos anos de exposição. Brailsford, em **1948**, forneceu a mais completa descrição radiológica da osteofluorose. Na **primeira fase** da osteofluorose, observa-se o aumento da densidade dos ossos da pelve e da coluna vertebral, com excrescências e opacidade das trabéculas ósseas. Os sintomas são inespecíficos e não há

alterações metabólicas ou físicas. Depois de alguns anos, chega-se a **segunda fase**, na qual aumenta a densidade óssea e ocorre perda da nitidez dos contornos dos ossos da pelve, das extremidades, da coluna vertebral e costelas. O sinal patognomônico dessa fase é a calcificação dos ligamentos sacrotuberositário e sacroisquiático. Ainda nessa fase os sintomas são inespecíficos e inconstantes. Na **terceira fase** produz-se uma fluorose incapacitante com grande aumento da densidade óssea, perda da nitidez e irregularidade dos contornos ósseos em todo esqueleto, especialmente nos ossos esponjosos. Produz-se calcificação dos ligamentos, sobretudo da pelve e coluna vertebral. Nessa fase há muita restrição aos movimentos acompanhada de grande riqueza de sintomas relacionados aos ossos e articulações (Hodge e Smith, 1977).

O diagnóstico inicial de fluorose industrial depende da identificação de alterações ósseas radiológicas. Como esse diagnóstico não é fácil, outros critérios foram estabelecidos. Alguns destes indicadores são os seguintes:

- História de exposição ocupacional ao flúor;
- História e exame físico com evidências de restrição à rotação do tronco e rigidez. Outros sintomas freqüentes são: dor torácica posterior, cefaléia, vertigens, anorexia, dispepsia, constipação, náusea, tosse, dispnéia, ocasionalmente sintomas autonômicos como hiperacidez, hiperidrose, bradicardia, ou alterações neurológicas tipo lesão de neurônio motor anterior;
- Concentrações de fluoreto urinário como indicador de exposição ocupacional;
- Alterações radiológicas como descritas anteriormente;
- Alterações histológicas em biópsias ósseas;
- Concentração de flúor ósseo. O nível de flúor dentário poderia ser um substituto mas ainda não está estabelecido;
- Concentração do flúor sangüíneo;
- Outras dosagens sangüíneas, que seriam discutíveis: aumento de cobalto, colesterol, glutatión, lactato, enolase, ATPase e fosfatase alcalina e diminuição de manganês, catalase, peroxidase, lecitina, cálcio, sódio, beta-globulina e glicose.

Em 1946, Murray e Wilson relataram um incidente envolvendo uma família de nove pessoas, que vivia em uma fazenda na Inglaterra, e que estivera exposta a poeiras e fumos provenientes da calcinação de ferro. Essas pessoas apresentavam sintomas de dores articulares e musculares, junto com perda de apetite e sintomas catarrais, porém, sem evidências radiológicas de osteoesclerose. O exame de urina mostrava valores de 4 mg/ml de fluoretos (Murray e Wilson, 1946).

Em 1949, devido a observação de fluorose em animais que viviam nas vizinhanças de uma indústria de alumínio próxima de Fort William, na Escócia, foi realizada uma investigação nos trabalhadores da mesma. Nenhum queixava-se de qualquer sintoma e não apresentavam maior prevalência de dores, tosse, dispnéia ou maior tendência a fraturas ósseas do que os empregados não expostos ou os residentes locais. O exame radiológico, porém, revelou sinais de osteoesclerose nos trabalhadores expostos, aumentando o número de casos com o aumento do tempo de exposição. A concentração média de fluoretos urinários dos trabalhadores era de 9,03 mg/l de urina por dia.

Para avaliar a repercussão dos fluoretos no ambiente da vizinhança da fábrica foi também realizada uma avaliação clínica, radiológica e dosagem de fluoretos urinários em 26 homens, 51 mulheres, 63 meninos e 50 meninas, residentes em áreas próximas, embora os mesmos não apresentassem queixas. Os autores concluíram que “o exame clínico de um pequeno número de residentes nas vizinhanças da fábrica não mostrou sinais de danos a saúde”. Continuando a investigação, foi realizada uma pesquisa em 373 escolares da mesma área de Ft. William que mostrou somente uma prevalência maior (5,6%) de manchas no esmalte dentário do que em escolares de duas áreas distantes com 3,1% e 0,6% respectivamente (Agate e col., 1949).

Nos anos 60, algumas investigações foram feitas na URSS e Checoslováquia, tendo sido observado que crianças que moravam nas proximidades de fábricas emissoras de fluoretos apresentavam fluorose dentária ou menor prevalência de cáries (Balazova, Balazovjichova e Kirieukova, 1960).

Rye, em 1961, relatou estudos clínicos de trabalhadores envolvidos em várias fases da mineração da rocha fosfática e na **produção de fertilizantes**.

Os mineiros não mostravam alterações radiológicas e nenhum tinha concentração urinária de fluoretos acima de 4 mg/l (Rye, 1961).

Baseado nesses anos de experiência com exposição industrial ao flúor, Dr. Dudley Irwin, em comunicação pessoal, em 1961, concluiu que o trabalhador cuja concentração média dos fluoretos urinários não excedesse 5 mg/l, nunca desenvolveria osteoesclerose. Derrybery e Rye sugeriram 4 mg/l como o valor de segurança (Rye, 1961; Derryberry, Bartholomev e Fleming, 1963).

A presença de elevadas concentrações de fluoretos na atmosfera associa-se a mudanças em algumas plantas e ao aumento no conteúdo de flúor de pastagens. A alimentação do gado com esse tipo de forragem produz mudanças características de fluorose óssea em alguns animais. Para saber se o homem era igualmente afetado, realizaram-se 127 necrópsias em pessoas falecidas pelas mais diversas causas, procedentes de zonas industrializadas e não industrializadas de Utah, EUA. Oitenta e oito pessoas procediam de áreas geográficas com altos níveis de fluoretos ambientais. Foram feitas análises de flúor, cálcio e fósforo a nível de esterno, costelas, crista ilíaca e coluna lombar. Foi feita análise de flúor no cérebro, coração, pulmões, tireóide, aorta, fígado, baço, pâncreas e rins. Concomitantemente, foram realizadas múltiplas medições ambientais de flúor, de setembro de 1957 a junho de 1960. Os dados do estudo indicaram que os níveis de fluoretos ambientais não ocasionaram mudanças histológicas nos tecidos moles ou ossos dos indivíduos estudados e, que não haviam diferenças, significativas estatisticamente, do conteúdo de flúor nos tecidos moles e ossos dos dois grupos (Call e col., 1965).

Em 1970, Hodge e Smith, do Departamento de Farmacologia, Toxicologia e Biofísica da Universidade de Rochester, Nova Iorque, em trabalho que avaliava a qualidade aérea com relação ao flúor para a saúde humana fizeram uma revisão de literatura a respeito de indústrias emissoras desse poluente, como as de alumínio, **fertilizantes fosfatados**, fundição e fusão de magnésio, soldas com prata e mineração da rocha fosfática. Embora a metodologia dos trabalhos fosse distinta, observaram, de forma constante, sintomas irritativos dos olhos e vias aéreas superiores, mesmo com concentrações ambientais de fluoretos tão baixas quanto $1,0 \text{ mg/m}^3$ e urinárias

de menos de 1 mg/l de urina. Já as alterações de osteoesclerose se acompanhavam de concentrações de fluoretos acima de 2,5 mg/m³ no ar ambiente e 5 mg/l na urina. Os autores sugerem que, visto que algumas espécies de vegetações são altamente susceptíveis aos efeitos do flúor, um padrão de qualidade aéreo que protegesse a vegetação poderia ser um padrão de segurança de exposição para o homem (Hodge e Smith, 1970).

3.2.1 Patogenicidade Respiratória relacionada aos Fluoretos e outros poluentes formados durante a produção de fertilizantes

Em 1954, D'Onofrio avaliou 83 trabalhadores de uma indústria de fertilizantes, com tempo de exposição de meses até pouco mais de 4 anos. No início do trabalho, de forma transitória, todos apresentaram irritação nasal e desconforto faríngeo. Poucos apresentaram epistaxes e 80% tiveram sintomas nasais. Sintomas respiratórios como tosse e dor torácica apareceram apenas ocasionalmente. Não foi detectada nenhuma alteração radiológica atribuível ao excesso de fluoretos. A concentração de fluoretos ambientais era de 1,57 a 1,81 mg/m³ e a urinária de 0,15 a 1,16 mg/l de urina, ou seja, dentro da normalidade (D'Onofrio e Pesce, 1954).

Em 1963, nos Estados Unidos, outro grupo de 74 trabalhadores com fertilizantes fosfatados, expostos a altas concentrações de fluoretos, foi comparado a um grupo controle. A exposição aos fluoretos foi avaliada através de exames repetidos de urina. A concentração média dos fluoretos foi de 10 mg/l de urina. Foram também realizadas várias determinações dos fluoretos ambientais. Não foi encontrado nos trabalhadores um aumento de sintomas gastrointestinais, cardiovasculares, metabólicos ou hematológicos. Sintomas respiratórios foram mais freqüentes no grupo exposto, porém foram atribuídos mais ao efeito irritativo dos gases ácidos do que a absorção dos fluoretos, já que apresentavam uma muito discreta correlação com o aumento da densidade óssea. Graus mínimos ou duvidosos de aumento da densidade óssea foram

encontrados no raio-X de 17 (23%) dos empregados expostos (Derryberry, Bartholomev e Fleming, 1963).

Em 1973, o exame da mucosa nasal de 130 trabalhadores de uma **fábrica de alumínio** na Polônia, expostos a ácido fluorídrico (HF), mostrou alterações inflamatórias crônicas em 30% desses trabalhadores. Esse comprometimento aumentava gradualmente, chegando 10 anos depois, ao envolvimento de 70% dos trabalhadores. Nos dois primeiros anos de exposição foram observadas alterações hipertróficas da mucosa, com aumento da vascularização e celularidade. Depois desse período, o aspecto da mesma tornava-se atrófico, com aparecimento de fibrose e hialinização ao exame histológico (Golusinski, Szmeja e Sowinski, 1973).

Em 1976, foi realizado um estudo de prevalência de doença pulmonar crônica entre trabalhadores de uma **fábrica de alumínio**, expostos a ácido fluorídrico (HF) e fluoretos particulados, e foram comparados a um grupo controle. Foram avaliados 457 trabalhadores expostos e 228 não expostos através de questionário epidemiológico e espirometria. O diagnóstico de doença pulmonar crônica foi feito através da informação de tosse e expectoração crônicas e pela disfunção ventilatória ($VEF_1/CVF\% < 60\%$). A prevalência encontrada de doença pulmonar crônica foi de 4,9% no grupo exposto contra 5,3% no grupo controle, e os autores concluíram que os trabalhadores não tinham maior risco dessa enfermidade (Discher e Breitenstein, 1976).

Em 1977, Jedrychowski, avaliou 197 trabalhadores de uma **fábrica de fertilizantes nitrogenados** na Cracóvia, Polônia, expostos a particulados e a fluoretos gasosos. O estudo epidemiológico foi composto por questionário, exame físico, citologia nasal e estudo da função respiratória. O autor encontrou uma prevalência de bronquite crônica de 18,5% a 37%, nos trabalhadores expostos, segundo a concentração ambiental de particulados ($5,7$ a 41 mg/m^3) e fluoretos ($0,06$ a $0,25 \text{ mg/m}^3$). Também encontrou maior prevalência de bronquite crônica entre os fumantes comparados a ex-fumantes e não fumantes e entre aqueles com maior faixa etária. O grupo controle considerado foi a população em geral. O autor não correlacionou o risco da exposição ocupacional e tabagismo, e diz que "a evidência da nocividade do ambiente

industrial não é fácil de determinar porque outros fatores como a idade e o hábito tabágico podem ter um papel determinante” (Jedrychowski e col., 1977).

Ainda em 1977, Fabbri e colaboradores, em Pádua, Itália, avaliaram 35 trabalhadores de uma **fábrica produtora de ácido fosfórico**. Foi encontrada uma prevalência de bronquite crônica de 45,7%, alterações espirométricas obstrutivas em 37,1% e alterações difusivas em 31,4% dos trabalhadores. O grande defeito do trabalho foi responsabilizar exclusivamente a exposição profissional não valorizando o risco devido ao tabagismo. Os autores incriminam como agentes etiológicos a poeira de rocha fosfática ou fosforita, o ácido fosfórico e os compostos fluorados, subprodutos do processo. Não avaliam o teor de sílica livre na poeira inalada embora apresentem dois operários com quadro radiológico compatível com pneumoconiose (Fabbri e col., 1977).

Os mesmos autores, em 1978, confirmam seus resultados em novo estudo com 190 trabalhadores ligados a produção de **fertilizantes fosfatados**. Encontraram de 30% a 46% de alterações funcionais e de bronquite crônica no grupo de trabalhadores ligados à fase de acidulação da rocha fosfática, onde são eliminados ácido fluorídrico (HF) e tetrafluoreto de silício (SiF₄), sendo maior a prevalência das alterações quanto maior o consumo de cigarros e tempo de exposição. A Bronquite Crônica esteve associada a tempo de trabalho superior a 15 anos e consumo de cigarros maior do que 15 cigarros por dia. Não encontraram casos de pneumoconiose. Nos outros setores não expostos aos gases, constataram baixa incidência de alterações funcionais e doenças respiratórias (Fabbri e col., 1978).

Em 1984, o Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH), atendendo a um pedido da Oil, Chemical and Atomic Workers International Union, realizou investigação para avaliar se a exposição a ácidos mistos, amônia, fluoretos, dióxido de nitrogênio, sílica livre e dióxido de enxofre acarretava problemas à saúde dos trabalhadores da J.R.Simplot Company, Pocatello, Idaho, **indústria produtora de fertilizantes fosfatados e amoniados**. A fábrica era também produtora de ácido fosfórico, ácido sulfúrico e amônia que são elementos necessários à produção dos fertilizantes. Os resultados da avaliação ambiental mostraram trabalhadores expostos a amônia,

ácidos sulfúrico e fosfórico, a fluoretos, dióxido de enxofre e sílica, em níveis acima dos recomendados pelo NIOSH. Foram avaliados 74 funcionários de um total aproximado de 600 dos quais 200 trabalhando regularmente. Do ponto de vista médico, foram freqüentes sintomas irritativos de vias aéreas superiores e olhos. 31% a 38% dos funcionários apresentaram sintomas de conjuntivite, como ardência, lacrimejamento, queimação e coceira. A rinite apareceu em 21% a 33% dos mesmos. Não houve nenhum caso radiológico de pneumoconiose. Depois do controle para idade e fumo, não houve associação entre tempo de exposição e tosse crônica, bronquite crônica ou dispnéia (NIOSH, 1987).

Em 1989, De Capitani, no Brasil, em sua dissertação de mestrado, analisou a ocorrência de pneumoconiose em **trabalhadores expostos à rocha fosfática**. Encontrou uma prevalência de 27,4% de uma forma de pneumoconiose que denomina não fibrogênica e de evolução clínica ainda não conhecida. O teor de sílica livre da rocha fosfática não é elevado. Quando se analisa a poeira de rocha fosfática em suspensão no ar, encontra-se concentração de sílica livre inferior a 5%, contrastando com os valores encontrados nas poeiras das pedreiras e indústrias cerâmicas, onde o teor de sílica é superior a 30%. Esta constatação, mais o fato que o estudo histológico não permitiu uma definição da especificidade das lesões, fez Capitani caracterizar a pneumoconiose como provavelmente não silicótica (De Capitani, 1989).

Holness, em trabalho publicado em 1989, avalia o efeito da exposição ocupacional a amônia em 58 trabalhadores envolvidos na **produção de carbonato de sódio**, no Canadá. Os trabalhadores expostos tinham concentrações ambientais médias de amônia de $9,2 \text{ mg/m}^3 (\pm 1,4)$ e o grupo controle de 31 trabalhadores $0,3 \text{ mg/m}^3 (\pm 0,1)$. Não existiam diferenças entre os grupos com relação aos sintomas respiratórios, sintomas cutâneos, percepção de odores, valores basais da função pulmonar e mudanças na função pulmonar ao longo de uma semana de trabalho. Não foi demonstrada nenhuma relação entre nível ou tempo de exposição à amônia e os resultados dos testes de função pulmonar (Holness, Purdham e Nethercott, 1989).

Em 1993 foi publicado um estudo transversal e longitudinal de função respiratória, realizado em um grupo de 131 trabalhadores envolvidos na **mineração de rocha fosfática**. Todos os trabalhadores tiveram medição de CV, CVF, VEF₁ e FEF_{25-75%}. Foram avaliados também hábito tabágico, características demográficas, tempo de exposição, setor de exposição e realizada a avaliação da qualidade aérea ambiental com relação a fluoretos gasosos e particulados. Os dados foram submetidos a análise de variância de regressão e não foram encontradas evidências de uma aceleração do declínio da função pulmonar, medida pelo VEF₁, que pudesse ser atribuída a exposição, nem tampouco alterações significativas dos valores espirométricos relacionados com o maior ou menor tempo de exposição, depois de corrigido o efeito do tabagismo (Dutton e col., 1993).

Ainda em 1993, Bhat e Ramaswamy, avaliaram o efeito da amônia, uréia e diamôniofosfato na função pulmonar de trabalhadores de uma **fábrica de fertilizantes**, em Mangalore, Índia. O grupo era composto por 91 trabalhadores expostos, que foram avaliados em conjunto e por tipo de exposição, (amônia, uréia e DAP), e 68 não expostos (grupo controle). Os fumantes foram excluídos para evitar o efeito do tabagismo na função pulmonar e, os trabalhadores foram separados em dois grupos por tempo de exposição: até 10 anos e mais de 10 anos. Foi evidente que os fertilizantes químicos afetavam a função pulmonar nas grandes vias aéreas, inicialmente, através da diminuição do "Peak flow" e seguido de broncoespasmo, pela queda do VEF₁, causando alterações do tipo obstrutivas. Depois de mais de 10 anos de exposição também a CVF foi afetada. Entre os três fertilizantes químicos, o diamôniofosfato (DAP) afetou os três parâmetros levando a alterações obstrutivas e restritivas, parecendo portanto, ser o poluente mais agressivo para o trabalhador (Bhat e Ramaswamy, 1993).

3.3 Mortalidade relacionada ao Trabalho com Fertilizantes

Alguns trabalhos têm sido feitos no sentido de investigar o excesso de mortalidade por todas as causas e, principalmente, por câncer, em trabalhadores do setor de fertilizantes.

Na produção de fertilizantes nitrogenados, encontra-se no ambiente de trabalho, poeiras contendo nitratos, provenientes da produção de amônia e seus derivados como ácido nítrico, nitrato de amônio e nitrato de sódio. Os trabalhadores expostos têm o dobro da concentração de nitratos na saliva quando comparados com controles. Tem sido postulado que indivíduos que ingerem grandes quantidades de nitratos podem ter um risco aumentado para câncer gástrico.

A preocupação com o risco dos **nitratos** para a saúde humana é recente. O fator de risco não é o efeito direto dos nitratos e sim dos nitritos. O nitrato é reduzido a nitrito na cavidade oral por bactérias produtoras de nitrato redutase, e no estômago, quando o pH é superior a 5,0 ou 6,0, como nos casos de hipo ou acloridria gástrica. A redução também pode ocorrer no intestino delgado ou cólon. Os nitritos podem reagir com substâncias existentes em alimentos e medicamentos originando compostos N-nitrosos (nitrosamidas), que são carcinogênicos em animais. O local considerado de maior risco é o estômago, pois a acidez local favorece a nitrosação formando os compostos nitrosos.

A partir dessa hipótese, alguns estudos foram realizados para avaliar se a exposição à poeiras contendo nitratos estaria associada a um excesso de mortes por câncer em geral, ou especificamente a câncer de estômago, esôfago, intestino, reto, fígado, pulmão e bexiga. Foi também avaliada a mortalidade para todas as principais causas de morte. Diferentes estudos epidemiológicos têm dado resultados inconsistentes, ora mostrando associação entre a exposição a nitratos e câncer, ora não demonstrando esta correlação.

Fraser, em trabalho publicado em 1982, estudou duas coortes de **trabalhadores de fertilizantes** do Reino Unido. Uma coorte abrangeu o período de 1961 a 78 e não mostrou nenhuma evidência de excesso de mortalidade por câncer de qualquer localização. A outra coorte, de 1971 a 78 mostrou um número de mortes por câncer acima do esperado, principalmente por excesso de câncer de pulmão e estômago. Este excesso não foi

significativo do ponto de vista estatístico quando comparado com outros trabalhadores. Os autores se propuseram a acompanhar essa coorte por um período maior, por não conseguirem justificar a diferença com relação ao primeiro estudo. Consideraram que as condições de higiene industrial teriam melhorado e as demais se mantido constantes e, também, porque era formada por um número pequeno de trabalhadores (Fraser, Chilvers e Goldblatt, 1982).

Em **1985**, Fraser, voltou a avaliar a mesma coorte de 71 a 78, não conseguindo confirmar o excesso de mortalidade por câncer de pulmão atribuído aos nitratos, observada no estudo de 1982 (Fraser, Chilvers e Day, 1989).

Dabbagh, em trabalho datado de **1985**, avaliou uma coorte de 1.327 trabalhadores masculinos, que haviam estado **empregados na produção de fertilizantes**, no norte da Inglaterra, de 1946 a 1981, por no mínimo um ano. Foi avaliada a expectativa de mortalidade desses trabalhadores para neoplasias de pulmão, bexiga, estômago e fígado. A mortalidade do grupo exposto foi comparada à mortalidade de habitantes com a mesma localização geográfica das fábricas envolvidas. Foi encontrada uma mortalidade semelhante entre os dois grupos. Para um subgrupo menor, de trabalhadores com exposição maciça e com mais de 10 anos de trabalho, foi encontrado um pequeno aumento na mortalidade por câncer de pulmão. O autor considera que esse resultado pode ser devido à dificuldade de ajuste com relação aos efeitos do tabagismo (Dabbagh e col., 1985).

Em **1985**, Checkoway avaliou uma coorte de 22.323 **trabalhadores com fertilizantes** na Flórida, no período de 1949 a 1978. O excesso de mortalidade por neoplasias foi avaliado com relação a vários poluentes ocupacionais como rocha fosfática, ácidos sulfúrico e fosfórico, urânio, produtos da amônia, fósforo elementar, produção de ração animal, calcário e radiação alfa. A única associação consistente encontrada foi o aumento da mortalidade por câncer de pulmão entre os trabalhadores encarregados de serviços gerais, como eletricitas, carpinteiros, mecânicos, vigilantes e porteiros, com longo tempo de exposição. Esses trabalhadores, pelas características de suas ocupações, não tinham contato com um poluente específico, já que prestavam assistência em todos os locais da fábrica. Portanto, não foram encontradas evidências que

associassem exposições características da indústria de fertilizante com aumento de mortalidade por câncer (Checkoway e col., 1985).

Outro trabalho, também de **1985**, avaliou de forma retrospectiva, de 1971 a 1953, uma coorte de 3.199 trabalhadores, envolvidos com a **extração e processamento de rocha fosfática**. A preocupação dos pesquisadores foi com urânio, radônio e tório, que fazem parte da rocha fosfática e, que seriam cancerígenos ao pulmão. No contexto geral, não houve aumento de mortalidade por nenhuma causa específica. Quando os trabalhadores foram estratificados por tempo de serviço e tempo de acompanhamento, pareceu haver um excesso de mortes por câncer de pulmão entre negros, com mais de 10 anos de trabalho e seguimento. Algumas peculiaridades dificultaram a relação causa-efeito. O número de mortes era muito pequeno, 4; e os trabalhadores envolvidos realizavam uma função especial, que era a limpeza de tanques com ácido sulfúrico. Cogitou-se também que o excesso de risco para câncer de pulmão pudesse estar relacionado com piores hábitos higiênicos dos trabalhadores negros, resultando em maior exposição aos carcinógenos respiratórios (Stayner e col., 1985).

Rafnsson, em **1990**, avaliou uma coorte, de 1954 a 85, de **trabalhadores de fertilizantes**, em Iceland, Polônia, e seus resultados não indicaram que a exposição aos nitratos, durante a produção de fertilizantes, levasse a excesso de risco de morte por câncer gástrico ou de pulmão, semelhante a Fraser em 82 e 85 e Al-Dabbagh também em 85 (Rafnsson e Gunnarsdóttir, 1990).

Em **1991**, Bond avaliou de forma retrospectiva, os 308 casos de morte por câncer do aparelho respiratório (traquéia, brônquios e pulmões), ocorridos entre 1940 a 1980, em uma coorte de 19.608 empregados de uma indústria química, envolvidos na **produção de ácido fluorídrico**, no Texas. Foram realizadas avaliações ambientais e os índices de mortalidade por câncer comparados a um grupo controle. Foi feito controle para potencial confusão com tabagismo através do consumo do mesmo em maços ano. O risco para câncer de pulmão foi analisado com relação a várias medidas de exposição ao ácido fluorídrico, incluindo duração da exposição, e efeito cumulativo da mesma. Não foi encontrada nenhuma evidência de associação entre exposição

ao ácido fluorídrico e câncer de pulmão mesmo com níveis de exposição tão altos quanto 3 mg/m^3 por vários anos (Bond e col., 1991).

Também em 1991, Hagmar avaliou uma coorte de 2.131 trabalhadores com **fertilizantes nitrogenados**, de 1963 a 1986. Não foi encontrado aumento no número total de cânceres, nem de câncer gástrico (5 observado para 6,7 esperado) ou câncer de pulmão (13 observado para 13 esperado) (Hagmar e col., 1991).

Em **1993**, foram estudados por Fandrem, 2.023 trabalhadores do sexo masculino, de uma **fábrica de fertilizantes** na Noruega, produtora de amônia, ácido nítrico, magnésio e cloreto de polivinil, que estiveram empregados por no mínimo um ano, entre 1945 e 1979. A coorte foi acompanhada de 1953 a 1988 e a incidência de câncer foi comparada com os índices nacionais. Foram feitas avaliações ambientais das concentrações de nitratos e a partir destas informações, acrescidas do tempo de emprego, foram calculados padrões de exposições cumulativas individuais. O hábito tabágico foi considerado. Trinta casos de câncer de pulmão foram encontrados contra 27,5 que eram os casos esperados. Essa diferença não foi estatisticamente significativa. Também não foi encontrado um excesso de câncer gástrico, sendo 15 casos observados contra 17 esperados. Como conclusão, não houve associação entre exposição cumulativa aos nitratos e câncer gástrico, e também não houve associação entre a duração do trabalho e/ou tempo acumulado com relação ao primeiro emprego e a incidência de câncer gástrico. Esses resultados são concordantes com aqueles de Fraser e col., de Al-Dabbagh e col. e Rafnsson e col. (Fandrem e col., 1993).

Zandjani, em **1994**, avaliou outra coorte de 1.756 **trabalhadores com fertilizantes nitrogenados**, na Noruega, empregados no mínimo durante um ano, entre 1947 e 1980. Os nitratos ambientais oscilavam entre $5,9 \text{ mg/m}^3$ e $11,5 \text{ mg/m}^3$ no período entre 1975 e 1982. O estudo não revelou um aumento significativo na prevalência de câncer entre os trabalhadores expostos aos derivados nitrogenados, semelhante aos trabalhos anteriores. Na coorte como um todo, houve um excesso de câncer gástrico, testículo e aparelho urinário. Entretanto, o excesso de risco para câncer gástrico restringiu-se àqueles empregados antes de 1960, que estavam expostos ao asbesto, sugerindo uma

maior relação do risco com o asbesto do que com os nitratos. Não houve excesso de risco para câncer de pulmão associado ao trabalho com fertilizantes nitrogenados (Zandjani e col., 1994).

Bulbulyan, em 1996, acompanhou uma coorte de 2.039 homens e 2.957 mulheres de uma **fábrica de fertilizantes** em Voskresensk, na União Soviética. Os trabalhadores estiveram empregados no mínimo por dois anos, entre 1945 e 1985. O efeito do tabagismo nos resultados não foi considerado por ser uma informação não disponível. Não houve um aumento na mortalidade por todas as neoplasias combinadas ou por câncer de pulmão, relacionada a exposição ao óxido de nitrogênio. Entretanto, foi encontrado um excesso de mortalidade para todas as neoplasias combinadas e câncer de pulmão, entre os trabalhadores do sexo masculino, quando existia um período de latência de 20 anos. Este excesso indica que um certo efeito da exposição ocupacional não pode ser desconsiderado (Bulbulyan e col., 1996).

O possível efeito carcinogênico do **flúor** tem sido motivo de preocupação, principalmente, em função da fluoração da água de beber e da dúvida com relação a segurança dessa medida para a saúde pública. Muitos estudos de mortalidade por câncer foram realizados comparando cidades com água fluorada e não fluorada. Nenhum desses estudos identificou qualquer risco para câncer relacionado a fluoração da água na quantidade de 1 mg de flúor por litro.

Exposição ocupacional aos fluoretos significa uma introdução diária no organismo superior à da fluoração da água. Além disso, associados aos fluoretos, tem-se via de regra, outras substâncias também carcinogênicas como o radônio nos mineiros em geral e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares no caso da fundição de alumínio.

Para avaliar o risco específico dos **fluoretos**, Grandjean, em 1985, avaliou uma coorte de 431 **trabalhadores de uma mina de criolita**, em Copenhague, na Dinamarca. Esses trabalhadores estiveram maciçamente expostos, com níveis diários de absorção entre 40 a 80 mg de fluoretos, no período de 1924 a 61. Nesse período foram descritos 74 casos de fluorose óssea. Essa coorte foi acompanhada até 1981. Foi encontrado um aumento na mortalidade e morbidade por câncer de pulmão e de laringe que poderia

estar relacionado aos hábitos tabágicos dos trabalhadores, que não puderam ser avaliados, e também com a localização da residência dos mesmos (Grandjean, Juel e Jensen, 1985).

A mesma coorte continuou a ser acompanhada até 1989. Ocorreram 300 mortes e eram esperadas 223. A causa desse excesso foi morte violenta e câncer de pulmão, laringe e bexiga. A maior incidência de câncer respiratório sugere que o tabagismo era freqüente nessa coorte, embora a mortalidade por doenças cardiovasculares não tenha se alterado. O desproporcionado aumento de câncer de bexiga não pode ser explicado apenas pelos hábitos tabágicos. 50% do flúor absorvido é excretado pela urina e poderia atingir o epitélio urinário (genotoxicidade?). O autor conclui dizendo que “como os trabalhadores foram expostos somente a altas concentrações de criolita e nenhum outro carcinógeno suspeito, talvez tenha sido esta a causa do maior risco de câncer. O papel do flúor no câncer de bexiga precisa ser mais explorado” (Grandjean, Olsen e Jensen, 1992; Grandjean, Olsen e Juel, 1993).

Concluindo esta revisão da repercussão do trabalho com fertilizantes sobre o sistema respiratório, pode-se dizer que:

1. Os sintomas de vias aéreas superiores, como obstrução nasal, coriza, espirros, epistaxes e desconforto faríngeo, e também os sintomas de irritação ocular, são uma constante na literatura consultada e relacionam-se com os ácidos fortes, (sulfúrico e fosfórico), com o ácido fluorídrico e também com a amônia.
2. Com relação à prevalência de DBPOC e sintomas de vias aéreas inferiores como tosse, expectoração, sibilância e dispnéia, os trabalhos apresentam resultados distintos. Para isso contribui o fato, que grande parte dos trabalhos existentes não separam metodologicamente os trabalhadores, segundo a sua exposição ocupacional, ou seja, se esta foi a rocha fosfática, ou aos ácidos sulfúrico, fosfórico, fluorídrico e/ou amônia. E também, porque o tabagismo, grande fator de confusão, foi considerado com diferentes níveis de importância, na maioria dos trabalhos não tendo sido feito o devido ajuste do seu efeito sobre a prevalência dos sintomas. Na

apreciação geral, não é possível associar uma maior prevalência de DBPOC e/ou sintomas como tosse, dispnéia e sibilância com a exposição ocupacional, sem margens de dúvida para a influência do tabagismo com relação a este risco.

3. Na maioria dos trabalhos revisados não é possível associar as alterações das medidas espirométricas e/ou os distúrbios ventilatórios exclusivamente à exposição ocupacional.
4. Não fica demonstrado através da literatura disponível, excesso de mortalidade por câncer de qualquer localização, em especial câncer de pulmão, relacionado com esta exposição ocupacional.

4. Justificativa e Objetivos

4.1 Justificativa

As Doenças Pulmonares Ambientais e Ocupacionais, especialmente aquelas relacionadas a algumas modalidades de trabalho, ainda significam nos dias atuais, um importante e grave problema de saúde pública. As taxas de mortalidade e morbidade, determinadas pelo tempo de trabalho perdido, são maiores para certos grupos de trabalhadores expostos do que para a população geral. Frente ao atual estágio de desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil, enquanto país industrializado, os conhecimentos e os mecanismos de controle dessas enfermidades são incipientes. Essas doenças, em sua maioria de curso crônico, são irreversíveis e sem tratamento, exceto o profilático. Além de incapacitarem os indivíduos ainda jovens e em plena atividade laborativa, requerem compensação previdenciária, faceta de importante implicação social.

Existe, via de regra, um retardo no reconhecimento de situações de alto risco profissional devido, principalmente, ao sistema de organização médica, à cronicidade da maioria dessas doenças, à aceitação geral dos sintomas respiratórios e ao fumo como fator de confusão. Como a prevalência do fumo costuma ser elevada nesses grupos de trabalhadores, a presença de tosse, a produção de escarro e as alterações de fluxo expiratório são, muitas vezes, indistinguíveis daquelas encontradas nos fumantes em geral (De Capitani, 1987; Tietboehl F^o, 1991; Halty, Portella e Hüttner, 1994).

A motivação fundamental desta pesquisa foi a procura de dados epidemiológicos, até então praticamente inexistentes no Brasil e na América Latina, sobre a repercussão do trabalho com fertilizantes na saúde respiratória do trabalhador exposto. O problema mais conhecido associado à exposição ocupacional aos fertilizantes são os efeitos da excessiva deposição de flúor nos ossos, que denomina-se fluorose óssea. Pretende-se com esse estudo avaliar o risco do trabalho com fertilizantes fosfatados para o surgimento de sintomas e/ou doenças respiratórias crônicas, de alterações funcionais e radiológicas

pulmonares, propiciando que se adquira um maior conhecimento sobre o assunto e, assim, subsídios para medidas preventivas que se façam necessárias.

4.2. Objetivos

O presente estudo epidemiológico do trabalhador da indústria de produção de fertilizantes tem os seguintes objetivos:

4.2.1 Objetivo principal

Estudar o envolvimento do aparelho respiratório em indivíduos que atuam na produção de fertilizantes fosfatados.

4.2.2 Objetivo secundário

- Avaliar a qualidade e a quantidade de agentes ambientais presentes no local de trabalho, correlacionando a presença dos mesmos com as manifestações clínicas, radiológicas e funcionais respiratórias.

5. Material e Métodos

5.1. Material e Métodos da Avaliação Ambiental nas Indústrias de Fertilizantes de Rio Grande/RS

A avaliação ambiental nas indústrias de fertilizantes foi realizada utilizando-se tecnologia disponível em serviços especializados. Os prestadores desses serviços foram a UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo), através de seu Núcleo de Pesquisa e Apoio à Indústria; o SESI (Serviço Social da Indústria, Departamento Regional do Rio Grande do Sul) no seu Laboratório de Toxicologia Ocupacional e a Higiene Industrial e Científica (Assessoria e Consultoria em Segurança, Higiene Ocupacional e Ambiental Ltda, de São Paulo).

5.1.1. Para materiais particulados: foi adotada a norma NHT-02 A/E 1985, sendo determinada a concentração ambiental da poeira através de amostragem individual. Os locais de coleta foram aqueles considerados de maior risco de exposição. O equipamento utilizado foi o seguinte:

- Bomba de amostragem individual, modelo G da MAS nº 466117;
- Bomba portátil automática SKC, modelo 224 PCXR8 e acessórios;
- Calibrador de bombas automáticas, marca SKC "eletronic calibrator model 712";
- Ciclone padrão de 10 mm;
- Porta filtro padrão;
- Suporte de filtro;
- Filtro de membrana de éster de celulose de 37 mm de diâmetro e 0,5 μ de poro para determinação analítica por gravimetria;
- Balança analítica marca Aiwort ou Mettler com sensibilidade 0,01 mg.

A coleta dos materiais particulados, com a granulometria e tamanho aerodinâmico dentro da fração respirável, foi realizada com um seletor com as seguintes características:

≤ a 2 μ:	90%
> 2 a 3,5 μ:	75%
> 3,5 a 5,0 μ:	50%
> 5,0 a 10 μ:	25%
> 10 μ:	0%

O laboratório responsável pela análise da sílica livre cristalina foi o Laboratório de Raio X da UFMG (Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Metalúrgica). O objetivo básico da avaliação dos particulados foi detectar a presença de sílica livre cristalina nos setores de moagem de rocha fosfática, ensaque e setor de granulação.

5.1.2. Para gases, os riscos químicos foram avaliados segundo a NR-15, através da análise quantitativa de flúor e amônia por amostragem instantânea, com tubos colorimétricos. A coleta foi realizada a cada 20 minutos num total de 10 amostragens por ponto. Foi feita uma confrontação de resultados através de coletas de gases por 1 hora, com amostradores tipo "Impingers", nos mesmos pontos e horários. Para coleta de vapores de ácido fosfórico e ácido sulfúrico foram utilizados tubos de sílica gel 400/200, acondicionados em suportes plásticos apropriados. Da mesma forma que para particulados, os locais de coleta foram aqueles considerados de maior exposição.

O instrumental utilizado foi o seguinte:

- Tubo colorimétrico para flúor com capa indicadora azul claro que, em contato com o ar contaminado, torna-se rosa claro.
- Tubo colorimétrico para amônia com capa indicadora amarelo-alaranjado que, em contato com o ar contaminado, torna-se azul.

Na amostragem por "Impingers" o material utilizado foi o seguinte:

- Bomba de vácuo;
- Medidor de vazão;
- Papel filtro Whatman 41;
- "Impingers" contendo H_2SO_4 0,5N para análise de NH_3 e água destilada para análise de HF.

5.2. Casuística e Métodos do estudo epidemiológico transversal dos trabalhadores com fertilizantes

5.2.1. Considerações gerais

Foram avaliados 413 funcionários das quatro indústrias produtoras de fertilizantes de **Rio Grande**, Rio Grande do Sul. O número total de indivíduos expostos foi de 305, e de controles 108. O número de expostos corresponde teoricamente a todos os funcionários com risco ocupacional, os quais deviam realizar anualmente espirometrias, exigidas por lei pelo Ministério do Trabalho.

A produção química de fertilizantes fosfatados e de complexos NPK na Região Sul concentra-se nessa cidade e equivale à 100% da produção desse tipo de fertilizantes na região. Em outros municípios encontram-se misturadoras e/ou ensacadoras da matéria prima básica ou do produto já granulado.

A avaliação epidemiológica foi feita através de um estudo transversal controlado, realizado durante o período de agosto de 1996 a junho de 1997, e utilizou como instrumentos o questionário epidemiológico, a avaliação funcional respiratória e radiogramas de tórax (realizados pelos funcionários em seus controles anuais). O grupo de trabalhadores expostos foi comparado com um grupo de indivíduos também funcionários das mesmas indústrias, com características semelhantes ao grupo exposto, tendo como única diferença a não exposição ocupacional. Esta metodologia é recomendada por diversos autores por apresentar o melhor rendimento para estudos desse tipo (Boehlecke e Merchant, 1981; ATS, 1982; Morgan e Seaton, 1995; Becklake, 1996).

5.2.2. Questionário epidemiológico

O questionário usado neste trabalho é baseado em um projeto de padronização epidemiológica, da Sociedade Americana Torácica (ATS), Division of Lung Diseases (DLD), elaborado por Benjamin G. Ferris e

colaboradores em 78 (Ferris, 1978). O questionário de Ferris é uma versão daquele elaborado pelo Medical Research Council (MRC), na Inglaterra, em 1960 e atualizado em 1966 e 1976. O documento inicial da ATS foi seguido de relatórios adicionais, nos anos de 79, 87, 91 e 95 com acréscimo de dados e algumas modificações. Outros questionários têm sido elaborados, por várias instituições e grupos de pesquisadores, com a finalidade de investigar doenças respiratórias ocupacionais. Todos os autores têm se preocupado em manter a uniformidade da terminologia e metodologia empregadas a fim de que possa haver comparação dos resultados entre si (Fletcher, Clifton e Fairbairn, 1960; Lebowitz e Burrows, 1976; Samet, 1978; Helsing e Comstock, 1979; Comstock e col., 1979; Lebowitz, 1981; Andrews e Ferris, 1985).

O questionário utilizado foi aplicado pela própria pesquisadora que formulou as perguntas verbalmente aos entrevistados e fez o registro de suas respostas. Está contido no Anexo B. Através do questionário foi possível avaliar o seguinte:

- O perfil do trabalhador da indústria de fertilizantes, quanto à raça, escolaridade, estado civil, idade média, tempo médio de trabalho e ocupações de risco anteriores.
- Hábito tabágico.
- A presença de sintomas respiratórios, especialmente aqueles de caráter crônico, como tosse, expectoração, sibilância, dispnéia, rinite, sintomas oculares e bronquite crônica.
- A existência ou não de um passado respiratório e de doenças respiratórias atuais associadas.
- Cada indivíduo foi submetido a um exame físico sumário complementando a entrevista. Foram obtidos dados como altura, peso, alterações da pele e das extremidades, ausculta cárdiorespiratória, rinoscopia, frequência cardíaca e respiratória e níveis pressóricos.

Utilizou-se o **conceito de Bronquite Crônica** emitido pela OMS, de tosse e expectoração na maioria dos dias, de três meses do ano, pelo menos por dois anos consecutivos, sem outras doenças cárdiorespiratórias concomitantes.

Fumante foi definido como todo indivíduo que tivesse fumado no mínimo um cigarro por dia por 12 meses ou mais, ou mais de 20 maços de cigarros, ou mais de dois pacotes de fumo durante a vida toda, e que estivesse em uso de cigarros no momento da avaliação ou que tivesse parado de fumar há menos de seis meses. **Ex-fumante** seria aquele que, tendo sido fumante, deixou de fumar há mais de 6 meses e **Não fumante** todo indivíduo que não se enquadrasse dentro das classificações anteriores (W.H.O., 1983; C.D.C., 1994; Nelson e col., 1994).

A severidade da **dispnéia** foi classificada em três níveis de intensidade através das seguintes perguntas:

- **Leve:** Você tem falta de ar quando caminha rápido no plano ou quando sobe uma escada?
- **Moderada:** Você tem falta de ar depois de caminhar alguns minutos no seu passo habitual em área plana ou quando faz suas tarefas habituais?
- **Grave:** Você tem falta de ar para vestir-se ou desvestir-se?

5.2.3. Prova de Função Pulmonar

A **espirometria** é o teste de função pulmonar mais adequado a um estudo epidemiológico, já que reúne atributos como precisão, sensibilidade, baixo custo operacional e fácil utilização no local de trabalho.

Foi utilizado o aparelho Vitatrace, modelo VT 130, com 7 litros de capacidade e registro gráfico direto, estando adequadamente calibrado. Os exames foram realizados e analisados pela pesquisadora no Ambulatório dos locais de trabalho. Os pacientes permaneceram sentados, sem clipe nasal, realizando uma expiração forçada depois de uma inspiração máxima.

Foram avaliadas **capacidade vital (CV), capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁) e fluxo médio-expiratório forçado (FEF_{25%-75%})**.

A orientação seguida na execução e interpretação dos testes foi a recomendada pela American Thoracic Society (ATS) em 1978, com as atualizações acrescentadas em 79, 87, 91 e 95. Foram também considerados os informes do I Consenso Brasileiro sobre Espirometria de 1996, coordenado por Pereira e publicado no Jornal de Pneumologia em 96 (ATS 78,79, 87, 91, 95 ; Pereira, 1996).

As recomendações são as seguintes:

- 1) Adequado início do teste, ou seja, sem hesitação excessiva, sem falso início e sem volume extrapolado superior a 5% da CVF ou mais de 100 ml.
- 2) Identificação do final da curva, que pode ser feita pela observação do paciente expirando até não conseguir eliminar mais ar ou curva volume tempo mostrando um evidente platô por pelo menos 1 segundo, após tempo expiratório mínimo de 6 segundos. O término da curva de CVF deve ser considerado quando a média do fluxo em um intervalo maior do que 0,5 de segundo foi inferior a 50 ml por segundo, ou quando a mudança de volume em um intervalo de 0,5 segundos foi menor que 25 ml.
- 3) Realização de três manobras de CVF consideradas aceitáveis. Não deve haver entre as duas melhores CVF e VEF₁ aceitáveis uma diferença maior do que 200 ml na sua leitura, caracterizando a reprodutibilidade da prova.
- 4) Utilização da maior medida de CVF e de VEF₁, mesmo não pertencendo à mesma curva. O FMEF deve ser determinado na curva com a melhor soma de CVF e VEF₁.
- 5) Os volumes devem ser corrigidos para CNTP (condições normais de temperatura e pressão).

A interpretação dos resultados foi realizada em comparação a valores previstos padronizados a partir de estudos populacionais em indivíduos normais. Os valores utilizados como normais para capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado (VEF₁) e relação VEF₁/CVF foram aqueles obtidos por Kory para adultos sadios não fumantes (1961). Para os valores

referentes a fluxo expiratório forçado (FEF_{25-75%}) foram utilizados os de Morris (1971).

5.2.4. Avaliação radiológica

Com respeito à avaliação radiológica, foram utilizadas as radiografias feitas pelos trabalhadores dentro do seu programa de avaliação periódica. Duas indústrias apresentavam documentação radiológica de cerca de 75% dos trabalhadores expostos, e as outras duas de apenas 10%. Na média final, 55,7% dos trabalhadores expostos apresentavam material radiológico. Com relação aos controles, 14,8% deles dispunha de documentação radiológica.

A leitura radiológica foi feita, segundo as diretrizes da ILO (International Labour Organization) para a classificação radiológica das pneumoconioses, pela pesquisadora e por um médico radiologista (Guidelines for the use of the ILO, 1980).

5.2.5. Análise Estatística

Os dados obtidos foram digitados em um banco de dados do Visual dBase III, versão 5,5 e foram analisados através do programa estatístico Epi Info 6, versão 6,04b, janeiro de 97, WHO.

Foi realizada a análise univariada com descrição da frequência de todas as variáveis dependentes estudadas, nos grupos exposto e controle. Foram apresentados os resultados daquelas consideradas mais relevantes, seja por sua maior frequência, seja por sua importância clínica. Posteriormente foi realizada a análise bivariada destas mesmas variáveis associadas aos fatores considerados de risco, que são os seguintes:

- Exposição ocupacional
- Tempo de trabalho

- Setor de trabalho
- Tabagismo

Na análise bivariada foram utilizados os seguintes testes:

- Teste de associação do qui-quadrado (X^2), sendo usada a correção de Yates quando o $n < 200$ e > 25 e Teste Exato de Fisher quando $n < 25$ para as variáveis qualitativas.
- Análise de variância (ANOVA) para as variáveis numéricas (dados antropométricos e de função pulmonar). A significância estatística desta análise foi verificada através do teste F e Teste t de Student.
- A análise das diferenças entre os valores das variáveis numéricas foi feita através do método comparativo de Student-Newman-Keuls.
- Avaliação de risco através da Razão de Chances (RC, OR, odds ratio), com intervalo de confiança de 95% (Cornfield IC 95%).
- O nível de significância para todos os teste estatísticos foi fixado em $\alpha = 0,05$.

Como última etapa, com base nos resultados obtidos na análise bivariada, foi realizada análise multivariada, utilizando regressão logística, através do programa Stata. Os resultados foram expressos como razões de chances (RC), com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. A Razão de Chances foi analisada de duas maneiras: não ajustada e ajustada para tabagismo através do consumo de cigarros em maços/ano. A Razão de Chances representa a magnitude do efeito das variáveis consideradas de risco sobre as variáveis dependentes (sintomas, sinais e dados de espirometria).

5.2.6. Critérios de definição do Grupo de Estudo

Com relação à amostra que foi avaliada, algumas regras foram estabelecidas. São as seguintes:

1. Não foram incluídos na amostra funcionários com tempo de serviço inferior a dois anos, ou aqueles que embora tendo trabalhado dois ou mais anos no setor de produção de fertilizantes, estivessem afastados por um período igual ou maior que 6 meses nos últimos dois anos.
2. Não fizeram parte da amostra funcionários do setor de tancagem, caldeiras, tratamento das águas e seção de emborrachamento. Esses funcionários trabalham em recintos separados do local de produção dos fertilizantes e estão expostos a outros agentes ocupacionais. No caso das caldeiras, ficam expostos a monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂) que se desprendem da combustão dos materiais energéticos utilizados (óleos impuros). Por sua vez, os funcionários encarregados da manutenção dos tanques onde são estocados os ácidos sulfúrico, fosfórico e amônia (tancagem), o local de armazenamento dos mesmos é ao ar livre, ventilado, automatizado e, portanto, só em caso de acidente é que haveria possibilidade de exposição, que seria aguda e maciça, e não crônica.
3. Não foram incluídos no grupo controle, funcionários do sexo feminino já que a população em estudo, ou seja, aquela que trabalha na produção, era totalmente masculina.
4. Os trabalhadores expostos foram reunidos em quatro grupos.
 - **Grupo 1:** Setor de Moagem da rocha fosfática; Ensacamento e Expedição; Mistura; Manuseio e Píer. A exposição nesses setores é essencialmente a materiais particulados, justificando-se a união destes funcionários em um mesmo grupo porque os ambientes de trabalho se comunicam amplamente, havendo mobilização e mistura das poeiras ambientais. Com relação aos gases, isto já não é verdadeiro, pois eles ficam restritos ao seu ambiente de formação.
 - **Grupo 2:** Setor TSP (Superfosfato). Grupo que produz o superfosfato simples e triplo através da acidulação da rocha fosfática. Estão expostos principalmente aos ácidos sulfúrico (H₂SO₄) e fosfórico (H₃PO₄) que são

acrescentados à rocha fosfática, e aos ácidos fluorídrico e tetrafluoreto de silício que se formam na reação química resultante.

- **Grupo 3:** Setor de Granulação ou de Produção do Complexo NPK. Aqui os indivíduos estão expostos ao ácido fosfórico que pode ser acrescentado no granulador, algum fluoreto, e principalmente amônia. Existe muito pouco material particulado neste setor.
 - **Grupo 4:** Setor de Manutenção: grupo formado por Mecânicos; Tratoristas; Eletricistas; Instrumentistas; Carpinteiros; Técnicos em Segurança Industrial; Bombeiros e Engenheiros. Têm exposição múltipla e de intensidade variável porque, em função de suas atividades, atuam em todos ambientes de trabalho. Os tratoristas fazem parte desse grupo e não do grupo 1, porque, como trabalham inclusive nos galpões de cura, estão expostos também a gases.
5. O grupo controle foi constituído por funcionários que não atuavam na produção de fertilizantes. Nessa categoria entram aqueles com atividades administrativas em geral, vigilantes, cozinheiros, laboratoristas, enfermeiros e motoristas.
 6. Quando o funcionário trabalhou em diversos setores da fábrica ao longo do tempo, foi considerada a função de maior risco, desde que executada no mínimo por 6 meses. A magnitude dos riscos foi considerada na seguinte ordem decrescente: grupo 2, grupo 3, grupo 1 e grupo 4.
 7. Cada indústria tem um produto específico dentro da sua linha de produção. Por exemplo, uma das indústrias produz uma determinada ração animal na qual a rocha fosfática usada como fonte de fosfato deve ser totalmente desfluorizada. O grupo de funcionários envolvidos com essa produção está mais exposto ao flúor que os demais, devido a quantidade de ácido fosfórico utilizada na acidulação da rocha fosfática, que provoca liberação maciça de ácido fluorídrico no ambiente de trabalho. Como o grupo humano envolvido nessa produção específica é muito pequeno, eles serão considerados dentro

de outro grupo de risco. No caso citado, ficaram dentro do grupo 2, ou seja, o da acidulação.

5.2.7. Amostra

Foram avaliados 413 funcionários distribuídos em quatro indústrias: Defer (atualmente Central de Fertilizantes), Fertisul (atualmente Serrana), Manah e Trevo que serão designadas, quando necessário, com os números 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A avaliação foi realizada durante a jornada de trabalho. A jornada era de 6 ou 8 horas diárias, com três ou quatro turnos ao longo das 24 horas, semanalmente alterados em forma de rodízio. Foram estudados funcionários de todos os turnos de trabalho.

A distribuição dos funcionários expostos e controles nas diferentes fábricas é mostrada na tabela 1.

Tabela 1: Número de funcionários por indústria

	• Grupo Exposto 305		• Grupo Controle 108	
• Indústria 1	64	21,0%	24	22,2%
• Indústria 2	80	26,2%	44	40,7%
• Indústria 3	103	33,8%	19	17,6%
• Indústria 4	58	19,0%	21	19,4%
Total	305	100%	108	100%

A análise do comportamento das variáveis independentes das indústrias 1, 2, 3 e 4 mostrou o seguinte (ver tabela 2):

- A indústria 1 teve a melhor distribuição de escolaridade para os funcionários expostos, com 54,7% dos mesmos com instrução primária e, os restantes 45,3%, secundária e ou superior. Este dado contrasta com as demais indústrias que apresentavam níveis de escolaridade primária completa e/ou incompleta em torno de 75% a 82,8%. A justificativa para esta diferença é a política adotada pela empresa de contratar novos funcionários com no

mínimo escolaridade primária completa e fornecer e estimular o estudo dentro da própria fábrica.

- Foram observadas pequenas diferenças com relação à média de idade, de tempo de trabalho e peso entre os funcionários expostos, devidas à indústria 1. Com relação a menor média de idade e de tempo de trabalho, a indústria 1 é a mais nova das quatro, tendo começado a funcionar em 1983, o que explicaria essas diferenças.
- As variáveis estado civil, raça e altura dos funcionários das quatro indústrias foram semelhantes nos Grupos Expostos e Controles ($p > 0,05$).
- O hábito tabágico foi semelhante nas quatro indústrias ($p > 0,05$).

Tabela 2: Comportamento das variáveis independentes das indústrias 1, 2, 3 e 4

	• Grupo Exposto				• Grupo Controle			
	Ind. 1 64	Ind. 2 80	Ind. 3 103	Ind. 4 58	Ind. 1 24	Ind. 2 44	Ind. 3 19	Ind. 4 21
• Idade Média* Anos (DP)	35,9 8,6	38,7 6,4	39,0 8,1	37,8 6,7	38,0 10,3	38,4 8,8	38,7 7,7	35,0 8,7
• Raça Branca	87,5%	80%	85,5%	84,5%	83,3%	86,4%	89,4%	95,2%
• Estado Civil Casado	87,5%	86,3%	90,3%	91,4%	70,8%	84,1%	78,9%	80,9%
• Escolaridade Primária*	54,7%	75%	80,6%	82,8%	33,3%	29,6%	31,6%	33,3%
• Escolaridade Secundária	28,1%	18,7%	15,5%	17,2%	41,7%	38,6%	52,6%	47,6%
• Superior *	17,2%	6,3%	3,9%	0%	25%	31,85	15,8%	19,1%
• Fumantes	37,5%	46,2%	38,8%	43,1%	25%	31,8%	31,6%	42,9%
• Tempo Médio Trabalho* (DP)	10,6 6,1	13,6 7,4	11,2 6,4	11,9 6,4	9,7 6,2	12,7 8,5	9,4 5,5	9,8 7,8
• Peso* (Kg) (DP)	73,3 10,7	79,1 14,5	77,6 12,1	76,6 11,9	78,3 9,6	78,3 10,2	75,3 9,3	76,9 11,0
• Altura (cm) (DP)	171,7 16,0	169,7 6,5	170,8 6,2	171,7 6,6	173,7 6,9	171,6 6,8	172,7 5,9	170,0 5,7

* $p < 0,05$

DP = desvio padrão

Daqui para a frente, em função dos comentários anteriores, os funcionários das quatro indústrias serão avaliados em conjunto, caracterizando

uma amostra composta por 305 indivíduos no Grupo Exposto e 108 no Grupo Controle.

A avaliação do comportamento das variáveis independentes, idade, raça, escolaridade, estado civil, altura e peso, comparando Grupo Exposto e Grupo Controle, reunidas as quatro indústrias, mostrou o seguinte (ver tabela 3):

- Os grupos exposto e controle são homogêneos com relação à idade. A **média de idade** dos trabalhadores expostos foi de 38 anos com desvio padrão de 7,6. O mais jovem tinha 21 anos e o mais velho 61. Resultados semelhantes foram encontrados para o grupo controle, com média de idade de 37,7 anos, desvio padrão de 8,9 tendo o mais jovem 19 anos e o mais velho 57 anos. A figura 16 mostra que o estrato de faixa etária entre 30 e 49 anos corresponde a mais de 70% da amostra, tanto nos expostos como nos controles.

Tabela 3: Comportamento das características antropométricas, idade, raça, estado civil e escolaridade no Grupo Exposto e Grupo Controle

	• Grupo Exposto 305	• Grupo Controle 108
• Média de Idade em anos Desvio padrão	38,0 7,6	37,7 8,9
• Raça Branca	257 84,3%	95 88,0%
• Escolaridade: Primária	226 74,1%*	34 31,5%
• Estado Civil: Casados	271 88,8%*	86 79,6%
• Altura (cm) Desvio padrão	170,8 6,4	171,9 6,5
• Peso (Kg) Desvio padrão	76,9 12,6	77,5 10,0

* $p < 0,05$

- A **média de altura** dos expostos foi de 170,8 cm, com desvio padrão de 6,4. O trabalhador mais baixo media 150 cm e o mais alto 189 cm. Não houve diferença com relação aos controles, que apresentaram estatura média de 171,9 cm com desvio padrão 6,5. A menor altura entre os mesmos foi 158 cm e a maior 187 cm.

- O **peso médio** dos expostos foi de 76,9 kg com desvio padrão de 12,6. O menor peso encontrado foi de 44 kg e o maior de 143,4 Kg. Com referência ao grupo controle, o peso médio foi 77,5 Kg, com desvio padrão 10. O menor peso foi 56 Kg e o maior 108,2 Kg .
- Com relação ao **fator racial**, a maioria dos trabalhadores, tanto expostos (84,3%) como controles (88,0%), eram da raça branca. Ainda, entre os expostos foram encontrados 8,2% de pretos e 7,5% de pardos. Essa distribuição racial reproduz os resultados do censo realizado pelo IBGE em 1996, que encontrou para a região Sul 84,3% de brancos, 2,7% de negros, 12,5% de pardos e 0,5% de outras raças

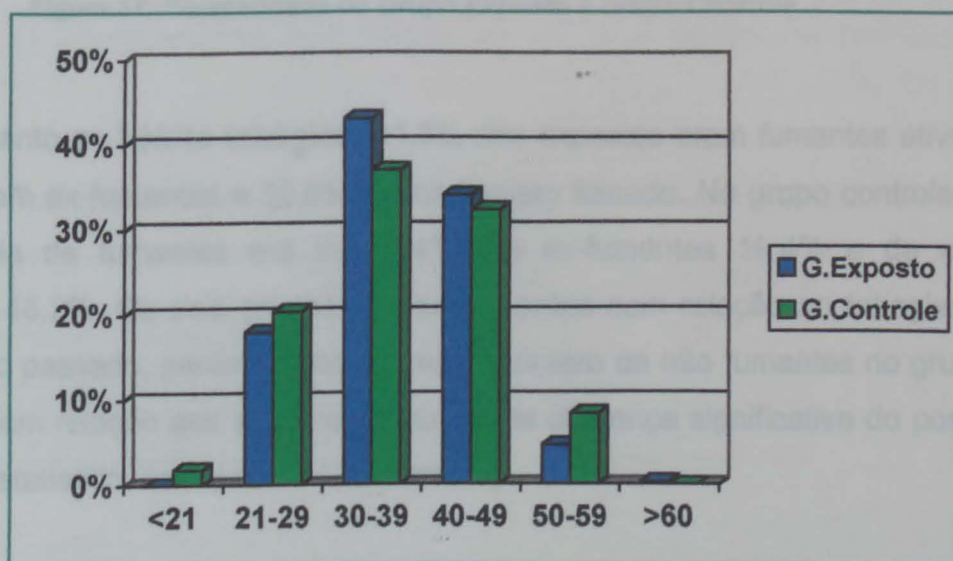


Figura16: Distribuição de Idades do Grupo Exposto e Grupo Controle

- O **estado civil** predominante foi o de casados, perfazendo 84,3% e 79,6% dos expostos e controles, respectivamente.
- A **escolaridade** predominante no grupo exposto foi a primária, completa ou incompleta, em um total de 74,1%. A escolaridade secundária, completa ou incompleta, apareceu em 19,3% dos funcionários, e a superior em 6,6%. No grupo controle, a escolaridade predominante foi a secundária, em 43,5% dos trabalhadores, seguida da primária em 31,5% e superior em 25% (ver figura 17).

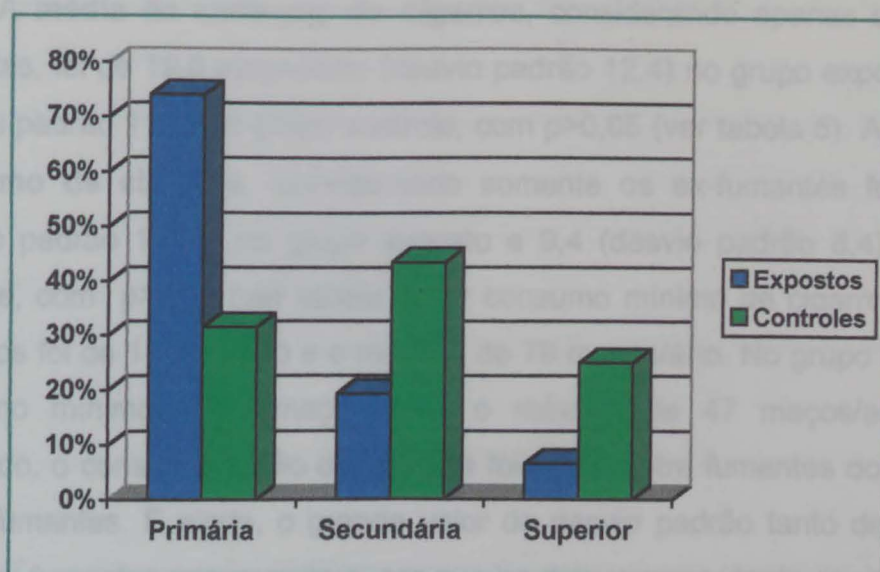


Figura 17: Escolaridade do Grupo Exposto e Grupo Controle

Quanto ao **hábito tabágico**, 41,3% dos expostos eram fumantes ativos, 24,9% eram ex-fumantes e 33,8% nunca haviam fumado. No grupo controle, a prevalência de fumantes era de 32,4%, de ex-fumantes 19,4% e de não fumantes 48,2%. Os dois grupos são semelhantes com relação ao tabagismo ativo e no passado, porém existe um maior número de não fumantes no grupo controle com relação aos expostos, sendo esta diferença significativa do ponto de vista estatístico, com $p < 0,01$ (ver tabela 4).

Tabela 4: Prevalência do Tabagismo no Grupo Exposto e Grupo Controle

	• G. Exposto 305	• G. Controle 108
• Fumantes %	126 41,3%	35 32,4%
• Ex-fumantes %	76 24,9%	21 19,4%
• Não fumantes %	103 33,8%	52 48,2%*

* $p < 0,05$

A **média de consumo de cigarros** em maços/ano, considerando fumantes e ex-fumantes somados, é de 17 maços/ano (desvio padrão 12,6) no grupo exposto e 13,4 (desvio padrão 11,0) no grupo controle, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A **média de consumo de cigarros**, considerando apenas o grupo de fumantes, foi de 19,0 maços/ano (desvio padrão 12,4) no grupo exposto e 15,8 (desvio padrão 11,8) no grupo controle, com $p > 0,05$ (ver tabela 5). A **média de consumo de cigarros**, considerando somente os ex-fumantes foi de 13,5 (desvio padrão 12,4) no grupo exposto e 9,4 (desvio padrão 8,4) no grupo controle, com $p > 0,05$ (ver tabela 5). O consumo mínimo de cigarros entre os expostos foi de 1 maço/ano e o máximo de 78 maços/ano. No grupo controle, o consumo mínimo foi 1 maço/ano e o máximo de 47 maços/ano. Como esperado, o consumo médio de cigarros foi maior entre fumantes do que entre os ex-fumantes. E ainda, o grande valor do desvio padrão tanto de fumantes como ex-fumantes nos permite supor que os dois grupos, tanto expostos como controles, são heterogêneos com relação ao consumo de cigarros (ver tabela 5).

Tabela 5: Média de consumo de cigarros em maços/ano de Fumantes e Ex-fumantes

	• G. Exposto	• G. Controle
• Maços/ano Fumantes	19,0	15,8
Desvio padrão	12,4	11,8
• Maços/ano Ex-fumantes	13,5	9,4
Desvio padrão	12,4	8,4

O consumo de cigarros em maços/ano, estratificado em três categorias, mostra que no grupo exposto tem-se uma maior prevalência de fumantes pesados, de mais de 20 maços/ano (43,6%), porém sem diferença estatisticamente significativa com relação aos controles fumantes (ver tabela 6).

Tabela 6: Estratificação do Consumo de cigarros em maços/ano

	• Grupo Exposto				• Grupo Controle			
	Fumantes 126		Ex-fumantes 76		Fumantes 35		Ex-fumantes 21	
• 1 a 10 m/a	38	30,1%	40	52,6 %	14	40%	13	62%
• 11a 20 m/a	33	26,2%	20	26,3%	11	31,4%	7	33,3%
• >20 m/a	55	43,6%	16	21%	10	28,6%	1	4,8%

m/a = maços ano

Resumindo todas estas observações, com relação ao tabagismo, pode ser dito que:

- A prevalência de fumantes mostrou-se igual entre os expostos e os controles.
- Existiu uma maior prevalência de não fumantes entre os controles, significativa do ponto de vista estatístico.
- A média de consumo de cigarros em maços/ano entre os fumantes do grupo exposto e controle foi semelhante.
- A maioria dos fumantes, tanto expostos como controles, fumava mais de 10 maços/ano.
- 43,6% dos expostos fumantes consumiam mais de 20 maços/ano.

A **média do tempo de trabalho** foi de 11,8 anos com desvio padrão de 6,7 e amplitude de 2 a 26 anos. O tempo mínimo de trabalho de 2 anos foi um critério de seleção dos funcionários com a intenção de avaliar sintomas, sinais, dados radiológicos e espirométricos após um tempo mínimo de exposição. Manteve-se a mesma conduta para o grupo controle com a finalidade de tornar as duas populações o mais homogêneas possíveis. A média do tempo de trabalho do grupo controle foi de 10,9 anos com desvio padrão 7,5 e amplitude de 2 a 33 anos.

O **tempo de trabalho** do grupo exposto foi dividido em três estratos: 2 a 5 anos; 5 a 10 anos e mais de 10 anos. Constatou-se que 52,1% dos funcionários trabalhavam há mais de 10 anos na indústria de fertilizantes, 24,6% entre 5 e 10 anos e 23,3% menos de 5 anos. Ou seja, avaliou-se um grupo de funcionários com um tempo de trabalho suficientemente longo para se considerar o risco da exposição (figura18).

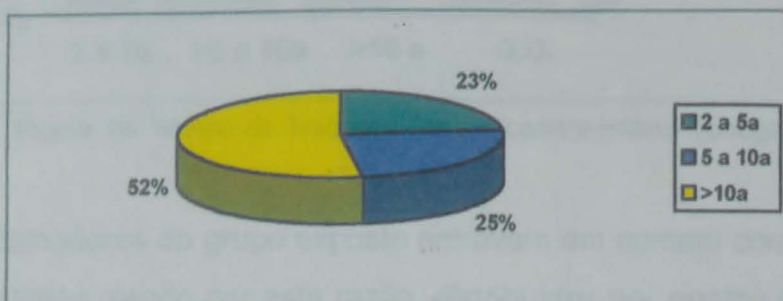


Figura 18: Tempo de trabalho do Grupo Exposto estratificado

Para o grupo exposto, tempo de trabalho foi considerado igual a tempo de exposição, e poderia, portanto, estar associado com maior prevalência de sintomas e/ou sinais respiratórios. Para o grupo controle (não exposto), esta afirmativa não é válida e a variável tempo não foi por isso estratificada.

Como **tabagismo** pode associar-se a sintomas respiratórios, alterações funcionais e radiológicas pulmonares, sendo um potencial fator de confusão com o risco da exposição ocupacional, avaliou-se sua prevalência nos diferentes períodos de tempo de trabalho. Encontrou-se que a prevalência de fumantes, ex-fumantes e não fumantes nos dois primeiros períodos de trabalho (de 2 a 5 e 5 a 10 anos) foi homogênea dentro do grupo exposto e semelhante à do grupo controle ($p > 0,05$). No estrato com mais de 10 anos de trabalho encontrou-se maior prevalência de fumantes (46%), em relação aos controles (32,4%) sendo a diferença significativa do ponto de vista estatístico ($p = 0,02$). Ao avaliar-se, assim, a associação desse último estrato com os sintomas apresentados pelos seus componentes, estudou-se um grupo de trabalhadores nos quais, além de um maior tempo de exposição, também apresentavam uma maior prevalência de tabagismo (ver figura 19).

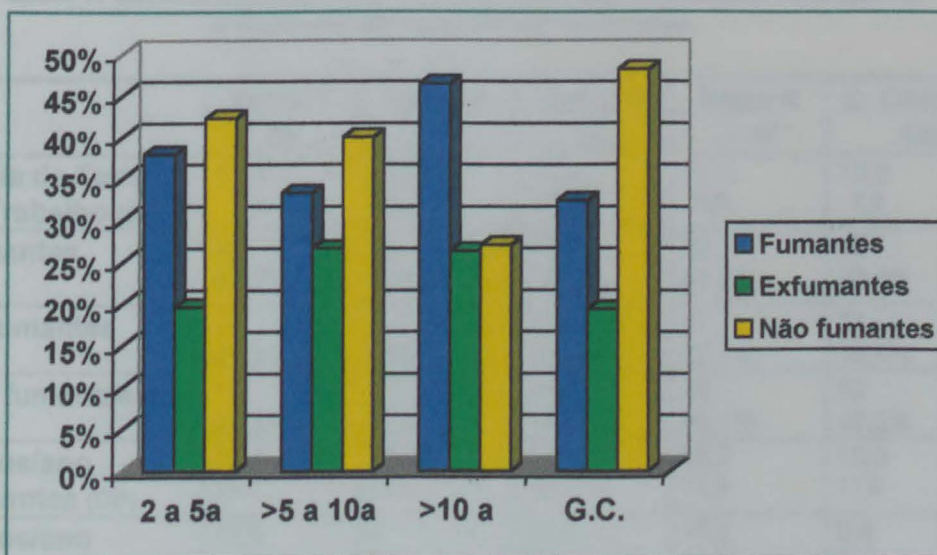


Figura 19: Tempo de Trabalho Estratificado e Hábito Tabágico

Os trabalhadores do grupo exposto entravam em contato com poluentes ambientais distintos, sendo por esta razão, distribuídos por **quatro setores de trabalho** (ver detalhes em 5.2.6). Como as variáveis tempo de trabalho e hábito

tabágico são consideradas potenciais fatores de risco, os funcionários dos quatro setores foram avaliados com relação às mesmas e comparados entre si e com o grupo controle.

A **média de tempo de trabalho** nos quatro setores dos expostos foi semelhante entre si e com relação ao grupo controle ($p>0,05$). Embora não houvesse diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de trabalho por setores, a média do setor 2, de acidulação da rocha fosfática, foi a menor de todas, de 10 anos (ver tabela 7).

Com relação ao **hábito tabágico**, a frequência de **fumantes** nos quatro setores de exposição foi homogênea entre os mesmos e também com relação ao grupo controle ($p>0,05$). O mesmo, entretanto, não aconteceu com os ex-fumantes e não fumantes. Havia mais ex-fumantes no setor 1 e menor número de não fumantes neste mesmo setor. Considerando o consumo de cigarros em maços/ano, não foi encontrada, contudo, diferença estatisticamente significativa entre os fumantes e ex-fumantes dos diferentes setores de exposição (ver tabela 7).

Tabela 7: Setores de exposição e média de tempo de trabalho, tabagismo e consumo de cigarros em maços/ano

	Setor 1 56	Setor 2 40	Setor 3 90	Setor 4 119	G. Controle 108
• Média de Tempo de Trabalho (DP)	11,3 7,2	10,0 6,5	12,3 6,9	12,4 6,3	10,9 7,5
• Fumantes	21 37,5%	18 45,0%	38 42,2%	49 41,2%	35 32,4%
• Ex-fumantes	23 41,1%*	8 20,0%	18 20,0%	27 22,7%	21 19,4%
• Não fumantes	12 21,4%*	14 35,0%	34 37,8%	43 36,1%	52 48,2%
• Maços/ano Fumantes (DP)	20,1 13,6	18,3 15,0	17,9 9,6	19,7 13,0	15,8 11,8
• Maços/ano Ex-fumantes (DP)	12,6 11,9	8,1 8,6	14,8 15,4	15,1 11,7	9,4 8,4

* $p < 0,05$

DP= desvio padrão

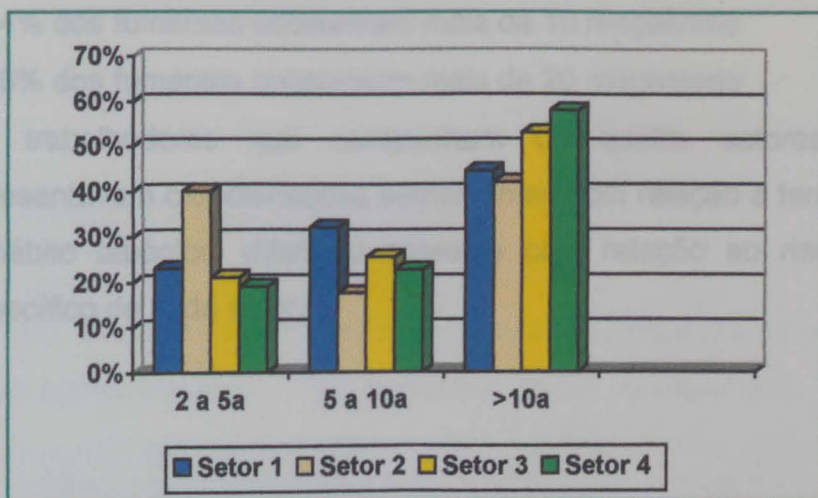


Figura 20: Estratificação do Tempo de Trabalho e Setores de Exposição

Ao avaliar-se o **tempo de trabalho** nos setores, estratificado em três períodos (2 a 5a; 5 a 10a; mais de 10a) constatou-se que a maioria dos funcionários de qualquer um dos setores, trabalhava há mais de 10 anos, coincidindo com o tempo médio de trabalho do grupo exposto como um todo. Observou-se, entretanto, que no setor 2, o de acidulação da rocha fosfática, predominavam funcionários com menos de 5 anos de trabalho (40%) ou seja, concentravam-se funcionários com o menor tempo de trabalho (ver figura 20).

As principais características do Grupo Exposto podem ser assim resumidas:

- 100% do sexo masculino
- 84,3% da raça branca
- 74,1% com escolaridade primária
- 88,8% casados
- Média de Altura: 170,8 cm com desvio padrão 6,4
- Média de Peso: 76,9 Kg com desvio padrão 12,6
- Média de Idade: 38 anos com desvio padrão 7,6
- 77% têm idade entre 30 e 49 anos
- Média de tempo de trabalho: 11,8 anos com desvio padrão 6,7
- 52,1% trabalham com fertilizantes há mais de 10 anos
- 41,3% Fumantes, 24,9% Ex-fumantes e 33,8% Não fumantes

- 75,4% dos fumantes consumiam mais de 10 maços/ano
- 43,6% dos fumantes consumiam mais de 20 maços/ano
- Os trabalhadores que compunham os quatro setores de trabalho apresentavam características semelhantes com relação a tempo de trabalho e hábito tabágico, diferindo somente com relação ao risco ocupacional específico de cada setor.

6. Resultados e Discussão

6.1. Resultados da Avaliação Ambiental

6.1.1. Para material particulado: As fórmulas utilizadas para cálculos com relação a concentração de sílica ambiental foram as seguintes:

$$\text{Volume de ar (m}^3\text{)} = \text{Vazão (l/min)} \times \text{tempo (min)} \times 10^{-3}$$

$$\text{Concentração (mg/m}^3\text{)} = \text{Massa da amostra (mg)} / \text{Volume de ar (m}^3\text{)}$$

$$\text{Limite de Tolerância mg/m}^3 = 8 / \% \text{ SiO}_2 + 2$$

Os resultados foram fornecidos através de tabelas da seguinte maneira (ver tabela 8):

Tabela 8: Coleta realizada entre 06 a 08/95

Local	Tempo Min	Vazão l/min	Vol/ ar M ³	Massa mg	SiO ₂ mg	% SiO ₂	Conc. mg/m ³	LT/NR/15 mg/m ³
Granulação	210	1,6	0,336	1,2	0,14	11,7	3,570	0,583
Granulação	225	1,6	0,360	1,1	0,08	7,3	3,055	0,860
Granulação	190	1,6	0,304	1,5	0,09	6,0	4,930	1,000
Moagem	295	1,6	0,472	1,0	0,08	8,0	2,110	0,800
Granulação	165	1,6	0,264	3,1	0,29	9,4	11,740	0,701

De acordo com os laudos das análises, foi **detectada a presença de sílica livre** nas amostras, em concentração superior aos limites de tolerância, em todos ambientes avaliados (ver anexo C).

Frente a esses resultados, foram sugeridas várias medidas de melhoria nas condições de trabalho, essencialmente nos sistemas de exaustão e ventilação. Cerca de três meses após, novas coletas foram realizadas e os resultados foram os seguintes (ver tabela 9):

Tabela 9: Coleta realizada em 11/95

Local	Tempo Min	Vazão l/min	Vol/ar m ³	Massa Mg	SiO ₂ Mg	% SiO ₂	Conc. mg/m ³	LT/NR/ 15 mg/m ³
Tratorista	205	1,6	0,328	1,2	ND	ND	3,659	4
Mistura	185	1,6	0,296	0,9	ND	ND	3,041	4
Granulação	247	1,6	0,395	0,8	ND	ND	2,025	4
Granulação	170	1,6	0,272	3,7	0,9	24,3	13,6	0,304
Cura	170	1,6	0,272	0,5	ND	ND	1,838	4

Após as medidas corretivas, houve importante melhora no ambiente de trabalho, embora um dos locais, setor de granulação, ainda acusasse presença de sílica livre em concentração superior aos limites de tolerância (tabela 9).

6.1.2. Para gases: Para demonstrar a maneira pela qual os resultados foram fornecidos, são mostrados abaixo os valores relativos ao HF, na Unidade de Superfosfato triplo (TSP), Setor Esteira (ver tabela 10):

Tabela 10: Resultados relativos a HF / Unidade de TSP: setor esteira

Amostra	Hora	Medida: mg/m ³
01	14:45	1,5
02	15:05	2,6
03	15:25	3,0
04	15:45	3,0
05	16:25	3,0
06	16:25	3,0
07	16:45	3,0
08	17:25	3,0
09	17:25	3,0
10	17:45	2,5

$$\begin{aligned} \text{Soma medidas} &= F = 27,6 \\ *0,99 &= 27,3 \\ \text{Média} &= 27,3/10 = 2,7 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

A interpretação desses resultados foi feita da seguinte maneira: "Esta área de trabalho é considerada insalubre em grau máximo para o ácido fluorídrico, pois, a média das amostras resultou em um índice superior ao limite de tolerância que é de 2,5 mg/m³" (ver anexo C). Foram colhidas amostras

em outros setores da unidade de superfosfato triplo, não tendo sido detectada a presença de ácido fluorídrico, seguindo a mesma metodologia anterior e, conseqüentemente, estes locais não foram considerados insalubres. Foram, ainda, avaliadas as unidades de produção e granulação e a unidade de produtos de cura. Em nenhum dos setores dessas unidades foi detectada a presença de HF (ácido fluorídrico), e as áreas foram consideradas não insalubres. Uma das indústrias de fertilizantes, que trabalha com a produção de ração animal, possuía uma unidade chamada de **desfluorização**, onde foram detectados níveis elevados de HF (ácido fluorídrico), com média $4,5 \text{ mg/m}^3$, e o ambiente foi considerado insalubre.

Os mesmos passos foram executados para a avaliação de Amônia (NH_3). Duas medições, a nível do granulador, estiveram acima dos limites de tolerância, com valores de 70 mg/m^3 . As amostragens com "Impingers" que foram feitas com a intenção de uma checagem, forneceram os resultados vistos abaixo (ver tabela 11):

Tabela 11: Resultados relativos a HF e NH_3 na Unidade de Produção setor granulador

Data	Amostra	Vol. Amostra m^3	Massa Amostra: mg	mg/m^3
31/10/95	NH_3	0,5426	0,0850	0,1567
31/10/95	HF	0,5562	0,0236	0,0424
02/11/95	NH_3	0,5017	0,0850	0,1694
02/11/95	HF	0,5030	0,0231	0,0458

A mesma avaliação foi feita no setor moinhos, peneiras, resfriador da unidade de Produção e Granulação. As unidades de Superfosfato e Desfluorização foram igualmente examinadas. A amostragem por Impingers mostrou traços dos gases analisados, porém, em nível muito baixo, por isso não detectados pelos tubos colorimétricos.

- Resumindo, poderia dizer-se que, com relação a presença de Ácido fluorídrico (HF) e Amônia (NH_3) no ambiente de trabalho, o HF apresentou-se acima dos limites de tolerância na unidade de superfosfato triplo (setor 2) e no setor de desfluorização, e a Amônia no setor de granulação (setor 3). Foi detectada a presença de sílica

livre em concentrações acima dos limites de tolerância nos setores de moagem, superfosfato, granulação e ensacamento (setores 1, 2 e 3).

6.1.3. Qualidade aérea de Rio Grande / RS

Pensando que **estimativas da qualidade do ar** da cidade de Rio Grande pudessem ser indicadores indiretos dos poluentes presentes no ambiente de trabalho, já que os mesmos são eliminados através das chaminés das fábricas para a comunidade, apresentam-se alguns dados previamente colhidos.

Em 1983, o Engenheiro Sérgio F. Brigoni, então funcionário do Departamento do Meio Ambiente do RS, realizou um estudo para obtenção das concentrações dos três poluentes mais abundantes em Rio Grande: particulados (PS), dióxido de enxofre (SO₂) e compostos de flúor (principalmente HF e SiF₄). Utilizou um modelo matemático de dispersão atmosférica. Foram encontradas duas grandes “manchas de poluição” por particulados localizadas sobre as plantas de fertilizantes, com concentrações máximas superiores a 480 µg/m³ (aceitável=80µg/m³). Com relação aos fluoretos, a contaminação ambiental em Rio Grande foi considerada bastante elevada. Na área urbana, a concentração dos mesmos estava sujeita, no outono, a níveis iguais ou superiores ao padrão de referência (0,35 µg/m³). Nas áreas industriais essa concentração subia, podendo atingir níveis superiores a 7µg/m³, ou seja, 10 vezes a concentração padrão (ver anexo C) (Brigoni, 1983).

Embora admitindo as limitações do modelo aplicado, Brigoni salientou que o peso das evidências dos efeitos ambientais desses poluentes, com uma forte correlação causa-efeito, poderiam ser o juiz mais adequado da eficiência do mesmo.

São inúmeros os fatos que caracterizam agressões ao ambiente atmosférico e ao ecossistema. Foram enumerados os seguintes:

- Os técnicos da Gerência de Controle da Qualidade do Solo, Flora e Fauna, da antiga Coordenadoria de Controle de Equilíbrio Ecológico, vistoriaram a

área do Distrito Industrial de Rio Grande (DIRG), em 1978, e relataram a ocorrência de emissões atmosféricas, que “causam a necrose foliar e morte de vegetais exóticos como o *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*”, atribuídas aos fluoretos lançados ao ar pelas indústrias de fertilizantes. As concentrações ambientais deveriam ser altíssimas, pois foi constatada a destruição completa de quase todo um bosque de eucaliptos outrora existente naquela área (Nunes, 1978). Reforçando essas idéias, Okita, do Instituto de Saúde Pública do Japão, em artigo publicado em 1974, afirma que “a vegetação é muito sensível, principalmente aos fluoretos gasosos e menos aos fluoretos particulados” (Okita, Kaneda e Yanaka, 1974). Ainda, Thompson, em estudo de qualidade aérea relacionado ao conteúdo de fluoretos em seis cidade americanas, realizado durante os anos de 1966, 67 e 68, demonstrou de forma decisiva que este poluente encontra-se em concentrações sempre muito inferiores aos limites de tolerância, exceto se existirem fontes específicas de emissão do mesmo (Thompson, McMullen e Morgan, 1971).

- Outro relatório, da Divisão de Controle de Qualidade do Ar, em 1981, mencionou um pedido feito oficialmente ao DMA pela concessionária de energia elétrica do Estado (CEEE), para que fossem fornecidas informações sobre o nível de poluição atmosférica de Rio Grande, pois “parte da rede de distribuição de energia elétrica, mais especificamente a superfície de vidro dos isoladores e as ferragens galvanizadas, estão sendo danificadas pela ação possivelmente de poluentes atmosféricos ali existentes”. Este mesmo relatório arrola diversas prováveis causas, mas não pode ser conclusivo devido a inexistência de medições efetuadas no local, quer a nível ambiental, quer nas próprias superfícies danificadas (Brigoni, 1983).

Em 1983, foi realizada uma pesquisa pela Faculdade de Veterinária da Universidade Federal de Pelotas, RS, com título “Poluição Industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos, no município de Rio Grande”. Foram avaliados o tipo, o número e o grau de lesões encontradas nos incisivos de animais pertencentes a dezenove estabelecimentos localizados entre 4,5 Km e 17,5 Km de distância das fábricas de fertilizantes, em Rio Grande. Foi determinada a função linear do grau das lesões em relação à distância dessas

fábricas. Foram também observadas lesões diversas nos ossos e, em um dos estabelecimentos, a 6 Km das indústrias de fertilizantes, foram encontrados dois animais com claudicação. Exames efetuados nas cinzas de alguns ossos revelaram níveis altíssimos de flúor, caracterizando-se assim a "fluorose bovina" (Riet-Correa, 1983). Em 1994, o mesmo grupo de pesquisadores da UFPel, repetiu o estudo de lesões dentárias em bovinos de quatro estabelecimentos situados entre 5,5 e 8 km em linha reta das fábricas de adubo de Rio Grande. A prevalência de animais com lesões dentárias foi de 90,9%, 50%, 16,6% e 14,2%. Estes resultados, comparados com o estudo anterior, indicam que os efeitos da poluição ambiental sobre a dentição dos animais diminuiu. Porém, deve-se levar em conta que a maioria dos proprietários da região passou a adquirir animais de outras localidades e que, além disso, o flúor tem pouco ou nenhum efeito sobre os dentes após sua erupção (Riet-Correa e col., 1994). Em contrapartida, Call, embora constatasse intoxicação crônica por flúor no gado que é mantido próximo de fontes emissoras e/ou alimentado com pastagens com altas concentrações de flúor, afirmou que existem diferenças grosseiras com relação a exposição para seres humanos residentes na mesma área. A alimentação para o homem varia amplamente, sendo que a maior parte da origem de seus alimentos vem de longe de sua vizinhança. Os alimentos e vegetais ingeridos pelo homem são via de regra lavados. O homem não fica confinado a um espaço, deslocando-se durante seu dia (Call e col., 1965). Martin, em seu artigo publicado em 1971, diz que o conteúdo de flúor no leite do gado com fluorose é desprezível. Afirma ainda, que não é significativa a quantidade de fluoretos na carne, e que mesmo a prolongada fevura dos ossos com grandes quantidades de fluoretos não oferece riscos ao homem (Martin e Jones, 1971).

Em setembro e outubro de 1992, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) realizou uma campanha de monitoramento da qualidade do ar na zona urbana e industrial. Foram avaliados dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), material particulado e fluoretos. Os três primeiros são considerados indicadores gerais da qualidade aérea, e os fluoretos específicos das indústrias de fertilizantes. Embora tenham sido realizadas amostragens de fluoreto gasoso e de fluoreto particulado, os resultados não foram analisados em virtude de serem poucos os dados para uma conclusão definitiva.

Preliminarmente, os valores indicavam poluição aérea por fluoretos gasosos. Com relação ao material particulado, as concentrações identificadas nos períodos de 24 hs estiveram entre 4 e 189 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os valores mais elevados foram encontrados em uma localidade de nome Vila Santa Tereza, que situa-se entre a planta de fertilizantes e a refinaria de petróleo (FEPAM, 1992).

Em 1994, a FEPAM realizou nova amostragem da qualidade aérea da cidade, principalmente da zona urbana, com coletas semanais, de abril a dezembro, tendo avaliado apenas particulados e dióxido de enxofre (SO_2). A concentração de particulados, no período, oscilou de 15 a 318 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O maior valor foi encontrado no DEPREC, que fica situado na zona portuária (FEPAM, 1994).

6.1.4. Qualidade das águas de Rio Grande / RS

Seguindo o mesmo raciocínio, apresentamos alguns estudos que avaliam a **qualidade das águas** que circundam a cidade de Rio Grande, e que seriam depositárias dos efluentes líquidos oriundos destas fábricas e ou dos particulados ambientais.

No período de maio de 1991 a outubro de 1992, a Universidade do Rio Grande, em conjunto com a Prefeitura Municipal, desenvolveu um estudo para identificar os pontos de lançamento de efluentes nas águas que margeiam a cidade de Rio Grande. Foram identificados 76 pontos de lançamento, sendo 18 de efluentes domésticos, 24 de efluentes industriais, 4 de efluentes mistos e 30 de efluentes pluviais. A cidade de Rio Grande está localizada nas margens da Lagoa dos Patos, limitada ao sul e noroeste por enseadas rasas (Saco da Mangueira, Saco do Martins e Saco do Justino); ao norte pelo Canal do Norte e ao leste pelo canal de acesso da lagoa no Oceano Atlântico (Canal do Rio Grande). No canal do Rio Grande e no Saco da Mangueira foram constatados altos níveis de fosfato, polifosfato e amônia, já verificados em trabalhos anteriores. Chegaram a ser observados, na desembocadura do efluente, concentrações de amônia superiores a noventa vezes o valor máximo sugerido

para estuários não poluídos (5 micramol/l) e concentrações de fosfatos em valores vinte e seis vezes maiores que os valores recomendados (1,2 micramol/l). Dessa forma, poderia se supor que as indústrias de fertilizantes contribuem para os altos níveis de fosfato e amônia nas águas, tanto através da precipitação atmosférica de partículas contendo compostos fosfatados solúveis como pelos seus efluentes hídricos, principalmente os pluviais (Almeida, Baumgarten e Rodrigues, 1993).

Com estes resultados obtidos ao longo do tempo, embora apresentem várias limitações, pode-se dizer que existem dados e evidências que demonstram a agressão ambiental em Rio Grande, e pode-se sugerir uma correlação causa-efeito da contaminação por flúor e por particulados.

6.2. Discussão da Avaliação Ambiental

Com relação aos resultados da avaliação ambiental, são pertinentes os seguintes comentários:

- Como pontos positivos, tem-se que a avaliação foi realizada na "safra", ou seja, no período de plena produção das fábricas, com emprego de metodologia correta, tendo sido adequados os horários distintos de coleta (manhã e/ou tarde), a escolha dos locais considerados críticos, o equipamento utilizado para coleta e os métodos de análise usados.
- A pesquisa e dosagem dos poluentes ambientais não foi uniforme. Com relação aos agentes químicos gasosos, em uma fábrica foi avaliada apenas Amônia, em outra, também foi avaliado o Ácido fluorídrico e, em outra também foram pesquisados vapores de Ácido fosfórico e sulfúrico. As poeiras minerais (sílica livre cristalina) foram estudadas em todas as avaliações.
- As indústrias de fertilizantes usam cada vez mais micronutrientes que são acrescentados ao fertilizante granulado. Micronutrientes são agentes químicos que, adicionados ao solo, suprem as necessidades da planta de determinados elementos. São micronutrientes o magnésio, zinco, boro,

manganês, cobre, cobalto, molibdênio e enxofre. Estes elementos não foram considerados na avaliação ambiental.

- Sabe-se que uma análise ambiental isolada tem validade limitada, já que dependendo do tipo de fertilizante que está sendo produzido, irá variar tanto o tipo de poluente como sua concentração. A própria modificação alcançada por uma das indústrias na concentração de sílica livre, a partir de alterações sugeridas, mostra a possibilidade da grande variabilidade ambiental.
- Isso só poderia ser contornado através de comparações seriadas desses poluentes, ao longo do tempo, nos mesmos ambientes e com a mesma metodologia de avaliação, o que não seria possível em um estudo transversal. Portanto, os resultados aqui apresentados têm um valor relativo.
- Apesar do valor relativo desses resultados, cabe salientar que foram realizadas três avaliações, em três indústrias, em diferentes momentos e com resultados semelhantes.

6.3. Resultados e Discussão do estudo epidemiológico transversal dos trabalhadores com fertilizantes

6.3.1. Sintomas respiratórios

Os resultados são apresentados dividindo-se os sintomas respiratórios em rinite, conjuntivite, sintomas de vias aéreas inferiores (tosse, expectoração, sibilância, dispnéia) e bronquite crônica. Os sintomas são relacionados inicialmente ao principal fator de risco considerado, que é a exposição ocupacional e, posteriormente a tempo de trabalho, setor de trabalho e tabagismo.

Conforme a Tabela 12, todos os sintomas analisados foram mais frequentes no grupo exposto do que no grupo controle, sendo a diferença

significativa do ponto de vista estatístico, exceto para sibilância e dispnéia.

Tabela 12: Prevalência de Sintomas Respiratórios no Grupo Exposto e Grupo Controle

	G. Exposto 305	G. Controle 108	Razão de Chances IC 95%
• Tosse*	93 30,5%	9 8,3%	4,83 2,30<OR<11,30
• Tosse no serviço*	61 20%	3 2,8%	8,75 2,75<OR<44,43
• Tosse matinal***	47 15,4%	8 7,4%	2,28 1,02<OR<5,77
• Tosse crônica***	45 14,7%	7 6,5%	2,50 1,07<OR<6,77
• Tosse e Expectoração***	40 13,1%	6 5,5%	2,57 1,04<OR<7,62
• Bronquite Crônica***	26 8,5%	3 2,8%	3,26 1,03<OR<10,32
• Sibilância	56 18,4%	15 13,9%	1,39 0,73<OR<2,79
• Dispnéia para grandes esforços	80 26,2%	23 21,3%	1,31 0,76<OR<2,34
• Rinite**	132 43,3%	31 28,7%	1,90 1,15<OR<3,16
• Rinite associada a exposição**	112 36,7%	23 21,3%	2,14 1,25<OR<3,77
• Conjuntivite**	108 35,4%	21 19,4%	2,27 1,31<OR<4,07
• Conjuntivite associada a exposição*	106 34,7%	19 17,6%	2,50 1,41<OR<4,57

* p < 0,001

** p < 0,01

*** p < 0,05

6.3.2. Rinite e Conjuntivite

Os sintomas mais referidos pelos trabalhadores foram aqueles sugestivos de rinite e conjuntivite.

A rinite foi caracterizada pela presença de rinorréia hialina, espirros, obstrução e/ou prurido nasal, e esteve presente em 43,3% dos expostos e

28,7% dos controles, com $p < 0,01$ e com 1,9 vezes mais chance dos primeiros apresentarem o sintoma com relação aos segundos (ver tabela 12).

Todos os funcionários, expostos e controles, realizaram **rinoscopia anterior**. A alteração esperada na população de funcionários expostos era de uma mucosa hipercorada, aspecto sugestivo de uma rinite irritativa relacionada ao trabalho. A constatação de hiperemia confirmaria de forma objetiva a informação clínica de rinite. Foram encontrados 170 funcionários com hiperemia de mucosa nasal. Distribuindo a presença de **hiperemia da mucosa nasal** entre grupo exposto e controle, esta aparece em 151/305 (49,5%) dos primeiros e em apenas 19/108 (17,6%) dos segundos ($p < 0,001$). Os expostos tinham 4,59 ($2,59 < RC < 8,22$) vezes mais chance de apresentarem hiperemia nasal do que os controles.

Foi avaliada também a presença de **rinite durante o serviço** perguntando se os sintomas da mesma pioravam quando o funcionário estava no trabalho. No grupo exposto, 112/305 (36,7%) relacionavam seus sintomas com o trabalho e no grupo controle 23/108 (21,3%), sendo essa diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Embora a prevalência desta forma de rinite seja elevada, a rinite ocasional foi mais freqüente (ver tabela 12).

A prevalência de rinite considerando o **tempo de trabalho** estratificado em três períodos foi sempre maior no grupo exposto do que no grupo controle, sendo respectivamente: 52,1% (2 a 5 anos), 48% (5 a 10 anos), 37,1% (>10 anos) e 28,7% no grupo controle. O tempo de trabalho não pareceu acrescentar risco para rinite pois a prevalência do sintoma foi homogênea nos três estratos do grupo de estudo ($p > 0,05$), sendo inclusive decrescente, e a maior razão de chance (3,79) pertencendo ao estrato de menor tempo de trabalho (2 a 5 anos). Isso pode sugerir que o sintoma é mais agudo do que crônico, havendo tolerância ao mesmo com a continuação do trabalho. Reforçando essa possibilidade, tem-se a informação por parte dos funcionários de epistaxes de repetição, no início de seu ingresso no trabalho, as quais progressivamente desaparecem (tabela 13).

Tabela 13 : Rinite Crônica e Tempo de Trabalho

	Nº e %	Razão de Chances	I.C. de 95%
• Grupo Controle	31/108 28,7%	1,0	Referência
• 2 a 5 a*	37/71 52,1%	3,79	1,96<OR>7,35
• 5 a 10 a*	36/75 48%	3,22	1,68<OR>6,16
• >10 a**	59/159 37,1%	2,06	1,19<OR>3,55

* p<0,001

**p<0,01

A distribuição da rinite segundo o **hábito tabágico**, considerando a amostra como um todo, foi homogênea, estando presente em 39,7% (64/161) dos fumantes, 38,1% (37/97) dos ex-fumantes e 40% (62/155) dos não fumantes ($p>0,05$). A distribuição da rinite entre expostos e controles, segundo o hábito tabágico, mostrou uma maior prevalência da mesma sempre no grupo exposto, independente da presença ou ausência do tabagismo, embora sem significância estatística, sugerindo a associação deste sintoma com exposição e não com tabagismo (ver figura 21).

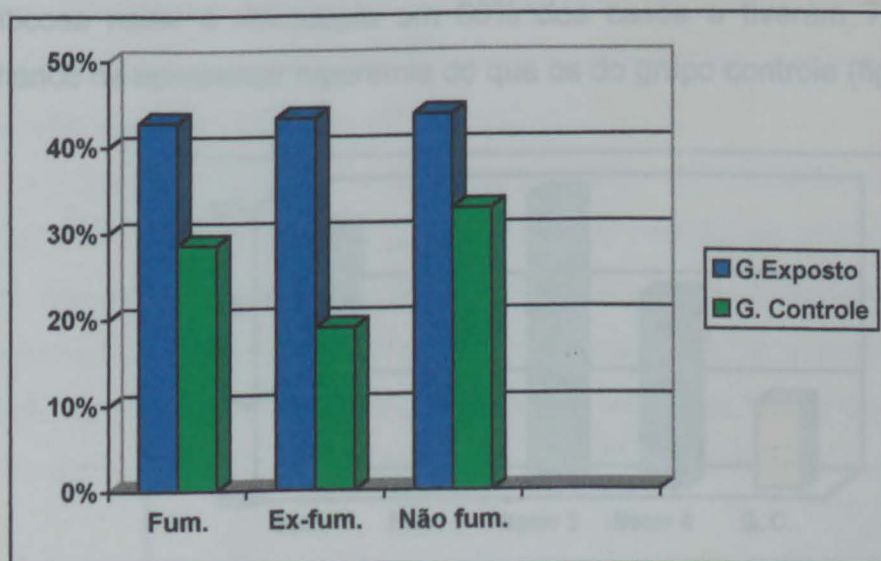


Figura 21: Rinite e Hábito tabágico

Avaliando a presença de rinite nos diferentes **setores de trabalho**, verifica-se que embora sua frequência seja homogênea entre os mesmos, o setor 3, de granulação do complexo NPK, apresentou maior número de funcionários sintomáticos e foi o único setor com diferença estatisticamente significativa com relação ao grupo controle. Consta-se que 51,1% dos funcionários deste setor apresentam sintomas e têm 2,6 ($1,39 < RC < 4,88$) vezes mais chance de ter rinite do que aqueles do grupo controle (ver tabela 14).

Tabela 14: Rinite Crônica e Setor de Trabalho

	Nº e %	Razão de Chances	I.C. de 95%
• G. Controle	31/108 28,7%	1,0	Referência
• Setor 1	24/56 42,8%	1,86	0,90 < OR < 3,86
• Setor 2	14/40 35,0%	1,34	0,58 < OR < 3,09
• Setor 3*	46/90 51,1%	2,60	1,39 < OR < 4,88
• Setor 4	48/119 40,3%	1,68	0,93 < OR < 3,04

* $p < 0,01$

Observou-se também, que a chance de haver hiperemia à rinoscopia para o grupo exposto como um todo foi de 4,59 e, ao considerar os expostos distribuídos por setor, os funcionários do setor 3 apresentaram hiperemia da mucosa nasal à rinoscopia em 60% dos casos e tiveram 7,03 vezes mais chance de apresentar hiperemia do que os do grupo controle (figura 22 e 23).

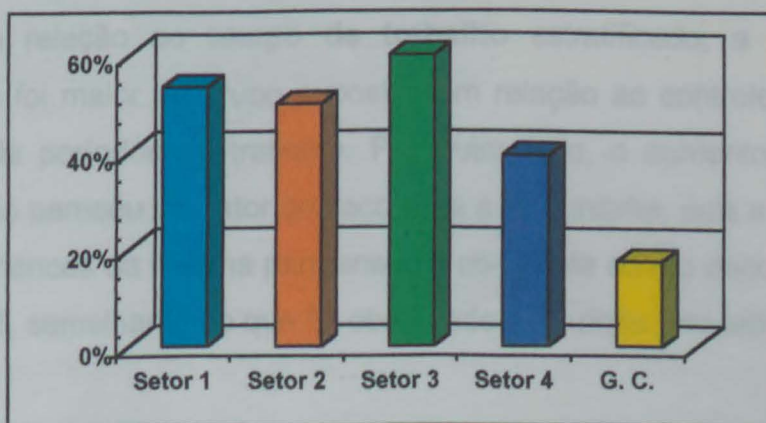


Figura 22: Prevalência de Hiperemia à rinoscopia nos setores de trabalho

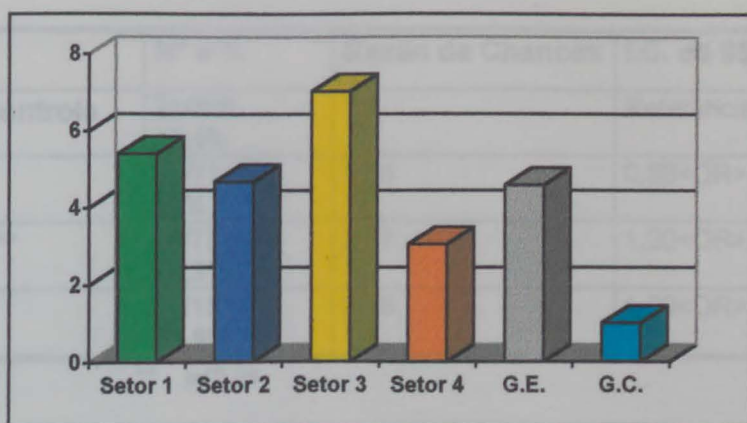


Figura 23: Razão de Chances de Hiperemia à rinoscopia associada aos setores de trabalho

A **conjuntivite** foi diagnosticada por sintomas como lacrimejamento, ardência, prurido e/ou hiperemia ocular. A conjuntivite esteve presente em 108/305 (35,4%) dos expostos e 21/108 (19,4%) dos controles ($p < 0,01$). A chance dos expostos terem conjuntivite foi 2,27 ($1,30 < RC < 4,01$) vezes maior do que entre os controles (ver tabela 12).

A avaliação de **conjuntivite durante a exposição ocupacional** mostrou resultados semelhantes àqueles observados para a conjuntivite em geral. Ou seja, 34,7% nos expostos e 17,6% nos controles, com $p < 0,001$ e 2,5 ($1,40 < RC < 4,49$) vezes mais chance dos primeiros terem conjuntivite com relação aos segundos (ver tabela 12).

Com relação ao **tempo de trabalho** estratificado, a frequência de conjuntivite foi maior no grupo exposto com relação ao controle, em qualquer um dos três períodos de trabalho. Por outro lado, o aumento do tempo de trabalho não pareceu ser fator de risco para a conjuntivite, pois a prevalência e razão de chances da mesma permanecem constante com o decorrer do tempo, com $p > 0,05$, semelhante ao que foi observado para rinite (ver tabela 15).

Tabela 15: Conjuntivite e Tempo de Trabalho

	Nº e %	Razão de Chances	I.C. de 95%
• Grupo Controle	21/108 19,4%	1,0	Referência
• 2 a 5 a	22/71 31%	1,86	0,88<OR>3,94
• 5 a 10 a **	28/75 37,3%	2,47	1,20<OR>5,09
• >10 a *	58/159 36,5%	2,38	1,29<OR>4,41

* p<0,01

** p<0,05

A prevalência de conjuntivite segundo o **hábito tabágico**, foi de 35,4% (57/161) nos fumantes, 42,3% (41/97) nos ex-fumantes e 20% (31/155) nos não fumantes, considerando-se toda a amostra. A distribuição da conjuntivite entre expostos e controles, associada ao tabagismo, mostrou uma maior prevalência da mesma sempre no grupo exposto, independente da presença ou ausência do tabagismo (ver figura 24). O subgrupo de não expostos e não fumantes apresentou a menor prevalência de conjuntivite que foi de 9,6%

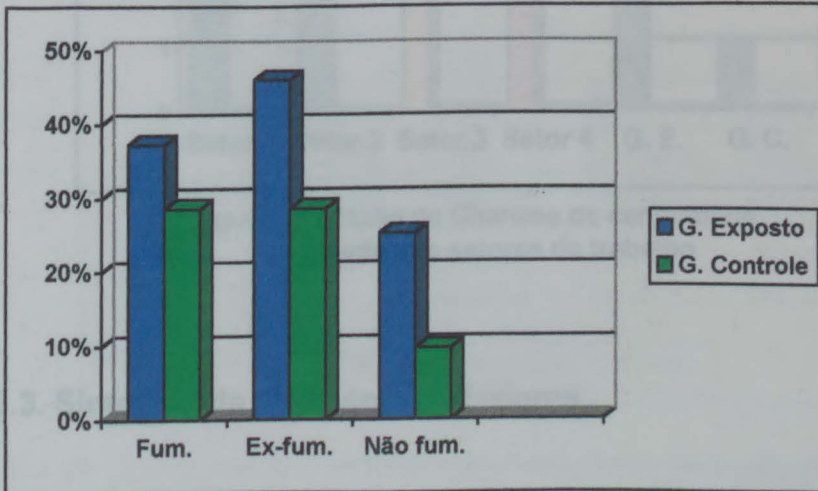


Figura 24: Conjuntivite e Hábito tabágico

A prevalência de conjuntivite foi semelhante nos quatro **setores de trabalho**. A conjuntivite foi mais freqüente em qualquer um dos setores do grupo de estudo com relação ao grupo controle, e esta diferença foi estatisticamente significativa nos setores 1 e 3. No setor 1 encontrou-se a maior prevalência de conjuntivite, de 48,2%, com 3,86 (1,79<RC<8,35) vezes mais

chance de apresentá-la do que os controles (ver tabela 16). O setor 1 foi, portanto, o setor com a mais forte associação com conjuntivite (ver figura 25).

Tabela 16: Prevalência de Conjuntivite e Setores de Trabalho

	Nº e %		Razão de Chances	I.C. de 95%
• G. Controle	21/108	19,4%	1,0	Referência
• Setor 1*	27/56	48,2%	3,86	1,79<OR<8,35
• Setor 2	13/40	32,5%	1,99	0,82<OR<4,86
• Setor 3**	31/90	34,4%	2,18	1,09<OR<4,37
• Setor 4	37/119	31,1%	1,87	0,97<OR<3,62

* p<0,001

** p<0,05

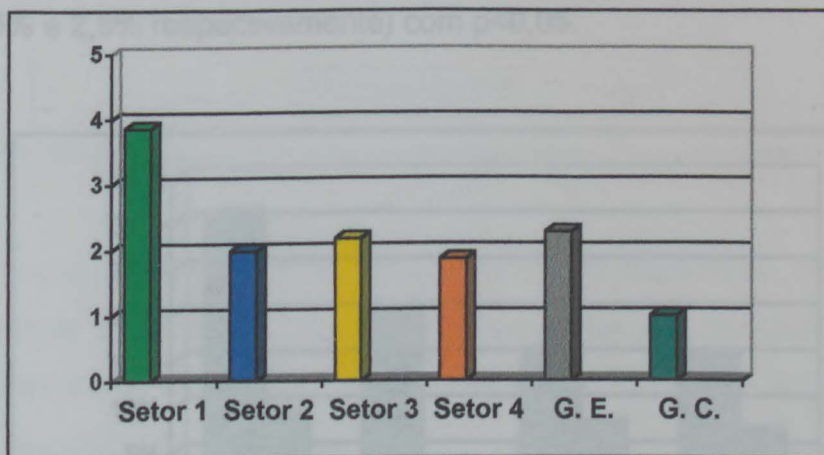


Figura 25: Razão de Chances de conjuntivite associada aos setores de trabalho

6.3.3. Sintomas de vias aéreas inferiores

O sintoma de via aérea inferior mais referido pelos trabalhadores foi tosse. Foram avaliadas a tosse habitual, tosse no serviço, tosse matinal e tosse crônica, isoladas ou acompanhadas de expectoração. Foram investigados também sibilância, dispnéia e bronquite crônica. Foi observado o seguinte (ver tabela 12, figura 26 e 27):

- **Tosse habitual** foi a queixa mais referida, estando presente em 30,5% do grupo exposto e 8,3% do grupo controle, com p<0,001 e 4,83

($2,30 < RC < 11,30$) vezes mais chance dos funcionários expostos apresentá-la do que os controles.

- **Tosse referida durante a jornada de trabalho**, sintoma investigado com a intenção de estabelecer uma conexão com o ambiente profissional, foi referido por 61/305 (20%) dos funcionários expostos e 3/108 (2,8%) dos controles, com $p < 0,001$. Existiu uma associação muito significativa entre esse sintoma e exposição ocupacional com 8,75 ($2,75 < RC < 44,43$) vezes mais chance do grupo exposto apresentá-lo do que o controle.
- **Tosse matinal, Tosse crônica e Tosse com Expectoração** foram mais freqüentes entre os funcionários do grupo exposto do que entre os do grupo controle, com $p < 0,05$.
- **Bronquite crônica**, foi mais prevalente no grupo exposto que no controle (8,5% e 2,8% respectivamente) com $p < 0,05$.

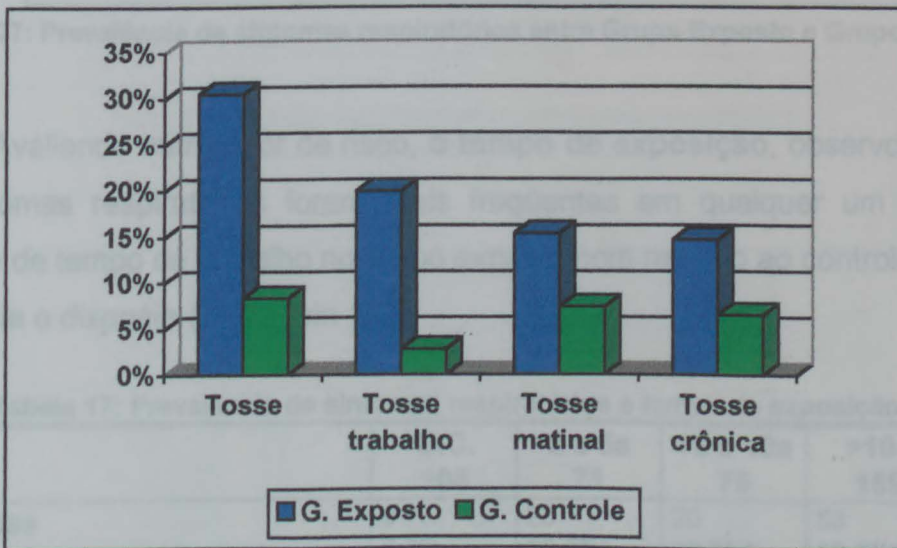


Figura 26: Prevalência de sintomas respiratórios entre Grupo Exposto e Grupo Controle

- A prevalência de **sibilância** foi semelhante entre expostos e não expostos (18,4% e 13,9%) com $p > 0,05$.
- A queixa de **dispnéia** para grande esforços foi referida por 103/413 dos funcionários: 80/305 (26,2%) eram do grupo exposto e 23/108 (21,3%) eram do grupo controle, com $p > 0,05$ (ver figura 27). A dispnéia para médios esforços foi muito pouco referida: 3/413 (0,7%). Os três funcionários pertenciam ao grupo exposto e os três eram fumantes; um

trabalhava no setor 2 e dois no setor 4. A dispnéia para pequenos esforços esteve ausente, não sendo referida por nenhum funcionário. Não houve associação da dispnéia com os setores de trabalho, tempo de exposição nem com o tabagismo.

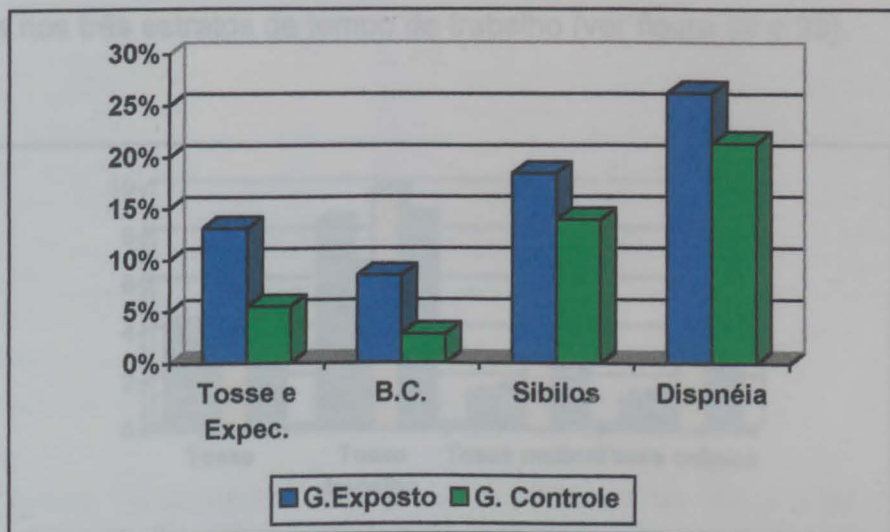


Figura 27: Prevalência de sintomas respiratórios entre Grupo Exposto e Grupo Controle

Avaliando outro fator de risco, o tempo de exposição, observou-se que os sintomas respiratórios foram mais freqüentes em qualquer um dos três períodos de tempo de trabalho no grupo exposto com relação ao controle, exceto sibilância e dispnéia (ver tabela 17).

Tabela 17: Prevalência de sintomas respiratórios e tempo de exposição

	G.C. 108	2 a 5a 71	>5 a 10a 75	>10a 159
• Tosse	9 8,3%	20 28,2*	20 26,7*	53 33,3*
• Tosse no serviço	3 2,8%	14 19,7*	12 16%**	35 22%*
• Tosse matinal	8 7,4%	7 9,8%	9 12%	31 19,5%**
• Tosse crônica	7 6,5%	6 8,4%	7 9,3%	32 20,1%**
• Tosse com Expectoração	6 5,5%	6 8,4%	10 13,3%	24 15,1%***
• Bronquite crônica	3 2,8%	2 2,8%	5 6,7%	19 11,9%**
• Sibilância	15 13,9%	8 11,3%	14 18,7%	34 21,4%
• Dispneia	23 21,3%	8 11,3%	16 21,3%	57 35,8%***

* p<0,001

** p<0,01

*** p<0,05

Embora se observasse que o grupo que trabalhava há mais de 10 anos, e que portanto tinha o maior tempo de exposição, fosse o grupo com maior prevalência e razão de chance de todos os sintomas, inclusive sendo esta última maior do que quando considerada a chance do grupo exposto como um todo, não existiu diferença estatisticamente significativa entre a prevalência dos sintomas nos três estratos de tempo de trabalho (ver figura 28 e 29).

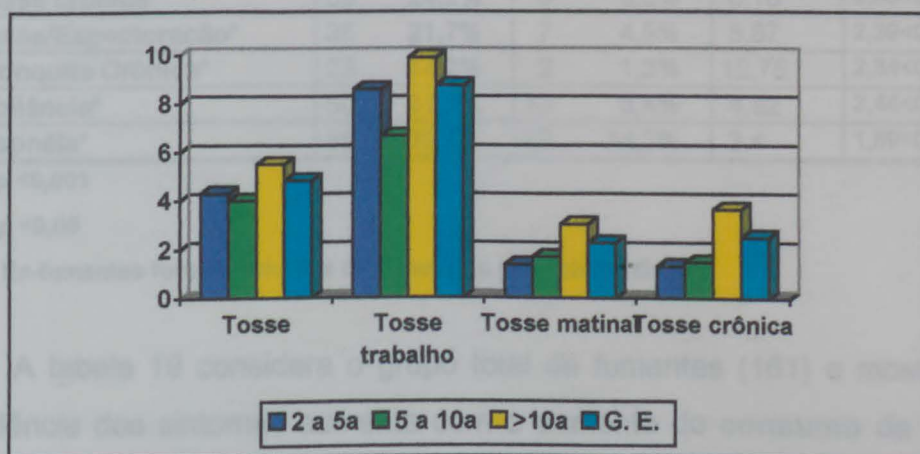


Figura 28: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados ao tempo de Trabalho

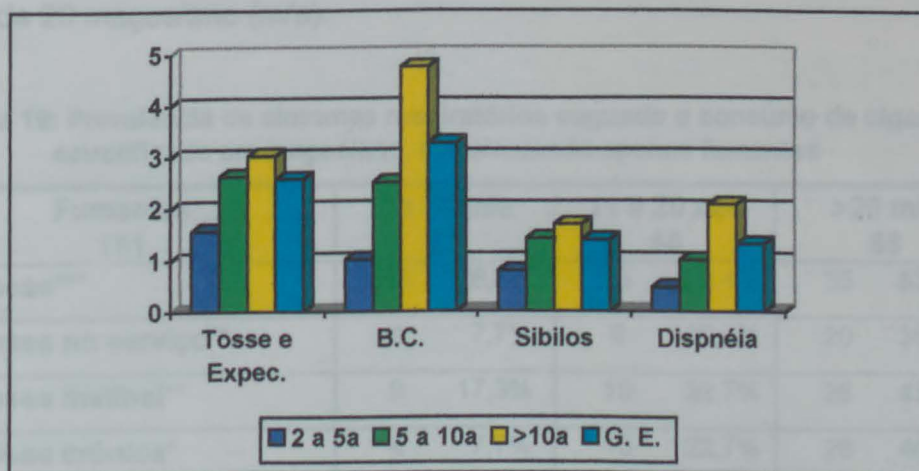


Figura 29: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados ao tempo de trabalho

Com relação à análise bivariada entre estes sintomas respiratórios e **tabagismo**, encontrou-se uma associação estatisticamente significativa para todos os sintomas com o tabagismo (considerando a amostra em conjunto). A

associação mais fraca, embora presente, foi com a tosse relacionada ao serviço (ver tabela 18).

Tabela 18: Prevalência de sintomas respiratórios entre Fumantes e Não fumantes

	Fumantes 161		N fumantes 155		O.R.	I. C. de 95%
• Tosse*	66	41%	22	14,2%	4,20	2,35<OR<7,56
• Tosse serviço**	33	20,4%	18	11,6%	1,96	1,01<OR<3,83
• Tosse matinal*	47	29,2%	4	2,6%	15,56	5,18<OR<52,4
• Tosse crônica*	39	24,2%	9	5,8%	5,18	2,30<OR<12,01
• Tosse/Expectoração*	35	21,7%	7	4,5%	5,87	2,39<OR<15,0
• Bronquite Crônica*	23	14,3%	2	1,3%	12,75	2,84<OR<79,7
• Sibilância*	50	31,0%	13	8,4%	4,92	2,44<OR<10,06
• Dispneia*	58	36%	22	14,2%	3,4	1,89<OR>6,16

* p <0,001

** p <0,05

@ Ex-fumantes foram excluídos desta análise (97 trabalhadores)

A tabela 19 considera o grupo total de fumantes (161) e mostra que a prevalência dos sintomas aumenta com o aumento do consumo de cigarros em maços/ano. Resultados semelhantes são obtidos quando consideram-se apenas os 126 fumantes expostos. A prevalência de sintomas é diferente entre os estratos e, na maioria dos sintomas às custas do estrato de fumantes de mais de 20 maços/ano (m/a).

Tabela 19: Prevalência de sintomas respiratórios segundo o consumo de cigarros estratificado em maços/ano, considerando apenas fumantes

Fumantes 161	1 a 10 m/a 52		11 a 20 m/a 44		>20 m/a 65	
• Tosse***	15	28,8%	16	36,4%	35	53,8%
• Tosse no serviço**	4	7,7%	9	20,4%	20	30,8%
• Tosse matinal**	9	17,3%	10	22,7%	28	43,1%
• Tosse crônica*	4	7,7%	10	22,7%	26	40,0%
• Tosse com Expectoração	20	38,5%	8	18,2%	18	22,7%
• B.C.***	2	3,8%	7	15,9%	14	21,5%
• Sibilância***	9	17,3%	13	29,5%	27	41,5%
• Dispneia	14	26,9%	14	31,8%	30	46,1%

• * p<0,001

• ** p<0,01

• *** p<0,05 com 2 GL

As tabelas 20 e 21 mostram a distribuição da prevalência e razão de chances dos sintomas respiratórios quando associados dois fatores de risco, **exposição e tabagismo**, com a intenção de avaliá-los simultaneamente. O grupo de expostos e fumantes apresenta a maior prevalência e maior razão de chances de todos os sintomas de via aérea inferior (embora nem sempre com significância estatística) com relação a todas subcategorias de exposição e tabagismo, parecendo ser o grupo com a mais forte associação com estes sintomas. As ressalvas que podem ser feitas são com relação a tosse no serviço, sibilância e dispnéia, que embora mais freqüentes no grupo de expostos e fumantes, a maior razão de chances ficou no grupo de expostos e não fumantes (tosse e dispnéia) e expostos e ex-fumantes (sibilância) (ver figuras 30 e 31).

Tabela 20: Prevalência de sintomas respiratórios relacionados a Exposição e Tabagismo

	Grupo Exposto 305			Grupo Controle 108		
	F 126	EXF 76	NF 103	F 35	EXF 21	NF 52
• Tosse	60 47,6%**	14 18,4%	19 18,4%***	6 17,1%	1 4,8%	3 5,8%
• Tosse no serviço	31 24,6%***	13 17,1%	17 16,5%***	2 5,7%	1 4,8%	1 1,9%
• Tosse matinal	41 32,3%	4 5,3%	2 1,9%	6 17,1%	0 0%	2 3,8%
• Tosse crônica	35 27,8%	4 5,3%	6 5,8%	4 11,4%	1 4,7%	3 5,8%
• Tosse e Expectoração	32 25,4%***	4 5,3%	4 3,9%	3 8,6%	1 4,8%	3 5,8%
• Bronquite Crônica	21 16,7%	4 5,3%	1 1%	2 5,7%	0 0%	1 1,9%
• Sibilância	40 31,7%	7 9,2%	9 8,7%	10 28,6%	1 4,8%	4 7,7%
• Dispnéia	46 36,5%	17 22,4%	17 16,5%	12 34,3%	6 28,6%	22 42,3%

** p<0,01

*** p<0,05

Tabela 21: Razão de Chances de sintomas respiratórios entre Expostos Fumantes e Controles Fumantes

	R.C.	I.C. de 95%
• Tosse**	4,39	1,63<OR<13,74
• Tosse serviço***	5,38	1,16<OR<34,44
• Tosse matinal	2,33	0,84<OR<6,82
• Tosse crônica	2,98	0,91<OR<10,77
• Tosse expectoração***	3,63	1,02<OR<19,65
• Bronquite Crônica	3,26	0,92<OR<13,83
• Sibilância	1,16	0,48<OR<2,88
• Dispneia	1,10	0,47<OR<2,61

** p<0,01

*** p<0,05

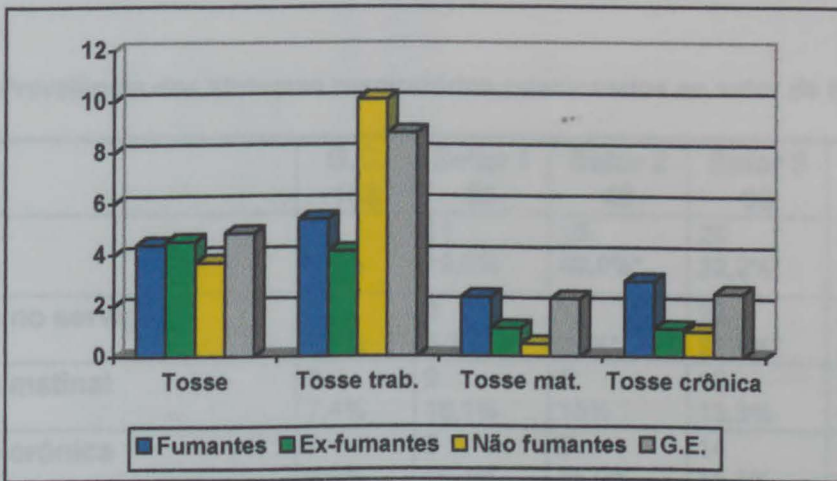


Figura 30: Razão de Chances de sintomas respiratórios dos Expostos segundo Hábito Tabágico

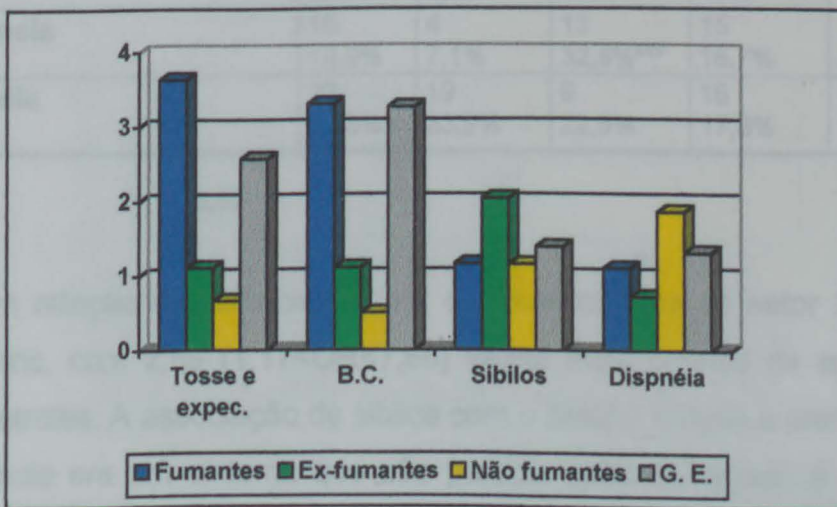


Figura 31: Razão de Chances de sintomas respiratórios dos Expostos segundo o Hábito Tabágico

Todos os **setores de trabalho** apresentavam maior prevalência e razão de chances de sintomas de via aérea inferior com relação ao grupo controle, porém sem diferença significativa entre eles mesmos. Embora o risco dos setores seja semelhante, observou-se que os setores 2 e 4 estão associados a maior prevalência desses sintomas. O setor 2 teve a maior frequência e maior razão de chances para os seguintes sintomas: tosse habitual, tosse e expectoração habitual, tosse no serviço e sibilância (ver tabela 22 e figura 32 e 33). Este setor apresentou a maior prevalência de tosse durante o serviço, 30%, com 15 vezes mais chance ($3,58 < RC < 77,48$) de apresentá-la que o grupo controle.

Tabela 22: Prevalência dos sintomas respiratórios relacionados ao setor de trabalho

	G.C. 108	Setor 1 56	Setor 2 40	Setor 3 90	Setor 4 119
• Tosse	9 8,3%	11 19,6%	16 40,0%*	29 32,2%*	37 31,1%*
• Tosse no serviço	3 2,8%	3 5,3%	12 30%*	22 24,4%*	24 20,2%*
• Tosse matinal	8 7,4%	9 16,1%	6 15%	12 13,3%	20 16,8%***
• Tosse crônica	7 6,5%	6 10,7%	6 15,0%	14 15,5%	19 16,0%***
• Tosse com Expectorção	6 5,5%	5 8,9%	7 17,5%***	11 12,2%	17 14,3%***
• Bronquite Crônica	3 2,8%	3 5,3%	2 5%	9 10%	12 10,1%***
• Sibilância	15 13,9%	4 7,1%	13 32,5%***	15 16,7%	24 20,25
• Dispnéia	23 21,3%	19 33,9%	9 22,5%	16 17,8%	37 31,1%

* $p < 0,001$

*** $p < 0,05$

Com relação à sibilância, 32,5% dos funcionários do setor 2 referiram este sintoma, com 2,99 ($1,17 < OR < 7,66$) vezes mais chance de apresentá-lo que os controles. A associação de sibilos com o setor 2 chama a atenção, visto que sibilância era um sintoma que não parecia estar associado à exposição, quando considerado o grupo como um todo (tabela 12) e sim ao tabagismo (tabela 19 e 20). O setor 2, inclusive, apresentou a menor relação sibilância e tabagismo com 53,8% dos funcionários que referiram sibilância sendo fumantes, enquanto que nos outros setores esta prevalência foi bem maior

(100%, 100% e 64,3% nos setores 1, 3 e 4 respectivamente). É bom recordar que os funcionários do setor 2 tinham o menor tempo médio de trabalho e a maior proporção de funcionários (40%) no menor estrato de trabalho (até 5 anos). Portanto, o setor 2 pode ser considerado o setor com a maior associação para sintomas de via aérea inferior.

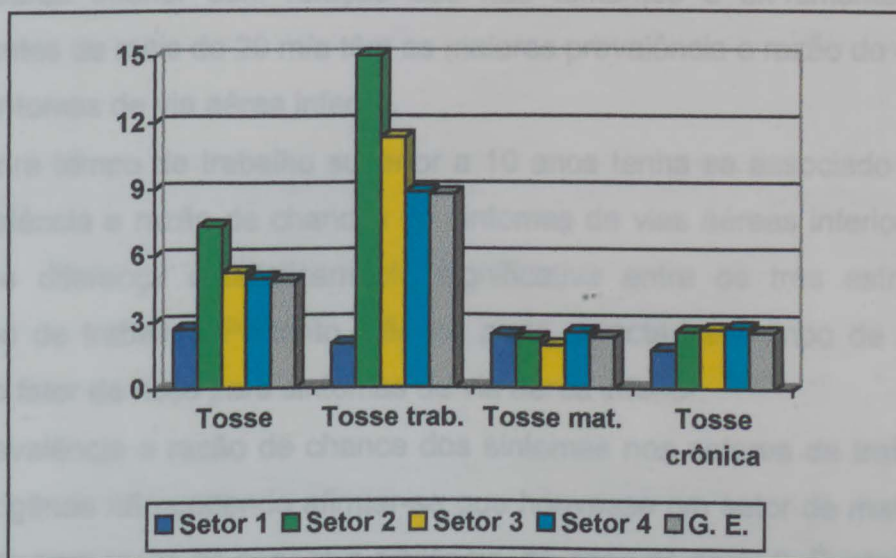


Figura 32: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados a Setor de Trabalho

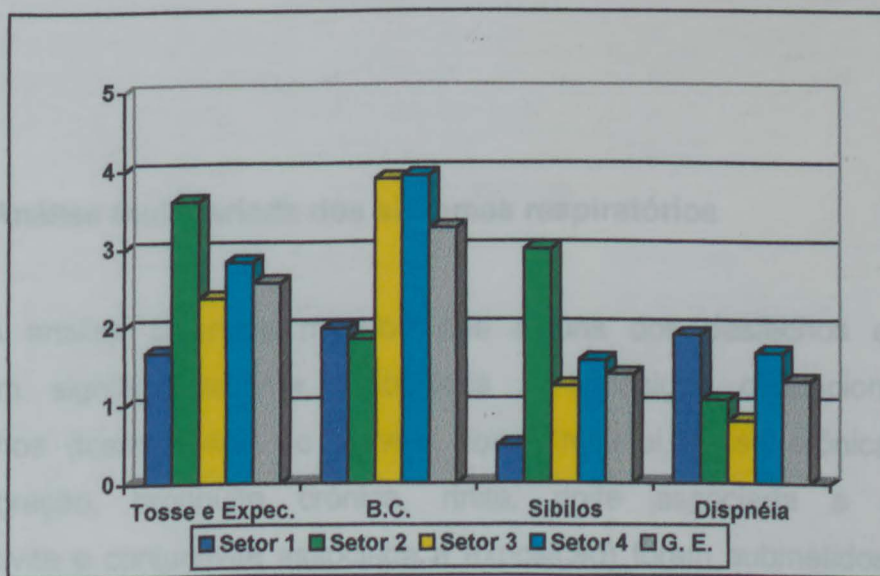


Figura 33: Razão de Chances de sintomas respiratórios associados a Setor de Trabalho

Esses resultados permitem dizer que:

- Parece existir uma associação entre exposição ocupacional e sintomas respiratórios crônicos como tosse, tosse e expectoração, tosse no serviço, tosse matinal, tosse crônica, bronquite crônica, rinite, rinite associada ao serviço, conjuntivite e conjuntivite associada ao serviço.
- Os fumantes tiveram maior prevalência e razão de chances de sintomas de via aérea inferior com relação aos não fumantes e ex-fumantes e, os fumantes de mais de 20 m/a têm as maiores prevalência e razão de chances de sintomas de via aérea inferior.
- Embora tempo de trabalho superior a 10 anos tenha se associado a maior prevalência e razão de chances de sintomas de vias aéreas inferiores, não houve diferença estatisticamente significativa entre os três estratos de tempo de trabalho. Portanto, não se pode caracterizar tempo de trabalho como fator de risco para sintomas de via aérea inferior.
- A prevalência e razão de chance dos sintomas nos setores de trabalho foi homogênea não podendo afirmar-se que houvesse um setor de maior risco, exceto para tosse no serviço e sibilância, no caso do setor 2. É interessante notar que os sintomas de via aérea inferior estiveram mais associados ao setor 2, a rinite ao setor 3, e a conjuntivite principalmente ao setor 1.

6.3.4. Análise multivariada dos sintomas respiratórios

A análise bivariada mostrou que alguns dos desfechos em estudo estavam significativamente associados à exposição ocupacional. Esses desfechos (tosse, tosse no serviço, tosse matinal, tosse crônica, tosse e expectoração, bronquite crônica, rinite, rinite associada a exposição, conjuntivite e conjuntivite associada a exposição) foram submetidos à análise multivariada (regressão logística), a fim de ajustar-se o efeito da exposição ocupacional para a presença do tabagismo através do consumo de cigarros em maços/ano e para a idade. Com relação à idade, estratificada em três categorias (até 30; de 31 a 40 e mais de 40 anos) não houve associação dos

sintomas de via aérea inferior com a mesma. Também não houve modificação da associação dos sintomas com exposição quando realizado o ajuste para idade. Com relação à rinite observou-se um efeito “protetor”, ou seja, de diminuição da prevalência de rinite com o aumento da idade.

As tabelas apresentam os resultados da seguinte maneira: a primeira coluna mostra a razão de chances não ajustada (bruta) para a variável dependente que estiver sendo considerada e seu intervalo de confiança de 95% e a segunda coluna apresenta a razão de chance ajustada para tabagismo.

Tabela 23: Razão de Chances não ajustada e ajustada em regressão logística para sintomas respiratórios associados a Exposição a fertilizantes e Tabagismo

Razão de Chances e Intervalo de Confiança de 95%		
	Não ajustada	Ajustada para tabagismo
• Tosse		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	4,83 (2,30<OR>11,30)	4,46 (2,10<OR>9,45)
Valor de p	p<0,001	p<0,001
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	0,49 (0,16<OR>1,50)	0,44 (0,14<OR>1,35)
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	1,37 (0,47<OR>4,01)	1,27 (0,43<OR>3,78)
• Ex-Fum: >20 m/a	2,52 (0,81<OR>7,85)	1,90 (0,60<OR>6,01)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	2,45 (1,16<OR>5,19)	2,36 (1,09<OR>5,10)
• Fumantes:11 a 20 m/a	3,45 (1,61<OR>7,40)	3,32 (1,51<OR>7,28)
• Fumantes: >20 m/a	7,05 (3,63<OR>13,70)	6,24 (3,15<OR>12,33)
Valor de p	p<0,001	p<0,001
• Tosse no serviço		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	8,75 (2,75<OR>44,43)	7,98 (2,42<OR>26,25)
Valor de p	p<0,001	p<0,001
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	0,62 (0,20<OR>1,93)	0,54 (0,17<OR>1,71)
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	1,73 (0,58<OR>5,14)	1,60 (0,52<OR>4,87)
• Ex-Fum: >20 m/a	2,34 (0,69<OR>7,96)	1,69 (0,49<OR>5,83)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	0,63 (0,20<OR>1,97)	0,57 (0,18<OR>1,80)
• Fumantes:11 a 20 m/a	1,96 (0,81<OR>4,73)	1,79 (0,73<OR>4,44)
• Fumantes: >20 m/a	3,38 (1,64<OR>6,95)	2,79 (1,33<OR>5,85)
Valor de p	p<0,01	p<0,001

Continuação da Tabela 23

• Tosse matinal

• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,28 (1,02<OR>5,77)	1,73 (0,74<OR>4,07)
Valor de p	P<0,05	p>0,05
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	-	-
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	3,02 (0,52<OR>17,37)	2,91 (0,50<OR>16,82)
• Ex-Fum: >20 m/a	5,03 (0,85<OR>29,80)	4,43 (0,74<OR>26,44)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	7,90 (2,32<OR>26,91)	7,70 (2,26<OR>26,30)
• Fumantes:11 a 20 m/a	11,10 (3,28<OR>37,52)	10,75 (3,17<OR>36,42)
• Fumantes: >20 m/a	28,57 (9,44<OR>86,48)	26,54 (8,73<OR>80,68)
Valor de p	p<0,001	p<0,001

• Tosse crônica

• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,50 (1,07<OR>6,77)	2,00 (0,83<OR>4,82)
Valor de p	p<0,05	p>0,05
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	-	-
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	1,30 (0,26<OR>6,36)	1,24 (0,25<OR>6,11)
• Ex-Fum: >20 m/a	2,16 (0,43<OR>10,95)	1,85 (0,36<OR>9,45)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	1,35 (0,40<OR>4,59)	1,30 (0,38<OR>4,43)
• Fumantes:11 a 20 m/a	4,17 (1,54<OR>11,28)	4,00 (1,47<OR>10,87)
• Fumantes: >20 m/a	10,81 (4,69<OR>24,96)	9,88 (4,25<OR>22,96)
Valor de p	p<0,001	p<0,001

Tosse e Expectoração

• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,57 (1,04<OR>7,62)	2,15 (0,85<OR>5,39)
Valor de p	p<0,05	p>0,05
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	-	-
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	1,69 (0,33<OR>8,61)	1,61 (0,31<OR>8,25)
• Ex-Fum: >20 m/a	2,82 (0,54<OR>14,81)	2,38 (0,45<OR>12,63)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	4,42 (1,56<OR>12,57)	4,28 (1,50<OR>12,23)
• Fumantes:11 a 20 m/a	4,70 (1,60<OR>13,80)	4,49 (1,52<OR>13,27)
• Fumantes: >20 m/a	8,10 (3,19<OR>20,58)	7,31 (2,86<OR>18,71)
• Valor de p	p<0,01	p<0,01

Bronquite crônica

• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	3,26 (1,03<OR>10,32)	2,41 (0,65<OR>8,51)
Valor de p	p<0,05	p>0,05
• Não fumantes	Referência	Referência
• Ex-Fum: 1 a 10 m/a	-	-
• Ex-Fum: 11 a 20 m/a	6,12 (0,82<OR>45,50)	5,83 (0,78<OR>43,50)

Continuação da Tabela 23		
• Ex-Fum: >20 m/a	10,2 (1,34<OR>77,70)	8,50 (1,10<OR>65,40)
• Fumantes: 1 a 10 m/a	3,06 (0,42<OR>22,29)	2,92 (0,40<OR>21,38)
• Fumantes:11 a 20 m/a	14,47 (2,89<OR>72,55)	13,81 (2,74<OR>69,51)
• Fumantes: >20 m/a	21,00 (4,61<OR>95,55)	18,76 (4,10<OR>85,86)
Valor de p	p<0,001	p<0,001

- = nenhum funcionário com sintomas nessa categoria

A tabela 23 nos mostra o seguinte:

- Com relação à **tosse habitual**, os expostos apresentavam 4,83 vezes mais chance de serem tossidores do que o grupo controle. Ajustando para tabagismo, o resultado não mostrou alterações significativas passando para 4,46. Portanto, existe uma associação entre tosse e exposição ocupacional, sendo o tabagismo uma variável de confusão de discreto efeito. Constatou-se também que a associação entre tabagismo e tosse foi significativa, mesmo quando ajustada para a exposição. Observa-se um efeito dose-resposta quanto ao número de cigarros fumados, sendo a associação mais importante quanto maior o consumo de cigarros em maços/ano (razão de chances de 2,36; 3,32 e 6,24 para os estratos até 10m/a; de 11 a 20 m/a e mais de 20 m/a de cigarros respectivamente). Os ex-fumantes não mostraram risco aumentado para a presença de tosse.
- A **tosse no serviço** apresentou-se fortemente associada à exposição ocupacional (razão de chances de 8,75) e, quando feito o ajuste para o tabagismo, a associação se manteve (razão de chances de 7,98).
- Os expostos tiveram 2,28 vezes mais chance de apresentarem **tosse matinal**, mas quando ajustada para tabagismo essa associação passou para 1,73 e perdeu sua significância estatística. Evidenciou-se uma forte associação de tosse matinal com tabagismo, sendo esta maior quanto maior o consumo de cigarros em maços/ano e para fumantes atuais.
- A **tosse crônica** apareceu 2,5 vezes mais no grupo exposto que no controle, porém, quando feito o ajuste para tabagismo, a associação caiu para 2,0 não mostrando significância. Os fumantes, por outro lado, mantiveram sua associação com a tosse crônica, principalmente no estrato de mais de 20 m/a.

- A razão de chances dos expostos para **tosse e expectoração** era de 2,57; feito o ajuste para tabagismo, passou a 2,15, perdendo sua significância.
- A associação de **Bronquite crônica** com exposição passou a razão de chances de 3,26 para 2,41, e seu intervalo de confiança passou a incluir a unidade. O tabagismo, entretanto, manteve sua associação com Bronquite crônica. Estes resultados sugerem que tabagismo e bronquite crônica estão mais fortemente associados do que exposição ocupacional, nesta população estudada.

Tabela 24: Razão de chances não ajustada e ajustada em regressão logística para Rinite e Conjuntivite associadas a Exposição a Fertilizantes e Tabagismo

	Razão de Chances Bruta	Razão de Chances ajustada para Tabagismo
• Rinite		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	1,90 (1,15<OR>3,16)	2,03 (1,25<OR>3,30)
Valor de p	p<0,01	p<0,01
• Rinite no serviço		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,14 (1,25<OR>3,77)	2,26 (1,34<OR>3,83)
Valor de p	p<0,01	p<0,01
• Conjuntivite		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,27 (1,31<OR>4,07)	2,06 (1,19<OR>3,55)
Valor de p	p<0,01	p<0,01
• Conjuntivite no serviço		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Grupo Exposto	2,50 (1,41<OR>4,57)	2,26 (1,29<OR>3,97)
Valor de p	p<0,01	p<0,01

A tabela 24, referente a Rinite e Conjuntivite, mostrou que:

- A regressão logística confirmou a associação entre rinite e exposição ocupacional, independente da presença de tabagismo. A chance de **rinite** entre os expostos foi 1,89 vezes maior do que entre os controles. Quando esta associação foi ajustada para tabagismo a razão de chances aumentou

para 2,03. Portanto, os expostos tiveram maior chance de apresentar rinite. Tabagismo não foi fator de risco relevante para a mesma.

- Os expostos apresentaram 2,14 vezes mais chance de terem **rinite associada ao serviço** do que os controles. Quando se realizou o ajuste para o tabagismo essa associação se manteve, passando para 2,26. Não houve significância estatística na associação de rinite profissional e tabagismo ($p > 0,05$).
- A razão de chances de **conjuntivite** dos expostos com relação aos controles foi de 2,27. Ajustando-se para tabagismo a mesma passou para 2,06, mantendo a significância estatística.
- Os expostos tiveram 2,49 vezes mais chance de apresentar **conjuntivite associada ao serviço**. Fazendo-se o controle para tabagismo, passou para 2,26 vezes, conservando a significância estatística.

Embora os riscos dos setores de trabalho para a ocorrência de sintomas fossem semelhantes (exceto para tosse no serviço e sibilância), como encontrou-se maior associação de sintomas de via aérea inferior com o setor 2, e rinite e conjuntivite com o setor 3 e 1, respectivamente, também foi feito o ajuste para tabagismo nos setores para confirmar essa associação (ver tabela 25).

- A associação de **tosse** com os setores de trabalho manteve a significância estatística observada na análise bivariada, mesmo quando realizado o ajuste para tabagismo. O setor 2 permaneceu como o setor de maior associação com tosse, inclusive aumentando o valor da razão de chances de 7,33 para 7,68, enquanto que os outros setores sofreram pequeno decréscimo.
- **Tosse no serviço** manteve sua associação com o setor 2, passando a razão de chances de 15,0 para 16,54 depois do ajuste para o tabagismo.
- **Tosse matinal e tosse crônica** não se associaram a nenhum dos setores de trabalho, como também não se associaram à exposição depois do ajuste para o tabagismo. A razão de chance dos setores inclusive diminuiu com o controle para o tabagismo. A associação de tosse matinal e tosse crônica com tabagismo se manteve para todos os estratos de fumantes.

Tabela 25: Razão de Chances não ajustada e ajustada, em regressão logística, da associação de Sintomas Respiratórios e Setores de Trabalho e Tabagismo

	Razão de Chances Bruta	Razão de Chances ajustada para Tabagismo
• Tosse		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Setor 1	2,69 (1,04<OR>6,94)	2,21 (0,80<OR>6,09)
• Setor 2	7,33 (2,89<OR>18,59)	7,68 (2,84<OR>20,74)
• Setor 3	5,23 (2,32<OR>11,79)	4,88 (2,08<OR>11,43)
• Setor 4	4,96 (2,26<OR>10,88)	4,44 (1,96<OR>10,08)
Valor de p	p<0,001	p<0,001
• Tosse no serviço		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Setor 1	1,98 (0,39<OR>10,15)	1,53 (0,29<OR>8,10)
• Setor 2	15,0 (3,96<OR>56,83)	16,54 (4,22<OR>64,81)
• Setor 3	11,32 (3,26<OR>39,30)	10,48 (2,97<OR>36,95)
• Setor 4	8,84 (2,58<OR>30,31)	7,54 (2,17<OR>26,19)
Valor de p	p<0,001	p<0,001
• Tosse matinal		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Setor 1	2,39 (0,87<OR>6,59)	1,80 (0,57<OR>5,62)
• Setor 2	2,20 (0,71<OR>6,81)	1,74 (0,50<OR>6,07)
• Setor 3	1,92 (0,75<OR>4,93)	1,44 (0,51<OR>4,01)
• Setor 4	2,52 (1,06<OR>6,00)	1,94 (0,75<OR>5,00)
Valor de p	p>0,05	p>0,05
• Tosse crônica		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Setor 1	1,73 (0,55<OR>5,42)	1,25 (0,36<OR>4,35)
• Setor 2	2,55 (0,80<OR>8,10)	2,28 (0,64<OR>8,06)
• Setor 3	2,66 (1,02<OR>6,90)	2,13 (0,77<OR>5,92)
• Setor 4	2,74 (1,10<OR>6,80)	2,15 (0,81<OR>5,66)
Valor de p	p>0,05	p>0,05
• Sibilância		
• Grupo Controle	Referência	Referência
• Setor 1	0,48 (0,15<OR>1,51)	0,34 (0,10<OR>1,17)
• Setor 2	2,98 (1,27<OR>7,04)	3,03 (1,18<OR>7,78)
• Setor 3	1,24 (0,57<OR>2,70)	0,98 (0,42<OR>2,25)
• Setor 4	1,57 (0,77<OR>3,17)	1,24 (0,58<OR>2,64)
Valor de p	p<0,05	p<0,05

- A queixa de **sibilância** não mostrou associação com exposição ocupacional na análise bivariada. Ao estratificarem-se os indivíduos expostos em função de seus setores de trabalho, a sibilância mostrou uma forte associação com

o setor 2, de acidulação da rocha fosfática. Esta associação persistiu, mesmo quando se controlou para a presença de tabagismo através de regressão logística. Os trabalhadores do setor 2 tiveram 2,98 vezes mais chance de apresentar sibilância do que o grupo controle e, essa chance inclusive aumentou para 3,03 quando ajustou-se a associação para a presença de tabagismo. Essa relação deve ser melhor avaliada, investigando-se no grupo de trabalhadores do setor 2 a possibilidade de asma profissional. Por outro lado, a associação de sibilância com tabagismo, que era importante na análise bivariada, só se mostrou relevante a partir de um consumo de cigarros maior de 10 maços/ano.

Esses resultados da análise multivariada permitiram que se modificassem algumas das afirmações enunciadas, apoiadas na análise bivariada.

- A associação entre exposição ocupacional e sintomas se manteve estatisticamente significativa, quando ajustada para tabagismo em maços/ano, para os sintomas tosse; tosse no serviço; rinite; rinite no serviço; conjuntivite e conjuntivite no serviço. Tabagismo não foi um modificador da associação de exposição com esses sintomas comportando-se como variável de confusão.
- Tempo de trabalho não pode ser considerado fator de risco visto que a prevalência e razão de chances dos sintomas foi homogênea nos três estratos. O risco do tempo de trabalho foi o risco da exposição. É interessante notar que o tempo de trabalho maior do que 10 anos associou-se à maior prevalência e razão de chances de sintomas de vias aéreas inferiores.
- A prevalência e razão de chances dos sintomas foi semelhante nos quatro setores de trabalho, exceto tosse no serviço e sibilância, sintomas para os quais o setor 2 mostrou-se o de maior risco. Apesar de não ter havido estatisticamente maior risco em um setor do que em outro, observou-se que o setor 2 apresentou a maior associação com sintomas de vias aéreas inferiores, o setor 3 com rinite e o setor 1 com conjuntivite.

6. 4. Passado de doenças respiratórias

Foram investigadas as seguintes doenças respiratórias: Pneumonias, Asma Brônquica, IRAS (Infecções respiratórias agudas), Tuberculose Pulmonar e Cirurgia Torácica. A frequência destas enfermidades no grupo como um todo foi a seguinte:

- Pneumonias: 81/413 (19,6%)
- Asma Brônquica: 53/413 (12,8%)
- IRAS (Infecções respiratórias agudas): 312/413 (75,5%)
- Número médio de IRAS / ano: 2,4 no Grupo Exposto e 2,3 no Grupo Controle
- Tuberculose pulmonar: 14/413 (3,4%)
- Cirurgia Torácica: 9/413 (2,2%)

A distribuição dessas enfermidades nos grupo exposto e controle foi semelhante, com $p > 0,05$ (ver figura 34). Também não foi encontrada associação de nenhuma dessas enfermidades com tabagismo, setores de trabalho nem com o tempo de trabalho.

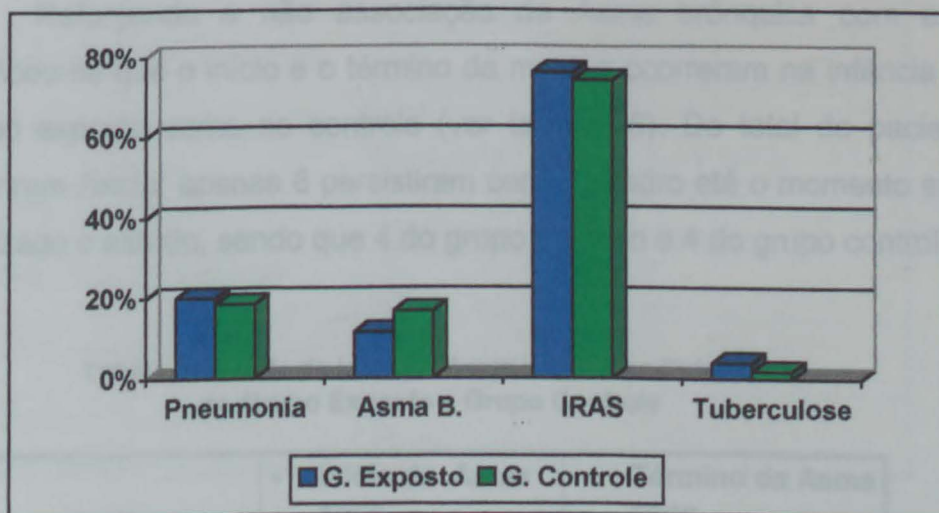


Figura 34: Prevalência de Pneumopatias prévias no Grupo Exposto e Grupo Controle

Com relação à **Asma Brônquica**, a sua frequência foi, na verdade, maior no grupo controle do que no exposto (16,7% e 11,5% respectivamente). Esta

relação se manteve quando foram relacionados os grupos exposto e controle, segundo seu hábito tabágico, sendo inclusive maior a freqüência de asma entre os não fumantes do que nos fumantes e ex-fumantes. Considerando os setores de trabalho (ver figura 35), a freqüência de asma foi maior no grupo controle do que nos diferentes setores do grupo exposto, exceto no setor 2, onde a prevalência foi de 25% contra 16,7% no grupo controle, diferença esta não significativa ($p>0,05$).

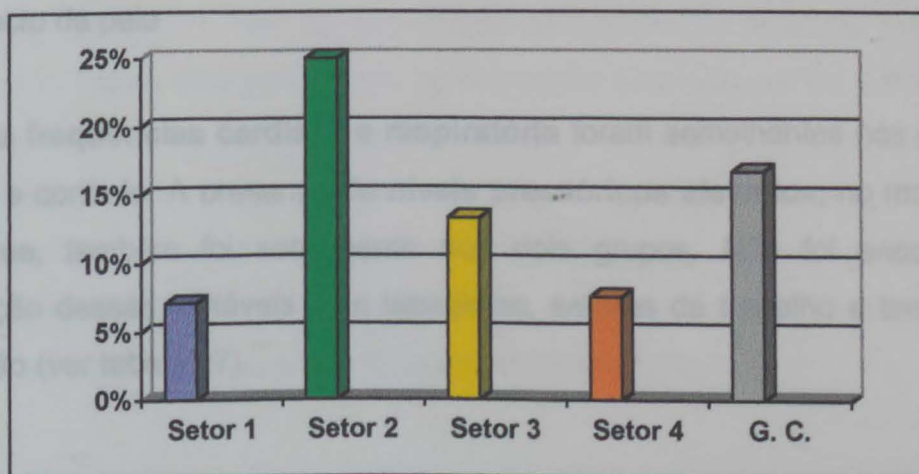


Figura 35: Prevalência de Asma associada aos setores de trabalho

Reforçando a não associação de Asma brônquica com exposição, verificou-se que o início e o término da mesma ocorreram na infância, tanto no grupo exposto como no controle (ver tabela 26). Do total de pacientes que referiram Asma, apenas 8 persistiram com o quadro até o momento em que foi realizado o estudo, sendo que 4 do grupo exposto e 4 do grupo controle.

Tabela 26: Idade de início e término da Asma Brônquica no Grupo Exposto e Grupo Controle

	• Início da Asma anos	• Término da Asma anos
• Grupo Exposto	5,5 desvio padrão 6,5	7,9 desvio padrão 5,1
• Grupo Controle	5,8 desvio padrão 8,7	7,3 desvio padrão 5,1

6.5. Exame físico

Foram investigados os seguintes dados de exame físico:

- Freqüência respiratória
- Freqüência cardíaca
- Pressão arterial
- Hipocratismo digital
- Ausculta pulmonar
- Aspecto da pele

As freqüências cardíaca e respiratória foram semelhantes nos grupos exposto e controle. A presença de níveis pressóricos elevados, no momento do exame, também foi semelhante nos dois grupos. Não foi encontrada associação dessas variáveis com tabagismo, setores de trabalho e tempo de exposição (ver tabela 27).

Tabela 27: Dados de Exame Físico no Grupo Exposto e Grupo Controle

	• G. Exposto 305	• G. Controle 108
• Freqüência respiratória m.r.m.	16,4 desvio padrão 3,4	15,7 desvio padrão 2,9
• Freqüência cardíaca b.p.m.	72,9 desvio padrão 10,5	71,5 desvio padrão 9,3
• HAS	46 15,1%	13 12,0%
• Hipocratismo digital*	10 3,3%	0 0%
• Pele c / lesões*	30 9,8%	3 2,8%
• Ausculta pulmonar alterada	37 12,1%	6 5,5%

* $p < 0,05$

O hipocratismo digital, diagnosticado semiologicamente, foi encontrado em 10 funcionários, todos do grupo exposto, sendo 7 fumantes, 2 ex-fumantes

e 1 não fumante. A distribuição do hipocratismo foi homogênea entre os setores de trabalho e nos estratos de tempo de trabalho ($p>0,05$).

As lesões encontradas à nível de **pele** foram, em geral, inespecíficas e devidas a traumatismos mecânicos prévios.

A grande maioria dos funcionários teve **ausculta pulmonar** normal (87,9% e 94,4% dos expostos e controles, respectivamente). Houve, outrossim, predominância da ausculta pulmonar alterada entre os expostos com relação aos controles, 12,1% (37/305) e 5,5% (6/108), respectivamente, porém com $p>0,05$ (ver tabela 27). Não foi encontrada associação de ausculta pulmonar anormal com hábito tabágico, tempo de exposição e/ou setores de trabalho. A ausculta pulmonar alterada foi mais prevalente no setor 2, porém, se distribuiu de forma homogênea entre os diferentes setores de trabalho, com $p>0,05$. A alteração mais vezes encontrada foi diminuição do murmúrio vesicular, registrada em 30/305 (9,8%) dos funcionários expostos e em 4/108 (3,7%) dos controles, porém, a diferença não foi significativa ($p>0,05$).

6.6. Radiograma torácico

Do total de funcionários, 186/413, ou seja, 45%, realizaram radiografia simples de tórax: 170 funcionários expostos e 16 funcionários do grupo controle. A distribuição do estudo radiológico entre grupo exposto e controle foi a seguinte:

	• Grupo Exposto 170	• Grupo Controle 16
• Raio X normal	161 / 170 94,7%	15 / 16 93,7%
• Raio X anormal	9 / 170 5,3%	1 / 16 6,3%

As alterações radiológicas encontradas distribuíram-se de forma homogênea entre expostos e controles e foram inespecíficas. São as seguintes:

- Seqüelas pleurais: 4
- Estrias fibróticas: 2
- Bolhas de ápice: 2
- Gânglios calcificados: 1
- Hiperinsuflação: 1

6.7. Espirometria

A tabela 28 mostra que os trabalhadores dos Grupos Exposto e Controle apresentaram valores médios de Capacidade vital (CV), Capacidade vital forçada (CVF), Volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF₁) e Fluxo meso-expiratório forçado (FMEF), em valores absolutos em litros, dentro da normalidade.

Tabela 28: Valores médios, desvios-padrão e percentual do previsto das variáveis espirométricas entre Grupo Exposto e Grupo Controle

	• G. Exposto 305	• G. Controle 108
• CV: média / ml % média	4380* 733 91,9%	4561 802 94,1%
• CVF: média / ml desvio padrão % média	4436 724 93%	4593 818 94,7%
• VEF ₁ : média / ml desvio padrão % média	3762 653 101,3%	3906 747 102,2%
• IT: média em %	85%	85%
• FMEF: média /ml desvio padrão % média	4567 1272 115,4%	4745 1426 118,8%

CV= Capacidade vital

CVF= Capacidade vital forçada

VEF₁= Volume expiratório forçado 1º segundo

FMEF= Fluxo meso-expiratório forçado

* p < 0,05

A análise bivariada mostrou que os valores médios de CV, CVF, VEF₁ e FMEF foram menores no grupo exposto do que no grupo controle, mas com

significância estatística apenas para CV (ver tabela 28). Os valores médios destas variáveis foram também menores nos **fumantes** com relação aos não fumantes, com significância ($p < 0,05$). Não ocorreu associação estatisticamente significativa entre diminuição dos valores espirométricos e **tempo de trabalho e/ou setor de trabalho** ao se compararem os grupo exposto e controle (ver tabela 29).

Tabela 29: Valores médios e desvios-padrão das variáveis espirométricas associadas a Hábito Tabágico, Tempo de Trabalho e Setores de Trabalho

	CV	CVF	VEF ₁	FMEF
• Tabagismo				
• Fumantes	4,309* 723	4368* 740	3637* 644	4235* 1249
• Não fumantes	4199 752	4608 738	3955 694	4898 1293
• Tempo de Trabalho				
• G. Controle	4561 802	4593 818	3906 747	4745 1426
• 2 a 5 a	4584 681	4654 689	3926 616	4647 1276
• 5 a 10 a	4571 648	4636 644	3886 645	4581 1207
• >10 a	4199 750	4244 725	3630 649	4524 1389
• Setores de Trabalho				
• G. Controle	4561 802	4593 818	3906 747	4745 1426
• Setor 1	4445 805	4484 808	3755 705	4412 1276
• Setor 2	4346 633	4452 677	3819 629	4602 1284
• Setor 3	4450 739	4482 689	3801 650	4648 1286
• Setor 4	4308 726	4372 721	3716 643	4566 1264

CV= Capacidade vital

CVF= Capacidade vital forçada

VEF₁= Volume expiratório forçado 1º segundo

FMEF= Fluxo meso-expiratório forçado

* $p < 0,05$

Utilizou-se como critério de normalidade para as variáveis espirométricas 80% do valor previsto para CV, CVF, VEF₁ e 60% para FMEF. O índice de Tiffeneau (VEF₁/ CVF%) foi estabelecido para cada indivíduo. No total, 69/413 (14,5%) espirometrias foram consideradas anormais, sendo 54/305 (17,7%) do

grupo exposto e 15/108 (13,9%) do grupo controle, com $p > 0,05$ (ver tabela 30), ou seja, sem diferença significativa entre os dois grupos.

Tabela 30: Classificação das espirometrias do Grupo Exposto e Grupo Controle

• Classificação	• Grupo Exposto	• Grupo Controle	• Valor de p
• Normal	251/305 82,3%	93/108 86,1%	$p > 0,05$
• Anormal	54/305 17,7%	15/108 13,9%	$p > 0,05$

Os parâmetros utilizados para o diagnóstico de insuficiência ventilatória restritiva, obstrutiva e mista estão expressos na tabela 31.

Tabela 31: Classificação da Insuficiência Ventilatória segundo a espirometria

	• CV e ou CVF	• VEF ₁	• VEF ₁ / CVF%
• Restritivo	Diminuídas	Normal ou ↓	Normal ou ↑
• Obstrutivo	Normal ou ↓	Diminuído	Diminuída
• Misto	Diminuídas	Diminuído	Diminuída

Tabela 32: Associação de Insuficiência Ventilatória e Exposição ocupacional, Tabagismo, Tempo de trabalho e Setores de trabalho

• Fatores de risco	• IVR	• IVO	• IVM
• Exposição			
• G. Exposto	43/305 14,1%	9/305 2,9%	2/305 0,6%
• G. Controle	11/108 10,2%	4/108 3,7%	0/108 0%
• Tabagismo			
• Fumantes	27/161 16,8%	5/161 3,1%	1/161 0,6%
• Não fumantes	15/155 9,7%	6/155 3,9%	0/155 0%
• Tempo trabalho			
• G. Controle	11/108 10,2%	4/108 3,7%	0/108 0%
• 2 a 5 a	9/71 12,7%	2/71 2,8%	0/71 0%
• 5 a 10 a	8/75 10,7%	2/75 2,7%	0/75 0%
• >10 a	26/159 16,3%	5/159 3,1%	2/159 1,2%

Continuação da tabela 32			
• Setores trabalho			
• G. Controle	11/108 10,2%	4/108 3,7%	0/108 0%
• Setor 1	10/56 17,8%	2/56 3,6%	1/56 1,8%
• Setor 2	6/40 15%	1/40 2,5%	0/40 0%
• Setor 3	9/90 10%	5/90 5,5%	1/90 1,1%
• Setor 4	18/119 15,1%	1/119 0,8%	0/119 0%

IVR= Insuficiência Ventilatória Restritiva
 IVO= Insuficiência Ventilatória Obstrutiva
 IVM= Insuficiência Ventilatória Mista

A maioria dos trabalhadores apresentou espirometrias dentro da normalidade. O distúrbio mais freqüente foi **Insuficiência ventilatória restritiva**: 43 expostos (14,1%) e 11 controles (10,2%), não sendo a diferença significativa ($p > 0,05$). A **Insuficiência ventilatória obstrutiva** esteve presente em 9 funcionários do grupo exposto e em 4 do grupo controle, e a **Insuficiência ventilatória mista** em 2 casos do grupo exposto e em nenhum do grupo controle. Não encontrou-se associação estatisticamente significativa, entre o diagnóstico de Insuficiência ventilatória e exposição ocupacional, tabagismo, tempo de trabalho e setores de trabalho (ver tabela 32).

Utilizando-se **regressão logística** para analisar a associação entre os menores valores absolutos das variáveis espirométricas e exposição ocupacional, ajustando-se para a presença de tabagismo, verificou-se que esta associação deixa de mostrar significância estatística (ver tabela 33). Com relação ao tabagismo, entretanto, continuou a haver associação entre os menores valores espirométricos e fumantes de mais de 20 maços/ano.

Tabela 33: Variação dos valores médios das variáveis espirométricas no Grupo Exposto e Grupo Controle não corrigidos e corrigidos para Tabagismo

	Grupo Controle	Grupo Exposto	Valor de p
• CV não corrigida / ml	4561	4381	p<0,03
• CV corrigida/ ml	Referência	-128,08	p>0,05
• CVF não corrigida / ml	4593	4436	p>0,05
• CVF corrigida / ml	Referência	-105,61	p>0,05
• VEF₁ não corrigido / ml	3906	3762	p>0,05
• VEF₁ corrigido / ml	Referência	-87,79	p>0,05
• FMEF não corrigido / ml	4745	4567	p>0,05
• FMEF corrigido / ml	Referência	-89,71	p>0,05

6.8. Discussão do estudo epidemiológico transversal dos trabalhadores de fertilizantes de Rio Grande/RS

6.8.1. Sintomas respiratórios

Poucos trabalhos têm sido realizados a nível nacional e internacional para avaliar os danos sobre o aparelho respiratório dos trabalhadores envolvidos com a produção de fertilizantes. A grande preocupação da maioria dos trabalhos foi com a fluorose óssea.

Com relação aos estudos existentes, a metodologia utilizada não foi uniforme, o que torna a comparação entre os mesmos inadequada. Ainda, e principalmente, os processos de produção dos fertilizantes não são exatamente iguais, podendo as indústrias trabalharem de uma forma mais abrangente, seja desde a produção da matéria prima básica (mineração da rocha fosfática, síntese de ácidos sulfúrico, fosfórico e/ou amônia) ou somente com a parte de granulação, seja do superfosfato, seja do NPK. Isso levaria a produção de contaminantes ambientais distintos e, portanto, tornaria os fatores de risco diferentes. Dessa forma, os dados da literatura serão utilizados para serem

comparados com os resultados obtidos neste trabalho ressalvadas as diferenças.

Os resultados do estudo transversal confirmam a hipótese inicial que os expostos apresentariam uma prevalência aumentada dos sintomas respiratórios com relação aos controles. Os sintomas que mostraram prevalência e razão de chances com significância estatística nos expostos com relação aos controles foram: tosse, tosse no serviço, rinite, rinite no serviço, conjuntivite e conjuntivite no serviço. Alguns resultados merecem ser discutidos mais detalhadamente e comparados com a literatura internacional.

6.8.2. Sintomas de vias aéreas superiores e oculares

Rinite e Conjuntivite

Os sintomas de **rinite** (43,3%) e **conjuntivite** (35,4%) foram os mais freqüentes e claramente associados à exposição. Esses resultados são consonantes com aqueles disponíveis em outros trabalhos. D'Onofrio, em 1954, avaliou trabalhadores de uma indústria de fertilizantes e encontrou 80% de sintomas nasais, incluindo epistaxes, principalmente no início do trabalho (D'Onofrio e Pesce, 1954). Golusinski, em 1973, encontrou 30% de alterações inflamatórias crônicas na mucosa nasal de trabalhadores de uma fábrica de alumínio, na Polônia, expostos a fluoretos gasosos e particulados (Golusinski, Szmeja e Sowinski, 1973). Em 1977, Jedrychowski, avaliou trabalhadores de uma fábrica de fertilizantes nitrogenados, na Polônia, e constatou alterações de mucosa nasal em 73,9% dos expostos (Jedrychowski e col., 1977). O NIOSH, em 1984, realizou investigação em trabalhadores de uma indústria de fertilizantes fosfatados e amoniados em Idaho, E.U.A. e encontrou de 21 a 33% dos funcionários com sintomas nasais e de 31 a 38% com sintomas oculares (NIOSH, 1987).

A alta prevalência da rinite encontrada no grupo exposto (clínica e rinoscopia) deixa bem evidente o papel de filtro das fossas nasais frente a uma

exposição ocupacional a poeiras e a gases irritantes. O ser humano inala aproximadamente 10.000 litros de ar por dia. O ar contém uma grande quantidade de substâncias em suspensão e o trato respiratório superior, especialmente o nariz, atua como primeira linha de defesa. É amplamente conhecido através da literatura que, em áreas de poluição ambiental, é grande a demanda da função de filtro nasal. Nas minas de carvão inglesas, era hábito dos mineiros mascarem tabaco com a deliberada intenção de forçarem a respiração através do nariz (Mygind, 1978).

O grupo controle do presente estudo apresentou uma prevalência de rinite (28,7%) um pouco maior do que aquela referida pela literatura para a população em geral. Uma justificativa para este evento poderia ser a ampla disseminação dos particulados por todos os setores das fábricas, podendo estar presente inclusive nos locais não envolvidos diretamente com a produção de fertilizantes. A prevalência de rinite em populações, referida na literatura, é muito variada dependendo de vários fatores pessoais e ambientais. Segundo Bush, a prevalência de rinite alérgica está estimada em 10 a 20% e a rinite não alérgica em 5 a 10% (Bush e Georgitis, 1997). Picado e Mullol, em estudo realizado em Londres, demonstraram que 16% da população sofria de sintomas sugestivos de rinite, sendo que cerca de 2% eram sazonais, 6% pan-anuais, com exacerbação durante a primavera e 8% pan-anuais sem predomínio sazonal (Picado e Mullol, 1998). Menezes, em sua tese de doutorado versando sobre prevalência de Bronquite crônica em Pelotas, refere a presença de sintomas compatíveis com rinite em 23,6% de sua mostra e, confirmada pelo médico em 7,9% (Menezes, 1992).

Não foi encontrada associação entre rinite e tabagismo, o que é concordante com a literatura. Não existem evidências de que a respiração nasal da fumaça do cigarro prejudique a função ciliar do nariz dos não fumantes (Mygind, 1978). O que a literatura refere é que a irritação pela fumaça do cigarro poderia desencadear uma reação vasomotora com sintomas de rinite (Bush e Georgitis, 1997).

Foi observada uma maior associação de rinite nos funcionários do setor 3, com 51,1% de ocorrência da mesma e hiperemia da mucosa nasal em 60% dos casos. No setor 3, os funcionários estão expostos a gases, principalmente amônia. Nas avaliações ambientais realizadas foi encontrado, nesse setor, em

uma das ocasiões avaliadas, a presença da amônia em quantidades superiores aos limites de tolerância, o que poderia justificar essa maior prevalência de rinite. A **conjuntivite** por sua vez mostrou maior associação com o setor 1 de trabalho, onde os funcionários tinham 3,86 vezes mais chance de apresentá-la. Nesse setor predominavam os particulados em geral.

O tempo de exposição não demonstrou aumentar o risco, tanto para rinite como conjuntivite. Essa consideração é importante, pois a grande maioria dos trabalhos realizados relacionando exposição ocupacional e sintomas aponta para uma relação linear e proporcional entre tempo de exposição ao fator de risco e aparecimento do sintoma. Isso não foi constatado nesse trabalho sugerindo que os sintomas tenham características mais agudas com aparecimento de tolerância com a continuação do trabalho.

6.8.3. Sintomas de vias aéreas inferiores

Todos os sintomas respiratórios foram mais freqüentes no grupo exposto do que no controle, sendo que para a tosse e tosse no serviço as diferenças apresentaram significância estatística. A prevalência encontrada para os sintomas respiratórios nem sempre concordou com os resultados de outros trabalhos que utilizaram questionários de sintomas. Em 1977, Jedrychowski, encontrou uma prevalência de 18,5% a 37% de bronquite crônica entre trabalhadores de uma fábrica de fertilizantes nitrogenados na Polônia. A prevalência de bronquite neste estudo variou segundo a concentração de fluoretos ambientais, idade e tabagismo, aumentando com a exposição, com a idade e com o fumo (Jedrychowski e col., 1977). Fabbri, em 1978, avaliou do ponto de vista sintomático e funcional, 190 trabalhadores com fertilizantes fosfatados. Encontrou uma prevalência de bronquite crônica geral de 36,8%, sendo que a maior prevalência encontrava-se no setor de produção de ácido fosfórico, com 45,7%. A prevalência de bronquite crônica aumentava com o tabagismo e tempo de exposição, porém, não foi realizado ajuste para essas variáveis (Fabbri e col., 1978). Na avaliação feita pelo NIOSH, em 1984, em

Idaho, E.U.A., foi encontrada tosse habitual em 21% dos trabalhadores, tosse crônica em 12% e bronquite crônica em 9%. Esses resultados são muito semelhantes aos encontrados no presente trabalho, sendo o tipo de exposição ocupacional à qual aqueles funcionários estiveram expostos semelhante à do estudo atual (NIOSH, 1987).

O tabagismo demonstrou ser um fator adicional de risco, parecendo em algumas associações ter maior relevância que a própria exposição ocupacional. A associação do tabagismo com sintomas respiratórios é inquestionável. Para as doenças respiratórias ocupacionais o hábito tabágico constitui o principal viés confusional a ser considerado na análise dos fatores de risco envolvidos na gênese dos sintomas respiratórios encontrados. A possibilidade da exposição ocupacional conduzir a uma maior prevalência de sintomas respiratórios ou a aceleração da perda de função pulmonar independente do tabagismo é assunto de grande interesse. Dosman, em estudo de 1980, avaliou 90 trabalhadores expostos a poeiras de grãos e 90 controles não expostos, ambos os grupos não fumantes. Encontrou uma prevalência de bronquite crônica maior entre os trabalhadores não fumantes (23,1%) do que entre os controles também não fumantes (3,3%), com $p < 0,01$. O mesmo foi observado para tosse, sibilância e dispnéia (Dosman, Cotton e Graham, 1980). Hnizdo e col., em 1990, em estudo prospectivo com mineiros de ouro na África do Sul, realizado com a intenção de avaliar os efeitos combinados da poeira de sílica e tabagismo sobre a mortalidade por doença pulmonar obstrutiva crônica, concluíram que ambos são fatores de risco para esta doença, sendo o tabagismo o mais importante, e que, quando presentes no mesmo trabalhador, seus efeitos são potencializados, por apresentarem ação sinérgica (Hnizdo, Eugene e Sluis-Cremer, 1990). Um estudo feito na escola de saúde pública de Havard investigou a associação entre exposição ocupacional e sintomas respiratórios. Foi usado um questionário em uma amostra randomizada de 8.515 pessoas adultas brancas da população de seis cidades do Oeste e Meio-Oeste dos Estados Unidos. O trabalho mostrou que as pessoas expostas ocupacionalmente a poeiras, gases e fumaças, tinham maior prevalência de sintomas respiratórios do que pessoas não expostas, mesmo depois de controlado o efeito da idade, sexo, local de residência e tabagismo. O tabagismo foi um fator de risco independente e importante para sintomas

respiratórios como tosse, tosse crônica, expectoração, chiado persistente e dispnéia, mas não modificou os efeitos da exposição ocupacional sobre os mesmos (Korn e col., 1987). Com relação à exposição a fertilizantes e tabagismo, esse estudo sugeriu que o tabagismo era um fator de risco independente para sintomas de via aérea inferior e bronquite crônica e, via de regra, mais importante que a exposição.

Com relação a outra variável de risco, tempo de trabalho considerado como tempo de exposição, os funcionários do grupo exposto apresentaram maior frequência de sintomas respiratórios em qualquer estrato de tempo de trabalho com relação ao controle, porém não houve diferença de risco entre os estratos de trabalho. Apesar disso, observou-se um aumento consistente da prevalência e da razão de chances para todos os sintomas, exceto sibilância e dispnéia, no estrato de funcionários com mais de 10 anos de trabalho. Esse resultado foi semelhante ao encontrado na avaliação feita pelo NIOSH, o qual mostrou não haver associação do tempo de trabalho com tosse, bronquite crônica e dispnéia depois de efetuado o controle para idade e tabagismo (NIOSH, 1987). Uma justificativa para que tempo de trabalho não se associe a maior risco de sintomas poderia ser o efeito do trabalhador sadio no qual o trabalhador que continua a trabalhar, exposto ocupacionalmente, seria aquele menos susceptível de desenvolver sintomas respiratórios crônicos. Essa é uma crítica feita aos estudos transversais, pois as pessoas participantes podem representar uma população sobrevivente de trabalhadores saudáveis, resultando em um viés de seleção, já que seriam menos suscetíveis para os efeitos de certas exposições (Becklake, 1987).

Com relação aos setores de trabalho, embora o risco entre os setores seja semelhante, é interessante notar que o setor 2, de acidulação da rocha fosfática, foi o que apresentou as maiores razões de chances para a maioria dos sintomas respiratórios. Estes resultados são concordantes com os de Fabri e col., que em 1977 e 78, avaliando trabalhadores com fertilizantes fosfatados, assinalaram que o risco respiratório era maior no setor de produção de ácido fosfórico e superfosfato, devido a presença no ambiente de trabalho dos fluoretos gasosos (Fabri e col., 1977 e 1978). Jedrychowski, em 1977, investigou 197 operários de uma fábrica de fertilizantes fosfatados na Polônia, e considerou os fluoretos gasosos como o fator principal na etiopatogenia dos

sintomas respiratórios. Correlacionou as mais altas concentrações ambientais dos fluoretos com a maior prevalência dos sintomas respiratórios (Jedrychowski e col., 1977).

O presente estudo deixa uma dúvida que necessita ser esclarecida. O porquê da alta prevalência de sibilância (32,5%) no setor 2, onde acontece a acidulação da rocha fosfática. Esse grupo de funcionários deverá ser reavaliado, especificamente com relação a possibilidade de asma profissional.

6.8.4. Passado de doenças respiratórias

Não foi encontrado, no presente trabalho, nenhuma associação entre esse tipo de exposição ocupacional e enfermidades respiratórias atuais ou passadas.

A asma brônquica, registrada em 12,8% (53/413) dos funcionários, não pareceu estar relacionada à profissão, visto que o quadro referido pelos funcionários, na sua maioria, iniciou e terminou na infância. Aqueles que ainda apresentavam sintomas de asma brônquica no momento da entrevista, 8/413, foram 50% do grupo exposto e 50% do grupo controle.

6.8.5. Exame físico

Do exame físico, o hipocratismo digital foi detectado apenas no grupo exposto e predominantemente nos fumantes (70%) mas o número é muito pequeno (10) para permitir alguma conclusão.

Ainda, no exame físico, a maioria dos funcionários teve ausculta pulmonar normal. A alteração mais freqüente foi a diminuição de intensidade do murmúrio vesicular, que além de ser um dado potencialmente subjetivo, não teve diferença estatisticamente significativa com relação à sua presença nos controles.

6.8.6. Radiograma torácico

O trabalhador com fertilizantes fosfatados está exposto à rocha fosfática que via de regra é contaminada por sílica livre. A quantidade de sílica presente na rocha depende da procedência da mesma. No Brasil, as maiores minas de rocha fosfática estão localizadas em Minas Gerais e Goiás, e não apresentam teor de sílica suficiente para causar silicose ou mesmo pneumoconiose por poeira mista (Mendes, 1995). Neste estudo não foi observada nenhuma alteração radiológica sugestiva de pneumoconiose. Apenas 9 funcionários do grupo exposto apresentaram anormalidades radiológicas no tórax, e estas foram totalmente inespecíficas. Resultados semelhantes obteve o NIOSH, em sua avaliação de trabalhadores com fertilizantes, onde 40/74 trabalhadores realizaram estudo radiológico de tórax e, em nenhum foi encontrado sinais de pneumoconiose (NIOSH, 1987). De Capitani, no Brasil, em sua tese de mestrado, encontrou uma prevalência de 27,4% de pneumoconiose em trabalhadores expostos à rocha fosfática. O autor acredita que esta elevada prevalência, encontrada em seu estudo, deveu-se, mais que nada, às condições de trabalho na empresa estudada, com alto grau de exposição à poeira de rocha fosfática, tendo em vista a não comunicação de casos de pneumoconiose devida à esta exposição, apesar de ser matéria prima manipulada há mais de 30 anos em quase todo o mundo (De Capitani, 1989).

6.8.7. Espirometria

A grande prevalência de resultados normais das espirometrias no grupo exposto, 82,3%, está de acordo com outros trabalhos nacionais realizados na área de pneumopatias ocupacionais (Bagatin, 1988; Algranti, 1994). A espirometria não parece ser um exame com boa sensibilidade para detectar alterações precoces de comprometimento respiratório (Algranti, 1994). Em estudos transversais costuma-se ter o “efeito do trabalhador sadio” que pode acontecer através do próprio exame médico admissional que privilegia os

candidatos mais saudáveis, ou pela depuração da coorte dos empregados, com a saída precoce do trabalho daquele funcionário que adoece mais ou falta mais, por razões de doença, e que representa um viés de seleção (Mendes, 1989; Choi, 1992). A maneira de contornar este viés seria um estudo longitudinal destes trabalhadores avaliando o declínio do VEF_1 ao longo do tempo e comparando a perda funcional nos grupos exposto e controle. Estudos longitudinais são mais sensíveis para detectar fatores múltiplos que afetam a função pulmonar, como idade, tempo de exposição e tabagismo, enquanto que os estudos transversais refletem o efeito da exposição prévia.

A média das variáveis espirométricas dos expostos em valores absolutos, depois do ajuste para tabagismo, não mostrou diferença estatisticamente significativa com relação aos controles. Por sua vez, o tabagismo, na faixa de consumo de mais de 20 maços/ano, manteve sua associação com menores valores espirométricos. Estas variáveis, quando associadas a setor de trabalho e tempo de exposição, não mostraram diferenças de valores entre os dois grupos. Não houve também associação de disfunção ventilatória obstrutiva, restritiva ou mista com exposição, tempo de trabalho e setor de trabalho. Esses dados não são conflitantes com a literatura existente a respeito. Dutton e col., em um estudo transversal e longitudinal de função pulmonar, em 131 trabalhadores encarregados da moagem da rocha fosfática, no Canadá, e expostos a ácido fosfórico, fluoretos e particulados, não encontraram nenhuma redução espirométrica consistente de CVF, VEF_1 e $FEF_{25-75\%}$, relacionada com a exposição ocupacional, depois do ajuste para idade e tabagismo. Os trabalhadores realizaram espirometrias seriadas anuais ao longo de 3 a 7 anos e não foi encontrada nenhuma evidência de aceleração no declínio do VEF_1 que pudesse ser atribuída à exposição ocupacional. Os dados obtidos no primeiro ano do estudo (parte transversal) relacionados à exposição ocupacional não revelaram mudanças significativas quando ajustados para o efeito do tabagismo (Dutton e col., 1993).

A grande controvérsia com relação aos achados de função pulmonar costuma ser quanto da disfunção respiratória é devida à exposição ocupacional e quanto ao tabagismo. Vários estudos sugerem que o tabagismo acentua essas modificações. Elmes, em seu artigo de 1981, refere que as condições de trabalho no setor de mineração de carvão, ferro e aço, na Inglaterra e

Alemanha, melhoraram tanto que o tabagismo tornou-se a principal causa de morbidade e mortalidade por doença pulmonar obstrutiva crônica quando comparado com exposição ocupacional (Elmes, 1981). Dosman, em artigo publicado em 1977 sobre doença pulmonar obstrutiva crônica e trabalhadores com grãos e fumantes, refere que quando esses dois fatores (exposição e tabagismo) coexistem a perda de função pulmonar é maior do que quando eles aparecem isoladamente. Relata muito bem a dificuldade de determinar-se o quanto da obstrução é devida à exposição ocupacional ou se os fumantes seriam mais susceptíveis a obstrução causada pela exposição a poeira de grãos (Dosman, 1977). O mesmo autor, em artigo de 1980, avalia parâmetros de função respiratória em trabalhadores não fumantes e expostos a poeira de grãos e os compara a um grupo controle, também não fumantes. Encontrou menores valores médios de $FEF_{25-75\%}$ e $FEF_{50\%}$ entre os expostos e conclui que a exposição à poeira de grãos está associada a evidências de obstrução de vias aéreas (Dosman, Cotton e Graham, 1980). Dosman também refere, em simpósio sobre doenças pulmonares obstrutivas crônicas, que a causa da obstrução ocupacional das vias aéreas é freqüentemente multifatorial, sendo o fumo um importante determinante, mas a bronquite crônica e a diminuição dos fluxos expiratórios também são demonstradas em trabalhadores não fumantes expostos à poeiras (Dosman, Cockcroft e Hoepfner, 1981). Kreiss e col., relataram que a exposição à poeiras de rochas em uma mina de molibdênio esteve associada à diminuição do fluxo aéreo em fumantes e a um padrão restritivo em não fumantes, concluindo que o tabagismo tem o efeito de modificar o padrão da disfunção pulmonar (Kreiss e Greenburg, 1989). Em contraste com estes achados, Korn e col., em uma pesquisa ocupacional de 8.515 adultos randomicamente selecionados, que realizaram testes de função pulmonar, não encontraram evidências de que o tabagismo modificasse o efeito da exposição ocupacional sobre os testes pulmonares (Korn e col., 1987). Oxman, em 1993, realizou estudo com o objetivo de avaliar a relação entre exposição ocupacional à poeiras e doença pulmonar obstrutiva crônica. Foram avaliadas três coortes de mineradores de carvão e uma coorte de mineradores de ouro. Concluíram que os expostos e fumantes pareciam ter maior risco de doença obstrutiva do que os não fumantes, que por sua vez tiveram menor ou nenhum risco de obstrução severa relacionada à exposição a

poeiras (Oxman e col., 1993). Assim, poderia dizer-se que as evidências até o momento sugerem que algumas exposições industriais podem estar associadas com alterações na função pulmonar e, ainda, que o fumo acentua essas alterações.

No presente trabalho, a exposição industrial não teve efeito significativo nas medidas de função pulmonar. Por outro lado, parece-nos que seria fundamental acompanhar a função pulmonar desse grupo longitudinalmente durante um período mínimo de cinco anos, e sinalizar o comportamento da mesma no grupo exposto. Seria uma forma mais definitiva de confirmar a ausência de repercussão sobre a função respiratória nesse tipo de trabalho.

7. Conclusões

Os resultados do presente estudo permitem as seguintes conclusões:

- Os níveis de fluoretos e de amônia, na forma gasosa, estavam acima dos limites de tolerância nos setores de superfosfato e granulação, respectivamente, bem como a concentração de sílica inalável nos vários setores de trabalho.
- Os sintomas tosse (no serviço, matinal, crônica e produtiva), bronquite crônica, rinite e conjuntivite mostraram-se com prevalência aumentada no grupo exposto com relação ao grupo controle. Realizado o ajuste para tabagismo, tosse, rinite e conjuntivite mantiveram sua significância estatística.
- O setor de superfosfato (setor 2) foi o que mostrou a maior associação com sintomas de vias aéreas inferiores, enquanto que o de granulação (setor 3) esteve mais relacionado com rinite, e o de material particulado em geral (setor 1) com conjuntivite.
- Nos indivíduos expostos não foram encontradas alterações compatíveis com pneumoconiose e, a maioria deles, apresentou provas de função pulmonar normais, não diferentes dos controles.

8. Referências Bibliográficas

1. **Abreu SF.** in Recursos Minerais do Brasil. Vol. 1, S. Paulo, Editora Edgar Blücher Ltda, 1973
2. **Agate JN et al.** Industrial fluorosis: a study of hazard to man and animals near Fort William, Scotland. Medical Research Council Memorandum nº 22, His Majesty's Stationery Office, London, 1949.
3. **Algranti E.** Métodos de investigação em doenças ocupacionais pulmonares. J. Pneum. 1994; 20: 165-73.
4. **Almeida MTA, Baumgarten MGZ, Rodrigues RMS.** Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade do Rio Grande. Documentos Técnicos- Oceanografia. 1993; 6: 7-30.
5. **American National Standards Institute.** American National Standard for Respiratory Protection. New York, 1992; 61 p. ANZI.88.2-1992
6. **American Thoracic Society.** Recommended standardized procedures for pulmonary function testing. Amer. Rev. Resp. Dis. 1978; 118 (suppl. II): 55-88.
7. **American Thoracic Society.** ATS Statement: Snowbird workshop on standardization of spirometry. Amer. Rev. Respir. Dis. 1979; 119: 831-838.
8. **American Thoracic Society.** Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disease. Amer. Rev. Respir. Dis. 1982; 126: 945-951.
9. **American Thoracic Society.** Standardization of spirometry. Update 1987. Amer. Rev. Respir. Dis. 1987; 136: 1285-1298.
10. **American Thoracic Society.** Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Amer. Rev. Resp. Dis. 1991; 144: 1202-1218.

11. **American Thoracic Society.** Standardization of spirometry. *J. Respir. Crit. Care Med* 1995; 152: 1107-1136.
12. **Andrews C, Ferris BG.** Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiologic studies of air pollution. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1985; 131: 666-668.
13. **Bagatin E.** Avaliação clínica, radiológica e da função pulmonar em trabalhadores expostos à poeira de sílica. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.
14. **Balazova G, Balazovjichova L, Kiriecukova V.** Analysis of the health conditions of children living in the vicinity of aluminum works. *Czech. Hyg.* 1960; 5:101-113.
15. **Becklake MR.** Occupational health: lessons from community and workforce based studies. *J. Pneum.* 1996; 22 (1): 27-33.
16. **Becklake MR, Irwig L, Kielkowski D, Webster I, De Beer M, Landau S.** The predictors of emphysema in South African gold miners. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1987; 135:1234-1241.
17. **Bhat MR, Ramaswamy C.** Effect of ammonia, urea and diammonium phosphate (DAP) on lung function in fertilizer plant workers. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 1993; 37 (3): 221-224.
18. **Bichara, J. M.** Tecnologia de produção de fertilizantes. Coordenador E. Cekinski. Capítulo 6, pag 163-191, 1991.
19. **Boehlecke BA, Merchant JA.** The use of pulmonary function testing and questionnaires as epidemiologic tools in the study of occupational lung disease. *Chest* 1981; 79 (4) supl: 114-122.

20. **Bond GG, Flores GH, Stafford B, Olsen GW.** Lung cancer and hydrogen chloride exposure: results from a nested case-control study of chemical workers. *J. Occup. Med.* 1991; 33 (9): 958-961.
21. **Brasil. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no trabalho.** Instrução Normativa nº 1, de 11 de abril de 1994. *Diário Oficial, Brasília,* 15 abr. 1994; 35, nº 71: sec=0, 5557-9.
22. **Brigoni SF.** Estimativas da qualidade do ar na cidade de Rio Grande, RS. Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, S. Catarina, de 20 a 25 novembro de 1983.
23. **Brigoni SF.** Relatório sobre danos materiais causados pela poluição atmosférica em Rio Grande. SSMA. Departamento do meio Ambiente. Divisão de Controle de Qualidade do Ar, Porto Alegre, ago., 1981 . Revisado 1983. (Relatório interno)
24. **Bruno MAC.** in Conservação de energia na indústria de fertilizantes. Coordenador Marcos Alberto Castelhana Bruno. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), S. Paulo, 1985; cap. 1 e 2, 1-34.
25. **Bulbulyan MA, Jourenkova NJ, Boffetta P, Astashevsky SV, Mukeria AF, Zaridge DG.** Mortality in a cohort of Russian fertilizer workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1996; 22: 27-33.
26. **Bush RK, Georgitis JW.** Handbook of Asthma and Rhinitis. Part III: cap. 12, Rhinitis. 1997; 201-213.
27. **Call RA, Greenwood DA, LeCheminant WH, Shupe JL, Nielsen HM, Olson LE, Lamborn RE, Mangelson FL, Davis RV.** Histological and chemical studies in man on effects of fluoride. *Public Health Report* 1965; 80 (6): 529-538.
28. **Cekinski E.** Tecnologia de produção de fertilizantes, Coordenador Efraim Cekinski. 1991; Introdução, 15-21, capítulo 3, 95 a 128.

29. **Centers for disease control and prevention.** Cigarette smoking among adults-United States, 1992, and changes in definition of smoking. *Jama* 1994; 272 (1) july: 14.
30. **Chauderon I.** in *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, volume 2, 3ª edição, 1983; 1679-1680.
31. **Checkoway H, Mathew RM, Hickey JLS, Shy CM, Harris Jr RL, Hunt EW, Waldman GT.** Mortality among workers in the Florida phosphate industry. *J. Occup. Med.* 1985; 27 (12): 893-896.
32. **Choi BCK.** Definition, sources, magnitude; effect modifiers, and strategies of reduction of the health worker effect. *J. Occup. Med.* 1992; 34 (10):979-988.
33. **Comstock GW, Tockman MS, Helsing KJ, Hennesy KM.** Standardized respiratory questionnaires: comparison of the old with the new. *Amer. Rev. Respir. Dis.* 1979; 119: 45-53.
34. **Czarnowski W, Krechniak J.** Fluoride in the urine, hair, and nails of phosphate fertiliser workers. *Brit. J. Ind. Medicine* 1990; 47 (5):349-351.
35. **Dabbagh S, Forman D, Bryson D, Stratton I, Doll R.** Mortality of nitrate fertiliser workers. *Brit. J. Ind. Med.* 1985; 43: 507-515.
36. **Dean W.** *A industrialização de S. Paulo: 1880-1945.* Tradução de Octavio Mendes Cajado. São Paulo, Difel, 1971
37. **De Capitani EM.** Risco de pneumoconiose em trabalhadores expostos à rocha fosfática. Dissertação de mestrado apresentada a Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. 1987.
38. **De Capitani EM.** Prevalência de pneumoconiose em trabalhadores expostos a rocha fosfática. *Rev. Saúde Públ.* 1989; 23 (2): 98-106.

39. **Derryberry OM, Bartholomew MD, Fleming RBL.** Fluoride exposure and worker health. The health status of workers in a fertilizer manufacturing plant in relation to fluoride exposure. *Arch. Environ. Health* 1963; 6 (april): 503-511.
40. **Discher DP, Breitenstein BD.** Prevalence of chronic pulmonary disease in aluminum potroom workers. *J.O.M.* 1976; 18 (6): 379-386.
41. **D'Onofrio FP, Pesce G.** *Rass. Med. Ind.* 1954; 23: 369-378.
42. **Dosman JA.** Chronic obstructive pulmonary disease and smoking in grain workers . *Annals of Int. Med.* 1977; 87 (6):784-786.
43. **Dosman JA, Cotton DJ, Graham BL, Li KYR, Froh F, Barnett GD.** Chronic bronchitis and decreased forced expired flow rates in lifetime nonsmoking grain workers. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1980; 12:11-16.
44. **Dosman JA, Cockcroft DW, Hoepfner VH.** Obstrução das vias aéreas na doença pulmonar ocupacional. *Clin. Med. Am. Norte* 1981; maio:693-708.
45. **Dutton CB, Pigeon MJ, Renzi PM, Feustel PJ, Dutton RE, Renzi GD.** Lung function in workers refining phosphorus rock to obtain elementary phosphorus. *J. Ocup. Med.* 1993; 35 (10): 1028-1033.
46. **Elmes PC.** Relative importance of cigarette smoking in occupational lung disease. *Br. J. Ind. Med.* 1981; 38 (1):1-13.
47. **European Committee for Standardization.** Respiratory protective devices, gas filters and combined filter; requirements, testing, making. Belgium, 1989. 12p. EN 141-1989
48. **Fabbri L, Mapp C, Rossi, Cortese S, Saia B.** Broncopneumopatia cronica e pneumoconiosi in operai addetti alla produzione di acido fosforico. *Lavoro Umano* 1977; 28: 50-57.

49. **Fabbri L, De Rosa E, Rossi, Brighenti F, Mapp C, Corrà P.** Patologia respiratoria del ciclo di produzione de fertilizzanti fosfati. *Medicina del Lavoro* 1978; 69 (6) 723-727.
50. **Fabiani M.** in *Tecnologia de Produção de Fertilizantes*, capítulo 9, Aspectos ambientais do setor de fertilizantes. 1991; 227-236.
51. **Fandrem SI, Kjuus H, Andersen A, Amlie E.** Incidence of cancer among workers in a Norwegian nitrate fertiliser plant. *Brit. J. Ind. Med.* 1993; 50: 647-652.
52. **FEPAM.** Monitoramento preliminar da qualidade do ar em Rio Grande. Relatório de outubro de 1992 e de 1994.
53. **Ferris B G.** Epidemiologic Standardization Project. *Amer. Rev. Respir. Dis.* 1978; 118 (suppl. II) 1-53.
54. **Fletcher CM, Clifton M, Fairban AS, Fry J, Gilson JC, Higgins ITT, Mair A, Smith DH.** Standardized questionnaires on respiratory symptoms. *Brit. Med. J.* 1960; Dec. 3: 1665.
55. **Fraser P, Chilvers C, Goldblatt P.** Census based mortality study of fertiliser manufacturers. *Brit. J. Ind. Med.* 1982; 39: 323-329.
56. **Fraser P, Chilvers C, Day M, Goldblatt P.** Further results from a census based mortality study of fertiliser manufacturers. *Brit. J. Ind. Med.* 1989; 46: 38-42.
57. **Giulietti M.** in *Tecnologia de produção de fertilizantes. Fertilizantes nitrogenados.* 1991; capítulo 2 : 23-51.
58. **Golusinski J, Szmeja Z, Sowinski P.** Clinical and histochemical examinations of the nasal mucosa in aluminum workers. *Fluoride* 1973; 6 (3):138-142.
59. **Grandjean P, Juel K, Jensen OM.** Mortality and cancer morbidity after heavy occupational fluoride exposure. *Am. J. Epidemiology* 1985; 121 (1): 57-64.

60. **Grandjean P, Olsen JH, Jensen OM, Juel K.** Cancer incidence and mortality in workers exposed to fluoride. *J. National Cancer Institute* 1992; 84 (224): 1903-1909.
61. **Grandjean P, Olsen JH, Juel K.** Excess cancer incidence among workers exposed to fluoride. *Scand. J. Work Environ. Health* 1993; 19 (suppl. 1):108-109.
62. **Guardani R.** in *Tecnologia de produção de fertilizantes, Capítulo 4, Fertilizantes potássicos.* 1991; 131-143.
63. **Hagmar L, Bellander T, Andersson C, Lindén K, Attewell R, Möller T.** Cancer morbidity in nitrate fertilizer workers. *Arch. Occup. Environ. Health* 1991;63: 63-67.
64. **Halty LS, Portella A, Hüttner MD.** Levantamento epidemiológico de fumo em trabalhadores de terminais de grãos de Rio Grande, RS. 1º Congresso Brasileiro sobre Tabagismo/ Rio Janeiro. Publicado na revista oficial do Congresso. 1994
65. **Hardesty J O.** in *Superphosphate: its history, chemistry and manufacture,* livro do Agricultural Research Service, Washington, DC.1964; capítulo 1:1-7.
66. **Helsing KJ, Comstock GW, Speizer FE, Ferris BG, Lebowitz MD, Tockman MS, Burrows B.** Comparison of three standardized questionnaires on respiratory symptoms. *Amer. Rev. Respir. Dis.* 1979; 120:1221-1231.
67. **Hnizdo E, Eugene B, Sluis-Cremer GK.** Combined effect of silica dust exposure and tobacco smoking on the prevalence of respiratory impairments among gold miners. *Scand. J. Work Environ. Health* 1990; 16: 411-422.
68. **Hodge HC, Smith FA.** Air quality criteria for the effects of fluorides on man. *J. of the Air Pollution Control* 1970; 20 (4): 226-232.
69. **Hodge HC, Smith FA.** Occupational fluoride exposure. *J. Occup. Med.*1977; 19 (1): 12-39.

70. **Holness DL, Purdham JT, Nethercott JR.** Acute and chronic respiratory effects of occupational exposure to ammonia. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1989; 50 (12) 646-650.
71. **International Labour Organization.** Guidelines for the use of the ILO - International classification of radiographs of pneumoconiosis, edição revisada de 1980, 8ª impressão de 1992, nº 22
72. **Jedrychowski W, Cichocki T, Olszewski E, Nowicki Z, Mruk K.** Studio epidemiologico della bronchite cronica in una popolazione de operai di una fabbrica di fertilizzante. *Lavoro Umano* 1977; 29 (4) 98-105.
73. **Kono K, Yoshida Y, Wanatabe M, Orita Y, Dote T, Bessho Y.** Urine, serum and hair monitoring of hydrofluoric acid workers. *Occup. Environm. Health* 1993; 65 (1) suppl: 95-98.
74. **Korn RJ, Dockery DW, Speizer FE, Ware JH, Ferris Jr BG.** Occupational exposures and chronic respiratory symptoms. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1987; 136:298-304.
75. **Kreiss K, Greenburg LM, Kogut SJH, Lezotte DC, Irvin CG, Cherniack RM.** Hard rock mining exposures affect smokers and nonsmokers differently: results os a community prevalence study. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1989; 139: 1487-1493.
76. **Lebowitz MD, Burrows B.** Comparison of questionnaires: the BMRC and NHLI respiratory questionnaires and a new self-completion questionnaire. *Amer. Rev. Respir. Dis.* 1976; 113: 627-635.
77. **Lebowitz MD.** Epidemiological recognition of occupational pulmonary diseases. *Clinics in chest Medicine* 1981; 2 (3): 305-316.
78. **Martin AE, Jones CM.** Some medical considerations regarding atmospheric fluorides. *H.S.M.H. A . Health Reports* 1971; 86 (8) august: 752-758.

79. **Mendes R.** Importância da ocupação como determinante de saúde-doença: aspectos metodológicos. *Rev. Bras. Saúde Ocupac.* 1989; 17 (67):18-24.
80. **Mendes R.** in *Patologia do Trabalho*; Editora Atheneu. 1995; cap. 1, Aspectos Históricos da Patologia do Trabalho, pag. 5-31; cap. 5, pag. 130.
81. **Menezes AMB.** in *Prevalência e fatores de risco para Bronquite crônica em Pelotas*. Tese de Doutorado apresentada no Curso de pós-graduação em Pneumologia da UFRGS, pag. 55-56, 1992
82. **Moller PF, Gudjonsson SV.** Massive fluorosis of the bones and ligaments. *Acta Radiol.* 1932; 13: 269-294.
83. **Morgan WK, Seaton A.** in *Occupational Lung Diseases*. 1995; cap. 6, *Epidemiology and Occupational Lung Disease*, pag. 82-110.
84. **Murray MM, Wilson DC.** Fluorine hazards with special reference to some social consequences of industrial process. *Lancet* 1946; 6432 (dec. 7): 821-824.
85. **Mygind N.** In: *Nasal Allergy*. 1978; Cap. 2: *Applied physiology of the nose*. pag.39-56.
86. **Nelson DE, Emont SL, Brackbill RM, Cameron LL, Peddicord J, Fiore MC.** Cigarette smoking prevalence by occupation in the United States. *J.O.M.* 1994; 36 (5) may: 516-518.
87. **NIOSH.** U.S. Department of Health and Human Services; *Health hazard Evaluation report*. Heta 84-488-1793; 1987
88. **Nunes LAL.** Relatório preliminar do impacto sobre a qualidade do solo, flora e fauna relativo a implantação do Distrito Industrial do Rio Grande. SSMA. Departamento do Meio Ambiente. Gerência da Qualidade do Solo, Porto Alegre, 1978.

89. **Oxman AD, Muir DCF, Shannon HS, Stock SR, Hnizdo E, Lange HJ.** Occupational dust exposure and chronic obstructive pulmonary disease. A systematic overview of the evidence. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1993; 148: 38-48.
90. **Okita T, Kaneda K, Yanaka T.** Determination of gaseous and particulate chloride and fluoride in the atmosphere. *Atmospheric Environment* 1974; 8 (9): september 927-936.
91. **Pereira CA de C.** Consenso Brasileiro sobre Espirometria. *J. Pneum.* 1996; 22 (3): 105-164.
92. **Perry GF.** Occupational Medicine Forum. *J.O.E.M.* 1995; 37 (10):1187-1188.
93. **Picado C, Mullol J.** Rinites e polipose nasal. In *Atualização em Pneumologia.* 1998; Permanyer Publications. pag. 10.
94. **Princi F.** Fluorides: a critical review. *J.O.M.* 1960; february: 92-99 .
95. **Rafnsson V, Gunnarsdóttir H.** Mortality study of fertiliser manufacturers in Iceland. *Brit. J.Ind. Med.* 1990; 47: 721-725.
96. **Riet Correa F, Oliveira JA, Méndez M de C, Schild AL.** Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 1983; 3 (4):107-114.
97. **Riet-Correa F, Farias Jr CB, Schild AL, Méndez M de C.** Efeito da contaminação ambiental por flúor em bovinos e ovinos produzida pela usina termoelétrica de Candiota e fábricas de adubo em Rio Grande. Laboratório Regional de Diagnóstico. Faculdade de Veterinária. UFPel. Trabalho apresentado no III Congresso de Iniciação Científica UFPel / FURG em 9 a 10 de novembro de 1994.
98. **Rye WA.** Proc. 13th Intl. Cong. Occupational Med. 1961; 361-364.

99. **Samet JM.** A historical and epidemiologic perspective on respiratory symptoms questionnaires. *Amer. J. Epidem.* 1978; 108 (6): 435-446.
100. **Sauchelli V.** in *Quimica y tecnologia de los fertilizantes.* 1966; Companhia Editorial Continental S. A., cap. 6, pag. 173 (superfosfato); pag. 16 e cap. 24, pag. 777-795 (Introdução).
101. **Seki CT, Buschinelli JTP, Ferreira LL, Matallo MTV, Morita SM.** Comunicação sobre fluorose. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* 1981; 9 (36) 181-187.
102. **Silveira PBM.** in *Tecnologia de produção de fertilizantes.* 1991; capítulo 5, Granulação e mistura de fertilizantes N-P-K, pag. 145-162.
103. **Slack A V.** in *Manual de fertilizantes.* 1980; capítulo III, Os produtos fertilizantes, pag. 53-69.
104. **Soria F de C, Chavarria JM.** *Tecnica de Defensa del Medio Ambiente.* 1978; vol. II, cap. 25, pag. 837-851.
105. **Stayner LT, Meinhardt T, Lemen R, Bayliss D, Herrick R, Reeve GR, Smith AB, Halperin W.** A retrospective cohort mortality study of a phosphate fertilizer production facility. *Archives of Environmental Health* 1985; 40 (3): 133-138.
106. **Tietboehl CN.** in "A poeira de cereais e seus efeitos sobre a saúde dos trabalhadores de armazenagem: avaliação ambiental e estudo epidemiológico no R.S."; Tese de Mestrado, pag. 54-103, pag. 214 . UFRS, Porto Alegre, 1991
107. **Thompson RJ, McMullen TB, Morgan GB.** Fluorides concentrations in the ambient air . *J. Air Pollution Control* 1971; 21 (8): august : 140-142.
108. **Torloni M.** Proteção respiratória e respiradores; *J. Pneum.* 1995; 21 (1): jan/fev: 48-54.

109. **Zandjani F, Hogsæet B, Andersen A, Langard S.** Incidence of cancer among nitrate fertilizer workers. *Int. Arch. Occup, Environ. Health* 1994; 66: 189-193.

110. **Winner P, Blanchard JD.** Assessing the work environment for agents that may cause occupational pulmonary disease . *Clinics in Chest Medicine* 1981; 2 (3) september: 317-326.

111. **World Health Organization.** Guidelines for the conduct of tobacco-smoking surveys among health professionals. Meeting in Winnipeg, Canada; 1983;pag 7-8.

9. Anexos

Anexo A

Pequeno Dicionário Específico para Fertilizantes

Ácido fosfórico: H_3PO_4 – É um ácido inorgânico usado na fabricação do superfosfato triplo e fosfato de amônia.

Amoniação: processo pelo qual a amônia ou solução contendo amônia e outras formas de nitrogênio, é usada para tratar os superfosfatos, a fim de formar os superfosfatos amoniados.

Amônia anidra (NH_3): É um gás contendo cerca de 82% de nitrogênio. Quando sob pressão ou resfriada a $-33^\circ C$, transforma-se em líquido e é usualmente armazenado e transportado sob esta forma. É usada para fabricar a maior parte dos fertilizantes nitrogenados. Pode ser também aplicada diretamente no solo.

Aqua-amônia (NH_4OH): O hidróxido de amônia é formado pela dissolução da amônia anidra em água. As formulações comerciais de aqua-amônia em geral contêm de 20 a 25% de nitrogênio. A maior parte de seu uso é em aplicação direta no solo.

Classificação dos Fertilizantes: os fertilizantes podem conter um ou mais nutrientes. Este, pode ser a amônia anidra (que contém nitrogênio), ou o diamônio fosfato (que contém tanto o nitrogênio quanto o fósforo). Portanto, os fertilizantes podem ser simples ou compostos.

Os fertilizantes simples podem ser:

- simples nitrogenados: uréia, nitrato de amônio, nitrocálcio e sulfato de amônio.

- simples fosfatados: superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato parcialmente acidulado, fosfato monoamônio, fosfato diamônio e termofosfato.
- simples potássicos: sulfato de potássio e cloreto de potássio.

Os **fertilizantes compostos** podem ser :

- sólidos: granulados complexos e misturas
- fluidos

Cloreto de potássio (KCl): É a principal fonte de potássio para fertilizantes. O cloreto de potássio é o nome químico do produto. É vendido como um produto contendo de 95 a 99% do sal, com um teor de K_2O de 60 a 62%.

Cura: Processo pelo qual o superfosfato ou os fertilizantes granulados são armazenados, até que as reações químicas tenham cessado ou quase se completado.

Fórmulas: Uma das principais preocupações ao se produzir e usar um fertilizante é a fórmula. Ela representa o teor de nutrientes, em percentagens, dos elementos fertilizantes utilizados. A fórmula é expressa através de um conjunto de três números nesta ordem: % de nitrogênio total (N), fósforo disponível (P_2O_5) e potássio solúvel (K_2O). Assim, uma fórmula 5-10-15 contém 5% de nitrogênio, 10% de P_2O_5 e 15% de K_2O . Os 70% restantes do produto são formados por outros elementos, como o cálcio, o cloro, oxigênio e enxofre. Se um nutriente não existir na fórmula, ele é representado por 0. Assim, 45-0-0 é a fórmula da uréia, 0-46-0 é a do superfosfato triplo, 0-0-60 é do cloreto de potássio e 18-46-0 é a do diamônio fosfato.

Formulação: É uma relação das diversas quantidades das diversas matérias-primas usadas para formar 100 quilos de mistura de fertilizante pronto.

Fosfato de amônio: Fertilizante sólido, fabricado a partir da reação da amônia com o ácido fosfórico. Podem ser produzidos diferentes produtos dependendo

das quantidades de amônia que reagem com o ácido fosfórico. Dois produtos são os mais comuns: monoamôniofosfato (MAP), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, de fórmula 10-50-0 ou 11-48-0, e diamôniofosfato (DAP), $\text{NH}_4_2(\text{H}_2\text{PO}_4)$, de fórmula 16-48-0 ou 18-48-0, resultantes da ação da amônia sobre ácido fosfórico via úmida.

Fósforo disponível: O teor de fósforo (P_2O_5) existente em um fertilizante, expresso como percentagem, que é considerado prontamente disponível para as plantas em crescimento. O teor de fósforo total contido no fertilizante é em geral maior do que o disponível, e devem, ambos, constar nos rótulos das embalagens.

Macronutrientes: Os nutrientes primários das plantas são o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Eles são chamados macronutrientes ou nutrientes primários, porque são necessários em quantidades relativamente grandes para o crescimento saudável das plantas. As quantidades dos elementos nutritivos das plantas, como o fósforo e o potássio, são expressas em termos de seus equivalentes óxidos, P_2O_5 para o fósforo disponível e K_2O para o potássio.

Micronutrientes: É o nome para os elementos nutritivos necessários em pequenas quantidades pelas plantas, como molibdênio, sulfato de cobre, sulfato de ferro, sulfato de manganês.

Superfosfato simples: É fabricado a partir da mistura de rocha fosfatada moída e ácido sulfúrico, que resulta em um material contendo principalmente fosfato monocálcico e gesso. O teor normal de P_2O_5 do superfosfato é em torno de 18 a 20%. O superfosfato triplo é obtido misturando-se o ácido fosfórico com a rocha fosfatada moída. Então, se obtém um produto com 40 a 48% de P_2O_5 . Quando se usa apenas o ácido fosfórico, o material não contém enxofre ou gesso.

Uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): É um material sólido sintético orgânico, contendo aproximadamente 45% de nitrogênio. No solo, seu nitrogênio muda de forma, primeiro para amônia e depois para nitrato.

16.2) Você habitualmente elimina catarro do peito ao levantar-se ou de manhã cedo?

sim não

16.3) Você habitualmente elimina catarro do peito durante seu turno de serviço?

sim não

16.4) Você habitualmente elimina catarro do peito durante o resto do dia ou à noite?

sim não

16.5) Você elimina catarro do peito a maioria dos dias por 3 meses consecutivos ou mais durante o ano?

sim não

16.6) Há quantos anos você elimina catarro do peito? N.º de anos:

16.7) Essa expectoração aparece em alguma época preferencial do ano?

verão outono inverno primavera indiferente

17) Tosse e expectoração

17.1) Você tem tido episódios (ou aumentos,) da tosse e catarro que durassem por 3 semanas ou mais?

sim não n.s.a.

17.2) Se sim, há quanto tempo você apresenta ao menos um episódio por ano?

18) Sibilância

18.1) Você tem chiado no peito?

sim não

Responder apenas se tiver sibilância:

18.2) Quando você está resfriado?

sim não

18.3) Ocasionalmente, independente de estar resfriado? sim não

18.4) A maioria dos dias e noites?

sim não

18.5) Quando você está no trabalho?

sim não

18.6) Quando você retorna para casa?

sim não

18.7) Quando você começou a ter chiado no peito? N.º de anos:

19) Sibilância com dispnéia

19.1) Você teve alguma crise de chiado no peito que lhe deixou com falta de ar?

sim não

Responder apenas se tiver sibilância com dispnéia:

19.2) Quando estava resfriado?

sim não

19.3) Ocasionalmente, independente de estar resfriado? sim não

19.4) A maioria dos dias e noites?

sim não

19.5) Quando você estava no trabalho?

sim não

19.6) Quando você retorna para casa? () sim () não

19.7) Se sim, que idade você tinha quando teve sua primeira crise? Idade:

19.8) Você precisou usar medicamentos para tratar essas crises?
() sim () não

20) Dispnéia

20.1) Você tem falta de ar quando caminha rápido no plano ou quando sobe uma escadas?

() sim () não

20.2) Você tem falta de ar depois de caminhar alguns minutos no seu passo habitual em área plana ou quando faz suas tarefas habituais?

() sim () não

20.3) Você tem falta de ar para vestir-se ou desvestir-se?

() sim () não

21) Rinite

21.1) Você apresenta coceira, espirros, corrimento ou entupimento nasal com frequência?

() sim () não

Responder apenas se tiver sintomas de rinite:

Esses sintomas pioram:

21.2) Quando você está no trabalho? () sim () não

21.3) Quando você retorna para casa? () sim () não

21.4) Quando você está dormindo? () sim () não

Esses sintomas melhoram:

21.5) Nos dias de folga? () sim () não

21.6) Quando você está de férias? () sim () não

22) Sintomas oculares

22.1) Você habitualmente apresenta coceira, ardência ou lacrimejamento nos olhos?

() sim () não

Responder apenas se tiver sintomas oculares:

Esses sintomas pioram:

22.2) Quando você está no trabalho? () sim () não

22.3) Quando você volta para casa? () sim () não

Esses sintomas melhoram:

22.4) Nos dias de folga? () sim () não

22.5) Quando você está de férias? () sim () não

23) Doenças respiratórias ou torácicas no passado

Você tem ou teve alguma das seguintes doenças:

23.1) Pneumonia ou broncopneumonia: () sim () não

23.1.a) Foi confirmada pelo médico? () sim () não

23.1.b) Que idade você tinha? anos

23.2) Enfisema: () sim () não

23.2.a) Foi confirmado pelo médico () sim () não

23.2.b) Que idade você tinha? anos

23.3) Asma: () sim () não

23.3.a) Foi confirmado pelo médico? () sim () não

23.3.b) A que idade começou? anos

23.3.c) Você ainda tem asma? () sim () não

23.3.d) Se não tem mais, com que idade parou? anos

23.4) Você sofreu alguma cirurgia torácica? () sim () não

23.4.a) Se sim, especifique qual:

23.5) IRAs (gripes, sinusites, bronquites, amigdalites): () sim () não

23.5.a) Se sim, especifique qual:

23.5.b) Foi confirmada pelo médico: () sim () não

23.5.c) Quantas vezes ao ano? N.º de vezes:

23.6) Tuberculose: () sim () não

23.7) Você teve alguma outra doença respiratória? () sim () não

23.7.a) Se teve especifique qual:

23.8) Algum médico disse que você tem problemas cardíacos? () sim () não

23.8.a) Se sim, especifique o diagnóstico:

23.8.b) Você toma medicamentos para o coração? () sim () não

23.8.c) Se sim, especifique qual ou quais:

24) História ocupacional

24.1) Que outros trabalhos você tem tido (no mínimo por 6 meses)? Especifique:

Função:	Empresa:	Tempo:
a)	a)	a)
b)	b)	b)
c)	c)	c)

25) Tabagismo

25.1) Você fuma ou fumou cigarros? () sim () não () ex

25.2) Se é(foi) fumante, o que você fuma(fumou)?

- () cigarros comercializados () cigarros feitos com fumo
() charutos () cachimbo

25.3) Se você é(foi) fumante, quanto fuma(fumou)?

N.º cigarros/dia/anos:

Outras modalidades:

25.4) Se você é ou foi fumante, com que idade começou a fumar? anos

25.5) Se você é ex-fumante, com que idade parou? Anos

25.6) Conhece os efeitos prejudiciais do fumo sobre a saúde? () sim () não

25.7) É favorável a existência de locais com proibição de fumo? () sim () não

26) História familiar respiratória

26.1) Você tem parentes naturais (mãe, pai, irmãos e filhos) com doenças respiratórias crônicas?

- () sim () não

26.2) Se você tem, diga qual:

- () bronquite crônica () enfisema () asma
() câncer pulmão () outras

Exame Físico

27) **Peso:**

28) **Altura:**

29) **Pressão arterial:**

30) **F.R.**

31) **F.C.**

32) **Pele:**

32.1) Normal () 32.2) Coberta de poeira () 32.3) Com lesões () Descreva:

33) **Mucosas e conjuntivas:**

33.1) Normocoradas () 33.2) Hipocoradas () 33.3) Hiperacoradas ()

34) **Hipocratismo digital:** 34.1) presente () 34.2) ausente ()

35) **Rinoscopia: Mucosa**

35.1) Normocorada () 35.2) Hipocorada () 35.3) Hiperacorada ()

35.4) Com lesões () Descreva:

36) **Ausculção pulmonar**

36.1) Normal ()

36.2) M.V. diminuído ()

36.3) Roncos ()

36.4) Sibilos ()

36.5) Crepitações inspiratórias ()

36.6) Crepitações expiratórias ()

37) **Radiograma de tórax:**

38) Espirometria:

	Teórico	Obtido	Percentual
C.V.			
C.V.F.			
V.E.F.1			
I.T.			
F.M.E.F.			

Anexo C

Limites de Tolerância dos Poluentes Ocupacionais

	AMBIENTE TRABALHO	NÍVEL CHAMINÉ	MEIO AMBIENTE
• Fluoretos	2,5 mg/m ³	20 mg/m ³ ou 100 g p/ ton P ₂ O ₅	0,35 µg/m ³
• Particulados	-	150 mg/m ³	Anual 80µg/m ³ 24 h= 240 µg/m ³
• Amônia	20 mg/m ³	32 mg/m ³	-
• Silica	8 / %SiO ₂ + 2 (mg/m ³)	-	-

Tabela nº 34: Limites de Tolerância para os poluentes ocupacionais

Fontes: - DMA / SSMA / DCOAr nº 02 / E / Portaria 20/88 de 02/01/89

- Resolução / Conama/ nº 003 de 28 de junho de 1990, publicada no D.O.U., de 22/08/90. Seção I, Págs. 15.937 a 15.939