

Ministério da Saúde

Fundação Osvaldo Cruz

Escola Nacional de Saúde Pública

***"Avaliação dos Riscos à Saúde dos Trabalhadores de uma
Planta de Produção de Lubrificantes - Uma Proposta de
Gerenciamento de Riscos."***

por

Roberto J.S. Novaes

**Dissertação apresentada com vistas à obtenção do
Título de Mestre em Ciências
na área de Saúde Pública.**

Abril, 2000

“Dedico este trabalho à Elizabeth e aos meus filhos Rodrigo, Diogo e Gabriela, que souberam respeitar este meu período de crescimento interno, sem, contudo, privar-me de seu afeto, incentivo e ensinamentos.”

“Não existem substâncias químicas seguras. Existem apenas maneiras seguras de utilizá-las”
(Emil Mrak)

Agradecimentos

Ao Engenheiro Manoel dos Santos Silva Araújo, Chefe da Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da REDUC, que acreditou neste projeto, empenhando-se junto à Gerência, em liberar-me para cursar os créditos do Curso de Mestrado, e que soube aguardar o resultado do meu próprio empenho na pesquisa realizada.

Aos colegas das áreas de Saúde Ocupacional, Recursos Humanos, Segurança e Meio Ambiente e da Engenharia de Processo(Produção) da Refinaria Duque de Caxias, da Petrobras, que contribuíram de alguma forma para a consecução deste projeto, meus agradecimentos. Em especial ao Técnico de Segurança João Batista Ferreira, ao Médico do Trabalho José Fernando de Souza Bomfim e ao José Thiago Pinto Moreira.

Ao meu orientador, Doutor Carlos Machado de Freitas, pela sua compreensão e paciência com as minhas limitações, sem, entretanto perder de vista os objetivos de nosso projeto, esta nossa modesta contribuição para a Saúde do Trabalhador.

Aos Professores e Pesquisadores do Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, da Escola de Saúde Pública da Fundação Osvaldo Cruz (CESTEH/ENSP/FIOCRUZ), por terem contribuído de forma indelével para meu crescimento pessoal e para a evolução de minha visão sobre a Saúde do Trabalhador. Em particular a pesquisadora Paula de Novaes Sarcinelli, pelas informações decisivas sobre a Caracterização dos Riscos.

A todas as entidades que, de maneira visível ou invisível, doaram-me a fé necessária para concluir esta tarefa, que é parte de minha missão, muito obrigado.

ROBERTO JOSÉ SILVA NOVAES

(Maio de 2000)

RESUMO

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa na área de Saúde, Segurança do Trabalhador e Meio Ambiente. A pesquisa avalia os riscos a saúde a que se expõem os trabalhadores que laboram em uma planta de produção de lubrificantes pertencente a uma refinaria de grande porte. A planta em foco tem seu projeto e concepção operacional datados da década de 60. A escolha do local para a pesquisa de campo baseou-se em critério de julgamento profissional que baseou-se nas queixas dos empregados e inexistência de pesquisas específicas sobre o agente tóxico presente no processo: o Metil-isobutilcetona.

Neste cenário, dois subconjuntos tiveram seus ambientes avaliados: a unidade de desparafinação e a unidade de desoleificação. Particularmente, devido a possibilidade de exposição de seus trabalhadores a vapores do solvente orgânico utilizado no processo contínuo de extração de parafinas do petróleo usado como matéria prima: o Metil-isobutilcetona(MIBC). A quantificação da exposição ao MIBC nestas duas unidades foi o caminho identificado para atender às demandas anteriores dos trabalhadores e simultaneamente levantar dados para subsidiar a estrutura gerencial da refinaria, para apoiar decisões de intervenção no processo e no ambiente de trabalho. A suposição inicial de que o MIBC é carcinogênico não foi comprovada na literatura pesquisada, considerando os dados toxicológicos existentes atualmente para o MIBC.

Foram adotadas técnicas de Avaliação de Riscos, passando pelas fases da **identificação de perigo, avaliação da exposição, análise do processo de trabalho, caracterização do risco e gerenciamento do risco**. Esta avaliação, que se utilizou de técnicas consagradas da Higiene Industrial, teve o objetivo de quantificar a exposição dos trabalhadores daquele grupo homogêneo, em decorrência da contaminação do ar ambiente pelo agente tóxico quantificado. A partir dos valores de concentração no ambiente, estimou-se a dose e, utilizando-se parâmetros obtidos na caracterização do risco, tais como o Índice de Perigo(IP) e a Margem de Exposição(ME), estabeleceu-se o grau de perigo do MIBC. Os números de IP e ME são os balizadores procurados para subsidiar as decisões gerenciais.

Unitermos: *análise de risco; saúde ocupacional, segurança; contaminação química; gerenciamento de riscos..*

ABSTRACT

This dissertation presents the result of a Workers Health, Safety and Environment research. The research evaluates risks to the health of workers that work in a lubricating production plant, in a wide refinery. The operational design of the plant focused its from the sixties. The site chosen to this research was based upon a professional criteria, that in its way was based in previous workers complains. Other wise, there was few researches concerning to the toxic substance toxicity. This toxic substance in study that is present in the production process is the solvent Methyl isobutyl ketone (MIBK).

The scenery showed us two units, where the assessment must occur: the solvent de-waxing and the solvent extraction units. These two units uses the solvent MIBK in its process, causing workers exposure to its vapors.

The exposure assessment of MIBK in these two production units was the way found by the author to lead us to answer previous workers complains, and simultaneously to find parameter to support decisions of process and work environment intervention.

There was a previous assumption that MIBK was a carcinogen substance, as other known organic solvents. But sources studied didn't support this initial supposition, considering the MIBK toxicological data today.

Risk Assessment method was adopted, passing through, **hazard identification, exposure assessment, work process analysis, risk characterization and risk management.** This exposure assessment used the Industrial Hygienists well known technique that had the aim to quantify the workers group exposition to the air polluted by the toxic substance, which concentration was measured.

Based upon MIBK concentrations measured in the air, the dose was estimated, the hazard index (HI) and exposure margin (EM) were determined to define danger degree of MIBK. The numbers HI and EM are the parameter that the research was looking for support risk managers decisions.

Keywords: *Risk Analysis; Occupational Health; Safety; Chemical Pollution; Risk Management.*

SUMÁRIO

1. Introdução	2
• 1.1. O Tema - Problema	2
• 1.2. A Escolha do Tema como desafio de crescimento pessoal	3
• 1.3. A Contribuição do Estudo do Tema - Problema	14
• 1.4. Os Objetivos da Pesquisa	14
2. O Processo Industrial em uma Refinaria de Petróleo	18
• 2.1. O Processo Industrial do Refino de Petróleo	18
• 2.2. A Refinaria Duque de Caxias – REDUC	20
• 2.3. O Processo Industrial da Planta de Produção de Lubrificantes e seus Riscos	22
• 2.4. O Processo de Produção de Lubrificantes e Parafinas	26
3. Avaliação dos Riscos de Processo de Produção de Lubrificantes e Parafinas Relacionados ao Metilisobutilcetona.....	31
• 3.1. Antecedentes	31
• 3.2 A Análise Ergonômica como Ferramenta Auxiliar da Avaliação dos Riscos	35
• 3.3. A Metodologia de Avaliação dos Riscos	36
4. Resultados - Apresentação e Discussão.....	62
• 4.1. Avaliação da Exposição ao Metilisobutilcetona (MIBC)	62
• 4.2. A Caracterização do Risco	87
5. Conclusões.....	93
• 5.1. A Proposta para o Gerenciamento dos Riscos à Saúde dos Trabalhadores das Unidades de Desparafinação e Desoleificação:	95
Referências Bibliográficas.....	99

RELAÇÃO DE TABELAS

4.1.	Código de Amostradores por Atividade, Área e Unidade.....	76
4.2.	Dose Diária Média de Exposição ao MIBC pela Via Inalatória de Operadores.....	86

RELAÇÃO DE QUADROS

Quadro 2.1	Comparação entre os Limites de Exposição para Solventes Usados no Processo da Planta de Produção de Lubrificantes.....	22
Quadro 3.0	Resultados Preliminares da Avaliação da Exposição a Concentração de MIBC, Experimentados pelos Operadores numa Jornada de 8 horas.....	33
Quadro 3.3	Fatores para Efeitos Não Carcinogênicos.....	51
Quadro 4.1	Matriz de Grau da Exposição ao MIBC.....	64
Quadro 4.2	Mapeamento dos Pontos de Emissão do MIBC na Unidade de Desoleificação.....	65
Quadro 4.3	Mapeamento dos Pontos de Emissão do MIBC na Unidade de Desparafinação.....	65
Quadro 4.4	Atividades Desenvolvidas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação. Número de Trabalhadores Envolvidos por Turno...	69
Quadro 4.5	Atividades Desenvolvidas pelos Operadores da Unidade de Desoleificação. Número de Trabalhadores Envolvidos por Turno...	73
Quadro 4.6	Resultados das Monitorizações Pessoais dos Operadores das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no Período de 01 a 11/09/1999, na REDUC.....	78
Quadro 4.7	Resultados das Monitorizações Pessoais da Equipe de manutenção das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, Quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no período de 20 A 27/09/99 , Na REDUC.....	79
Quadro 4.8	Resultados das Monitorizações Pessoais do Grupo de Controle, Quanto a Emissão Do Metilisobutilcetona, No Período de 20 a 27/09/99, na REDUC.....	79
Quadro 4.9	Concentrações (C_{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação(U-1530), durante seus turnos de trabalho em mg / m^3	80
Quadro 4.10	Concentrações (C_{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desoleificação(U-1630), durante seus turnos de trabalho em mg / m^3	80

RELAÇÃO DE QUADROS

Quadro 4.12	Estimativa do Risco de Exposição ao Metilisobutilcetona para Trabalhadores das Unidades de Produção de Lubrificantes e Parafinas da REDUC (Setembro de 1999).....	90
-------------	---	----

RELAÇÃO DE ANEXOS

Quadro 3.1	Limites de Exposição do Contaminante MIBC em Vários Países.....	105
Quadro 3.2	Valores de DL ₅₀ e CL ₅₀ para MIBC em Ratos e Camundongos.....	106
Quadro 3.3	Fatores para Efeitos Não Carcinogênicos.....	107
Quadro 4.6	Resultados das Monitorizações Pessoais dos Operadores das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no Período de 01 a 11/09/99, na REDUC.....	108
Quadro 4.7	Resultados das Monitorizações Pessoais da Equipe de Manutenção das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no período de 20 a 27/09/99, na REDUC.....	109
Quadro 4.8	Resultados das Monitorizações Pessoais Grupo de Controle , quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no período de 20 a 27/09/99, na REDUC.....	110
Quadro 4.9	Concentrações (C _{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação, durante seus turnos de trabalho em mg/m ³	111
Quadro 4.10	Concentrações (C _{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desoleificação, durante seus turnos de trabalho em mg/m ³	112
Quadro 4.11	Concentrações (C _{MPT}) do MIBC Experimentadas pela Equipe de Manutenção das Unidades de Desoleificação e de Desparafinação, em mg/m ³	113
Figura 2.1	Esquema Básico do Refino.....	114
Figura 2.2	Fluxograma da Unidade de Desparafinação	115
Figura 2.3	Filtro Rotativo da Unidade de Desparafinação.....	116
Figura 2.4	Detalhe da Operação dos Filtros Rotativos - Borrifo e Raspagem da Torta.....	117
Figura 2.5	Operação dos Filtros - Ciclo Completo da Rotação.....	118
Figura 2.6	Bota dos Filtros.....	119
Figura 2.7	Fluxograma da Unidade de Desoleificação.....	120

RELAÇÃO DE ANEXOS

Figura 3.2	Metabolismo do metilisobutilcetona em Porquinhos da Índia e Ratos.....	121
Figura 4.1	Amostrador passivo de adsorção ("badge").....	122

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. O TEMA - PROBLEMA

Os processos de adaptação das pessoas às condições ambientais, geralmente considerados como reações fisiológicas normais, capazes de proteger o organismo em termos de sua sobrevivência, podem ter-se tornado destruidores da saúde e da integridade corporal (LAURELL, 1987). Particularmente para a classe trabalhadora, o fenômeno do estresse ("stress") tornou-se um processo negativo de adaptação às condições predominantes de sua baixa qualidade de vida, tendo-se estabelecido como condição normal biopsíquica desta numerosa parte da sociedade, que geralmente habita os grandes centros e a sua periferia, categorizados como trabalhadores urbanos. Neste cenário, começou-se a questionar se os agentes causadores de doenças e lesões imediatas a que estão sujeitos os trabalhadores em seus ambientes de trabalho, não se limitavam aos clássicos “riscos¹ físicos, químicos, biológicos e ergonômicos”, denominações criadas e largamente utilizadas pelos higienistas industriais².

A par da dificuldade que se apresenta na pesquisa de métodos para avaliar quantitativamente estes agentes etiológicos no ambiente de trabalho industrial, este estudo focalizou *os processos contínuos de produção da indústria de refino de petróleo, seus perigos para a saúde dos trabalhadores e suas agressões à qualidade do ambiente de trabalho*. A partir dos resultados desta avaliação quantitativa, busca-se o controle eficaz dos perigos inerentes ao trabalho e ao processo de produção, numa proposta de gerenciamento dos riscos à saúde das pessoas e ao meio ambiente.

A dificuldade mencionada não foi suficiente para que se perdesse o verdadeiro foco da pesquisa, que é o de quantificar o risco da exposição a um solvente pouco estudado, usado no processo de produção de parafinas: *o metilisobutilcetona*. A percepção do risco e os relatos de

¹ Notar que a palavra “riscos”, está grafada entre aspas neste texto, porque não está adequadamente utilizada dentro dos conceitos da Avaliação de Riscos. No caso específico, seu significado é o mesmo adotado nas publicações e manuais de Higiene Industrial, bem como nas leis e normas brasileiras relacionadas ao assunto (BRASIL, 1978: Ministério do Trabalho, Portaria 3214, Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança, NR-09 – Programa de Prevenção dos *Riscos Ambientais*)

² Alguns autores como LAURELL, BRITO e PORTO citam em seus trabalhos o conceito de “*carga de trabalho*”, que não desconsidera as definições de higienistas industriais quanto a natureza e a presença dos “riscos” físicos, químicos e biológicos nos ambientes de trabalho. Entretanto, além de valorizar os fatores

queixas dos trabalhadores estão melhor abordados no tópico **2.3.1 A Demanda dos Trabalhadores e sua Percepção do Risco.**

1.2. A ESCOLHA DO TEMA COMO DESAFIO DE CRESCIMENTO PESSOAL

Atuando como engenheiro de segurança do trabalho nesta refinaria, a escolha do tema foi conseqüência natural da necessidade de se aplicar mais recursos no aprofundamento das avaliações preliminares já realizadas, por profissionais do Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), que me antecederam.

A motivação intrínseca passa por um sentimento da necessidade de intervir de um modo mais eficaz e definitivo nas modificações do ambiente de trabalho, *buscando maior significado para a função de engenheiro de segurança*. Esta busca de um ideal profissional teve papel preponderante na escolha do tema: *a saúde e a qualidade de vida do trabalhador*. Preocupa-nos o presente e o futuro dos trabalhadores das indústrias de risco, expostos anos a fio em ambientes de trabalho tóxicos à saúde, acarretando a diminuição de sua expectativa de vida. Estes mesmos trabalhadores freqüentemente puderam assistir e vivenciar esforços e iniciativas no sentido de se investir na melhoria de suas condições de trabalho, colocados em segundo plano, enquanto que recursos financeiros e humanos facilmente eram direcionados para a aquisição de uma nova máquina, visando o aumento da produção.

Em Porto encontra-se o apoio a afirmativa acima, quando cita a visão estreita e limitante da engenharia de segurança clássica dos “atos inseguros” e “condições inseguras”, que rapidamente levam à falência do modelo de culpabilização do trabalhador, no qual “a vítima vira o culpado”, numa flagrante “inversão de valores”. (Porto, 1994: p. __)

A busca do crescimento profissional e da quebra do paradigma da ação reativa no exercício da engenharia de segurança têm sido fortes elementos e fonte de motivação para a continuidade deste projeto. A proposta deste trabalho transcende a conclusão de um curso de pós-graduação e da obtenção de um título. O objetivo deste autor é o de que se adotem as ferramentas de Avaliação de Riscos, no âmbito da empresa, com o conseqüente desapego ao uso dos “limites de tolerância” à exposição, como um dos critérios para definir a qualidade de um projeto, processo ou ambiente de trabalho na área de saúde e segurança dos trabalhadores.

ergonômicos, também abordam o contexto psíquico do trabalho e seu potencial de lesar a saúde destes trabalhadores. O conceito de *carga de trabalho* nesta dissertação não será aprofundado.

Entretanto uma forte cultura interna da companhia, que ainda valoriza muito os princípios da Higiene Industrial, exercida por alguns Engenheiros e Técnicos de Segurança, e os da Saúde Ocupacional, prática adotada por poucos Médicos do Trabalho, transforma este objetivo em algo ambicioso.

A necessidade de ir além da prática da Higiene Industrial e da Saúde Ocupacional, adotando-se modelos de gestão de segurança, saúde e preservação do meio ambiente integrados e atualizados, apresenta-se como o caminho a trilhar. Vem daí a inspiração para unir as boas técnicas de avaliação da Higiene Industrial com as da Avaliação de Riscos, conduzindo os resultados da pesquisa a uma maior aplicabilidade prática no Gerenciamento dos Riscos.

1.3 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MEDICINA DO TRABALHO À SAÚDE DO TRABALHADOR

A busca pela eficácia no trato dos assuntos de saúde dos trabalhadores, remonta à primeira metade do século XIX, com a Revolução Industrial quando a Medicina do Trabalho, surge como especialidade médica. O proprietário de uma fábrica têxtil, Robert Dernham, contratou seu próprio médico particular, Dr. Robert Baker para cuidar dos empregados de sua tecelagem. É possível que o empresário Dernham tenha tomado esta iniciativa preocupado apenas com a produtividade de seu negócio, ou com as conseqüências jurídicas de seus atos ou de sua omissão. O que se sabe é que seu médico realizou a primeira inspeção das condições de higiene e saúde de uma fábrica, por iniciativa do empregador, da História Ocidental. Além deste fato, o Dr. Baker chamou para si toda a responsabilidade de identificar os malefícios do trabalho sobre os operários, propor formas de preveni-los e até assumir responsabilidades jurídicas, no caso de algum deles vir adoecer em conseqüência da atividade laboral (Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Desta forma surge em 1830 o primeiro serviço de medicina do trabalho, cuja forte característica é, desde o começo, estar centrado na figura do médico, pessoa de inteira confiança do empregador, que teria a tarefa de prevenir os danos à saúde decorrentes dos “riscos” do trabalho. Os serviços de medicina do trabalho, baseados neste modelo, prosperaram rapidamente em outros países, acompanhando o processo de industrialização. Nesta época a importância dos serviços médicos das fábricas cresce na medida em que não existem (ou são ineficientes) os sistemas estatais de assistência à saúde. Os serviços médicos

das fábricas passam a ser vistos como um benefício, no sentido de remuneração indireta, pois freqüentemente se estendem aos familiares dos trabalhadores, criando um modo eficaz de controlar a força de trabalho(Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Já no século XX, no ano de 1919 foi criada a Organização Internacional do Trabalho(OIT). Esta entidade materializa em sua agenda a preocupação crescente no cenário internacional em proporcionar aos trabalhadores os serviços médicos. Mas somente em 1953, através da *Recomendação 97* sobre a “Proteção da Saúde dos Trabalhadores”, a Conferência Internacional do Trabalho sugeriria aos estados membros da OIT, que incrementassem a formação de médicos do trabalho. Desde então, de 1954 até 1959, vários eventos relacionados a implantação dos "serviços médicos do trabalho" culminariam na *Resolução 112*, que consolidava a experiência dos países industrializados neste dispositivo normativo de âmbito internacional, que passou a servir de referência para leis nacionais, inclusive as do Brasil (Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

A Resolução 112 preconiza que os "serviços de medicina do trabalho" devem ser organizados nos locais de trabalho ou próximos a eles, com o objetivo de garantir a proteção dos trabalhadores contra todo risco à sua saúde decorrente do trabalho ou das condições do ambiente onde sua atividade laboral se desenvolve.

Em resumo, o caráter de onipotência que é atribuído ao especialista médico do trabalho, como sendo capaz manter o bem-estar físico e mental dos trabalhadores é, ao nosso ver, uma das características da medicina do trabalho. Outra característica importante da medicina do trabalho é a de ter-se tornado uma aliada da "administração científica do trabalho", quando na seleção de pessoal tenta escolher a mão-de-obra mais adequada para determinada função, com o potencial de causar menos problemas futuros. A medicina do trabalho fracassou ao tratar da saúde do trabalhador com uma visão exclusivamente patronal (Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Após a II Guerra Mundial, a tecnologia industrial evoluiu de forma acelerada, com novos processos, novos produtos, novos equipamentos e uma nova divisão internacional do trabalho. O mundo do trabalho assiste a uma relativa impotência da Medicina do Trabalho para intervir sobre os problemas de saúde causados pelos novos (e ainda pelos antigos) processos de produção. Ações trabalhistas, cada vez mais freqüentes nos países industrializados, demonstram a insatisfação e o questionamento dos trabalhadores em relação

ao modo de seus empregadores e patrões gerirem sua saúde e segurança(Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

A resposta racional , "científica" e aparentemente inquestionável traduz-se na ampliação da atuação médica direcionada ao trabalhador, pela *intervenção sobre o ambiente*, com o instrumental oferecido por outras disciplinas e outras profissões. Surge a Saúde Ocupacional, dentro de grandes empresas com o traço da multi e interdisciplinaridade, com a organização de equipes progressivamente multiprofissionais, com ênfase na Higiene Industrial, refletindo a origem histórica dos serviços médicos e o lugar de destaque das indústrias nos países centrais. Entretanto, a característica inovadora da Saúde Ocupacional é a de apoiar-se em três pilares: a ciência médica, a ciência da engenharia e as ciências sociais. Deste modo a racionalidade científica da atuação multiprofissional é contemplada, para intervir nos locais de trabalho e controlar os riscos ambientais.

A influência das escolas de Saúde Pública de Harvard, Johns Hopkins, Michigan e Pittsburg conferiu à saúde ocupacional um forte matiz ambiental. Assim, a Saúde Ocupacional é tratada em algumas escolas como um ramo da Saúde Ambiental, como na Faculdade de Saúde Pública da Universidade Estadual de São Paulo (FSP/USP). Um outro ramo desenvolve a saúde ocupacional com um enfoque centrado na Higiene Ocupacional, porém não de forma complementar, mas acompanhado de uma relativa desqualificação do enfoque médico e epidemiológico da relação trabalho-saúde.

O desenvolvimento e a adoção da Saúde Ocupacional no Brasil, mesmo dando-se tardiamente, a partir da década de 70, produziu na academia cursos de especialização e pós-graduação nesta nova área, destacando-se o Departamento de Saúde Ambiental da já citada Faculdade de Saúde Pública da USP, como o pioneiro. Uma instituição de pesquisa importante foi criada em 1966: a Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho(FUNDACENTRO)³, com a missão de pesquisar e gerar normas técnicas pertinentes aos problemas de segurança, higiene ocupacional e medicina do trabalho, nos moldes dos institutos similares no exterior(Moraes, G. , 1998).

No campo da legislação específica o Capítulo V da Consolidação das Leis Trabalhistas foi alterado pela Lei 6.514, estabelecendo diretrizes para a segurança e a

³ Em 1978 a denominação da FUNDACENTRO foi alterada para Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho, por meio da Lei 6.618 de 16 de dezembro(Moraes, G., 1998).

medicina do trabalho, criando condições para a regulamentação dos aspectos abordados, que culminou na promulgação das Normas Regulamentadoras de Segurança em 1978(as NR's) , que são praticamente o manual da atividade profissional de engenheiros, médicos e fiscais do trabalho, até os dias de hoje(Moraes, G., 1998).

O modelo da Saúde Ocupacional, aparentemente parecia ter a capacidade de atingir os objetivos propostos de zelar pela saúde dos trabalhadores de modo inequívoco. Por que então fracassou? Apresenta-se a seguir o ponto de vista dos Drs. René Mendes e Elizabeth Costa Dias em seu artigo de revisão, com o qual concordo:

- *O modelo mantém da Saúde Ocupacional o referencial da medicina do trabalho firmado no mecanicismo.*
- *Não concretiza o apelo à interdisciplinaridade: as atividades apenas se justapõe de maneira desarticulada e são dificultadas pelas lutas corporativas.*
- *A capacitação dos recursos humanos, a produção de conhecimento e de tecnologia de intervenção não acompanham o ritmo da transformação dos processo de trabalho.*
- *O modelo, apesar de enfocar a questão no coletivo de trabalhadores, continua a abordá-los como objeto das ações da saúde e não como atores do processo.*
- *A manutenção da Saúde Ocupacional no âmbito do trabalho(diga-se, no âmbito da empresa), em detrimento do setor saúde, discriminando-a deste setor.*

1.3.1 O Surgimento da Saúde do Trabalhador

A insuficiência do modelo de Saúde Ocupacional não constituiu fenômeno pontual e isolado. Mas, em que cenário a insuficiência deste modelo se evidenciou?

Surge nos países industrializados do mundo Ocidental (Alemanha, França, Inglaterra, Estados Unidos e Itália) um movimento social renovado, revigorado e redirecionado, na segunda metade da década de 60, que se alastra pelo resto do planeta. Este movimento questionava o sentido da vida, o real valor da liberdade, o significado do trabalho na vida, o uso do corpo, a denúncia do obsoletismo de valores, já sem significado para a nova geração. Estes questionamentos abalaram a confiança no Estado, colocando em xeque o lado “sagrado” e “místico” do trabalho, uma das bases filosóficas do pensamento cristão e necessária à perpetuação da sociedade capitalista.

Imergindo no mundo do trabalho, esta inquietação traduziu-se pela exigência da participação dos trabalhadores nas questões de saúde e segurança. Estas questões tipificavam mais do que quaisquer outras, as situações concretas de sofrimento e morte. A década seguinte, nos anos 70, foi muito rica na colheita das mudanças semeadas nos anos 60, particularmente, para os trabalhadores italianos. Na Itália foi promulgada em 20 de maio de 1970, a Lei 300 (“*Norma per la libertà e la dignità dei lavoratori, della libertà sindacale e dell’attività sindacale nei luoghi di lavoro*”). Suas principais características são a **não delegação da vigilância sanitária da saúde ao Estado e a não monetarização do risco**.

Ao longo da década de 70, os trabalhadores americanos (1970), os ingleses(1974), os suecos(1974), os noruegueses(1977) e os canadenses(1978) foram conquistando novos direitos relacionados à saúde e a segurança, enriquecendo aquelas conquistas iniciais dos operários italianos, tais como:

- O direito à informação sobre a natureza dos riscos, as medidas de controle, os resultados de exames médicos e de avaliações ambientais.
- O direito à recusa ao trabalho que exponha a sua saúde a risco grave.
- O direito à consulta prévia aos trabalhadores pelos empregadores, antes de mudanças de tecnologia serem implantadas.

A década de 70 também assistiu a profundas mudanças nos “processos de trabalho”, ao declínio no setor secundário e ao crescimento do setor terciário e à mudança de perfil da força de trabalho. Nesta mesma época, iniciou-se em grande escala a transferência de indústrias para o “3º Mundo”, com a transnacionalização da economia e conseqüente transferência da poluição ambiental e riscos para a saúde pública.⁴

Nesta mesma década a recessão se instala mundialmente, os países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo provocam uma alta nos preços, gerando impactos em toda a economia mundial, mas com reflexos potencializados nos países emergentes. Criaram-se as empresas “maquiladoras” e as zonas livres de impostos (as “zonas francas”), como as de Manaus e Singapura, sem muito questionamento dos países que as abrigavam, aparentemente preocupados em gerar empregos. Ao final desta década, as novas tecnologias de automação e informatização tornam-se importantes, introduzindo profundas

⁴ As unidades de produção de lubrificantes, que são os locais da pesquisa de campo, foram concebidas com tecnologia da década de 60 e construídas na década de 70. Hoje fica claro que a importação de qualquer tecnologia, deve ser acompanhada de uma criteriosa análise dos riscos à saúde e ao meio ambiente.

modificações na organização do trabalho: o “capital” aumenta sua possibilidade de controle e diminui sua dependência do “saber operário”.

Ainda nos anos 70 o “taylorismo” ressurgiu com vigor redobrado através de dois de seus princípios básicos: o da primazia da gerência, através da apropriação do conhecimento operário e pela interferência direta nos métodos e processos; o da importância do planejamento e controle do trabalho.

No campo das idéias sobre a Saúde, a concepção positivista sobre a Medicina como atividade amplamente autônoma, lhe confere o mesmo “status” que o de outros subsistemas sociais, como o Econômico, o Político e o Educacional.

O intenso processo social desta década, produz conseqüências sobre a aparente hegemonia do modelo de saúde ocupacional, como por exemplo, a explicitação da desconfiança dos trabalhadores nos procedimentos técnicos e éticos dos profissionais de segurança, higiene e medicina do trabalho. A participação concreta dos trabalhadores em questões de saúde pôs em xeque, os conceitos e praxes consagradas pela saúde ocupacional, como por exemplo, o valor e a ética de exames médicos pré-admissionais e periódicos utilizados para práticas altamente discriminatórias. Na área da Higiene e da Toxicologia Industrial, desmorona o mito dos “limites de tolerância” que fundamentavam a lógica da Saúde Ocupacional. O conceito de exposição segura é abalado. Efeitos comportamentais provocados pela exposição a baixas doses de chumbo e solventes orgânicos põem em xeque os critérios de “proteção à saúde” focados no controle do ambiente e parametrizados pelos limites de tolerância (Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Após esta fase, a vocação da saúde ocupacional desloca-se para ocupar-se da “promoção da saúde”, através de um processo de educação visando modificar o comportamento das pessoas e seu estilo de vida. Entretanto, os problemas clássicos e graves até hoje não solucionados pelos modelos utilizados, criaram um terreno fértil para prosperar o conceito de Saúde do Trabalhador.

1.3.2 O que é Saúde do Trabalhador?

É um campo em construção no espaço da Saúde Pública e seu objeto pode ser definido como o estudo do processo de saúde e doença dos grupos humanos em sua relação com o

trabalho. Este estudo passa pela identificação dos aspectos e impactos que o trabalho e seu ambiente produzem sobre esta categoria da sociedade, considerando primordialmente sua dimensão humana. Desta forma, a Saúde do Trabalhador busca a explicação sobre o adoecer e morrer dos trabalhadores, através da leitura dos processos de trabalho, de maneira articulada com o conjunto de valores, crenças e idéias, as representações sociais e a possibilidade do consumo de bens e serviços, na moderna civilização urbano-industrial. A Saúde do Trabalhador considera o trabalho como organizador da vida social, onde o trabalhador é ator, é sujeito capaz de pensar e de se pensar(Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Na leitura da relação saúde-trabalho, os trabalhadores buscam controle sobre os ambientes de trabalho, para torná-los mais saudáveis (salubres). É um processo lento, contraditório e desigual, no conjunto da classe trabalhadora. Mas apesar das diferenças, existem princípios comuns, nos quais os trabalhadores buscam ser reconhecidos em seu saber, questionam as alterações nos processos de trabalho, especificamente a adoção de novas tecnologias, exercitam o direito à informação e a recusa ao trabalho perigoso ou arriscado à saúde(Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

No Brasil, a Saúde do trabalhador emerge nos anos 80, no contexto da transição democrática, quando o país começa a sair do regime autoritário, vigente desde 1º de abril de 1964. Para apoiar esta nova visão ao lidar com as questões de saúde relacionadas ao trabalho, os trabalhadores tiveram (e ainda têm) o concurso de uma assessoria técnica especializada e o suporte dos serviços públicos estatais de saúde. O Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (DIESAT) e o Instituto Nacional de Saúde no Trabalho(INST) são entidades que surgem no Brasil, abrigando profissionais comprometidos com a luta dos trabalhadores, fazendo assessoria sindical, estudando os ambientes e condições de trabalho, levantando riscos e constatando danos para a saúde e também resgatando o saber operário (Mendes, R. e Dias, E.C, 1991).

Segundo Mendes, R e Dias, E.C.,(p. 348):

“A caminhada da medicina do trabalho à saúde do trabalhador encontra-se em processo. Sua história pode ser contada em diferentes versões, porém com a certeza de que é construída por homens que buscam viver. Livres.”

1.3.4 Como a Avaliação dos Riscos pode contribuir para a implementação da Saúde do Trabalhador e da Saúde Pública

Os anos 70 também foram palco do crescimento da consciência ecológica e do movimento ambientalista que imprimiu uma nova dinâmica social no trato com as questões dos *riscos tecnológicos ambientais*⁵. A intensa mobilização social, nos países centrais, atinge as comunidades científicas, que se concentra num grande esforço para o desenvolvimento teórico e aplicação de novas metodologias para avaliar os riscos de maneira quantitativa e probabilística. Resultado deste empenho acadêmico, desenvolvem-se e aprimoram-se testes de laboratório, métodos epidemiológicos, modelagens ambientais, simulações em computadores e avaliação dos riscos na engenharia, possibilitando maior acurácia na identificação e mensuração dos riscos (Porto e Freitas, 1997).

O número de especialistas que passaram a ter como foco do seu trabalho os riscos à saúde, segurança industrial e meio ambiente, cresce notavelmente, com a conseqüente profissionalização e institucionalização da Avaliação de Riscos, culminando com a formação internacional da Sociedade de Avaliação de Riscos (*Risk Analysis Society*) (Porto e Freitas, 1997).

Entretanto, nos anos 80 assiste-se a emergência da ciência da Avaliação de Riscos, como resposta política à formação de consenso social nos processos decisórios, visando transformar escolhas políticas e econômicas em problemas "puramente técnicos e científicos". Seria uma revalorização da racionalidade para despolitizar os debates envolvendo a aceitabilidade dos riscos.

No que diz respeito aos riscos químicos industriais, três campos do conhecimento técnico e científico são mobilizados: a Engenharia, a Toxicologia e a Epidemiologia. Cada um destes campos tem o seu enfoque particular sobre os riscos químicos industriais.

⁵ Porto e Freitas (1997, p.59 e p.60) abordam o conceito de *riscos tecnológicos ambientais* como sendo aqueles "associados às novas tecnologias químicas, radioativas e geneticamente engenheiradas e seus perigos para a saúde e meio ambiente, discutidos num nível mais abrangente - o da tecnologia em suas diversas dimensões, como a técnica, cognitiva, social, cultural e mesmo filosófica, e não mais delimitando-se aos locais de trabalho.

Para a Engenharia, o risco é a expressão quantitativa do produto entre a probabilidade de eventos ou falhas pela magnitude das conseqüências sobre o tempo. Na quantificação das conseqüências, a influência economicista, do modelo custo-benefício fica evidenciada pela monetarização destas mesmas conseqüências. Este procedimento gerou críticas morais e políticas às tentativas de se atribuir valor monetário a vidas humanas e impactos ao meio ambiente, inibindo as discussões públicas da Avaliação dos Riscos⁶, neste contexto tecnicista (Porto e Freitas, 1997).

A Análise de Risco atualmente aplicada nas indústrias de processo contínuo, como nesta empresa, são ferramentas para decisão acerca da aceitabilidade de uma nova instalação, quanto:

- a localização geográfica dos processos perigosos;
- aos investimentos nos equipamentos para a prevenção de acidentes e limitação das conseqüências;
- aos projetos tecnológicos de processos de fabricação e sistemas de controle;
- a criação de rotinas operacionais e de manutenção;
- a elaboração de documentos de segurança para a organização(Porto e Freitas, 1997).

Observe-se que não há preocupação explícita quanto aos perigos e riscos para a saúde dos trabalhadores que irão operar e habitar estas instalações, a não ser pelo aspecto preditivo do método, que tenta avaliar antecipadamente, através de modelos matemáticos e métodos probabilísticos, os riscos de acidentes, antes que eles ocorram. Entretanto, em alguns métodos, os resultados destas análises são apresentados em termos de óbitos esperados ao longo do tempo, formatação que, como descrita acima, inibe a discussão política e humanista.

Esta crítica a Análise de Risco como é praticada atualmente no âmbito das indústrias de alto risco, não desmerece seus aspectos positivos, como se pode exemplificar:

⁶ O termo Avaliação de Riscos é muitas vezes confundido nas indústrias, com Análise de Riscos. Nesta refinaria, a Avaliação de Riscos que se pratica, e ainda não na dimensão necessária, é a da Engenharia de Confiabilidade e Análise de Falhas, para o controle dos acidentes industriais e eventos catastróficos, ou seja, é simplesmente Análise de Riscos.

- a abordagem sistêmica das análises dos acidentes já ocorridos, como a utilizada na técnica da árvore de causas, é uma interessante ferramenta que tem revelado o embricamento das falhas técnicas, organizacionais e gerenciais, expurgando os conceitos obsoletos de "ato inseguro" e "falha humana";
- estes métodos tem revelado também que as causas principais nunca são isoladas, e suas recomendações para prevenção e controle podem sugerir desde mudanças no processo e na tecnologia adotada, até estratégias de treinamento, manutenção e produção, envolvendo toda a equipe, inclusive seus gerentes;
- no campo dos possíveis efeitos à saúde, devido a emissões de substâncias perigosas, sua magnitude pode ser calculada através de modelos de *análise de conseqüências*, usando-se informações provenientes da Toxicologia e da Epidemiologia.

Esta abordagem se aproxima do desempenho desejado para a Avaliação dos Riscos, no concurso de sua contribuição para a Saúde do Trabalhador, já que a Toxicologia e a Epidemiologia buscam estabelecer relações causais entre a exposição a determinadas substâncias tóxicas e os danos causados à saúde dos seres humanos e outros organismos vivos. Um dos produtos desta abordagem, é a consolidação dos subsídios para os processos decisórios sobre os riscos e o estabelecimento de estratégias para o seu gerenciamento.

Smith(1992), para fins da investigação no campo da saúde pública, divide a Avaliação dos Riscos em quatro etapas:

- a identificação do perigo;
- a estimativa do risco;
- a avaliação da exposição e
- a caracterização do risco.

Segundo Smith(1992), a **identificação do perigo** consiste em se conhecer as propriedades perigosas da substância: suas propriedades químicas e físicas; sua toxicidade; sua ecotoxicidade e permanência no meio ambiente, suas características de bioacumulação, sua mobilidade e seu destino final no ambiente. A **estimativa do risco** quantifica dose-efeito e dose-resposta, os efeitos adversos reversíveis e irreversíveis, a dose limite e o nível no qual nenhum efeito adverso é observado. A **avaliação da exposição** quantifica a exposição de alvos ou sistemas alvo, tais como populações humanas, espécies ou ecossistemas, baseando-se em medições das concentrações ambientais e nas rotas de distribuição e absorção. A

caracterização do risco é etapa onde são estabelecidos as probabilidades de uma substância química tóxica causar efeitos adversos como resultado de um trabalho específico, manuseio ou emissão para o ambiente, a partir dos dados obtidos nas etapas anterior (intensidade, frequência, duração, rotas de exposição, toxicidade e ecotoxicidade). A caracterização do risco pode ser inferida quantitativamente a partir da relação entre a exposição e a parcela da população afetada.

Considerando que a Saúde do Trabalhador é um ramo da Saúde Pública em desenvolvimento e que seu objeto e campo de pesquisa estão inseridos no contexto ambiental, identificando o grupo dos trabalhadores como uma população alvo com características próprias, a metodologia da Avaliação dos Riscos apresentada acima, parece-me adequada para a abordagem desejada, caminhando no sentido de contribuir para esse crescimento.

1.4. A CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DO TEMA - PROBLEMA

Em termos de amplitude e abrangência, pode-se afirmar que o resultado da pesquisa proposta interessa a pelo menos mais uma refinaria do sistema Petrobras, situada na Bahia, que opera uma planta semelhante, a RLAM (Refinaria Landulpho Alves), em duas de suas unidades de produção (a U-13 - desoleificação a solvente e a U-18 - desparafinação) e às fábricas do próprio solvente MIBC, pertencentes a grandes grupos transnacionais. (Petrobras, 1999)

1.4. OS OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa apresenta-se como uma contribuição na área da Saúde do Trabalhador, voltada para a investigação da qualidade do ambiente de trabalho e seus impactos sobre a saúde destes trabalhadores.

Tem como objetivos gerais:

- a) avaliar o risco de contaminação pelo metilisobutilcetona (MIBC) dos trabalhadores de duas unidades de produção de uma planta de refino de petróleo e

- b) incorporar a Avaliação de Riscos como um procedimento para as tomadas de decisões.

1.4.2. Objetivos Específicos

Este estudo tem como propósitos principais:

- a) determinar a dose diária absorvida de metilisobutilcetona (MIBC) pelos trabalhadores;
- b) identificar se a substância MIBC oferece perigo à saúde humana;
- c) coletar todas as informações disponíveis sobre a substância MIBC;
- d) analisar o processo de trabalho nas unidades de desparafinação e desoleificação;
- e) determinar o grau de exposição dos trabalhadores ao MIBC;
- f) estimar as doses diárias absorvidas de MIBC pelos diversos grupos de trabalhadores expostos;
- g) estimar parâmetros como indicadores de risco, como o Fator de Perigo e a Margem de Exposição (FP e ME).

1.4.3 Categorização do Objeto da Pesquisa e a Saúde do Trabalhador

Os processos fisiológicos de adaptação dos trabalhadores às condições do seu ambiente de trabalho, quando levados a limites característicos do fenômeno do estresse, podem estar causando comprometimento à saúde e perda da qualidade de vida desta importante parcela da população: os trabalhadores urbanos da indústria de refino de petróleo.

Esta pesquisa está enquadrada como **avaliação quantitativa dos riscos a saúde** de um **grupo específico de trabalhadores**. Desta forma, foi necessário restringir o seu foco sobre um agente quantificável, pouco pesquisado, cujos resultados interessam à causa da preservação da saúde e do ambiente, municiando aqueles que ocupam cargos de decisão de dados necessários e suficientes para dimensionar intervenções economicamente sustentáveis e adequadas. Os próprios trabalhadores apontaram a direção, priorizando em seus mapas de risco as queixas sobre sua exposição rotineira ao solvente utilizado no processo de extração das parafinas: ***o metilisobutilcetona***.

Para realizar a pesquisa foi necessário conhecer bem o processo de produção de lubrificantes e de parafinas, que é um dos mais importantes dentre o conjunto de processos do refino do petróleo. O conhecimento do processo de extração das parafinas com o solvente

metilisobutilcetona (MIBC) e sua evolução desde o início da operação das unidades em estudo, permitiu esboçar um perfil da exposição dos trabalhadores, que foi completado com o estudo das atividades e tarefas dos grupos de risco.

Finalizando, identificar e quantificar fatores e agentes tóxicos à saúde de trabalhadores da indústria do refino de petróleo é um assunto complexo, que envolve conhecimento do processo produtivo e que não será esgotado nesta pesquisa. Face a esta complexidade e dinâmica, a *Avaliação de Riscos* e sua metodologia, que conduz a resultados quantificáveis e comparáveis, apresenta-se como ferramenta adequada para enfrentar este desafio.

CAPÍTULO II

O PROCESSO INDUSTRIAL EM UMA REFINARIA DE

PETRÓLEO

2. O PROCESSO INDUSTRIAL EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

2.1. O PROCESSO INDUSTRIAL DO REFINO DE PETRÓLEO

O petróleo em estado natural é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, de compostos oxigenados, nitrogenados, sulfurados e de metais pesados, considerados como contaminantes. Determinar-se sua composição em termos dos seus componentes puros é inexecutável. Por isso o petróleo costuma ser dividido em tipos ou bases:

- base parafínica – quando predominam alcanos (até 90%);
- base asfáltica - quando predominam hidrocarbonetos de massa molecular elevada que produzem asfalto;
- base naftênica – quando, além dos alcanos, há até 15 – 20% de cicloalcanos, que são hidrocarbonetos naftênicos;
- base aromática – quando, além dos alcanos, há de 25 – 30% de hidrocarbonetos aromáticos.

Conhecer a qualidade do petróleo a destilar é fundamental para as operações de refino, pois sua composição e aspecto variam em larga faixa, segundo a formação geológica do terreno de onde o óleo foi extraído e a natureza da matéria orgânica que lhe deu origem.

Suas propriedades físicas podem variar bastante, podendo-se ter óleos muito fluidos e claros, com grandes proporções de destilados leves, até óleos muito viscosos e escuros, com grande predominância de destilados pesados. Sua densidade em relação à água pode variar de 0,8 a 1,0 e, em geral, é inflamável à temperatura ambiente. Seu odor pode apresentar características agradáveis, típico de compostos aromáticos, até o aroma fortemente desagradável produzido pelos compostos sulfurados.

Para que tenha seu potencial energético aproveitado ao máximo, o petróleo tem que ser desdobrado em frações que preencham as características necessárias de um dado combustível ou produto, através dos processos de refino.

Os processos de refino podem ser divididos em três classes, em função do seu objetivo principal:

- processos de separação - nos quais ocorre apenas uma separação física dos componentes do petróleo, não havendo reações químicas – o principal é o da destilação;
- processos de conversão ou de transformação – onde ocorre a conversão química de determinados tipos de compostos em outros de maior interesse – os mais conhecidos são os de craqueamento catalítico, reforma catalítica e hidrocraqueamento catalítico;
- processos de acabamento – onde há a remoção, por processos físicos ou químicos, de impurezas de um certo produto, de modo a conferir-lhe as características necessárias de produto acabado – citam-se os processos de hidrodessulfurização catalítica, lavagem cáustica, extração com aminas, Bender, Merox e outros.

O processo industrial de refino do petróleo passa por uma série de operações de beneficiamento para a obtenção dos mais variados produtos de ampla utilização na indústria. A destilação primária, como já visto, é um processo de separação que se apresenta como a primeira etapa deste conjunto de procedimentos de produção, chamado refino do petróleo, na qual são extraídas as principais frações que dão origem a gasolina, ao óleo diesel, a nafta aos solventes e querosenes de iluminação e de aviação, além de parte do gás liquefeito (GLP ou gás de cozinha). Numa segunda etapa, o resíduo da destilação primária é processado na destilação à vácuo, na qual é extraída do petróleo mais uma parcela de diesel, além de frações de um produto pesado chamado gasóleo, destinado à produção de lubrificantes. O gasóleo também pode seguir para processos mais aprimorados (processos de conversão), como o de craqueamento catalítico, onde é convertido em GLP, gasolina e óleo diesel. O resíduo da destilação à vácuo pode ser usado como asfalto ou na produção de óleo combustível. Uma série de outras unidades de processo transformam frações pesadas do petróleo em produtos mais leves e colocam as frações destiladas nas especificações para consumo (Figura 2.1 - Esquema Básico de Refino de Petróleo).

A indústria de refino de petróleo produz mais de 2500 produtos, incluindo gás liquefeito (GLP), gasolina, querosene, óleo diesel, combustível de aviação, e uma série de óleos combustíveis e lubrificantes, além de diversas matérias primas para a indústria petroquímica.

A Petrobras produz em suas 11 refinarias mais de 80 produtos diferentes, como gás natural, nafta, gasolinas, querosenes, óleos diesel e combustíveis e lubrificantes, asfalto, solventes de borrachas, lubrificantes e benzeno (na Refinaria de Cubatão) como importante matéria-prima para a indústria de transformação química e petroquímica.

Os produtos da indústria do refino de petróleo podem ser utilizados nas mais diversas indústrias nacionais e internacionais, que vão desde a produção de propelentes (para “sprays”) e detergentes biodegradáveis, até a produção de alumínio.

O aproveitamento pelas refinarias da Petrobras de cada barril de petróleo corresponde em média a:

- 9,6% de GLP;
- 19,3% de gasolinas automotivas e de aviação;
- 9,1% de naftas e solventes;
- 4,5% de querosenes de iluminação e aviação;
- 35,4% de óleo diesel;
- 16,6% de óleos combustíveis;
- 5,4% de derivados diversos (Petrobras, www.Petrobras.com.br, 1999).

2.2. A REFINARIA DUQUE DE CAXIAS – REDUC

O objeto do nosso estudo está localizado numa refinaria de petróleo pertencente ao sistema Petrobras: a Refinaria Duque de Caxias (REDUC). Inaugurada em 20 de janeiro de 1961, a REDUC tem capacidade para o processamento diário de 36,4 mil metros cúbicos de petróleo (248.000 barris), que corresponde a, aproximadamente, 20% da capacidade de refino da Petrobras. O petróleo processado nas unidades da REDUC vem da Arábia Saudita e dos campos de petróleo de produção marítimos da região de exploração e produção da Bacia de Campos, no Estado do Rio de Janeiro (Barbosa, 1997).

São produzidos pelas unidades de processamento da REDUC 54 tipos de derivados, entre combustíveis, lubrificantes e insumos para a indústria petroquímica. Parte desta produção é exportada, onde a gasolina, o óleo diesel e o óleo combustível vão principalmente para os Estados Unidos, Ásia, Uruguai e Argentina. Os lubrificantes são geralmente exportados para os Estados Unidos, Ásia e Índia. As parafinas são exportadas para a América do Sul (Petrobras, www.Petrobras.com.br, 2000).

As unidades da REDUC estão organizadas em quatro divisões operacionais:

- Divisão de Produção de Combustíveis, Petroquímicos e Asfálticos – DIAPRO;
- Divisão de Apoio a Produção – DIPRO;

- Divisão de Utilidades e Tratamento de Efluentes – DIUT;
- Divisão de Lubrificantes – DILUB.

2.2. 1 A Planta de Lubrificantes

A Divisão de Lubrificantes é uma das plantas mais antigas desta refinaria e é constituída pelas Unidades de Hidrogenação, Desaromatização, Desparafinação e Desoleificação . É operada por cerca de 50 trabalhadores especializados , denominados operadores de processamento (operadores) e cerca de 15 trabalhadores da manutenção. Os operadores se revezam em turnos de 8 horas e os trabalhadores da manutenção trabalham no horário administrativo (jornada normal) podendo, eventualmente, fazer horas extras.

Os trabalhadores de turno estão organizados em 5 grupos, denominados grupos A, B, C, D e E , de modo que, enquanto três grupos estão trabalhando, revezando-se a cada 8 horas, dois estão de folga. Para efeito deste estudo, os grupos de risco a serem avaliados, serão denominados equipe de produção, composta pelos operadores em regime de turno e equipe de manutenção, composta pelos mecânicos, eletricitas, instrumentistas próprios, que trabalham no horário administrativo. As funções de cada equipe e de seus componentes serão detalhadas no tópico **2.3 - O Processo Industrial da Planta de Produção de Lubrificantes e seus Riscos.**

A planta de lubrificantes é composta de três principais subconjuntos e sete secundários. Os três mais importantes subconjuntos são denominados: unidade de desparafinação, unidade de hidrogenação e unidade de desoleificação. Os outros sete subconjuntos, que são unidades geradoras de insumos intermediários no processo e a unidade de hidrogenação, não conduzem em seus fluxos o solvente em estudo, portanto não serão contempladas nesta pesquisa.

A avaliação e quantificação dos riscos a saúde dos 65 trabalhadores que exercem suas atividades laborais nas unidades de desparafinação e de desoleificação na planta de lubrificantes, decorrente da exposição ao solvente usado no processo, é o nosso objeto de estudo.

2.3. O PROCESSO INDUSTRIAL DA PLANTA DE PRODUÇÃO DE LUBRIFICANTES E SEUS RISCOS

2.3.1. A Demanda dos Trabalhadores e sua Percepção do Risco

O projeto da planta de lubrificantes data da década de 60 e seu processo, até hoje sem modificações significativas em sua filosofia, utilizava os solventes metiletilcetona (MEC) e tolueno para a extração de parafinas, desde a sua partida (1975) até Dezembro de 1988. Em Dezembro de 1988 a mistura MEC/tolueno foi substituída pelo metilisobutilcetona (MIBC), que persiste até hoje no processo.

As razões para a substituição da mistura MEC/tolueno foram de caráter meramente econômico. Se pudermos inferir o grau de toxicidade de uma substância química pelo valor numérico de seu limite de exposição, observa-se pela Tabela 1, que não houve ganho na redução do potencial tóxico em função da mudança para o novo solvente MIBC.

Quadro 2.1: Comparação entre os Limites de Exposição para Solventes usados no Processo da Planta de Lubrificantes, entre 1987 e 1999.

Nome do Solvente	Concentração Média Ponderada no Tempo(ppm)	Exposição de Curta Duração (ppm)	Observação
Tolueno	50	Não Aplicável	Não classificado como carcinogênico Humano
MEC (metil-etilcetona)	200	300	* Tem IBE definido
MIBC (Metilisobutilcetona)	50	75	* Tem IBE definido

Notas: Substância que tem IBE (Indicador Biológico de Exposição), indutores de meta-hemoglobina, para as quais a meta-hemoglobina é a principal causa de toxicidade.

Além deste agente de risco¹ específico (MIBC) outros ainda podem ser listados:

¹ O conceito de agente de risco é aquele adotado nas Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Ministério do Trabalho, especificamente a NR-09(Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais).

- Riscos físicos: altos níveis de pressão sonora (ruído), vibrações, calor, iluminamento.
- Riscos de acidentes: arranjo físico, pisos escorregadios.
- Riscos ergonômicos: arranjo físico deficiente, posturas inadequadas para acionamento de equipamentos, trabalho em turnos, organização do trabalho, rotina, tensão nas anormalidades operacionais.

Estes outros agentes² estão claramente representados nos Mapas de Risco das unidades, elaborados pelos CIPISTAS³ em colaboração com os trabalhadores. Também já foram apontados nas queixas (Petrobras, Livro de Atas da CIPA da REDUC, 1997) dos trabalhadores a seus supervisores e gerentes, através de solicitações de modificações de "layouts", substituição de equipamentos e pequenas alterações no processo, sem contudo gerarem significativas mudanças nos níveis de exposição aos vapores do solvente (Petrobras, Documento Interno da REDUC, 1996).

2.3.2 Unidade de Desparafinação com Solvente (U1530)

A unidade de desparafinação com solvente metilisobutilcetona (MIBC) faz parte do primeiro conjunto de produção de lubrificantes, portanto o mais antigo.

O processo de desparafinação tem por objetivo remover determinados compostos parafínicos, que são caracterizados por possuírem alto ponto de fluidez. Estes compostos, presentes na carga⁴ que entra na unidade de desparafinação, produzem um efeito indesejado nos óleos lubrificantes, que é o mau escoamento a baixas temperaturas, acarretando danos à máquinas e motores, durante a partida em climas frios.

A remoção das parafinas em questão é feita por extração com solvente. O uso de solvente evita problemas de escoamento do fluxo de produção na unidade, que certamente

² O mesmo conceito de "agente de risco" das Normas regulamentadoras, que pode ser sinônimo de fatores de perigo à saúde e segurança. Não é o escopo desta pesquisa quantificar estes fatores. Os valores de concentração ou intensidade de algum modo mencionados, são apenas para demonstrar a percepção dos trabalhadores aos perigos ("riscos") à sua saúde aos quais podem estar expostos.

³ CIPISTAS - membros da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.

⁴ Carga - fluxo de matéria prima oriundo de outra unidade ou de tanques. No caso da unidade de desparafinação (U-1530), a carga vem da unidade de destilação isenta de aromáticos.

ocorrerem, devido às baixas temperaturas (de -4°C a -18°C) necessárias para a cristalização e eliminação das parafinas por filtração.

Um solvente ideal para o processo de desparafinação deveria diluir todo o óleo e precipitar toda a parafina. O solvente que melhor se aproxima destes objetivos é o propano. O benzeno e o tolueno são excelentes solventes de óleo (petróleo), mas também dissolvem boa parte da parafina, o que é inconveniente. A acetona e as cetonas superiores não dissolvem bem o óleo, mas precipitam as parafinas com grande eficácia. Estas substâncias são denominadas de antissolventes.

A mistura balanceada de um solvente com um antissolvente, pode se aproximar bastante do comportamento desejado para uma efetiva desparafinação. O par metiletilcetona (MEC) e o tolueno foram originalmente utilizados neste processo, porque formavam uma eficaz mistura balanceada de solvente e antissolvente. O processo de desparafinação a solvente utilizava a dupla MEC-tolueno, até Dezembro de 1988. Após esta data substituiu-se o MEC-tolueno pelo MIBC pelas seguintes razões:

- maior eficácia na precipitação e conseqüentemente, melhor remoção das parafinas;
- maiores temperaturas na operação de filtração para obter óleo lubrificante da mesma qualidade;
- menor calor de vaporização, resultando em economia de energia e otimização da capacidade dos fornos da unidade;
- operação com um único solvente, eliminando as operações de mistura.

Observe-se que a troca de mistura MEC-tolueno em 1988, pelo atual solvente MIBC, obedeceu a variáveis exclusivas da produção. Entretanto, é inegável que houve ganhos para o ambiente e para a saúde dos trabalhadores, pela simples retirada do tolueno deste processo. O tolueno é um solvente mais tóxico que o MIBC. Seu limite de exposição é 50ppm, concentração média ponderada no tempo. O tolueno é reconhecidamente lesivo ao Sistema Nervoso Central(ACGIH, 1998/99).

Naquela ocasião (fins da década de 80) poucas unidades da Petrobras tinham programas de Higiene Industrial e Saúde Ocupacional implantados. A preocupação com os danos a saúde dos trabalhadores, abordada de uma forma verdadeiramente preventiva, ainda não era uma cultura difundida entre os detentores do poder de decisão (gerentes operacionais), mesmo nos locais onde havia programas de Higiene Industrial e de Saúde Ocupacional em

andamento. Um dos resultados esperados desta pesquisa, é que os gerentes realmente adotem os resultados das Análises de Risco relacionadas a segurança e saúde da força de trabalho, para subsidiar suas decisões.

2.4. O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LUBRIFICANTES E PARAFINAS

A unidade de desparafinação a MIBC é composta de quatro seções principais (Figura 2.2):

- a seção de resfriamento e filtração;
- a seção de recuperação do solvente do filtrado;
- a seção de recuperação de solvente da parafina e
- a seção de purificação do solvente.

2.4.1. Seção de Resfriamento e Filtração

O óleo desaromatizado⁵ recebe uma injeção de solvente, assim que é admitido na unidade, passando em seguida por um pré-aquecedor. A finalidade deste aquecimento é aumentar a solubilidade entre as fases, promovendo um último contato entre o solvente e o óleo (Figura 2.2). Depois de passar no pré-aquecedor, a carga é novamente resfriada com água de resfriamento, seguindo para um conjunto de permutadores de calor, conhecido como *área dos "chillers"*. Na primeira bancada de trocadores, o fluido de resfriamento é o óleo desparafinado e o solvente à baixa temperatura, que deixam os filtros rotativos (Figura 2.3). Antes de entrar na segunda bateria de resfriamento, a carga recebe uma nova adição de solvente, diluindo-a ainda mais. A quantidade total de solvente empregada vai depender essencialmente do óleo a ser tratado. Assim, quanto mais baixa a fluidez do petróleo desaromatizado, mais solvente será consumido. Na segunda bateria de resfriamento, a carga troca calor com o propano líquido a alta pressão. A vaporização do propano provoca um grande abaixamento da temperatura, servindo para resfriar a carga. De acordo com o tipo de óleo tratado, a temperatura final de resfriamento pode variar de -18°C a -4°C . Os permutadores da bateria de resfriamento são tubulares, dispondo de lâminas raspadoras que impedem a deposição de parafina no interior dos tubos, o que provocaria bloqueio do fluxo normal.

⁵ Óleo desaromatizado - petróleo que passou pelo processo de remoção da maior parte dos aromáticos.

2.4.2 Operação dos Filtros Rotativos

Após deixar a *área dos "chillers"*, a mistura de óleo, parafina cristalizada e solvente é enviada a um tambor de acúmulo (D5301 na figura 2.2), escoando para os filtros rotativos (F5301 na figura 2.2). Cada filtro rotativo é composto de uma carcaça, no interior da qual gira um cilindro coberto com uma tela de filtração (Figura 2.3). A parte interna deste cilindro está em comunicação com quatro câmaras estanques, de modo que a filtração obedece a um ciclo (Figura 2.4). A carga para o filtro entra na região inferior da carcaça, denominada *panela*, entrando em contato com o tambor rotativo. A parte interna do tambor está ligada a uma câmara de baixa pressão, provocando a sucção para o seu interior da fase líquida denominada *filtrado*, enquanto que a parafina fica aderida à tela de filtração, formando uma massa de parafina, chamada *torta*. A torta emerge da panela, graças a rotação do cilindro na qual está aderida, recebendo em seguida um borrifo de solvente (Figura 2.4) para lavagem de parte do óleo retido nos cristais de parafina. Neste ponto o cilindro está em contato com uma segunda câmara de baixa pressão, para onde é coletado o solvente de lavagem. Na parte superior do filtro, a *torta* entra em contato com uma câmara onde é feito vácuo, eliminando os últimos vestígios de solvente na parafina.. Finalmente, fechando o ciclo do tambor rotativo, a torta recebe um sopro de gás inerte no interior do cilindro, para que se descole da tela e sua remoção pela lâmina raspadora seja completa (Figura 2.5). A parafina raspada da tela de filtração, cai num reservatório chamado de *bota* (Figura 2.6), onde é fundida por uma serpentina de vapor para aquecimento e diluída por uma nova injeção de solvente. Esta corrente, denominada parafina oleosa, vai a seção de desoleificação, para que o produto seja comercializado.

2.4.3. Seção de Recuperação de Solvente do Filtrado

A mistura de óleo desparafinado e solvente, que foi coletado no tambor de acúmulo do filtrado (D5302 na Figura 2.2), está a baixa temperatura e deve ser aquecido para que o solvente seja vaporizado. Desta maneira, o filtrado passa por diversos permutadores (E5301 e E5302 na Figura 2.2), resfriando a carga que é admitida na unidade, o solvente e outras correntes, antes de entrar na primeira torre de *"flash"* (T5303 na Figura 2.2). Nesta primeira torre, que trabalha à baixa pressão (0,2 kgf/cm²) e à baixa temperatura (110° C), o óleo desparafinado tem boa parte do solvente vaporizado. Para eliminação do solvente restante, o

óleo desparafinado proveniente da primeira torre de vaporização é aquecido e enviado a torre (T5306 na Figura 2.2) de alta pressão e alta temperatura (2,5 kgf/cm² e 200° C). Nestas condições todo solvente é vaporizado, permanecendo uma ligeira quantidade residual no óleo. Para eliminar esse traços de solvente o óleo é bombeado a uma torre de retificação (T5305 na Figura 2.2) onde é injetado vapor d'água. O abaixamento da pressão parcial provocada pelo vapor, induz a vaporização de todo solvente do óleo desparafinado, que é enviado estocagem (TQ's 5301/5302/5304/5307 na Figura 2.2) e futuro processamento na unidade de hidroacabamento⁶.

2.4.4 - Seção de Desoleificação de Parafinas

A seção de desoleificação de parafinas é um prolongamento da unidade de desparafinação do conjunto da planta de lubrificantes. O objetivo desta seção do processo é de recuperar parafinas de qualidade comercial, a partir da parafina oleosa, produzida na seção de resfriamento e filtração. É uma seção semelhante a de resfriamento e filtração, mas as condições de diluição, resfriamento e filtração são bem mais severas, de modo a reduzir o teor de óleo do produto acabado (Figura 2.7).

Os produtos desta seção são chamados de parafina dura e parafina mole. A parafina dura é comercializada, após passar pelo processo de hidrotreatamento⁷. A parafina mole, mistura de isoparafinas e óleo residual, é enviada à unidade de craqueamento catalítico, para ser reprocessada.

A carga de parafina oleosa e solvente misturados, ao chegar à unidade, recebe uma diluição adicional do metilisobutilcetona e passa em trocadores de calor e resfriadores (*chillers*), onde a mistura é resfriada a uma temperatura tal que a parafina dura se cristaliza, enquanto que a mole permanece em solução. A mistura de parafina mole, solvente e parafina dura cristalizada é encaminhada aos filtros rotativos de fracionamento. Nestes filtros o processo se completa, saindo parafina dura para a seção de recuperação de parafina dura e o solvente é recuperado de modo similar ao já visto na *seção de recuperação do solvente*.

⁶ Hidroacabamento - é um processo de refino com hidrogênio, cuja finalidade, entre outras, é a de eliminar compostos indesejáveis, como enxofre, nitrogênio, oxigênio, halogêneos e metais.(Fragelli, 1997)

⁷ Hidrotreatamento - é o mesmo que hidroacabamento.(Fragelli, 1997)

2.4.5 - Seção de Purificação do Solvente

O metilisobutilcetona não pode ser eliminado da água por simples destilação. Forma-se uma mistura azeotrópica⁸, onde sempre se encontra solvente e água na fase vapor.

Formam-se duas fases parcialmente miscíveis a temperaturas abaixo de 50^o C. A fase de maior densidade é composta de água e pouco solvente, enquanto a outra de menor densidade é rica em solvente (MIBC) e pobre em água (D7311 na Figura 2.7). Esta diferença de densidades entre as fases é que permite a purificação do solvente.

O fluxo de solvente (MIBC) rico em vapor d'água, chamado de corrente úmida, que vem das torres de retificação, depois de condensada, vai ao tambor de decantação (CBM - "*constant boiling mixture*"). Neste vaso, cuja temperatura é mantida em torno de 43^o C, formam-se duas fases: a mais densa contém 82% de água e 18% de solvente; a menos densa contém 4,5% de água e 95,5% de solvente. Existem dentro do vaso CBM chicanas e vertedouros que auxiliam a separação entre as fases (Petrobras, 1990, p. 56).

A fase rica em solvente é coletada e enviada à torre de desidratação de solvente (T7306 na Figura 2.7) juntamente com os fluxos de solvente seco, que vem das torres de vaporização. Pelo fundo da torre sai o solvente isento de água, enquanto que pelo topo, sai uma mistura azeotrópica composta de, aproximadamente, 15% de água e 85% de solvente, que depois de condensada, retorna ao vaso CBM.

A fase pobre em solvente, formada no vaso CBM, é bombeada para a torre retificadora de MIBC (T7305 na Figura 2.7). Próximo a base da torre, injeta-se vapor d'água para auxiliar a vaporização do solvente pelo abaixamento da pressão parcial. No fundo da torre sai água com leves traços de solvente, enquanto no topo, saem vapores cuja composição é de 15% de água e 85% de MIBC, que também é condensada e enviada ao vaso CBM. O solvente MIBC purificado da torre de desidratação é estocado para retornar oportunamente ao processo. A água é enviada a seção de tratamento de efluentes e resíduos da refinaria (saída para o Sistema de Separação de Água e Óleo, S.A.O. na Figura 2.7).

⁸ Mistura azeotrópica - vem de **azeótropo**: solução de dois ou mais componentes, que, sob pressão constante, tem uma temperatura de vaporização isotérmica perfeitamente determinada (Aurélio Buarque, 1986). Esta característica dificulta a té impede que os componentes sejam separados por simples destilação fracionada.

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE

LUBRIFICANTES E PARAFINAS RELACIONADOS AO

METILISOBUTILCETONA

3. AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LUBRIFICANTES E PARAFINAS RELACIONADOS AO METILISOBUTILCETONA

3.1. ANTECEDENTES

A preocupação em identificar e quantificar os agentes tóxicos presentes nos processos do refino do petróleo não é nova. Alguns autores enfatizam os riscos catastróficos de incêndios e de explosão, em função da constante presença de substâncias e compostos inflamáveis com baixo ponto de fulgor (Burgess, 1997). Entretanto, reconhece-se que atualmente as operações das refinarias estão muito mais seguras, pois todos os sistemas são projetados para evitar tais catástrofes. As unidades de processamento dentro de refinarias são sistemas fechados e isolados, nas quais as concentrações normais de contaminantes no ar podem variar de algumas partes por bilhão (ppb) até centenas de partes por milhão (ppm). As instalações tendem a se tornar altamente automatizadas e informatizadas, com os controles dos processos monitorizados à distância pelos trabalhadores em salas de controle climatizadas¹. Em conseqüência, o maior potencial de exposição durante a operação normal ocorre quando os operadores transitam pelas unidades, para realizar coletas de amostras dos fluxos do processo (Burgess, 1997).

Exposições significativas sempre ocorrerão ao se tomarem amostras de nafta, óleos lubrificantes ou parafinas diluídas em solventes orgânicos, que dependam da presença do trabalhador, sejam eles de equipe própria ou contratada.

Entretanto, segundo Burgess (p.303):

"Os trabalhadores de manutenção em refinarias têm um potencial maior de exposição a contaminantes atmosféricos, ruído e calor do que os operadores. Incluem-se entre as operações de manutenção, os reparos de isolamento térmico, incluindo asbesto, linhas de drenagem, componentes do sistema de selagem, bombas de arraste e outros componentes de sistemas para reparos."

¹ No caso da Refinaria de Duque de Caxias, inaugurou-se em Abril de 1997 o Centro Integrado de Controle (CIC), que atualmente reúne as salas de controle de 12 unidades de processo e 2 de utilidades, num mesmo espaço integrado, com recursos de automatização, monitorização e controle de processos de última geração. As unidades do conjunto de lubrificantes, nas quais esta pesquisa se aplica, ainda não são operadas pelo CIC.

Esta afirmativa continua atual. Não obstante, no decorrer desta pesquisa, observou-se uma mudança importante na forma de se administrar a força de trabalho, nesta unidade industrial: o efetivo dos trabalhadores de manutenção da equipe própria da refinaria diminuiu, tendo-se transferido grande parte de suas tarefas de campo para a equipe de contratados. Esta forte modificação na estratégia administrativa afetou a investigação quanto a exposição dos trabalhadores de manutenção, até porque as relações entre Sindicato² e a Gerência passavam por um momento muito delicado. De um lado os trabalhadores acreditavam que as investigações tinham o propósito de lhes retirar o direito à aposentadoria em regime especial, em decorrência de seu trabalho insalubre. Estes insistiam em que a monitorização da equipe de contratados deveria ser efetivada, pois representaria indistintamente a exposição de todos os trabalhadores da manutenção. Do outro lado, a Gerência sugeria uma estratégia alternativa, que conduziria a fase da Avaliação da Exposição para um momento futuro, no qual especialistas em segurança, saúde e meio ambiente contratados ou pertencentes aos quadros das firmas de manutenção (contratadas), trabalhariam sob a supervisão do SESMT da refinaria. Esta hipótese não foi descartada, dentro de uma política de melhoria contínua da qualidade, mas obviamente não atenderia aos prazos e ao escopo desta pesquisa.

Em função dos fatos relatados acima, o número de avaliações feitas com a equipe própria da manutenção tornou-se pouco significativa, além do que seu padrão de exposição não mais representa a realidade do contato deste grupo de trabalhadores com os agentes contaminantes, considerando a equipe de manutenção como um todo.

3.1.1. Tentativas Anteriores de Monitorização do Metilisobutilcetona e dos Perigos do Processo de Produção de Lubrificantes e Parafinas

Em 1991 a Universidade Federal do Rio de Janeiro, através da Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ), contratada pelo setor de segurança saúde e meio ambiente da refinaria, realizou uma avaliação das concentrações de contaminantes no ar, contemplando várias unidades da refinaria e identificou concentrações significativas dos solventes metilisobutilcetona e furfural na área das unidades em estudo

² Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Destilação e Refinação de Petróleo de Duque de Caxias - SINDIPETRO - Caxias.

(Caldas, 1991). O método utilizado na época foi o de amostragem ambiental, com o uso de amostradores de tubitos de carvão ativado. Não houve monitorização pessoal³.

Em Outubro de 1998 foi realizada uma avaliação preliminar da exposição de 10 empregados das unidades em estudo, utilizando-se amostradores passivos do tipo de adsorção. Desta vez, apesar de ter sido incompleta, houve um esboço de monitorização pessoal. Os resultados encontrados, aos quais não foram aplicados tratamentos estatísticos mais elaborados, em função do pequeno universo de amostragem, apresentaram concentrações significativas para algumas funções (*Ver Quadro 3.0*).

Quadro 3.0 : Resultados Preliminares de Avaliação de Exposição a Concentrações de metilisobutilcetona(MIBC) Experimentadas pelos Operadores numa jornada de 8 horas. Faixa de Valores (ppm).

Função / Atividade	Painel na sala de controle	Rotina de Área	Filtros de Parafina
Operador I	NA	16,2 a 17,3	17,8 a 68,6(Nota 3)
Supervisor(Op.II)	1,7 a 3,2	3,5 a 5,9	NA

Notas: 1) ppm = partes por milhão: 1 ppm equivale a 1ml do solvente evaporado em um volume de 1m³ (1 milhão de mililitros).

2) NA = Não aplicável.

3) O Limite de Exposição diária do MIBC é de 50 ppm.

Estas avaliações foram repetidas em Setembro de 1999, aumentado-se o número de trabalhadores amostrados, adotando-se uma estratégia de amostragem pessoal mais completa e adequada à metodologia de Avaliação de Riscos.

A avaliação de exposição a ruído no mesmo grupo de 10 operadores apresentou resultado de dose acima de 100%, o que corresponde a níveis de pressão sonora acima de 85 dB(A), portanto acima do limite de exposição ocupacional estabelecido pelas normas brasileiras (Ministério do Trabalho, 1978). Em geral, a exposição dos trabalhadores da operação e da manutenção da refinaria a este agente tóxico é suficiente para caracterizar a insalubridade de seu ambiente de trabalho e garantir-lhes o direito à aposentadoria em regime

³ *Monitorização pessoal* é a terminologia tradicional da Higiene Industrial, enquanto que *monitorização individual* é mais adotada pela Toxicologia e Avaliação de Riscos.

especial. Este argumento foi utilizado algumas vezes por este pesquisador, para afastar a desconfiança dos trabalhadores quanto ao verdadeiro objetivo das monitorizações realizadas, haja vista o fato ocorrido com a equipe de manutenção, citado anteriormente no tópico **Antecedentes**.

A avaliação de sobrecarga térmica pelo critério do IBUTG⁴ na área dos fornos e dos trocadores de calor, resultou em 32,5° C, ultrapassando o limite de exposição preconizado para as tarefas ali conduzidas (Ministério do Trabalho, 1978).

Problemas ergonômicos foram apontados pelos trabalhadores, principalmente após uma reforma de leiaute, realizada numa área dos trocadores de calor. Estes problemas dizem respeito a dimensões, altura e posições para acionamentos de válvulas e outros equipamentos industriais, configurando-se em casos solucionáveis pela ergonomia clássica (Iida e Wierzbick, 1978).

3.1.2. Uma Tentativa de Abordagem Epidemiológica

Para a identificação de casos comprovados de doenças do trabalho relacionadas ao agente etiológico em foco, o solvente metilisobutilcetona, buscou-se o apoio da equipe médica do setor de saúde da refinaria, para se levantar o histórico dos trabalhadores daquelas unidades industriais, sua movimentação e seu afastamento ou desligamento da Companhia. Entretanto, apesar do empenho daqueles profissionais, não foi possível recuperar as informações desejadas, porque o banco de dados dos registros de afastamentos não tem correlação com o de registros de movimentações de empregados.

Algumas vezes, esbarrou-se também na questão da ética médica, no que concerne ao sigilo sobre a ficha médica de um trabalhador, aí adequadamente merecedor da condição de indivíduo.

Cabe lembrar que a pesquisa não é da área de Epidemiologia, desta forma a ausência destes dados, que poderiam ser utilizados para definir melhor o modelo de exposição deste grupo de trabalhadores e enriquecer a fase de Identificação do Perigo, não compromete a

⁴ IBUTG = Índice de Bulbo Úmido e de Temperatura de Globo preconizado pela NR-15 e pela ACGIH. É uma relação matemática empírica entre temperaturas medidas no ambiente, que estima o grau de conforto térmico que poderá caracterizar o quanto aquele ambiente de trabalho é insalubre para os trabalhadores que lá exercem suas atividades laborais. É utilizado em combinação com dados do metabolismo individual relacionados com aquela atividade determinada.

proposta da pesquisa. Neste momento estava-se buscando a comprovação de uma hipótese, baseando-se em fontes da literatura de Toxicologia, que nos informam a probabilidade de lesões nos rins e no fígado⁵ em indivíduos expostos ao Metilisobutilcetona, com muitas pesquisas em cobaias e poucas, até mesmo raras, em seres humanos (OMS, EHC 117, 1990).

Também em decorrência desta impossibilidade de recuperação das informações da atividade profissional progressiva dos trabalhadores em foco, o tempo de exposição a outros agentes químicos similares em outras unidades de produção não será considerado.

Num momento futuro, sugiro aprofundar-se a questão do sinergismo entre a exposição a níveis de pressão sonora e a exposição a múltiplas substâncias químicas por via inalatória e dérmica, incluindo outros solventes orgânicos, como o furfural, presentes em processos de unidades vizinhas.

Porto, ao discorrer sobre a Avaliação de Riscos aplicada a doenças ocupacionais, afirma:

Muitos aspectos do problema, do que poderíamos denominar de “riscos ocultos” deixam, assim, de serem abordados, tais como: a combinação sinérgica dos riscos; as situações crônicas de desgaste, que flutuam na tênue linha que divide oficialmente o patológico do não patológico; e os componentes mentais e afetivos das pessoas. Enfim, a visão maquinal e tecnicista tende a desprezar ou simplificar artificialmente todos os aspectos do problema, que sendo essencialmente qualitativos, não possam ser assimilados nos seus modelos de compreensão” (Porto, 1994, p.70-85) .

3.2 A ANÁLISE ERGONÔMICA COMO FERRAMENTA AUXILIAR DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Avaliar os riscos a saúde de um conjunto de trabalhadores de uma planta de produção de lubrificantes, passa por uma gama de dificuldades, que vão desde a qualificação dos fatores interferentes no método quantitativo escolhido, à categorização das **cargas de trabalho** que serão efetivamente consideradas. A compreensão do processo de produção, incluindo os insumos e produtos intermediários de seu fluxo é de grande complexidade para o leigo.

⁵ Ver comentário sobre as queixas dos trabalhadores no Capítulo V - Conclusão.

Com vistas a melhor compreender o processo de trabalho, adotou-se como referência o método de Análise Ergonômica do Trabalho (AET), na fase de Identificação do Perigo. Alguns dos dados necessários para se traçar a estratégia de amostragem na fase da Avaliação da Exposição, foram obtidos adotando-se as técnicas de observação e abordagem sugeridas no método da AET. Ferreira, em seu artigo publicado na Revista “PRODUÇÃO” enfatiza que a AET privilegia a análise da atividade dos trabalhadores: “o que eles fazem e como eles o fazem para dar conta das exigências da produção” (Ferreira,1996).

Outra abordagem interessante é o método da Análise Coletiva do Trabalho. Entretanto, não foi possível adotá-lo, porque sua filosofia preconiza a necessidade de uma demanda coletiva organizada e representativa, através de órgão de classe (sindicato) e a existência de um grupo de trabalhadores voluntários, que, em reuniões e entrevistas fora do local de trabalho, explicassem aos pesquisadores a sua atividade (Ferreira, 1996).

A intenção de tornar a pesquisa amplamente participativa, criando um marco na história das relações dos representantes dos trabalhadores, através do Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Destilação e Refinação de Petróleo de Duque de Caxias (SINDIPETRO), com a Gerência da refinaria, fez-nos imaginar, e insistir por um curto período, na adoção do método da Análise Coletiva do Trabalho. O método da ACT seria particularmente útil na fase de Identificação do Perigo e na elaboração da estratégia da amostragem, durante a avaliação da exposição. Nesta mesma época, o relacionamento entre Sindicato e Gerência passou por uma fase de intensificação da disputa pelo poder. Portanto, qualquer iniciativa que se originasse do grupo de gerentes ou que se assemelhasse a uma intervenção da estrutura da Empresa no modo de trabalhar, sofria uma forte rejeição dos trabalhadores. Este clima conduziu ao abortamento deste método.

3.3. A METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS RISCOS

No tópico anterior **1.3.4 Como a Avaliação de Riscos Pode Contribuir para a Implementação da Saúde do Trabalhador**, descreve-se sucintamente a Metodologia da Avaliação dos Riscos, e nossa proposta de aplicação às investigações dos perigos à Saúde do Trabalhador. Segundo Smith (1992) a Avaliação de Riscos aplicada à pesquisadas questões da Saúde Pública pode ser abordada em quatro etapas: **a identificação do perigo, a**

estimativa do risco, a avaliação da exposição e a caracterização do risco. Estas etapas serão definidas e apresentadas a seguir.

3.3.1. Identificação do Perigo

O objetivo desta fase é identificar os tipos de efeitos adversos que podem estar associados com a exposição ao metilisobutilcetona e caracterizar a qualidade e a solidez das evidências que apoiam esta identificação.

3.3.1.1 O Metilisobutilcetona

É um hidrocarboneto do grupo das cetonas, cuja característica é conter um grupo de átomos ($>C=O$) que formam um radical, a carbonila, o que lhe confere uma certa polaridade. Nas cetonas este grupo carbonila liga-se a dois átomos de carbono. O MIBC é solúvel em água, mas também tem boa capacidade de dissolver outros hidrocarbonetos de cadeias longas, como os alifáticos (óleos, graxas e parafinas) (SOLOMONS, 1994).

A solubilidade em água e a capacidade desengordurante do MIBC são propriedades que contribuem para o aumento de sua toxicidade, devido a sua facilidade de transporte e sua afinidade por tecidos gordurosos.

O metilisobutilcetona, $CH_3COCH_2CH(CH_3)_2$, é um líquido incolor com odor pungente característico. É produzido comercialmente a partir de hidrogenação seletiva catalítica do óxido de mesitila.

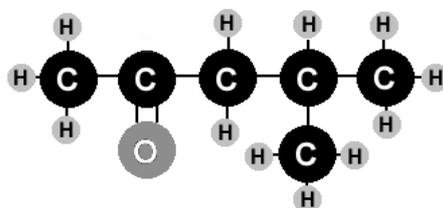


Figura 3.1 - Fórmula estrutural da molécula de metilisobutilcetona (MIBC)

O metilisobutilcetona é usado como solvente em tintas sintéticas, lacas e vernizes. Também é usado como solvente para adesivos, colas de borracha, massa de vedação a base de

butirato de acetato celulose na indústria aeronáutica e no DDT. O MIBC é usado como extrator de parafinas em óleos minerais, óleos refinados e na limpeza de metais.

O *National Institute of Occupational Safety and Health*(NIOSH) estima que 1.853.000 trabalhadores nos EUA, estejam potencialmente expostos ao MIBC. No Brasil estima-se que 5000 trabalhadores estejam expostos ao solvente MIBC. A exposição ocupacional desta população está vinculada às atividades de refino (especificamente nas duas refinarias da Petrobras que produzem lubrificantes: a REDUC e a RELAM) e às atividades de fornecimento e transporte do MIBC, já que o solvente que não é fabricado no Brasil, é importado pela SHELL Distribuidora.

Os valores dos limites de exposição do metilisobutilcetona de vários países estão no Quadro 3.1.

A Agência Americana de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA) estabeleceu limites de exposição permissíveis (“permissible exposure levels”, PEL) para mais de 100 solventes, abrangendo os mais usuais. Muitos destes limites foram estabelecidos em 1971 e estão sendo revisados (OSHA, 1989). Em relação ao solvente em estudo, o metilisobutilcetona (MIBC), podemos observar pelo Quadro 2.1, que a efetivação de seus limites de exposição na maioria dos países ainda é muito recente, denunciando poucos estudos da comunidade científica sobre seus efeitos à saúde e ao meio ambiente.

No Brasil, desde 1978, as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho definem limites de tolerância para algumas substâncias presentes nos processos industriais, em sua NR-15 (Atividades e Operações Insalubres), listadas no seu Anexo 11, Quadro I (Tabela de Limites de Tolerância), em termos de limites de exposição de média ponderada no tempo (TWA) e valores de teto (STEL) para alguns contaminantes cujo via de absorção seja predominantemente a inalatória, sendo que o metilisobutilcetona não consta desta Tabela de Limites de Tolerância. Na ausência de limites de determinada substância na NR-15, a Norma Regulamentadora NR-09 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) recomenda adoção dos limites de exposição ocupacional da Conferência Americana de Higienistas Ocupacionais (ACGIH) (Vide Anexos - Quadro 3.1), que é uma referência aceita pela maioria dos países centrais do bloco ocidental. Esta entidade recomenda os limites de exposição ocupacional de 205 mg/m³ (50ppm), para a concentração média ponderada no tempo e de 300 mg/m³ (75ppm), para exposição de curta duração (ACGIH, 1999, p. 48).

3.3.1.2 Os Riscos à Saúde Associados ao Metilisobutilcetona

O metilisobutilcetona faz parte de uma grande categoria de substâncias presentes nos locais de trabalho e fora deles, chamada solventes.

Os riscos à saúde associados a exposição aos solventes em geral incluem toxicidade ao sistema nervoso, problemas reprodutivos, lesões ao fígado e aos rins, dificuldades respiratórias, câncer e dermatites. Suas propriedades químicas, físicas e biológicas são alvo de atenção da comunidade científica mundial, bem como seu uso e conseqüências à saúde de trabalhadores, do público e ao impacto sobre o meio ambiente. Além disto, pode-se afirmar que muitos grupos ou substâncias isoladas, classificados como solventes têm propriedades específicas, que requerem controle mais aprimorado, pois nem todos seus efeitos são completamente conhecidos (NIOSH, 1977a).

Os solventes são usados em larga escala nas atividades de construção, marítima, química, petroquímica e de pequenas e médias indústrias em geral. São usados na extração de gorduras e óleos, como desengraxantes, em lavagem a seco e na fabricação de muitos itens incluindo tintas, vernizes, lacas, removedores de tintas, plásticos, adesivos, produtos têxteis, tintas para impressão, produtos de borracha, produtos de limpeza e cêras (AMIA, 1980).

Os solventes incluem uma variedade de produtos químicos de uso comum, tais como álcoois, solventes minerais, destilados de petróleo, aguarrás, benzeno, tolueno, xileno, percloroetileno, tricloroetileno, metiletilcetona (MEC), metilisobutilcetona (MIBC), gasolina, nafta e querosene. No início do século 20, havia talvez uma dúzia de solventes usados rotineiramente. Na década de 80 havia aproximadamente 350 tipos de diferentes solventes em uso nos EUA (NIOSH, 1987). O Instituto Nacional para Saúde e Segurança Ocupacional dos Estados Unidos (NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health) estima que existiam cerca de 10 milhões de trabalhadores potencialmente expostos a solventes orgânicos nos locais de trabalho americanos em 1981.

Embora muitos solventes isolados ou grupos de solventes tenham propriedades únicas, há também aspectos químicos, físicos e biológicos que são comuns a um grande número deles. Considerando-se a grande variedade e quantidade de solventes utilizados em

larga escala, os aspectos comuns a uma grande quantidade e seus riscos para a saúde e o meio ambiente torna-se possível e aconselhável, desenvolver e implementar estratégias de controle com o objetivo de reduzir os níveis de exposição pelas vias inalatórias e dérmicas dos trabalhadores e da população em geral (Goes, 1997).

De um modo geral, alguns solventes estão sob suspeita de terem seus limites de exposição ocupacional (também chamados de limites de “tolerância”) inadequados ou elevados. O conceito de limites de exposição para substâncias químicas é conhecido dos higienistas industriais, considerando-se a absorção pela via inalatória e o padrão de exposição crônico, e é definido como sendo “*a concentração do contaminante no ar sob a qual a maioria dos trabalhadores pode se expor durante sua jornada normal de trabalho (40 horas semanais nos EUA) e durante toda sua vida laboral, sem adquirir lesões ou doenças causadas pelo contaminante*” (ACGIH, 1998).

3.3.1.3 Alguns princípios para a Identificação do Perigo do MIBC

Os perigos específicos que nos preocupam são agressões ao trato respiratório, devido a principal via de exposição ser a inalatória; as lesões hepáticas e as renais, em função das conclusões da literatura técnica de exposição ocupacional indicarem estes órgãos e sistemas como alvos dos solventes em geral, não excluindo o MIBC (NIOSH, 1977b). A preocupação com o câncer está afastada, em função de não se encontrar forte evidência de algum tipo de carcinoma causado por exposição ocupacional (ou não ocupacional) ao MIBC (OMS, 1990).

O primeiro princípio está ligado aos estudos epidemiológicos que são apontados como as melhores fontes de informação para identificar o perigo. Entretanto o MIBC não escapa a condição predominante daquelas substâncias para as quais estes estudos não existem. Na pesquisa feita através do banco de dados do “MEDLINE”, foi encontrado um estudo toxicológico do Dr. F. Gobba, sobre a presença de MIBC na urina de trabalhadores. (Gobba e colegas, 1997)

O segundo refere-se aos estudos experimentais em animais que também fornecem informações úteis para a identificação do perigo. Nestes estudos controlados há mais facilidade de se estabelecer nexos causais. Poucos estudos com animais e sistemas testes *in vitro*, demonstraram que o MIBC tem baixa toxicidade em exposições simples ou de curta duração(OMS, 1990). Entretanto, experimentos com fêmeas de porquinhos da índia,

concluídos em 1940 por Specht e colegas, expuseram as cobaias a altas concentrações do solvente (1000, 16800 e 28000 ppm), durante mais de 24 horas. Observou-se que a 1000 ppm havia um mínimo efeito de irritação nos olhos e narizes. A taxa de inalação decresceu sensivelmente durante as 6 primeiras horas de exposição, o que foi atribuído a algum efeito narcótico do MIBC. Os mais altos níveis de exposição produziram sinais evidentes de irritação nos olhos e narizes, seguida de salivação, lacrimação, narcose progressiva e óbito em menos de 45 minutos. Os níveis mais altos levaram 50% da população exposta ao óbito. Foram encontrados em alguns animais que sofreram autópsia, fígados adiposos, cérebros, pulmões e baços congestionados, mas nenhum dano foi observado em corações e rins (Specht e colegas, 1976; apud: OMS, 1990). Todavia, apesar das extrapolações possíveis, os resultados destes estudos têm a limitação óbvia de que os animais utilizados não pertencem a mesma espécie de interesse da pesquisa: o homem.

O terceiro princípio é o da similaridade dos efeitos. As informações disponíveis sobre mecanismos biológicos, baseiam-se no pressuposto de que as respostas biológicas obtidas com animais utilizados em experimentos são similares em seres humanos. A Toxicocinética e o Metabolismo do MIBC foram estudados em porquinhos da Índia por DiVincenzo e colegas (1976, apud: OMS, 1990). Dois metabólitos foram identificados: o principal, 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona (HMP), formou-se pela oxidação do MIBC; o outro metabólito, 4-metil-2-pentanol, resultou da redução do MIBC. Pilon (1987, apud: OMS, 1990) também identificou os metabólitos HMP e 4-metil-2-pentanol em ratos (Figura 3.2). Malyscheva em seus estudos (1988, apud: OMS, 1990) sugere que o MIBC é absorvido pela pele de forma tão eficaz quanto pela via oral e inalatória. O mesmo autor mostrou que a distribuição do MIBC no organismo é extensiva (sinais de intoxicação em vários órgãos), produzindo alterações no fígado e nos rins. Todavia deve-se ter em mente, que as respostas biológicas à algumas substâncias podem diferir consideravelmente entre espécies diferentes.

As informações obtidas a partir da administração em animais de uma substância pela mesma via de exposição que a de seres humanos é considerada com valor mais preditivo do que a informação obtida pela administração por vias diferentes de exposição. No caso desta pesquisa, a via inalatória foi a selecionada porque esta é a forma de exposição predominante do grupo de trabalhadores em estudo. Na pesquisa de campo, na fase da Avaliação da Exposição, a estratégia adotada não contemplava a monitorização de algum indicador biológico de exposição ao MIBC, que seria uma forma de quantificar a exposição epidérmica. Mas, Gobba e colegas em 1997, realizaram monitorização biológica para exposição

ocupacional a solventes e identificaram o próprio MIBC na urina de trabalhadores expostos por ambas as vias: a dérmica e a inalatória(Gobba,1997).

Finalmente, uma resposta múltipla em animais experimentais, relacionada a efeitos sistêmicos em várias espécies e em ambos os sexos, resultante de níveis de exposição diferentes, com intensidade ou frequência de respostas diretamente relacionadas com a magnitude da exposição, e em vários locais do corpo - fornece evidências mais convincentes sobre o potencial de dano sistêmico para o ser humano do que uma resposta limitada a uma só espécie, a um só sexo e em locais do corpo onde não é comum ocorrer efeitos sistêmicos em animais que não estão submetidos à exposição. Além das pesquisas acima, envolvendo testes em porquinhos da índia, ratos e camundongos, Brondeau e colegas (1989,apud: OMS, 1990), pesquisaram em frangas, exposição simultânea ao MIBC e ao n-hexano pela via inalatória e encontraram resultados similares aos dos outros estudos realizados em outras espécies e animais citados.

3.3.1.4 Dados sobre Efeitos Agudos⁶ Causados pelo MIBC

A exposição simultânea ao metilisobutilcetona (MIBC) ao tetracloreto de carbono pode aumentar a toxicidade de ambos, causando lesões ao fígado de ratos machos. Recomenda-se evitar a exposição de qualquer natureza em ambientes onde haja estes dois solventes (OMS, 1990, p.32).

Os sintomas neurológicos em seres humanos associados ao MIBC foram reportados em voluntários expostos, após duas horas (2:00 h) a concentrações de 10-200 mg/m³ (2,4 a 48,8 ppm), causando dor de cabeça, vertigem e náusea. Nenhum efeito significativo foi relatado quanto a performance de tempo de reação a tarefas ou a um teste mental aritmético (OMS, 1990, p.48).

Exposição a concentração de 820 mg/m³(200 ppm) durante 15 minutos causou irritação nos olhos de 12 voluntários. Um grupo de trabalhadores expostos a 410 mg/m³ de MIBC (100 ppm) queixou-se de irritação no trato respiratório, mas as queixas cessaram a 82 mg/m³ (20 ppm). Irritações no nariz e garganta foram relatadas, resultantes de uma exposição de duas horas a níveis de 10, 100, 200 mg/m³ (2,4; 24,4 e 48,8 ppm) (OMS, 1990, p.48).

⁶ Efeitos agudos são aqueles produzidos por uma única ou múltiplas exposições, por qualquer via, por um curto período inferior a um dia. (Goes, 1997, p. 12).

O limite de percepção olfativa do MIBC é $1,64 \text{ mg/m}^3$ (0,4 ppm). Em função de sua baixa viscosidade, o MIBC, quando inalado, atinge os pulmões, podendo causar pneumonia química (OMS, 1990, p.48).

Reportou-se uma certa tolerância adquirida ao longo da semana de trabalho (jornada de 40 horas semanais), mas perdida durante o fim de semana, ao cessar a exposição (OMS, 1990, p.48).

3.3.1.5 Dados Sobre Efeitos Crônicos⁷ Causados pelo MIBC

No único relatório relacionado a exposição de longa duração (5 anos), os trabalhadores foram expostos a 2050 mg/m^3 de MIBC (500 ppm) durante 20 a 30 minutos por dia e a 328 mg/m^3 (80 ppm) pelo restante da jornada de trabalho: mais de 50% dos 19 trabalhadores queixaram-se de fraqueza, falta de apetite, dor de cabeça, irritação nos olhos, dor de estômago, náusea, vômitos e irritação na garganta. Poucos tiveram insônia, sonolência e algum tipo de desequilíbrio. Quatro apresentaram fígado aumentado e seis uma colite não específica. Cinco anos mais tarde, este mesmo grupo de trabalhadores foi avaliado, num novo cenário no qual as práticas e as condições do ambiente de trabalho foram grandemente melhoradas e as concentrações do contaminante reduzidas a quinta parte dos níveis anteriores. Poucos trabalhadores ainda se queixaram de irritação nos olhos e no trato respiratório superior, bem como sintomas gastrointestinais e no sistema nervoso central. Também relataram que o contato prolongado com a pele, causou-lhes irritação e escamação (ARMELI e col. *apud* OMS, 1990, p. 49).

Poucos casos isolados de neuropatias periféricas foram relatadas, após a exposição a solventes em tarefas de pintura a “*spray*” ou uso de solvente de laca (“*thinner*”), que continham MIBC e outros hidrocarbonetos.

O público em geral está exposto a baixos níveis de MIBC. Pequenas quantidades foram detectadas em alimentos, água potável e outras bebidas. Valores de concentração em alimentos assados, $10,9 \text{ mg/kg}$; laticínios congelados, $11,5 \text{ mg/kg}$; gelatinas e pudins $10,9$

⁷ Efeitos crônicos são aqueles em que as adversidades ocorrem após repetidas exposições por um período longo de tempo, geralmente durante 80% a 100% do tempo de vida. (Goes, 1997, p. 12)

mg/kg; bebidas, 10,2 mg/kg. Em dois países a exposição do ar ambiente para o público foi encontrada como sendo 0,1 a 0,2 mg/m³ (OMS, 1990, p.50).

A concentração de referência (CRf) e a dose de referência (DRf) para o MIBC não foram encontradas na literatura disponível. Estes parâmetros serão calculados, utilizando-se equações pertinentes, ou determinando-se o valor da menor concentração encontrada no ambiente não contaminado.

O solvente MIBC não induziu mutações genéticas no teste de bactérias (*Salmonella typhimurium* e *Escherichia coli*) um ou outro com ou sem ativação metabólica. Outros testes objetivando avaliar o potencial mutagênico do MIBC resultaram negativos, indicando que o solvente não é genotóxico.

3.3.1.6 Mecanismos de Ação Tóxica em Animais

Os mecanismos de ação tóxica do MIBC ainda não foram bem esclarecidos. Analogamente a outros solventes, há fortes evidências que esses efeitos estão diretamente dependentes do metabolismo, isto é, de sua ativação metabólica no interior dos organismos vivos. Os principais produtos deste metabolismo foram identificados em estudos de Abou-Donia e colegas (1985), sendo que a substância predominante, a HMP (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona), formou-se pela oxidação do MIBC pela ação da enzima monoxigenase em porquinhos da Índia. Outra substância, o 4-metil-2-pentanol, resultante da ação das enzimas reductase-cetona e álcool-desidrogenase pela reação de redução, também foi identificada no metabólito de ratos. Estudos de Malyscheva (1988, apud: OMS, 1990), sugeriram que o MIBC é absorvido através da pele, bem como pelas vias oral e inalatória. Malyscheva mostrou que a absorção dérmica é seguida de distribuição extensiva da substância no organismo, identificando-se sinais tóxicos em muitos órgãos alvo. Da mesma forma, estudos de inalação também apresentaram alterações no fígado e nos rins, sugestivas de distribuição extensiva (MacEwen e col., 1971, apud: OMS, 1990) e (Vernot e col., apud: OMS, 1990)

3.3.1.7 Mecanismos de Ação Tóxica em Humanos

MIBC e outros solventes foram encontrados em amostras de urina de pessoas do público em geral (Zlatkis e Liebich, 1971, apud: OMS, 1990). O MIBC foi detectado em vários tecidos e fluidos corporais de dois indivíduos que sofreram exposição fatal de uma

mistura de solventes orgânicos. A faixa de concentração do MIBC nos tecidos e fluidos dos dois falecidos foi de 1,4 a 2,5 e 0,2 a 0,8 mg/kg entre os dois indivíduos (Bellanca e col., 1982 apud: OMS, 1990). O estudo de inalação conduzido por Dick e colegas (1990: apud OMS, 1990) com voluntários sugeriu que exposições de 410mg/m³ (100ppm) durante 4 horas causou estabilidade nos níveis de contaminação do sangue. Amostras de sangue e de ar respirado coletados após 90 minutos de exposição, indicaram completa descontaminação do MIBC absorvido. Hjelm e colegas (1990, apud: OMS, 1990) expuseram voluntários durante 2 horas de exercícios físicos leves, às concentrações de MIBC de 10, 100 e 200mg/m³ (2,4 ; 24,4 e 48,8 ppm). A concentração do MIBC no sangue cresceu rapidamente, após o começo da exposição, durante a qual, nenhum nível de estabilização (“*plateau level*”) foi alcançado. Nenhuma tendência no sentido de saturação cinética foi observada acima da faixa de dose, considerando a descontaminação aparente do sangue como 1,6 litros/hora por kg de peso corpóreo, na sua totalidade.

Apenas 0,04% da dose total de MIBC foi eliminada inalterada através dos rins num período de 3 horas após a exposição.

3.3.1.8 Transporte, Distribuição e Transformação do MIBC no Meio Ambiente

Não há dados experimentais sobre o transporte, mobilidade e concentração do MIBC no meio ambiente.

O MIBC é moderadamente solúvel em água e volatiliza muito lentamente a partir do solo e das superfícies dos corpos d’água. Uma meia vida teórica de 33 dias, num corpo d’água de 1 metro de profundidade pode ser calculada utilizando-se o modelo de emissões fugitivas de MacKay & Wolkoff (1973, apud: OMS, 1990). Considerando a moderada solubilidade do MIBC na água e seu baixo coeficiente de adsorção no solo, o solvente é um contaminante potencial das águas subterrâneas. O MIBC é prontamente biodegradável em água doce e água do mar (MITI⁸, 1978: apud OMS, 1990). Não há dados disponíveis sobre a biodegradação do MIBC no solo (OMS, 1990).

⁸ MITI, Ministry of International Trade and Industry of Japan.

O MIBC sofre degradação abiótica⁹ na atmosfera pelos radicais OH (Cox e col. apud OMS, 1990, p. 19). Atkinson (apud OMS, 1990, p. 19) e outros encontraram as constantes de reatividade K_{OH} de $12,4 * 10^{-12}$ e $14,5 * 10^{-12} \text{cm}^3 / \text{mol por segundo}$, respectivamente, que correspondem as meias-vida de 0,55 dias (13 horas) e de 0,57 dias (14 horas). O MIBC também é degradado pela ação da luz (fotodegradação). O principal produto desta fotodegradação é a acetona, cuja constante de reatividade é $K_{OH}=0,5 * 10^{-12} \text{cm}^3/\text{mol por segundo}$, o que nos leva a uma meia-vida de 16 dias.

Há alguma evidência experimental indicando a participação de cetonas no ciclo da formação do “*smog*” fotoquímico, como iniciadores da cadeia de radicais livres. Entretanto, sua contribuição para a geração global de “*smog*” não foi estabelecida, mas imagina-se que seja secundária (Lande e col., 1976, apud: OMS, 1990).

3.3.1.9 Bioacumulação¹⁰

Não há dados sobre a capacidade do MIBC se acumular no material biológico. Entretanto, sua moderada solubilidade e seu baixo coeficiente de partição sugerem que tem baixo potencial de bioacumulação (OECD, 1984: apud OMS, 1990). Não é esperado que seja bem absorvido pelos organismos, ainda devido ao seu baixo coeficiente de partição. É esperado que se volatilize regularmente, não persistindo no ambiente devido a sua curta meia-vida de 13-14 horas (OMS,1990).

3.3.1.10 Resumo

O metilisobutilcetona (MIBC) faz parte da categoria dos solventes, cujos efeitos à saúde em humanos e os impactos ao meio ambiente ainda estão sendo estudados. Não há muitos estudos toxicológicos e epidemiológicos específicos para o MIBC. Os limites de exposição ocupacional ao MIBC estão bem definidos em vários países do bloco ocidental (Quadro 3.1), mas entidades e grupos de cientistas questionam alguns valores deste e de outros solventes, acreditando-se que devam ser mais conservativos. Os mecanismos de ação

⁹ Significa que o contaminante se transforma numa outra substância ao ingressar e permanecer no ambiente, sem a ação de bactérias. A degradação abiótica pode ser resultante da reação química com radicais livres na atmosfera ou devido a ação de radiações.

¹⁰ Refere-se ao aumento progressivo da concentração de uma substância química no organismo ou parte dele, que ocorre por conta da taxa de ingresso que excede a habilidade do organismo de remover a substância do corpo(EPA, 1989)

tóxica em animais ainda não estão bem esclarecidos, mas Abou-Donia e colegas, identificaram dois produtos do metabolismo do MIBC: a HMP (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona) em porquinhos da índia e a 4-metil-2-pentanol em ratos, resultantes respectivamente das ações das enzimas reductase-acetona e álcool-dehidrogenase (1985, apud: OMS, 1990). Estes resultados apontam para o aprofundamento das pesquisas sobre a toxicidade do MIBC.

3.3.2. Informações sobre Dose e Resposta do Metilisobutilcetona

3.3.2.1 Avaliação das Relações de Dose-Resposta

Neste tópico serão estimadas as relações entre dose e resposta para a toxicidade do MIBC resultante da contaminação pela via inalatória. Em complemento ao que foi dito em tópico anterior, a existência de bons estudos epidemiológicos, quando há, não contribui para coleta de dados quantitativos confiáveis sobre a exposição. Conseqüentemente, neste e em outros casos, as relações dose-resposta serão estimadas a partir de estudos em animais (Freitas e col., 1997).

Segundo a Environment Protection Agency (EPA apud Freitas e col., 1997, p. 30), três problemas devem ser considerados:

- as altas doses às quais os animais em experimentos estão expostos, em geral, contrapondo-se aos efeitos às doses baixas no mundo real, que somente poderão ser previstos através das teorias relativas na forma de dose-resposta;
- a freqüente diferença de suscetibilidade entre os seres humanos e os animais, dado às características de tamanho, superfície corporal, peso e metabolismo;
- a característica heterogênea da população humana, de maneira que alguns indivíduos podem ser mais suscetíveis do que a média.

As relações dose-resposta a doses baixas de qualquer contaminante passam por três suposições convencionais, segundo Freitas (1997, p. 30):

- há razões teóricas para crer que os efeitos mutagênicos podem ocorrer a níveis de dose muito baixas e isto inclui a iniciação dos carcinomas;
-

- geralmente se assume que existem níveis “limite” para a maioria dos outros efeitos biológicos, o que não nos garante a previsão de “níveis seguros” para a população humana; o metilisobutilcetona pode-se enquadrar nesta suposição;
- espera-se que os seres humanos tenham as respostas mais variadas as substâncias tóxicas, na condição de se assumir que animais e humanos sejam em média intrinsecamente semelhantes em suscetibilidade.

3.3.2.2 Aspectos Gerais da Relação Dose-Resposta

Segundo Freitas (1997), *“as respostas tóxicas podem ser de vários tipos, independente do órgão ou sistema afetados. Para algumas, a gravidade do dano aumenta a medida que aumenta a dose, ou seja, o efeito é proporcional à dose.”*

Desta afirmativa pode-se concluir que certa substância causará maior dano a algum órgão, como por exemplo, o fígado, quanto maior for sua dose. Em contrapartida, com a diminuição da dose, os danos serão minorados até que se atinja um limite de dose, *“no qual nenhum efeito é observado ou no qual existam somente alterações bioquímicas que não produzam efeitos adversos conhecidos na saúde do animal.”* Esta dose na qual não se observa nenhum efeito é conhecida como NOEL¹¹ (No Observed Effect Level) (EPA,1991).

Em geral, existe uma proporcionalidade inversa entre a duração da exposição, o NOEL e a dose na qual surgem os efeitos , aparentemente significando que ao se manter o indivíduo exposto, também se atua na sua suscetibilidade, que parece ser aumentada(Freitas, 1997).

3.3.2. 3 Dose Letal e Concentração Letal do MIBC

A determinação da dose letal média (DL₅₀), é geralmente o primeiro experimento realizado com uma substância química. A dose letal (DL₅₀) que se relaciona à absorção de substâncias pelo organismo via dérmica e oral - e a concentração letal (CL₅₀) – que se

¹¹ Uma das metas dos estudos de toxicidade é determinar o nível de efeito não observado (NOEL), que corresponde a dose experimental mais alta na qual não há, estatisticamente e biologicamente, nenhum crescimento na frequência ou severidade dos efeitos tóxicos vistos na população exposta comparada com uma outra apropriada não exposta (EPA, 1989).

relaciona à absorção por inalação - são parâmetros toxicológicos que correspondem à dose necessária para provocar o óbito de 50% da população exposta. Observe-se que quanto mais baixa a DL_{50} , maiores são o perigo da substância e a probabilidade de mortes imediatas em caso de exposição. Geralmente estes parâmetros toxicológicos são baseados na extrapolação de resultados obtidos em testes de laboratórios com animais *in vivo* (Smith, 1992; apud Freitas, 1997) – freqüentemente são empregados roedores para esses tipos de testes, conforme Quadro 2.2.

3.3.2.4 O Conceito do Efeito com Limiar das Substâncias não Carcinogênicas

As substâncias que produzem resultados tóxicos que escapam à mutação genética e à produção de câncer são chamadas de “tóxicos sistêmicos”, porque seus efeitos são observados no sistema de funcionamento de vários órgãos. Os mecanismos homeostáticos adaptativos funcionam como barreiras à invasão da substância, que somente causará algum resultado tóxico se as ultrapassar (Freitas, 1997). Esta característica confere aos tóxicos sistêmicos uma espécie de limiar de exposição identificável abaixo do qual os efeitos adversos não são observáveis, que funciona tanto para indivíduos como para as populações. Este fato distingue os resultados sistêmicos daqueles carcinogênicos e mutagênicos, os quais são considerados com freqüência como processos sem limiar (EPA, 1991).

Segundo Freitas e col. (1997, p. 37) – “o conceito de limiar é importante no contexto da regulamentação. A hipótese de limiar individual sustenta que uma gama de exposições desde zero até certo valor finito, pode ser tolerada pelo organismo com essencialmente nenhuma probabilidade de expressão de efeito tóxico.”

3.3.2.5 Efeitos com Limiar

Avaliar a relação dose-resposta de efeitos com limiar passa obrigatoriamente pela identificação do valor do NOAEL¹², utilizando-se o estudo crítico realizado com a espécie mais sensível, quando é possível identificá-la. A partir daí, pode-se calcular a Dose de Referência (DRf) ou Concentração de Referência (CRf), respectivamente no caso de exposição oral ou respiratória.

¹² NOAEL = Non Observed Adverse Effects Level, Nível (dose) no qual nenhum efeito adverso é observado.

A avaliação dose-resposta segue diretrizes e princípios gerais que podem ser resumidos nas seguintes suposições (EPA, 1991):

- as informações obtidas a partir de estudos epidemiológicos em seres humanos são preferíveis, em relação àquela obtidas em experimentos com animais;
- os seres humanos são tão sensíveis, quanto a espécie mais sensível;
- o potencial ou probabilidade significativos de se sofrer algum dano de caráter tóxico-sistêmico, só ocorre quando se extrapola a dose limiar para o efeito específico;
- a implicação normativa do conceito de dose limiar para substâncias que não causam câncer é a dose de referência (DRf) ou a concentração de referência (CRf).

3.3.2.6 Seleção do Estudo Crítico

O estudo crítico é aquele que determina o NOAEL, valor experimental utilizado como base para o cálculo da DRf.

A partir de dados de estudos em animais, o avaliador do risco, deve verificar inicialmente o modelo que é mais pertinente para os seres humanos, utilizando os dados biológicos mais bem fundamentados e contundentes (Freitas e col., 1997). Quando não se consegue determinar a espécie mais pertinente, utiliza-se a mais sensível, isto é, aquela que apresenta um efeito tóxico decorrente da dose mais baixa administrada.

Animais de laboratório são geneticamente homogêneos, o que traz ao avaliador mais uma dificuldade, que é a de extrapolar as altas doses aplicadas nos experimentos para as exposições ambientais relativamente baixas e ainda considerar a heterogeneidade humana (Freitas e col., 1997).

Este problema é contornado adotando-se fatores de ponderação, que conferem ao valor extrapolado, margem de segurança.

Em resumo, um nível de exposição experimental é selecionado a partir do estudo crítico, representando o nível mais alto testado que não produziu nenhum efeito adverso. Este valor é o NOAEL, que é informação fundamental do estudo dose-resposta e consiste na base para a avaliação científica do risco que os tóxicos sistêmicos, como o solvente metil isobutil cetona (MIBC), representam para os seres humanos (Freitas e col., 1997).

O NOAEL é definido como a “*dose experimental mais alta de uma substância, na qual não há um aumento estatístico importante na frequência ou gravidade de um efeito adverso, em indivíduos de um grupo exposto, quando se compara com indivíduos de um grupo de controle apropriado (EPA, 1989, tradução livre).*” O NOAEL pode ser diferente em função de diferentes interpretações ou julgamentos profissionais e também é dependente do tamanho da população em estudo. Estudos com grande número de animais aumentam a probabilidade de se definirem doses mais baixas como valores de NOAEL (EPA,1991). O resultado crítico utilizado na avaliação dose-resposta é aquele efeito que apresenta o menor NOAEL.

3.3.2.7 Determinação da dose de Referência (DRf)

A DRf é um valor de dose derivado da concentração de referência (CRf) e esta por sua vez do NOAEL através da aplicação de fatores de incerteza (FI), geralmente em várias ordens de magnitude, que refletem as diversas situações assumidas (Quadro 3.3). Além disso, às vezes se utiliza um fator de ponderação(FP), baseado em julgamento profissional sobre a base de dados completa da substância, que na verdade é uma ampliação das incertezas que não foram contempladas nas situações de contorno anteriores (Quadro 3.3) (OPS/EPA, 1996).

Quadro 3.3 - Fatores para Efeitos Não Carcinogênicos	
Situação	Fator de Incerteza
Considera variações na sensibilidade da população humana	10
Ao extrapolar para o homem informação obtida com animal	10
Quando para estimar a DRf se utiliza um NOAEL derivado de um estudo subcrônico, em vez de um obtido por estudo crônico	10
Quando se utiliza um LOAEL em vez de NOAEL	10
Situação	Fator de Ponderação
Considera fatores de incerteza não incluídos anteriormente	>0 a 10

Fonte: OPS/EPA, 1996

Assim, a concentração de referência (CRf) será obtida a partir do NOAEL dividido pelo resultado do produto dos fatores de incerteza e de ponderação, aplicando-se a equação (1):

$$\xrightarrow{\text{Equação 1}} CRf = \frac{NOAEL}{FI * FP}$$

Estudos de avaliação dos riscos à saúde em humanos devido a exposição ao MIBC, indicam um efeito não significativo a níveis de concentração no ar inalado abaixo de 200mg/m³ (50ppm)(OMS, 1990, p.50). Na falta de outros estudos divulgados, adotar-se-á o valor de 200mg/m³ como o nível de exposição abaixo do qual nenhum efeito adverso foi observado em indivíduos da espécie humana, o que define o NOAEL.¹³

3.3.2.8 Fatores de Incerteza e de Ponderação(FI e FP)

Níveis aceitáveis de exposição para substâncias que não produzem efeitos carcinogênicos, como o MIBC, são tradicionalmente reduzidos a partir do NOAEL, através de divisores, os *fatores de incerteza*, que levam em consideração as várias situações de incerteza passíveis de surgir em estudos desta natureza (Quadro 3.3). Estas situações vão desde a diferença entre as espécies, como extrapolar para o homem informação obtida com animal até considerações sobre variações na sensibilidade da população humana.

No caso do MIBC, fontes apontam poucos estudos realizados em seres humanos e restritos à categoria ocupacional. Deste modo, as variações da sensibilidade humana serão significativas, o que nos conduz a um fator de incerteza **F₁ = 10**.

O NOAEL utilizado foi derivado de um estudo subcrônico, o que resulta em mais um fator de incerteza de **F₂ = 10**. As demais situações de incerteza listadas no Quadro 3.3 não se aplicam ao presente estudo, logo o **fator de incerteza resultante (FI) é o produto de F₁* F₂**:

¹³ Estudos de Dodd e colegas(1982, apud: OMS, 1990, p.34) com ratos e camundongos não apresentaram anormalidades histopatológicas após a exposição a 414mg/m³ (101ppm) de MIBC pela via inalatória. Entretanto, MacEven e colegas (1971, apud : OMS, 1990, p.32) e Vernot e colegas (1971, apud: OMS, 1990, p.32), encontraram aumento de peso dos rins em ratos expostos a mesma concentração durante 2 semanas. O *Critério de Saúde e do Meio Ambiente 117, da Organização Mundial de Saúde (OMS, 1990, Environmental Health Criteria 117, Methyl Isobutil Ketone, p.50)* faz menção a estudos em humanos de autores não citados, que apontam a concentração de 200mg/m³ (50ppm) como nível no qual nenhum efeito foi observado. Este valor será adotado como NOAEL.

$$\begin{aligned}
 FI &= F_1 * F_2, \\
 FI &= 10 * 10, \\
 FI &= 100.
 \end{aligned}$$

O **fator de ponderação (FP)** é derivado de incerteza adicional para contemplar diferentes julgamentos profissionais, na estimativa de níveis aceitáveis (Freitas e col., 1997, p.36) e (Quadro 3.3). Uma situação de incerteza adicional identificada é a de que há estudos em animais sobre o MIBC, mas poucos em seres humanos (OMS, 1990). Em função deste fato significativo, adotou-se um fator de ponderação de 10:

$$FP = 10.$$

Logo a Concentração de Referência (CRf) pode ser calculada, aplicando-se na Equação (1), os valores assumidos:

$$\xrightarrow{\text{Equação 1}} CRf = \frac{NOAEL}{FI * FP} = \frac{200}{100 * 10}$$

$$\xrightarrow{\text{Equação 1}} CRf = \frac{200}{1000}$$

$$\xrightarrow{\text{Equação 1}} CRf = 0,2 \text{ mg} / \text{ m}^3 = 0,05 \text{ ppm}.$$

Este valor de 0,2 mg/m³ será adotado neste trabalho como a Concentração de Referência para o Cálculo da Dose de Referência.

3.3.2.9 Cálculo da Dose de Referência

Há várias fórmulas na literatura para o Cálculo da Dose absorvida por inalação de contaminantes. Através de sua aplicação pode-se chegar à Dose Diária Média, a Dose Diária Média para a Vida Inteira ou à Dose Diária Média para um período estipulado(EPA, 1996).

Mas, basicamente todas as fórmulas citadas são variações simplificadas daquela usada para o cálculo da Dose Diária Média, que se apresenta em sua forma completa como:

$$\xrightarrow{\text{Equação 2}} Dose = \frac{C * TI * TA * DE}{PC * TM}$$

Onde :

- Dose = Dose Diária Média (mg/kg*dia);
- C = Concentração do Contaminante no ar (mg/m³);
- TI = Taxa de Inalação (m³ / dia);
- TA = Taxa de Absorção do Contaminante no organismo (fração adimensional de 0 a1 ou 0 a 100%)
- DE = Duração da Exposição (dias);
- PC = Peso Corpóreo Médio da população estudada (kg);
- TM = Tempo Médio de Exposição(dias).

Admite-se uma simplificação para esta Equação(2), quando a substância não é carcinogênica, considerando-se, neste caso, que o tempo Médio de Exposição(TM) é igual à Duração da Exposição(DE). Consequentemente a Equação (2) torna-se:

$$\xrightarrow{\text{Equação 3}} Dose = \frac{C * TI * TA}{PC}$$

A partir da Equação (3) pode-se chegar a Dose de Referência (DRf), considerando-se:

- C = CRf = 0,2 mg/m³;
- TI = Taxa de Inalação = 23,0 m³ /dia(EPA, 1996);¹⁴
- TA = Taxa de Absorção = 50% Ou 0,5(Barbosa, 1997);¹⁵

¹⁴ A taxa de inalação de 23,0 m³/dia é um valor padrão usado em cálculos de exposição ocupacional para trabalhadores em atividades de esforço físico moderado(EPA, 1996).

¹⁵ A taxa de absorção de 50% assumida significa que 50% do contaminante inalado sofreu ação metabólica do organismo. Este valor foi assumido por Barbosa (1997) em seu estudo sobre exposição de trabalhadores ao benzeno em refinarias, e será adotado nesta pesquisa.

- PC = Peso corpóreo médio da população estudada = 70,0kg.¹⁶

Então, temos:

$$\xrightarrow{\text{Equação 3}} DRf = \frac{0,2 * 23,0 * 0,5}{70,0}$$

$$DRf = 0,0328mg/kg*dia.$$

¹⁶ Dado obtido dos registros do Setor de Saúde Ocupacional da refinaria.

3.3.3. Avaliação da Exposição

Dentro da Metodologia da Avaliação de Riscos, avaliar a exposição consiste em determinar os níveis de exposição de populações específicas, alvos dos estudos e pesquisas, através de monitorizações e estimativas de exposição que, combinadas com as suposições quanto aos modos e vias de absorção e dos efeitos à saúde, conduzirão a valores numéricos de concentrações no ar do ambiente e às doses que poderão atingir estes grupos do público ou de trabalhadores. A avaliação da exposição tem como objetivo determinar ou estimar a magnitude, a frequência, a duração e a identificação das vias de exposição. Para a Higiene Industrial, a fase de avaliação identifica-se em muitos aspectos com a similar na Avaliação de Riscos. Entretanto a discussão dos valores de concentração ou intensidade dos agentes de risco encontrados no ambiente, restringe-se a compará-los aos limites de exposição tabelados.

As etapas básicas da Avaliação de Exposição são a **monitorização e análise de dados**, para obter valores das concentrações ambientais do contaminante; **a identificação da via de exposição; a determinação do destino e transporte das substâncias**.

As etapas citadas são completadas pelo estabelecimento da **duração e frequência do contato dos seres humanos com o meio contaminado**, pelo conhecimento da **taxa de absorção para cada via de exposição para cálculo das doses** e pela **identificação das populações ou grupos e subgrupos expostos**.

A Avaliação da Exposição aplicada ao grupo de trabalhadores das plantas de produção em estudo, está desenvolvida e relatada no **Capítulo IV – Resultados – Apresentação e Discussão**.

3.3.4. A Caracterização do Risco

A avaliação do risco implica em estimar o perigo e a exposição combinados. O perigo é uma propriedade intrínseca de uma substância ou de uma situação. Pode-se até exemplificar didaticamente usando-se aspectos da Natureza: uma picada de cobra da espécie jararaca pode levar ao óbito sua vítima, mas uma picada de uma limpa-campo não. Neste exemplo reuniu-se o conceito de perigo intrínseco (o veneno da jararaca) e o de exposição (a probabilidade do contato da vítima com as serpentes). Exposição significa contato entre a substância ou evento perigoso e o indivíduo, população ou ecossistema. Em geral, quanto maior a exposição,

maior o risco. Quando se reduz ou se elimina a probabilidade de exposição, reduz-se ou anula-se o risco.

A Avaliação de Riscos é realizada considerando-se os perigos intrínsecos, a amplitude da exposição aos perigos e as informações sobre a relação dose-resposta. Como já foi dito, é freqüente não existir informação suficiente para determinar com precisão os perigos, os níveis de exposição ou as relações dose-resposta de determinado agente tóxico. Desta forma os avaliadores de risco tem que usar uma combinação de informação científica e o seu melhor julgamento profissional para caracterizar o risco (www.riskworld.com/Nreports/1997risk-rpt/html/epajan3.htm).

O processo de caracterização do risco envolve uma análise integrada dos resultados mais significativos da avaliação de risco. Esta análise integrada reúne as informações das fases de **identificação de perigo, da avaliação da relação dose-resposta e da avaliação da exposição**, com o objetivo de se fazer estimativas do risco para os cenários de exposição de interesse (Freitas e col., 1997).

A Caracterização do Risco obtém a estimativa da distribuição da exposição entre os membros da população exposta, que depende da qualidade dos dados, identifica e compara a contribuição de diferentes fontes, vias e modelos de exposição. As forças e limitações (incertezas) dos dados e dos métodos de estimativa são apresentadas de forma clara (EPA, 1991 e 1996, apud Freitas). Finalmente, o excesso de risco em seres humanos provocados pela exposição a determinada substância tóxica é apresentada num perfil qualitativo ou quantitativo.

O resultado de uma avaliação de riscos é a caracterização do risco. Uma caracterização de risco deve buscar as seguintes informações:

- qual a probabilidade de risco à saúde do grupo ou população, considerando a natureza do perigo e a exposição;
- quais indivíduos ou grupos estão expostos ao risco – existe algum subgrupo mais exposto do que outros;
- qual a severidade dos impactos ou efeitos antecipados;
- os efeitos são reversíveis;
- quais comprovações científicas apoiam as conclusões sobre o risco – qual o peso destas evidências;

- qual o grau de incerteza sobre a natureza e a magnitude do risco;
- qual o alcance dos aspectos sobre a natureza e probabilidade do risco;
- qual o grau de confiança do analista sobre sua predição do risco;
- quais outras fontes podem causar o mesmo tipo de risco;
- o risco analisado apresenta outros impactos ao grupo ou comunidade, além dos relativos à saúde e ao ambiente, como aspectos sócio-culturais, por exemplo ?

O nível de detalhe aplicado a uma Avaliação de Risco e incluído na caracterização deve ser proporcional à importância do problema, ao impacto à saúde e ao ambiente esperados, aos impactos socio-economicos, urgência e nível de controvérsia, bem como os impactos e os custos das medidas de proteção.

A caracterização do risco deve incluir informação suficiente para permitir que os responsáveis pelo gerenciamento de riscos possam tomar decisões úteis e viáveis e os demais envolvidos(grupos de riscos e comunidades) compreendam a importância e o contexto destas decisões (www.riskworld.com/Nreports/1997risk-rpt/html/epajan3.htm).

A participação dos grupos de exposição e da comunidade afetada na estrutura do Gerenciamento do Risco, intensifica a integridade e a confiabilidade dos trabalhos da Avaliação de Risco como um todo. Os grupos ou comunidades expostas tem um importante papel ao fornecer informações específicas sobre impactos à saúde e ao ambiente por eles percebidos, que podem fugir à observação dos analistas de riscos. Esta estratégia foi adotada na fase de Identificação do Perigo do Metilisobutilcetona, ao se entrevistar operadores e supervisores das unidades em estudo.

Os cálculos e resultados obtidos na caracterização do risco estão apresentados no **Capítulo IV - Resultados - Apresentação e Discussão.**

3.3.5 O Gerenciamento do Risco

O principal objetivo de qualquer Avaliação de Riscos é gerara dados para dar suporte ao processo decisório, em apoio a decisões do tipo se um produto químico é suficientemente seguro para ser utilizado em determinado processo, se um determinado local é adequado para instalação de uma planta de produção ou se determinado sítio é apropriado para o tratamento ou descarte de determinados resíduos. Informações sobre as conseqüências dos perigos para a saúde de populações, agressão ao meio ambiente e o custo para gerir estes mesmos perigos são alguns dos resultados deste conjunto de disciplinas e perspectivas chamada Avaliação de Riscos. O processo da Avaliação dos Riscos surgiu em função de demandas cada vez mais impactantes e organizadas do Público (consumidores, ambientalistas, organizações não governamentais, sindicatos e comunidades vizinhas às atividades e sítios perigosos. Numa outra perspectiva, os gerentes das indústrias que envolvam processos de produção tóxicos, necessitam conhecer o potencial deste agentes e implementar estratégias adequadas e ecologicamente corretas para seu controle(Freitas, 1997). Conhecer, prevenir, controlar e administrar custos de implantação de programas (“*softwares*”) e tecnologias (“*hardwares*”) de controle dos perigos são tarefas da fase de Gerenciamento dos Riscos. Em síntese, e de uma maneira geral, os objetivos do Gerenciamento dos Riscos de qualquer atividade ou processo são:

- redução de riscos para a saúde pública;
- redução dos riscos ecológicos;
- redução dos riscos abaixo de níveis críticos;
- incentivar a participação do público interessado;
- fomentar o uso de tecnologias mais limpas disponíveis;
- criar protocolos que responsabilizem o causador da contaminação;
- proteger os locais de trabalho;
- maximizar o uso de recursos materiais e humanos;
- maximizar o custo benefício das ações;
- maximizar o custo efetivo das ações de controle.

Para atingir todos estes objetivos, trabalha-se nesta fase do Gerenciamento de Riscos, com as informações necessárias:

- dos resultados da Avaliação dos Riscos;
- do conhecimento de tecnologias disponíveis;

- do conhecimento do impacto desta tecnologias para reduzir o risco;
- da opinião pública;
- da avaliação econômica e
- da legislação pertinente.

No caso específico desta pesquisa, as propostas de Gerenciamento do Risco da exposição dos trabalhadores das plantas em estudo, estão apresentadas no Capítulo V – Conclusões, no tópico **5.1 - A Proposta para Gerenciamento dos Riscos à Saúde dos Trabalhadores.**

CAPÍTULO IV
RESULTADOS – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO

4. RESULTADOS - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO

4.1. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO METILISOBUTILCETONA (MIBC)

No **Capítulo III – Avaliação dos Riscos do Processo de Produção de Lubrificantes e Parafinas Relacionados ao Metilisobutilcetona**, apresentou-se detalhadamente a Metodologia da Avaliação Riscos, em suas principais etapas. Uma das etapas mais importantes, pois trata-se daquela em que se vai obter os valores das concentrações a que se expõe as populações em estudo e seus cenários, é a da Avaliação da Exposição.

A Avaliação da Exposição envolve a determinação ou estimativa da magnitude, da frequência, da duração e da identificação das vias de exposição (Freitas, 1997).

A exposição é definida como o contato que uma ou mais pessoas têm com um ou mais agentes (químicos, físicos e biológicos) com os limites exteriores de seus organismos, durante um período de tempo (Freitas, 1997).

4.1.2 A Contribuição da Higiene Industrial na Prática da Avaliação da Exposição

Neste trabalho, a exposição do grupo de trabalhadores foi medida utilizando-se exclusivamente monitores passivos pessoais de lapela, do tipo de adsorção (Figura 4.1). Os monitores passivos de adsorção, também apelidados de "*badges*" ou "*bottons*", começaram a ser largamente utilizados recentemente no Brasil(início da década de 90) pelos Higienistas Industriais. Pesquisas, também recentes, comprovam a eficácia deste recurso de monitorização pessoal, comparando-os aos métodos tradicionais de "tubitos" de carvão ativado e bombas dosimétricas. Alguns destes trabalhos e pesquisas foram desenvolvidas pelo "*National Institute for Occupational Safety and Health*"(NIOSH) e pelo "*Occupational Safety and Health Administration*"(OSHA). Os resultados obtidos com a utilização de tubos de carvão e de monitores passivos para vapores orgânicos OVM3500, da marca 3M - idênticos aos utilizados em nossa pesquisa - em refinarias da companhia americana *Exxon*, demonstraram-se satisfatórios quanto a precisão e acurácia do método, obedecendo às exigências de aceitação estabelecidas pelo NIOSH, isto é 25% de acurácia (PRISTAS,1991 apud BARBOSA, 1997).

Os monitores passivos de adsorção mostraram-se particularmente adequados para esta pesquisa, em função da necessidade de realizar-se um número significativo de monitorizações pessoais (32 trabalhadores) em um curto espaço de tempo (10 dias). A receptividade dos trabalhadores ao uso deste recurso, também foi um fator determinante, pois tiveram que portá-los durante boa parte de suas jornadas de trabalho. Sua vantagem sobre as tradicionais bombas portáteis dosimétricas, dotadas de tubitos de carvão ativado, foi notória, devido a estas serem mais pesadas e incômodas. Os monitores passivos (“*badges*”), após a exposição eram lacrados e armazenados em ambiente refrigerado, enquanto aguardavam sua remessa para o laboratório contratado no qual seria determinada a concentração do contaminante capturado, o MIBC. Este tempo de aguardo não ultrapassou a uma semana, considerando-se o início da monitorização de cada Grupo de Turno. A monitorização realizada de maneira ininterrupta durou ao todo dez dias: do dia 1 ao dia 11 de Setembro de 1999. Portanto, a última remessa de amostradores (“*badges*”), realizou-se dia 12 de Setembro, minimizando o tempo de aguardo. O método adotado para a análise laboratorial das concentrações monitorizadas, foi o Método 1300 do Manual da NIOSH.¹

4.1.3 Fatores que contribuem para o contato humano com o MIBC

Os fatores que contribuem para a exposição humana, foram observados na etapa de Identificação do Perigo, anterior a Avaliação da Exposição. Durante aquela etapa foram realizadas 5 visitas à área de produção das unidades em estudo, feitas entrevistas com os trabalhadores da operação e seus supervisores; fluxogramas e manuais de processo foram estudados com o objetivo de se conhecer de que maneira o contaminante atinge o meio ambiente e suas formas de penetração neste mesmo meio. Esta fase gerou como resultado um mapeamento dos pontos de possíveis emissões, nas unidades de desoleificação de parafina e de desparafinação a solvente (Quadros 4.2 e 4.3). A partir da análise das informações obtidas nas visitas, nas entrevistas com os trabalhadores e na avaliação preliminar feita em 1998, na qual algumas monitorizações da concentração do contaminante no ar foram obtidas (Vide **Capítulo I, Introdução, Definição do Tema-Problema**), foi possível estabelecer-se uma gradação da exposição, utilizada no mapeamento citado. O Quadro 4.1 apresenta um critério qualitativo de gradação da exposição, em forma de matriz, adotado

¹ Method 1300 - Issue 2, NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th Edition, 1994: Sampling and laboratory analysis for Ketones (Amostragem e Análise de Laboratório para Cetonas).

Quadro 4.1 – Matriz de Grau da Exposição ao MIBC

	Média	Alta	Alta
	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Média
Concentração (% do LT)			
	Frequência (% da jornada de trabalho semanal)		

Quadro 4.2-Mapeamento dos Pontos de Emissão do MIBC na Unidade de Desoleificação

LOCAL/ÁREA/EQUIPAMENTO	GRAU DE EXPOSIÇÃO	ORIGEM
Filtros	Alta	Vazamentos, Reparos
Resfriadores a Propano	Média	Vazamentos
Trocadores de Calor	Média	Vazamentos
Tanques de Solvente	Baixa	Vazamentos
SUMP(Efluentes)	Alta	Vazamentos
Fornos	Baixa	Vazamentos
Bombas de Solvente	Alta	Vazamentos, Reparos

Quadro 4.3-Mapeamento dos Pontos de Emissão do MIBC na Unidade. de Desparafinação

LOCAL/ÁREA/EQUIPAMENTO	GRAU DE EXPOSIÇÃO	ORIGEM
Filtros	Alta	Vazamentos, Reparos
Recuperação do Solvente	Média	Vazamentos
Trocadores de Calor	Média	Vazamentos
Tanques de Solvente	Baixa	Vazamentos
SUMP(Efluentes)	Alta	Vazamentos
Fornos	Baixa	Vazamentos
Bombas de Solvente	Alta	Vazamentos, Reparos

A quantidade de MIBC que chega ao ambiente é difícil de ser estimada, uma vez que todo o processo deveria ser enclausurado, inclusive na seção denominada de Filtros, cujo mapeamento apontou como sendo de Alta Exposição. As emanações dos vapores do solvente chegam ao ambiente, devido a intervenções no processo e nos equipamentos, programadas ou não, vazamentos nas tubulações, válvulas e equipamentos, configurando-se num padrão habitual, porém imprevisível. As emanações previsíveis são aquelas decorrentes das tarefas de manutenção preventiva nos equipamentos, como por exemplo, abertura dos filtros rotativos para troca de “panos”², aferição ou reparo de sensores e manômetros, reparos em bombas e tubulações, abertura e limpeza dos filtros de linha³. Também são previsíveis os recebimentos de solvente do fornecedor, onde um volume considerável do MIBC de 100 a 120 toneladas por mês, flui dos caminhões tanques para os reservatórios da unidade, constituindo-se numa importante fonte de exposição, mesmo de baixa frequência, principalmente para trabalhadores das empresas contratadas.

Uma das áreas onde são esperadas altas concentrações do MIBC no ar inspirado pelos trabalhadores é a dos filtros rotativos, equipamentos cuja foto e diagrama de operação estão nas Figuras 1.3 e 1.4. São equipamentos de grandes dimensões e sua importância no processo está vinculada a formação da “torta” de parafina, que é o produto praticamente acabado.

Em tópico anterior foi visto que a degradação do MIBC na atmosfera é causada pelos radicais OH (Cox e col. apud OMS, 1990, p. 19), e que sua meia-vida é de cerca de 13 a 14 horas. Este dado nos leva a crer que a exposição que ocorre no momento da emanação para o ambiente é a mais importante. A fotodegradação transforma o metilisobutilcetona em acetona simplesmente, e pelo menos uma referência aponta certo grau de toxicidade desta substância (ACGIH, 1998). Seus limites de exposição ocupacional podem ser comparados aos do MIBC: limite de exposição de concentração média ponderada no tempo (TWA)⁴ da acetona, TWA=

² Pano é o tecido que se usa para vestir as telas de aço que retém a parafina cristalizada, formando a torta. Existem sete filtros rotativos em operação permanente na Unidade de Desparafinação (U-1530) e quatro na Unidade de Desoleificação (U-1630). As paradas para manutenção programadas dos filtros deveriam acontecer a cada quatro anos do início da operação de cada filtro, e as substituições dos panos a cada ano, no mínimo. Entretanto, segundo informações de Supervisores entrevistados, no atual ritmo de produção, a política adotada é a de se isolar o filtro que necessita de intervenção e diminuir proporcionalmente a produção, sem interrompê-la. Conclui-se que a manutenção preventiva nestes equipamentos não está sendo a recomendada pelo fabricante.

³ Os filtros de linha são equipamentos acessórios, cuja função é a de reter as impurezas do solvente antes de ser borrifado sobre os panos, no interior dos filtros rotativos. Atualmente o próprio operador tem a tarefa de abri-los e limpá-los, na frequência mínima de uma vez por turno. Até meados de 1998, esta tarefa era executada pela equipe de manutenção.

⁴ TWA = “Time Weighted Average”: média ponderada no tempo.

500ppm; limite de exposição de curta duração, STEL⁵ = 750 ppm, ambos recomendados pela ACGIH. Lembramos que a mesma entidade recomenda TWA = 50ppm e STEL = 75ppm para o MIBC. O uso dos limites de tolerância como termo de comparação não significa que se esteja valorizando em demasia estas referências. O fato é que, se uma substância apresenta um limite de tolerância à exposição maior do que uma outra da mesma categoria, é de se esperar que a primeira tenha um grau de toxicidade menor do que a segunda. Portanto o MIBC se degrada numa substância de menor toxicidade: a acetona. Este dado nos permite manter a prioridade dos estudos sobre o MIBC, em relação aos efeitos à saúde dos trabalhadores deste novo contaminante, que não será pesquisado neste momento.

O tamanho dos grupos de exposição é um fator de suma importância na fase de avaliação da exposição, pois determina a estratégia de avaliação e a maneira de se analisar os dados obtidos no campo, inclusive a sua forma do tratamento estatístico.

4.1.4 A Exposição Individual e os Grupos Homogêneos de Exposição

A Estatística, como ferramenta de manuseio de dados, traz como recurso de economia, a técnica de se inferir resultados de um universo maior de indivíduos, a partir da amostragem de grupos menores. Em complemento a este conceito, na estratégia de amostragem adotada na avaliação do risco à saúde dos trabalhadores desta unidades estudadas, utilizou-se do conceito do Grupo Homogêneo de Exposição, segundo definição de Leidel e colegas(1975): "*O Grupo de Homogêneo Exposição é um subconjunto da população exposta que apresenta padrão similar de contato (exposição) com o agente tóxico, no espaço e no tempo.*" Em geral é difícil estabelecer-se o Grupo Homogêneo de Exposição, sendo um método prático identificar-se estes grupos dentre aqueles trabalhadores que exercem as mesmas tarefas ou atividades ou que ocupam o mesmo posto de trabalho.

A caracterização dos grupos de trabalhadores considerados Grupos Homogêneos de Exposição, foi baseada no regime e na duração da jornada de trabalho, nos postos específicos de trabalho, na descrição das funções e atividades desenvolvidas, na frequência e no tempo dispensado para cada uma das atividades ou procedimentos de trabalho identificados,

⁵ STEL = "Short Time Exposure Level": limite de exposição de curta duração.

observando-se também a relação desses trabalhadores com as diferentes fontes de exposição identificadas.

A maneira de cada operador atuar em sua rotina diária ou em ocasiões de emergência, bem como seu modo de interagir com o grupo tem a função de nos lembrar que a avaliação da exposição pessoal de qualquer agente tóxico à saúde, é muito influenciada pelo comportamento individual, cujos resultados o tratamento estatístico dos dados tenta diluir.

4.1.5 Unidade de Desparafinação a Solvente/U-1530

As operações desta unidade são desenvolvidas por cinco turnos de trabalhadores, dos grupos A, B, C, D e E, em três períodos do dia: das 8 às 16 horas; das 16 às 24 horas e das 0 às 8 horas. As principais atribuições dos trabalhadores desta unidade, durante seu turno, são estabelecidas em função do cargo de cada um. Todos os cargos dos trabalhadores desta unidade fazem parte da carreira de Operação de Sistemas Industriais, que é composta de quatro cargos distintos: Operador I, Operador II, Supervisor e Técnico de Operação. O Técnico de Operação atua exclusivamente no horário administrativo, constituindo-se no topo da carreira de Operação de Sistemas Industriais. Sua exposição não foi avaliada, devido ao seu regime de trabalho no horário administrativo, excluí-lo do Grupo Homogêneo de Risco.

Para efeitos desta pesquisa, considerou-se o principal posto de trabalho de cada turno, para a distribuição destes operadores, por jornada de trabalho. Ao começo de cada jornada, os operadores são divididos e designados pelo Supervisor do respectivo turno, para quatro diferentes atividades ou áreas de trabalho:

- painel;
- filtro e área de congelamento;
- recuperação de solvente e;
- forno.

Por ocasião da avaliação da exposição pessoal, realizada em Setembro de 99, os operadores trabalhavam na unidade de desparafinação, nestas quatro atividades definidas a cada turno. Cada atividade é parte de um conjunto de operações que conduz ao resultado final da unidade: a produção de parafina. Assim temos um quadro sinóptico dos operadores da unidades de desparafinação (Quadro 4.3).

O Supervisor é um Operador II, com cerca de 10 anos de experiência, que em condições normais de operação, não atua muito na área externa, mantendo-se a maior parte do tempo, dentro da sala de controle, vigiando o painel. O Operador I exerce uma função que o obriga a passar por todas as áreas da unidade, inclusive pelo painel da sala de controle, neste caso sob a supervisão do Operador II. A filosofia de trabalho é que os operadores I devem conhecer na prática todos os detalhes do processo, para que se capacitem a ascender ao cargo de Operador II. A operação de qualquer unidade numa refinaria é sempre um trabalho coletivo (Ferreira, 1996).

Quadro 4.4

Atividades Desenvolvidas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação. Número de Trabalhadores Envolvidos por Turno.

Unidade de Desparafinação (U-1530)		
Cargo /Função	Qtd.	Atividade
Supervisor / Operador II	01	Painel
Operador I / Operador II	01	Área
Operador I / Operador II	01	Filtro / Congelamento
Operador I / Operador II	01	Recuperação
Operador I / Operador II	01	Forno
Total por turno	05	

É de se esperar que o Operador I se exponha mais às emanações do solvente do que o Operador II, devido a natureza de suas atividades. Já o Operador II exerce normalmente a função de Supervisor.

Não existe nestas unidades um documento no qual estejam registradas as atribuições dos componentes de sua equipe. Portanto, tornou-se necessário entrevistar Gerentes e supervisores para se distinguir e compreender o trabalho prescrito e o praticado. As informações que se seguem, que foram obtidas através de algumas entrevistas também com os operadores, representam a sua visão consensual, da melhor maneira de se executar determinada tarefa. O caráter coletivo do trabalho de operação, não inibe as características individuais dos operadores, que por sua vez, conferem a cada equipe um “modus operandi” próprio.

4.1.6 Atividade de Rotina da Área

As atividades dos operadores em condições normais, em geral, consistem em percorrer a área da planta abrindo ou fechando válvulas, fazendo leituras de instrumentos indicadores de pressão, de vazão, de temperatura, de nível (quantidade ou volume) de insumos ou produtos, anotando-os em formulário próprio ou transmitindo a informação para sala de controle. Este conjunto de atividades é chamado de rotina da área ou simplesmente área. As intervenções ou ajustes que o Operador I tenha que fazer no processo, sempre são discutidas pelo grupo, que as executa com a concordância do Supervisor. São raros os casos em que o Operador I toma decisões por conta própria. Nesta atividade é esperado grau de exposição médio, em função de vazamentos em selos, válvulas, reservatórios a pressão atmosférica, que sempre existem em unidades industriais, mas cuja severidade depende da eficácia da manutenção.

4.1.7 Atividade de Painel

Nesta atividade o Operador I basicamente está em treinamento, sob orientação do Supervisor. O objetivo é que o Operador I aprenda a correlacionar os instrumentos e indicadores do painel de controle com os equipamentos reais. Nesta ocasião, a medida que o Supervisor adquire mais confiança no treinando, é permitido ao Operador I atuar equipamentos pelo painel (abrir/fechar válvulas, ligar/desligar bombas, controlar vazões etc.). É esperada baixa exposição nesta tarefa, tanto para o Operador I, como para o Supervisor, porque as salas de controle são climatizadas.

4.1.8 Atividade no Forno

Os fornos são equipamentos usados no processo para elevar o fluxo a altas temperaturas. Nesta área o Operador I atua na manutenção dos queimadores, observando a sua chama e os indicadores de temperatura. A maioria dos Operadores queixa-se de que os instrumentos, tanto os do painel de controle, quanto os de campo, não são confiáveis, o que os obriga a manter constante vigilância e comunicação, via rádio transmissor portátil, com o Supervisor na sala de controle. Este, devido a experiência adquirida, usa o critério da redundância de informações em relação aos outros dados, para certificar-se de algum “parâmetro” específico e então tomar a decisão necessária. Há também muitas queixas devido a exposição ao calor dos fornos nesta área. É uma área que merece intervenção, no que diz

respeito às condições ergonômicas. Entretanto, é esperada baixa exposição aos vapores dos solventes, devido aos equipamentos onde circulam líquidos combustíveis terem uma boa vedação, para prevenir incêndios e explosões.

4.1.9 Atividade de Filtros e Congelamento

Esta atividade, apesar de receber a mesma denominação em ambas as unidades pesquisadas, é levemente diferente na Unidade de Desparafinação (U-1530) e na de Desoleificação (U-1630). A diferença está no processo. Na Unidade de Desoleificação o fluxo passa pela bateria de resfriadores a propano, antes de ir para os filtros, para atingir o ponto de congelamento da parafina, o que não é necessário na Unidade de Desparafinação. Desta maneira o padrão de exposição dos trabalhadores de cada unidade é influenciado por esta nuance do processo de produção. Como na Unidade de Desoleificação, o circuito do solvente é aumentado, pois o fluxo passa por mais um conjunto de equipamentos, é esperado que o nível de exposição dos trabalhadores desta unidade, nesta atividade, seja maior do que na Unidade de Desparafinação.

4.1.10 Atividade de Recuperação

Esta atividade só ocorre na unidade de desparafinação(U-1530). O processo consiste no aquecimento da mistura de solvente mais parafina mole, rica em solvente, originada na unidade de desoleificação (U-1630) e condensação dos seus vapores, com o objetivo de se liqüefazer o MIBC que será recuperado e armazenado para retornar ao processo.

Em condições normais de operação, quando não ocorrem vazamentos significativos, espera-se repor apenas 5% da carga de solvente, pois 95% é recuperado nesta seção do processo, daí a sua importância. O solvente a ser repostado (aproximadamente 5% do volume total circulante) é recebido pela U-1530 através de caminhões abastecedores. Admitindo-se que o volume mensal médio de solvente recebido é de 120 toneladas, que corresponde ao volume repostado, pode-se afirmar que o total de carga circulante de solvente(MIBC) nestas duas unidades é de aproximadamente 2400 toneladas⁶.

⁶ O volume total de MIBC circulando nas unidades U-1530 e U-1730 pode ser estimado a partir do volume repostado mensalmente, que é de 5% do total: $V_{\text{total}} = V_{\text{reposto}} / 0,05$.

Nesta atividade o operador atua abrindo e fechando válvulas, observando indicadores de vazão, pressão e temperatura e comunicando-se com a sala de controle.

4.1.11 Unidade de Desoleificação a Solvente/U-1630

Da mesma forma que na unidade de desparafinação, esta unidade é operada dividindo-se as tarefas em quatro áreas:

- filtros;
- área;
- painel e
- forno

4.1.12 Atividade nos Filtros

Esta atividade acontece na área dos filtros de parafina (Figura 3.1). A função dos filtros de parafina no processo, é a de separar por meios físicos e mecânicos a parafina sólida do solvente. Os filtros são equipamentos rotativos de baixa rotação, de grande porte, que se constituem uma parte crítica do processo, pois o produto final (parafina dura) e os reciclados saem deles, praticamente acabados, sem possibilidade de “retoques”. O fluxo da mistura solvente mais parafina ali estão com temperaturas que variam de 70° a 90° C, que combinadas com a grande área de evaporação das telas (80m² de “panos” por filtro) tornam este ambiente o mais tóxico, quanto a presença de vapores do metilisobutilcetona no ar. Os resultados da monitorização sempre apresentaram os mais altos valores para esta atividade/área. Os Quadros 4.7 e 4.8 resumem estes valores.

No interior dos filtros, que trabalham à pressão atmosférica, o solvente é borrifado através de dispersores (Figura 3.2), a cada 0,50m, o que aumenta ainda mais a probabilidade de contaminação do ar. Quando os filtros sofrem parada de manutenção, que pode ser programada ou não, os panos e o reservatório inferior, mesmo drenado, são uma importante fonte de emissões de vapores do contaminante(MIBC).

O Operador I atua na área dos filtros para controlar a eficácia da filtração, aumentando a vazão dos borrifos, abrindo ou fechando válvulas, observando a formação da

“torta”⁷ de parafina, retirando amostras e atuando para a exportação (bombeio para fora da unidade) do produto nas condições estipuladas pelo controle de qualidade. O volume de solvente injetado nesta fase do processo é muito grande, bem como o tempo de permanência do trabalhador, por isso, se espera-se ali encontrar os maiores níveis de exposição ao solvente em foco.

4.1.13 Atividades de Rotina da Área, Painel e Forno

Estas atividades são similares às realizadas na Unidade de Desparafinação.

Quadro 4.5: Atividades Desenvolvidas pelos Operadores da Unidade de Desoleificação. Número de Trabalhadores Envolvidos por Turno.

Unidade de Desoleificação (U-1630)		
Cargo /Função	Qtd.	Atividade
Supervisor / Operador II	01	Painel
Operador I / Operador II	01	Área
Operador I / Operador II	01	Filtro
Operador I / Operador II	01	Forno
Total por turno	04	

No caso deste estudo, adotaram-se valores médios para serem utilizados nas equações da Avaliação de Risco, o que define uma tendência central dos valores de concentração e dose do contaminante. Entretanto os valores extremos de concentração registrados (muito altas ou muito baixas) serão considerados para a discussão de sugestões de medidas de controle mais adequadas, que privilegiem as áreas e atividades mais vulneráveis, com o objetivo de identificar as necessidades a serem priorizadas no controle do risco.

4.1.14 O tamanho dos Grupos Homogêneos de Exposição e a distribuição da população exposta

Foram monitorizadas as exposições de 32 trabalhadores do turno, de maneira contínua e ininterrupta, durante um período de dez dias, do dia 1 até o dia 11 de setembro, dedicando-

⁷ Massa semi-sólida de parafina, ainda misturada ao solvente.

se 5 dias consecutivos às monitorizações da unidade de desparafinação e mais 5 à unidade de desoleificação. Em todas as 32 monitorizações o tempo de amostragem foi superior a 5:30 horas (330 minutos). Este tempo de amostragem significa que se avaliou sempre mais do que 70% da jornada de trabalho, conforme recomendação do "Manual de Estratégia de Amostragem da Exposição Ocupacional" (LEIDEL e col., 1975, p.117-118).

O grupo homogêneo de exposição original é de 50 operadores. Entretanto, adotando-se os critérios do "Manual de Estratégias de Amostragem da Exposição Ocupacional" pôde-se definir um subgrupo de amostragem parcial, cujo tamanho garante com 90% de confiança no mínimo, que 10% dos empregados mais expostos foram incluídos. Estes subgrupos foram definidos conforme o Quadro 3.3, como 17 trabalhadores para a unidade de desparafinação (U-1530) e 15 (U-1630) para a de desoleificação, totalizando 32 monitorizações.

Este grupo de 32 trabalhadores da operação avaliados era composto de indivíduos do sexo masculino, cuja faixa etária varia de 25 a 45 anos, com tempo médio de experiência na função de 9 anos. Estas informações foram consolidadas a partir do Banco de Dados de Gestão do Pessoal da Petrobras, REDUC (Petrobras, 1999).

Dentre os trabalhadores da operação, definiram-se dois subgrupos Homogêneos de Exposição (GHE): o dos Operadores I e II e o dos Supervisores. Os Operadores I e II atuam nas atividades ou áreas de trabalho do painel; filtro e área de congelamento; recuperação de solvente e forno. A política adotada pelos gerentes e supervisores para os operadores é de não fixá-los nestes postos. Desta maneira não existem grupos de alto risco e sim atividades e tarefas de alto risco, como a operação dos filtros e a troca e manutenção de seus componentes. Como as mais altas concentrações do contaminante são compensadas pela redução da exposição nas atividades menos agressivas, pode-se dizer que predomina um padrão de exposição de tendência central, para todo o grupo de Operadores I. As observações feitas durante o período das avaliações, mostraram que o Supervisor (Operador II) não vai a área da planta freqüentemente, donde são esperados baixos níveis de exposição para esta função. Todavia, o padrão de exposição para este subgrupo, também pode ser caracterizado como de tendência central, fato que conduziu toda nossa estratégia de amostragem e o tratamento estatístico para a obtenção de valores médios, tais como a média ponderada no tempo das concentrações monitorizadas.

Portanto, os resultados da avaliação da exposição são apresentados em termos do subgrupo dos operadores e dos supervisores. Também são apresentados os resultados por atividade (painel; filtro e área de congelamento; recuperação de solvente e forno, na unidade de desparafinação e painel, área, filtro e forno, na unidade de desoleificação).

4.2 Resultados das Monitorizações Pessoais dos Trabalhadores das Unidades de Desparafinação e Desoleificação

Os quadros abaixo resumem os resultados da avaliação da exposição individual ao MIBC, nos operadores das unidades de desparafinação, desoleificação, equipe de manutenção e do grupo de controle. As concentrações experimentadas por estes grupos de trabalhadores, foram obtidas através da técnica de amostragem com amostradores passivos de adsorção (Figura 4.1), já mencionada no tópico ***4.1.2 - A Contribuição da Higiene Industrial na Prática da Avaliação da Exposição.***

Estas monitorizações foram criteriosamente acompanhadas por técnicos de segurança treinados em Higiene Industrial e pelo próprio pesquisador, adotando-se a estratégia de se fazer breves palestras preparatórias, pouco antes de se iniciar as amostragens, mencionando o objetivo da monitorização e solicitando colaboração voluntária do empregado. Em seguida os amostradores eram afixados à lapela do uniforme do trabalhador(Figura 4.1) e sua ***rotina de trabalho era acompanhada pelo pesquisador*** ou pelos técnicos (no caso dos horários de turno noturnos), utilizando-se de uma planilha padrão de monitorização de riscos químicos, adotada pela equipe de Higiene Industrial da refinaria, na qual quaisquer procedimentos e situações anormais, quando ocorriam, foram anotadas. Desta mesma planilha extraiu-se o dado ***tempo de exposição***, necessário para o cálculo da ***concentração média ponderada no tempo*** experimentada por cada indivíduo acompanhado. A cada amostrador corresponde uma planilha preenchida, datada e assinada pelo técnico avaliador. Estas planilhas permanecem arquivadas, sob a guarda da Assessoria de Segurança e Meio Ambiente da unidade industrial avaliada. Nenhum dos 40 trabalhadores (32 operadores, 5 da manutenção ou 3 do grupo de controle) monitorizados nesta pesquisa, recusou-se a portar o amostrador.

No Quadro 4.6 estão relacionados os resultados das monitorizações individuais dos operadores das duas unidades avaliadas(desparafinação e desoleificação) formando o Grupo Homogêneo de Exposição dos Operadores. Na coluna [**Código do Amostrador**] apresenta-

se um código identificador alfanumérico de dez dígitos. Os quatro primeiros dígitos identificam a atividade e a unidade na qual o trabalhador laborava no período avaliado. Os seis últimos representam o número de série do amostrador, fornecido pelo fabricante. Assim um amostrador identificado como FT53-KB2163, significa que foi portado e exposto ao ambiente por um trabalhador na atividade de operar os **FILTROS**(código FT) de parafina da unidade U-1530 (código para a unidade de desparafinação = 53) e seu número do fabricante é KB2163. De modo análogo, outro amostrador identificado por FO63-KB2121, significa que foi portado e exposto por um trabalhador atuando nos **FORNOS** da unidade U-1630 e seu número de série é KB2121. A Tabela 4.1 (**Códigos dos Amostradores por Atividade e Área**) é elucidativa.

TABELA 4.1

Códigos de Amostradores por Atividade, Área e Unidade	
<i>Atividade / Área</i>	<i>Código</i>
Operação dos Filtros (Filtros)	FT
Rotina da Área (Área)	AR
Filtros e Área de Congelamento	CO
Atividade de Painel na Sala de Controle	PA
Recuperação de Solvente (Recuperação)	FR
Operação dos Fornos (Fornos)	FO
Manutenção – Instrumentistas	IN
Grupo de Controle	GC

Nota : 1) Unidade U-1530 – código 53

2) Unidade U-1630 – código 63

No Quadro 4.7 estão relacionados os resultados das monitorizações individuais da equipe de manutenção própria da refinaria. A equipe de manutenção própria dispõe atualmente de Mecânicos, Eletricistas, Soldadores e Instrumentistas. Dentre estes profissionais, identificou-se que apenas os Instrumentistas experimentavam um padrão de exposição habitual ao agente tóxico, pois esta equipe atua em geral dentro do mesmo setor (conjunto de

unidades), evitando-se o rodízio em outras unidades. Os demais profissionais da equipe própria, atualmente exercem cargos de supervisão ou fiscalização de contratados. Portanto, os resultados de exposição apresentados no Quadro 4.7, foram experimentados pela equipe de Instrumentistas que laboravam na Unidade U-1630 no mesmo período em que os Operadores foram avaliados.

No Quadro 4.8 estão os resultados da exposição do Grupo de Controle. O Grupo de Controle foi escolhido dentre trabalhadores da administração que trabalhavam em escritório em ambiente limpo e climatizado, que não tinham atividades na área contaminada. Os valores de concentrações encontrados ($< 0,1\text{mg}/\text{m}^3$) significam que ficaram abaixo do limite de detecção do método de análise cromatográfica. Em termos de riscos à saúde dos indivíduos avaliados pode-se dizer que *os componentes do Grupo de Controle não inalaram ar contaminado com MIBC*.

Os Quadros 4.9 e 4.10 apresentam os resultados das exposições experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação e de Desoleificação, respectivamente, no período de 01 a 11 de Setembro de 1999, após o tratamento estatístico, destacando-se na coluna [*Filtros*], o resultado específico da exposição dos trabalhadores na atividade de operação os filtros de cada unidade avaliada. O valor [**Média Geométrica**] será adotado para os cálculos de Dose, pois representam a Concentração Média Ponderada no Tempo (C_{MPT}) do metilisobutilcetona inalado pelos trabalhadores no período citado.

Quadro 4.6. - Resultados das Monitorizações Pessoais dos Operadores das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no Período de 01 a 11/09/1999, na REDUC

Item	Código do amostrador	Concentração	
		(mg/m ³)	(ppm)
01	FT53-KB2163	1457,3	355,7
02	FT53-KB4082	15,1	3,7
03	FT53-KB2158	11,5	2,8
04	FT53-KB2222	9,5	2,3
05	FT53-KB2159	17,1	4,2
06	CO53-KB2162	5,6	1,4
07	CO53-KB3915	7,8	1,9
08	CO53-KB2115	0,2	<0,1
09	FR53-KB2285	3,8	0,9
10	FR53-KB2200	0,2	<0,1
11	FR53-KB2139	22,2	5,4
12	FR53-KB2201	5,2	1,3
13	AR53-KB2116	64,2	15,7
14	PA53-KB2111	4,0	1,0
15	PA53-KB2109	2,1	0,5
16	PA53-KB2134	0,6	0,1
17	PA53-KB2135	5,5	1,3
18	FT63-KB2223	8,7	2,1
19	FT63-KB2233	90,6	22,1
20	FT63-KB2237	416,3	101,6
21	FT63-KB2305	6,1	1,5
22	FT63-KB2238	195,4	47,7
23	FO63-KB2121	8,3	2,0
24	PA63-KB2110	0,4	0,1
25	FO63-KB2112	3,9	1,0
26	AR63-KB2137	159,0	38,8
27	AR63-KB4116	444,2	108,4
28	PA63-KB2136	0,9	0,2
29	PA63-KB2225	5,0	1,2
30	AR63-KB2113	3,3	0,8
31	PA63-KB2160	0,2	<0,1
32	PA63-KB3947	0,6	0,1

Quadro 4.7

Resultados das Monitorizações Pessoais da Equipe de manutenção das Unidades de Desparafinação e Desoleificação, Quanto a Emissão do Metilisobutilcetona, no período de 20 A 27/09/99 , Na REDUC.

Item	Código do amostrador	Concentração	
		(mg/m ³)	(ppm)
01	IN63-KB2221	7,5	1,8
02	IN63-KB2167	63,9	15,6
03	IN63-KB2166	30,7	7,5
04	IN63-KB2165	732,1	178,6
05	IN63-KB3953	11,3	2,8

Quadro 4.8

Resultados das Monitorizações Pessoais do Grupo de Controle, Quanto a Emissão Do Metilisobutilcetona, No Período de 20 a 27/09/99, na REDUC.

Item	Código do amostrador	Concentração	
		(mg/m ³)	(ppm)
01	GC-KB4083	<0,1	<0,1
02	GC-KB4084	<0,1	<0,1
03	GC-KB2226	<0,1	<0,1

Quadro 4.9

Concentrações (C_{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desparafinação(U-1530), durante seus turnos de trabalho em mg / m^3

	<i>Unidade</i>	<i>Filtros</i>
<i>Média Geométrica</i>	10,95	14,06
<i>Desvio Padrão Geométrico</i>	0,68	0,11
<i>Intervalo de Confiança</i>	7,67 - 38,46	11,39 - 19,35
<i>Variação</i>	0,2 - 64,2	9,5 - 17,1
<i>No de Trabalhadores</i>	17	5

Quadro 4.10

Concentrações (C_{MPT}) do MIBC Experimentadas pelos Operadores da Unidade de Desoleificação(U-1630), durante seus turnos de trabalho em mg / m^3

	<i>Unidade</i>	<i>Filtros</i>
<i>Média Geométrica</i>	58,79	143,4
<i>Desvio Padrão Geométrico</i>	0,82	0,82
<i>Intervalo de Confiança</i>	24,2 - 107,9	82,8 - 415,4
<i>Variação</i>	3,3 - 195,4	6,1 - 416,3
<i>No de Trabalhadores</i>	15	4

4.3 Cálculo da Dose Diária

A dose diária média absorvida pelo Grupo Homogêneo de Exposição depende de alguns fatores que foram considerados: (OPS /EPA,1996)

- as concentrações ambientais da substância, que serão apresentadas em termos da concentração média ponderada no tempo experimentadas pelos operadores, resumidas nos Quadros 4.9 e 4.10;
- a identificação do compartimento ambiental de exposição, que é, neste caso a área de operação das unidades de desparafinação e desoleificação do conjunto da planta de lubrificantes;
- o estabelecimento da duração e frequência do contato dos trabalhadores expostos com o ar contaminado;
- identificação através de quais vias de exposição está ocorrendo o ingresso da substância – duas vias foram identificadas: a inalatória, que é a principal e a dérmica, que é secundária e bastante marginal, uma vez que o contato manual dos operadores com o MIBC é acidental e pouco frequente;
- o estabelecimento da taxa de absorção para a via inalatória;
- a estimativa do ingresso do contaminante no organismo para uma atividade moderada (23,0m³ /dia de ar inalado), o que nos dá a taxa de ingresso diário (TI) : $TI = 23,0 \text{ m}^3/\text{dia}$;

O cálculo da Dose Diária Média pode ser feito adotando-se a Equação (2), já apresentada no tópico 3.3.2.8 (EPA, 1996):

$$Dose \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{C * TI * TA * DE}{PC * TM}$$

Onde :

- Dose = Dose Diária Média (mg/kg*dia)
- C = Concentração do Contaminante no ar (mg/ m³);
- TI: Taxa de Inalação(m³ / dia);
- TA: taxa de absorção do poluente(fração da taxa de inalação que é efetivamente absorvida pelo organismo);
- DE: duração da exposição, assumida como sendo o tempo médio de experiência dos operadores naquela planta(dias);
- PC: peso corpóreo médio da população avaliada, em kg e
- TM: tempo médio de exposição (dias).

Para o cálculo da exposição dos três grupos de trabalhadores expostos ocupacionalmente ao metilisobutilcetona, no ambiente das plantas de produção de lubrificantes da refinaria estudada, foram assumidos os seguintes valores:

- peso corpóreo médio dos trabalhadores: PC = 70kg¹⁷;
- tempo de vida = 65 anos¹⁸;
- período de exposição = 10 anos¹⁹;
- frequência da exposição = 220 eventos por ano²⁰;
- duração do evento = 8 horas por evento;
- cenário de exposição = inalação;
- taxa de inalação: TI = 23.0 m³ /dia²¹ ;
- taxa de absorção do contaminante: TA = 50% = 0,5;
- tempo médio de exposição (dias): TM = 10 anos* 220dias/ano = 2200dias.

¹⁷ Adotou-se o peso corpóreo de 70 kg para este grupo, a partir do valor médio das informações obtidas dos registros do Setor de Saúde Ocupacional.

¹⁸ Fonte IBGE – Indicadores Básicos para a Saúde - Indicadores de Esperança de Vida ao Nascer no Rio de Janeiro – Brasil, 1998.

¹⁹ Tempo médio de experiência dos operadores nesta unidade (10 anos).

²⁰ Número de dias efetivamente trabalhados em regime de turno, pela equipe avaliada durante 1 ano, tomando-se a média de 10 anos (Frequência = 220 dias/ano).

²¹ A taxa de inalação adotada de 23m³/dia foi assumida como para atividades laborais moderadas(Barbosa, 1997).

Segundo o Manual de Fatores de Exposição ("*Exposure Factors Manual*") (EPA,1996), pode-se admitir uma simplificação na fórmula acima, quando o contaminante não é carcinogênico, considerando-se a duração da exposição (DE), igual ao tempo médio de exposição (TM). Em função desta simplificação a fórmula a ser efetivamente aplicada é:

$$DoseDiária \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{C * TI * TA}{PC}$$

Aplicando-se a equação acima, para estimar a dose dos operadores da unidade de desparafinação(U-1530):

Onde:

$$C = 10,95 \text{ mg/m}^3 \text{ (quadro 4.9);}$$

$$TI = 23,0 \text{ m}^3 \text{ /dia;}$$

$$TA = 0,5;$$

$$PC = 70 \text{ kg.}$$

Substituindo-se os valores;

$$DoseDiária \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{10.95 * 23,0 * 0,5}{70}$$

Dose Diária = 1,8 mg/kg*dia (Operadores da Unidade de Desparafinação).

Analogamente encontramos para a dose dos operadores da unidade de desparafinação, na ***atividade de operar filtros***, expostos a uma concentração média ponderada no tempo de 14,06 mg/m³ (Quadro 4.9):

$$DoseDiária \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{14,06 * 23,0 * 0,5}{70}$$

Dose Diária = 2,3 mg/kg*dia (Atividade Operar Filtros na Unidade de Desparafinação).

Para os operadores da Unidade de Desoleificação, expostos a uma concentração média ponderada no tempo de 58,79mg/m³, resulta:

$$DoseDiária \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{58,79 * 23,0 * 0,5}{70}$$

Dose Diária=9,7mg/kg*dia(Operadores da Unidade de Desoleificação)

Para a atividade de Operar Filtros na Unidade de Desoleificação, onde a concentração média ponderada no tempo encontrada foi de 143,4mg/m³, temos:

$$DoseDiária \left(\frac{mg}{kg * dia} \right) = \frac{143,4 * 23,0 * 0,5}{70}$$

Dose Diária=23,6mg/kg*dia (Atividade de Operar Filtros na Unidade de Desoleificação).

Para a equipe de manutenção, que esteve exposta à concentração media ponderada no tempo e 169,10mg/m³, obteve-se:

Dose Diária=27,8mg/kg*dia (Equipe de Manutenção).

Resumo

A avaliação da exposição a um ou mais contaminantes de uma população de trabalhadores numa planta de processo contínuo de produção, é uma tarefa complexa. Entretanto, pode ser sistematizada, adotando-se os seguintes procedimentos da análise de risco:

- identificar onde se encontra a substância;
- identificar de que maneira e através de quais vias esta população se expõe;
- estimar o grau de absorção através destas vias identificadas;
- identificar se existem grupos de alto risco;
- quantificar a magnitude do agente de risco;
- quantificar a duração e a frequência da exposição.

Nesta pesquisa, identificar e localizar o contaminante metilisobutilcetona, envolveu estudo de fluxogramas do processo, visitas às unidades e entrevistas com os trabalhadores.

Esta fase acarretou um mapeamento dos pontos e graus de exposição das equipes, que permitiu definir os grupos homogêneos de exposição (GHE)(Quadros 4.2 e 4.3).

A estratégia de amostragem foi estabelecida considerando-se a divisão de tarefas e de atividades dos operadores: o trabalho real contrapondo-se ao trabalho prescrito. A rotina das atividades é similar nas unidades de desparafinação e de desoleificação, os ambientes em estudo.

Os supervisores operacionais adotam uma filosofia de gerenciamento de não manter os operadores fixos nas mesmas tarefas e atividades, revezando-os a cada turno, o que torna o padrão de exposição deste grupo de trabalhadores homogêneo, de tendência central, não se identificando subgrupos de maior grau de risco, mas sim uma **atividade de alto grau de exposição: a de operação dos filtros**. A monitorização de campo evidenciou esta diluição da exposição, pois o resultado das concentrações experimentadas no ambiente na Unidade de Desparafinação ($10,95\text{mg}/\text{m}^3$ para toda a área), não está muito afastado do valor da concentração para a exposição somente na área dos filtros da mesma unidade($14,06\text{mg}/\text{m}^3$).

Os resultados da avaliação são apresentados em termos da dose diária absorvida em exposição crônica de longa duração, em média ponderada no tempo, de dois grupos distintos:

os *operadores da unidade de desparafinação* (U –1530) e os da *unidade de desoleificação* (U-1630). Os trabalhadores da equipe de manutenção, que em sua grande maioria não é mais de empregados da Petrobras, não pode ter sua exposição adequadamente avaliada, em função de política da gerência não permitir neste momento a que monitorização pessoal deste grupo de trabalhadores, fosse realizada por equipe própria da refinaria. Entretanto, um grupo específico de trabalhadores da manutenção, de empregados da Companhia, que ainda apresenta um padrão de exposição habitual ao produto MIBC, o dos Instrumentistas, foi avaliado, e sua dose diária resultou a maior de todos os grupos homogêneos(27,8mg/kg.dia), confirmando as suposições da literatura(Burgess,1997).

A Tabela 4.2 abaixo resume os resultados dos cálculos das Doses Diárias Médias para a Rota de Inalação.

Tabela 4.2

Dose Diária Média da Exposição ao MIBC pela Via Inalatória de Operadores (mg/kg.dia)	
<i>Unidade / Atividade</i>	<i>Dose</i>
Desparafinação	1,8
Operação dos Filtros da Desparafinação	2,3
Desoleificação	9,7
Operação dos Filtros da Desoleificação	23,6

4.4 A CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

A caracterização do risco constitui-se numa análise integrada dos resultados mais significativos da avaliação de risco. Esta análise reúne informações das fases de identificação do perigo, da avaliação da relação Dose-Resposta e da avaliação da exposição, para que se realize estimativas do risco para cenários de exposição de interesse.

Os objetivos da caracterização de risco são (EPA,1991 apud Freitas);

- consolidar e resumir a identificação do perigo, a avaliação da Dose-Resposta e a avaliação da exposição;
- desenvolver estimativas de risco para a saúde pública, especificamente a saúde do trabalhador; objeto desta pesquisa;
- desenvolver um marco para definir o significado do risco;
- apresentar as suposições, incertezas e juízos científicos.

A avaliação de risco é um processo interativo, que se aprofunda ao longo de seus diversos estágios, nos quais se busca estabelecer prioridades, obter-se estimativas preliminares e examinar as situações de modo mais completo possível para dar subsídios à tomada de decisões regulamentadoras. Assim, a etapa de Caracterização dos Riscos é uma consolidação dos Resultados da Análise de Risco, e seus procedimentos básicos são (OPS/EPA 1996, apud Freitas 1997):

- combinação do cálculo da dose com os dados sobre dose-resposta para estimar o risco;
- análise da somatória de riscos;
- apresentação dos descritores de risco;
- assinalar as incertezas.

Estes procedimentos foram aplicados para os três cenários investigados:

- a Unidade de Desparafinação(U-1530) e a exposição de seus Operadores;
- a Unidade de Desoleificação (U-1630) e a exposição de seus Operadores;
- a exposição da Equipe de Manutenção própria que atende a ambas as unidades.

4.4.1. A Estimativa do Risco

Para substâncias não carcinogênicas, como o Metilisobutilcetona, caracterizar qualitativamente ou quantitativamente o excesso de risco em pessoas, devido à exposição significa comparar a exposição atual, obtida na etapa de Avaliação da Exposição, através do Índice de Perigo (IP) e da Margem de Exposição (ME), definidos como (OPS/EPA, 1996):

$$IP = \left(\frac{\text{Exposição Medida}}{IDA \text{ ou } DRf} \right)$$

$$ME = \left(\frac{NOAEL}{\text{Exposição Medida}} \right)$$

Onde:

- IDA é a ingestão diária aceitável, não aplicável neste estudo em função de a principal via de contaminação ser a inalatória, e DRf é a dose de referência, já calculada no tópico **3.3.2.9 Cálculo da Dose de Referência** e é igual a **0,0328mg/kg.dia** ;
- NOAEL é “*No Observed Adverse Effect Level*”, nível no qual nenhum efeito adverso é observado, obtido a partir de um estudo crítico e identificado no tópico 3.3.2 como sendo 200 mg/m³.

O índice de perigo (IP) é um número que estima o quanto a exposição ao contaminante é maior do que a Dose de Referência (DRf). A Dose de Referência é útil como um marco, a partir do qual podem-se medir os efeitos potenciais do contaminante a outras doses. A literatura especializada, normalmente não associa doses menores do que a DRf com riscos adversos à saúde. Entretanto, a medida que aumenta a frequência ou a magnitude das exposições que excedam a DRf, aumenta a probabilidade dos efeitos adversos sobre determinada população humana. Esta afirmativa também não significa que doses menores do que a DRf sejam aceitáveis e que sejam nulas suas probabilidades de danos, mesmo tratando-se de tóxicos sistêmicos. Desta forma o Índice de Perigo (IP), que é uma relação entre a exposição medida e a Dose de Referência é útil como uma estimativa de que aquela

substância, mantendo-se o cenário avaliado, causará maior ou menor dano à população exposta. Assim, valores de IP maiores do que 1 indicam maior probabilidade de dano (Barnes, 1988).

A Margem de Exposição é um outro indicador, que relaciona o nível de exposição em que Nenhum Efeito Adverso é Observado (NOAEL) com a Exposição Medida (Concentração Media Ponderada no Tempo). Esta razão resulta em um número adimensional (ME, desde que NOAEL e Exposição estejam expressos na mesma unidade), que expressa a magnitude em que o NOAEL excede a dose de exposição obtida na fase de Avaliação da Exposição. Quanto maior o valor de ME, menos interesse deve haver no controle da substância contaminante. Os valores do IP devem ser interpretados de forma inversa, isto é, quanto maior o número IP maior deve ser o interesse pelo controle e gerenciamento do agente tóxico (Barnes, 1988).

Adotando-se a os valores de exposição para os cenários avaliados, NOAEL ($200\text{mg}/\text{m}^3$) e DRf ($0,2\text{mg}/\text{m}^3$) encontraram-se os Índices de Perigo e Margens de Exposição, resumidos no Quadro 4.12.

**Quadro 4.12: Estimativa do Risco de Exposição ao Metilisobutilcetona para
Trabalhadores das Unidades de Produção de Lubrificantes e Parafinas da REDUC
(Setembro de 1999)**

Cenário/Atividade	Exposição Média Diária -C_{MPT}(mg/m³)	Índice de Perigo (IP) (C_{MPT} / DRf)	Margem de Exposição (ME) (NOAEL/ C_{MPT})
Operadores da Unidade de Desparafinação	10,95	334(333,84)	18 (18,26)
Operadores da Unidade de Desoleificação	58,75	1791(1791,15)	3 (3,40)
Equipe de Manutenção	169,10	5155(5155,48)	1 (1,18)
Atividade Filtros da U-1530	4,06	429(428,67)	14(14,22)
Atividade Filtros da U-1630	143,4	4372(4371,95)	1,39
Grupo de Controle	< 0,1	<3	> 2000

4.4.1.1 Análise dos Resultados pelo Critério do Índice de Perigo e Margem de Exposição

Acredita-se que os índices de perigo (IP) e margens de exposição (ME) encontrados para os três cenários sejam suficientes para caracterizar os altos níveis de perigo a que estão expostos estes trabalhadores das unidades avaliadas. A partir do Quadro 4.11 acima, pode-se concluir que é necessária uma intervenção eficaz no processo de produção em estudo. Tanto operadores como a equipe de manutenção expõe-se a altos níveis de concentração do contaminante no ar, quando comparados com a Dose de Referência (DRf).

Os valores de Índice de Perigo (IP) encontrados, quando ordenados, do maior para o menor, apontam uma necessidade de se priorizar, em função da gravidade, ações de controle sobre a Equipe de Manutenção(IP=5155), seguida pela de operadores da Unidade de Desoleificação na atividade de operar filtros(IP=4372), operadores da Unidade de Desoleificação(IP=1791), operação dos filtros da Unidade de Desparafinação(IP=429) e depois pelos operadores da Unidade de Desparafinação(IP=334). Os valores dos Índices de Perigo encontrados, quando comparados aos da literatura, são muito elevados. exposição da unidade de desoleificação (294) também é significativo e sugere que aquele cenário deve ser tratado de modo análogo.

Resumo

Os indicadores numéricos adotados para a Caracterização do Risco, tais como o Índice de Perigo, a Margem de Exposição demonstram que o perigo de se expor ao contaminante pesquisado, o MIBC, é significativo. Alguns cenários merecem intervenção imediata, caracterizando-se como riscos intoleráveis. Neste caso enquadram-se a atividade de operação dos filtros em ambas as unidades estudadas e a atividade de manutenção dos instrumentos, realizada pela equipe dos Instrumentistas. Entretanto os demais cenários carecem de intervenção a médio prazo. A maneira de se intervir nestes ambientes será apresentada e discutida no tópico **5.1 - A Proposta para o Gerenciamento dos Riscos à Saúde dos Trabalhadores.**

CAPÍTULO V
CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados no Capítulo IV possibilitaram a este pesquisador reconhecer que era válida a suposição inicial, de que o processo de produção de parafinas com o uso do solvente MIBC é tóxico à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente, e que o nível de risco poderia ser estimado. A partir das queixas dos trabalhadores e dos dados preliminares, levantados por avaliações anteriores, esta pesquisa foi direcionada para a quantificação da exposição deste grupo da população, ao solvente metilisobutilcetona(MIBC), principal insumo usado no processo de produção estudado.

À luz dos métodos tradicionais de avaliação de riscos do ambiente do trabalho, como aqueles adotados pela Higiene Industrial, os resultados conduziram ao paradigma da comparação com os Limites de Exposição ou Limites de "Tolerância", cujos valores não garantem saúde e segurança, no caso de se encontrar níveis de concentração ambiental da substância tóxica pesquisada abaixo destes.

Ao se quantificar a exposição ao MIBC e tendo-se encontrado concentrações do MIBC abaixo dos Limites de Tolerância, os responsáveis pelo gerenciamento dos riscos decidiriam intervir no ambiente, gerando ações de controle eficazes? Face à cultura predominante nas indústrias de processo contínuo, que privilegia o raciocínio sobre os limites de exposição ou limites de tolerância das substâncias tóxicas envolvidas no processo de produção, a probabilidade de que alguma ação de controle fosse implementada seria muito pequena.

Neste mesmo cenário, em função das demandas e reivindicações cada vez mais organizadas e fundamentadas do Sindicato e da Comunidade, tornou-se necessário - e prioritário - identificar os perigos e estimar os riscos do processo produtivo, para que, de maneira adequada e transparente se possa comunicar os riscos aos interessados. A busca de uma linguagem adequada para este processo de comunicação dos riscos, ainda está em fase de aprendizado, mas os progressos dos atores envolvidos (gerentes e representantes dos trabalhadores) já são perceptíveis.

No início desta pesquisa já se sabia que a linguagem da Higiene Industrial não era adequada, tampouco suficiente, para o processo de comunicação de riscos, para o público

interessado, principalmente quando o contexto envolvido era a saúde dos trabalhadores, da comunidade e do meio ambiente. Um dos resultados desejáveis deste trabalho de Avaliação de Riscos será o de sugerir aos gerentes uma forma mais adequada de se comunicar riscos desta natureza. Isto significa **assumir que os riscos não são nulos e a probabilidade de adoecimento existe, mesmo em exposições abaixo dos questionáveis limites de tolerância**, da clássica Higiene Industrial. Atualmente ninguém está convencido de que manter pessoas expostas a ambientes contaminados com produtos químicos, que lhes penetram o organismo, principalmente através do ato vital de respirar, mesmo em concentrações ditas “seguras”, é garantia de que não haverá no futuro, indivíduos doentes em decorrência deste ataque crônico e desta exposição involuntária.

Hoje, acredita-se que a comunicação dos riscos para todos estes atores, inclusive para os detentores do poder de decisão, deve ser originada de Avaliações de Risco criteriosas dos cenários em questão. Sugere-se consagrar nesta instalação industrial, a Avaliação dos Riscos como filosofia para a prevenção e sua Metodologia, como ferramentas mais completas para efetivas ações de controle e prevenção dos riscos. Particularmente porque é possível comparar-se processos de produção nos quais participem agentes tóxicos de natureza diversa.

Por exemplo, pode-se saber se um processo que envolve exposição a solventes oferece mais riscos que algum outro que utilize energia do ultra-som para se obter o mesmo resultado.

Na **Seção 3.3.4 - A Caracterização do Risco**, consolidou-se os dados dos três principais cenários avaliados:

- a exposição dos operadores da unidade de desparafinação;
- a exposição dos operadores da unidade de desoleificação;
- a exposição da equipe própria da manutenção.

A partir destes resultados, comparando-se Índices de Perigo e Margens de Exposição, concluiu-se que as ações de controle devem ser implementadas em todos estes cenários. Particularmente para a equipe de manutenção que se expõe às piores condições, o que nos leva a sugerir a realização a curto prazo da avaliação da equipe contratada. Adiar esta monitorização, pode se configurar numa intenção de “terceirizar” o risco.

Em instalações industriais nas quais a estrutura gerencial está comprometida com a preservação da saúde e segurança da sua força de trabalho, bem como a das comunidades vizinhas à sua planta e mais, com a preservação do ambiente numa abrangência local, regional e global, já se praticam Sistemas de Gestão integrados que seguem as diretrizes das normas e leis para a garantia da Qualidade de Produtos e Serviços(ISO 9000), da preservação do meio ambiente(ISO 14000), da saúde e segurança de trabalhadores(BS 8800). Este é o caminho a ser buscado pelos gerentes do complexo industrial a que pertencem as unidades e cenários pesquisados.

5.1. A PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS RISCOS À SAÚDE DOS TRABALHADORES DAS UNIDADES DE DESPARAFINAÇÃO E DESOLEIFICAÇÃO:

“O Gerenciamento do Risco é um processo utilizado com a finalidade de identificar e confrontar os riscos considerados como piores, que podem ser controlados” (OPS/EPA, 1996).

Gerenciar os riscos da exposição ao Metilisobutilcetona (MIBC) dos trabalhadores das unidades pesquisadas, significa ter um foco sobre:

- as diferenças nos objetivos: para os trabalhadores e profissionais de saúde o desejável é concentração zero do contaminante no ambiente, enquanto que para a estrutura de produção, o razoável seria a concentração mínima legalmente aceita, sem quebra de continuidade do processo produtivo.
- a limitação dos recursos: a estrutura responsável pela tomada de decisões sempre trabalha com base em que os custos para se mitigar e controlar os riscos à saúde da força de trabalho devem ser uma fração economicamente viável do custo de produção, para que não se desestime o negócio em sua essência e origem.

A redução dos níveis do contaminante no ambiente, implica em investimentos na eliminação de vazamentos de linhas, conexões e equipamentos; acarreta na revisão dos procedimentos de manutenção, principalmente das intervenções nos filtros rotativos, diminuindo-se sua frequência de abertura e o treinamento de toda a equipe, conduzindo a geração de novos procedimentos operacionais, com a participação efetiva dos trabalhadores, objetivando mitigar exposições desnecessárias.

É possível se estimar o quanto, no mínimo, se pode gastar para atender a todas estas propostas e sugestões de controle? No momento não há informações suficientes para se estimar o custo das intervenções sugeridas, tampouco se estas serão viáveis. Entretanto pode-se estabelecer uma ordem de grandeza dos investimentos necessários, um balizamento do desembolso economicamente justificável e sustentável, a partir do trabalho de Tengs e colegas(1995), que estimou o custo médio anual da sociedade americana para salvar uma vida por ano, de cerca de quinhentos tipos de estratégias de intervenções. Ações e intervenções para salvar vidas significam quaisquer estratégias comportamentais ou tecnológicas que possam reduzir a probabilidade de um óbito prematuro, dentre uma população especificada. Estas estratégias vão desde campanhas publicitárias educativas, para uso de cinto de segurança, até o estabelecimento de níveis máximos de radiação nas proximidades de usinas nucleares. No tópico de controle de poluentes na atmosfera, na categoria de exposição ocupacional, o estabelecimento de padrões e normas de segurança de processo para manuseio de produtos químicos perigosos, Tengs e colegas calcularam o custo efetivo de US\$ 77,000.00 (R\$140.000,00) (setenta e sete mil dólares ou cento e quarenta mil reais) anuais para salvar uma vida, adotando-se a estratégia de estabelecer padrões e normas de segurança e saúde. A par das questões ética e moral, que nos conduzem a não estabelecer limites de dispêndio para se salvar uma vida humana, a realidade é que os recursos financeiros, mesmo numa sociedade rica, são limitados e esgotáveis. Em contrapartida, um acidente causador de um óbito ou lesão ocupacional incapacitante em um trabalhador desta refinaria, gerarão um custo estimado mínimo de R\$ 1.980.000,00 para a sociedade brasileira. Este valor foi obtido, adotando-se diretrizes da Norma Brasileira NBR 14280 (Norma Brasileira para Cadastro de Acidentes de Trabalho, ABNT, 1999), multiplicando-se o custo médio de um dia de afastamento de um empregado desta unidade industrial (R\$ 330,00/dia), pelo número de dias debitados (6000 dias) no caso de acidentes fatais ou lesões incapacitantes.

O valor de R\$140.000,00 seria um parâmetro balizador para investimentos mínimos em controle dos riscos destas unidades. Dados obtidos da Gerência Comercial da Refinaria Duque de Caxias, revelam que o faturamento com a venda de 26.000 toneladas de parafina produzidas no ano de 1999, foi de cerca de R\$28.400.000,00 (vinte e oito milhões e quatrocentos mil reais) (Petrobras/REDUC, 1999).

5.1.1 Novas tecnologias disponíveis

O Hidrorrefino tem sido apontado como a tecnologia mais limpa para o processamento de petróleos na produção de lubrificantes. A remoção de parafinas do petróleo e, posteriormente, a remoção do óleo das parafinas (desoleificação) por solventes, fazem parte do processo de produção de lubrificantes, atualmente em uso: o de extração por solventes. A tecnologia de extração de parafinas e óleos por solventes foi desenvolvida nos países centrais de 1915 até 1940, mas chegou ao nosso país na década de 60. Somente após 1950, com o advento dos catalisadores no refino dos petróleos nos países exportadores de tecnologia, o processo de hidrogenação catalítica tornou-se, lá, comercialmente viável, porque os processos catalíticos (reforma ou craqueamento catalíticos), produzem muito hidrogênio como subproduto, a custos baixos. Estes processos de hidrorrefino vêm sendo aperfeiçoados nos EUA, na Europa e no Japão, e estão em sua terceira geração. Hoje vários esquemas de refino adotam um ou mais processos de hidrogenação, e pelo menos três destes processos são largamente usados na produção de lubrificantes e parafinas:

- hidroacabamento, cujo objetivo é o de clarificar os óleos básicos e parafinas;
- hidrocraqueamento catalítico (ou hidrotratamento severo ou hidrorrefino), cujo objetivo é o de modificar a estrutura de compostos heterogêneos por reação com o H_2 , removendo o enxofre, o oxigênio e o nitrogênio, na forma de H_2S , H_2O e NH_3 , com vantagens para o meio ambiente em geral;
- e a hidrodesparafinação, que remove parafinas na produção dos óleos lubrificantes básicos, substituindo o processo de remoção com solventes (Petrobras/ABAST-REF, 1997).

A adoção dos processos de hidrorrefino em substituição aos atuais, para a produção de lubrificantes e parafinas, face a condição degradada de equipamentos e ambiente, parece-nos a alternativa mais completa de intervenção e controle dos riscos.

No Brasil, os processos de hidrorrefino vêm sendo implantados, desde o início da década de 80, tendo sido a Refinaria Landulfo Alves, na Bahia (RLAM) a primeira a produzir parafinas para fins alimentícios (“Foodgrade parafine”) através do processo de hidroacabamento (Petrobras/ABAST-REF, 1997). As vantagens para a Saúde do Trabalhador, da População e do Meio Ambiente na adoção destes processos reside na redução de

emanações de H₂S, NH₃, estes junto ao consumidor final, usuário dos óleos lubrificantes, e dos vapores dos solventes(MIBC ou outros)no processo produtivo, não mais necessários à produção, preservando a saúde deste grupo de trabalhadores.

5.1.2 A Visão do Futuro

Sabe-se que a substituição de uma tecnologia por outra, não é garantia da preservação da Saúde de pessoas e do Meio Ambiente. Todavia, observa-se nos dias de hoje uma progressiva preocupação e real interesse daqueles responsáveis pelas tomadas de decisão, com estas matérias. Esta atitude sem duvida é fruto, em parte, da consciência destes profissionais, das reivindicações organizadas dos atores envolvidos e da compreensão de todos do custo, de uma maneira global, de se que não se deve ignorar os riscos envolvidos em qualquer processo de produção de bens e riquezas para a Humanidade.

No mundo do trabalho, vive-se numa eterna tentativa de se manter um equilíbrio entre a produção dos bens e riquezas, necessários para o progresso e conforto das sociedades consumidoras, cada vez mais complexas em suas demandas e o custo social para se produzi-los.

Surgem os Sistemas de Gestão Integrados, que significa compatibilizar as normas ISO 9000(gestão de produtos e serviços), ISO 14000(gestão ambiental) e BS 8800(gestão da saúde e segurança dos trabalhadores) buscando a excelência na gestão dos recursos naturais e o respeito ao ambiente numa visão futurista e globalizada: ***estamos aprendendo que não se deve produzir bens e riquezas a qualquer custo.***

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACGIH(American Conference of Government Industrial Hygienists), 1998. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati: ACGIH.

AMIA (AMERICAN MUTUAL INSURANCE ALLIANCE),1980. Technical Guide 6. Handbook of Organic Industrial Solvents.

AURÉLIO BUARQUE, 1986. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 23^a Edição. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro - RJ.

BARNES, Donald G. e DOURSON, Michael. Dosis de Referência (DRf);Description y Uso en Evaluacionaes de Riesgo para la Salud. Regulatory Toxicology and Pharmacology 8, p.471-486, 1988.

BRITO, J.C. e PORTO, M.F. Processo de Trabalho, riscos e cargas à saúde. Rio de Janeiro, 1992.

BS -8800

BURGESS, William A., 1997 - "Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais." Tradução de "Recognition of health hazards in industry. 2nd Edition" por BAPTISTA, Ricardo. Ergo Editora, p. 303 - 317.

CALDAS , F. Q. , 1991. Relatório de Avaliação de Poluentes Industriais na Refinaria Duque de Caxias. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro(COPPE/UFRJ).

CASARETT and DOULL'S TOXICOLOGY, 1991, "The Basic Science of Poisons". Editor: Mary O. Amdur, John Doull, Curtis D. Klassen, 4th Edition, McGraw Hill Inc., New York - USA.

DEJOURS, Christophe, 1949. "A loucura do trabalho: estudo da psicopatologia do trabalho". Tradução de Ana Isabel Paraguay, 1991 - São Paulo - Cortez Editora e Oboré.

DUARTE, Francisco apud PORTO, Marcelo Firpo, 1994. Trabalho Industrial, Saúde e Ecologia - Avaliação Qualitativa de Riscos Industriais com Dois Estudos de Caso na Indústria Química. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 103.

EPA(Environmental Protection Agency), ECO(Centro Panamericano de Ecologia Humana e Saúde), 1998 – Curso de Introdução a Avaliação e ao Gerenciamento de Riscos. Elementos para Estabelecer Políticas em Saúde Ambiental – Estudo de Caso: avaliação e Gerenciamento do Risco para o DNT na Área de Eletrobótica.

EPA(Environmental Protection Agency), 1996. "Exposure Factors Handbok". Washington DC - USA.

EPA(Environmental Protection Agency), 1991. "Taller sobre Evaluación del Riesgo". Revisão do original preparado por Environ Corporation, Washington DC - USA.

EPA(Environmental Protection Agency), 1989. "Glossary of Terms Related to Health, Exposure and Risk Assessment". Washington DC - USA.

FERNICOLA, Nilda AG.G. e JAUGE, Pedro, 1985."Nociones Basicas de Toxicologia". OMS, OPS, CPEHS, Mexico - Mexico.

FREITAS, Carlos Machado e col., 1997. Exercício Prático de Avaliação e Gerenciamento de Riscos - o caso dos trabalhadores expostos ao benzeno. Rio de Janeiro: CESTEH/ ENSP/ FIOCRUZ.

FREITAS, Carlos Machado, 1996. "Acidentes Químicos Ampliados - Incorporando a Dimensão Social nas Análises de Riscos". Tese de Doutorado, Rio de Janeiro. ENSP/FIOCRUZ.

FERREIRA, Leda Leal, 1996. Dois estudos sobre o trabalho dos Petroleiros. Revista Produção, 6: n.1, p. 7-32.

FERREIRA, Leda Leal e IGUTI, Aparecida Mari, 1996. O trabalho dos Petroleiros: perigoso, complexo, contínuo e coletivo. São Paulo: Editora Página Aberta.

FRAGELLI, Bruno, 1997. Curso de Hidrorrefino para Produção de Lubrificantes e Parafinas, Outubro de 1997. Rio de Janeiro - PETROBRAS/ABAST-REF.

GALLO, Michael and DOULL, John, _____. "General Principles of Toxicology". 4th Edition.

GOBBA, Francisco e col., 1997. The urinary excretion of solvents and gases for the biological monitoring of occupational exposure: a review. Sci Total Environ, 199: p. 1-12.

GUILAN, M.C.R., 1996."O Conceito de Risco - Sua Utilização pela Epidemiologia, Engenharia e Ciências Sociais. Dissertação de Mestrado". Rio de Janeiro - Instituto de Medicina Social da UERJ.

HOPWOOD, Daniel and GUIDOTTI, 1988. "Recall Bias Exposed Subjects Following a Toxic Exposure Incident". Archives of Environ Mental Health. May/June 1988[Vol.43(nr.3)], p.234-237.

IIDA, Itiro e WIERZZBICK, Henri J. , 1978. Ergonomia - Notas de Aula. São Paulo: Editora da FEI/USP.

IPCS(International Programme on Chemical Safety), _____. "Fundamentals of Applied Toxicology. The Nature of Chemical Hazards. Apendix 2.

ISO 9002 -

ISO 14001 -

LAURELL, Asa Cristina, 1987. "O Estudo do Processo de Trabalho e Saúde: análise crítica de quatro propostas metodológicas, processo de produção e saúde". São Paulo - HUCITEC.

LAURELL, Asa Cristina e NORIEGA, Mariano, 1987. " Processo de Produção e Saúde - Trabalho e Desgaste Operário"- São Paulo - Editora HUCITET.

MENDES, René e DIAS, Elizabeth, 1991. "Da Medicina do Trabalho à Saúde do Trabalhador". Revista da Saúde Pública , _____. São Paulo.

MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978. Portaria 3214/78, Norma Regulamentadora 15 Anexo I: Limites de Tolerância para Níveis de Ruído Contínuo e Intermitente. Brasília: MT.

MORAES, Giovanni, BENITO, Juarez e COUTINHO, Carlos R., 1998. Normas Regulamentadoras Comentadas. Rio de Janeiro - RJ

NIOSH, 1977a. Occupational Diseases - A Guide to Their Recognition. Cincinnati: NIOSH Publications Office.

NIOSH, 1977b. Criteria for Recommended Standard: Occupational Exposure to Refined Petroleum Solvents. Cincinnati: NIOSH Publications Office.

NIOSH, 1987. Current Intelligence Bulletin 48 - Organic Solvent Neurotoxicity. Cincinnati: NIOSH Publications Office.

OSHA(Occupational Safety and Health Administration),1989. Rulemaking docket for OSHA Air Contaminants Standard.

OECD(Organization for Economic Cooperation and Development), 1984. Data Interpretation Guides for Initial Hazard Assessment of Chemicals. Paris. p. 31

OMS(Organização Mundial de Saúde), 1990. Environment Health Criteria 117: Methyl Isobutyl Ketone. Genebra: World Health Organization.

PETROBRAS, RLAM, 1999. <http://www.rlam.Petrobras.com.br>,

PETROBRAS, REDUC, 1999. Relatório de Atividades da REDUC/GECOM / Dez.1999.

PETROBRAS, 1997. Documento Interno: Livro de Atas da CIPA da gestão de 96 a 97.

PETROBRAS, 1996. Documento Interno: Livro de Atas da CIPA da gestão de 95a 96.

PETROBRAS, 1995. Documento Interno: Livro de Atas da CIPA da gestão de 94 a 95.

PORTO , Marcelo Firpo(1994). “Trabalho Industrial, Saúde e Ecologia”. Tese de Doutorado - Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ (p.70-85).

SANTOS, Neridos e FIALHO, Francisco, 1995. "Manual de Análise Ergonômica do Trabalho". Curitiba. Editora Gêneseis.

SEVERINO, Antônio Joaquim, 1941. "Metodologia do Trabalho Científico". 20ª Edição Revisada(1996)

SOLOMONS, T. W. Graham, 1994. "Química Orgânica - Volume 3". Capítulo 18: Os Aldeídos e Cetonas. LTC Editora - São Paulo.