

GUSTAVO VIEIRA BARCELLOS
JOÃO BATISTA GONÇALVES FERREIRA

**RECONHECIMENTO, AVALIAÇÃO E CONTROLE DO BENZENO NO
LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS DE UMA
REFINARIA DE PETRÓLEO.**

Monografia apresentada a Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Especialista em Higiene Ocupacional

SÃO PAULO

2006

EPMI
ESP/HO-2006
B235r

GUSTAVO VIEIRA BARCELLOS
JOÃO BATISTA GONÇALVES FERREIRA

**RECONHECIMENTO, AVALIAÇÃO E CONTROLE DO BENZENO NO
LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS DE UMA
REFINARIA DE PETRÓLEO.**

Monografia apresentada a Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Especialista em Higiene Ocupacional

Área de concentração: Higiene Ocupacional

SÃO PAULO
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Bacellos, Gustavo Vieira

Reconhecimento, avaliação e controle do benzeno no laboratório de controle de qualidade de produtos de uma refinaria de petróleo / G.V. Bacellos, J.B.G. Ferreira. -- ed.rev. -- São Paulo, 2005.

p.

Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Refinarias 2.Benzeno 3.Laboratórios 4.Controle da qualidade I.Ferreira, João Batista Gonçalves II.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.Programa de Educação Continuada em Engenharia III.t.

A minha esposa Rita de Cássia e aos meus pais Mirian e Djalma pelo amor e carinho que me dedicam e por tudo que para mim representam.
A Antônio Veríssimo Filho, meu sogro, em memória.

Gustavo Vieira Barcellos

A minha esposa e meus filhos por serem os grandes motivadores da minha busca pelo conhecimento.

João Batista G. Ferreira

AGRADECIMENTOS

Ao Gerente de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Refinaria Duque de Caxias, Paulo Sergio Coelho Carpintero, que possibilitou a nossa participação e nos liberou de nossos afazeres, sempre que necessário, para que tivéssemos totais condições de participar e concluir o estudo.

A equipe da Escola Politécnica da USP - PECE, nas pessoas representadas por seus administrativos e professores pelo tanto que nos auxiliaram nesta jornada e ainda pelo imenso auxílio no aprendizado.

Ao coordenador do curso, professor Sergio Médici de Eston, pelo reconhecimento ao seu elevado grau de envolvimento, dedicação na condução dos estudos durante todo o curso.

Ao professor Ivo Torres de Almeida que, mesmo sem existir a figura do orientador, muito colaborou, com sua experiência acadêmica e comentários, para permitir o melhor direcionamento deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho aborda um estudo de caso, de fato ocorrido em um laboratório de uma refinaria de petróleo de grande porte. Na avaliação ambiental, feita de forma rotineira, foi observada a presença de benzeno em concentrações acima da recomendação na legislação brasileira. Tal fato levou ao aprofundamento do reconhecimento, avaliação e controle do agente de risco benzeno, que teve como finalidade identificar a(s) fonte(s) geradora(s), utilizando de práticas de Higiene Ocupacional, com métodos reconhecidos, internacionalmente, como NIOSH-1501, que determina a utilização de bombas de amostragem de fluxo constante e tubos de carvão ativo, enfatizando o estudo dos ambientes de trabalho, das atividades e etc, para quantificar a exposição de forma mais apurada, considerando a presença do agente no ambiente e, a partir de verificação da exposição, obter os potenciais riscos à saúde dos trabalhadores e ainda, buscar e implantar ações de controle visando à adequação do local de trabalho. Como principais conclusões observou-se que o laboratório necessitava de ajustes para o seu funcionamento adequado e que, após estes ajustes, o mesmo se encontra em perfeitas condições de uso.

ABSTRACT

This work approaches a case study carried out in the laboratory of a big oil refinery. An ordinary environment evaluation detected the presence of benzene in levels above those recommended by current Brazilian legislation. This fact led to an in-depth study aiming at recognizing, evaluating and controlling the hazardous agent benzene. The research identified the generating sources, quantified the occupational exposition in a more refined way, checked the potential risks to the workers' health, using of practical of Occupational Hygiene, with recognized methods, internationally, as Niosh-1501, that determines the use of bombs of sampling of constant flow and pipes of active coal, emphasizing the study of environments of work, the activities and etc, to quantify the exposition of more refined form, considering the presence of the agent in the environment and, from verification of the exposition, to still get the potentials risks the health of the workers and, to search and to implant action of control aiming at the adequacy of the place of work. As main conclusions were observed that the laboratory needed adjustments for its adequate functioning and that, after these adjustments, the same meet in perfect conditions of use.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivo.....	1
1.3 Justificativa.....	2
2 CARACTERIZAÇÃO DO BENZENO.....	3
2.1 Características Gerais.....	3
2.2 Origem e Utilização do Benzeno.....	4
2.3 Toxicocinética e Toxicodinâmica.....	7
2.4 Efeitos à Saúde e Toxicologia.....	7
2.4.1 Efeito Mielotóxico.....	8
2.4.2 Efeito Imunológico.....	8
2.4.3 Alterações Cromossomiais.....	8
2.4.4 Efeito Carcinogênico.....	9
2.4.5 Efeitos na Intoxicação Aguda.....	9
2.4.6 Efeitos na Intoxicação Crônica.....	10
2.4.7 Alterações hematológicas e Depressão de Medula.....	10
2.4.8 Ação Carcinogênica do Benzeno.....	11
2.4.9 Indicador Biológico.....	11
2.5 Limite de exposição ao Benzeno.....	13
3 METODOLOGIA.....	15
3.1 Caracterização do Laboratório de Controle de Qualidade e Otimização.....	15
3.1.1 Descrição das Instalações.....	15
3.1.2 Lotação.....	15
3.1.3 Atribuições do OT/QP.....	15
3.1.3.1 Atribuições no atendimento a clientes internos do sistema.....	15
3.1.3.2 Atribuições na Garantia de Qualidade Laboratorial.....	16
3.1.4 Principais Atividades do Processo.....	16
3.1.4.1 Classificação de Amostras.....	16

3.1.4.2 Serviços de Atendimento a Clientes.....	17
3.2 Processo de Avaliação.....	17
3.3 Grupo Homogêneo.....	18
3.4 Coleta de Amostras.....	19
3.4.1 Equipamentos para Coleta de Amostras.....	19
3.4.2 Amostra Única.....	20
3.4.3 Amostras Consecutivas.....	21
3.4.4 Amostras Parciais.....	22
3.4.5 Amostras Instantâneas.....	22
3.5 Acompanhamento.....	23
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	24
4.1 Valores Encontrados.....	24
4.2 Cálculos Concentrações do Benzeno.....	25
4.3 Interpretação dos Resultados / Julgamento Profissional.....	25
4.4 Atualização das Avaliações Pessoais (jun. 2003).....	26
4.5 Cálculos Concentrações do Benzeno (jun. de 2003)	26
4.6 Interpretação dos Resultados / Julgamento Profissional.....	26
4.7 Considerações para esta Fase.....	28
4.8 Cálculos Concentrações do Benzeno (ago. de 2003).....	28
4.9 Interpretação dos Resultados / Julgamento Profissional.....	28
4.10 Considerações para esta Fase.....	29
4.11 Implementação de Plano de Ação Emergencial.....	31
4.11.1 Materiais e Métodos – continuidade das avaliações.....	31
4.11.2 Ações de controle no Laboratório OT/QP.....	31
4.12 Resultados do Monitoramento.....	33
4.13 Resultados Finais Utilizando Tubos de Carvão.....	34
4.13.1 Cálculos Concentrações do Benzeno (out. de 2003).....	34
4.13.2 Interpretação dos Resultados / Julgamento Profissional.....	34
5 CONCLUSÃO.....	35
Anexo A – Procedimento de uso dos Amostradores Passivos OVM-3500 / 3M.....	36
Anexo B – Método NIOSH 1501	37
Anexo C – Planilha Excel com Cálculos para item 4.2	38

Anexo D – Planilha Excel com Cálculos para item 4.5.....	39
Anexo E – Planilha Excel com Cálculos para item 4.8	40
Anexo F – Desenho Esquemático para Medições nas Sub-áreas 2, 3 e 4	41
Anexo G – Desenho Esquemático para Medições na Sala de Lavagem de Garrafas..	42
Anexo H – Resultados Obtidos com Cromatógrafo de Campo.....	43
Anexo I – Planilha Excel com Cálculos para item 4.13.1.....	44
Anexo J - Evolução dos Resultados Sub-áreas 2,3 e 4.....	45
Anexo K – Evolução dos Resultados Sala de Lavagem de Garrafas.....	46
Anexo L – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico	47
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Representação esquemática da molécula de benzeno.....	3
Figura 2.2 – Representação gráfica da molécula de benzeno.....	3
Figura 3.1 – Monitor para Vapores Orgânicos - 3M.....	19
Figura 3.2 – Bombas Dosimétricas de Vazão Constante e Tubos de Carvão Ativo.....	19
Figura 3.3 – Cromatógrafo Portátil VOYAGER.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Propriedades Físico-Químicas do Benzeno.....	4
Tabela 2.2 – Produtos Derivados de Petróleo – Características Básicas.....	6
Tabela 2.3 – Concentração x Tempo de Exposição x Resposta.....	10
Tabela 4.1 – Concentrações de Benzeno consideradas para o OT/QP.....	24
Tabela 4.2 – Número de Amostras Planejadas no OT/QP.....	24
Tabela 4.3 - Concentrações de Benzeno encontradas no OT/QP	25
Tabela 4.4 - Concentrações de Benzeno encontradas no OT/QP	26
Tabela 4.5 – Matriz de Comprometimento.....	27
Tabela 4.6 – Concentração de Benzeno no OT/QP	28
Tabela 4.7 – Plano de Ação Emergencial para o OT/QP.....	30
Tabela 4.8 – Ações de Controle.....	32
Tabela 4.9 – Concentrações Média Ponderada no Tempo para Benzeno	34
Tabela 4.10 – Resultados encontrados para Etilbenzeno, Tolueno e Xileno no OT/QP.....	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Procedimento de uso dos Amostradores Passivos OVM-3500 / 3M

Anexo B – Método NIOSH 1501

Anexo C – Planilha Excel com Cálculos para item 4.2

Anexo D – Planilha Excel com Cálculos para item 4.5

Anexo E – Planilha Excel com Cálculos para item 4.8

Anexo F – Desenho Esquemático para Medições nas Sub-áreas 2, 3 e 4

Anexo G – Desenho Esquemático para Medições na Sala de Lavagem de Garrafas

Anexo H – Resultados Obtidos com Cromatógrafo de Campo

Anexo I – Planilha Excel com Cálculos para item 4.13.1

Anexo J - Evolução dos resultados Sub-áreas 2, 3 e 4

Anexo K – Evolução dos resultados Sala de Lavagem de Garrafas

Anexo L – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists

CAS – Chemical Abstracts Service

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

C_{mpt} – Concentração Média Ponderada no Tempo

CNP-Bz – Comissão Nacional de Prevenção a Exposição ao Benzeno

DRT – Delegacia Regional do Trabalho

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos

GHE – Grupo Homogêneo de Exposição

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

I – Índice de Julgamento

IARC – Agência Internacional de Pesquisa de Câncer

IBE – Indicador Biológico de Exposição (ou Índice Biológico de exposição)

IN-01 – Instrução Normativa 01 (Fundacentro)

IPVS – Imediatamente Perigoso a Vida e a Saúde

MI/SU – Manutenção Industrial / Suprimento

MPT – Média Ponderada no Tempo

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health

NR-15 – Norma Regulamentadora nº 15 (Ministério do Trabalho e Emprego)

OT/QP – Laboratório de Controle de Qualidade e Otimização de Produtos

OVM - Monitor para Vapores Orgânicos

PB - Petrobras

PECE – Programa de Educação Continuada

PPEOB - Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

SMS – Segurança, Meio Ambiente e Saúde

SNC – Sistema Nervoso Central

USP – Universidade de São Paulo

VRT – Valor de Referência Tecnológico

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A refinaria onde foi feito o estudo é uma das mais complexas no seu segmento, dotada de uma grande planta de produção de lubrificantes, possui uma área de aproximadamente 13 milhões de m², capacidade de produção superior a 240 mil barris de petróleo por dia e tem como principais produtos o diesel, a gasolina, o querosene de aviação, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), lubrificantes e parafinas. Nas avaliações realizadas nas áreas enquadradas do Programa de Prevenção a Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB) em abril de 2003, foi encontrada concentração de benzeno acima do Valor de Referência Tecnológico (VRT) para dois Grupos Homogêneos de Exposição (GHE's) do Laboratório de Controle de Qualidade e Otimização de Produtos (OT/QP).

A fim de adequar o local de trabalho, foi feito todo um estudo envolvendo reconhecimento, avaliação e controle do agente de risco benzeno, a partir de metodologia reconhecida em Higiene Ocupacional, com a utilização de ferramentas como por exemplo: estratégias de amostragens, critérios para amostragens e tratamento de dados, para alcançar maior confiabilidade nos resultados encontrados, a fim de dar a sustentação e o embasamento necessário para a melhor tomada de decisão a respeito do assunto: controle da exposição ao benzeno no laboratório de qualidade e otimização de produtos.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso que tem como principais ações realizadas, fazer o reconhecimento, a avaliação e apresentar as medidas de controle empregadas para as principais fontes de contribuição do agente químico benzeno no OT / QP, visando: criar condições para manter o laboratório em funcionamento durante todo o processo de adequação (atuando nas fontes e no trabalhador); identificar as principais fontes de contribuição para a situação encontrada; implementar ações de controle nas fontes identificadas visando baixar as concentrações de benzeno e certificar-se, através de tratamento de dados, de que o ambiente encontra-se controlado sem possibilidade de exposição acima do VRT para o agente em questão.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica por ser o benzeno reconhecidamente um agente carcinogênio, e estando este agente presente em alguns produtos e sub-produtos obtidos em uma refinaria de petróleo, a partir de processos específicos de refino, e que a situação de exposição ocupacional a este agente pode auferir riscos aos trabalhadores com possibilidade de agravos a sua saúde, que podem ser imediatos ou tardios, e estes venham a comprometer a qualidade de vida atual e futura dos mesmos e ainda; que estudos complementares podem ser realizados a partir deste para dar melhor tratamento da exposição ocupacional ao benzeno em unidades de refino de petróleo.

2 CARACTERIZAÇÃO DO BENZENO

2.1 Características Gerais

O Benzeno é uma substância química do tipo hidrocarboneto aromático, de odor característico, líquido, volátil, incolor, altamente inflamável, explosivo, não polar e lipossolúvel. Seu vapor é mais pesado do que o ar.

O benzeno contém seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio e tem a seguinte fórmula: C_6H_6 .

Sinônimos para o benzeno: benzol, ciclohexatrieno e hidreto de fenila. Registro no *Chemical Abstracts Service* (CAS): 71-43-2 (Benzeno).

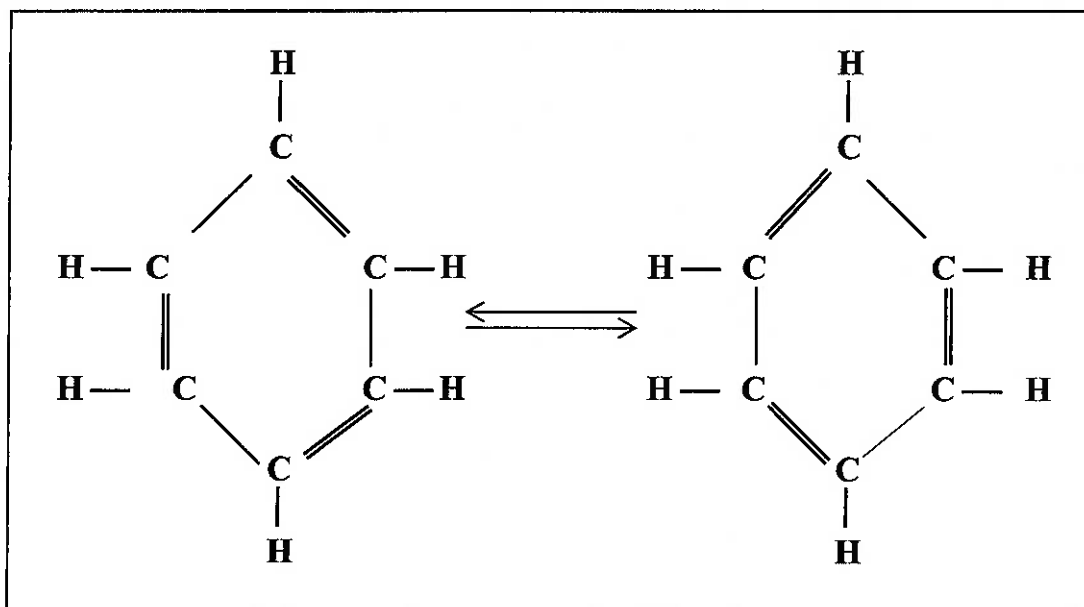


Figura 2.1 – Representação esquemática da molécula de benzeno

As linhas simples representam ligações químicas simples e as linhas duplas, ligações duplas. Estas ligações mudam de lugar constantemente, e por isto aparecem duas fórmulas ligadas por duas flechas em sentido contrário, indicando que há um equilíbrio entre elas. Devido a esta característica da molécula de benzeno, a sua fórmula é usualmente representada por um hexágono com uma bola no meio:

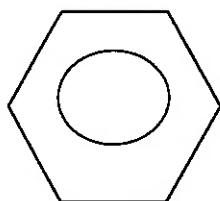


Figura 2.2 – Representação gráfica da molécula de benzeno

Seu ponto de fusão é 5,5 ° C, isto é, é sólido abaixo desta temperatura, seu ponto de ebulição é 80,1° C, portanto é gasoso acima desta temperatura. A pressão de vapor do benzeno é 75 mmHg na temperatura de 20°C. O limite olfativo, segundo a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), é de 12 ppm. Para o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), acima de 500 ppm o benzeno já representa risco imediatamente perigoso à vida e à saúde (IPVS).

É importante destacar que o vapor do benzeno é mais pesado do que o ar. Desta forma, mesmo que ocorra um vazamento em um ponto alto de algum equipamento, os vapores emitidos descem e podem se concentrar nas regiões onde há circulação dos trabalhadores.

A seguir é apresentada tabela 2.1 com as propriedades do benzeno.

Tabela 2.1 - Propriedades Físico-Químicas do Benzeno

Ponto de fusão	Ponto de ebulição	Pressão de vapor	Ponto de fulgor	Faixa de inflamabilidade	Temperatura de auto-ignição	Densidade do líquido (20°C) Água = 1	Densidade do vapor Ar = 1	Solubilidade em água
5,5 °C	80,1 °C	75 mm Hg (20°C)	-11 °C	1,4 a 8 %	562°C	0,88	2,77	180mg/100ml (25°C)

(Fonte: FISPQ - Petrobras - 2004)

2.2 ORIGEM E UTILIZAÇÃO DO BENZENO

Dentre todas as substâncias químicas, uma das mais conhecidas e estudadas é o benzeno. Formada por apenas 12 átomos - 6 carbonos e seis hidrogênios. A maior parte das substâncias com atividade biológica apresentam, em sua estrutura, o anel benzênico, assim como os alcalóides, alguns amino ácidos e muitos polímeros sintéticos.

O composto que conhecemos como benzeno foi isolado pela primeira vez em 1825, por Michael Faraday. Ele extraiu o composto de um gás obtido do óleo de baleia, que era utilizado para a iluminação pública em Londres. Devido a sua origem, os químicos da época sugeriram o nome "feno", da palavra grega "*phainei*" (brilhar). Em muitos compostos, o nome feno continua associado com o anel benzênico, tal como no fenol. Somente nove anos depois (1834) é que a fórmula molecular (C_6H_6) foi corretamente determinada, por Eilhardt Mitscherlich. Ele decidiu chamar o composto de benzina, devido a sua relação com o ácido benzóico, um composto conhecido na época. Finalmente, mais tarde, o nome passou a ser benzeno.

No benzeno e em outros compostos similares, a relação H/C é bastante baixa. Estes compostos são tipicamente encontrados em óleos produzidos por plantas. Os químicos antigos

chamavam estes compostos de "aromáticos", devido ao agradável aroma que, em geral, estas substâncias possuem. Desta forma, eles eram distinguidos dos "alifáticos", compostos onde a relação H/C é bem mais alta, que são obtidos, por exemplo, na degradação química de gorduras. Hoje, o termo aromático tem outro significado químico: identifica certos tipos de estruturas, sem levar em conta a presença ou não de odor. Para ser aromático, o composto deve ser cíclico, planar, e deve possuir uma nuvem contínua de elétrons π deslocalizados, e a nuvem deve conter um número par de pares de elétrons π . O benzeno é um composto aromático, baseado nos critérios atuais.

Desde o isolamento, a partir do óleo de baleia, vários derivados naturais do benzeno foram encontrados. Muitos destes benzenos substituídos possuem intensa atividade biológica; a mescalina é muito conhecida por seus efeitos psicotrópicos. Durante muitas décadas, as tribos nativas da América do Norte se utilizavam desta substância em seus ritos e cerimônias religiosas. É uma droga alucinógena, e um parente próximo de algumas versões sintéticas, como a anfetamina ou o ecstasy. Outro exemplo de derivado natural do benzeno é a adrenalina: uma substância que, nos humanos, atua como um hormônio e, no SNC, como um neurotransmissor. O cloranfenicol, assim como vários outros antibióticos, também apresenta o benzeno na sua estrutura.

Além de versões naturais, também existem muitos derivados sintéticos do benzeno. A fenfluramina, por exemplo, é um derivado fluorado do benzeno bastante popular, utilizado em várias formulações de fármacos dietéticos. O 2,4-D era um dos principais ingredientes do Agent Orange, uma droga desfoliante utilizada, pelos EUA, na guerra do Vietnã. Além do 2,4-D, o Agent Orange também continha outros derivados do benzeno, tal como a dioxina, que era a responsável pelas graves sequelas deixadas nas pessoas expostas ao veneno. Baseado na poderosa ação da mescalina e da adrenalina, várias drogas sintéticas de estrutura similar foram preparadas pelos químicos. Entre elas, o *speed*, uma droga muito consumida por jovens e adolescentes, graças ao efeito estimulante que possui. Praticamente todos já fizeram uso de outra droga: a aspirina. Esta também é derivada do benzeno, tal como a sacarina, um adoçante artificial não calórico. E, finalmente, para o alimento durar mais tempo, os fabricantes adicionam vários derivados do benzeno, tal como o BHA. Estes são apenas alguns dos milhares de benzeno-derivados sintéticos atualmente utilizados para o benefício do homem.

A maioria dos compostos orgânicos como o benzeno, é obtida de reservatórios de materiais orgânicos, tais como: petróleo e carvão mineral.

O petróleo é a matéria prima das refinarias, que é dividido em vários produtos comercializados, tais como gasolina, óleo diesel, óleos lubrificantes além de frações destinadas à produção de outras matérias primas na indústria petroquímica.

Alguns produtos derivados de petróleo estão apresentados na tabela 2.2, sendo que as frações com faixa de destilação que englobam ou estejam próximas de 80,1°C (ponto de ebulição do benzeno), podem conter benzeno na sua composição. Nestas frações, o benzeno, em geral, é encontrado em pequenas quantidades.

Tabela 2.2 - Produtos Derivados de Petróleo – Características Básicas.

Produtos	Faixa de temperatura de destilação (°C)	Número de átomos de carbono
GLP	Abaixo de 20	C ₁ - C ₄
Éter de petróleo	20-60	C₅ - C₆
Nafta leve	35-200	C₆ - C₇
Gasolina	27-220	C₅ - C₁₂
Querosene	150-300	C ₁₂ - C ₁₈
Gasóleo	100 – 400	> C ₁₂
Óleo lubrificante	Pouco voláteis	Cadeias longas
Asfalto e/ou coque de petróleo	Pouco voláteis	Estruturas policíclicas

Obs.: os itens destacados em negrito são aqueles que estão dentro da faixa de destilação do benzeno.

A obtenção de benzeno em quantidades industriais é feita nas indústrias petroquímicas, que recebem a fração de petróleo contendo principalmente moléculas com seis átomos de carbono, e as transformam em benzeno.

Existem várias substâncias contendo seis átomos de carbono, além do benzeno. O que diferencia é a forma como estes carbonos estão ligados entre si.

O benzeno é uma matéria prima muito importante na indústria petroquímica conhecida como de segunda geração. Estas empresas utilizam as substâncias produzidas nas indústrias de primeira geração (refinarias e siderúrgicas), e as transformam em outras substâncias que são ainda intermediárias para a fabricação de produtos que chegam até o consumidor final, tais como medicamentos, plásticos, detergentes, corantes e etc.

2.3 Toxicocinética e Toxicodinâmica

O benzeno é uma substância altamente volátil e apolar, em função desta sua polaridade ele dissolve gorduras, o que lhe dá a propriedade de ser lipossolúvel. As características apresentadas fazem com que o benzeno seja rapidamente absorvido pelas vias respiratórias ou pela pele, atravessando as membranas pulmonares, passando para a corrente sanguínea, e devido a sua grande afinidade por gordura é distribuído e armazenado em tecidos ricos em gorduras, como o sistema nervoso central e a medula óssea. (Melo, 2004)

Em torno de 50% do total de benzeno inalado é absorvido. Do total absorvido, 10 a 50% é eliminado de forma inalterada pelos pulmões, e 34% é eliminado após biotransformação em maior proporção no fígado, como fenol (30%), hidroquinona (1%) e catecol (3%) pela urina.

A eliminação do benzeno inalterado no ar exalado se dá em três fases:

1ª fase: muito rápida, ocorre de 2 a 3 horas após a exposição; provém da fração de benzeno dissolvido no sangue;

2ª fase: intermediária, no período de 3 a 7 horas após a exposição; o benzeno provém dos demais tecidos, exceto gordurosos;

3ª fase: lenta, no período de 30 horas; o benzeno provém dos tecidos gordurosos.

2.4 Efeitos à Saúde e toxicologia

A principal via de absorção é a respiratória, podendo também ser absorvido por via cutânea, em especial quando estiver na forma líquida. A maior parte do benzeno inalado é eliminado pela expiração, aquele que é absorvido se acumula principalmente em tecidos com alto teor de lipídios.

O metabolismo do benzeno ocorre predominantemente no fígado havendo excreção de seus metabólitos pela urina. Os principais metabólitos do benzeno no homem são o fenol, o catecol e a hidroxiquinona. A medula é o órgão alvo de toxicidade do benzeno, havendo estudos que sugerem efeitos interativos entre metabólitos do benzeno formados no fígado e na medula óssea, não ocorrendo efeito tóxico primário no fígado, mas apenas na medula óssea.

O benzeno provoca depressão generalizada na medula óssea que se manifesta pela redução de eritrócitos, granulócitos, trombócitos, linfócitos e monócitos. Há relação causal comprovada entre exposição ao benzeno e ocorrência de leucemia (Melo, 2004). A leucemia mais comum relacionada ao benzeno é a leucemia mieloide aguda.

Há também comprovação da relação causal entre exposição ao benzeno e aplasia de medula, não sendo certo que haja ligação entre esse quadro e a leucemia ou se são eventos separados. De qualquer forma não se pode esquecer que a aplasia de medula é o maior fator de risco para a ocorrência de leucemia.

Estudos recentes têm procurado evidenciar os mecanismos dos efeitos tóxicos e carcinogênicos de agentes químicos como o benzeno. Dentre os efeitos principais podemos citar: efeito mielotóxico, efeito imunológico, alterações cromossomiais e efeito carcinogênico.

2.4.1 Efeito Mielotóxico

Muitos tipos de discrasias sangüíneas estão relacionados com exposição ao benzeno: pancitopenia, anemia aplástica, trombocitopenia, granulocitopenia, linfocitopenia, leucopenia e leucemia. São referidos três mecanismos fundamentais de mielotoxicidade do benzeno:

- 1 - Depressão das células progenitoras primitivas e indiferenciadas (*Stem cells*);
- 2 - Lesão do tecido de medula óssea;
- 3 - Formação clonal de células primitivas afetadas decorrente de danos cromossomiais dessas células.

2.4.2 Efeito Imunológico

As manifestações imunológicas da toxicidade do benzeno estão relacionadas aos efeitos na medula óssea que provocam alterações na imunidade humoral e adquirida das células.

2.4.3 Alterações Cromossomiais

Foram observadas alterações cromossomiais numéricas e estruturais em linfócitos e células da medula óssea de trabalhadores expostos ao benzeno (Aksoy, 1989). É possível fazer avaliação de danos cromossomiais através de técnicas citogenéticas. As principais alterações descritas são:

- a) Alterações numéricas: trissomia, monossomia e poliploidia;
- b) Alterações estruturais: cromossomos dicêntricos e fragmentos acêntricos;
- c) Aumento de intercâmbio entre segmentos de cromátides irmãs (ISC);
- d) Aumento do número de cromossomos do grupo C;
- e) Perda de material cromossômico;
- f) Cariótipo pseudodiplóide (Neuropatias por exposição ocupacional).

2.4.4 Efeito Carcinogênico

O fato do benzeno ser um agente carcinogênico para os homens está bem estabelecido por estudos epidemiológicos e de caso, a maioria deles relacionado com exposição industrial. A Agência Internacional de Pesquisa de Câncer (IARC), e a Agência Norte-Americana de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH), o incluem em suas listas de produtos cancerígenos. No Brasil a ação cancerígena do benzeno foi reconhecida oficialmente a partir de 1994. Embora não se tenham estabelecido, completamente, os mecanismos de cancerogenicidade do benzeno, sua capacidade de provocar danos cromossômiais e à medula óssea foram amplamente demonstrados em homens e animais. No entanto não foi ainda possível acompanhar os vários estágios da carcinogênese que permitiriam revelar seu mecanismo de ação.

2.4.5 Efeitos na Intoxicação Aguda

Os casos de intoxicação aguda por benzeno apresentam correlação importante entre intensidade da exposição e gravidade do caso. Exposições a doses significativas de benzeno podem levar à morte. São referidos casos de suicídio por ingestão oral de aproximadamente 20g de benzeno, bem como casos fatais em exposições com concentrações ambientais em torno de 20000 ppm. por aproximadamente 5 minutos (American Petroleum Institute). Os sinais clínicos de intoxicação aguda por benzeno incluem depressão do Sistema Nervoso Central, arritmia cardíaca e asfixia por parada respiratória, se as exposições forem em níveis letais.

Os primeiros sintomas são relacionados com Sistema Nervoso Central. Em casos graves: inconsciência, convulsões, delírios, salivação, nistagmo, asfixia intensa devido a parada do centro respiratório, com ocorrência de morte súbita. Altas concentrações de benzeno podem provocar estímulos iniciais no SNC com quadros importantes de excitação nervosa, náuseas e dores de cabeça, seguidos de depressão, fadiga e vertigem. Podem aparecer dermatites. Em casos graves pode ocorrer perda de consciência, convulsões e arritmias cardíacas, que podem ser fatais. Após a crise, aparecem dores de cabeça, zumbido nos ouvidos, nistagmo, dispnéia e sinais gerais de fraqueza e mal-estar. Autópsias de casos fatais tem mostrado hemorragia massiva em todos os órgãos além de presença generalizada do benzeno principalmente em tecido gorduroso e cérebro (Goldstein, 1977).

Tabela 2.3 - Concentração x Tempo de Exposição x Resposta

Concentração de vapores de benzeno (em ppm)	Tempo de exposição	Resposta
25	8 horas	Nenhuma
50 ~100	6 horas	Leve sonolência e dor de cabeça leve
500	1 hora	Sintomas de intoxicação aguda, efeitos depressores
7000	30 minutos	Perigoso para vida
20000	5 minutos	FATAL

(Fonte: American Petroleum Institute)

2.4.6 Efeitos na Intoxicação Crônica

Como visto anteriormente os principais efeitos da exposição crônica ao benzeno são relacionados à sua ação hematotóxica e carcinogênica. São também importantes as alterações equivalentes às provocadas por exposição a solventes em geral, em especial os efeitos sobre o Sistema Nervoso Central, onde aparecem achados variáveis, vagos e inespecíficos. Podem surgir queixas subjetivas como dor de cabeça, tontura, vômitos, perda de apetite. Podem ainda aparecer diversos outros sintomas como distúrbios dermatológicos e gastrointestinais de difícil caracterização como especificamente relacionados à exposição ao benzeno.

2.4.7 Alterações hematológicas e depressão de medula

As alterações hematológicas são também muito variáveis sendo difícil apresentar um mesmo padrão, tornando-se portanto mais importante ainda dar atenção a mudanças em séries sanguíneas que acometam trabalhadores expostos ao benzeno. Os efeitos principais são: a supressão de um ou mais elementos do sistema hematopoiético e transformações com caráter de malignidade de algum desses elementos levando a leucemia ou outro tipo de câncer sanguíneo.

A depressão da medula óssea conseqüente à hematotoxicidade do benzeno pode, como descrito anteriormente, provocar um amplo espectro de discrasias sanguíneas, que incluem: granulocitopenia, trombocitopenia, anemia, pancitopenia, linfocitopenia e anemia aplástica. É usual a instalação inicial de quadro de anemia, leucopenia ou trombocitopenia, seguida de pancitopenia e, se agravado o quadro, instalação de anemia aplástica, forma final grave da depressão da medula óssea.

As alterações morfológicas são de tipo quantitativo e qualitativo e podem ocorrer em uma ou mais séries. Na experiência brasileira a leucopenia e a neutropenia tem sido as alterações mais

observadas, o que é coerente com estudos internacionais que apontam na mesma direção. Hoje já se sabe que estas manifestações não são precoces, ocorrendo quando já há alterações na hematopoese, em casos de intoxicação crônica. (Melo, 2004)

2.4.8 Ação cancerígena do benzeno

O benzeno é um agente leucemogênico bem estabelecido. Muitos estudos epidemiológicos foram desenvolvidos, a maioria relacionados a exposição crônica industrial. As leucemias são as patologias mais freqüentes observadas e dentre elas as mais comuns são as agudas. Existem estudos correlacionando diversos tipos de leucemia com intoxicação crônica por benzeno: leucemia mielóide aguda, leucemia linfóide aguda, pré-leucemia, eritroleucemia aguda, leucemia indiferenciada aguda, leucemia pré-mielocítica. Há também estudos relacionando as leucemias mielóide e linfóide crônica com exposição ao benzeno. Também o mieloma múltiplo e o linfoma de Hodgkin foram associados ao benzeno. Diversos outros tipos de câncer tem sido cogitados como associados ao benzeno.

O mecanismo do desenvolvimento das leucemias e outras doenças malignas relacionadas com o benzeno não foi ainda estabelecido. No entanto há indicação de que seja o dano provocado nas *stem cells* ou alterações no micro-ambiente da medula óssea (estroma) os responsáveis pelas varias desordens hematológicas observadas na intoxicação crônica por benzeno. Finalmente, é comum haver um período pancitopênico que precede a instalação do quadro leucêmico.

2.4.9 Indicador Biológico

Indicador biológico de exposição (IBE) é uma substância química, elemento químico, atividade enzimática ou constituintes do organismo cuja concentração (ou atividade) em fluido biológico (sangue, urina, ar exalado) ou em tecidos, possui relação com a exposição ambiental a determinado agente tóxico. A substância ou elemento químico determinado pode ser produto de uma biotransformação ou alteração bioquímica precoce decorrente da introdução deste agente tóxico, no organismo. Para os agentes químicos preconizados na NR7, é definido o índice biológico máximo permitido (IBMP) que é “o valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor significa exposição excessiva”. Este valor (IBMP) deve ter correlação com a concentração do agente químico no

ambiente de trabalho, definida como limite de tolerância ou limite de exposição ocupacional.

O IBE deve ser utilizado como ferramenta de Higiene Ocupacional e como instrumento auxiliar de vigilância à saúde. Poderá, portanto, ser utilizado para:

- (1) correlação com os resultados de avaliações da exposição ocupacional na zona respiratória do trabalhador, obtidas pela higiene ocupacional;
- (2) dedução, a partir dos resultados obtidos, da parcela de benzeno absorvida após exposição do trabalhador;
- (3) verificação de mudanças qualitativas do perfil de exposição do grupo homogêneo estudado (mudanças de processo, de procedimentos ou de equipamentos);
- (4) verificação de outras vias de penetração do benzeno no organismo, que não a inalatória; pela pele, por exemplo; e,
- (5) verificação indireta da eficácia dos dispositivos de proteção usados.

A monitorização biológica da exposição ao benzeno pode ser realizada através de diferentes indicadores, que vão desde aqueles com meia vida biológica curta como o benzeno no ar exalado ou seus metabólitos urinários, até os adutores formados a partir de proteínas do sangue e moléculas de DNA que podem persistir por meses no organismo humano.

O desenvolvimento de metodologias analíticas vem oferecendo a possibilidade de avaliar uma série de indicadores biológicos de exposição. Dentre os mais estudados, podemos destacar: os ácidos trans,trans-mucônico e fenil mercaptúrico urinários, e o benzeno inalterado no ar exalado, na urina e no sangue.

Características do Ácido trans,trans-mucônico

A primeira etapa no processo de biotransformação do benzeno ocorre com a formação do epóxido de benzeno, através de uma oxidase microssomal de função mista, mediada pelo citocromo P-450. A partir daí, duas vias metabólicas se apresentam: a hidroxilação do anel

aromático ou a sua abertura com a formação do ácido trans,trans-mucônico (AttM) (Barbosa, 1997).

Para a avaliação da exposição ocupacional de indivíduos com turnos de trabalho de seis a oito horas, a biotransformação do benzeno em ácido trans,trans-mucônico fornece uma concentração máxima do produto a partir de aproximadamente 5,1 horas após o início da exposição, sendo que cerca de 2 a 3,9% do benzeno absorvido é excretado pela urina na forma de AttM (Coutrim et al., 2000; Boogaard & Sittert, 1995).

Procedimentos de coleta

As amostras de urina devem ser coletadas em coletores universais de plástico, de 50 ml, no término da jornada de trabalho. Para jornadas de seis a oito horas diárias de trabalho, coletar a urina a partir do terceiro dia seguido de exposição. Os frascos devem ser imediatamente fechados e mantidos sob refrigeração (4°C) até no máximo uma semana.

Em situações de jornadas diferentes das anteriores ou situações de acidentes, deverão ser definidos critérios específicos de coleta, tecnicamente justificados.

Ácido trans, trans – mucônico urinário é o de mais fácil determinação analítica e por isso é o recomendado pela Comissão Nacional de Prevenção a Exposição ao Benzeno (CNP- BZ) como Indicador Biológico de Exposição ou Índice Biológico de exposição (IBE) ao benzeno.

2.5 – Limite de Exposição ao Benzeno

Quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR 15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists-ACGIH, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos

É definido pela NR15 que "Limite de Tolerância", é a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

Valor de Referência Tecnológico - VRT se refere à concentração de benzeno no ar considerada exequível do ponto de vista técnico, definido em processo de negociação tripartite. O VRT deve ser considerado como referência para os programas de melhoria contínua das condições dos ambientes de trabalho. O cumprimento do VRT é obrigatório e não exclui risco à saúde.

O princípio da melhoria contínua parte do reconhecimento de que o benzeno é uma substância comprovadamente carcinogênica, para a qual não existe limite seguro de exposição.

Para fins de atendimento à legislação, é definida uma categoria de VRT. VRT-MPT que corresponde à concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 (oito) horas, obtida na zona de respiração dos trabalhadores, individualmente ou de Grupos Homogêneos de Exposição – GHE

Os valores estabelecidos para os VRT-MPT são:

- 1,0 (um) ppm para as empresas abrangidas pelo anexo 13A da Nr15 (com exceção das empresas siderúrgicas, as produtoras de álcool anidro e aquelas que deverão substituir o benzeno a partir de 1º.01.97).

- 2,5 (dois e meio) ppm para as empresas siderúrgicas.

O Fator de Conversão da concentração de benzeno de ppm para mg/m³ é: 1ppm = 3,19 mg/m³ nas condições de 25° C, 101 kPa ou 1 atm.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do Laboratório de Controle de Qualidade e Otimização

3.1.1 Descrição das instalações

O Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos (OT/QP) consiste de prédio em alvenaria, com cerca de 900 metros quadrados, com áreas definidas para cada atividade. Essas áreas são separadas por paredes, também em alvenaria e isoladas por portas de madeira. O laboratório se subdivide em 14 áreas, a saber: laboratório físico químico; sala de gelo; sala de controle de instrumentação; sala de octanagem; sala de solventes; administração; depósito de amostras; copa; laboratório de ensaios físico-químicos, sala de lavagem e descarte de vidrarias; laboratório de controle ambiental; laboratório de potenciometria e absorção atômica; Laboratório de cromatografia e sala de gases.

Com relação às atividades a OT/QP tem a sua estrutura interna constituída de três áreas:

- Atendimento ao cliente;
- Garantia da qualidade laboratorial;
- Continuidade operacional do laboratório

3.1.2 Lotação

Quarenta e nove funcionários sendo 24 em turno e 25 em horário administrativo.

3.1.3 Atribuições do OT/QP

3.1.3.1 No atendimento a clientes internos do sistema.

- Realização de ensaios para certificação de produtos de venda;
- Realização de ensaios de controle da produção e otimização de processos;
- Realização de ensaios para monitoramento de postos e terminais internos do sistema;
- Realização de ensaios para monitoramento da preservação do meio ambiente;
- Emissão e disponibilização dos certificados de ensaios dos produtos destinados a comercialização;
- Realização de pesquisas para desenvolvimento de métodos analíticos para contribuir com a melhoria das atividades ligadas à produção;

- Informar as gerências setoriais de produção, a ocorrência de produtos fora de especificação, participando da elucidação dos problemas de desvio de qualidade.

3.1.3.2 Na Garantia da Qualidade Laboratorial

- Participar de programas internos e externos voltados a otimização e qualidade da produção;
- Participar de programas internos e externos voltados a garantia do sistema de gestão integrada;
- Manter intercâmbio, na área da química analítica e de qualidade de produtos, com área de pesquisa e outros órgão do sistema;
- Manter intercâmbio, na área da química analítica, metrologia e de qualidade de produtos, com universidades e outras entidades, observando as normas e orientações do sistema corporativo onde está inserida;
- Realizar atividades internas voltadas à garantia da qualidade laboratorial:
- Calibração de equipamentos, instrumentos e vidrarias especiais aplicados ao laboratório;
- Validação de reagentes, soluções e materiais de referência;
- Atualização e validação de métodos e procedimentos operacionais;
- Garantia da qualidade de materiais de amostragem;
- Realizar atividades internas voltadas à segurança no trabalho, proteção ao meio ambiente e saúde dos funcionários;
- Coordenar e executar atividades visando a atualização e o desenvolvimento tecnológico: sistemas de gerenciamento de amostras;
- Sistema de gerenciamento de calibrações;
- Implementação de novos equipamentos e novas metodologias.

3.1.4 Principais Atividades do Processo

3.1.4.1 Classificação de Amostras

- Matérias-primas
- Produtos acabados para comercialização;
- Produtos intermediários;
- Produtos residuais;

- Águas;
- Produtos químicos;
- Despejos industriais

3.1.4.2 Serviços de Atendimento a Clientes

- Realizar ensaios de laboratório;
- Realizar ensaios de campo;
- Arquivar amostras testemunho e contra-prova;
- Preparar e fatorar soluções para ensaios de campo nas unidades de processo e para ensaios de laboratório;
- Controlar e calibrar termômetros e termodensímetros para ensaio de campo;
- Realizar estudos analíticos de pequeno porte;
- Realizar assessoria a normas técnicas;
- Preparar e distribuir material de amostragem;

3.2 Processo de Avaliação

O processo de avaliação ambiental utilizado no OT/QP para o objeto do trabalho, teve foco na necessidade de constatar a origem das concentrações ambientais encontradas em determinada avaliação de rotina feita no local, determinar as possíveis fontes de geração desse agente encontrado no ambiente em concentrações acima do permitido pela legislação vigente, determinando, uma vez identificada a origem do agente, as ações a serem implementadas para controlá-lo.

As ações implementadas visaram também dimensionar as medidas de controle existentes, definindo através de grupo de trabalho envolvido no estudo. Para tanto se definiu como estratégia de amostragem, a partir dos dados anteriormente descritos relativos ao ambiente, aos trabalhadores, números de expostos, suas funções e tarefas, horários de trabalho, frequência e duração da jornada, a necessidade de realizar amostragens pessoais e em pontos fixos (ambientais), para se determinar a origem desse agente, bem como, seu deslocamento, identificando as principais fontes de geração. Durante todo o processo de avaliação ambiental e implementação de ações de controle, foi determinada a obrigatoriedade de utilização de proteção respiratória, para adentrar ou trabalhar nos ambientes onde foi detectada a presença de benzeno acima do VRT.

3.3 Grupo Homogêneo

“Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo.” (Arcuri, 2005)

Caracterização dos GHE's no Laboratório

Os grupos homogêneos no laboratório foram definidos e formados tomando por base as características funcionais e a forma de exposição aos agentes presentes no laboratório. No OT/QP foram formados os seguintes GHE's:

- Sala de lavagem de garrafas; grupo que atua na sala de lavagem de garrafas com atividade de descarte de produtos, alguns com concentração superior a 1% de benzeno na mistura e limpeza de vidrarias; formado por cinco trabalhadores.
- Sub-área 2; grupo que atua em análise diversas envolvendo gasolina, algumas com concentração superior a 1% de benzeno; formado por nove trabalhadores.
- Sub-área 3; grupo que atua na bancada de petróleo onde utiliza naftas, algumas com concentração superior a 1% de benzeno, como solvente; formado por dez trabalhadores.
- Sub-área 4; grupo que trabalha em análise diversas sem exposição efetiva à naftas e gasolinas porém na mesma área física; formado por quatro trabalhadores.
- Outras áreas do laboratório; grupo que atua em outras áreas do laboratório com produtos em que a concentração de benzeno é menor do que 1%, porém circulam pelas áreas 2, 3 e 4, formado por treze trabalhadores.
- .

As Sub-áreas só foram criadas após a identificação do agente acima do VRT, tal ação se deu em função da necessidade de identificar de forma precisa as fontes que estavam gerando o agente. Estas 3 sub-áreas eram constituídas de apenas uma área que denominávamos de grupo de laboratório de turno.

3.4 Coleta de amostras

3.4.1 Equipamentos para coleta de amostras

Em função das características do laboratório, da tipicidade dos serviços, das diversas funções e atividades ali desenvolvidas, bem como dos deslocamentos observados pelos trabalhadores e da necessidade de se ter definição a mais exata possível relativa à existência ou não de exposição ao agente benzeno, optou-se por usar mais de um modo de coleta, quando das amostras pessoais e de usar equipamento que apresentasse resultados instantâneos quando das amostras no ambiente, conforme a seguir:

- Amostradores passivos para compostos orgânicos voláteis, tipo OVM-3500 (Monitor para Vapores Orgânicos da marca 3M), validação do método bem como procedimento de uso dos Amostradores Passivos OVM-3500 / 3M.



Figura 3.1 – Monitor para Vapores Orgânicos 3M

- Tubos de carvão ativado de 50/100 mg, acoplados a bombas dosimétricas de vazão constante, conforme recomenda o método 1501 da NIOSH. Foram realizadas 236 amostragens.



Figura 3.2 – Bomba Dosimétrica de Vazão Constante e Tubos de Carvão Ativo

As medições de rotina feitas com amostradores passivos indicaram concentrações acima do VRT, o que levou ao redimensionamento dos grupos homogêneos, bem como, a utilização de outra metodologia de avaliação, no caso a ativa, seguindo o método NIOSH 1501.

- Para as monitorações instantâneas adotou-se o cromatógrafo portátil VOYAGER do fabricante Perkin-Elmer;



Figura 3.3 – Cromatógrafo Portátil VOYAGER

3.4.2 Amostra única

Uma única amostra de ar é coletada continuamente durante todo o período desejado. O tempo de coleta da amostra deve ser representativo da jornada do GHE, no mínimo 70 % da jornada. A concentração de Benzeno obtida é representativa da concentração MPT do período.

A concentração de Benzeno no ar, conforme a IN-01 do Ministério do Trabalho, é calculada pela equação 1 apresentada logo abaixo:

$$C_{mpt} = \frac{\text{quantidade de benzeno na amostra (mg)}}{\text{volume de ar coletado (litros)}} \times 1000 \text{ (mg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

As primeiras avaliações realizadas que identificaram concentrações acima do VRT, foram feitas com amostrador passivo, o que permitia utilizar apenas um amostrador para cobrir todo o período da avaliação.

3.4.3 Amostras consecutivas

Duas ou mais amostras de ar são coletadas durante o período desejado, sendo que o tempo total de coleta deverá ser no máximo igual ao da duração da jornada. As amostras são analisadas e os resultados da concentração de Benzeno, em cada uma delas, são utilizados para o cálculo da concentração média ponderada no tempo (C_{mpt}) para o período, utilizando a equação abaixo. Esta técnica de coleta é útil nos casos de existirem atividades diferenciadas ao longo da jornada, pois, além de possibilitar a comparação com o Limite de Concentração para o turno inteiro, permite conhecer as concentrações de Benzeno correspondentes a cada período/atividade amostrado, possibilitando com isso identificar com maior precisão onde deve ser implementada as ações de correção/controle. Amostras consecutivas são calculadas conforme a equação 2 apresentada logo abaixo:

$$C_{mpt} = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{T_t} \quad (2)$$

onde:

C_{mpt} = concentração média ponderada no tempo no período, em ppm ou mg/m^3 .

C_n = concentração de benzeno no ar obtida na amostra n, em ppm ou mg/m^3 .

T_n = tempo de coleta da amostra n, em minutos ou horas.

T_t = tempo total de coleta = $T_1 + T_2 + \dots + T_n$. Deverá ser igual ou menor que a jornada do empregado (ex.: 8 horas = 480 minutos).

Em função das concentrações encontradas nos amostradores passivos, optamos por redimensionar o grupo homogêneo do laboratório de turno e utilizar amostradores ativos, tubos de carvão de acordo com o método 1501 da NIOSH, com esse método de avaliação tivemos que realizar duas coletas por amostragem.

3.4.4 Amostras Parciais

Duas ou mais amostras de ar são coletadas durante o período de trabalho, sendo que o tempo total de coleta é inferior ao da duração do período de trabalho escolhido. As amostras são analisadas e os resultados de concentração de Benzeno em cada uma delas são utilizados para o cálculo de concentração mpt para o período avaliado utilizando a equação 2. O tempo total, T_t , será igual à soma dos tempos de coleta de cada amostra. Para comparar o resultado de C_{mpt} obtido com o limite de concentração para o turno inteiro, é necessário que o tempo total de coleta cubra, pelo menos, 70% da jornada de trabalho (Ex.: 5,6 horas para jornadas de 8 horas), segundo orientações estatísticas da NIOSH.

Todas as coletas foram feitas em tempo parcial, a jornada do grupo é de 480 minutos, avaliamos no mínimo de 70%, como determina o Manual de Tratamento Estatístico da NIOSH, para podermos considerar como jornada completa, no caso avaliamos 360 minutos.

3.4.5 Amostras Instantâneas

As coletas/medições instantâneas só poderão ser usadas para a determinação da concentração média ambiental de Benzeno se houver um número mínimo de 8 coletas/medições no período de interesse (jornada inteira ou períodos das atividades/operações). Para avaliações de jornada inteira de trabalho só se deve usar esta técnica de coleta/medição quando for possível garantir que a distribuição da exposição ou concentração ambiental de Benzeno são uniformes ao longo da jornada. Quando se deseja estimar a exposição de um trabalhador que desenvolve várias atividades diferentes ou muda de local ou zona de trabalho ao longo da jornada, devem ser realizadas um número mínimo de 8 coletas/medições em cada situação. As coletas/medições deverão ser realizadas na altura média da zona de respiração dos trabalhadores. Para avaliações da jornada inteira de trabalho utilizando-se a coleta de amostras de curta duração, um número mínimo de 8 amostras deverão ser obtidas durante a jornada. Também neste caso, só se deve usar esta técnica de coleta quando for possível garantir que a

distribuição da exposição ou concentração ambiental de Benzeno são uniformes ao longo da jornada. Os momentos de coleta das amostras deverão ser escolhidos aleatoriamente, subdividindo-se o período de interesse em um número de sub-períodos de tempo equivalente, no mínimo, ao tempo de coletas/medição.

Utilizamos o Cromatografo de Campo “VOYAGER” da Perkin Elmer para identificar as principais fontes, fazendo um mapeamento e reavaliando a cada implementação de ação de controle.

3.5 Acompanhamento

A refinaria tem o seu PPEOB cadastrado junto ao Ministério do Trabalho, sendo que o OT/QP é um dos setores monitorados freqüentemente em função das exigências legais. Para que houvesse a maior transparência possível e para que as ações tomadas pudessem ser aceitas e validadas por todas as partes interessadas, foi trazido para dentro da metodologia o acompanhamento do trabalho pelos trabalhadores (laboratório e CIPA), órgãos fiscalizadores (DRT e Comissão Estadual de Benzeno) e pelo Sindicato de Classe e que a equipe do SMS / Higiene Ocupacional da refinaria mantivesse monitoração bimestral, com o cromatógrafo de campo, durante 6 meses, e também realizasse avaliações pessoais com tubos de carvão ativado, de acordo com os períodos estabelecidos pelo cálculo do índice de julgamento, conforme IN-01.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Valores encontrados

A quantificação da exposição ocupacional ao benzeno na refinaria é feita através do monitoramento pessoal dos trabalhadores das áreas incluídas no PPEOB, dentre elas se inclui o Laboratório do Setor de Qualidade de Produtos (OT/QP). Até março de 2003 os resultados considerados para a exposição dos empregados no OT/QP são os apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Concentrações de Benzeno Consideradas para o OT/QP.

Áreas	Cmpt (ppm)
Laboratório do Setor de Qualidade de Produtos (Sala de Turno)	0,15
Sala de Lavagem de Garrafas	1,89

Em março e abril de 2003, para o laboratório, foram feitas 15 avaliações pessoais, estratificadas em 3 grupos com 5 medições em cada, de acordo com os GHE's reconhecidos até aquela data, conforme distribuição apresentada na tabela 4.2.

A avaliação pessoal foi realizada utilizando-se amostradores passivos individuais para compostos orgânicos voláteis, tipo OVM-3500 (Monitor para Vapores Orgânicos da marca 3M), dispostos ao nível da zona respiratória dos trabalhadores amostrados, durante 70 % da jornada de trabalho, ou seja, no mínimo 6 horas por turno.

Tabela 4.2 - Número de Amostras Planejadas no OT/QP

Amostragem →	Individual (jornada de 8 horas)
Grupo Homogêneo ↓	
Técnico Químico de Petróleo (Laboratório de Turno)	05
Técnico Químico de Petróleo (Outras áreas do OT/QP)	05
Oficial de Manutenção Civil da Sala de Lavagem de Garrafas (OT/QP)	05
Total →	15

4.2 Cálculos Concentrações do Benzeno.

Planilha contendo os respectivos resultados e cálculos com os Índices de Julgamento (I) para os monitoramentos realizados em março e abril de 2003 é apresentada no anexo C.

4.3 Interpretação dos Resultados/Julgamento Profissional

A tabela 4.3 abaixo resume os resultados das medições para os monitoramentos realizados em março e abril de 2003, em termos de concentrações médias ponderadas no tempo do contaminante (C_{mpt} do benzeno) e apresenta os respectivos Índices de Julgamentos, obtidos após tratamento estatístico, seguindo NR-15, Anexo 13-A.

Tabela 4.3 - Concentrações do Benzeno Encontradas no OT/QP

GHE (Grupo Homogêneo de Exposição)	C_{mpt} (ppm)	I (índice de julgamento)	AÇÃO
Técnico Químico de Petróleo (Laboratório de Turno)	29	1584	Reavaliação imediata, realizada nos meses de maio e junho de 2003
Técnico Químico de Petróleo (Outras áreas do OT/QP)	0,025	0,111	Reavaliação realizada em setembro de 2004
Oficial de Manutenção Civil da Sala de Lavagem de Garrafas (OT/QP)	0,506	0,735	Mantida avaliação imediata, segundo estudo para Laboratório de Turno.

Verificando os resultados apresentados acima foi possível concluir que a exposição a benzeno dos trabalhadores no Laboratório de Turno apresentou uma $C_{mpt} = 29$ ppm. A investigação preliminar da atividade avaliada conduziu para a suspeita de uma exposição acidental, havendo a necessidade de reavaliação imediata, visando identificar de forma precisa a origem de tal exposição. Em função da dificuldade em determinar com precisão a atividade que levou a esta alta exposição e também devido ao alto desvio padrão calculado, apresentado no Anexo C, foi decidido redefinir os grupos homogêneos de exposição para localizar com precisão as ações de controle aplicáveis. Dividiu-se o Laboratório de Turno em 03 grupos homogêneos de exposição, Sub-área 2, Sub-área 3 e Sub-área 4, realizando-se em cada grupo 10 avaliações, concluídas em junho de 2003.

4.4 Atualização das Avaliações Pessoais.

Conforme programação, em função dos resultados encontrados, foi dada continuidade às avaliações ambientais no Laboratório de Turno em junho de 2003 com a finalidade de identificar melhor a exposição e recomendar as ações de controle a serem implementadas.

Foi utilizada a mesma metodologia das avaliações anteriores, ou seja, amostradores passivos da 3M (OVM 3500), resultados apresentados na tabela 4.4.

4.5 Cálculos Concentrações do Benzeno.

Planilha contendo os respectivos resultados e cálculos com os Índices de Julgamento (I) para os monitoramentos realizados em junho de 2003 é apresentada no anexo D.

4.6 Interpretação dos Resultados/Julgamento Profissional

A Tabela 4.4 abaixo resume os resultados das avaliações, para os monitoramentos realizados em junho de 2003, em termos de concentrações médias ponderadas no tempo do contaminante (C_{mpt} do benzeno) e apresenta os respectivos Índices de Julgamento, obtidos após tratamento estatístico, seguindo NR-15, Anexo 13-A.

Tabela 4.4 Concentrações de Benzeno Encontradas no OT/QP.

GHE (Grupo Homogêneo de Exposição)	C_{mpt} (ppm)	I (índice de julgamento)	AÇÃO
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 2	1,732	23,774	Reavaliação imediata do local considerando ações de controle implementadas no Setor (reavaliado em agosto de 2003)
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 3	1,022	3,111	Reavaliação imediata do local considerando ações de controle implementadas no Setor (reavaliado em agosto de 2003)
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 4	0,072	0,192	Iniciar reavaliação com data limite de 22/11/2004

Os resultados apresentados na tabela 4.4, originaram a Matriz de Comprometimento, apresentada na tabela 4.5.

Tabela 4.5 Matriz de Comprometimento

CRONOGRAMA DE AVALIAÇÕES AMBIENTAIS E MONITORIZAÇÕES PESSOAIS

GHE (grupo homogêneo de exposição)	C_{mpt} (ppm)	I (Índice de Julgamento)	PERÍODO (semanas)	PRÓXIMA AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
OT/QP (Sala de Lavagem)	0,506	0,735	16	Setembro de 2003	-----
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 2	1,732	23,774	Ação Imediata	Imediata	Utilização de proteção respiratória
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 3	1,022	3,111	Ação Imediata	Imediata	Utilização de proteção respiratória
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-área 4	0,072	0,192	64	Novembro de 2004	-----
OT/QP (Outras áreas)	0,025	0,111	64	Setembro de 2004	-----

4.7 Considerações para esta fase

Ao se observar o desempenho do sistema de ar condicionado, instalado em 1998, suspeita-se que a renovação do ar no interior do laboratório é insuficiente, foi contratado especialista em ventilação, o mesmo confirmou que a vazão para a renovação do ar no Laboratório de Turno era sub-dimensionada. Concluiu-se que parte do contaminante encontrado nas sub-área 2 e 3 era originário da sala de lavagem de garrafas, que eram arrastados para o laboratório do turno.

O Setor de Engenharia, visando corrigir a situação encontrada, realizou modificação no sistema de insuflação de ar existente na Sala de Lavagem de Garrafas, os ventiladores que antes insuflavam ar para o interior da sala passaram a trabalhar como exaustores, invertendo com isso o fluxo preferencial do ar. Teoricamente não lançariam mais contaminantes no laboratório do turno e haveria o aumento da renovação de ar do mesmo. Após a implantação dessas modificações realizamos 10 avaliações pessoais no mês de agosto nas sub-área 2 e 3 (5 em cada bancada). Os resultados estão apresentados na tabela 4.5 – Matriz de Comprometimento.

4.8 Cálculos Concentrações do Benzeno.

Planilha contendo os respectivos resultados e cálculos com os Índices de Julgamento (I) para os monitoramentos realizados em agosto de 2003 é apresentada no anexo E.

4.9 Interpretação dos Resultados/Julgamento Profissional

A tabela 4.6 abaixo resume os resultados das avaliações, para os monitoramentos realizados em agosto de 2003, em termos de concentrações médias ponderadas no tempo do contaminante (Cmpt do benzeno) e apresenta os respectivos Índices de Julgamentos, obtidos após tratamento estatístico, seguindo NR-15, Anexo 13-A.

Tabela 4.6 Concentrações do Benzeno no OT/QP.

GHE (grupo homogêneo de exposição)	C_{MPT} (ppm)	I (índice de julgamento)	AÇÃO
OT/QP (Laboratório de turno) Sub-áreas 2 e 3	6,875	20.849,5	Reavaliação imediata do local com implementação do Plano de Ação Emergencial, Tabela 4.7

4.10 Considerações para esta fase

O índice de julgamento encontrado >1 encaminha para ações imediatas de controle, estas ações foram implementadas seguindo o Plano de Ação Emergencial montado para atender a necessidade do OT/QP.

Com a modificação implementada pela Engenharia, o sistema instalado na Sala de Lavagem de Garrafas passou a funcionar como exaustor, com esta mudança, o mesmo passou a competir com as coifas localizadas na sala gerando um ponto de baixa pressão, onde os contaminantes passaram a ser carregados para as Sub-áreas 2 e 3, o que levou aos resultados encontrados, sendo necessário a implementação do Plano de Ação Emergencial, tabela 4.7.

Tabela 4.7 - PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA O OT/QP

EVENTO	RESPONSÁVEL	PRAZO	COMO	POR QUE
1- Palestras de Comunicação e Conscientização do Risco	SMS e OT/QP	Imediato: iniciando-se dia 24/09/03 e concluindo-se dia 26/09/03	Exposição oral do especialista do SMS.	Informar os resultados das avaliações para a força de trabalho; informar especificação do EPI a ser utilizado e obter comprometimento da força de trabalho.
2- Implantação de procedimento de acesso restrito às sub-áreas 2, 3 e 4	OT/QP	Início dia 29/09/03	Mudança de rotina administrativa.	Minimizar o número de trabalhadores expostos
3- Implantação do uso de EPI respiratório especificado pelo SMS	SMS, OT/QP e MI/SU	Início dia 29/09/03	Mudança de rotina operacional.	Controlar exposição (controle no trabalhador exposto)
4- Continuar programa de avaliações ambientais e pessoais.	SMS e OT/QP	Início dia 02/10/03	Utilizando-se de amostradores ativos (tubo de carvão ativo e bombas dosimétricas, acompanhados de cromatógrafo de campo).	Refinar a metodologia de avaliação e identificar as fontes de contaminação.

4.11 IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

4.11.1 Materiais e Métodos.

Com o mapeamento das áreas de trabalho através do cruzamento de avaliações instantâneas (com cromatógrafo de campo) e monitoração pessoal de jornada completa (com tubos de carvão ativo) - a partir deste momento foi decidido optar em não utilizar amostradores passivos, em função de que a utilização destes amostradores estava contribuindo para que os trabalhadores tivessem dúvidas com relação a confiabilidade dos resultados obtidos. Foi possível identificar de onde partia a contaminação do ambiente de trabalho, originadas por benzeno e caracterizar, de forma bem definida, as principais fontes de exposição relacionados às atividades de rotina dos trabalhadores das sub-áreas 2, 3, 4 e sala de lavagem de garrafas no tocante ao benzeno.

A sala de lavagem de garrafas foi reavaliada, em função da suspeita da contaminação ser proveniente da nafta tratada, utilizada de forma inadequada para lavagem de vidrarias. Convém citar que a nafta tratada tem o teor de benzeno menor do que 1 % em volume.

Foram definidos vinte e sete (27) pontos para avaliação de ponto fixo, sendo:

- 22 nas sub-áreas 2, 3 e 4, representados no Anexo F – Desenho Esquemático para Medições nas Sub-áreas 2, 3 e 4;
- 5 na Sala de Lavagem de Garrafas, representados no Anexo G – Desenho Esquemático para Medições na Sala de Lavagem de Garrafas.

Nestas quantificações foi utilizado o Cromatógrafo de Campo Voyager, do fabricante Perkin Elmer.

Nas quantificações efetuadas com tubos de carvão foram avaliados Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno e Xileno, otimizando o trabalho de amostragem, definindo a exposição a estes agentes existentes dentro do laboratório.

4.11.2 Ações de controle no Laboratório OT/QP

Em termos gerais, informações pregressas de reconhecimento e identificação de perigos relacionados a benzeno no laboratório da OT/QP apontavam para duas atividades de maior exposição ao risco: análises com naftas reformadas, cujo teor de benzeno pode chegar até 4% em volume na corrente e a lavagem de frascos na sala de lavagem de garrafas utilizando

nafta tratada. As observações, relatadas durante as avaliações, confirmaram as suspeitas iniciais e revelaram outros fatores contribuintes para o agravamento das contaminações, relacionados aos métodos e equipamentos, conforme tabela 4.8 a seguir:

Tabela 4.8 – Ações de Controle

Fator de agravamento	Descrição	Ação	Observação
Método	A nafta tratada usada nas análises e nas lavagens de frascos e vidrarias pode ter teores de até 0,2 % de benzeno.	Esta nafta será substituída por querosene.	Implementada em 17/10/2003
Método	Vidraria secada com ar comprimido fora das capelas	Relocação dos pontos de ar comprimido para dentro de capelas	Implementada em 03/10/2003
Equipamento	As capelas freqüentemente desligadas pelos trabalhadores devido ao alto nível de ruído.	1. Realizada manutenção corretiva para reduzir níveis de ruído. 2. Reavaliação dos níveis de ruído.	1. Concluída em 17/10/2003. 2. Concluída em 22/10/2003.
Equipamento	Baixa eficácia de exaustão de algumas capelas	Colocação de guilhotinas.	Concluída em 12/2003.
Equipamento	Contaminação das Sub-áreas 2, 3 e 4 pela sala de lavagem de garrafas	Colocação de porta adequada entre a sala de lavagem e as áreas citadas.	Concluída em 03/10/2003.
Equipamento	Contaminação causada pelos destiladores da Sub-área 2	Enclausuramento com capelas tipo aquário.	Concluída em 12/2003.
Equipamento	Desconforto térmico na sala de lavagem de garrafas	1. Aquisição de sistema de climatização. 2. Isolamento térmico da maquina de lavagem de garrafas	Concluída em 01/2004.

4.12 Resultados do Monitoramento

Croquis representando as sub-áreas 2, 3, 4 e Sala de Lavagem de Garrafas com a finalidade de facilitar a visualização e entendimento dos resultados encontrados com o Cromatógrafo de Campo, expressando a evolução gradativa obtida com as ações implementadas, estão incluídos no Anexo H – Resultados Obtidos com Cromatógrafo de Campo e os resultados alcançados nas diversas etapas de monitoramentos estão apresentados, em forma de gráficos, nos anexos “I” e “J” .

4.13 RESULTADOS FINAIS UTILIZANDO TUBOS DE CARVÃO

4.13.1 Cálculos Concentrações do Benzeno

Planilha contendo os respectivos resultados e cálculos com os Índices de Julgamento (I) para os monitoramentos realizados em outubro de 2003 é apresentada no anexo I.

4.13.2 Interpretação dos Resultados/Julgamento Profissional

A tabela 4.9 abaixo resume os resultados das avaliações, para os monitoramentos realizados em agosto de 2003, em termos de concentrações médias ponderadas no tempo do contaminante (C_{MPT} do benzeno) e apresenta os respectivos Índices de Julgamentos, obtidos após tratamento estatístico, seguindo NR-15, Anexo 13-A.

Tabela 4.9 Concentrações do Benzeno no OT/QP.

GHE (grupo homogêneo de exposição)	C_{MPT} (ppm)	I (índice de julgamento)	Cromatógrafo de Campo
Sub-área 2	0,029	0,11	0,092
Sub-área 3	0,015	0,062	0,094
Sub-área 4	Não avaliado*	-----	0,079
Sala de lavagem de garrafas	0,083	0,564	0,054

* Área não avaliada por ter sido possível concluir, em fase anterior, que a exposição está sob controle, com Índice de julgamento menor que 0,25 (reavaliação em 64 semanas).

Tabela 4.10 - Resultados encontrados para Etilbenzeno, Tolueno e Xileno no OT/QP (C_{mpt} em ppm).

Áreas	Etilbenzeno	Tolueno	Xileno
Sub-área 2	0,026	0,056	0,147
Sub-área 3	0,028	0,036	0,142
Sala de lavagem de garrafas	0,065	0,194	0,292

5 CONCLUSÃO

Observando-se o desenrolar de todas as fases do trabalho feito no OT/QP, verificando-se os resultados das medições/monitoramentos, as implementações de melhorias propostas e aplicadas, os resultados evolutivos apresentados e as concentrações médias ponderadas no tempo das Tabelas 4.9 e 4.10, pode-se concluir:

- Que o novo reconhecimento e as novas avaliações foram necessárias e que o mapeamento realizado com cromatógrafo de campo, que identificou pontos de concentrações significativas de benzeno no ambiente, confirmando-se as suspeitas sobre as causas das contaminações, apresentadas na tabela 4.8 e ainda, os monitoramentos realizados durante o período de estudo no OT/QP, com amostradores passivos, com tubos de carvão e com cromatógrafo de campo, demonstram que as ações estipuladas foram eficazes e corretas, permitindo identificar de forma precisa as fontes de contribuição;
- Que as medidas emergenciais sugeridas e implementadas foram suficientes para manter o laboratório em funcionamento durante todo o processo de adequação do mesmo;
- Que as ações de controle foram eficazes e permitiram certificar que o ambiente encontra-se controlado e sem possibilidade de expor os trabalhadores ao benzeno acima do limite legal.

ANEXO A - Procedimento de uso dos Amostradores Passivos OVM-3500 / 3M

Monitor para Vapores Orgânicos – Guia de Amostragem e Análise

Monitores para Vapores Orgânicos Modelos 3500 e 3520

Outubro, 1998

3M Inovação

A 3M produz dois tipos de monitores passivos para Vapores Orgânicos. O modelo 3500, que contém apenas uma camada de carvão ativado para adsorção e o modelo 3520 que contém duas camadas. Ambos os modelos devem ser analisados em laboratórios indicados pela 3M ou na própria empresa.

Este Guia tem o propósito de dar orientações sobre amostragem e análise do monitor para vapores orgânicos 3M. Ele é dividido em 4 seções:

Seção 1.0	Informações sobre Amostragem
Seção 1.1	Normas
Seção 1.2	Tempo de Amostragem
Seção 1.3	Exatidão
Seção 1.4	Estratégia de Amostragem
Seção 1.5	Compostos Não Recomendados
Seção 2.0	Procedimentos de Análises
Seção 2.1	Procedimento para Cálculo da Concentração do Contaminante
Seção 2.2	Procedimentos para o Monitor 3500
Seção 2.3	Procedimentos para o Monitor 3520
Seção 3.0	Coeficiente de Recuperação
Seção 3.1	Procedimentos Recomendados para Determinar o Coeficiente de Recuperação
Seção 4.0	Tabelas de Amostragem e Análise
Seção 4.1	Taxas de Amostragem
Seção 4.2	Extensão do Período de Amostragem
Seção 4.3	Capacidade
Seção 4.4	Coeficientes de Recuperação (Eficiência de Desorção)

Para Maiores Informações:

Serviços Técnicos 3M do Brasil: 0800-550705

Seção 1.0: Informações sobre Amostragem

1.1 Normas

No Brasil como em outros países existem Limites para Exposição Ocupacional (LTs) . Nos Estados Unidos, existem o TLV da ACGIH e o PEL da OSHA, entre outros. Os TLVs são guias orientativos utilizados em vários países e revistos periodicamente. A ABHO edita anualmente estes valores em Português..

Existem 3 (três) categorias de TLVs. Primeiro, "Threshold Limit Value-Time Weighted Average (TLV-TWA), ou seja, Média Ponderada pelo Tempo de 8 Horas diárias e 40 Horas Semanais, sob a qual aproximadamente todos os trabalhadores podem ser repetidamente

expostos, dia após dia, sem que tenham efeitos adversos à sua saúde. " Segundo, Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (TLV-STEL), ou seja, Limite de Exposição para Períodos Curtos - valor de concentração que os trabalhadores podem ficar expostos continuamente por períodos curtos de tempo sem que sofram 1) irritação, 2) danos crônicos ou irreversíveis aos tecidos, ou 3) narcose em grau suficiente para aumentar a possibilidade de se acidentar". O STEL é definido como um TWA para 15 minutos de exposição, o qual não deve ser excedido em qualquer período do dia de trabalho mesmo que a Média de Exposição para 8 Horas esteja abaixo do TLV-TWA. Terceiro, Threshold Limit Value-Ceiling (TLV-C), ou seja Limite de Exposição – Valor Teto – concentração que não pode ser excedida durante qualquer período do dia de trabalho."

O Monitor 3M para Vapores Orgânicos pode ser utilizado para amostragens de 8 Horas. Ele também pode ser usado para amostragens de 15 Minutos, se neste período for possível coletar quantidade suficiente de amostra do contaminante para análise. O Monitor 3M para Vapores Orgânicos não é recomendado para períodos inferiores a 15 Minutos.

1.2 Tempo de Amostragem

Para determinar a exposição diária do trabalhador a um certo contaminante atmosférico é recomendado que a amostragem seja realizada por um turno inteiro de trabalho. Para a monitorização de alguns contaminantes orgânicos, pode ser necessária uma amostragem por tempo inferior a um turno de trabalho, com a finalidade de se adequar ao limite de capacidade do monitor para vapores orgânicos. Nestas condições, amostragens sequenciais com diferentes monitores podem ser utilizadas para avaliar a exposição de 8 horas do trabalhador. Para maiores informações sobre Tempo de Amostragem recomendados e capacidade do monitor, veja seção 4.

Para que seja possível quantificar de forma segura a presença e a concentração do contaminante, muitos processos analíticos, como por exemplo a análise por cromatografia gasosa, requerem um mínimo de 10 microgramas do produto químico. Um período de amostragem de no mínimo 15 minutos é recomendado, mesmo nas situações em que seja possível coletar 10 microgramas do contaminante em um período mais curto que este tempo.

1.3 Exatidão

Os monitores para vapores Orgânicos são simples para usar, porém possuem suas limitações como qualquer outro equipamento de amostragem. Portanto, antes de utilizar o monitor, o usuário deve entender estas limitações. Os resultados da avaliação serão exatos, se forem respeitadas as limitações do processo de amostragem e se o laboratório de análise seguir procedimentos que de uma forma segura provenham resultados corretos. Entre os erros mais comuns no processo de avaliação ambiental, utilizando-se monitores passivos, estão ultrapassar a capacidade do monitor, amostragem de contaminantes que não podem ser capturados pelo meio de coleta, e a utilização de coeficientes de recuperação incorretos pelo laboratório de análise. É vital que os monitores para vapores orgânicos sejam utilizados dentro de suas limitações de desempenho e que o laboratório de análise tenha experiência em análise de vapores orgânicos em amostras de higiene industrial.

1.4 Estratégia de Amostragem

O primeiro passo para o desenvolvimento de uma estratégia de amostragem é estabelecer o propósito e os objetivos que se pretende atingir. Alguns exemplos de objetivos são: avaliar o nível de exposição do trabalhador, avaliar os períodos de maiores exposições durante um dia de trabalho, avaliar a efetividade das medidas de controle como a ventilação, identificar os grupos de trabalho com maior risco, medir as exposições que se constituem nos piores casos, monitorizar com a finalidade de atender os requisitos de normas e manter o nível de exposição abaixo dos Limites de Exposição legais, e monitorização para acompanhamento e registro de dados por longo tempo. Somente após ter sido estabelecidos os propósitos e objetivos do estudo, o processo de avaliação deve ser iniciado. Existe um manual da American Industrial Hygiene Association (AIHA)¹ que discute os conceitos de avaliação da exposição de Grupos Homogêneos e define métodos para definir estes grupos. Neste manual estão os seguintes indicativos: a direção básica deve ser dada com base na tarefa, no tipo de trabalho executado e no produto químico utilizado. Cada Grupo Homogêneo deve ser avaliado em separado. Somente após esta avaliação, pode ser feita a amostragem. O compêndio Patty's Industrial Hygiene and Toxicology² também contém informações relacionadas a estratégia de amostragem e avaliação de exposição

(1) Hawken, N.C., Norwood, S.K., Rock, J.C. (1991): "A Strategy for Occupational Exposure Assessment," America Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA.

(2) Harris, R.L., Cralley, L.J. Cralley, L.V.: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vol. III, Par A, Wiley-Interscience Publication, 1994.

1.5 Compostos Não Recomendados

O monitor para Vapores Orgânicos não é recomendado para utilização na amostragem dos seguintes produtos devido a interações inadequadas ou adversas com o meio adsorvente.

Amônia

Monóxido de Carbono

Óxido de Etileno (3)

Formaldeído (4)

Sulfeto Hidrogênio

Isocianatos

Metano, Etano, Propano

Álcool Metílico (Metanol)

Cloreto de Metila

Metil, Dimetil, ou trimetil Aminas

Sólidos Orgânicos

Dióxido de Enxofre

Para compostos que não se encontrem nesta lista nem na seção 4, favor consultar o Serviço Técnico da 3M, pelo telefone 0800 152535

(3) Óxido de Etileno pode ser monitorizado utilizand-se o monitor 3M™ 3551 .

(4) *Formaldeído pode ser monitorizado utilizando-se o monitor 3M™ 3721.*

Seção 2.0: Procedimentos de Análises

2.1 Procedimentos Para Cálculo Das Concentrações Dos Contaminantes

A concentração média ponderada no tempo para uma amostra do ambiente de trabalho pode ser calculada conhecendo-se a extensão do período de amostragem, o peso do contaminante determinado por cromatografia gasosa, o coeficiente de recuperação e as constantes de cálculo "A" ou "B". A constante "A" deve ser utilizada para o cálculo da concentração expressa em miligramas por metro cúbico (mg/m^3) e a constante "B" para expressar esta mesma concentração em partes por milhão (ppm). O cálculo das constantes A e B pode ser feito para qualquer contaminante encontrado Seção 4.

$A = 1000 / \text{taxa de amostragem}$

$B = 1000 \times 24.45 / (\text{taxa de amostragem} \times \text{peso molecular})$

As seguintes informações são necessárias para se fazer o cálculo da concentração do contaminante:

Identidade do contaminante

Tempo de amostragem em minutos (t)

Constante de Cálculo A ou B da Seção 4

Peso do Contaminante em microgramas (W), corrigido de acordo com a amostra em branco

Coeficiente de Recuperação (r)

Efeitos da Temperatura

A temperatura do ar vai influenciar de maneira discreta a taxa de amostragem do monitor por difusão. As fórmulas utilizadas calculam as concentrações médias ponderadas ao tempo considerenado a temperatura de amostragem como sendo de 25C (298K) e a pressão atmosférica de 760 mm. Pode se fazer a correção multiplicando-se por fatores de correção para temperatura (CF_T) nos casos em que a amostra foi coletada em temperatura diferente de 25C (77F). Não são necessárias correções para diferentes valores de pressão atmosférica.

Temperatura de Amostragem – Fator de Correção para Temperatura

(C)	(F)	(CF_T)
44	111	0.97
37	99	0.98
31	88	0.99
25	77	1.00
19	66	1.01
13	55	1.02
7	45	1.03
2	36	1.04
-3	27	1.05
-8	18	1.06

Da tabela acima podemos notar que para cada 10-11F acima ou abaixo de 77F deve ser feita uma correção de um por cento no valor da concentração Média Ponderada pelo Tempo calculada.

2.2 Procedimentos para o Monitor 3500

A Concentração Média Ponderada pelo Tempo pode ser calculada em mg/m^3 de acordo com a seguinte expressão:

$$C(\text{mg/m}^3) = W \text{ (microgramas)} \times A / (r \times t \text{ (minutos)})$$

A Concentração Média Ponderada pelo Tempo pode ser calculada em ppm de acordo com a seguinte expressão:

$$C(\text{ppm}) = W \text{ (microgramas)} \times B / (r \times t \text{ (minutos)})$$

Se necessário fazer a correção para o efeito da temperatura, multiplicando os valores obtidos nos cálculos acima pelo CF_T de acordo com a tabela da seção 2.1.

Exemplo de Cálculo

Contaminante: Benzeno

Tempo de Amostragem (t): 420 minutos

Temperatura (T) 75F

Constante de Cálculo A 28.2

B 8.82

Peso do Contaminante (W) 27.2 microgramas

Coefficiente de Recuperação (r) 0.97

Utilizando a Constante A (mg/m^3)

$$C(\text{mg/m}^3) = 27.2 \text{ microgramas} \times 28.2 / (0.97 \times 420 \text{ minutos})$$

$$C = 1.88 \text{ mg/m}^3$$

Utilizando a Constante B (ppm)

$$C(\text{ppm}) = 27.2 \text{ microgramas} \times 8.82 / (0.97 \times 420 \text{ minutos})$$

$$C = 0.59 \text{ ppm}$$

2.3 Procedimentos para o Monitor 3520

Após a análise dos adsorventes dos dois estágios, primário e secundário, a validação da amostra pode ser determinada pela relação entre os pesos do contaminante do segundo estágio e do primeiro estágio. A amostragem será considerada válida se atender o seguinte critério:

$$W_S / W_P < 0.50$$

W_P : peso coletado no estágio primário corrigido pelo valor coletado na amostra em branco (microgramas)

W_S : peso coletado no estágio secundário corrigido pelo valor coletado na amostra em branco (microgramas)

Se a amostragem for validada através do cálculo acima, então a concentração total pode ser determinada através das seguintes equações:

$$C(\text{mg/m}^3) = (W_P + 2.2 \times W_S) \times A / (r \times t \text{ (minutos)})$$

$$C(\text{ppm}) = (W_P + 2.2 \times W_S) \times B / (r \times t \text{ (minutos)})$$

Seção 3.0: Coeficiente de Recuperação

3.1 Procedimentos Recomendados para Determinar o Coeficiente de Recuperação

É muito importante a determinação dos Coeficientes de Recuperação, uma vez que as técnicas analíticas podem afetar estes valores. O coeficiente de Recuperação é determinado fazendo-se a impregnação de monitores com vapor do produto a ser analisado. Os seguintes procedimentos são recomendados para impregnação de monitores passivos 3M:

- 1) Remova o anel plástico e o filme branco existente na superfície do monitor.
- 2) Coloque um pedaço de papel filtro de 2,5 cms de diâmetro sobre a face do monitor.
- 3) Instale a capa plástica destinada a eluição (esta capa de plástico translúcido acompanha todos os monitores. Prenda-a firmemente, até ouvir um clique, de forma a assegurar que esteja bem vedada).
- 4) calcule a quantidade de material a ser impregnado. A seguinte fórmula deve ser usada para calcular a quantidade de material, em miligramas, que corresponde a quantidade que seria coletada por um monitor para vapores orgânicos nas condições de amostragem escolhida. Variando os níveis de concentração e tempos de exposição, é possível gerar uma curva com os coeficientes de recuperação obtidos.

$$W = (K_0) \times (C) \times (t) \times (10^{-6} \text{ m}^3/\text{cm}^3)$$

Onde:

W = Quantidade de líquido injetado em miligramas.

K_0 = Taxa de amostragem do monitor cm^3/min .

C = Concentração média em mg/m^3

t = Tempo de amostragem em minutos.

Para compostos que são sólidos a temperatura ambiente, prepare uma solução com Dissulfeto de Carbono de tal forma que não seja necessário mais que 5 microlitros de solução injetada para o número de miligramas necessária para o composto. Para iniciar os estudos, sugerimos que seja assumido uma concentração média igual ao Limite de Exposição e um período de 8 horas, desde que esta quantidade não ultrapasse o Limite de Capacidade recomendado para o monitor.

- 5) Insira uma quantidade conhecida do material orgânico sobre o papel filtro através da entrada central da capa plástica utilizando uma micro seringa (graduada em microlitros). Feche este porto de entrada.
- 6) Deixe o monitor descansar por um período de 16-24 horas para permitir que toda a fase vapor do material orgânico seja transferida do papel filtro para o meio de coleta do monitor, antes de iniciar a eluição.
- 7) Remova o papel filtro do monitor.
- 8) Proceda com a eluição e determinação da quantidade recuperada por cromatografia gasosa.

Seção 4.0: Tabelas de Amostragem e Análise

As informações sobre amostragem e análise dos monitores para vapores orgânicos 3M estão contidas nas tabelas a seguir. Esta tabela dá as informações sobre taxas de amostragem, períodos recomendados para uma variedade de compostos orgânicos, informações sobre capacidade do monitor, taxas de recuperação e constantes para cálculo das concentrações.

4.1 Taxas de Amostragem

As taxas de amostragem são expressas em centímetros cúbico por minuto. As taxas de amostragem para os compostos assinalados com o asterisco (*) foram verificadas em laboratório. As taxas de amostras para os demais compostos desta tabela foram determinadas por relações empíricas descritas na publicação "Sampling Rate Validation" disponível pela 3M para os interessados. As taxas de amostragem para os compostos que não estão na tabela podem também ser obtidas por solicitação ao Serviços Técnicos da 3M do Brasil. A Seção superior dos monitores modelo 3520 possuem as mesmas dimensões dos monitores 3500 portanto podem ser utilizadas as mesmas taxas de amostragem.

4.2 Extensão do Período de Amostragem

O período máximo de amostragem foi estimado usando a capacidade do monitor 3500, a umidade relativa de <50% e o valor de TLV da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values edição de 1998. São recomendados os períodos de um turno de trabalho como sendo os mais adequados para a avaliação da exposição do trabalhador. Na amostragem de alguns contaminantes orgânicos períodos inferiores que um turno completo de trabalho pode ser necessário para que não exceda a capacidade recomendada para o monitor. Sob estas circunstâncias, utilize vários monitores em sequência para determinar a exposição por todo o período. Para determinar a concentração média ponderada ao tempo do turno completo (TWA), utilizando amostragens sequenciais faça o seguinte cálculo:

$$\text{ppm} = C_1 \times T_1 + C_2 \times T_2 + \dots C_n \times T_n / (T_1 + T_2 + \dots T_n)$$

Para os compostos que possuem períodos recomendados de amostragem inferiores a um turno completo de trabalho, é recomendado o uso dos monitores 3520 para aumentar este período.

4.3 Capacidade

A capacidade do monitor para cada composto em particular é uma função da estrutura molecular, pressão de vapor, condições ambientais, etc. Os valores de capacidade listados no Guia foram determinados para os monitores modelo 3500 em ambientes secos (<50% de

Umidade Relativa), e os tempos de amostragem foram estimados para concentrações iguais ao valor do Limite de Exposição TLVs de 1998. A capacidade e o tempo de amostragem podem ser reduzidas significativamente sob condições de alta umidade.

A capacidade dos monitores modelo 3520 com duas seções é maior que a capacidade listada para o monitor 3500. Nas amostragens em ambientes com altas concentrações, misturas complexas, alta umidade relativa, e/ou compostos marcados com um (c) na tabela, também é recomendado uso dos monitores modelo 3520.

Na amostragem de contaminantes listados na tabela com o monitor modelo 3500, os pesos combinados dos contaminantes coletados não pode ultrapassar o valor listado para um único contaminante que tiver o menor valor de capacidade. Para os monitores modelo 3520, o peso coletado na seção secundária (W_S) deve ser comparada com o peso coletado na seção primária (W_P) para determinar a validação da amostra. A taxa W_S/W_P deve ser igual ou menor que 0,50 para a validação da amostragem.

4.4 Coeficientes de Recuperação (Eficiência de Desorção)

A amostra coletada é removida do meio de coleta contendo o carvão ativado para análise por desorção com Sulfeto de Carbono (CS_2) ou outro solvente adequado conforme determinado na tabela. Para que o laboratório determine a quantidade de contaminante coletado pelo adsorvente de forma precisa, é necessário conhecer a eficiência do processo de desorção.

Coefficiente de Recuperação ou desorção é determinado adicionando-se uma quantidade conhecida de peso do contaminante sobre o adsorvente e a medindo-se o peso do contaminante recuperado pelo solvente de desorção. O coeficiente de recuperação é calculado dividindo-se o peso recuperado pela quantidade conhecida. Veja a Seção 3 para detalhes de como determinar os coeficientes de recuperação.

Recomenda-se o uso das taxas de recuperação listadas na tabela apenas como um guia, e que os laboratórios realizem seus próprios estudos de recuperação. Métodos e literaturas de Higiene Industrial podem ser utilizados para consulta sobre solventes mais adequados para eluição em caso de necessidade de solventes mais eficientes que o CS_2 .

NOTA: Certos compostos (exemplos acetona, metil cetil cetona, acetato de vinilam etc.) podem mostrar uma recuperação inferior quando a amostragem é realizada em ambientes de alta umidade relativa. Refrigerar e/ou expedir rapidamente para assegurar resultados mais precisos.

	Sampling Rate (cc/min)	Recom- mended Sampling Time (Hrs.)	Capacity (mg)	Recovery Coefficient	Calculation Constant A (mg/m ³)	Calculation Constant B (ppm)
* Acetato de n-Amila	26.0	8	>25	0.98	38.5	7.22
Acetato de n-Butila	31.6	8	>25	1.07	31.6	6.66
* Acetato de s-Butila	28.6	8	>25	0.98	35.0	7.36
Acetato de t-Butila	29.4	8	23	0.98	34.0	7.16
* Acetato de Butil Cellosolve	24.3		>25	0.90	41.2	6.28

* Acetato de Cellosolve	26.6	8	>25	0.73	37.6	6.96
* Acetato de Etila	34.5	6	20	0.99	29.0	8.04
Acetato de Isoamila	27.2	8	>25	0.97	36.8	6.90
* Acetato de Isobutila	31.0	8	25	1.02	32.3	6.79
Acetato de Isopropila	31.7	7	15	0.96	31.5	7.55
* Acetato de Metila (c)	37.0	2	3	0.92	27.0	8.92
* Acetato de Metil Cellosolve	29.0	8	>25	0.65	34.5	7.14
* Acetato de n-Propila	30.1	8	25	1.00	33.2	7.95
* Acetato do Propileno Glicol Monometil Éter (PGMEA)	25.2		>25	1.01	39.7	7.34
Acetato de Vinila	35.8	8	9	0.98 (i)	27.9	7.93
* Acetona (c)	40.1	2	7	0.91 (i)	24.9	10.50
Acetonitrila (c)	48.2	2	0.5	1.02 (e)	20.7	12.36
Acrilato de Butila	27.3	8	>25	1.06	36.6	6.99
Acrilato de Etila	32.2	8	>25	0.93	31.1	7.58
Acrilato de Metila	35.8	8	11	0.87	27.9	7.93
Acrilonitrila	43.8	8	1.4	1.04 (e)	22.8	10.52
Álcool Alílico	40.4	8	5	0.74 (d)	24.8	10.42
* Álcool n-Amílico (1-Pentanol)	31.2		24	0.96 (d)	32.1	8.89
Álcool s-Amílico	31.2		>25	0.98 (d)	32.1	8.89
* Álcool n-Butílico	34.3	8	21	0.95 (d)	29.2	9.62
Álcool s-Butílico	34.8	8	19	0.89 (d)	28.7	9.48
Álcool t-Butílico	35.2	8	15	0.74	28.4	9.37
* Álcool Etilico	43.7	1	3.5	0.98 (g)	22.9	12.14
Álcool Furfurílico	30.6	8	>25	0.71 (d)	32.7	8.14
* Álcool Isoamílico	32.3	8	22	.95 (d)	31.0	8.59
* Álcool Isobutílico	35.9	8	19	0.93 (d)	27.9	9.19
Álcool Isooctílico	25.1	8	23	0.80	39.8	7.48
* Álcool Isopropílico	39.4	(m)	(m)	0.96 (g)	25.4	10.33
* Álcool n-Propílico	39.7	6	8	0.85 (d)	25.2	10.25
* Benzeno	35.5	8	22	0.97	28.2	8.82
Bromofórmio	29.3	8	>25	1.02	34.1	3.30
* Brometo de Etila	36.4	8	6	0.94	27.5	6.18
Brometo de Metila (c)	40.9				24.4	6.30
Brometo de Vinila	37.0				27.0	6.18
* 1-Bromopropano	31.7	(m)	(m)	1.02	31.5	6.27
* 1,3-Butadieno	42.8	(m)	(m)	0.75 (d)	23.4	10.56
* Butil Cellosolve	28.2	8	>25	0.91 (d)	35.5	7.34
* p-terc-Butiltolueno	20.7	8	25	1.07	48.3	7.97
Cânfora	21.4	8	>25	0.92	46.7	7.50
* Cellosolve	32.4	8	>25	0.84 (d)	30.9	8.37
* Ciclohexano	32.4	6	13	1.02	30.9	8.97
* Ciclohexanol	29.5	8	22	1.02 (d)	33.9	8.27
* Ciclohexanona	28.9	8	22	0.85	34.6	8.62
* Ciclohexeno	32.3	8	21	0.99	31.0	9.21
Ciclopentadieno	39.5				25.3	9.36
Ciclopentano (c)	36.2	1	5	1.02	27.6	9.63
Cloreto de Alila	35.1	8	3	0.86	28.5	9.10
Cloreto de Benzila	27.2	8	>25	0.89	36.8	7.10
* Cloreto de Metileno (c)	37.9	(m)	(m)	0.87	26.4	7.60
* Cloreto de Vinila (c)	40.8				24.5	9.59
Cloreto de Vinilideno	35.1	8	4	1.00	28.5	7.19

* Clorobenzeno	29.3	8	>25	0.96	34.1	7.41
* Clorobromometano	34.4	8	18	0.90	29.1	5.49
o-Cloroestireno	26.0	8	>25	0.78	38.5	6.78
Clorofórmio	33.5	8	21	0.95	29.9	6.11
Cloropreno	32.2				31.1	8.58
* 2-Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano (HCFC 124)	35.8		5	0.87 (f)	27.9	5.00
o-Clorotolueno	27.3	8	>25	0.92	36.6	7.07
* Cumeno	24.5	8	>25	1.01	40.8	8.30
* n-Decano	23.1		>25	1.05	43.3	7.44
* Diacetona Álcool	28.2	8	>25	0.94 (d)	35.5	7.46
* Dibrometo de Etileno	29.6		21	0.93	33.8	4.40
Diciclopentadieno	23.6	8	>25	0.96	42.4	7.84
* Dicloreto de Etileno	33.2	8	16	0.98	30.1	7.44
* Dicloreto de Propileno	30.6	8	20	1.02	32.7	7.07
* o-Diclorobenzeno	27.8	8	>25	0.87	36.0	5.98
* p-Diclorobenzeno	27.8	8	>25	0.74	36.0	5.98
1,1-Dicloroetano	33.2	8	13	0.92	30.1	7.44
* 1,2-Dicloroetileno	35.2	6	10	0.96	28.4	7.17
Dicloroetil Éter	26.1	8	>25	0.95	38.3	6.55
1,1-Dicloro-1-nitroetano	28.5				35.1	5.96
* 1,1-Dicloro-2,2,2-trifluoretano (HCFC-123)	30.9				32.4	5.17
Dietil Cetona	32.7	8	24	0.98	30.6	8.68
* Diisobutil Cetona	24.6	8	>25	1.03	40.7	6.99
Dimetilacetamida	32.0	8	>25	0.84 (d)	31.3	8.77
Dimetil Formamida	35.5	8	>25	0.65 (d)	28.2	9.42
p-Dioxano	34.5	8	21	0.91	29.0	8.04
Dipropileno Glicol Metil Éter	25.3	8	23	0.82	39.5	6.52
Dipropil Cetona (4-Heptanone)	27.8	8	25	0.66	36.0	7.70
Dissulfeto de Carbono	42.8	8	2.7	0.76 (h)	23.4	7.50
Divinil Benzeno	23.3	8	20	0.47	42.9	8.06
* n-Dodecano	21.5		>25	1.09	46.5	6.68
Enflurano	28.3	8	8	0.88	35.3	4.68
Epicloridrina	29.6	8	20	0.85	33.8	8.93
* Estireno	28.9	8	>25	0.88	34.6	8.12
Éter Butil Glicídico	27.0	8	25	0.93	37.0	6.96
Éter Etilico	36.8	4	12	0.96	27.2	8.96
Éter Isopropílico (c)	31.2	8	21	1.03	32.1	7.67
Etil Benzeno	27.3	8	24	0.96	36.6	8.44
Etil Butil Cetona	28.0	8	>25	0.68	35.7	7.65
Etilene Chloridrina	33.9	8	11	.82 (d)	29.5	8.96
* 1-Etoxinafluorbutano (HFE-7200)	24.1		>25	0.82 (k)	41.5	3.84
Fenil Éter	20.3	8	>25	0.90	49.3	7.08
Fenil Glicidil Éter	22.2	8	19	0.73	45.0	7.33
Formato de Etila	38.8	8	8	0.65	25.8	8.51
Formato de Metila (c)	45.0	1	0.5	0.76 (d)	22.2	9.05
Furfural	34.3	8	>25	0.62 (d)	29.2	7.42
* Gasolina	30.5	8	>25	0.94	32.8	7.49
Glicidol	37.1				27.0	8.90
Halotano	30.2	8	10	1.07	33.1	4.10

* n-Heptano	28.9	8	>25	1.04	34.6	8.44
Hexaclorobutadieno	22.9				43.7	4.09
Hexaclorociclopentadieno	22.1				45.2	4.06
Hexacloroetano	26.7	8	25	0.95	37.5	3.87
* n-Hexano	32.0	8	24	1.07	31.3	8.87
* Hexano Isômeros	32.0	7	24	1.03	31.3	8.87
Iodeto de Metila	36.7				27.2	4.69
Isoflurano (Forane)	28.3		7	0.88	35.3	4.68
Isopar G	24.4		>25	0.98	41.0	7.42
* Isoforona	21.7	8	>25	0.75	46.1	8.15
Isopropoxietanol	29.5	8	23	0.92	33.9	7.96
Isopropil Glicidil Éter	29.1	8	23	0.97	34.4	7.23
* Mesitileno	26.3	8	>25	1.05	38.0	7.73
Metacrilato de Metila	31.8	8	>25	0.98	31.4	7.68
Metilal (c)	37.9	1	10	0.97	26.4	8.48
Metil Amil Cetona	27.9	8	24	0.98	35.8	7.67
* Metil t-Butil Éter (MTBE)	30.8	8	17	0.98	32.5	9.01
* Metil Butil Cetona	29.7	8	24	1.00	33.7	8.22
* Metil Cellosolve	36.3	8	>25	0.78 (d)	27.5	8.85
1-Metoxinonafluorbutano (HFE-7100)	25.3		18	0.85 (k)	39.5	3.87
* Metil Ciclohexano	28.9	7	20	1.03	34.6	8.62
Metil Ciclohexanol	25.3	8	>25	0.83	39.5	8.46
* alpha-Metil Estireno	25.0	8	25	1.02	40.0	8.28
* Metil Etil Cetona	36.3	8	18	0.91 (i)	27.5	9.34
5-Metil-3-heptanona	26.4	8	24	0.83	37.9	7.22
Metil Isoamil Cetona	28.0	8	>25	1.01	35.7	7.65
Metil Isobutil Carbinol	29.2	8	21	0.81	34.2	8.19
* Metil Isobutil Cetona	30.0	8	>25	0.99	33.3	8.14
Metil Isopropil Cetona	32.8	8	24	0.91	30.5	8.65
1-Metil-2-pirrolidinona	28.8			0.81 (d)	34.7	8.56
* Metil Propil Cetona	33.0	8	24	0.93	30.3	8.60
* Nafta(VM&P)	33.2	8	24	0.92	30.1	7.36
Naftaleno	24.6	8	>25	0.42	40.7	7.75
Nitrato de n-Propila	33.3	8	25	1.02	30.0	6.99
* n-Nonano	24.6	8	>25	1.09	40.7	7.75
* n-Octano	26.6	8	25	1.05	37.6	8.05
* Óxido Mesitílico	31.2	8	>25	0.89	32.1	7.98
* Óxido de Propileno (c)	37.7	8	2	0.97	26.5	11.17
* n-Pentano (c)	35.3	3	12	0.98	28.3	9.60
2,4-Pentanodiona	31.7		>25	0.81	31.5	7.70
* Percloroetileno	28.3	8	>25	1.03	35.3	5.21
* Propileno Glicol Monometil Éter (PGME)	32.4	8	>25	0.86 (d)	30.9	8.37
Resorcinol	25.8				38.8	8.61
Solvente Stoddard	24.3	8	21	0.98	41.2	6.99
Tetrabrometo de Carbono	26.6	8	>5	0.99 (h)	37.6	2.77
* Tetracloreto de Carbono	30.2	8	>25	0.95	33.1	5.26
1,1,1,2-Tetracloro-2,2-difluoretano (c)	27.5				36.4	4.36
1,1,2,2-Tetracloro-1,2-difluoretano (c)	28.2				35.5	4.25
1,1,2,2-Tetracloroetano	28.4	8	>25	0.92	35.2	5.13

* 1,1,1,2-Tetrafluoretano (HFC 134a)	37.1		2	0.61 (f)	27.0	6.46
Tetrahidrofurano	37.2	8	15	1.01	26.9	9.11
* Tolueno	31.4	8	>25	1.00	31.8	8.45
* 1,1,1-Tricloroetano (Metil Chlorofórmio)	30.9	(m)	>25	1.00	32.4	5.93
* 1,1,2-Tricloroetano	29.7	8	>25	0.95	33.7	6.17
* Tricloroetileno	31.1	8	>25	1.01	32.2	5.98
1,2,3-Tricloropropano	27.4	8	>25	0.99	36.5	6.05
1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoretano (c)	29.1	1	11	0.92	34.4	4.48
* 4-Vinil-1-ciclohexeno	27.9	8	>25	1.01	35.8	8.10
Vinil Tolueno	25.1	8	>25	0.86	39.8	8.24
* Xileno	27.3	8	>25	0.97	36.6	8.44

(c) Recomendado o uso do monitor para vapores orgânicos 3M 3520

(d) Cloreto de Metileno

(e) 50% Dimetilformamida em dissulfeto de carbono

(f) Isopropanol

(g) Acetonitrila

(h) Tolueno

(i) Refrigerar e/ou expedir rapidamente para análise para assegurar resultados mais precisos.

(k) Tricloroetileno

(m) Ver Boletim Técnico

* Taxa de amostragem obtida em laboratório

3M

Divisão de Produtos para Segurança e Saúde Ocupacional

3M do Brasil Ltda

Via Anhanguera km 110, Sumaré-SP

©3M, November 1998

Traduzido em Julho de 1999

ANEXO B - Método NIOSH 1501

HYDROCARBONS, AROMATIC

1501

FORMULA: Table 1

MW: Table 1

CAS: Table 1

RTECS: Table 1

METHOD: 1501, Issue 3		EVALUATION: Full		Issue 1: 15 August 1990 Issue 3: 15 March 2003	
OSHA: Table 2 NIOSH: Table 2 ACGIH: Table 2		PROPERTIES: Table 1			
SYNONYMS: Group A: benzene toluene ethylbenzene <u>p</u> -xylene <u>m</u> -xylene <u>p</u> -xylene (Synonyms in Table 1) Group B: cumene <u>p</u> -tert-butyltoluene α -methylstyrene β -methylstyrene styrene					
SAMPLING			MEASUREMENT		
SAMPLER:	SOLID SORBENT TUBE (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg)		TECHNIQUE:	GAS CHROMATOGRAPHY, FID	
FLOW RATE:	Table 3		ANALYTE:	Hydrocarbons listed above	
VOL-MIN:	Table 3		DESORPTION:	1 mL CS ₂ , stand 30 min with agitation	
-MAX:	Table 3		INJECTION VOLUME:	1 μ L (Group A: split 5:1; Group B: split 1:1)	
SHIPMENT:	Routine		TEMPERATURE		
SAMPLE STABILITY:	30 days @ 5°C		-INJECTION:	250 °C	
BLANKS:	10% of samples		-DETECTOR:	300 °C	
			-COLUMN:	Group A: 40 °C (10 min) to 230°C (10 °C/min) Group B: 35°C (8 min) to 225°C (10°C/min)	
ACCURACY			CARRIER GAS:	He @ 2.6 mL/min	
RANGE STUDIED:	Table 3		COLUMN:	Capillary, fused silica Group A: 30m x 0.32-mm ID; 1- μ m film 100% PEG or equivalent Group B: 30m x 0.53-mm ID; 3- μ m film crossbonded@ 35% diphenyl 65% dimethyl polysiloxane or equivalent	
BIAS:	Table 3		CALIBRATION:	Solutions of analytes in CS ₂	
OVERALL PRECISION ($\bar{S}_{rr}$):	Table 3		RANGE:	Table 4	
ACCURACY:	Table 3		ESTIMATED LOD:	Table 4	
			PRECISION ($\bar{S}_r$):	Table 4	
APPLICABILITY: This method is for peak, ceiling, and TWA determinations of aromatic hydrocarbons. Interactions between analytes may reduce breakthrough volumes and affect desorption efficiencies. Naphthalene, originally validated in S292 [4], failed to meet acceptable desorption efficiency recovery and storage stability criteria at the levels evaluated in this study. However, the application of this method to naphthalene levels at or near the REL/PEL continues to meet acceptable recovery criteria. Styrene failed to meet acceptable recovery criteria at the two lowest levels evaluated in this study (highest level to meet the criteria was 181 μ g/sample).					
INTERFERENCES: Under conditions of high humidity, the breakthrough volumes may be reduced. Other volatile organic compounds such as alcohols, ketones, ethers, and halogenated hydrocarbons are potential analytical interferences.					
OTHER METHODS: This method updates NMAM 1501 issued on August 15, 1994 [1] which was based upon P&CAM 127 (benzene, styrene, toluene, and xylene) [2]; S22 (<u>p</u> -tert-butyltoluene) [3]; S23 (cumene) [3]; S29 (ethylbenzene) [3]; S26 (α -methylstyrene) [3]; S30 (styrene); S311 (benzene) [4]; S343 (toluene) [4]; and S318 (xylenes) [4].					

REAGENTS:

1. Carbon disulfide*, low benzene, chromatographic quality.
2. Analytes, reagent grade.
3. Helium, prepurified and filtered.
4. Hydrogen, prepurified and filtered.
5. Air, prepurified and filtered.

* See SPECIAL PRECAUTIONS

EQUIPMENT:

1. Sampler: glass tube, 7 cm long, 6-mm OD, 4-mm ID, flame-sealed ends, containing two sections of activated coconut shell charcoal (front = 100 mg, back = 50 mg) separated by a 2-mm urethane foam plug. A silylated glass wool plug precedes the front section and a 3-mm urethane foam plug follows the back section. Tubes are commercially available.
2. Personal sampling pump, 0.01 to 1.0 L/min (Table 3), with flexible connecting tubing.
3. Gas chromatograph, FID, integrator, and columns (page 1501-1).
4. Autosampler vials, glass, 1.8 mL, with PTFE-lined caps.
5. Pipets, 1-mL, and pipet bulb.
6. Syringes, 10- μ L, 25- μ L, and 250- μ L.
7. Volumetric flasks, 10-mL.

SPECIAL PRECAUTIONS: Carbon disulfide is toxic and extremely flammable (flash point = -30°C), benzene is a suspect carcinogen. Prepare standards and samples in a well ventilated hood.

SAMPLING:

1. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
2. Break the ends of the sampler immediately before sampling. Attach sampler to personal sampling pump with flexible tubing.
3. Sample at an accurately known flow rate between 0.01 and 0.2 L/min for a total sample size as shown in Table 3.
4. Cap the samplers with plastic (not rubber) caps and pack securely for shipment.

SAMPLE PREPARATION:

5. Place the front and back sorbent sections of the sampler tube in separate vials. Include the glass wool plug in the vial along with the front sorbent section.
6. Add 1.0 mL eluent to each vial. Attach crimp cap to each vial immediately.
7. Allow to stand at least 30 min with occasional agitation.

CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:

8. Calibrate daily with at least six working standards from below the LOD to 10 times the LOQ. If necessary, additional standards may be added to extend the calibration curve.
 - a. Add known amounts of analytes to carbon disulfide solvent in 10-mL volumetric flasks and dilute to the mark. Prepare additional standards by serial dilution in 10-mL volumetric flasks.
 - b. Analyze together with samples and blanks (steps 11 through 12).
 - c. Prepare calibration graph (peak area of analyte vs. μ g analyte per sample).

9. Determine desorption efficiency (DE) at least once for each batch of charcoal used for sampling in the calibration range (step 8).
 - a. Prepare three tubes at each of five levels plus three media blanks.
 - b. Inject a known amount of DE stock solution (5 to 25 μL) directly onto front sorbent section of each charcoal tube with a microliter syringe.
 - c. Allow the tubes to air equilibrate for several minutes, then cap the ends of each tube and allow to stand overnight.
 - d. Desorb (steps 5 through 7) and analyze together with standards and blanks (steps 11 and 12).
 - e. Prepare a graph of DE vs. μg analyte recovered.
10. Analyze a minimum of three quality control blind spikes and three analyst spikes to insure that the calibration graph and DE graph are in control.

MEASUREMENT:

11. Set gas chromatograph according to manufacturer's recommendations and to conditions given on page 1501-1. Inject a 1- μL sample aliquot manually using the solvent flush technique or with an autosampler.
 Note: If peak area is above the linear range of the working standards, dilute with solvent, reanalyze, and apply the appropriate dilution factor in the calculations.

Analyte	Approximate Retention Time (min)
benzene ^a	3.52
toluene ^a	6.13
ethylbenzene ^a	10.65
<i>o</i> -xylene ^a	12.92
<i>m</i> -xylene ^a	11.33
<i>p</i> -xylene ^a	11.04
cumene ^b	18.61
<i>p</i> -tert-butyltoluene ^b	21.45
α -methylstyrene ^b	19.99
β -methylstyrene ^b	20.82
styrene ^b	18.33

^a Separation achieved using a 30-m Stabilwax fused silica capillary column.

^b Separation achieved using a 30-m Rtx-35 fused silica capillary column.

12. Measure peak areas.

CALCULATIONS:

13. Determine the mass, μg (corrected for DE) of analyte found in the sample front (W_f) and back (W_b) sorbent sections, and in the average media blank front (B_f) and back (B_b) sorbent sections.
 NOTE: If $W_b > W_f/10$, report breakthrough and possible sample loss.
14. Calculate concentration, C , of analyte in the air volume sampled, V (L):

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}, \text{mg} / \text{m}^3$$

NOTE: $\mu\text{g}/\text{L} = \text{mg}/\text{m}^3$

EVALUATION OF METHOD:

The desorption efficiency, at levels ranging from 5 times the LOQ to 0.1x the REL, was determined for each analyte by spiking known amounts (in CS₂) on coconut shell charcoal tubes. Both groups of analytes (A and B) were spiked together on the charcoal sorbent tubes. All analytes, with the exception of styrene and naphthalene, exhibited acceptable desorption efficiency recovery results at all five levels evaluated. Styrene failed to meet the 75% recovery criteria at the 18.1 µg and 90.6 µg levels. Naphthalene failed to meet the 75% criteria at all levels evaluated ranging from 48.8 µg to 976.0 µg.

Each analyte, at a level approximately 0.05x REL/PEL, was evaluated for its storage stability @ 5°C after 7, 14, and 30 days. All analytes, with the exception of naphthalene, had acceptable recoveries after 30 days storage.

REFERENCES:

- [1] NIOSH [1984]. Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501. In: Eller PM, ed. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th rev. ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
- [2] NIOSH [1977]. NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 1, P&CAM 127, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A.
- [3] Ibid, V. 2, S22, S23, S25, S26, S29, S30, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-B (1977).
- [4] Ibid, V. 3, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).
- [5] NIOSH [1977]. Documentation of the NIOSH Validation Tests, S22, S23, S25, S26, S29, S30, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare; Publ. (NIOSH) 77-185.

METHOD WRITTEN BY:

Stephanie M. Pendergrass, NIOSH/DART

TABLE 1. SYNONYMS, FORMULA, MOLECULAR WEIGHT, PROPERTIES

Name/Synonyms	Empirical Formula	Molecular Weight	Boiling Point (°C)	Vapor Pressure @ 25 °C (mm Hg)	(kPa)	Density @ 20 °C (g/mL)
benzene CAS #71-43-2 RTECS CY1400000	C ₆ H ₆	78.11	80.1	95.2	12.7	0.879
p-tert-butyltoluene CAS #98-51-1 RTECS XS8400000 1-tert-butyl-4-methylbenzene	C ₁₁ H ₁₆	148.25	192.8	0.7	0.09	0.861
cumene CAS #98-82-8 RTECS GR8575000 isopropylbenzene	C ₉ H ₁₂	120.20	152.4	4.7	0.63	0.862
ethylbenzene CAS #100-41-4 RTECS DA0700000	C ₈ H ₁₀	106.17	136.2	9.6	1.28	0.867
α-methylstyrene CAS #98-83-9 RTECS WL5075300 isopropenylbenzene (1-methylethenyl)-benzene	C ₉ H ₁₀	118.18	165.4	2.5	0.33	0.909
β-methylstyrene CAS #873-66-5 RTECS DA8400500	C ₉ H ₁₀	118.18	175.0	—	—	0.911
toluene CAS #108-88-3 RTECS XS5250000 methylbenzene	C ₇ H ₈	92.14	110.6	28.4	3.79	0.867
xylene ^a CAS #1330-20-7 RTECS ZE2100000 dimethylbenzene (p-xylene)	C ₈ H ₁₀ (ortho) (meta) (para)	106.17	144.4 139.1 138.4	6.7 8.4 8.8	0.89 1.12 1.18	0.880 0.864 0.861
styrene CAS #100-42-5 RTECS WL3675000 vinylbenzene	C ₈ H ₈	104.15	145.2	6.1	0.81	0.906

TABLE 2. PERMISSIBLE EXPOSURE LIMITS, PPM

Substance	OSHA TWA	NIOSH			ACGIH		mg/m ³ per ppm
		TWA	C	STEL	TLV	STEL	
benzene	1	0.1 ^a	1		10 ^b		3.19
<u>p</u> -tert-butyltoluene	10	10		20	1		6.06
cumene	50 (skin)	50 (skin)			50 (skin)		4.91
ethylbenzene	100	100		125	100	125	4.34
α -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
β -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
toluene	200	100		150	50 (skin)		3.77
<u>o</u> -xylene	100	100 ^c		150	100	150	4.34
<u>m</u> -xylene	100	100			100	150	4.34
<u>p</u> -xylene	100	100			100	150	4.34
styrene	100	50		100	50	100 (skin)	4.26

^a Potential carcinogen^b Suspect carcinogen^c Group I PesticideTABLE 3. SAMPLING FLOWRATE^a, VOLUME, CAPACITY, RANGE, OVERALL BIAS AND PRECISION

Substance	Sampling			Breakthrough		Range at VOL-MIN (mg/m ³)	Overall		Accuracy (±%)
	Flowrate (L/min)	Volume ^b (L)		Volume @ Concentration (L)	(mg/m ³)		Bias (%)	Precision ($\bar{S}_x$)	
benzene	≤0.20	5	30	>45	149	42 - 165	-0.4	0.059	11.4
<u>p</u> -tert-butyltoluene	≤0.20	1	29	44	112	29 - 119	-10.3	0.071 ^c	20.7
cumene	≤0.20	1	30	>45	480	120 - 480	5.6	0.059	15.2
ethylbenzene	≤0.20	1	24	35	917	222 - 884	-7.6	0.089 ^c	17.1
α -methylstyrene	≤0.20	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061 ^c	16.9
β -methylstyrene	≤0.20	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061	16.9
toluene	≤0.20	1	8	12	2294	548 - 2190	1.6	0.052	10.9
xylene (o-,m-,p-)	≤0.20	2	23	35	870	218 - 870	-1.2	0.060	12.2
styrene	<1.00	1	14	21	1710	426 - 1710	-7.9	0.058 ^c	16.7

^a Minimum recommended flow is 0.01 L/min.^b V_{min} = minimum sample volume @ OSHA TWA;V_{max} = maximum sample volume @ OSHA TWA^c Corrected value, calculated from data in Reference 5.

TABLE 4. MEASUREMENT RANGE AND PRECISION^a

Substance	LOD (µg/sample)	Measurement	
		Range (mg)	Precision ($\hat{S}_r$)
benzene	0.5	0.004-0.35	0.013
<u>p-tert</u> -butyltoluene	1.1	0.013-1.09	0.017 ^a
cumene	0.6	0.039-3.46	0.017
ethylbenzene	0.5	0.045-8.67	0.015
α -methylstyrene	0.6	0.036-3.57	0.014
β -methylstyrene	0.6	0.036-0.728	0.014
toluene	0.7	0.024-4.51	0.022
o-xylene	0.8	0.044-10.4	0.014
m-xylene	0.8	0.043-0.864	0.013
p-xylene	0.7	0.043-0.861	0.015
styrene	0.4	0.181-8.49	0.014

^a Corrected value, calculated from data in [5].

ANEXO C - Planilha Excel com Cálculos para item 4.2

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Devem ser adotadas medidas de controle para conduzir I a valores < 1

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

ÁREA DE RISCO: OT/QP - OUTRAS ÁREAS

GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO: TÉCNICO QUÍMICO

COLETA DE DADOS: ABRIL DE 2003

AGENTE QUÍMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
RY 5580	0,1	-2,30
RY 4842	0,006	-5,12
RY 4822	0,006	-5,12
RY 4920	0,006	-5,12
RY 5567	0,006	-5,12

MA / M (ln)	0,025	-4,55
DP / DP (ln)	0,042	1,26
MG	0,011	
DPG	3,519	
ln (LSC)	-2,200	
LSC (95%)	0,111	

I =	0,111	
-----	-------	--

Frequência de monitoramento:

A frequência de monitoramento mínima deve ser de 64 semanas

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

AREA DE RISCO: OT/QP - SALA DE LAVAGEM DE GARRAFAS
 GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO: AUXILIAR DE APOIO OPERACIONAL
 COLETA DE DADOS: ABRIL DE 2003

AGENTE QUIMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
RY 4915	0,87	-0,14
RY 5608	0,37	-0,99
RY 5410	0,6	-0,51
RY 5304	0,35	-1,05
RY 5471	0,63	-0,46
RY 5303	0,33	-1,11
RY 4869	0,65	-0,43
RY 5315	0,25	-1,39

MA / M (ln)	0,506	-0,76
DP / DP (ln)	0,213	0,43
MG	0,468	
DPG	1,538	
ln (LSC)	-0,308	
LSC (95%)	0,735	

I =	0,735	
-----	-------	--

Frequencia de monitoramento:

A frequencia minima de monitoramento deve ser de 16 semanas

ANEXO D - Planilha Excel com Cálculos para item 4.5

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

ÁREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREA 2

GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO: TÉCNICO QUÍMICO

COLETA DE DADOS: MAIO / JUNHO DE 2003

AGENTE QUÍMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
RY 5281	3,67	1,30
RY 5600	6,26	1,83
RY 4899	1,22	0,20
RY 5352	0,57	-0,56
RY 5012	1,05	0,05
RY 5221	0,006	-5,12
RY 5577	0,11	-2,21
RY 5477	1,68	0,52
RY 4962	0,13	-2,04
RY 5232	2,62	0,96

MA / M (ln)	1,732	-0,51
DP / DP (ln)	1,981	2,09
MG	0,603	
DPG	8,073	
ln (LSC)	3,169	
LSC (95%)	23,774	

I =	23,774	
-----	--------	--

Frequência de monitoramento:

Devem ser adotadas medidas de controle para conduzir I a valores < 1

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

ÁREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREA 3

GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO: TÉCNICO QUÍMICO

COLETA DE DADOS: MAIO / JUNHO DE 2003

AGENTE QUÍMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
RY 5298	2,18	0,78
RY 5549	0,77	-0,26
RY 5368	2,62	0,96
RY 5230	0,11	-2,21
RY 5219	2,37	0,86
RY 5365	0,52	-0,65
RY 5193	1,14	0,13
RY 5024	0,25	-1,39
RY 5192	0,15	-1,90
RY 5473	0,11	-2,21

MA / M (ln)	1,022	-0,59
DP / DP (ln)	1,003	1,27
MG	0,556	
DPG	3,575	
ln (LSC)	1,135	
LSC (95%)	3,111	

I =	3,111	
-----	-------	--

Frequência de monitoramento:

Devem ser adotadas medidas de controle para conduzir I a valores < 1

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

ÁREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREA 4

GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO: TÉCNICO QUÍMICO

COLETA DE DADOS: MAIO / JUNHO DE 2003

AGENTE QUÍMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	X_i	$\ln(X_i)$
RY 5617	0,52	-0,65
RY 5544	0,08	-2,53
RY 5238	0,006	-5,12
RY 5301	0,006	-5,12
RY 5241	0,006	-5,12
RY 5339	0,006	-5,12
RY 5357	0,006	-5,12
RY 5205	0,006	-5,12
RY 5276	0,006	-5,12
RY 5596	0,08	-2,53

MA / M (ln)	0,072	-4,15
DP / DP (ln)	0,160	1,63
MG	0,016	
DPG	5,125	
ln (LSC)	-1,648	
LSC (95%)	0,192	

I =	0,192	
------------	--------------	--

Frequência de monitoramento:

A frequência de monitoramento mínima deve ser de 64 semanas

ANEXO E - Planilha Excel com Cálculos para item 4.8

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

ÁREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREAS 2 e 3

GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO: TÉCNICO QUÍMICO

COLETA DE DADOS: AGOSTO DE 2003

AGENTE QUÍMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
NUMERO DE AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
RY 5348	0,001	-6,91
RY 5399	3,044	1,11
RY 5322	4,036	1,40
RY 5064	5,472	1,70
RY 5397	4,742	1,56
RY 5341	0,001	-6,91
RY 5170	7,5	2,01
RY 5338	5,418	1,69
RY 5398	24,689	3,21
RY 4991	13,846	2,63

MA / M (ln)	6,875	0,15
DP / DP (ln)	7,395	3,77
MG	1,160	
DPG	43,314	
ln (LSC)	9,945	
LSC (95%)	20849,48	

I =	20.849,5	
-----	----------	--

Frequência de monitoramento:

Devem ser adotadas medidas de controle para conduzir I a valores < 1

ANEXO F - Desenho Esquemático para Medições nas Sub-áreas 2, 3 e 4

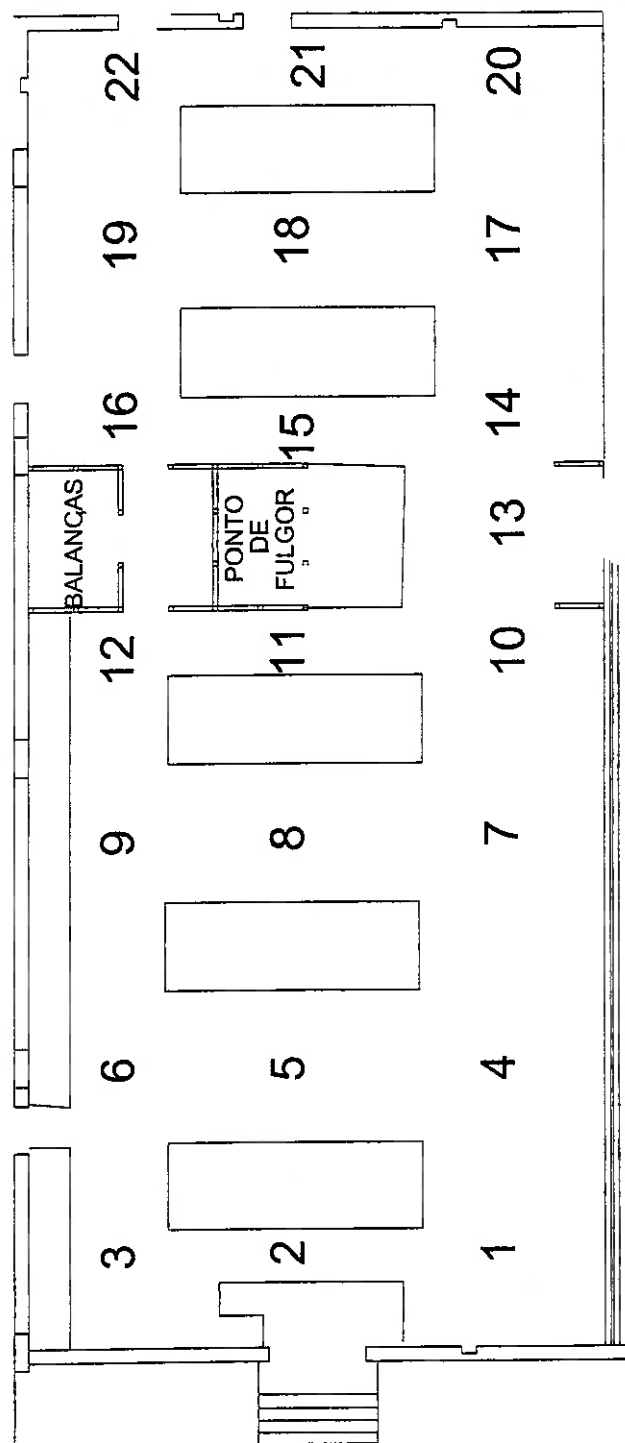
Distribuição dos pontos nas respectivas Sub-áreas:

Sub-área 2: Pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6;

Sub-área 3: Pontos 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13;

Sub-área 4: Pontos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22;

CONCENTRAÇÕES DE BENZENO ENCONTRADAS NO CQP (ppm)



ANEXO G - Desenho Esquemático para Medições na Sala de Lavagem de
Garrafas

CONCENTRAÇÕES ENCONTRADAS DE BENZENO NA SALA DE LAVAGEM (ppm)

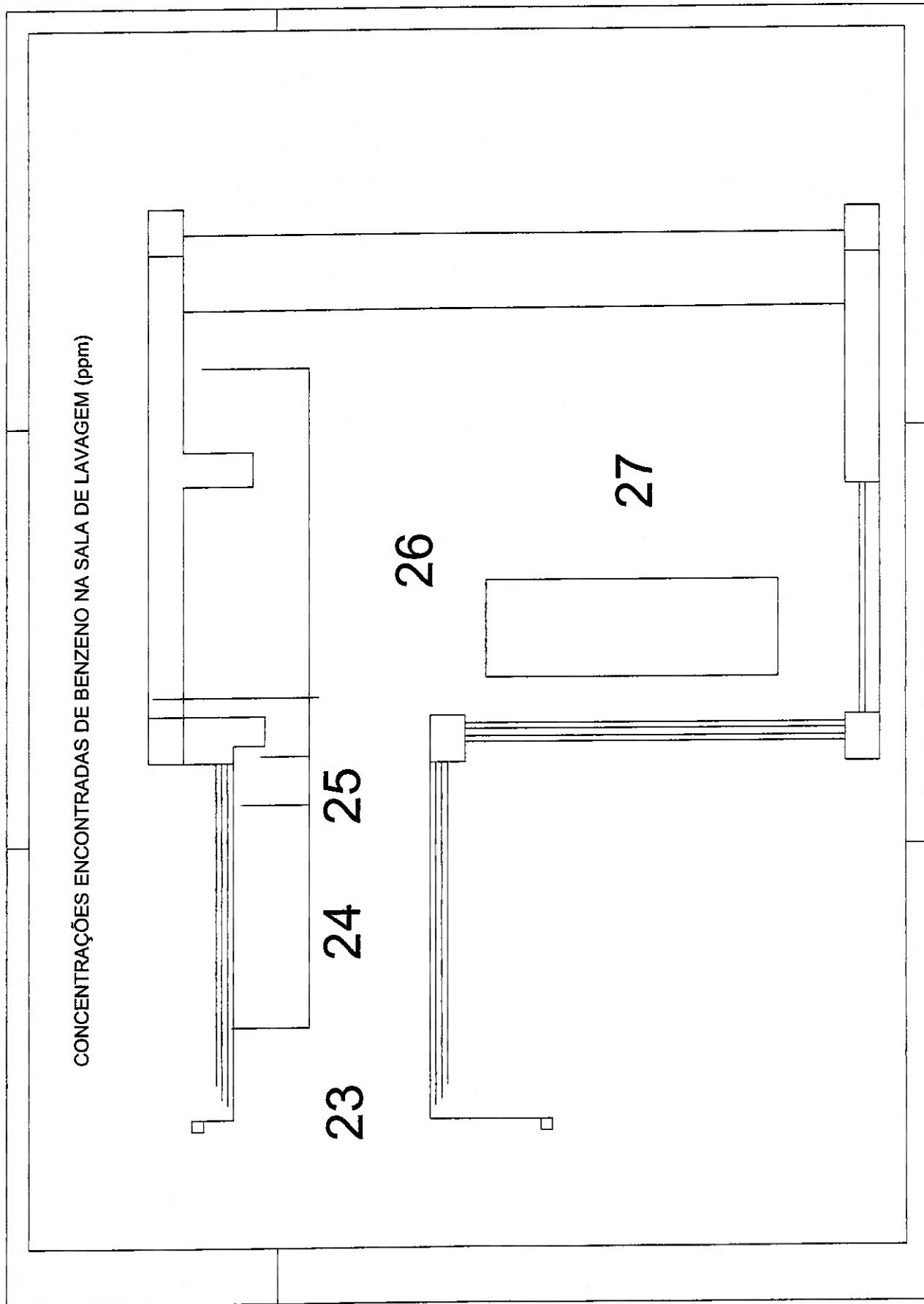
23

24

25

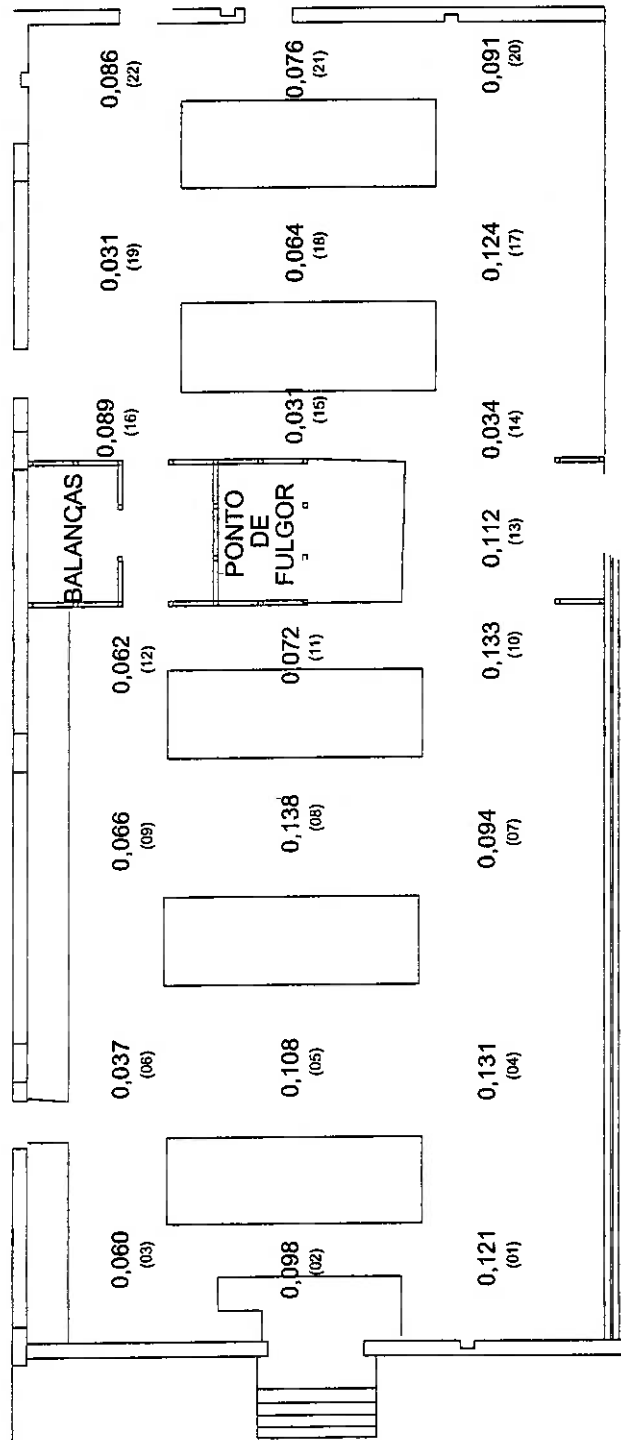
26

27



ANEXO H - Resultados Obtidos com Cromatógrafo de Campo

CONCENTRAÇÕES DE BENZENO ENCONTRADAS NO CQP (ppm)



CONCENTRAÇÃO MÉDIA PONDERADA NO TEMPO NA SUB-ÁREA 2 (1 AO 6) = 0,092 ppm

CONCENTRAÇÃO MÉDIA PONDERADA NO TEMPO NA SUB-ÁREA 3 (7 AO 12) = 0,094 ppm

CONCENTRAÇÃO MÉDIA PONDERADA NO TEMPO NA SUB-ÁREA 4 (14 AO 22) = 0,079 ppm

CONCENTRAÇÕES ENCONTRADAS DE BENZENO NA SALA DE LAVAGEM (ppm)

0,080
(23)

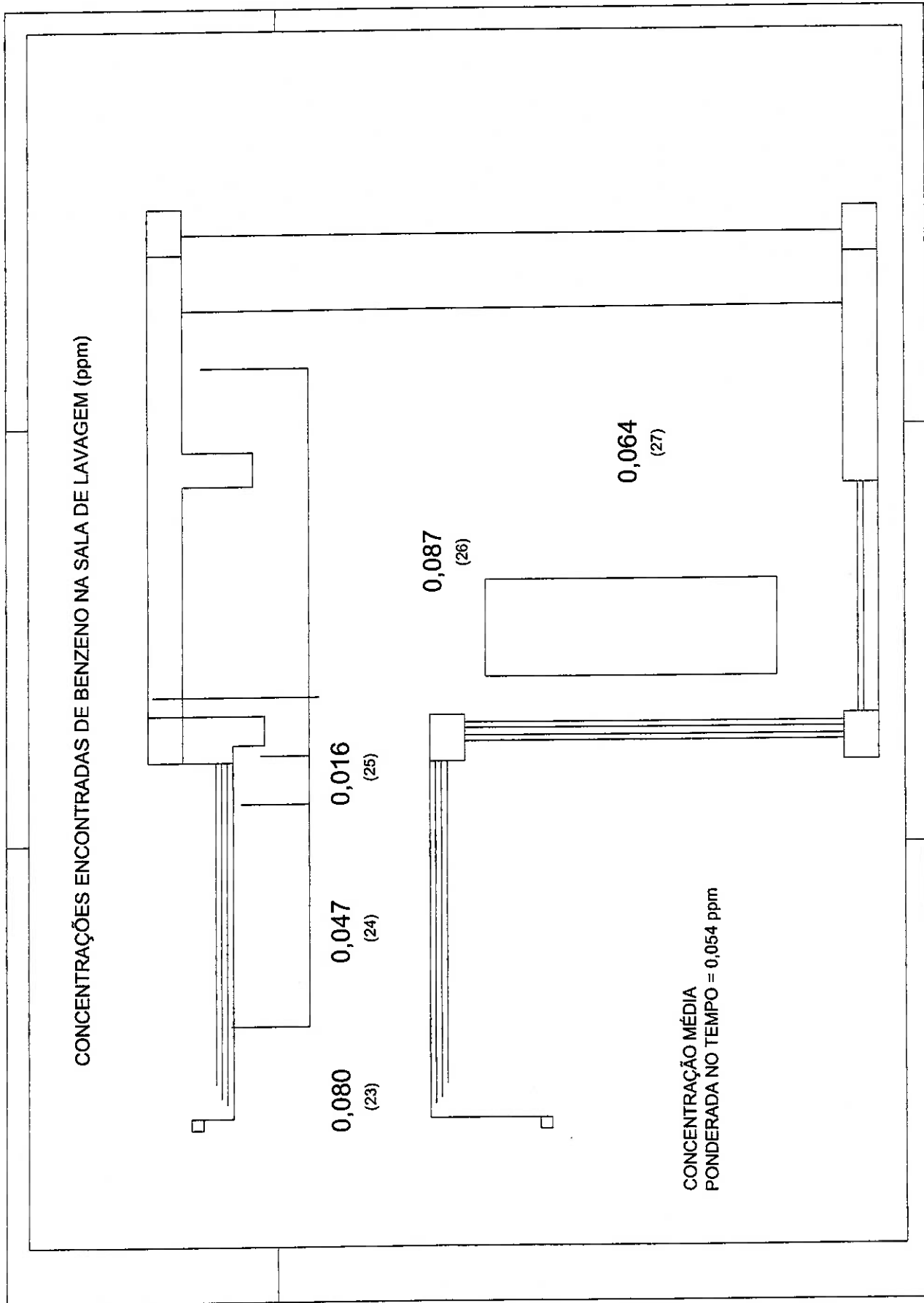
0,047
(24)

0,016
(25)

0,087
(26)

0,064
(27)

CONCENTRAÇÃO MÉDIA
PONDERADA NO TEMPO = 0,054 ppm



ANEXO I - Planilha Excel com Cálculos para item 4.13.1

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

AREA DE RISCO: OT/QP/SALA DE LAVAGEM DE GARRAFAS
GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO: TÉC. QUIM. DE PETRÓLEO
COLETA DE DADOS: CONFORME DATAS DAS AMOSTRAS

AGENTE QUIMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
AMOSTRAS	X_i	$\ln(X_i)$
10/10/2003	0,136	-2,00
13/10/2003	0,16	-1,83
14/10/2003	0,222	-1,51
15/10/2003	0,026	-3,65
16/10/2003	0,117	-2,15
17/10/2003	0,021	-3,86
20/10/2003	0,006	-5,12
21/10/2003	0,066	-2,72
22/10/2003	0,076	-2,58
23/10/2003	0,001	-6,91

MA / M (ln)	0,083	-3,23
DP / DP (ln)	0,074	1,70
MG	0,040	
DPG	5,468	
ln (LSC)	-0,573	
LSC (95%)	0,564	

I =	0,564	
-----	-------	--

Frequencia de monitoramento:

A frequencia minima de monitoramento deve ser de 16 semanas

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

AREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREA 2

GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO: TÉC. QUIM. DE PETRÓLEO

COLETA DE DADOS: CONFORME DATAS DAS AMOSTRAS

AGENTE QUIMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
29/9/2003	0,036	-3,32
30/9/2003	0,104	-2,26
1/10/2003	0,091	-2,40
7/10/2003	0,018	-4,02
9/10/2003	0,001	-6,91
10/10/2003	0,056	-2,88
13/10/2003	0,002	-6,21
14/10/2003	0,015	-4,20
15/10/2003	0,01	-4,61
16/10/2003	0,026	-3,65
17/10/2003	0,048	-3,04
20/10/2003	0,001	-6,91
21/10/2003	0,009	-4,71
22/10/2003	0,012	-4,42
23/10/2003	0,001	-6,91

MA / M (ln)	0,029	-4,43
DP / DP (ln)	0,033	1,62
MG	0,012	
DPG	5,074	
ln (LSC)	-2,211	
LSC (95%)	0,110	

I =	0,110	
-----	-------	--

Frequencia de monitoramento:

A frequencia de monitoramento minima deve ser de 64 semanas

HIGIENE INDUSTRIAL

MONITORIZAÇÕES INDIVIDUAIS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

AREA DE RISCO: OT/QP/SUB-ÁREA 3

GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO: TÉC. QUIM. DE PETRÓLEO

COLETA DE DADOS: CONFORME DATAS DAS AMOSTRAS

AGENTE QUIMICO: LT (TWA) - ppm / 8 h	BENZENO 1	
AMOSTRAS	Xi	ln(Xi)
10/10/2003	0,037	-3,30
13/10/2003	0,013	-4,34
14/10/2003	0,029	-3,54
15/10/2003	0,044	-3,12
16/10/2003	0,004	-5,52
17/10/2003	0,001	-6,91
20/10/2003	0,001	-6,91
21/10/2003	0,011	-4,51
22/10/2003	0,008	-4,83
23/10/2003	0,001	-6,91

MA / M (ln)	0,015	-4,99
DP / DP (ln)	0,016	1,51
MG	0,007	
DPG	4,514	
ln (LSC)	-2,775	
LSC (95%)	0,062	

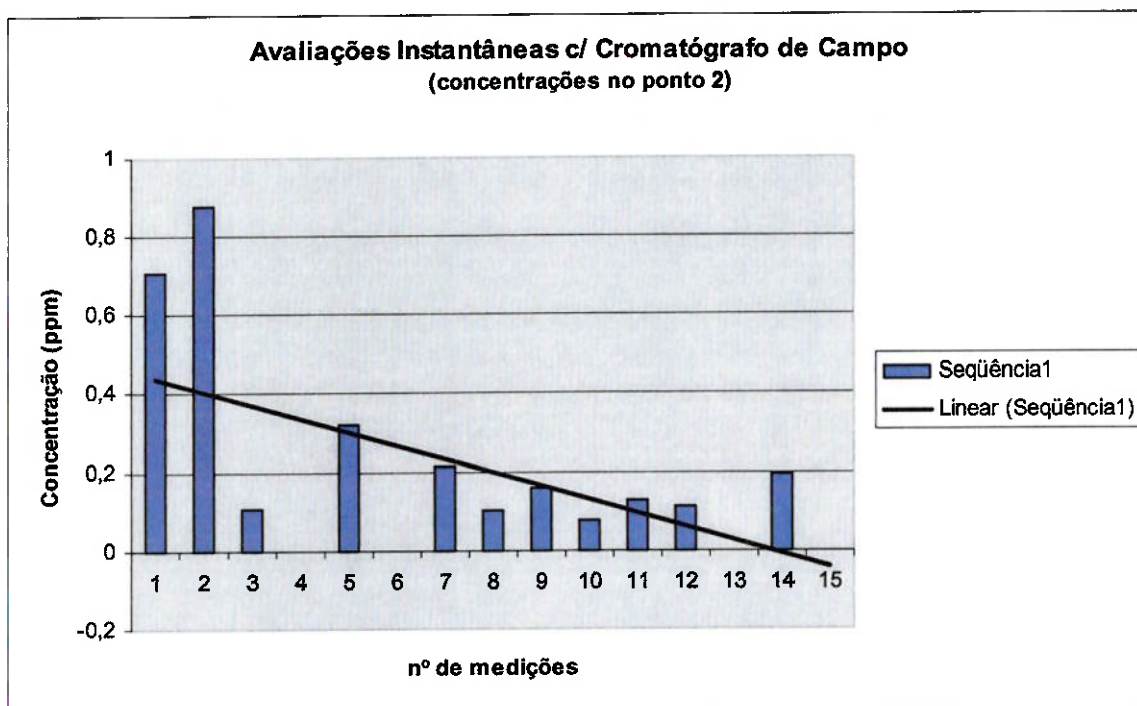
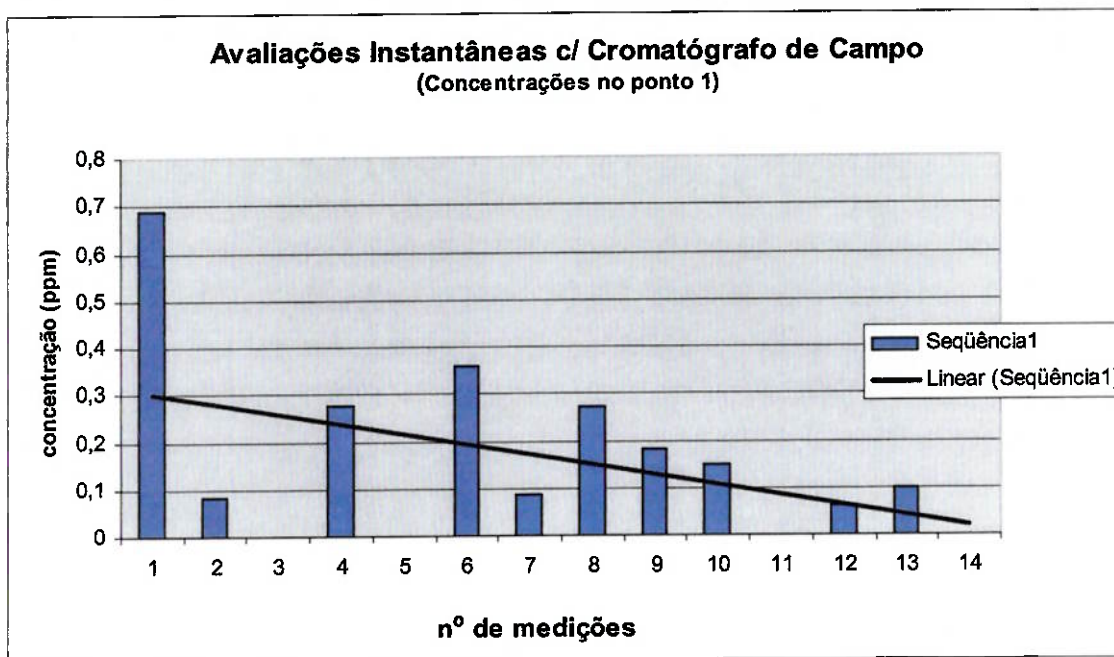
I =	0,062	
-----	-------	--

Frequência de monitoramento:

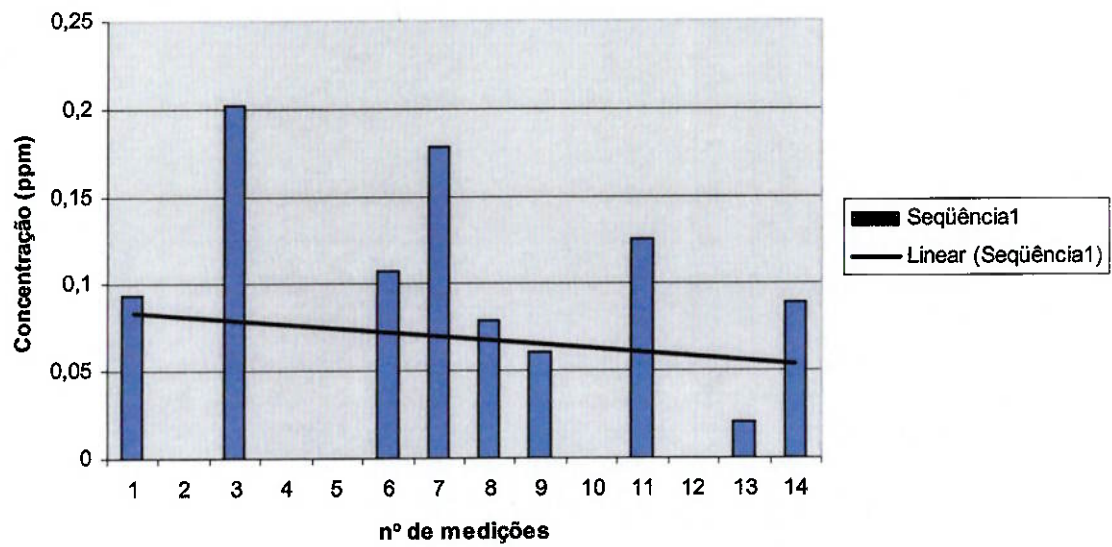
A frequência de monitoramento mínima deve ser de 64 semanas

ANEXO J – Evolução dos Resultados Sub-áreas 2,3 e 4

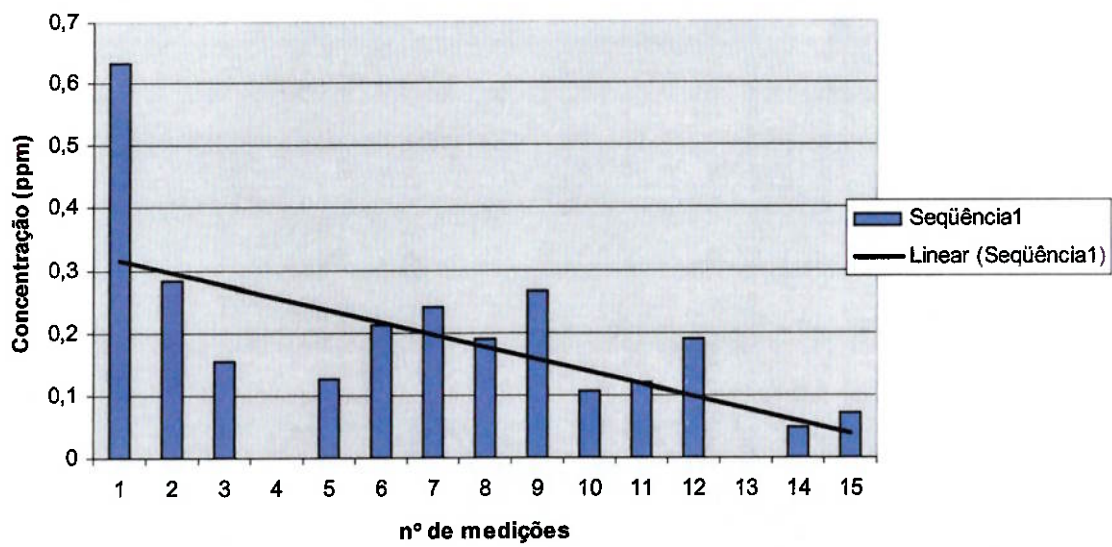
Evolução dos Resultados Sub-áreas 2,3 e 4



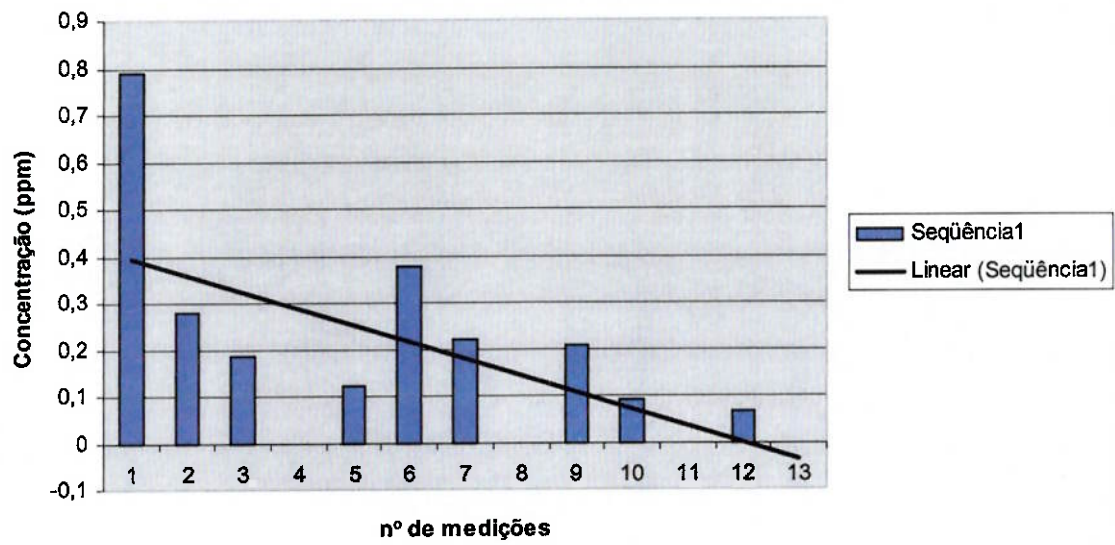
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 3)



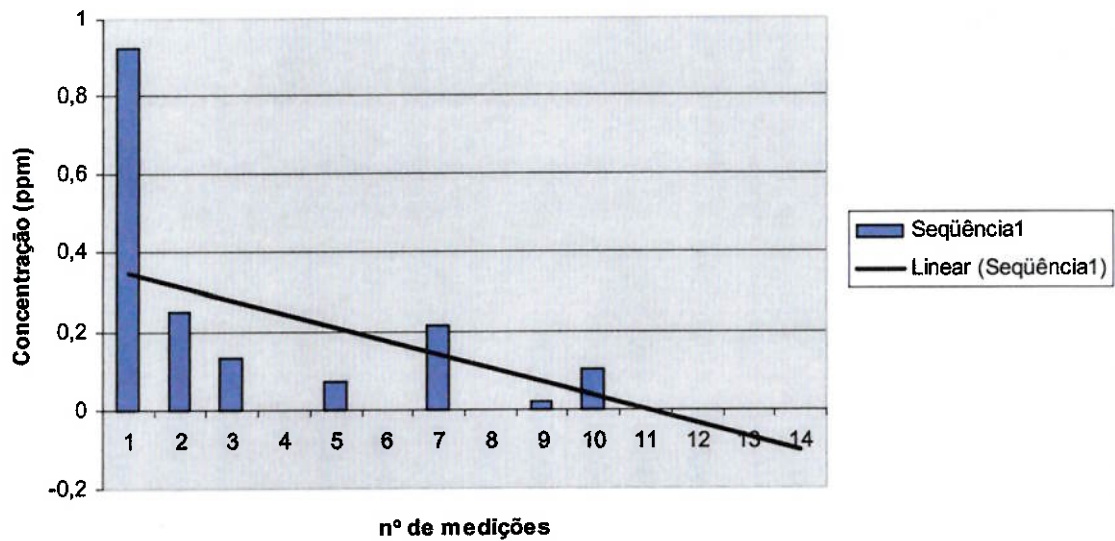
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 4)



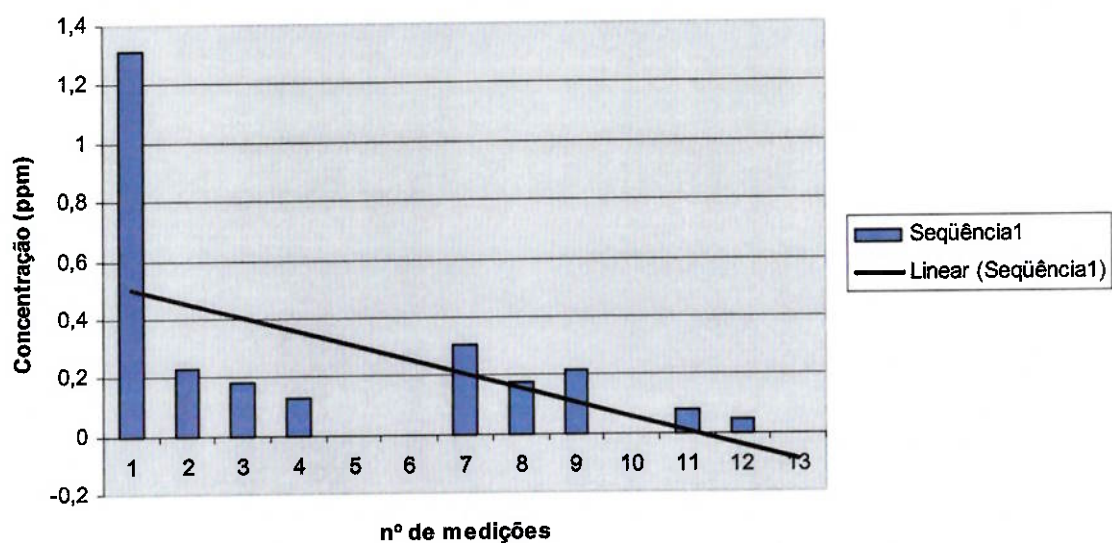
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 5)**



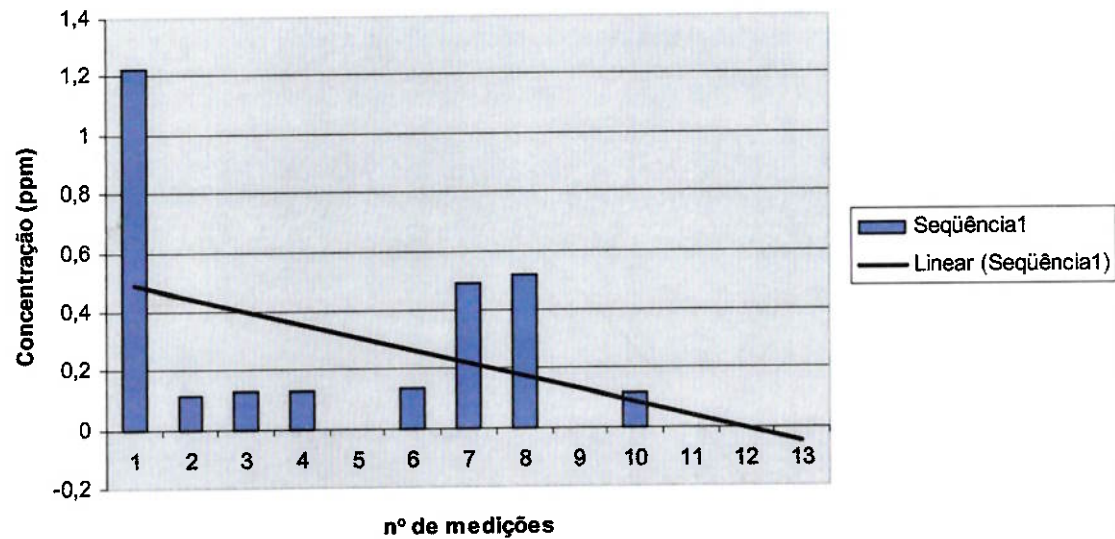
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 6)**



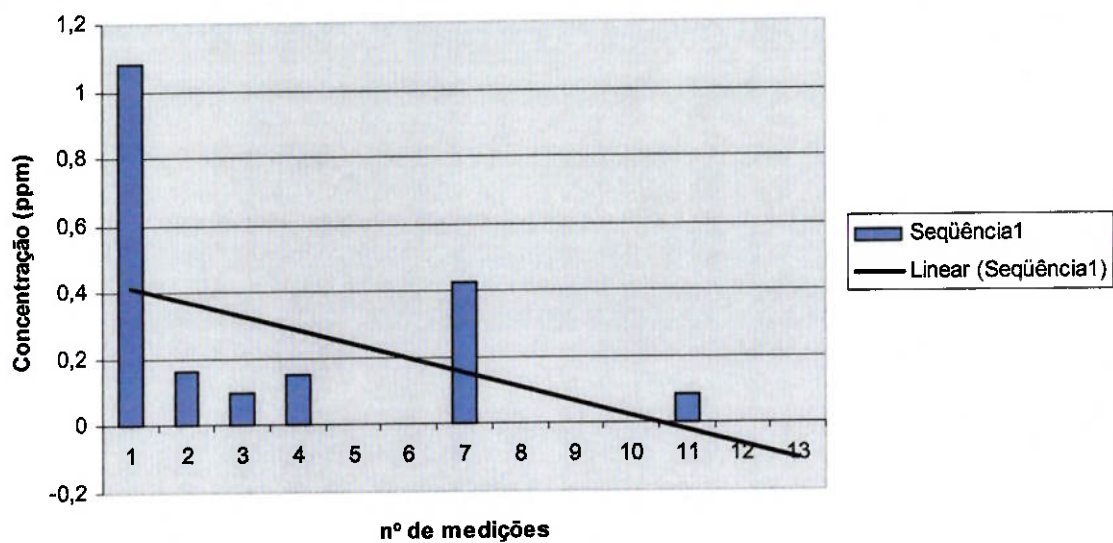
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 7)**



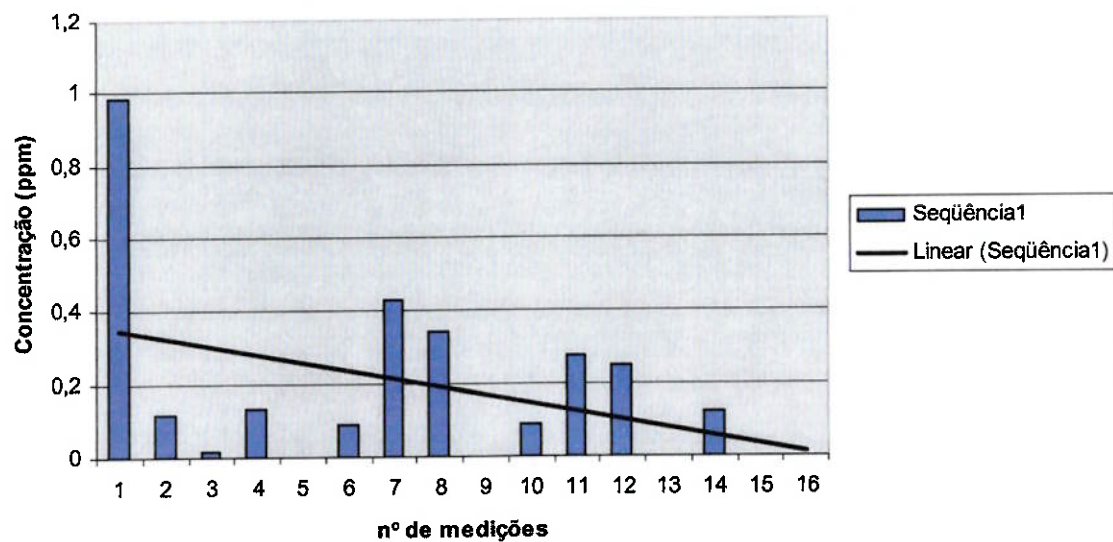
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 8)**



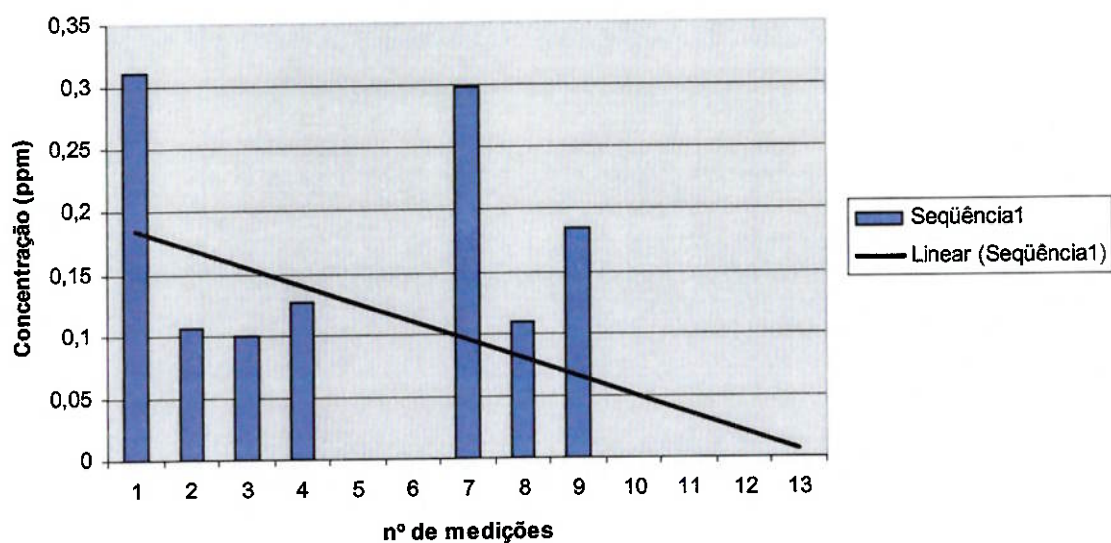
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 9)**



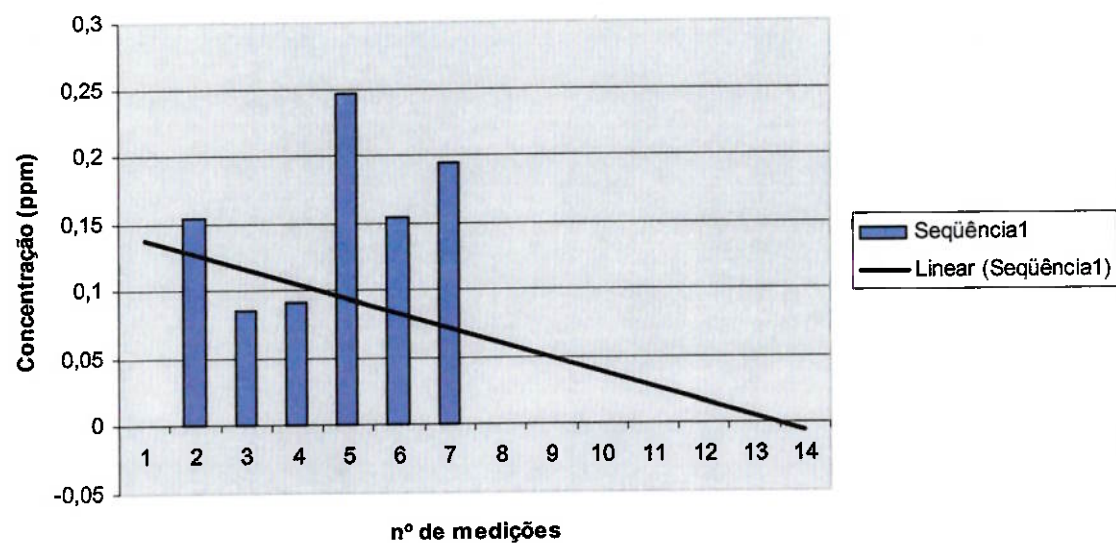
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 10)**



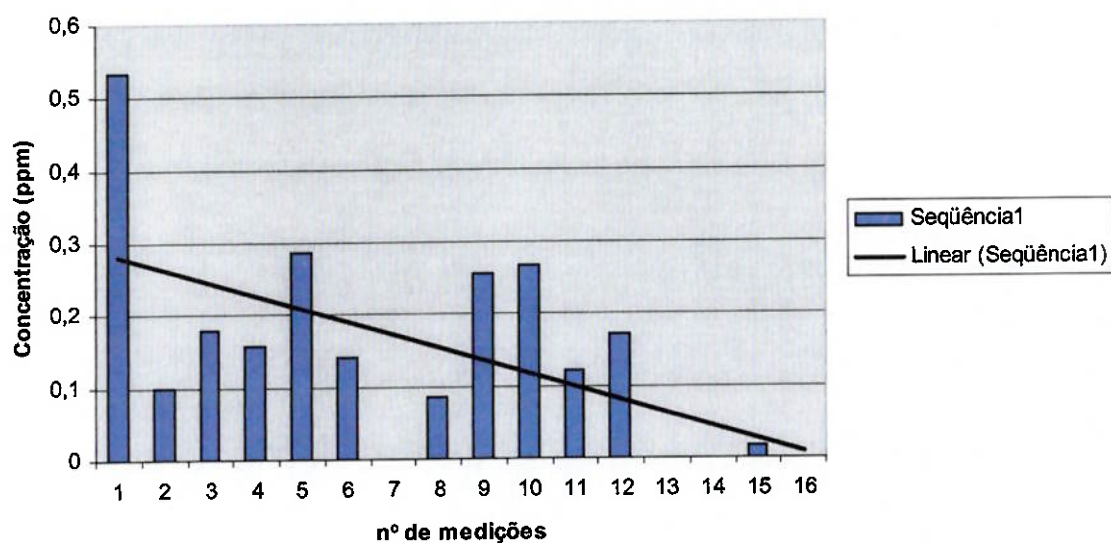
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 11)



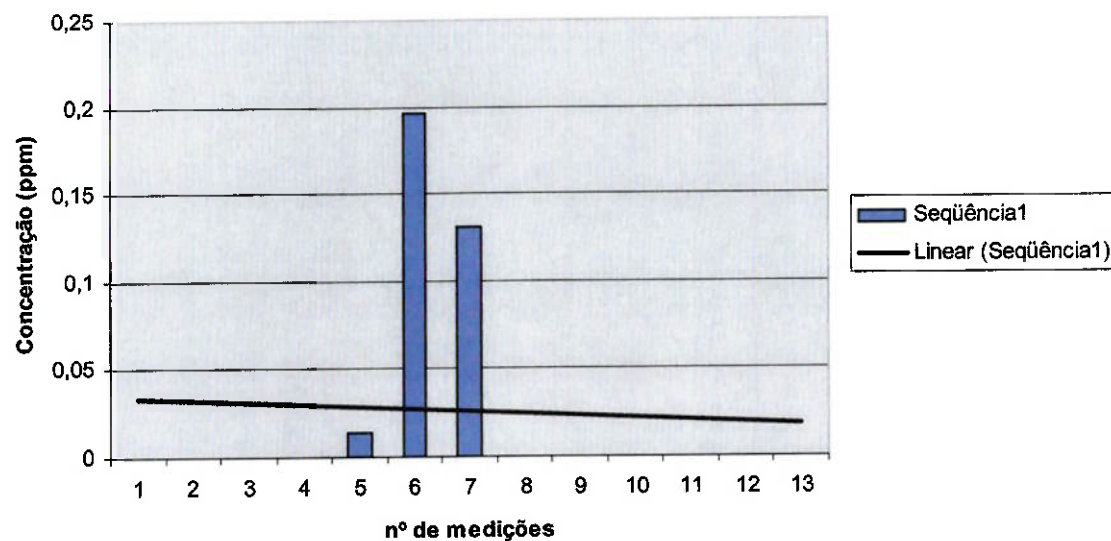
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 12)



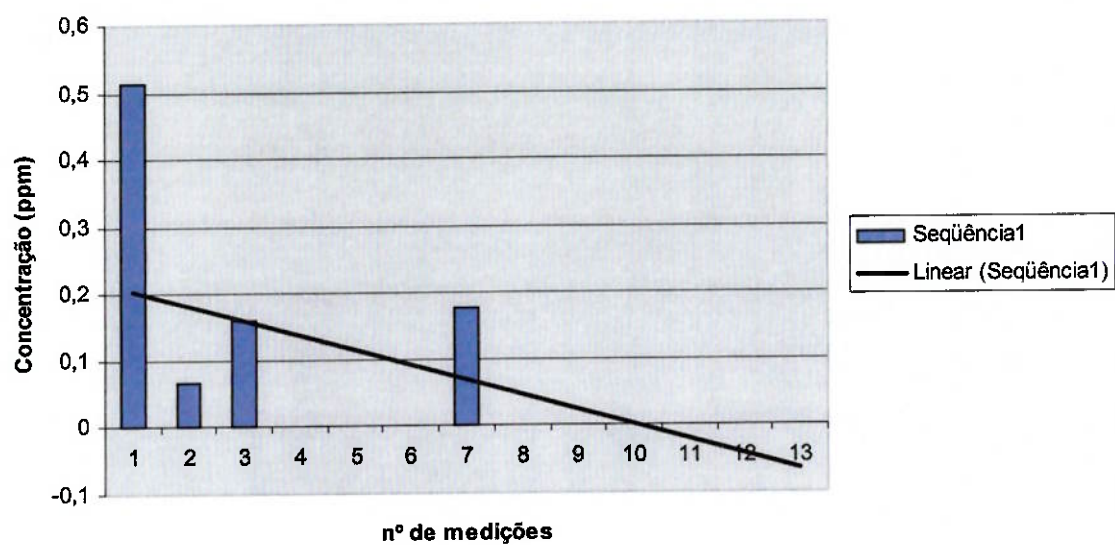
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 13)



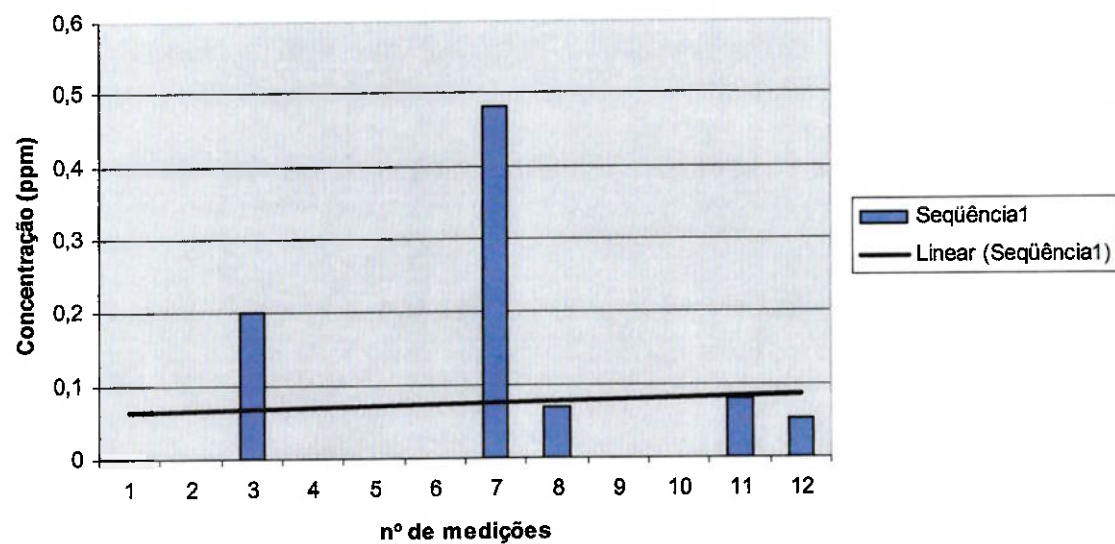
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 14)



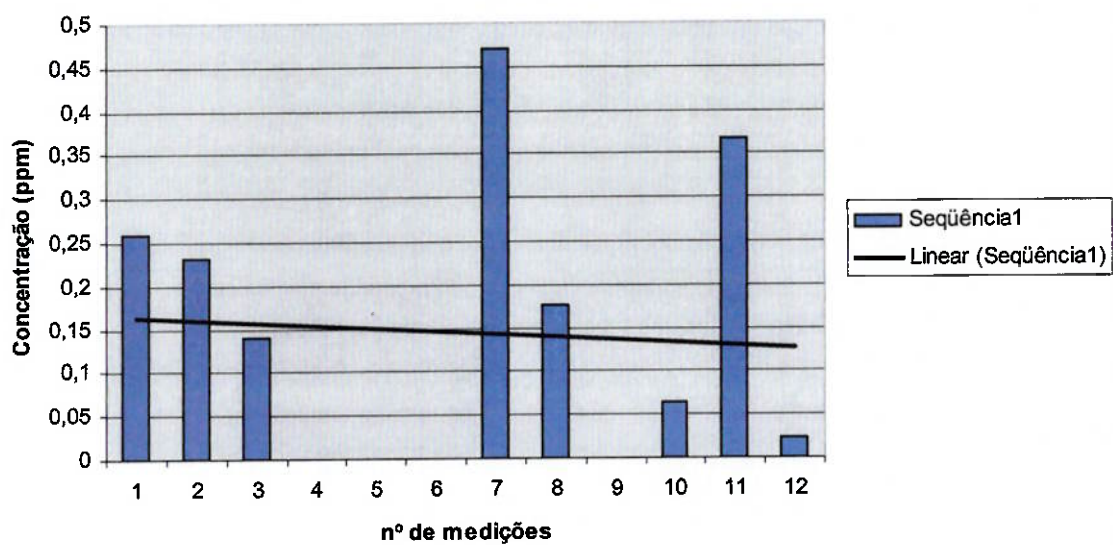
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 15)



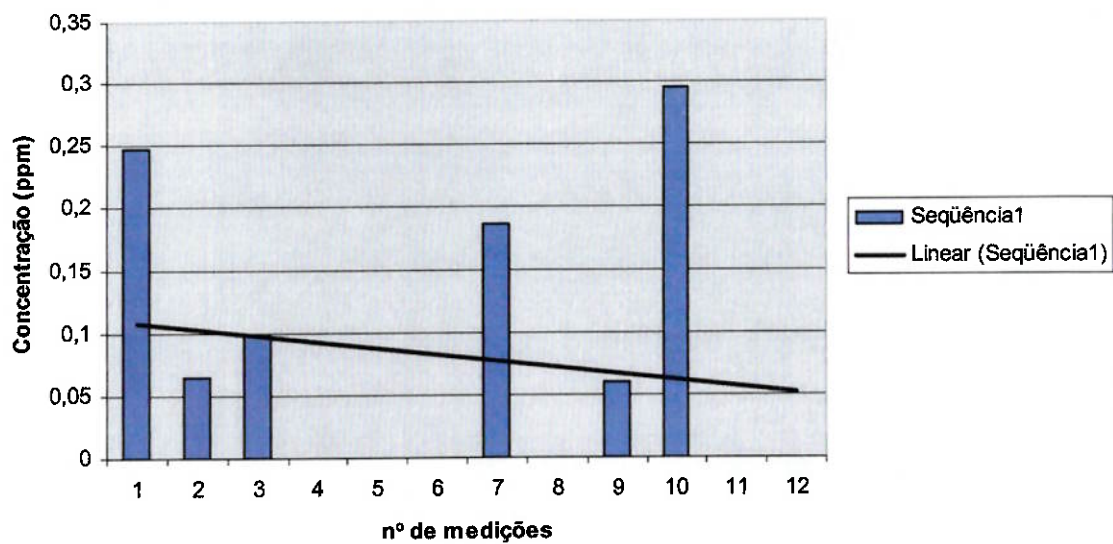
Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 16)



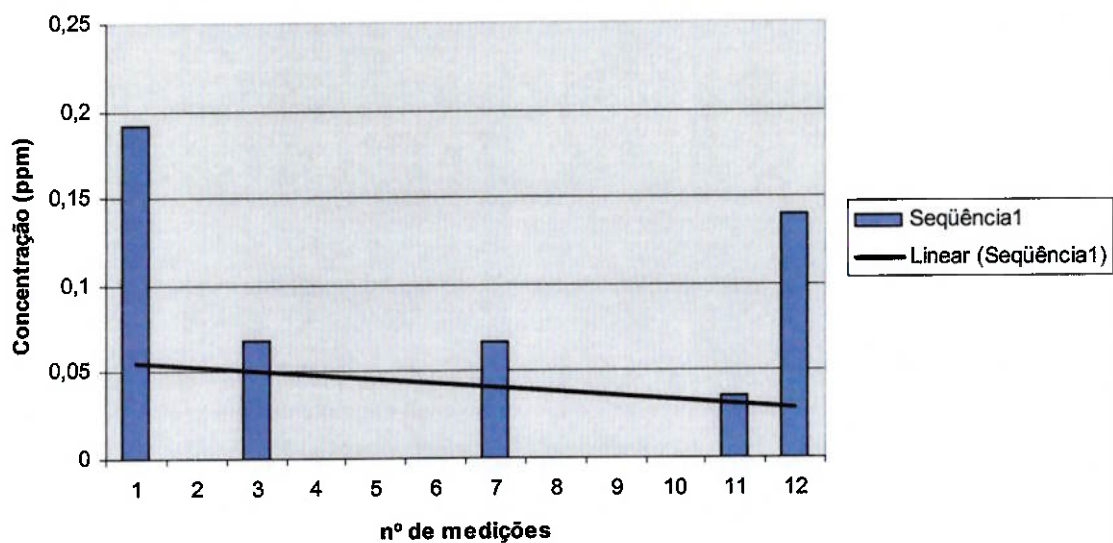
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 17)**



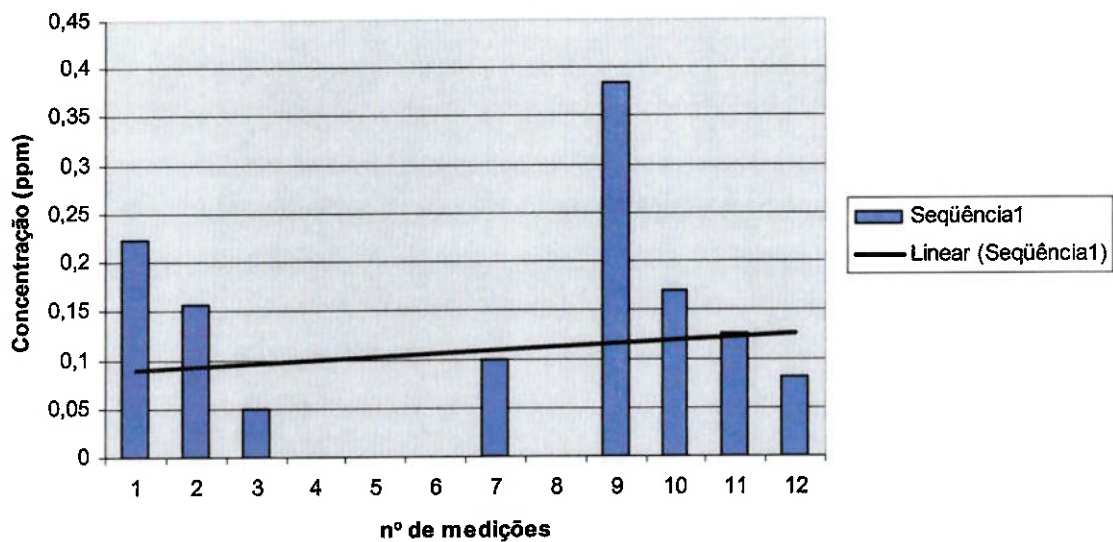
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 18)**



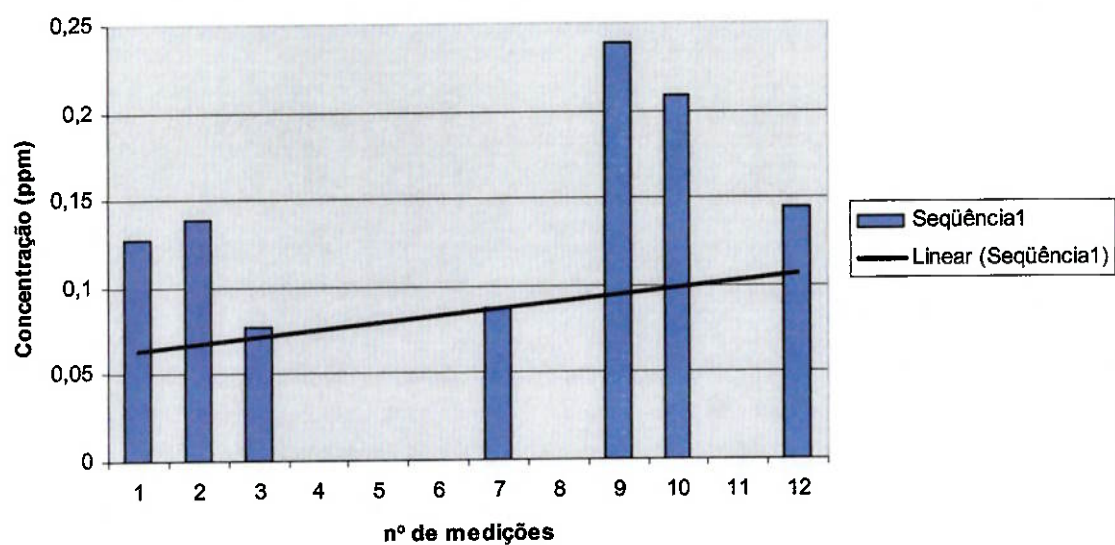
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 19)**



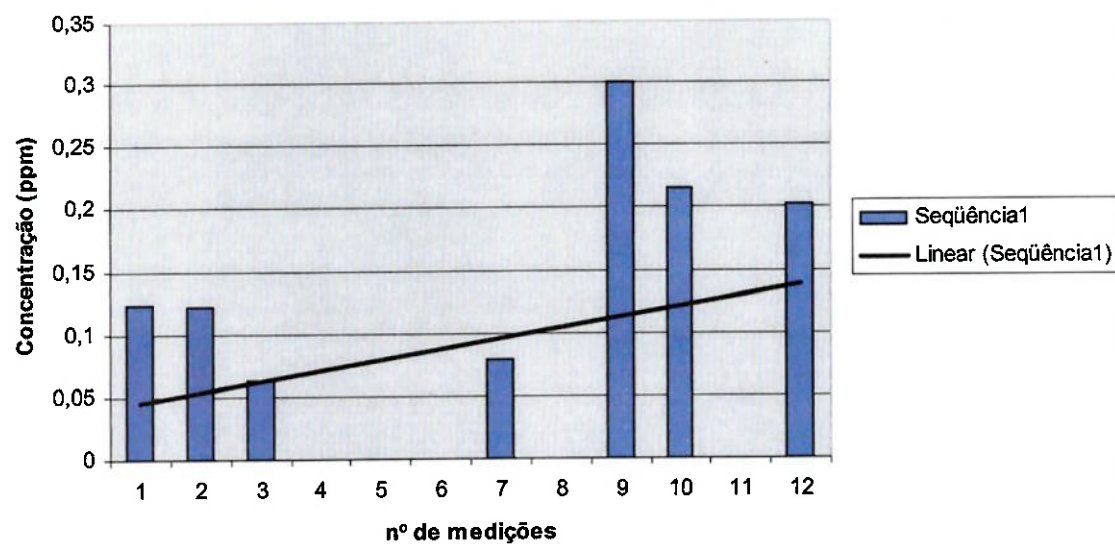
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 20)**



Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 21)

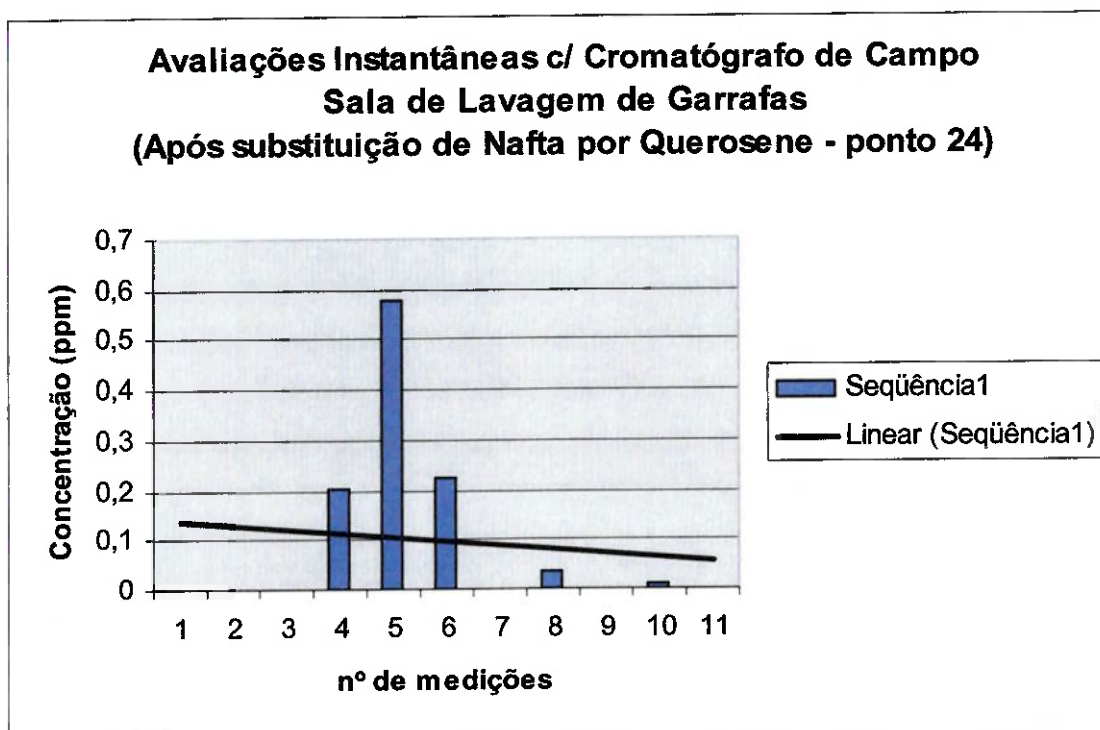
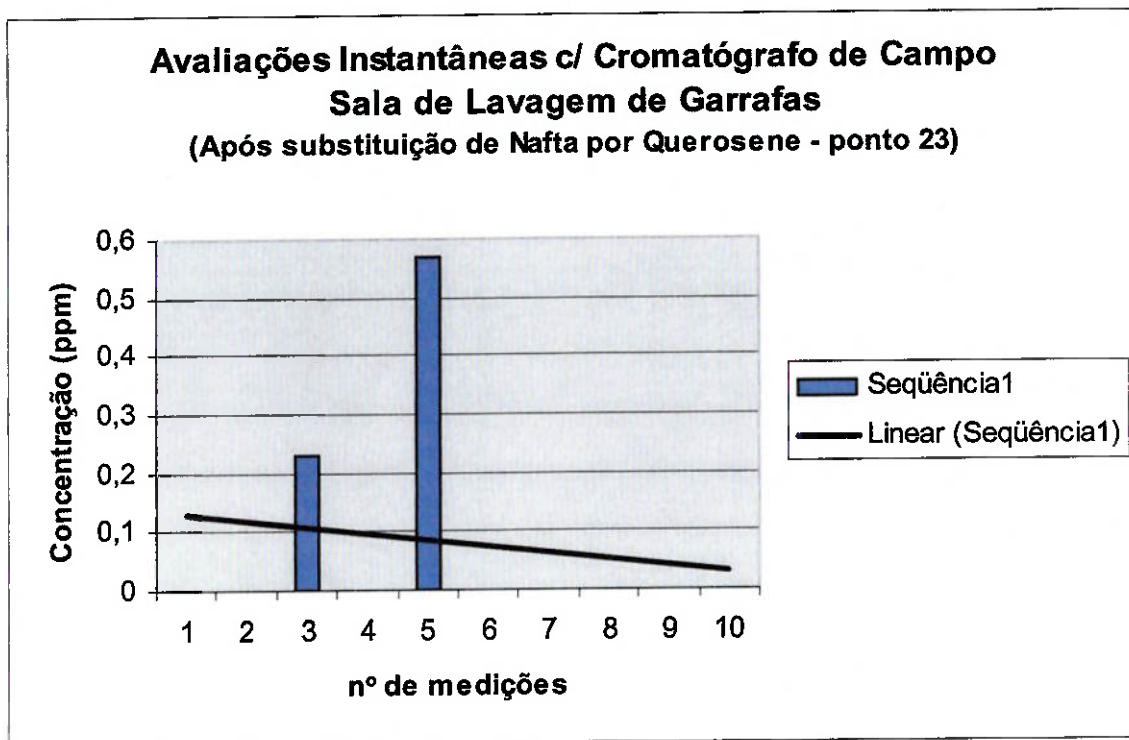


Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
(concentrações no ponto 22)

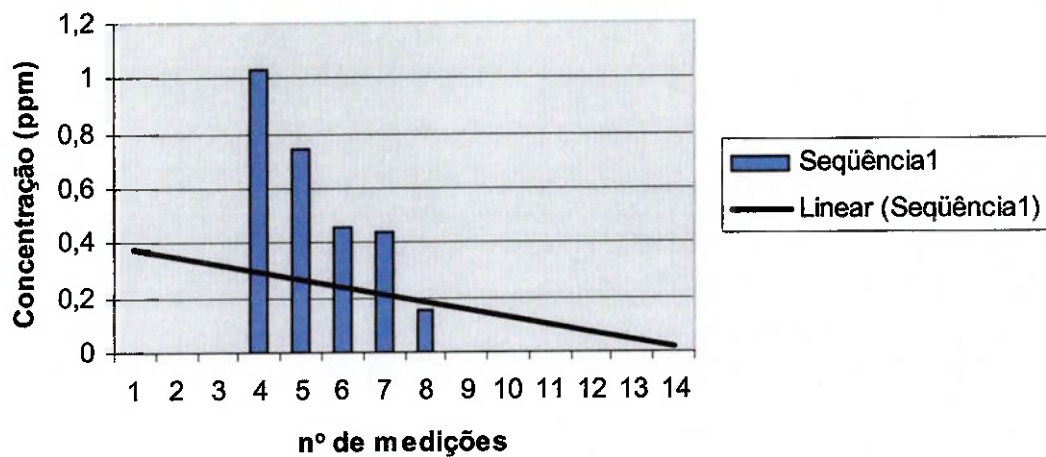


Anexo K - Evolução dos Resultados Sala de Lavagem de Garrafas

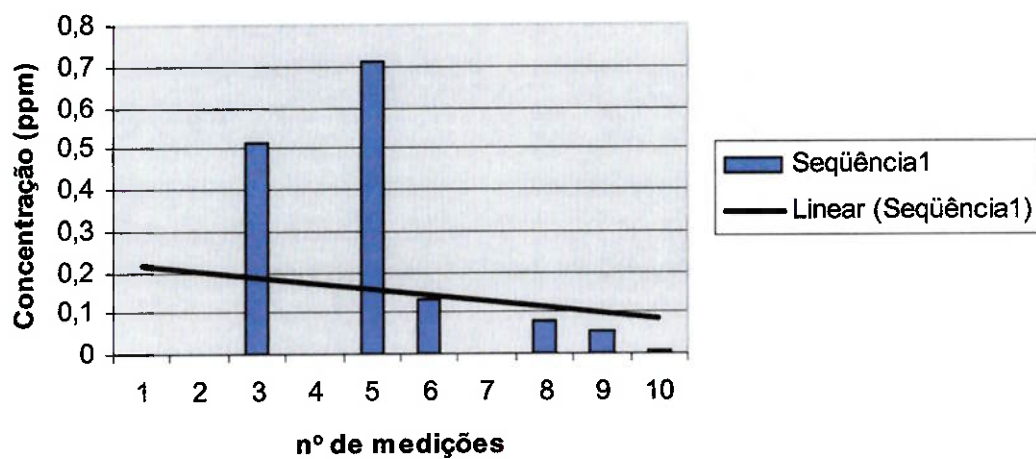
Evolução dos Resultados Sala de Lavagem de Garrafas



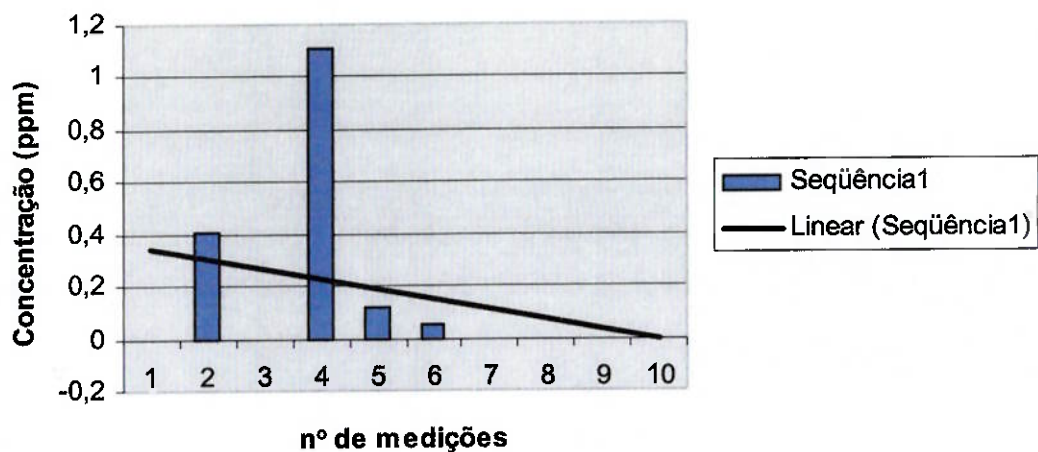
**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
Sala de Lavagem de Garrafas
(Após substituição de Nafta por Querosene - ponto 25)**



**Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
Sala de Lavagem de Garrafas
(Após substituição de Nafta por Querosene - ponto 26)**



Avaliações Instantâneas c/ Cromatógrafo de Campo
Sala de Lavagem de Garrafas
(Após substituição de Nafta por Querosene - ponto 27)



Anexo L – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 1 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do produto: BENZENO
Código interno de identificação: Pb0010
Nome da empresa: Petróleo Brasileiro S. A.
Endereço: Avenida Chile, 65.

2 - COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE OS INGREDIENTES

>>>SUBSTÂNCIA

Nome químico comum ou nome genérico: Benzeno.
Sinônimos: Benzol; ciclohexatrieno; hidreto de fenila; benzeno grau de nitração.
Registro CAS: Benzeno (CAS 71-43-2): 99,8 % (p/p).
Ingredientes que contribuem para o perigo: Tolueno (CAS 108-88-3): 0,1 % (p/p);
Etilbenzeno (CAS 100-41-4): 0,1 % (p/p).

3 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES

- Perigos físicos e químicos: Líquido inflamável.
- Perigos específicos: Produto inflamável e tóxico.

EFEITOS DO PRODUTO

- Principais sintomas: Pode causar dor de cabeça, tonteira, sonolência e euforia inicial, seguida de depressão com embriaguez.

4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

Inalação: Remover a vítima para local arejado. Se a vítima não estiver respirando, aplicar respiração artificial. Se a vítima estiver respirando, mas com dificuldade, administrar oxigênio a uma vazão de 10 a 15 litros / minuto. Procurar assistência médica imediatamente, levando o rótulo do produto, sempre que possível.

Contato com a pele: Retirar imediatamente roupas e sapatos contaminados. Lavar a pele com água em abundância, por pelo menos 20 minutos, preferencialmente sob chuveiro de emergência. Procurar assistência médica imediatamente, levando o rótulo do produto, sempre que possível.

Contato com os olhos: Lavar os olhos com água em abundância, por pelo menos 20 minutos, mantendo as pálpebras separadas. Usar de preferência um lavador de olhos. Procurar assistência médica imediatamente, levando o rótulo do produto, sempre que possível.

Ingestão: Não provocar vômito. Se a vítima estiver consciente, lavar a sua boca com água limpa em abundância e fazê-la beber água. Procurar assistência médica imediatamente, levando o rótulo do produto, sempre que possível.

Notas para o médico: Depressor do sistema nervoso central. Tóxico para a medula óssea.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 2 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção apropriados:	Espuma para hidrocarbonetos, neblina d'água, pó químico e dióxido de carbono (CO ₂).
Perigos específicos:	O fogo pode ocasionar a emissão de gases irritantes e venenosos.
Métodos especiais:	Resfriar com neblina d'água, os recipientes que estiverem expostos ao fogo. Remover os recipientes da área de fogo, se isto puder ser feito sem risco.
Proteção dos bombeiros:	Em ambientes fechados, usar equipamento de resgate com suprimento de ar.

6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais

- Remoção de fontes de ignição:	Eliminar todas as fontes de ignição, impedir centelhas, fagulhas, chamas e não fumar na área de risco. Isolar o vazamento de todas as fontes de ignição.
- Controle de poeira:	Não se aplica (produto líquido).

Precauções ao meio ambiente:

Estancar o vazamento se isso puder ser feito sem risco. Não direcionar o material espalhado para quaisquer sistemas de drenagem pública. Evitar a possibilidade de contaminação de águas superficiais ou mananciais. Restringir o vazamento à menor área possível. O arraste com a água deve levar em conta o tratamento posterior da água contaminada.

Métodos para limpeza

- Recuperação:	Recolher o produto em recipiente de emergência, devidamente etiquetado e bem fechado. Conservar o produto recuperado para posterior eliminação.
- Neutralização:	Absorver com terra ou outro material absorvente.
- Disposição:	Não dispor em lixo comum. Não descartar no sistema de esgoto ou em cursos d'água. Confinar, se possível, para posterior recuperação ou descarte. A disposição final desse material deverá ser acompanhada por especialista e de acordo com a legislação ambiental vigente.

Nota:

Contactar o órgão ambiental local, no caso de vazamentos ou contaminação de águas superficiais, mananciais ou solos.

7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

MANUSEIO

Medidas técnicas:

Providenciar ventilação local exaustora onde os processos assim o exigirem. Todos os elementos condutores do sistema em contato com o produto devem ser aterrados eletricamente. Usar ferramentas anti-faíscantes.

- Prevenção da exposição do trabalhador:	Utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) para evitar o contato direto com o produto.
--	--

Orientações para manuseio seguro:

Manipular respeitando as regras gerais de segurança e higiene industrial.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 3 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

ARMAZENAMENTO

Medidas técnicas:

O local de armazenamento deve ter o solo impermeável, com dique de contenção para reter o produto em caso de vazamento.

Condições de armazenamento

- Adequadas:

Estocar em local adequado com bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento, com permeabilidade permitida pela norma ABNT-NBR-7505-1.

- Sinalização de risco:

As áreas, recipientes, equipamentos e pontos de exposição devem ser sinalizados com os dizeres "PERIGO: PRESENÇA DE BENZENO - RISCO À SAÚDE" e o acesso a estas áreas deverá ser restringido a pessoas autorizadas. A rotulagem deve destacar a ação cancerígena do produto, de maneira facilmente compreensível pelos trabalhadores e usuários, incluindo obrigatoriamente a instrução de uso, riscos à saúde e doenças relacionadas, e medidas de controle adequadas, em cores contrastantes, de forma legível e visível.

Produtos e materiais incompatíveis:

Pode reagir violentamente com materiais oxidantes, tais como ácido sulfúrico, anidrido crômico, cloro, misturas de permanganatos, oxigênio e percloratos em geral. O benzeno pode atacar algumas formas de plásticos, borrachas e materiais refratários (coating).

8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Medidas de controle de engenharia:

A manipulação deste produto deve ser feita preferencialmente em processo hermeticamente fechado. Quando não for possível, manipular o produto em local com ventilação exaustora.

Parâmetros de controle

- Limites de exposição ocupacional

- Valor limite (Brasil, Portaria 14 MTb de 20/12/1995 NR 15 - Anexo 13A):

Valor de referência tecnológico - média ponderada (VRT - MPT) = 3,19 mg/m³ (1 ppm) @ 25 °C @ 10/kPa.

Grau de insalubridade: máximo.

Absorção pela pele: sim.

- Valor limite (EUA, ACGIH):

TLV/TWA: 0,5 ppm.

TLV/STEL: 2,5 ppm.

Absorção pela pele: sim.

- Valor limite (EUA, NIOSH):

TWA: 0,1 ppm.

STEL: 1 ppm.

IDLH: 500 ppm.

- Limite de odor (EUA, EPA):

Inferior: 0,84 ppm.

Médio: 31,3 ppm.

Superior: 53 ppm.

- Limite de odor na água:

2 ppm.

- Indicadores biológicos

(Portaria SIT/MTE NR 34 de 20/12/2001): 500 µg/g creatinina (ácido t,t-mucônico, urina).



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 4 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

Procedimentos para monitoramento:

Monitoramento ambiental e pessoal em intervalos regulares.

Equipamento de Proteção Individual

- Proteção respiratória:

Em concentrações menores que 0,1 ppm usar respirador com filtro químico para vapores orgânicos. Em concentrações acima de 0,1 ppm usar equipamento de respiração autônoma ou conjunto de ar mandado com proteção facial total.

- Proteção das mãos:

Luvas de PVC, PVA ou PVAL em atividades de contato direto com o produto.

- Proteção dos olhos:

Nas operações onde possam ocorrer projeções ou respingos, recomenda-se o uso de óculos de segurança ou protetor facial.

- Proteção da pele e do corpo:

Vestimenta apropriada.

Precauções especiais:

Manter chuveiros de emergência e lavador de olhos disponíveis nos locais onde haja manipulação do produto.

Medidas de higiene:

Higienizar roupas e sapatos após o uso. Métodos gerais de controle utilizados em Higiene Industrial devem minimizar a exposição ao produto. Não comer, beber ou fumar ao manusear produtos químicos. Separar as roupas de trabalho das roupas comuns.

9 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Aspecto

- Estado físico:

Líquido límpido.

- Cor:

Incolor.

- Odor:

Característico de hidrocarbonetos aromáticos.

Temperaturas específicas

- Ponto de ebulição:

80,1 °C @ 101,325 kPa (760 mmHg).

- Ponto de fusão:

5,5 °C.

Ponto de fulgor:

- 11 °C (vaso fechado).

Temperatura de auto-ignição:

562 °C.

Limites de explosividade no ar

- Superior (LSE):

8,0 %.

- Inferior (LIE):

1,4 %.

Pressão de vapor:

75 mmHg @ 20 °C.

Densidade de vapor:

2,77.

Densidade:

0,880 g/mL.

Solubilidade

- Na água:

Solúvel (0,180 g/100 mL @ 25 °C).

- Em solventes orgânicos:

Solúvel na maioria dos solventes orgânicos.

Taxa de evaporação:

4 (acetato de n-butila = 1).

Limite de odor:

12 ppm (ACGIH 1991); 4,68 ppm (CHRIS 2001) e 1,5 - 4,7 ppm (ASTDR, 1993).

Viscosidade:

0,60 cP @ 20 °C.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 5 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Condições específicas

Instabilidade:

Estável sob condições normais de uso.

Materiais / substâncias incompatíveis:

Pode reagir violentamente com materiais oxidantes, tais como ácido sulfúrico, anidrido crômico, cloro, misturas de permanganatos, oxigênio e percloratos em geral.

11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda

- Inalação:

CL50 (rato) = 10.000 ppm (7 h).

- Ingestão:

DL50 (rato) = 3.306 mg/kg.

Sintomas:

Exposição em altas concentrações tem efeito narcótico: perda de consciência podendo evoluir até a morte. Pode causar fadiga, tonteira, falta de apetite, emagrecimento e tendência a sangramento.

Efeitos locais

- Inalação:

Irritação das mucosas com tosse e rouquidão, podendo causar edema pulmonar, pneumonia e hemorragia nas áreas de contato.

- Contato com a pele:

Irritação inicial podendo levar a queimadura, se o contato for com o produto na forma líquida (dermatite de contato).

- Contato com os olhos:

Irritação intensa com sensação de queimação na forma líquida, e moderada na forma de vapor. Pode causar queimadura se o contato for prolongado.

Toxicidade crônica

- Inalação:

Extremamente tóxico por inalação, podendo nos casos de exposição prolongada, levar a doenças sangüíneas graves.

- Contato com a pele:

Absorvido por qualquer via de penetração, pode causar alterações no órgão formador de sangue, como: anemia, leucopenia e plaquetomia, mesmo em pequenas e repetidas quantidades.

- Ingestão:

Por ingestão causa irritação, porém é moderado o efeito sistêmico.

Efeitos específicos

- Carcinogênico:

O produto é cancerígeno ao homem, podendo provocar leucemia. Carcinogênico para o homem, conforme ACGIH (classificação A1).

Informações adicionais:

A absorção causa efeitos tóxicos para o sistema nervoso central.

12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Mobilidade:

Volátil.

Impacto ambiental:

Seus vapores são prejudiciais ao meio ambiente.

Ecotoxicidade

- Efeitos sobre organismos aquáticos:

O produto é tóxico para a vida aquática mesmo em baixas concentrações. Pode transmitir qualidades indesejáveis à água, prejudicando o seu uso.

- Efeitos sobre organismos do solo:

Pode afetar o solo e, por percolação degradar a qualidade das águas do lençol freático.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 6 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

Métodos de tratamento e disposição

- Produto: O tratamento e a disposição do produto devem ser avaliados tecnicamente, caso a caso.
- Resíduos: Descartar em instalação autorizada.
- Embalagens usadas: Descartar em instalação autorizada.

14 - INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Regulamentações nacionais

Vias terrestres (MT, Resolução 420/2004):

Número ONU: 1114
Nome apropriado para embarque: BENZENO.
Classe de risco: 3
Risco subsidiário: -
Número de risco: 33
Grupo de embalagem: II
Provisões especiais: -
Quantidade isenta: 333 kg.

15 - REGULAMENTAÇÕES

Etiquetagem

Classificação conforme NFPA:

Incêndio: 3
Saúde: 3
Reatividade: 0
Outros: Nada consta.

Regulamentação conforme CEE:

Rotulagem obrigatória (auto classificação) para substâncias perigosas: aplicável (CEE 200-753-7).

Classificações / símbolos:

TÓXICO (T); INFLAMÁVEL (F).

Frases de risco:

R11 Substância inflamável.
R45 Vide classificação de carcinogenia pela ACGIH.
R48/23/24/25 Tóxico: exposição prolongada por inalação, ingestão ou contato com a pele pode causar danos sérios à saúde.
R52/53 Nocivo para os organismos aquáticos com possíveis efeitos nocivos em sistemas aquáticos a longo prazo.

Frases de segurança:

S45 Em caso de acidentes ou indisposição consultar assistência médica imediatamente.
S53 Evitar exposição ao produto - consultar medidas específicas de manuseio.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: BENZENO

Página 7 de 7

Data: 01/12/2004

Nº FISPQ: Pb0010_P

Versão: 0.1P

Anula e substitui versão: todas anteriores

16 - OUTRAS INFORMAÇÕES

Referências bibliográficas:

Seção 14: Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos do Ministério de Transporte (Resolução 420 de 12 de fevereiro de 2004)

Nota:

As informações e recomendações constantes desta publicação foram pesquisadas e compiladas de fontes idôneas e capacitadas para emití-las, sendo os limites de sua aplicação os mesmos das respectivas fontes. Os dados dessa ficha de informações referem-se a um produto específico e podem não ser válidos onde este produto estiver sendo usado em combinação com outros. A Petrobras esclarece que os dados por ela coletados são transferidos sem alterar seu conteúdo ou significado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KIRK RE, Othmer DF, Mark HF, Standen A. "Benzene," in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. A. Standen, Ed. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994, Vol. 4.

Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM. Guia da Indústria Química Brasileira. São Paulo-SP. 2005.

Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM. Anuário da Indústria Química Brasileira. São Paulo-SP. 2002.

VERMA Y, RANA, SVS. Biological monitoring of exposure to benzene in petrol pump workers and dry cleaners. *Industrial Health* 2001. 330p.

INFANTE PF. Benzene: an historical perspective on the American and European occupational setting. European Environmental Agency, Environmental Issue Report nº 22, 2001.

DUARTE-Davidson R. Courage C, RUSHTON L, LEVY L. Benzene in the environment: an assessment of the potencial risks to the health of the population. *Occupational and Environmental Medicine*. 2001. 58p.

KORTE JE, HERTZ-Picciotto I, SCHULZ MR, Ball LM, Duell EJ. The Contribution of Benzene to Smoking-Induced Leukemia. *Environmental Health Perspectives*. 2000. 339p.

JAMBERG J, JOHANSON G, LOF A. Toxicokinetics of inhaled trimethylbenzenes in man. *Toxicol Apppl Pharmacol*. 1996. 281p.

HANKE J, DUTKIEWICZ T, PIOTROWSKI J. The absorption of benzene through human skin. *Int J Occup Environ Health*. 2000. 104p.

AKSOY, M, DINCOL K, AKGUN T. Hematological effects of chronic benzene poisoning in 217 workers. Br J ind Med. 1971. 296p.

AKSOY M, ERDEN S, DINCOL G. Leukemia in shoe-workers exposed chronically to benzene. Blood. 1974. 837p.

RUIZ MA, VASSALLO J, SOUZA CA. Alterações hematológicas em pacientes expostos cronicamente ao benzene. Rev Saúde Pública. 1993. 151p.

MALLORY TB, GALL EA, BICKLEY WJ. Chronicle exposure to benzene. J Ind Hyg Toxicol. 1939. 393p.

GOLDSTEIN, BD. Hematotoxicity in humans. J. Toxicol. Environ. Health. 1977 (Suppl.). 105p.

GOLDSTEIN, BD, SNYDER, CA.. "Benzene leukemogenesis." Environ. Sci. 1982. 289p.

AKSOY, M. Benzene as a leukemogenic and carcinogenic agent. Am. J. Ind. Med. 1985. 123p.

LYNGE E, ANDERSEN A, NILSSON R, BARLOW L, PUKKALA E, NORDLINDER R et al. Risk of cancer and exposure to gasoline vapors. Am J Epidemiol. 1997. 449p.

AKSOY M. Hematoxicity and carcinogenecity of benzene. Environ Med Perspectives. 1989. 193p.

Manual de Procedimentos para Serviços de Saude - Doenças Relacionadas ao Trabalho. Fundacentro. 2001 580p;

ARCURI Arline Sydneia Abel e CARDOSO Luiza Maria Nunes. Acordo de Legislação Sobre Benzeno 10 anos. MTE / Fundacentro. 2005 135p.

Benzeno - Subsídios Técnicos à Secretaria da Segurança e Saúde no Trabalho. MTE / Fundacentro. 2005. 86p

Segurança e Medicina do Trabalho. Manual de Legislação. Ed Atlas 52ª edição 2004 690p

TLV's e BEIs baseados na documentação dos Limites de Exposição (TLV's) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos. ACGIH. 2005 226p

GOES, R. C. Silva. Manual de Toxicologia do Refino de Petróleo. Petrobras. 1991. 91p

MELO, J. F. "Estudo comparativo de indicadores de efeito e de exposição para detecção de agravos à saúde de trabalhadores expostos ao benzeno em uma refinaria de petróleo de grande porte". Dissertação de Mestrado, NESC, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004

Organização das Nações Unidas. Agenda 21, capítulo 19. Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Rio de Janeiro. 1992.

Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 14 de 20.12.1995. Brasília – DF.

Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. Portaria nº 3.214 de 08.06.1978. Brasília – DF.

CARVALHO Albertinho B. de. Benzeno. Mte Fundacentro Centro Estadual de Santa Catarina. 1995 86p.

TORLONI M, Vieira Antonio V...Manual de Proteção Respiratória..ABHO..2003..518p.

Escola Politécnica da USP. Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses. São Paulo. 2001

COSTA Marco Antonio F; Costa Maria de Fátima B..Metodologia da Pesquisa Conceitos e Técnicas..Ed Internacional 2001 135p

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Página da química.
<http://inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/jornal/Benzeno.html> (acessado em 23/Fev/2005).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. History of ACGIH.
<http://www.acgih.org/about/history.htm> (acessado em 24/fev/2005).

Aromatics on line. <http://www.aromaticsonline.com/facts.html> (acessado em 26/fev/2005).

Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. Comissão Nacional Permanente do benzeno. Cadastro de empresas que trabalham com o benzeno.
http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/cetrab/Consulta_UF_frm.asp (acessado em 16/mar/2005).

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for benzene
Agency for toxic substances and disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1993. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.html>
(acessado em 03/mar/2005).

Gist GL, Burg JR. Benzene-A Review of the Literature from a Health Effects Perspective.
<http://www.atsdr.cdc.gov/NER/BENZENE;benzene.html> (acessado em 28/fev/2005).

The Cancer Directory: Fab M0 Leukemia.
<http://www.cancerdir.com/Leukemia4/fabm0leukemia/> (acessado em 03/jan/2005).

Society for Hematopathology. World Health Organization: Classification of Neoplastic Diseases of the Hematopoietic and Lymphoid Tissues.
http://www.dartmouth.edu/~nlevy/WHO_Classification.html (acessado em 03/jan/2005).

National Cancer Institute. Tipos e distribuição das leucemias.
<http://www.nci.nih.gov/cancertopics/types/leukemia> (acessado em 17/fev/2005).

Fichas de Informação de segurança de Produto Químico - FISPQ (Petrobras)
<http://www.sms.petrobras.com.br/scripts/fichas/index.asp> (acessado em 03/jan/2005).

www.toxikon.com.br

www.cdc.gov/niosh/homepage.html