

**LUIS AURÉLIO MORAES BRUNO**  
**JOAQUIM LIGEIRO DOS SANTOS NETO**  
**NAIR HIGA**

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NAS**  
**PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**  
**DA BACIA DE CAMPOS**

**EPMI**  
**ESP/HO-2008**  
**B836a**

**São Paulo**

**2008**

**LUIS AURÉLIO MORAES BRUNO**  
**JOAQUIM LIGEIRO DOS SANTOS NETO**  
**NAIR HIGA**

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO NAS**  
**PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**  
**DA BACIA DE CAMPOS**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título no Curso de  
Especialização em Higiene Ocupacional

São Paulo

2008

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo obter um entendimento da exposição ocupacional dos trabalhadores das plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos. A metodologia empregada seguiu a abordagem definida na Instrução Normativa n.º 1 da Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho de 20 de Dezembro de 1995 e nas Normas de Higiene Ocupacional da Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO visando avaliar as eventuais exposições individuais ao benzeno dos trabalhadores cujas atividades e tarefas propiciam maior contato com o petróleo bruto ou gás natural.

A exposição individual foi realizada nas atividades críticas da jornada com amostra de curta duração e nas atividades rotineiras com amostragem única de período completo sendo que esses resultados tratados estatisticamente visando tomada de decisões sobre a exposição de uma jornada. Simultaneamente às avaliações ocupacionais, foram mensurados os teores de benzeno nas linhas de processo de produção. Os resultados encontrados evidenciam que os trabalhadores das plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos não têm exposição significativa ao benzeno à luz da legislação brasileira e estrangeira.

**Palavras-chaves:** Exposição Ocupacional, Benzeno, Petróleo, Bacia de Campos

## **ABSTRACT**

The present work has objective an understanding of the workers of the petroleum production platforms of Campos' Basin occupational exposure. The methodology follows the approach defined by the Standard Instruction Number 1 from The General Office for Safety and Health of the Labor Worker, dated from 1995, December 20th and by Occupational Health Regulations from Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, seeking to evaluate the individual exposures to benzene of oil field workers whose activities and tasks provide closer contact with crude oil or natural gas. Besides the individual exposure, Benzene percentage has been measured at the production process and biological indexes of exposure have been evaluated simultaneously to the occupational assessment. The results obtained prove that the workers of oil production platforms in Campos Basin Oil Field are exposed to values of this hazardous substance below the limits professed by the Brazilian and foreign legislation.

Words keys: Occupational Exposure, Benzene, Oil, Campos Basin

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Distribuição das plataformas em famílias.....	16
Tabela 1.2 – Resultado da escolha.....	16
Tabela 2.1 – Resultado da coleta de Amostragem Única – Plataforma 01.....	26
Tabela 2.2 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 02.....	28
Tabela 2.3 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 03.....	30
Tabela 2.4 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 04.....	32
Tabela 2.5 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 05.....	33
Tabela 2.6 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 01.....	35
Tabela 2.7 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 02.....	36
Tabela 2.8 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 03.....	36
Tabela 2.9 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 04.....	37
Tabela 2.10 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 05.....	37
Tabela 2.11 – Resultados para Benzeno em Amostras de Óleo nas Plataformas.....	38
Tabela 3.12 – Resultados da Coleta de Amostragem Única do GHE PRODUÇÃO da Plataforma 01.....	41
Tabela 3.13 – Parâmetros Estatísticos.....	43

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	8
<b>1 CARACTERIZAÇÃO</b>	10
1.1 Benzeno	10
1.1 Bacia de Campos	13
1.1.1 Plataformas	14
1.1.2 Critérios adotados	15
1.1.3 Características das Plataformas Escolhidas	16
1.2.3.1 Plataforma 01	16
1.2.3.2 Plataforma 02	17
1.2.3.3 Plataforma 03	18
1.2.3.4 Plataforma 04	19
1.2.3.5 Plataforma 05	20
<b>2 METODOLOGIA</b>	21
2.1 Reconhecimento	21
2.2 Estratégia de Amostragem	22
2.3 Avaliação Ocupacional	24
2.3.1 Escolha dos empregados para GHE	24
2.3.2 Avaliação de campo	24
2.3.2.1 Amostra Única de Período Completo	24
2.3.2.2 Amostragem de curta duração	25
2.3.3 Método analítico	25
2.4 Resultados	26
2.5 Monitoramento do Fluido no Processo de Produção de Petróleo	37
<b>3 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	39
3.1 Monitoramento da Corrente	39
3.2 Monitoramento da Exposição Ambiental	39
3.2.1 Amostras de Período Completo	39
3.2.2 Amostras de Curta Duração	45
<b>4 CONCLUSÕES</b>	46
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	48

## INTRODUÇÃO

O benzeno é um carcinógeno humano e grave poluente ambiental, sendo um componente natural no petróleo bruto e no gás natural não refinado.

Além da presença no petróleo bruto, Goes, 1997, menciona a presença de benzeno na indústria de petróleo como contaminante em derivados como gasolina, hexano, querosene e tolueno e em forma pura nos laboratórios.

Apesar de conhecido como causador de câncer e poluente, segundo Filho, 1988, o benzeno é importante produto de uso industrial, sendo utilizado como combustível, dissolvente de graxas e resinas e como matéria prima para fabricação de corantes.

Além de provocar câncer, segundo Torloni e Vieira, 2003, a inalação de vapores de benzeno causa mudança no material genético das células vivas, podendo tornar-se hereditário.

Reconhecendo que o benzeno é cancerígeno, o Ministério do Trabalho e Emprego (2004) em conjunto com o Ministério da Saúde, proibiram a comercialização de produtos acabados que contenham benzeno em sua composição, admitindo, porém sua presença como agente contaminante cujo percentual em volume hoje é de 0,1% no máximo. Para os combustíveis e derivados de petróleo o percentual máximo em volume admitido é de 1%.

Baseado nessa revisão bibliográfica, esse trabalho teve como objetivo mensurar a possível exposição ao benzeno dos trabalhadores que lidam com petróleo bruto ou gás natural suas tarefas rotineiras nas plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos através do monitoramento individual de curta e de longa duração e da medição dos percentuais em volume de benzeno no petróleo produzido relacionando-os com a exposição individual.

Monitoramentos da possível exposição ao benzeno já haviam sido realizados nas plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos. Entretanto, esses estudos ficaram limitados à exposição individual e os resultados comparadas isoladamente com os valores de referência e sem nenhum tratamento estatístico dos seus resultados.

O estudo ora apresentado teve como metodologia o levantamento de dados com visitas aos locais de trabalho, entrevistas e conhecimento dos procedimentos operacionais de produção e manutenção; o monitoramento da exposição individual de curto e de longo prazo, com base na Instrução Normativa n.º 1 da Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalhador do Ministério do Trabalho e Emprego de 20 de dezembro de 1995, doravante denominada de IN 01; o tratamento estatístico dos resultados encontrados e a comparação com o Limite de Exposição Ocupacional da American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH.



# 1 CARACTERIZAÇÃO

## 1.1 Benzeno

O benzeno é um hidrocarboneto aromático que se apresenta na forma de líquido, incolor, solúvel em gordura, volátil, inflamável e de odor característico.

Segundo Filho, 1988, é perceptível em um volume de 1 por 3500, e miscível na maioria dos solventes orgânicos.

Os estudos epidemiológicos demonstraram uma associação entre a alta exposição ao benzeno e o desenvolvimento de leucemia. Nenhum limiar da carcinogenicidade foi demonstrado e não é possível estabelecer um nível abaixo do qual os riscos à saúde deixem de existir. (WHITELEY; PLANT, 2000, tradução nossa).

Apesar disso, segundo Filho, 1988, o benzeno é importante produto industrial utilizado como combustível, dissolvente de graxas e resinas, bem como matéria prima para a fabricação de corantes, explosivos, etc.

Filho, 1998, cita que tanto o Benzeno como o Benzol (75% de benzeno, 15% de tolueno, 9% de xileno, 1% de outros) provocam uma enfermidade crônica denominada benzolismo e pela ingestão ou inalação de grandes quantidades, provocam intoxicação aguda sendo agressivo à medula óssea, o que implica em perturbações graves no sangue, como anemia<sup>1</sup> e leucopenia<sup>2</sup>.

Goes, 1997, ressalta que o benzendo não deve ser confundido com benzina que vem a ser uma mistura heterogênea de vários hidrocarbonetos tais como pentano, hexano, heptano, tolueno, xileno e pequenas quantidades de benzeno.

Filho, 1988, cita que o benzeno pode ser absorvido por via oral, cutânea ou por inalação e que atua primeiramente no sistema nervoso central, causando embriaguez e narcose.

---

<sup>1</sup> Deficiência de glóbulos vermelhos no sangue

<sup>2</sup> Diminuição do número de glóbulos brancos no sangue

Segundo Goes, 1997, o benzeno quando inalado, devido a sua grande afinidade com gordura, é distribuído e armazenado em tecidos ricos dessa substância como o sistema nervoso central e medula óssea.

O efeito agudo na via respiratória é irritação de brônquios e laringe, surgindo tosse, rouquidão e edema pulmonar. Porém o benzeno atua predominantemente no sistema nervoso central como depressor, levando ao aparecimento de fadiga, dor de cabeça, tontura, convulsão, coma e morte em consequência da parada respiratória. O benzeno predispõe a arritmias cardíacas graves, como a fibrilação ventricular, devido à sensibilização do miocárdio. A exposição em altas concentrações (20.000 ppm) é rapidamente fatal. (GOES, 1997, pg. 107)

Filho, 1988, afirma que a intoxicação por via oral causa irritação gástrica com vômitos e náuseas podendo ocorrer descoordenação muscular, transtornos de visão, delírio e convulsões.

A absorção pela pele pode provocar efeitos irritantes como dermatite de contato, áreas avermelhadas e bolhas pelo seu efeito desengordurante, sendo que o contato com os olhos provoca sensação de queimação com lesão das células epiteliais<sup>3</sup>, conforme Goes, 1997.

Segundo Filho, 1988, nas intoxicações crônicas, nota-se a sensação de fadiga, palidez dos tegumentos e dispnéia, hemorragias cutâneas, viscerais e na boca, nariz e no útero sendo agressivo à medula óssea.

A eliminação, segundo Filho, 1998, ocorre grande parte pela urina (livre ou conjugado, bem como metabolizado). Elimina-se também pelos pulmões (exalado), fezes, bile e suor.

A maior parte do restante se oxida a fenóis e polifenóis que são excretados como produtos de conjugação com sulfatos e com ácido glicurônico (glicuronídeos), pela urina, em sua maior parte.

Em realidade, de grande interesse toxicológico, são os derivados fenólicos e seus produtos de conjugação, pois os compostos fenólicos aumentam de maneira muito sensível no ao longo da intoxicação benzênica, e em presença de difenóis oxidáveis, em derivados quinônicos, as urinas dos intoxicados com benzeno, adquirem ao ar livre coloração marrom mais ou menos escura.

---

<sup>3</sup> Relativo a Epitélio, que vem a ser o tecido originado dos três folhetos germinativos, constituído por células justapostas e com pouca substância intercelular, e que reveste as superfícies externa e interna do corpo e toma parte nos processos de absorção, de secreção e sensoriais.

A primeira etapa no processo de biotransformação do benzeno ocorre com a formação do epóxido de benzeno, através de uma oxidase microsomal 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) (UFMG, 2008)

É importante ressaltar que, segundo a UFMG, a concentração do metabólito urinário corresponde a um valor médio ponderado, em relação ao período da exposição, ao momento da coleta e ao tempo de biotransformação da substância.

Entre os indicadores biológicos para avaliar a exposição ocupacional ao benzeno em baixos níveis de concentração no ar o ATTM é o de mais fácil determinação analítica (UFMG, 2008), e por isto foi decidido pela Comissão Nacional Permanente do Benzeno recomendá-lo como Índice Biológico de Exposição (IBE)<sup>4</sup> ao benzeno.

A Portaria n.º 34 de 20 de dezembro de 2001, emitida em conjunto pelo Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho e pela Secretaria de Inspeção do Trabalho, ambos pertencentes ao Ministério do Trabalho e Emprego recomenda a coleta da urina no final da jornada a partir do terceiro dia seguido de exposição. A amostra pode ser conservada por até cinco dias desde que em geladeira a 4°C,

A supra citada Portaria também indica que o valor de referência é de 0,5 mg/g (500 µg/g) de creatinina no ATTM.

A Norma Regulamentadora número 7 (NR 7) define o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP)<sup>5</sup> que deve ser correlacionado com a concentração do agente químico no ambiente de trabalho, definido como limite de exposição ocupacional. Entretanto, com a adoção do Valor de Referência Tecnológico (VRT), acarretou na

---

<sup>4</sup> Indicador Biológico de Exposição 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. (UFMG, 2008)

<sup>5</sup> O I.B.M.P. 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. (MTe, 2008)

necessidade de reavaliar o conceito de IBMP para o IBE ao benzeno, com modificações na maneira de interpretar os resultados obtidos.

O VRT é baseado principalmente na exeqüibilidade tecnológica e foram estabelecidos valores distintos para diferentes ramos industriais. O cumprimento do VRT é obrigatório, mas não exclui risco à saúde. Por isso, para o benzeno não faz sentido o estabelecimento de índice biológico máximo permitido. (UFMG,2008)

O método analítico usado é a cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), segundo a Ufmg, 2008 e, apesar dos valores de referência já contemplarem algumas interferências, a Ufmg, 2008, destaca que se deve atentar para o sorbitol, um aditivo de alimentos, que pode provocar uma discreta interferência, que é minimizada coletando a urina no final da jornada de trabalho, assim como o hábito de fumar também pode aumentar a concentração urinária do ATTM.

## 1.1 Bacia de Campos

Segundo, Revista, 2007, a primeira perfuração na Bacia de Campos foi um poço terrestre, também chamado de onshore, em 1959. No mar, conhecido como offshore, o primeiro poço foi perfurado e concluído em 1971, sendo que a primeira descoberta comprovada ocorreu em 1974 no, apesar de sua produção só iniciar em 1979.

Desde então, conforme Revista, 2007, a expansão das atividades na Bacia de Campos tornou-a responsável pela produção de aproximadamente 86 % do petróleo no país com 1,49 milhão de barris de petróleo por dia (bpd) e 22,05 milhões de metros cúbicos por dia de gás distribuída por 43 unidades de produção, sendo 15 plataformas fixas<sup>6</sup>, 13 sondas semi-submersíveis<sup>7</sup>, 14 FPSO<sup>8</sup> próprios e

---

<sup>6</sup> As plataformas fixas são constituídas de estruturas modulares de aço, instaladas no local de operação com estacas cravadas no fundo do mar.

<sup>7</sup> As plataformas semi-submersíveis são compostas de uma estrutura de um ou mais conveses, apoiada por colunas em flutuadores submersos.

<sup>8</sup> Floating, Production, Storage and Offloading – são navios com capacidade para processar e armazenar o petróleo, e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural.

contratados e 1 FSO<sup>9</sup>. Além das Unidades de Produção e Estocagem, a Bacia de Campos conta com 124 embarcações de apoio (navios e rebocadores), 27 sondas de perfuração e 56 helicópteros, sendo um deles dedicado exclusivamente para o resgate médico.

Para manter funcionando ininterruptamente, o maior complexo petrolífero do Brasil, Revista, 2007, afirma que são empregados 52 mil trabalhadores, que sendo 42 mil permanecem no local de trabalho, ou seja, embarcados, por períodos de 14 dias, folgando em seguida 21 ou 14 dias, conforme a empresa para a qual trabalham.

A bordo das plataformas, os trabalhadores exercem suas atividades em dois tipos de regime, qual seja, o turno e o sobreaviso. No regime de turno, são doze horas trabalhando e doze horas de descanso. Já no sobreaviso, os empregados trabalham 8 horas e ficam mais quatro horas à disposição, com doze horas para descanso e lazer.

Esse estudo considerou um conjunto de 32 plataformas de produção de petróleo e gás formada com aproximadamente 19000 trabalhadores e as amostras da exposição individual foram colhidas em atividades típicas durante o período do dia.

#### 1.1.1 Plataformas

Com base no princípio da inferência estatística (SHIMAKURA; JUNIOR, 2008) definiu-se que cinco plataformas comporiam uma amostra representativa da população composta por trinta e duas plataformas.

Entretanto, considerando que é difícil obter amostras aleatórias, conforme Shimakura; Junior, 2008, e para evitar vícios sistemáticos na escolha de uma amostra, utilizou-se o Método de Análise Hierárquica através do programa IPÊ desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense. O programa prioriza a seleção de alternativas em um processo que considere diferentes critérios de avaliação. A

---

<sup>9</sup> Floating, Storage and Offloading – são navios com capacidade de armazenar petróleo e prover a transferência de petróleo e/ou gás natural.

solução de problemas de decisão pelo Método de Análise Hierárquica está estruturada no desenvolvimento das seguintes etapas:

- a. Construção de hierarquia, identificando: foco principal; critérios; sub critério (quando houver) e, alternativas;
- b. Aquisição de dados ou coleta de julgamentos de valor emitidos por especialista
- c. Síntese dos dados obtidos dos julgamentos, calculando-se a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal; e,
- d. Análise da consistência do julgamento, identificando o quanto à modelagem é consistente. Vale registrar que a modelagem é composta pela hierarquia, pelos métodos de aquisição dos julgamentos de valor e pelos avaliadores.

#### 1.1.2 Critérios adotados

Os critérios adotados consideraram os tipos de plataformas existentes ao distribuí-las por famílias. Essa distribuição levou à classificação segundo sua complexidade construtiva, as variáveis existentes no processo de produção de óleo e gás, o inventário de produtos existentes na plataforma, o tempo de operação e a capacidade de acomodação de trabalhadores que pode variar de 100 até 350 pessoas.

Dentro das famílias, organizamos a hierarquia conforme histórico de ocorrência de benzeno, manutenção mais freqüente e dados de indicadores biológicos de exposição. Essas informações foram obtidas junto à gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da empresa proprietária das 32 plataformas de produção de petróleo que foram consideradas nesse trabalho.

Baseados nos critérios descritos, a distribuição ficou conforme mostra a tabela 1.1. e o resultado da escolha do Programa IPE é relacionado na tabela 1.2.

Tabela 1.1 – Distribuição das plataformas em famílias

Famílias de Plataformas	
Família	Plataformas -
FPSO complexo	P05, P03, P06, P07
FPSO médio	P08, P09
Plataforma fixa complexa	P02, P100, P101, P102, P01;
Plataforma fixa média	P103, P104, P105
Plataforma fixa simples	P106, P107, P108, P109, P200;
Semi-submersível complexa	P201, P202, P203, P204, P205, P04, P206
Semi-submersível média	P208, P207
Semi-submersível simples	P209, P300

Tabela 1.2 – Resultado da escolha

Plataformas Escolhidas	
Plataformas	Tipo
P03 e P05	Navio Complexo
P02 e P01	Plataforma Fixa Complexa
P04	Semi Submersível Complexa

### 1.1.3 Características das Plataformas Escolhidas

#### 1.2.3.1 Plataforma 01

A Plataforma 01 é uma unidade estacionária de produção do tipo plataforma fixa de produção de óleo e gás natural responsável pela exploração de dois campos de petróleo. Seu sistema de fixação no solo marinho é feito através de estacas que são cimentadas à Jaqueta. A jaqueta é uma estrutura tubular, cujas pernas servem de gabarito para as estacas, sendo ao mesmo tempo sustentação para os diversos pisos da Plataforma.

A produção Plataforma 01 é de aproximadamente 27.780 bpd e 1.000.000 metro cúbicos de gás por dia ( $\text{m}^3/\text{d}$ ), conforme sendo esses valores baseados na produção média mensal em 2007.

O sistema de coleta óleo da Plataforma 01 constitui-se de 27 poços interligados, sendo que vinte poços são produtores de óleo e gás, três poços são para injeção de água e um poço injeção de gás. Três poços se encontram fechados por estratégia de reservatório<sup>10</sup>.

A Plataforma 01 efetua apenas um estágio de separação de fluidos, sendo o óleo escoado para outra plataforma próxima através de oleoduto rígido. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes e ser descartada no mar. O gás produzido na Plataforma 1 é exportado para terra, via gasoduto.

#### 1.2.3.2 Plataforma 02

A Plataforma 02 é uma unidade estacionária de produção do tipo plataforma fixa de produção de óleo e gás natural responsável pela exploração de três campos de petróleo. Seu sistema de fixação no solo marinho é feito através de estacas que são cimentadas à Jaqueta. A jaqueta é uma estrutura tubular, cujas pernas servem de gabarito para as estacas, sendo ao mesmo tempo sustentação para os diversos pisos da Plataforma.

A produção Plataforma 02 é de aproximadamente 25.600 bpd e 1.500.000  $\text{m}^3/\text{d}$  de gás calculados em função da produção média mensal em 2007.

O sistema de coleta óleo da Plataforma 02 constituiu-se de 41 poços produtores e 1 poço injetor. Sendo 34 em operação (33 produtores e 1 injetor de água), 3 poços fechados, 4 poços aguardando abandono (atualmente fechados) e 1 aguardando interligação.

---

<sup>10</sup> Para aumentar a recuperação de petróleo de um campo utiliza-se do método de fechar alguns poços estrategicamente, de acordo com a demanda do mercado.



A Plataforma 02 além de sua produção, também processa e escoar a produção de outra plataforma que explota três campos produtores.

A Plataforma 02 efetua três estágios de separação de fluidos, sendo o óleo escoado para outra plataforma próxima através de oleoduto rígido. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes de ser descartada no mar. O gás produzido na Plataforma 2 é escoado diretamente para terra, via gasoduto.

Vale ressaltar que o gás depois de separado no terceiro estágio, vai para uma unidade de dessulfurização com monoetanolamina (MEA), para a retirada de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), sendo que esse gás, depois de separado é queimado.

#### 1.2.3.3 Plataforma 03

A Plataforma 03 é uma unidade estacionária de produção do tipo FPSO, ou seja, são navios com capacidade para processar e armazenar o petróleo, e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural. Seu sistema de fixação no solo marinho é feito através de correntes e cabos de amarração. O sistema de amarração, instalada a 780 m de profundidade consiste basicamente em 8 linhas de ancoragem, na região da proa, localizada dentro do turret (parte fixa do navio)<sup>11</sup>.

A produção Plataforma 03 é de aproximadamente 34.000 bpd e 600.000 m<sup>3</sup>/d conforme média mensal de 2007.

O sistema de coleta óleo da Plataforma 03 constituiu-se de 06 poços produtores de óleo e 02 poços injetores de água.

A Plataforma 03 além de sua produção, também processa e escoar a produção da plataforma 04 que explota um campo produtor.

A Plataforma 03 efetua três estágios de separação de fluidos, sendo o óleo escoado através do sistema de descarregamento de carga através da amarração de um navio aliviador que receberá o óleo estocado. Essa interligação entre a

---

<sup>11</sup> O turret é uma estrutura cilíndrica, na qual são conectadas as linhas de ancoragem e dutos de escoamento do FPSO e que permite seu livre giro em função da resultante das forças ambientais.

Plataforma 03 e o navio aliviador e feito por um mangote principal existindo também um mangote auxiliar que fica constantemente na água. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes e ser descartada no mar. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes e ser descartada no mar. O gás produzido na Plataforma 02 é escoado diretamente para terra, via gasoduto.

#### 1.2.3.4 Plataforma 04

A Plataforma 04 é uma unidade estacionária de produção do tipo semi-submersível, ou seja, são compostas de uma estrutura de um ou mais conveses, apoiada por colunas em flutuadores submersos.

A produção Plataforma 04 é de aproximadamente 95.000 bpd e 3.000.000 m<sup>3</sup>/d de gás sendo esses valores obtidos a partir da produção média mensal em 2007.

O sistema de coleta óleo da Plataforma 04 constituiu-se de 14 poços produtores de óleo e 09 poços injetores de água.

A Plataforma 04 efetua três estágios de separação de fluidos, sendo o óleo escoado através de oleoduto para a plataforma 03. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes e ser descartada no mar. O gás produzido na Plataforma 4 é escoado diretamente para terra, via gasoduto.

#### 1.2.3.5 Plataforma 05

A Plataforma 05 é uma unidade estacionária de produção do FPSO (são navios com capacidade para processar e armazenar o petróleo, e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural). Seu sistema de fixação no solo marinho é feito através de correntes e cabos de amarração. O sistema de amarração, instalada a 780 m de profundidade consiste basicamente em 8 linhas de ancoragem, na região da proa, localizada dentro do turret.

A produção da Plataforma 05 é de aproximadamente 44.500 bpd e 3.000.000 m<sup>3</sup>/d de gás sendo esses valores obtidos em função das médias mensais em 2007.

O sistema de coleta óleo da Plataforma 05 constituiu-se de 34 poços interligados sendo 29 de produção e 5 de injeção.

A Plataforma 05 efetua três estágios de separação de fluidos, sendo o óleo escoado através do sistema de descarregamento de carga através da amarração de um navio aliviador que receberá o óleo estocado. Essa interligação entre a Plataforma 05 e o navio aliviador é feita por um mangote principal existindo também um mangote auxiliar que fica constantemente na água. Todo volume de água separada da produção é enviado para o sistema de tratamento de água produzida, onde é feito o tratamento de acordo com as especificações da legislação vigente antes de ser descartada no mar. O gás produzido na Plataforma 05 é escoado para outra plataforma e posteriormente para terra, via gasoduto.

## 2 METODOLOGIA

A avaliação de benzeno nas plataformas de produção de petróleo compreendeu quatro fases distintas, quais sejam, o reconhecimento, a estratégia de amostragem, a avaliação ocupacional e os resultados.

### 2.1 Reconhecimento

Esta fase envolveu a coleta inicial de informações, em cada uma das cinco plataformas estudadas, com visitas aos locais de trabalho, entrevistas com trabalhadores, supervisores e gerentes, e o levantamento dos procedimentos operacionais de produção e manutenção e durou de dois a três dias, sendo entrevistados de quatro a cinco pessoas por grupo homogêneo.

A coleta de informações também proporcionou identificar as atividades em que os empregados estão expostos à maior concentração de vapores de hidrocarbonetos usando como critério de escolha os padrões de execução de cada atividade.

Ao término dessa etapa, conclui-se que as funções SUPERVISOR DE PRODUÇÃO, OPERADOR DE PRODUÇÃO, MANUTENÇÃO MECÂNICA, TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO E MANUTENÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO exercidas pelo empregados da proprietária das plataformas, são aquelas que experimentam maior exposição a vapores de hidrocarbonetos em suas atividades rotineiras.

As atividades do Supervisor de Operação compreendem a supervisão das operações nas instalações, equipamentos, painéis de controle, sistemas de monitoramento dentro dos padrões técnicos estabelecidos e das normas operacionais. Além disso, o Supervisor de Produção deve assessorar no cumprimento de manutenção, fornecendo instruções e recomendações de caráter operacional.

O Operador de Produção executa atividades rotineiras no campo acompanhando o processo com leituras dos instrumentos de monitoramento, colhe periodicamente ao dia amostras de fluido do processo para análise, realiza aberturas de válvulas para limpezas de dutos e pequenas manutenções de primeiro nível, como dreno de bombas e dos instrumentos de monitoração.

Os empregados que exercem a função de Manutenção Mecânica tem como atribuição rotineira de realizar manutenção preventiva e corretiva nas instalações da planta de processo de petróleo, equipamentos tais como bombas de transferência, vasos, tanques, válvulas, etc.

O Técnico Químico de Petróleo passa maior parte da sua jornada de trabalho no laboratório, realizando análise de amostras de petróleo, para auxiliar no controle do processo.

Os empregados cuja função à bordo é a Manutenção de Instrumentação, assim como a equipe de Manutenção Mecânica, realizam manutenção preventiva e corretivas porem em equipamentos de instrumentos de campo, realizando retiradas dos vasos e dos tanques para sua manutenção.

Dessas funções obtivemos os Grupos Homogêneos de Exposição (GHE) que vem a ser o grupo de empregados que representando a função escolhida, experimentam a mesma exposição que os demais empregados. A representatividade provém de desenvolvimento de rotinas atividades similares do ponto de vista da exposição e como é homogêneo no sentido estatístico, permite que um número pequeno de amostras defina a tendência de exposição de todo o grupo.

Os GHE foram formados com pelo menos cinco empregados de cada função, pois esse é o número mínimo necessário para avaliação estatística dos resultados da exposição, conforme preconiza a IN 01.

## 2.2 Estratégia de Amostragem

Nessa fase foram definidas as formas amostrais, os métodos de coleta, a duração e o tempo da coleta, o número mínimo de resultados exigidos e os períodos para a realização das coletas.

A forma amostral escolhida foi amostra única de período completo, sendo utilizados para coleta das amostras os amostradores passivos por adsorção, pois a tecnologia desses equipamentos permite sua utilização por tempo prolongado sem saturação. Complementarmente, foram realizadas amostras únicas de curta duração considerando as atividades executadas que proporcionam maior exposição tendo como equipamento de coleta os tubos de carvão ativado.

Os amostradores passivos são conhecidos como aqueles em que não se utiliza energia elétrica, ou qualquer mecanismo de propulsão para coleta. O princípio de funcionamento do amostrador é a adsorção, onde a coleta se dá quando uma amostra de ar incide sobre um sólido adsorvente que está separado do ar por uma membrana de microporos. O vapor é difundindo através de uma membrana e aderido ao adsorvente.

Os tubos de carvão ativado 50mg/100mg<sup>12</sup> são usados acoplados a bombas dosimétricas de vazão constante que permite a avaliação do benzeno em mg/g.

As coletas com o uso de amostradores passivos foram realizadas em amostragem de 12 horas<sup>13</sup>, qual seja, o tempo da jornada de trabalho dos empregados monitorados, considerando suas atividades rotineiras e com pelo cinco amostras de cada GHE visando validação estatística.

Já as amostras de curta duração foram realizadas nos períodos em que os empregados executavam atividade de contato direto com os hidrocarbonetos ainda dentro das rotinas diárias como, por exemplo, a abertura de válvulas para coleta de amostra ou manutenção de instrumentos de medição na planta de processo por um período mínimo de 15 minutos, conforme preconiza a IN 01.

---

<sup>12</sup> Os tubos de carvão ativado são constituídos de vidro com 7cm de comprimento, 6mm de diâmetro externo e 4mm de diâmetro interno, extremidades seladas à chama com tampas plásticas, contendo duas seções de carvão ativado a 600 °C, sendo que a parte frontal tem 100mg e a parte distal, 50mg estando separadas por uma rolha de 2mm de espuma de uretano. A seção frontal é precedida de uma rolha de lã de vidro e a seção distal é seguida de uma rolha de 3mm de espuma de uretano. A variação de pressão dentro do tubo deve ser inferior a 3,4 kPa, num fluxo de ar de 1 L/min.

<sup>13</sup> Os amostradores passivos usados nessa avaliação são para jornadas de 8 horas. Como a jornada nas plataformas de produção de petróleo é de 12 horas, a cada 6 horas substituiu-se para que fossem cobertos às 12 horas da jornada tomando-se o cuidado de identificar os amostradores corretamente.

## 2.3 Avaliação Ocupacional

### 2.3.1 Escolha dos empregados para GHE

A definição dos empregados que compuseram os GHE foi feita em comum acordo entre profissionais de higiene, os gerentes da unidade e os representantes dos empregados, considerando a ordem serviço do dia previamente estabelecido pelo supervisor.

### 2.3.2 Avaliação de campo

#### 2.3.2.1 Amostra Única de Período Completo

A amostra única de período completo iniciava-se no começo da jornada do empregado, com a colocação dos amostradores passivos na zona respiratória<sup>14</sup> dos trabalhadores dos GHE identificados.

Após a fixação do amostrador, o empregado era acompanhado em sua rotina de trabalho e as informações referentes às suas atividades e o tempo despendido em cada uma delas era anotada em uma planilha de campo.

Ao final da jornada os amostradores eram recolhidos, identificados e acondicionados conforme orientações do fabricante e posteriormente enviados ao laboratório de análise química.

---

<sup>14</sup> Região hemisférica com um raio de aproximadamente 30cm das narinas.

### 2.3.2.2 Amostragem de curta duração

As amostragens de curta duração foram realizadas durante as tarefas identificadas como sendo a de maior exposição aos vapores de hidrocarbonetos que ocorrem durante a jornada de trabalho em situação rotineira.

Essa exposição pontual a maiores quantidades de vapores de hidrocarboneto ocorre durante a manutenção de equipamentos do processo de produção de petróleo, coleta de amostras e manipulação destas amostras durante análises químicas.

As bombas dosimétricas usadas são de baixa vazão acopladas ao tubo de carvão ativado e foram colocadas no empregado sendo que os tubos instalados à altura da zona respiratória.

A amostragem foi realizada por um período mínimo de 15 minutos, com acompanhamento do empregado na execução da tarefa e as informações anotadas em uma planilha de campo.

Ao final da campanha os tubos foram recolhidos, identificados e acondicionados conforme orientações do laboratório e posteriormente enviados para análise química.

### 2.3.3 Método analítico

A metodologia analítica usada pelo laboratório foi a preconizada pelo método número 1401 do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH 1501). O método prevê a análise das amostras por cromatografia gasosa que vem a ser um método físico de separação. No caso do Benzeno, usa-se a Cromatografia Gasosa com Detector por Ionização de Chama (FID na sigla em inglês) usados para detectar hidrocarbonetos.

Um detector de ionização de chamas consiste em uma chama de hidrogênio ( $H_2$ ) / ar e um prato coletor. O efluente passa da coluna através da chama, a qual divide em moléculas orgânicas e produz íons. Os íons são recolhidos em um



eletrodo negativo e produzem um sinal elétrico. O FID é extremamente sensível com uma faixa dinâmica grande. Sua única desvantagem é que destrói a amostra.

A amostra a ser analisada mistura-se com hidrogênio ( $H_2$ ), hidrogênio mais hélio (He) ou hidrogênio mais nitrogênio ( $N_2$ ). Os íons e elétrons que se formaram na chama ficam presos em um eletrodo coletor permitem que uma corrente flua no circuito externo. A corrente é proporcional aos íons formados, o que depende da concentração de hidrocarbonetos nos gases e é detectada por um eletrômetro e mostrado na saída análoga.

O FID oferece uma leitura rápida, precisa e contínua da concentração total de hidrocarbonetos para níveis tão baixos como partes por bilhão.

## 2.4 Resultados

Apresentamos a seguir os resultados das amostras de longa duração, através das tabelas 2.1 até a tabela 2.5 e das amostras de curta duração, através das tabelas 2.6 até a tabela 2.10.

Quando os resultados ficaram abaixo do limite de detecção<sup>15</sup> do método analítico, o resultado indicado nas tabelas é a expressão ND.

Tabela 2.1 – Resultado da coleta de Amostragem Única – Plataforma 01

Plataforma 01				
Amostra	Grupo Homogêneo de Exposição	Data	Turno	Resultado(ppm)
F004	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/nov	Noturno	0,03
F009	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/nov	Noturno	ND

<sup>15</sup> Limite de detecção é entendido como sendo a mínima concentração de um analito que tem 99% (noventa e nove por cento) de probabilidade de ser identificado, dada uma matriz e um método definidos, qualitativa ou quantitativamente, e reportado como existente com uma concentração maior do que zero. O limite de detecção depende da matriz do meio de amostragem e do método, sendo que a matriz de amostragem é o meio que retém o analito.

Plataforma 01 (continuação)				
Amostra	Grupo Homogêneo de Exposição	Data	Turno	Resultado(ppm)
YP 8858	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	03/dez	Noturno	ND
YP8473	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	03/dez	Noturno	ND
F 030	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/nov	Diurno	ND
F 020	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/nov	Diurno	ND
F 041	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	30/nov	Diurno	ND
F 037	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	30/nov	Diurno	ND
F 023	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/nov	Diurno	ND
F 036	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/nov	Diurno	ND
F 021	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/nov	Diurno	ND
F 012	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/nov	Diurno	ND
YZ 3270	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	02/ dez	Diurno	ND
YP 8949	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	02/ dez	Diurno	ND
YP 8812	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	01/ dez	Diurno	ND
YP 8837	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	01/ dez	Diurno	ND
YP 8840	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	02/ dez	Diurno	ND
YP 8864	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	02/ dez	Diurno	ND
YP 8870	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	01/ dez	Diurno	ND
YZ 3263	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	01/ dez	Diurno	ND
F017	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	28/nov	Diurno	0,05
F022	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	28/nov	Diurno	0,09
F015	MANUTENÇÃO MECÂNICA	28/nov	Diurno	0,16
YP 8801	MANUTENÇÃO MECÂNICA	02/ dez	Diurno	ND
YY 3921	MANUTENÇÃO MECÂNICA	02/ dez	Diurno	ND
YP 8490	MANUTENÇÃO MECÂNICA	01/ dez	Diurno	ND
YY 3833	MANUTENÇÃO MECÂNICA	01/ dez	Diurno	ND
YZ 3306	MANUTENÇÃO MECÂNICA	02/ dez	Diurno	ND
YY 3855	MANUTENÇÃO MECÂNICA	02/ dez	Diurno	ND
YP 8505	MANUTENÇÃO MECÂNICA	01/ dez	Diurno	ND
YP 8798	MANUTENÇÃO MECÂNICA	01/ dez	Diurno	ND
F025	PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,07
F038	PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,07
F014	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,24
F019	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,06
F013	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,1
F018	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,16

Plataforma 01 (continuação)				
Amostra	Grupo Homogêneo de Exposição	Data	Turno	Resultado(ppm)
F003	PRODUÇÃO	27/nov	Diurno	0,06
F008	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,03
F002	PRODUÇÃO	27/nov	Diurno	0,06
F006	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,06
YP 8646	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	01/ dez	Diurno	ND
YP 8519	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	01/dez	Diurno	ND
F 011	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	ND
F 016	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	ND
F005	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	27/nov	Noturno	0,06
F010	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	28/nov	Noturno	0,05
F026	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,04
F024	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,08

Fonte: Ecolabor, 2006

Tabela 2.2 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 02

Plataforma 02				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
A 028	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jun	Noturno	ND
A 035	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jun	Diurno	ND
A 038	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jun	Diurno	ND
A 064	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jun	Diurno	ND
A 065	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jun	Diurno	ND
A 009	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Noturno	ND
A 012	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Diurno	ND
A 013	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Diurno	ND
A 020	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Diurno	ND
A 021	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Diurno	ND
A 022	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jun	Diurno	ND
A 001	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/jun	Noturno	ND
A 075	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	15/jun	Diurno	ND
A 076	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	15/jun	Diurno	ND

Plataforma 02 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
A 078	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	15/jun	Diurno	ND
A 077	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	15/jun	Diurno	ND
A 079	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	15/jun	Diurno	ND
A 054	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 041	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 055	MECANICA MANUTENÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 050	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 048	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 049	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 056	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 061	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 052	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 051	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 053	MANUTENÇÃO MECANICA	14/jun	Diurno	ND
A 006	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 010	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 007	PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND
A 010-B	PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	0,02
A 014	PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 017	PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	0,02
A 018	PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 019	PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 024	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 003	PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND
A 004	PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND
A 005	PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND
A 027	PRODUÇÃO	14/jun	Noturno	ND
A 029	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 032	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 037	PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 061	PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 060	PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 034	PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 062	PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 025	PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND

Plataforma 02 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
A 033	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 008	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 011	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 016	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jun	Diurno	ND
A 002	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	12/jun	Noturno	ND
A 026	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 031	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 039	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	0,02
A 071	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	15/jun	Noturno	ND
A 063	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	14/jun	Diurno	ND
A 080	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	15/jun	Diurno	ND
A 080 B	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	15/jun	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.3 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 03

Plataforma 03				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
C 001	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	26/jul	Diurno	ND
C 007	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	26/jul	Diurno	ND
C 023	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/jul	Diurno	ND
C 025	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/jul	Diurno	ND
C 027	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/jul	Diurno	ND
C 039	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/jul	Diurno	ND
C 045	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/jul	Diurno	ND
C 048	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/jul	Diurno	ND
C 049	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	28/jul	Diurno	ND
C 061	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/jul	Diurno	ND
C 034	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 058	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	29/jul	Diurno	ND
C 059	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	29/jul	Diurno	ND
C 064	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	30/jul	Diurno	ND

Plataforma 03 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
C 065	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	30/jul	Diurno	ND
C 069	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	30/jul	Diurno	ND
C 052	MANUTENÇÃO MECÂNICA	29/jul	Diurno	ND
C 053	MANUTENÇÃO MECÂNICA	29/jul	Diurno	ND
C 057	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
C 063	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
C 066	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
C 068	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
C 070	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
C 002	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 004	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 005	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 006	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 008	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 010	PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 012	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 013	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 014	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 016	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 017	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 018	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 019	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 031	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 003	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 009	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	26/jul	Diurno	ND
C 015	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 020	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
C 030	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	28/jul	Diurno	ND
C 040	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/jul	Diurno	ND
C 047	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/jul	Diurno	ND
C 050	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	28/jul	Diurno	ND
C 051	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/jul	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.4 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 04

Plataforma 04				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
B 005	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	11/jul	Noturno	ND
B 014	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/jul	Noturno	ND
B 024	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/jul	Diurno	ND
B 033	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/jul	Diurno	ND
B 043	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jul	Diurno	ND
B 074	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/jul	Diurno	ND
B 081	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jul	Diurno	ND
B 082	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	13/jul	Noturno	ND
B 085	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	14/jul	Diurno	ND
B 026	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 030	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 036	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 037	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	0,08
B 042	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 025	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 021	MANUTENÇÃO MECÂNICA	12/jul	Diurno	ND
B 022	MANUTENÇÃO MECÂNICA	12/jul	Diurno	0,02
B 023	MANUTENÇÃO MECÂNICA	12/jul	Diurno	0,02
B 038	MANUTENÇÃO MECÂNICA	12/jul	Diurno	ND
B 039	MANUTENÇÃO MECÂNICA	12/jul	Diurno	ND
B 040	MANUTENÇÃO MECÂNICA	13/jul	Diurno	ND
B 044	MANUTENÇÃO MECÂNICA	13/jul	Diurno	ND
B 045	MANUTENÇÃO MECÂNICA	13/jul	Diurno	0,02
B 041	MANUTENÇÃO MECÂNICA	13/jul	Diurno	0,03
B 075	MANUTENÇÃO MECÂNICA	13/jul	Diurno	ND
B 002	PRODUÇÃO	11/jul	Noturno	ND
B 003	PRODUÇÃO	11/jul	Noturno	ND
B 004	PRODUÇÃO	11/jul	Noturno	ND
B 007	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 008	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 009	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	0,16
B 010	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	0,03
B 011	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 013	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND

Plataforma 04 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
B 015	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 016	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 017	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 019	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 027	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 031	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 032	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 040	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 071	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 072	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 073	PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 001	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	11/jul	Noturno	ND
B 006	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND
B 012	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 018	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	ND
B 020	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 028	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	13/jul	Diurno	ND
B 029	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.5 – Resultados da Coleta de Amostragem Única – Plataforma 05

Plataforma 05				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
AR 8856	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	08/ago	Noturno	ND
AR 8861	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	08/ago	Noturno	ND
D 014	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	07/ago	Diurno	ND
D 023	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	07/ago	Diurno	ND
E 003	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	11/ago	Diurno	ND
E 007	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	11/ago	Diurno	ND
E 013	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	10/ago	Noturno	0,07
E 014	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	10/ago	Noturno	ND



Plataforma 05 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
E 030	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	11/ago	Diurno	ND
E 037	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/ago	Noturno	ND
E 038	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	12/ago	Diurno	ND
AR 8768	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	09/ago	Diurno	ND
D 002	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	10/ago	Diurno	ND
D 003	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	09/ago	Diurno	ND
D 024	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	10/ago	Diurno	ND
D 027	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	09/ago	Diurno	ND
D 029	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	09/ago	Diurno	ND
AE 2471	MANUTENÇÃO MECÂNICA	09/ago	Diurno	ND
AR 8719	MANUTENÇÃO MECÂNICA	08/ago	Diurno	ND
AR 8822	MANUTENÇÃO MECÂNICA	09/ago	Diurno	ND
B 065	MANUTENÇÃO MECÂNICA	11/ago	Diurno	ND
D 013	MANUTENÇÃO MECÂNICA	09/ago	Diurno	ND
D 026	MANUTENÇÃO MECÂNICA	09/ago	Diurno	ND
D 028	MANUTENÇÃO MECÂNICA	08/ago	Diurno	ND
E 005	MANUTENÇÃO MECÂNICA	11/ago	Diurno	ND
E 012	MANUTENÇÃO MECÂNICA	11/ago	Diurno	ND
AE 02435	PRODUÇÃO	09/ago	Diurno	ND
AR 8800	PRODUÇÃO	09/ago	Diurno	ND
AR 8833	PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND
AR 8836	PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND
AR 8869	PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND
D 001	PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 004	PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 011	PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 012	PRODUÇÃO	09/ago	Diurno	ND
D 016	PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 017	PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 019	PRODUÇÃO	12/ago	Diurno	ND
D 020	PRODUÇÃO	10/ago	Diurno	ND
D 031	PRODUÇÃO	10/ago	Diurno	ND
D 032	PRODUÇÃO	12/ago	Diurno	ND
AE 2389	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND
AE 2423	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND

Plataforma 05 (continuação)				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
AE 2484	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	08/ago	Noturno	ND
AR 8826	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	09/ago	Diurno	ND
B 064	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	11/ago	Diurno	ND
D 006	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	10/ago	Diurno	ND
D 018	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 021	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	09/ago	Noturno	ND
D 030	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	09/ago	Diurno	ND
D 033	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	10/ago	Diurno	ND
E 002	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	11/ago	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.6 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 01

Plataforma 01				
Amostra	Função	Data	Turno	Resultado (ppm)
17904	MANUTUTENÇÃO. MECÂNICA	2/12	Diurno	ND
617895	PRODUÇÃO	29/11	Diurno	ND
17901	PRODUÇÃO	28/11	Diurno	ND
17902	PRODUÇÃO	28/11	Diurno	ND
16478	PRODUÇÃO	3/12	Diurno	ND
16473	PRODUÇÃO	3/12	Diurno	ND
16113	PRODUÇÃO	2/12	Diurno	ND
16112	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/11	Noturno	ND
16120	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	29/11	Diurno	ND
17898	SUPERVISOR DE PRODUÇÃO	30/11	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.7 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 02

PLATAFORMA 02				
Amostra	Função	Data	Turno	Resultado (ppm)
A 607943	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 607805	PRODUÇÃO	15/jun	Noturno	ND
A 607831	PRODUÇÃO	14/jun	Noturno	ND
A 607828	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 607829	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND
A 607826	PRODUÇÃO	13/jun	Noturno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.8 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 03

PLATAFORMA 03				
Amostra	Função	Data	Turno	Resultado (ppm)
0 7403	SUPEVISOR DE PRODUÇÃO	27/jul	Noturno	ND
0 7406	SUPEVISOR DE PRODUÇÃO	27/jul	Noturno	ND
0 7402	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
0 7405	PRODUÇÃO	27/jul	Diurno	ND
0 7410	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	27/07	Noturno	ND
0 7794	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	29/jul	Diurno	ND
0 7404	MANUTENÇÃO MECÂNICA	27/jul	Diurno	ND
0 7798	MANUTENÇÃO MECÂNICA	29/jul	Diurno	ND
0 7801	MANUTENÇÃO MECÂNICA	30/jul	Diurno	ND
0 7854	MANUTENÇÃO MECÂNICA	28/jul	Diurno	ND
0 7795	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	29/jul	Diurno	ND
0 7800	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	29/jul	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.9 – Resultados da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 04

PLATAFORMA 04				
Amostra	Função	Data	Turno	Resultado (ppm)
607407	MANUTENÇÃO MECÂNICA	14/jul	Diurno	0,06
607409	PRODUÇÃO	14/jul	Diurno	0,04
607860	PRODUÇÃO	13/jul	Noturno	0,02
607853	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	0,05
607855	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	0,03
607856	PRODUÇÃO	12/jul	Noturno	0,02
607857	PRODUÇÃO	12/jul	Diurno	0,08
607859	PRODUÇÃO	14/jul	Diurno	0,03
607858	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	12/jul	Diurno	0,03

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

Tabela 2.10 – Resultado da Coleta das Amostras de Curta Duração da Plataforma 05

PLATAFORMA 05				
Amostra	Função	Data	Turno	Resultado (ppm)
607792	PRODUÇÃO	17/ago	Diurno	ND
607796	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	10/ago	Noturno	ND
607807	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	09/ago	Diurno	ND
607811	TÉCNICO QUÍMICO DE PETRÓLEO	09/ago	Diurno	ND
607803	MANUTENÇÃO INSTRUMENTAÇÃO	10/ago	Diurno	ND

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

## 2.5 Monitoramento do Fluido no Processo de Produção de Petróleo

As amostras dos fluidos que passam pelo processo foram colhidas em alguns pontos estratégicos, a fim de conhecer a concentração de benzeno dentro da corrente. Devido o processo de petróleo na plataforma ser de tratamento primário, com adição de poucos produtos químicos, as amostras colhidas foram de óleo bruto

do conjunto dos poços da unidade, do óleo bruto proveniente de outra unidade quando tiver, da água produzida e do gás separado. Essas amostras foram colhidas por Técnico Químico da plataforma e acondicionados devidamente em temperatura refrigerada e enviada ao Laboratório para a realização de cromatografia, visando caracterização dessas correntes quanto à concentração percentual em volume e os resultados são apresentados a seguir, na tabela 2.11

Tabela 2.11 – Resultados para Benzeno em Amostras de Óleo nas Plataformas

Amostras de Óleo				
Amostra	Plataforma - Local	Densidade do óleo	Benzeno (mg/g óleo)	% Benzeno em Óleo (V/V)
121/06	P01 – Chegada P101	0,8986	0,397	0,0406
122/06	P01 – Chegada P102	0,8986	0,426	0,0435
123/06	P01 – Campo V	0,8986	0,406	0,0507
124/06	P01 – Campo G1	0,8986	0,112	0,0114
127/06	P01 – Vaso Condensite	0,8986	3,235	0,3307
128/06	P01 – Transferência	0,8986	0,336	0,0343
126/06	P01 – Campo G	0,8986	0,454	0,0454
110/06	P02 – Chegada P209	0,9225	0,547	0,0574
111/06	P02 – Manifold Produção	0,9225	0,039	0,0041
112/06	P02 – Lavador Gás	0,9225	0,014	0,0015
114/06	P02 – Transferência	0,9225	0,169	0,0177
134/06	P03 – Manifold ProduçãoB	0,9343	0,092	0,0098
135/06	P03 – Manifold ProduçãoA	0,9343	0,091	0,0097
138/06	P03 – Separador A	0,9343	0,082	0,0087
139/06	P03 = Separador B	0,9343	0,095	0,0101
129/06	P04 – Manifold ProduçãoB	0,9318	0,214	0,0227
130/06	P04 – Manifold ProduçãoA	0,9318	0,153	0,0162
132/06	P04 – Vaso Gás Separador	0,9318	1,123	0,1190
133/06	P04 – Transferência	0,9318	0,184	0,0185
115/06	P05 – Chegada P205	0,8824	0,415	0,0417
116/06	P05 – Manifold Produção	0,8824	0,519	0,0521
118/06	P05 – Vaso Gás Separador	0,8824	0,018	0,0018
119/06	P05 – Saída Separador 25	0,8824	0,453	0,0455
120/06	P05 – Saída Separador 31	0,8824	0,534	0,0536

Fonte: Enviromental Canadá (2006)

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.1 Monitoramento da Corrente

O monitoramento da corrente buscou caracterizar a instalação quanto à concentração de benzeno, balizada nos parâmetros preconizados no Anexo 13A da Norma Regulamentadora n.º 15, qual seja a de que as empresas que produzem, transportam, armazenam, utilizam ou manipulam benzeno e suas misturas líquidas contendo 1% (um por cento) ou mais de volume devem implementar o Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno - PPEOB.

O resultado apresentado na Tabela 2.11 mostra que a maior concentração de benzeno encontrado nas correntes das cinco plataformas analisadas foi 0,03307 no vaso de condensado da Plataforma 01, estando, portanto descaracterizada a necessidade de adoção do Anexo 13A da Norma Regulamentadora n 15 nas plataformas de produção da Bacia de Campos.

O resultado também indica que não há correlação entre os valores encontrados no monitoramento da corrente com a exposição individual experimentada pelos trabalhadores das cinco plataformas pesquisadas, pois a concentração existente nas correntes são valores baixo em volume/volume e no caso de uma exposição que acontece ao longo da jornada de trabalho a concentração de benzeno na atmosfera fica diluída e nem sempre é possível ser detectada pelo método analítico utilizado.

#### 3.2 Monitoramento da Exposição Ambiental

##### 3.2.1 Amostras de Período Completo

As amostras de período completo tiveram como objetivo identificar a exposição média ponderada no tempo e compará-la a um limite de concentração

que vem a ser um valor que se acredita que a maioria dos trabalhadores pode ficar exposta em jornadas normais de trabalho, ao longo de sua vida laboral, sem sofrer danos em sua saúde.

Os resultados das amostras de período completo foram analisados à luz da IN 01 tendo sido considerados os GHE cujas amostras indicam uma distribuição log-normal, ou seja, a distribuição das variáveis aleatórias tem a propriedade de que os logaritmos de seus valores são normalmente distribuídos. Para chegar aos resultados que têm essa distribuição estatística, usou-se a planilha eletrônica que faz parte da publicação de, Hawkins; Norwood; Rock, 1991, da *American Industrial Hygiene Association* (AIHA).

O Limite de Concentração é estabelecido pelo Anexo 13-A da Norma Regulamentadora número 15 – NR 15, com sendo o Valor de Referência Tecnológico Média Ponderada no Tempo (VRT-MPT) de 1 ppm.

Entretanto, esse trabalho adotou para Limite de Concentração o valor de 0,5ppm estabelecido no Limites de Exposição Ocupacional da ACGIH, pois entendemos que esse valor é mais rigoroso do que os critérios técnicos-legais estabelecidos no Brasil.

Os GHE que apresentaram resultados abaixo do limite de detecção para 50% ou mais dos seus integrantes foram considerados preliminarmente como não expostos, haja vista que a distribuição das variáveis desses GHE não é log-normal e, por conseguinte, contraria o que preconiza a IN 01.

Portanto, analisando os resultados obtidos nas avaliações das amostragens únicas de período completo depreendemos que apenas o GHE PRODUÇÃO da Plataforma 01 atende as condições de contorno, conforme tabela a seguir.

Tabela 3.12 – Resultados da Coleta de Amostragem Única do GHE PRODUÇÃO da Plataforma 01

GHE PRODUÇÃO - Plataforma 01				
Amostra	GHE	Data	Turno	Resultado (ppm)
F025	PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,07
F038	PRODUÇÃO	29/nov	Diurno	0,07
F014	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,24
F019	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,06
F013	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,1
F018	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,16
F003	PRODUÇÃO	27/nov	Diurno	0,06
F008	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,03
F002	PRODUÇÃO	27/nov	Diurno	0,06
F006	PRODUÇÃO	28/nov	Diurno	0,06

Fonte: Análises Químicas Ambientais, S/S Ltda, 2006

A partir desses dados, os principais parâmetros a serem observados para os cálculos estatísticos visando interpretação dos resultados são:

- Número de resultados totais representado por  $n$ ;
- Graus de liberdade, representado por  $g$ , é obtido a partir número total dos resultados menos 1 ( $n - 1$ );
- Média aritmética dos resultados é obtida a partir da soma dos resultados dividido pelo número destes.

$$MA = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

onde  $x_i$  representa o resultado e  $n$  o número total dos resultados

- Desvio padrão da média aritmética para  $(n-1)$  conforme a fórmula:

$$DP = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - MA)^2}$$

- Logaritmo neperiano ( $\ln$ ) dos resultados, representado por  $\ln(x_i)$
- Média aritmética dos resultados log transformados, representada por  $M(\ln)$



- Desvio padrão da média dos resultados log transformados, representado por  $DP(\ln)$
- Média geométrica, representada por MG
- Desvio padrão geométrico, representada por DPG
- Tabela Resumida da Distribuição t visando obter o valor de  $t(\alpha/2)$  para 95% de confiança<sup>16</sup> a partir do grau de liberdade  $g$ .

Segundo o Leidel; Busch; Lynch, 1997, o DPG expressa a variação ambiental. Um DPG de 1.0 representa variação nula no ambiente. Os DPG acima de 2,0 ou mais, representam, relativamente uma alta variação no ambiente, sendo estabelecidos que o formato das distribuições log-normais com variações baixas, e portanto aceitáveis para tomada de decisões sobre a exposição de uma jornada, são aquelas com DPG menores do que aproximadamente 1,4.

Porém, Leidel; Busch; Lynch, 1997, reconhecem que na grande maioria das exposições, as variações excedem a esse valor, sendo, portanto aceitável o valores de DPG acima de 1,4.

A partir desses dados, calcula-se o logaritmo neperiano do Limite Superior de Confiança, representado por  $\ln(LSC)$ , conforme equação abaixo

$$\ln(LSC) = M(\ln) + 0,5[DP(\ln)]^2 + t_{(\alpha/2, 95\%)} \left( \frac{DP(\ln)}{\sqrt{n}} \right)$$

A seguir, calcula-se o logaritmo neperiano do Limite Superior de Confiança, representado por  $LSC(95\%)$ , para um intervalo de confiança de 95% da concentração média verdadeira<sup>17</sup>.

$$LSC(95\%) = e^{\ln(LSC)}$$

O valor do  $LSC(95\%)$  é adotado como valor representativo da avaliação para fins

<sup>16</sup> O dado obtido corresponde ao valor crítico de t para 95% de intervalo de confiança considerando-se os dois lados da curva (*two sided confidence interval*) de distribuição

<sup>17</sup> Este valor significa que a concentração média verdadeira é menor que este limite, com 95% de confiança.

de comparação com os limites de concentração de benzeno.

Por fim, calculamos o índice de julgamento, representado por  $I$ , conforme a IN 01, a partir da relação entre o LSC(95%) e o Limite de Concentração, representado por LC, conforme a fórmula abaixo.

$$I = \frac{\text{LSC}(95\%)}{\text{LC}}$$

O índice de julgamento será utilizado para indicar medidas de controle e para balizar a frequência do monitoramento, qual seja;

- Se  $I$  for maior do que 0,5 e menor do que 1 ( $0,5 < I < 1$ ) a frequência mínima do monitoramento deve ser de 16 semanas;
- Se  $I$  for maior do que 0,25 e menor do 0,5 ( $0,25 < I < 0,5$ ) a frequência mínima do monitoramento deve ser de 32 semanas e,
- Se  $I$  for menor do que 0,25 ( $< 0,25$ ) a frequência mínima de monitoramento deve ser de 64 semanas.

É importante ressaltar que se  $I$  for maior que 1 ( $I > 1$ ) devem ser adotadas medidas de controle que conduzam a redução para valores menores do que 1.

Ordenando os resultados da Tabela 3.13, teremos:

Tabela 3.13 - Parâmetros Estatísticos

xi	ln(xi)
0,07	-2,6593
0,07	-2,6593
0,24	-1,4271
0,06	-2,8134
0,1	-2,3026
0,16	-1,8326
0,06	-2,8134
0,03	-3,5066
0,06	-2,8134
0,06	-2,8134

Com os valores acima e utilizando as fórmulas anteriores, conforme os preceitos para obtenção dos dados estatísticos, teremos:

- $MA = 0,091$
- $DP = 0,062$
- $M(\ln) = -2,564$
- $DP(\ln) = 0,582$
- $MG = 0,0769$
- $DPG = 1,789$

Como o número de amostras é 10 ( $n=10$ ), o grau de liberdade ( $g$ ) é dado por  $n-1$ . Portanto,  $g=9$ . Utilizando-se a Tabela Resumida da Distribuição da IN 01 o valor de  $t/2$  para 9 graus de liberdade é de 2,262.

O Limite Superior de Confiança será dado por:

- $LSC = -2,564 + 0,5 \cdot (0,582)^2 + 2,262 \cdot (0,582 \div \sqrt{10})$
- $\Rightarrow LSC = -1,978$

Com esses valores, obtemos o Limite Superior de Confiança com 95% de.

- $LSC(95\%) = e^{-1,978}$
- $\Rightarrow LSC(95\%) = 0,1383 \text{ ppm}$

O valor de  $LSC(95\%)$  obtido indica que a média verdadeira das concentrações encontradas nas amostragens realizadas é menor do que 0,1383 ppm com 95 por cento de confiança e está abaixo do Limite de Concentração 0,5 ppm.

Aplicando o Índice de Julgamento, temos:

- $I = \frac{0,1383}{0,5}$
- $\Rightarrow I = 0,27$

Com obtenção desse valor e baseado nos parâmetros da IN 01, a frequência de monitoramento desse GHE deverá ser no mínimo de 32 semanas.

### 3.2.2 Amostras de Curta Duração

As amostragens de curta duração tiveram como objetivo medir a eventual concentração de benzeno dos empregados nas atividades que os expõe a maior concentração de vapores de hidrocarbonetos, visando compará-los com limite de exposição de curta duração que vem a ser a concentração média ponderada em 15 minutos que não pode ser ultrapassado em qualquer momento da jornada de trabalho, ainda que a concentração média ponderada esteja dentro dos limites de concentração.

O limite de exposição para exposição de curta duração é o valor no qual acredita-se que os empregados podem ficar expostos continuamente por um período curto sem sofrer irritação, lesão crônica ou irreversível nos tecidos, efeitos tóxicos dose-dependente ou narcose de tal monta que impeça auto-salvamento, aumente a predisposição a acidentes ou diminuir significativamente a eficiência no trabalho. É importante ressaltar que o limite de exposição para curta duração não proporcionará proteção contra esses efeitos se o limite de exposição, média ponderada for ultrapassado.

O limite de exposição para exposição de curta duração é um limite de exposição suplementar ao limite de exposição média ponderada, não sendo usado como limite de exposição independente.

Portanto, exposições acima do Limite de Concentração, mas abaixo do limite de concentração de curta duração devem ser menores do que quinze minutos, por quatro vezes ao longo da jornada de trabalho com intervalos mínimos de sessenta minutos.

O limite de exposição de curta duração adotado é de 2,5 ppm e está baseado nos Limites de Exposição Ocupacional da ACGIH, uma vez que a legislação brasileira não contempla valores para limites de exposição de curta duração.

Os resultados das amostras de curta duração mostram que a maior concentração de benzeno encontrada foi de 0,08 ppm na Plataforma 04 na atividade de maior exposição do OPERADOR DE PRODUÇÃO, abaixo do limite adotado para exposição de curta duração.

## 4 CONCLUSÕES

Esse trabalho permitiu obter um melhor entendimento da exposição ocupacional ao benzeno dos trabalhadores das plataformas da Bacia de Campos, pois, monitoramos o processo de produção de petróleo, e avaliamos as eventuais exposições individuais ao benzeno nas atividades críticas da jornada de trabalho com amostras de curta duração e nas atividades rotineiras da jornada com amostras de período completo.

A análise dos resultados ocorreu à luz da legislação pertinente, sendo que os resultados das amostragens de período completo tiveram fundamentação estatística.

Os valores encontrados no monitoramento dos fluídos nos processos de produção de petróleo das cinco Plataformas foram comparados ao valor indicado no Anexo 13-A da NR 15 e de acordo com os dados obtidos na análise das correntes, podemos concluir que as plataformas da Bacia de Campos não precisam aplicar o referido anexo e conseqüentemente não precisam implantar o Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno – PPEOB.

Esses resultados não guardam relação com a exposição ocupacional e diferenciam entre si porque o petróleo tem características diferentes conforme a formação geológica do campo produtor.

Ainda em relação aos valores encontrados no monitoramento dos fluídos nos processos de produção de petróleo, em alguns casos, o resultado indica a presença de benzeno que, entretanto não foram detectados nas avaliações das exposições ocupacionais devido às limitações do método analítico empregado.

Os resultados das amostras de curta duração foram comparados aos valores preconizados na ACGIH e nos permite concluir que os trabalhadores das plataformas da Bacia de Campos quando exercem atividades de curta duração que os expõe a vapores de hidrocarbonetos não estão sujeitos a concentrações de benzeno acima do limite de exposição ocupacional para curta duração, pois esse valor não foi excedido em nenhum momento da jornada de trabalho.

Os resultados das amostras de período completo foram analisadas com mais propriedade e interesse, pois essa forma amostral por ser feita sobre toda a base de

tempo do limite de exposição e apresenta limites de confiança estreitos na estimativa da eventual exposição dos trabalhadores ao benzeno.

Os valores encontrados foram analisados conforme a IN 01 que usa o tratamento estatístico dos resultados das exposições. O uso da estatística é necessário porque todas as medições possuem um erro aleatório que não pode ser evitado. Por conta disso, a exposição média de um trabalhador, calculada a partir de medições de exposição, é uma inferência da exposição média real.

Com base nessas premissas estatísticas, podemos concluir que os trabalhadores das plataformas de produção da Bacia de Campos estão expostos a concentrações de benzeno que não ultrapassam o Limite de Concentração.

Comparando o valor representativo das avaliações com o Limite de Concentração adotado, o monitoramento da exposição individual de período completo deverá ser realizado novamente em oito meses.

Por fim, sugerimos que novas pesquisas sejam feitas, buscando realizar amostragens com outros grupos de plataformas devido à entrada em produção de novos campos de petróleo que têm características geológicas diferentes. Além disso, novas pesquisas podem ser estimuladas também por conta das recentes revisões dos padrões de trabalho que os têm tornado mais rigorosos quanto à exposição dos trabalhadores à hidrocarbonetos e novos mecanismos e equipamentos adotados recentemente nos processos de produção de petróleo e gás.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A SENHORA DO PETRÓLEO. **Revista Petrobras**, Rio de Janeiro: Petróleo Brasileiro S/A. n 128 – p. 14-15, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: Sumário - Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 6024**: Informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito - Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 6027**: Informação e documentação: Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 6028**: Informação e documentação: Resumo - Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 10520**: Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 14724**: Informação e documentação: Trabalhos acadêmicos: Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

FANTAZINNI, M. L. **Estratégia de Amostragem**. São Paulo: Epusp, 2006. 98 p. Apostila para disciplina de Pós Graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, eHO-006 – Higiene Ocupacional.

FILHO, D. B. **Toxicologia Humana e Geral**. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu, 1988.p 110-113.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **Acordo e Legislação sobre o Benzeno – 10 Anos**. São Paulo, 2005.

GOES, R. C. **Toxicologia Industrial**. Rio de Janeiro: Revinter, 1997. p 105-109.

HAWKINS N.C; NORWOOD S.K.; ROCK J.C **Strategy for Occupational Exposure Assesrment**,., EUA, 1991

LABORAL CONSULTORIA DE RISCOS Ltda. **Avaliação Ambiental de Vapores Orgânicos e Outras Substâncias Nocivas ou Tóxicas.** Disponível em <<http://www.laboralconsultoria.com.br/Badges.htm>> Acesso em 20 fev. 2008.

LEIDEL, N.A; BUSCH, K.A; LYNCH, J.R. **Occupational Exposure Sampling Strategy Manual.** EUA: National Institute for Occupational Safety and Health, 1977 p 74; 123..

MELCHERT, W. R.; CARDOSO, A. **Construção de amostrador passivo de baixo custo para determinação de dióxido de nitrogênio.** Quím. Nova, São Paulo, v. 29, n. 2, 2006 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422006000200029&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000200029&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTe. **Instrução Normativa N.º 1 de 20 de dezembro de 1995.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes\\_normativas/1995/in\\_19951220\\_01.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes_normativas/1995/in_19951220_01.pdf)> . Acesso em 12 fev. 2008.

\_\_\_\_\_. **Portaria Interministerial n.º 775 de 28 de abril de 2005.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2004/p\\_20040428\\_775.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2004/p_20040428_775.asp)> Acesso em 21 mar. 2008.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa N.º 2 de 20 de dezembro de 1995.** Disponível <[http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes\\_normativas/1995/in\\_19951220\\_02.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes_normativas/1995/in_19951220_02.pdf)> Acesso em 12 fev. 2008.

\_\_\_\_\_. **Portaria n.º 34 de 20 de dezembro de 2001.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2001/p\\_20011220\\_34.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2001/p_20011220_34.asp)> Acesso em 12 fev. 2008.

\_\_\_\_\_. **Portaria n.º 34, de 20 de Dezembro de 2001.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/Portarias/2001/p\\_20011220\\_34.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/Portarias/2001/p_20011220_34.asp)>. Acesso em 17 fev. 2008.

\_\_\_\_\_. **NR-7 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_07\\_at.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf)> Acesos em 26 abr. 2008.

\_\_\_\_\_. **NR-15 Atividades e Operações Insalubres.** Disponível em <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)> Acesso em 12 fev. 2008.



PETRÓLEO BRASILEIRO S/A. **Tipos de Plataformas**. Disponível em <[http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/Petrobras/portugues/empregos/emp\\_efetivo\\_index.htm&lang=pt&area=apetrobras](http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/Petrobras/portugues/empregos/emp_efetivo_index.htm&lang=pt&area=apetrobras)> Acesso em 21 mai. 2008.

TORLONI, M.aurício; VIEIRA A. A. **Manual de Proteção Respiratória**. São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacioanis, 2003. p172-173.

SHIMAKURA, S. E.; JUNIOR, P. J. R. **Estatística**. Disponível em <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/ce003.html>> Acesso em 27 mai. 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, Faculdade de Farmácia. Laboratório de Toxicologia Ocupacional. **Benzeno**. Disponível em <<http://www.farmacia.ufmg.br/lato/downloads/benzenonovo.doc>>. Acesso em 26 mai. 2008.

WHITELEY, S.; PLANT N. **Occupational Exposure to Benzene, Toluene, Xylene and Ethylbenzene during Routine Offshore Oil and Gas Production Operations**. Disponível em <<http://www.hse.gov.uk/research/otopdf/1999/oto99088.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2008.