

## **Instrução Normativa N.º 1 de 20 de Dezembro de 1995**

O SECRETARIO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO, no usa de suas atribuições legais e,

CONSIDERANDO a necessidade de evitar a incidência de casos de benzenismo no Brasil;

CONSIDERANDO que a benzeno é uma substância reconhecidamente carcinogênica;

CONSIDERANDO a Decreto n.º 1253 de 27/09/94 que aprova o texto da Convenção n.º 136 e Recomendação n.º 144 da Organização Internacional do Trabalho -OIT, sobre a Proteção Contra as Riscos de Intoxicação Provocados pelo Benzeno;

CONSIDERANDO a retirada do agente química benzeno do Quadro I, do Anexo 11, da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, aprovada pela Portaria MTb n.º 3214, de 08/06/78, conforme publicação do artigo 3º da Portaria SSST n.º 03, de 10/03/94;

CONSIDERANDO a obrigatoriedade da realização do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, conforme redação da Norma Regulamentadora n.º 9, aprovado pela Portaria MTb n.º 3214, de 08/06/78;

CONSIDERANDO a necessidade de se obter uma uniformização dos critérios e procedimentos das avaliações ocupacionais ao benzeno;

CONSIDERANDO a redação do Anexo 13-A Benzeno, da Norma Regulamentadora n.º 15 - Atividades e Operações Insalubres, aprovada pela Portaria MTb n.º 3214, de 08/06/78;

CONSIDERANDO o parecer do Grupo de Trabalho Tripartite para elaboração de proposta de regulamentação sobre benzeno, instituído pela Portaria SSST n.º 10, de 08/09/94. RESOLVE:

Art. 1º Aprovar a texto, em anexo, que dispõe sobre a "AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE BENZENO EM AMBIENTES DE TRABALHO", referente ao Anexo 13-A Benzeno, da Norma Regulamentadora n.º 15 - Atividades e Operações Insalubres, aprovada pela Portaria MTb n.º 3214, de 08/06/78, com a seguinte redação:

### **ANEXO**

#### **AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE BENZENO EM AMBIENTES DE TRABALHO**

##### **1. OBJETIVO**

Esta Norma Técnica visa a determinação da concentração de Benzeno no ar nos ambientes de trabalho. Leva em consideração as possibilidades e limitações das determinações analíticas, estatísticas, bem como do julgamento profissional.

## **2. CAMPO DE APLICAÇÃO**

Esta Norma Técnica se aplica, exclusivamente, à determinação e avaliação das concentrações de Benzeno no ar em ambientes de trabalho.

## **3. DEFINIÇÕES**

Para efeito desta Norma Técnica deve-se considerar as definições apresentadas a seguir:

### **a) Ambiente de trabalho**

Considera-se como sendo a área definida pelos limites físicos da empresa.

### **b) Amostra de Curta Duração**

Para efeito dessa norma é aquela coletada durante um período de até 15 minutos.

### **c) Amostra instantânea**

No escopo desta Norma Técnica, entende-se por amostra instantânea aquela coletada através do uso de instrumentos que permitem a determinação da concentração de Benzeno no ar representativa de um determinado local em um dado instante. O tempo total de coleta, nestes casos, deve ser inferior a 5 minutos.

### **d) Amostragem**

É o processo de seleção de amostras, baseado em estudos e métodos estatísticos convenientes que possam oferecer resultados representativos da exposição ocupacional ou concentração ambiental.

### **e) Análise**

Corresponde a todo o procedimento que conduz à quantificação da concentração de Benzeno em uma amostra.

### **f) Avaliação**

Caracteriza-se pelo conjunto de ações necessárias para se realizar uma caracterização completa de um determinado ambiente ou da exposição ocupacional de trabalhadores.

### **g) Benzeno**

Significa Benzeno líquido ou gasoso, registro CAS n.º 71-43-2, registro ONU n.º 1114.

h) Coleta

Corresponde ao processo de se obter uma amostra de Benzeno no ar.

i) Concentração de Benzeno no ar

Corresponde a quantidade total de Benzeno por unidade de volume de ar. É expressa como massa por unidade de volume (m/v) ou volume por unidade de volume (v/v).

Para efeito desta norma as unidades adotadas são respectivamente mg/m<sup>3</sup> e ml/m<sup>3</sup>.

j) Concentração Média Ponderada no Tempo ( $C_{MPT}$ )

Corresponde a concentração de Benzeno obtida pelo somatório das concentrações ponderadas pelos respectivos tempos de duração das coletas, dividido pelo somatório dos tempos.

k) Distribuição log-normal

Significa que a distribuição de variáveis aleatórias têm a propriedade de que a logaritmo dos seus valores são normalmente distribuídos.

l) Grupo Homogêneo de Exposição (GHE)

Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante de forma que, a resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo.

m) Limites de Concentração (LC)

Para efeito desta Norma Técnica, corresponde a um valor de concentração de Benzeno média ponderada no tempo, estabelecido pelo Ministério do Trabalho para fins de comparações.

n) Local de trabalho

Local onde o trabalhador desenvolve as suas atividades.

o) mg/m<sup>3</sup>

Unidade de concentração correspondente a miligrama de Benzeno por metro cúbico de ar.

p) Monitoramento

É o processo periódico e sistemático da avaliação ambiental de Benzeno.

q) ppm

Unidade de concentração correspondente a partes de Benzeno por milhão de partes de ar, em volume. É equivalente a mililitros de vapor de Benzeno por metro cúbico de ar (ml/m<sup>3</sup>), nas mesmas condições de pressão e temperatura.

r) Turno ou jornada de trabalho

Refere-se ao período de tempo diário no qual o trabalhador exerce a sua atividade remunerada no ambiente de trabalho.

s) Zona de respiração

Região hemisférica com um raio de aproximadamente 30 cm das narinas.

t) Zona de trabalho

Corresponde a uma zona espacial ou organizacionalmente definida onde o trabalhador desenvolve sua(s) atividade(s).

Uma zona de trabalho pode ser formada por um ou mais locais de trabalho.

#### **4. AVALIAÇÃO**

A avaliação das concentrações de Benzeno no ar nos ambientes de trabalho visa atender aos seguintes objetivos:

- conhecer as exposições efetivas dos trabalhadores durante um determinado período de tempo;
- conhecer os níveis de concentração em locais determinados;
- diagnosticar fontes de emissão de Benzeno no ambiente de trabalho;
- avaliar a eficácia das Medidas de Controle adotadas;
- comparar os resultados com Limites de Concentração estabelecidos.

A avaliação de Benzeno nos ambientes de trabalho deve compreender as seguintes etapas:

4.1. RECONHECIMENTO/CARACTERIZAÇÃO;

4.2. ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO;

4.3. AVALIAÇÃO INICIAL;

4.4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS/JULGAMENTO PROFISSIONAL.

##### **4.1 RECONHECIMENTO/CARACTERIZAÇÃO**

A consulta aos trabalhadores e discussão com os mesmos é elemento fundamental para um correto reconhecimento/caracterização.

Esta etapa envolve a coleta inicial de informações, a visita aos locais de trabalho para observações detalhadas e a determinação dos GHE.

Os resultados obtidos nesta etapa são de vital importância para a determinação da ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO e dos GRUPOS HOMOGÊNEOS DE EXPOSIÇÃO.

As informações levantadas devem incluir os procedimentos de operação normal, procedimentos para manutenção, procedimentos pré-operacionais e situações de emergência.

Devem ser levantadas as seguintes informações:

#### 4.1.1. Referentes ao Processo Produtivo e a Planta Industrial

- a) relação de todos os equipamentos (bombas, tanques, vasos, colunas de extração, de destilação, de secagem, reatores, etc.) que contenham ou por onde circule Benzeno puro ou em misturas, suas características e localização no processo ou planta industrial;
- b) relação de todas as possíveis fontes de emissão de vapores de Benzeno para a atmosfera (flanges, selos de bombas, ventos, válvulas, etc.), identificando a sua localização no processo ou planta;
- c) descrição do processo produtivo enfatizando as circunstâncias, fases do processo ou procedimentos que podem contribuir para a contaminação dos ambientes de trabalho pelo Benzeno;
- d) quantidade de Benzeno processado (como matéria prima, como produto e como solvente, quando for o caso);
- e) parâmetros operativos, como temperatura e pressão, nas várias fases do processo e nos equipamentos contendo ou por onde circulem Benzeno;
- f) diagrama de bloco ou fluxograma simplificado e layout da planta industrial contendo as disposições dos equipamentos e fontes relacionados nos itens a e b acima;
- g) descrição dos locais de trabalho, enfatizando se são ambientes abertos ou fechados (se fechados, área e pé direito), a ventilação natural determinada e a existência ou não de equipamentos de proteção coletiva;
- h) dados climáticos: temperatura do local de trabalho, umidade relativa do ar e direção dos ventos com as respectivas taxas de predominância;
- i) interferência de áreas vizinhas aos locais de trabalho.

4.1.2. Referentes aos trabalhadores e processos de trabalho (pessoal próprio e contratados):

- a) zonas de trabalho e posição dos trabalhadores em relação as fontes de emissão de Benzeno;
- b) descrição das funções, dos procedimentos e das atividades dos trabalhadores, enfatizando o tempo e frequência de cada operação ou procedimento e identificando as atividades de CURTA DURAÇÃO;
- c) duração da jornada e regime de trabalho;
- d) número de trabalhadores totais expostos ao Benzeno e daqueles com atividades idênticas e que possam ser separados por grupos considerados de exposição similar;
- e) trabalhadores (quantidade e identificação), a priori, como de maior risco de exposição;
- f) atividades, procedimentos e zonas de trabalho, a priori, como de maior risco de exposição;
- g) dados indicativos de possível comprometimento da saúde relativo a exposição ao benzeno.

4.1.3. Avaliações progressas de concentração de Benzeno no ar:

- a) resultados de todos os monitoramentos anteriores realizados (monitoramento pessoal e de área);
- b) outras medições já realizadas (de fontes de emissão, em situações de emergência, na avaliação de medidas de controle, etc.).

Outras informações também poderão ser utilizadas de modo orientativo para ajudarem na definição da estratégia de avaliação, na execução dos monitoramentos ou mesmo, na interpretação dos resultados. São elas:

- c) resultados de concentrações de Benzeno no ar obtidos em processos de trabalho comparáveis (quando disponíveis);
- d) cálculos matemáticos de dispersão (quando disponíveis).

## **4.2. ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO**

Esta etapa compreende a definição dos métodos de coleta, da duração da coleta e tempo de coleta/medição, do número mínimo de resultados exigidas, da escolha dos períodos para a realização das coletas/medições e a realização do diagnóstico inicial.

4.2.1. Métodos de coleta de amostras

#### a) Coleta de amostra pessoal (ou individual)

Visa a determinação da concentração de Benzeno na zona de respiração do trabalhador, fornecendo, assim, resultados representativos da sua exposição.

Caracteriza-se pelo fato de o sistema de coleta ser fixado no próprio trabalhador, na altura da zona de respiração (geralmente na lapela).

##### a. Coletas de amostra de área (ambiental ou de ponto fixo)

É aquela onde o sistema de coleta ou medição é posicionado em um ponto fixo no ambiente de trabalho, geralmente na altura média da zona de respiração dos trabalhadores.

É geralmente utilizado com a finalidade de conhecer os níveis de concentração de Benzeno no ar de um determinado ambiente de trabalho aos quais os trabalhadores poderiam estar expostos, na avaliação da eficácia de medidas de controle ou quando se quer realizar avaliações em tempo real através do uso de monitores contínuos com sistemas de registro de resultados, acoplados ou não a sistemas de alarme.

As avaliações de área podem ser usadas para detectar variações sazonais, de ciclos de processo ou mudanças de eficiência de sistemas de proteção coletiva implementados.

As avaliações de área não devem ser consideradas como um substituto da avaliação pessoal, pois algumas atividades do trabalhador podem influenciar as concentrações na zona respiratória.

Para trabalhadores cujas atividades não gerem exposições adicionais ao Benzeno, a avaliação de área pode ser uma alternativa aceitável para uma estimativa das exposições ocupacionais.

Os pontos de coleta de amostras da área devem ser determinados através de critérios técnicos e discussão com os trabalhadores. Devem ser considerados os seguintes fatores: número e localização das fontes de emissão de Benzeno, direção dos ventos, zonas ou locais de trabalho e arranjo físico do local.

#### 4.2.2. Duração da coleta e tempo da coleta/medição

A duração da coleta se refere ao período avaliado. A duração da coleta será, no máximo, o turno inteiro de trabalho.

O tempo de coleta/medição é o tempo no qual ocorre a coleta de cada amostra de ar ou cada medição da concentração do Benzeno. O tempo de coleta/medição será, no máximo, igual à duração da coleta.

#### 4.2.3. Técnicas de coleta de amostras

##### a) Amostra única

Nestes casos, uma única amostra de ar é coletada continuamente durante todo o período desejado. O tempo de coleta da amostra é igual ao da duração da coleta. A concentração de Benzeno obtida já é representativa da concentração MPT do período.

A concentração de Benzeno no ar é calculada pela equação abaixo:

$$C_{MPT} = \frac{\text{Quantidade de Benzeno na amostra (mg)} \times 1000 \text{ (mg/m}^3\text{)}}{\text{volume de ar coletado (litros)}}$$

#### b) Coletas de amostras consecutivas

Nestes casos, várias amostras do ar são coletadas durante o período desejado, sendo que, o tempo total de coleta deverá ser igual ao da duração do período. As amostras são analisadas e os resultados de concentração de Benzeno em cada uma delas são utilizados para a cálculo da concentração MPT ( $C_{MPT}$ ) 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.

$$C_{MPT} = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{T_t}$$

onde,

$C_{MPT}$  = concentração MPT no período, em ppm ou  $\text{mg/m}^3$ .

$C_n$  = concentração de Benzeno no ar obtida na amostra n, em ppm ou  $\text{mg/m}^3$ .

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

$T_t$  = tempo total da coleta =  $T_1 + T_2 + \dots + T_n$ . Deverá ser aproximadamente igual ao tempo e duração do período (ex.: 8 horas = 480 minutos).

#### c) Coletas parciais

Também nestes casos, várias amostras de ar são coletadas durante o período do 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 mesma equação do item anterior. O tempo total,  $T_t$ , será igual à soma dos tempos de coleta de cada amostra.



Para comparar a resultado do  $C_{MPT}$  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).

#### d) Coletas/medições 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 da 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 do 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 do 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 subperíodos de tempo equivalente, no mínimo, ao tempo de coletas/medição.

Ex.: Uma atividade que dura 2 horas (120 minutos) contém 8 subperíodos de 15 minutos, 12 de 10 minutos, 24 de 5 minutos, etc.

Tomando-se como exemplo uma jornada de trabalho de 8 horas (480 minutos), durante a qual se deseja realizar 8 coletas de 15 minutos, deve-se proceder da seguinte forma:

1) subdivide-se o período de 480 minutos em n subperíodos de 15 minutos:

<b>subperíodo</b>	<b>intervalo (hora)</b>
01	08:00-08:15
02	08:15-08:30
03	08:30-08:45
-	
-	
-	
31	16:00-16:15
32	16:15-16:30

2) utiliza-se qualquer metodologia de escolha aleatória para selecionar os 8 subperíodos a serem avaliados. Cada subperíodo estará associado ao seu intervalo de tempo. Procedimento análogo deverá ser utilizado para as coletas/medições dentro de períodos de tempo menores.

O resultado da concentração de Benzeno nestes casos corresponderá a Média Aritmética das Concentrações obtidas nas 8 coletas/medições no período amostrado. A Média Aritmética neste caso corresponde a MPT.

4.2.4. Número mínimo de resultados exigidos para uma avaliação. O número mínimo de resultados de MPT necessários para serem utilizados na avaliação estatística é de 5.

No caso da avaliação ambiental (amostragem de área), deve ser utilizado um número mínimo de 5 resultados em cada ponto escolhido como representativo do local de trabalho, na etapa de reconhecimento/caracterização.

Para a avaliação dos valores de curta duração devem ser obtidos um mínimo de 5 resultados em cada operação ou atividade em que haja a possibilidade de ocorrência de picos de concentração ou em cada período avaliado.

Para a avaliação do GHE deverão ser obtidos 5 resultados de MPT escolhendo-se aleatoriamente os períodos de coleta. A escolha aleatória poderá recair sobre um mesmo trabalhador ou em até 5 trabalhadores do mesmo GHE.

O número mínimo de resultados permite que possa haver uma confiança estatística aceitável nas avaliações realizadas.

4.2.5. Distribuição das amostras no tempo

A escolha das épocas para a realização das coletas deve ser feita aleatoriamente, isto é, não será dada preferência especial a nenhum período, turno, dia, trabalhador, época do ano, etc.

Situações consideradas do maior risco ou atípicas devem ser obrigatoriamente avaliadas. Vale, no entanto, a escolha aleatória dentro dessas situações.

4.2.6. Diagnóstico inicial

Se as informações levantadas no item 4.1.3 não forem suficientes, deverão ser complementadas por avaliações adicionais. Essas avaliações normalmente devem ser realizadas considerando-se os pontos ou situações críticas nos locais de trabalho.

Nesta fase é possível utilizar inúmeras ferramentas analíticas que não necessariamente as que serão empregadas na avaliação formal para efeito desta Norma Técnica.

4.2.7. Metodologia analítica

- a) A metodologia analítica tem que ser específica para a determinação da Concentração Atmosférica de Benzeno nos ambientes de trabalho, respeitando as Limites de Concentração estabelecidos pelo Ministério do Trabalho. O resultado deve ser único com respeito à concentração do Benzeno.
- b) A metodologia analítica deverá fornecer resultados nas mesmas unidades dos Limites de Concentração estabelecidos. Deve ter seu limite de detecção, sensibilidade e precisão ajustados para os referidos Limites.
- c) A metodologia analítica deverá ser capaz de medir concentrações de Benzeno na faixa de um vigésimo (1/20) a três (3) vezes o Limite de Concentração MPT para o período em avaliação. E, quando não for possível, como no caso das amostras de curta duração, no mínimo um quinto (1/5) do Limite de Concentração MPT para o período em avaliação.
- d) Se o procedimento analítico não for específico, o resultado de concentração total deverá ser reportado como sendo referente ao Benzeno.
- e) A imprecisão como erro integral de toda a metodologia e erros acidentais durante o procedimento de monitoração não deve exceder a 25% (vinte e cinco por cento).
- f) O procedimento analítico deverá ter sido validado em laboratório e no campo.
- g) Os laboratórios deverão desenvolver Programas de Controle de Qualidade Laboratorial Interno e participar, sempre que possível, de Programas Externos para uma melhor confiabilidade dos seus resultados.
- h) Poderão ser utilizadas metodologias analíticas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), de organismos internacionais de renome como, NIOSH, OSHA, ACGIH (EUA), DFG(Alemanha), entre outras, como referência.
- i) No caso de só utilizar metodologias que requeiram o uso de bombas de amostragem de fluxo constante, os seguintes critérios deverão ser seguidos:
- as bombas devem ser calibradas contra qualquer sistema padrão primário de calibração, ou padrão secundário devidamente aferido;
  - a calibração deve ser feita antes e após cada coleta de amostra, obedecendo-se os critérios de correção dos valores de vazão;
  - para efeito da avaliação estatística, só serão admitidas amostras cujas variações nos resultados das calibrações sejam de, no máximo, 5%, isto é, se o resultado absoluto da expressão:

**result. da calibração inicial - result. da calibração final x 100 <5 %**

result. da calibração inicial

Caso o resultado seja maior que 5%, as amostras só poderão ser utilizadas para subsidiar o julgamento profissional.

### **4.3. AVALIAÇÃO INICIAL**

Baseado nas informações levantadas no item 4.1, deve-se planejar e executar uma avaliação inicial completa atendendo ao disposto no item 4.2.

Os resultados dessa avaliação inicial serão objeto de análise de acordo com o item 4.4.

### **4.4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS/JULGAMENTO PROFISSIONAL**

a) Para proceder a interpretação os resultados devem ser separados da seguinte forma:

- Avaliações individuais: para o turno inteiro, períodos determinados, especiais tais como: procedimentos, atividades e condições operacionais.
- Avaliações de área: para o turno inteiro, contínua, períodos determinados, especiais tais como: na verificação de eficiência de medidas de controle, fontes de omissão, estimativa de exposição ocupacional e condições operacionais.

Em cada caso devem ser separados os resultados de curta duração (curta exposição).

b) Para efeito desta Norma Técnica, se considera que os resultados de concentração média do Benzeno obedecem a uma distribuição log-normal.

c) Os resultados (mínimo de 5) deverão ser submetidos ao tratamento estatístico de acordo como Apêndice 1, obtendo-se o LIMITE SUPERIOR DE CONFIANÇA (LSC) para um intervalo de confiança de 95%. O valor do LSC passa a ser adotado como valor representativo da avaliação para fins de comparação com os limites de concentração de benzeno.

d) Em seguida, calcula-se a relação:

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

onde,

I = índice de julgamento

LC = Limites de Concentração de Benzeno

Este índice I deve ser utilizado para desencadear medidas de controle e para balizar a frequência do monitoramento.

e) Recomenda-se que a frequência mínima para o monitoramento seja a seguinte:

$I > 1$  devem ser adotadas medidas de controle que conduzam a valores de  $I < 1$ .

Nesta situação, a frequência de monitoramento deve ser aquela necessária para a avaliação das medidas adotadas.

$0,5 \leq I < 1$  a frequência mínima do monitoramento deve ser de 16 semanas.

$0,25 \leq I < 0,5$  a frequência mínima do monitoramento deve ser de 32 semanas.

$I < 0,25$  a frequência mínima de monitoramento deve ser de 64 semanas.

f) Independente da avaliação do GHE, qualquer desvio dos resultados individuais em relação aos Limites de Concentração estabelecidos deverão ser investigados, relatando-se as possíveis causas e eventuais medidas recomendadas ou adotadas.

g) Caso haja qualquer alteração, seja tecnológica, operacional ou de procedimentos e atividades, que levem à suspeita de ocorrerem alterações significativas no referido índice, deve-se realizar uma nova avaliação.

h) Até a realização de uma nova avaliação, a situação a ser considerada como representativa do objeto da avaliação (exposição do trabalhador ou do GHE, ou a concentração ambiental de Benzeno) será aquela da última avaliação realizada.

i) Quando ocorrerem situações de emergência tais como, respingos, vazamentos, rupturas ou outras falhas que possam levar a uma maior exposição ocupacional ou a um aumento na concentração ambiental de Benzeno, deverão ser realizados, logo após normalizada a situação, monitoramentos visando garantir que a situação retornou ao nível anterior. Caso a condição anterior à situação de emergência não seja alcançada, deve-se proceder uma nova avaliação padrão, ou seja, para determinar o novo valor de  $I$ .

j) Os monitoramentos realizados durante a situação de emergência servirão, apenas, para a caracterização da situação, visando o direcionamento e avaliação das medidas corretivas implantadas.

k) A garantia de que as Limites de Concentração não serão ultrapassados pode ser atingida através do monitoramento contínuo com instrumentos de leitura direta (medição instantânea) acoplados a sistemas de pré-alarme e alarme principal que desencadeiam medidas de controle para baixar a concentração o mais rapidamente possível.

## 6. RELATÓRIO

Todos os dados e informações obtidos dentro do escopo desta Norma Técnica deverão ser registrados em relatório completo, contendo:

- a) Informações obtidas no item 4.1- Reconhecimento/Caracterização.
- b) Determinação dos GHE acompanhada da justificativa técnica quanto a todos os critérios escolhidos.
- c) Estratégia de avaliação adotada acompanhada de justificativa técnica quanto a todos os critérios escolhidos, inclusive do uso de monitores contínuos acoplados a sistemas de alarme.

d) Metodologia analítica utilizada, incluindo:

- sistemas de coleta utilizados;
- equipamentos utilizados (bombas de amostragem, instrumentos de leitura direta, medidores de umidade relativa e temperatura, medidores de velocidade de vento, etc.);
- método de análise adotado;
- cálculos dos resultados de concentração detalhados
- informações gerais sobre a metodologia analítica conforme item 4.2.7 (limites de detecção, sensibilidade, especificidade, precisão, validação em campo, programas de controle de qualidade interno e externo que participa ou desenvolve, etc.).

e) Resultados das avaliações e a julgamento das situações

Deverão estar relacionados:

- nomes dos trabalhadores amostrados;
- os responsáveis pelas coletas;
- os responsáveis pelas análises laboratoriais;
- a instituição que realizou os monitoramentos;
- a instituição que realizou as análises das amostras;
- as datas e horários em que foram realizadas as coletas/medições;
- as condições operacionais e dos locais de trabalho durante os monitoramentos;
- todos os resultados de concentração obtidos;
- os resultados das avaliações realizadas conforme item 4.4, acompanhado dos respectivos cálculos
- julgamento técnico do resultado final.

f) Recomendações gerais

## APÊNDICE 1

## CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

### Procedimento

Para cada situação avaliada os resultados de concentração média de Benzeno (mínima de 5) deverão ser tratados da forma descrita abaixo:

1. Os principais parâmetros a serem obtidos são:

- número de resultados totais = n
- graus de liberdade (n-1) g
- maior resultado = Max. \*
- menor resultado = Min. \*
- media aritmética dos resultados = MA \*
- desvio padrão da MA para (n-1)= DP \*
- Logaritmo neperiano (1n) dos resultados =  $\ln(x_i)$
- media dos  $\ln(x_i)$  = M(ln)
- desvio padrão de M(ln) para (n-1) = DP(ln)
- media geométrica = MG \*
- desvio padrão geométrico DPG \*
- t( /2) do Student para 95% e g. graus de liberdade = t( /2)

\* resultados não usados nos cálculos estatísticos, mas subsidiam o julgamento profissional

2. Para efeito desta Norma Técnica, os resultados nulos ou abaixo do limite de detecção do método deverão ser considerados como sendo o valor correspondente à metade do limite de detecção (Ex.: Caso o limite de detecção da metodologia seja igual a 0,1 ppm, todos os resultados nulos ou abaixo deste valor serão considerados como sendo 0,05 ppm).

3. O grau de liberdade (g) é sempre o número total do resultados menos 1 (n-1).

4. A média aritmética (MA) é igual a soma dos resultados dividido pelo número destes.

$$MA = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

n

5. O desvio padrão (DP) da média aritmética (MA) é igual a:

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

6. Tanto média aritmética MA quanto o seu desvio padrão DP, podem ser obtidos diretamente em qualquer calculadora científica, bastando para isso, inserir todos os resultados  $X_n$  na função estatística da calculadora e pedir diretamente que a mesma forneça os resultados de MA e de DP, este último para  $n-1$  graus de liberdade.

7. O logaritmo neperiano ( $\ln x_i$ ) dos resultados, a sua média,  $M(\ln)$ , e respectivo desvio padrão,  $DP(\ln)$ , podem ser obtidos com auxílio da mesma calculadora.

8. A média geométrica dos resultados, MG, e o desvio padrão geométrico para  $n-1$  graus de liberdade,  $DPG_{(n-1)}$ , são obtidos aplicando-se, na calculadora, a função exponencial ( $e^x$ ) ou  $\ln^{-1}$  (o inverso de  $\ln$ ) sobre os resultados de  $M(\ln)$  e  $DP(\ln)$ , respectivamente.

9. A partir da Tabela Resumida da Distribuição t deste Apêndice obtém-se o  $t_{(2)}$  de Student para 95% de confiança, que corresponde ao valor crítico de t para 95% de intervalo de confiança considerando-se os dois lados da curva (two sided confidence interval), que é simbolizado por  $t_{(2)}$ .

10. Os dados obtidos podem ser ordenados em uma tabela como a abaixo indicada (Tabela 1).

11. Com os dados obtidos, calcula-se a logaritmo neperiano do Limite Superior de Confiança ( $\ln(LSC)$ ) para um intervalo de confiança de 95% da concentração média verdadeira, através da equação abaixo.

$$\ln(LSC) = M(\ln) + 0,5[DP(\ln)]A^2 + t_{(\alpha/2, 95\%)} \left( \frac{DP(\ln)}{\sqrt{n}} \right) \quad (3)$$

12. Em seguida, obtém-se o LSC como abaixo indicado

$$LSC(95\%) = \exp(\ln(LSC)) = e^{\ln(LSC)} \quad (4)$$

Este valor significa que com 95% de confiança a concentração média verdadeira é menor que este limite.

13. Utiliza-se a LSC(95%) conforme procedimento descrito no item 4.4 desta Norma.

### Tabela 1 - Parâmetros estatísticos obtidos



Resultados (Xi)	lnXi
X <sub>1</sub>	lnX <sub>1</sub>
X <sub>2</sub>	lnX <sub>2</sub>
.	.
.	.
.	.
X <sub>n</sub>	LnX <sub>n</sub>
MA	M(1n)
DP	DP(1n)
MG = exp(M(ln)) ou e <sup>M(ln)</sup>	
DPG = exp(D1'(ln)) ou e <sup>DP(ln)</sup>	

### EXEMPLO PRÁTICO (Situação SIMULADA)

#### Avaliação de Benzeno no ar.

Resultados correspondem a MPT para um turno de 8 horas.(amostragem única cobrindo toda a jornada de trabalho).

Limite de detecção do método = 0,1 ppm

Resultados (ppm): < 0,1; 0,3; 0,4; 0,1; < 0,1; 0,5; 0,2; < 0,1; 0,2; 0,3, ou seja, n = 10.

Graus de liberdade (g) = 10 - 1 = 9

Resultados (Xi)	lnXi
0,05	-2,996
0,3	-1,204
0,4	-0,916
0,1	-2,303
0,05	-2,996
0,5	-0,693
0,2	-1,609
0,05	-2,996
0,2	-1,609
0,3	-1,204
MA= 0,22	M(1n)= -1,85
DP= 0,16	DP(1n)= 0,90
MG = 0,16	
DPG = 2,5	

Pela Tabela Resumida da Distribuição t, a valor de  $t(\alpha/2)$  para 9 graus de liberdade é 2,262. Utilizando-se as equações 3 e 4 deste Apêndice encontraremos os valores de  $\ln(LSC)$  e  $LSC(95\%)$ , ou seja,

$$\ln(LSC) = -1,85 + 0,5[0,90]^2 + 2,262 \cdot \left( \frac{0,9}{\sqrt{10}} \right) \quad (3)$$

$$\text{logo, } \ln(LSC) = -0,80 \text{ e } LSC(95\%) = e^{-0,80} = 0,45$$

O valor de  $LSC(95\%)$  é utilizado juntamente com a LC, conforme o procedimento do item 4.4.

**Tabela Resumida da Distribuição t**

<b>Graus de Liberdade (g)</b>	<b>t<sub>0,975</sub></b>
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,160
14	2,145
15	2,131
16	2,120
17	2,110
18	2,101
19	2,093
20	2,086
21	2,080
22	2,074
23	2,069
24	2,064
25	2,060
26	2,056
27	2,052

28	2,048
29	2,045
30	2,042
40	2,021
60	2,000
120	1,980
-	1,960

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Leidel NA., Busch K.A. & Lynch, J.A., Occupational Exposure Sampling Strategy Manual, National Institute for Occupational Safety and Health

(NIOSH), EUA, 1977

2. American Industrial Hygiene Association (AIHA), A Strategy for Occupational Exposure Assessment, Hawkins N.C., Norwood S.K. & Rock J.C. (Ed.), EUA, 1991

3. TRGS 402, Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (**Determinação e Avaliação de Substâncias Perigosas a Saúde Contidas no Ar no Ambiente de Trabalho**) - BMA-Ministério do Trabalho e da Ordem Social Alemão, Alemanha (Oc.) 1986.

4. Benzene, Federal Register 1910.1028, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), EUA, 1989.

5. Goelzer, B. Estratégias para Avaliação de Exposição no Ambiente de Trabalho a Contaminantes Atmosféricos, Revista CIPA, Brasil, 1993.

6. AIDII, Guide Operative di Igiene Industriale - Strategie di Controllo del Fattori di Rischio Chimici negli Ambienti di Lavoro, Sordelli D. & Nano G. (coord.), Itália.

Art. 2.º - Esta I.N. entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

**ZUHER HANDAR**  
**Secretário de Segurança e Saúde no Trabalho**