

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES
AMBIENTAIS DAS NÉVOAS DE ÁCIDO CRÔMICO EM PROCESSO
DE ELETRODEPOSIÇÃO DE CROMO DURO E A EFICÁCIA DE
TRÊS DIFERENTES SISTEMAS DE PROTEÇÃO COLETIVA**

JOÃO APOLINARIO DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Departamento de Saúde Ambiental
da Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Grau de Mestre em Saúde Pública.

Área concentração:
Saúde Ambiental

ORIENTADOR: PROF. DR. JAIM LICHTIG

São Paulo

2003

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data: 13/12/2002

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CROMO.....	14
1.1.1	<i>Como ocorre a exposição ao cromo</i>	15
1.1.2	<i>Características químicas e físicas do cromo</i>	16
1.1.3	<i>Como o cromo penetra no organismo</i>	17
1.1.4	<i>Produção</i>	17
1.2	PROCESSO DE ELETRODEPOSIÇÃO.....	17
1.2.1	<i>Desenvolvimento da eletrodeposição</i>	18
1.3	PROCESSO DE ELETRODEPOSIÇÃO DE CROMO	19
1.4	EFEITOS À SAÚDE	20
1.4.1	<i>As vias de penetração do cromo e seus efeitos</i>	25
1.4.2	<i>Mecanismo de ação</i>	27
1.4.3	<i>Forma de detecção de cromo no homem</i>	29
1.5	VENTILAÇÃO COMO CONTROLE PROTEÇÃO CONTRA A EXPOSIÇÃO DO TRABALHADOR AOS POLUENTES GERADOS EM GALVANOPLASTIA	29
2	JUSTIFICATIVA	34
3	OBJETIVOS	36
4	MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1	PONTOS DE COLETA DE NÉVOAS DE CROMO HEXAVALENTE	37
4.2	LOCAL DE ESTUDO	37
4.3	PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EMPRESAS AVALIADAS	38
4.4	TAMANHO DA AMOSTRA	38
4.5	TIPO DE AMOSTRAGEM.....	40
4.6	DIVISÃO DAS EMPRESAS EM GRUPOS.....	40
4.7	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA.....	41
4.8	PARTE EXPERIMENTAL	41
4.8.1	<i>Equipamento de análise de cromatografia de íons utilizado</i>	42
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
4.10	LIMITE DE DETECÇÃO (LD) E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (LQ) DO EQUIPAMENTO.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1	ANÁLISE DO GRUPO I	46
5.1.1	<i>Empresa E₀₁</i>	47
5.1.2	<i>Empresa E₀₂</i>	57
5.1.3	<i>Empresa E₀₃</i>	67
5.1.4	<i>Análise estatística entre as empresas do grupo I</i>	77

5.2	GRUPO II.....	78
5.2.1	<i>Empresa E₀₄</i>	79
5.2.2	<i>Sistema de ventilação dentro das cabinas</i>	82
5.2.3	<i>Empresa E₀₅</i>	88
5.2.4	<i>Propriedades do banho eletrolítico</i>	90
5.2.5	<i>Condições do sistema de ventilação</i>	90
5.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE AS EMPRESAS DO GRUPO II.....	93
5.4	ANÁLISE DAS EMPRESAS DO GRUPO III.....	94
5.4.1	<i>Empresa E₀₆</i>	94
5.4.2	<i>Variação da concentração média de Cr VI durante os três dias de avaliação</i>	97
5.4.3	<i>Variação das concentrações em cada um dos cinco pontos de coleta</i>	99
5.4.4	<i>Empresa E₀₇</i>	102
5.4.5	<i>Empresa E₀₈</i>	106
5.4.6	<i>Sistema de proteção coletiva</i>	108
5.4.7	<i>Empresa E₀₉</i>	110
5.4.8	<i>Empresa E₁₀</i>	115
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE AS EMPRESAS DO GRUPO III.....	119
5.5.1	<i>Detalhando as empresas dentro do grupo III</i>	119
5.5.2	<i>Analizando a empresa E₀₉ e a demais empresas dentro do grupo</i>	119
5.5.3	<i>Analizando a empresa E₀₆ e as demais empresas do grupo</i>	120
5.5.4	<i>Comparação os valores das concentrações entre os três grupos segundo o tipo de proteção coletiva</i>	120
5.6	COMPARAÇÃO ENTRE UM PERÍODO DE AMOSTRAGEM DE 3 HORAS E OUTRO PERÍODO DE AMOSTRAGEM DE 6 HORAS DE NÉVOAS DE ÁCIDO CRÔMICO EM ELETRODEPOSIÇÃO DE CROMO DURO.....	121
6	CONCLUSÕES	122
7	PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO DO ESTUDO	125
8	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de um Sistema de Ventilação Local Exaustora	31
Figura 2: Fonte de emissão (tanque de eletrodeposição) e captor tipo coifa.....	32
Figura 3: Tanque de eletrodeposição com VLE com captação multifrestas.....	32
Figura 4: Tanque de eletrodeposição com captação lateral nos dois lados e demais componentes de eletrodeposição	33
Figura 5: Comparação das concentrações médias, mínimas e máximas entre as empresas do grupo I.....	47
Figura 6: Preparação do solução eletrolítica de Cr VI para reforçar o banho na empresa E ₀₁	48
Figura 7: Foto da empresa E ₀₁ mostra um banho eletrolítico de cromação que utiliza espuma supressora tensoativa em sua superfície	50
Figura 8: Planta baixa da empresa E ₀₁	51
Figura 9: Variação das concentrações médias de Cr VI na empresa E ₀₁	53
Figura 10: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P3 empresa E ₀₁	54
Figura 11: A variação das concentrações médias de névoas de Cr VI no P1 e as suas barras de erro na empresa E ₀₁	55
Figura 12: Variação das concentrações médias e as suas barras de erro no P2 na empresa E ₀₁	55
Figura 13: Planta baixa da empresa E ₀₁	56
Figura 14: Planta baixa da área de eletrodeposição da empresa E ₀₂	58
Figura 15: O gráfico mostra como a concentração de Cr VI variou nos cinco pontos de amostragens durante os três dias de avaliação na empresa E ₀₂	59
Figura 16: Banho eletrolítico de cromo hexavalente com espuma tensoativa na empresa E ₀₂	62
Figura 17: Foto de tanque de um banho eletrolítico de cromo hexavalente com esferas plásticas na empresa E ₀₂	63
Figura 18: A variação da concentração média de névoas de Cr VI no P1 na empresa E ₀₂	64
Figura 19: Variação das concentrações médias de Cr VI e as barras de erro do segundo e terceiro dia de avaliação no P2 na empresa E ₀₂	64
Figura 20: Variação das concentrações de névoas de Cr VI e as barras de erro no P3 na empresa E ₀₂	65
Figura 21: Variação concentração. média de névoas de Cr VI no P4 na empresa E ₀₂	65
Figura 23: Variação da concentração média no P5 na empresa E ₀₂	66
Figura 24: Foto da área de produção da empresa E ₀₂ mostrando os pontos de coleta e os tanques de banho eletrolítico de Cr VI.....	66
Figura 25: Planta baixa da área de produção da empresa E ₀₃	68

Figura 26: Variação das concentrações de névoas de Cr VI nos 5 pontos de coleta na empresa E ₀₃	69
Figura 27: Foto da empresa E ₀₃ mostrando a fina camada de esferas de poliestireno expandido depositadas sobre o banho eletrolítico de cromação no primeiro dia de avaliação	71
Figura 28: Foto da empresa E ₀₃ mostra a espessa camada de esferas de poliestireno expandido deposita sobre os banhos eletrolítico de cromação, no terceiro dia de avaliação. A seta mostra o ponto P4 de coleta.....	71
Figura 29: Comparação entre P3 e P5 durante os três dias de avaliação na empresa E ₀₃	72
Figura 30: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no primeiro dia de avaliação na empresa E ₀₃	73
Figura 31: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no segundo dia de avaliação na empresa E ₀₃	73
Figura 32: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no terceiro dia de avaliação na empresa E ₀₃	74
Figura 33: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no P1 na empresa E ₀₃	75
Figura 34: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI e as suas barras de erro no P2 na empresa E ₀₃	75
Figura 35: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no P3 na empresa E ₀₃	76
Figura 36: Concentração média de névoas de Cr VI no P4 na empresa E ₀₃	76
Figura 37:Gráfico mostrando que houve uma redução exponencial nas concentrações médias de névoas de Cr VI no P5 em decorrência do aumento da camada de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície dos banhos eletrolíticos nas duas amostras coletadas em cada dia de avaliação na empresa E ₀₃	77
Figura 38: Planta baixa da indústria E ₀₄	81
Figura 39: Variação da concentração de névoas de Cr VI nos diversos pontos de coleta na empresa E ₀₄	83
Figura 40: O gráfico mostra como variou a concentração média de névoas de Cr VI durante os três dias de avaliação na empresa E ₀₄	84
Figura 41: Variação da concentração média de névoas de Cr VI nos 4 pontos de coleta no primeiro dia de avaliação na E ₀₄	84
Figura 42: Variação da concentração média de névoas de Cr VI nos 4 pontos de coleta no segundo dia de avaliação na E ₀₄	85
Figura 43: Variação da concentração média de névoas Cr VI nos 4 pontos de coleta no terceiro dia de avaliação na E ₀₄	85
Figura 44: Foto do teto da cabina com uma abertura por onde era perdida boa parte da exaustão do sistema de ventilação.....	87
Figura 45: Foto mostrando a entrada da área das cabinas e a parte externa.....	87
Figura 46: Planta baixa da indústria E ₀₅	89

Figura 47: Variação das concentrações de névoas de Cr VI nos 5 pontos de coleta de amostras na empresa E ₀₅ , durante os três dias de avaliação	93
Figura 48: SVLE com tampa de fibra de vidro cobrindo os tanques eletrolíticos na empresa E ₀₆	94
Figura 49: Variação das concentrações de névoas Cr VI entre P1 e P4 instalados junto ao tanque 1 na empresa E ₀₆	95
Figura 50: Planta baixa da área de cromação da indústria E ₀₆	96
Figura 51: Gráfico mostra como variou a concentração média na empresa E ₀₆ durante o período de avaliação	98
Figura 52: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P1 na empresa E ₀₆	100
Figura 53: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P2 na empresa E ₀₆	100
Figura 54: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P3 na empresa E ₀₆	101
Figura 55: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P4 na empresa E ₀₆	101
Figura 56: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P5 na empresa E ₀₆	102
Figura 57: Planta baixa da empresa E ₀₇	104
Figura 58: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI e suas barras de erro, devido ao desvio padrão, durante os três dias de avaliação na empresa E ₀₇	105
Figura 59: Planta baixa da área de eletrodeposição da empresa E ₀₈	107
Figura 60: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI durante o período de avaliação nos 4 pontos de coleta na empresa E ₀₈	109
Figura 61: Planta baixa da área de eletrodeposição de Cr VI na empresa E ₀₉	111
Figura 62: Foto mostrando um cilindro - após a deposição eletrolítica - ser retirado de dentro do tanque na empresa E ₀₉	112
Figura 63: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI no P1 na empresa E ₀₉	113
Figura 64: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P2 na empresa E ₀₉	114
Figura 65: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI durante os três dias de avaliação na empresa E ₀₉	114
Figura 66: Foto mostra trabalhadores retirando o sistema de ventilação para a colocação uma peça grande dentro do tanque cilíndrico de eletrodeposição na empresa E ₁₀	116
Figura 67: Planta baixa da área de cromação da empresa E ₁₀	117
Figura 68: O gráfico mostra como variou a concentração média na empresa E ₁₀ durante o período de avaliação	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil da avaliação dentro dos três grupos de empresas.....	44
Tabela 2: Concentrações médias, mínimas e máximas dos três tipos diferentes de proteção coletiva	45
Tabela 3: Dispositivos utilizados nas empresas do grupo I e as concentrações médias de névoas de Cr VI e o número de coletas	47
Tabela 4: Número de tanques e coletas de amostras de acordo com o período de coleta na empresa E ₀₁	48
Tabela 5: Velocidade natural do ar dentro da área de produção da empresa E ₀₁	49
Tabela 6: Características dos banhos eletrolíticos de cromo hexavalente na empresa E ₀₁	49
Tabela 7: Propriedade dos banhos eletrolíticos e características dos tanques na empresa E ₀₂	57
Tabela 8: Estratégica de coleta na empresa E ₀₂	57
Tabela 9: Tempo de eletrodeposição e corrente elétrica (A) utilizados nos 4 tanques em cada dia de avaliação na empresa E ₀₂	59
Tabela 10: Características de amostragem e números de tanques na empresa E ₀₃	67
Tabela 11: Redução das concentrações de névoas de Cr VI na E ₀₃ nos cinco pontos de coleta de amostras - durante os três dias de avaliações	70
Tabela 12: Número de tanques, de cabinas e de coleta nas empresas do grupo I.....	78
Tabela 13: Propriedades dos banhos eletrolíticos nas três cabinas na empresa E ₀₄ , durante os três dias de avaliação.....	80
Tabela 14: Velocidade de exaustão nas cabinas da empresa E ₀₄	82
Tabela 15: Número de tanques e de coleta de amostras de acordo com o período de coleta na empresa E ₀₅	88
Tabela 16: Propriedades dos banhos eletrolíticos nas cabinas na empresa E ₀₅ , durante os três dias de avaliação	90
Tabela 17: Velocidade de exaustão nas cabinas da empresa E ₀₅	91
Tabela 18: Ventilação natural na área de produção na empresa E ₀₅	92
Tabela 19: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI na empresa E ₀₇ : corrente elétrica, tensão elétrica, temperatura e tempo de eletrodeposição	97
Tabela 20: Ventilação local exaustora nos tanques da empresa E ₀₆	99
Tabela 21: Dimensão dos tanques de eletrodeposição da empresa E ₀₇	103
Tabela 22: Características de amostragem e números de tanques na empresa E ₀₇	104
Tabela 23: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI na empresa E ₀₇	106

Tabela 24: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI: corrente e tensão elétrica, e temperatura na empresa E ₀₈	109
Tabela 25: Propriedades do banho eletrolítico de cromo hexavalente na empresa E ₀₉	113
Tabela 26: Propriedades dos tanques cilíndricos da empresa E ₁₀	118
Tabela 27: Concentrações médias encontradas nas avaliações segundo o período de tempo de amostragem	121

Aos meus pais, GENAURO E DULCINÉA,
pelo amor, carinho, dedicação, apoio
e incentivo em cada dia de nossas vidas.

À ELY e aos nossos filhos CAROLINA e
FÁBIO pelo amor, amizade, companheirismo e
incentivo.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. JAIM LICHTIG pela orientação prestada, pelo entusiasmo e incentivo constantes para a realização deste meu trabalho acadêmico.

Aos Profs. ASSUNÇÃO E ROQUE pelo apoio e incentivo.

À ALGRANTI, AMARILDO, BETE, CARLOS, GILSON, GUILLERMO, INÊS, LÊNIO, NORMA e POSSEBON pela competência, dedicação, paciência, e valioso apoio na realização do trabalho de campo.

À ARLINE e à LUIZA pelas primeiras e permanentes palavras de incentivo.

À ALCINÉA, ANA, CÉLIA, LUSIA e NILCE pelo apoio incentivo e amizade.

Ao CARLOS SÉRGIO pela amizade, competência profissional, paciência e apoio.

Ao JOSÉ AMÉRICO pela amizade, paciência e apoio.

À LUCIANA pela valiosa colaboração nas análises de laboratório deste trabalho e também pela competência, dedicação e amizade.

AO MARCO ANTONIO BUSSACO pela enriquecedora contribuição estatística, dedicação, paciência e competência.

À CREU, DIEGO, ELAINE, HYRIS, LUCIANA e PRISCILA pela colaboração prestada.

À KIKA pela revisão final, competência, paciência e profissionalismo.

Ao PAULO TEIXEIRA pelo apoio e pela amizade.

À SOROBAN pelo apoio constante.

A todos os colegas da FUNDACENTRO que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

À FUNDACENTRO pelo auxílio-financeiro e técnico que viabilizaram a realização deste trabalho.

ABREVIATURAS

A	Ampère
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CEPR	Centro Estadual do Paraná da Fundacentro
CTN	Centro Técnico Nacional da Fundacentro
DRT/PR	Delegacia Regional do Trabalho do Paraná
EPI	equipamento de proteção individual
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat de Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho/MTE
HPIC	high-performance ion chromatography
IARC	International Agency for Research on Cancer
LT	limite de tolerância
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	norma regulamentadora
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PVC	cloreto de polivinila
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SCE/cell	sister chromatid exchange cell
SVGE	sistema de ventilação local exaustora
SVLE	sistema de ventilação geral exaustora
V	Volt

RESUMO

A avaliação ambiental foi realizada em dez empresas de tratamento de superfície pelo processo de cromo duro. As empresas foram divididas em três grupos, segundo o tipo de proteção coletiva utilizado nos banhos eletrolíticos.

O ar do ambiente foi coletado em pontos estacionários, durante três dias de trabalho por semana em cada empresa.

As amostras foram coletadas em dois períodos – um período de 3 e outro de 6 horas de coleta. Foram analisadas estatisticamente 132 amostras, sendo 58 amostras de 6 horas de coleta e 74 amostras de 3 horas de coleta. Constatou-se que estatisticamente não houve diferença significativa no que se refere aos tempos de coleta das amostras.

Esses dados são relevantes para otimizarmos uma estratégia de amostragem de névoas de Cr VI com redução do tempo de coleta, permitindo diminuir os custos com os profissionais responsáveis pela coleta.

A análise de 167 amostras de névoas de cromo Cr VI nas dez empresas levou-nos a concluir que houve diferença estatisticamente significativa entre as empresas do grupo I – que não utilizam sistema de ventilação como proteção – e os outros dois grupos que utilizam como proteção coletiva o SVGE ou SVLE.

Em uma empresa do grupo I que não utiliza sistema de ventilação não houve diferença estatisticamente significativa com relação aos outros dois grupos. Comprovou-se que a ventilação natural no ambiente de trabalho é de fundamental importância para diminuir as concentrações nos ambientes.

Utilizou-se a técnica de cromatografia de íons para determinar as concentrações de névoas de cromo Cr VI.

Dos resultados obtidos nas avaliações ambientais, 6,59% estavam acima do LT, e 17,96% encontravam-se acima do nível de ação (metade do limite de tolerância).

SUMMARY

The Environmental evaluation was carried out in ten industrial plants of Hard Chrome surface treatment. The plants were selected in three different groups, according to the collective protection utilized in the electrolytic baths.

The air of the environment was collected in stationary points, during weekly three-day working periods in each company.

The samples were collected in two periods – a period of 3 and another of 6 hours of collection. 132 samples were statistically analyzed, of which 58 samples of 6 hours of collection and 74 samples of 3 hours of collection. It was statistically reported that there were no significant differences in reference to the length of the collection of the samples.

These data are relevant in order to enable the optimization of a sampling strategy of Cr VI mist with the reduction of collection time, allowing the decrease of costs with the professionals responsible for the collection.

The analysis of 167 Cr VI mist samples in ten different plants led to the conclusion that there was a statistically significant difference between the group I plants – that do not utilize the ventilation system as protection – and the other two groups that utilize as collective protection the General Exhaust Ventilation System or the Local Exhaust Ventilation System.

In a group I plant that does not utilize the ventilation system, there was no statistically significant difference in relation to the other two groups. It was confirmed that natural ventilation in the work environment is of fundamental importance to diminish the concentrations in the environments.

The Ion Chromatographic Technique was utilized in order to determine the Cr VI mist concentration levels.

Of the results obtained in the environmental evaluations, 6,59% were above the ACGIH threshold limit values (TLV), and 17,96% were above the action limit (half of the TLV).

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cromo

O cromo foi isolado como metal em 1798 – o seu nome deve-se às diversas cores de seus compostos. Obtido pela primeira vez em meados do século XIX, a sua primeira utilização industrial foi como liga na manufatura de aço na França, na década de 1860. Em 1893 HENRI MOSSAN fundiu minério de cromo com carbono e obteve o ferrocromo. Em 1898 foi obtido cromo puro a partir da redução aluminotérmica do óxido de cromo (BRITANNICA 2001).

Com oxigênio são formados importantes óxidos, como óxido de cromo (VI) que comumente é chamado de trióxido de cromo (CrO_3). Este óxido tem a forma de um sólido cristalino de cor vermelho-alaranjada e é usado, principalmente, em deposição de cromo, mas também pode ser usado como corante nas indústrias de cerâmicas. Outro importante óxido é o óxido crômico (Cr_2O_3) que tem o aspecto de pó verde e é preparado pela calcinação de dicromato de sódio em presença de carbono ou enxofre. É empregado extensamente como pigmento (BRITANNICA 2001).

O cromo (0) é um metal brilhante, muito duro e refratário. Seu ponto de fusão é 1.857°C e o ponto de ebulição, 2.672°C ; a densidade é $7,2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$, e o peso atômico, 51,996; o número atômico é 24; a pressão de vapor, de 1 mm Hg a 1.616°C ; o estado físico é sólido; é inodoro e não é explosivo nem inflamável. Em baixas temperaturas é inerte devido à formação de uma película de óxido (BRITANNICA 2001; NORSETH 1981; ATSDR 2000).

Entre suas diversas aplicações podemos citar a produção de ligas e aço, compostos químicos, eletrodeposição, fabricação de pigmentos de tintas, curtume, conservantes de madeira etc.

O cromo pode ser encontrado na natureza em rochas, animais, indústrias, solo, poeiras e gases vulcânicos e ocorre principalmente na forma de cromita de ferro e apresenta a fórmula molecular FeCr_2O_4 e a estrutura química FeOCr_2O_3 .

O cromo também pode ocorrer nos estados de oxidação bivalente, hexavalente (cromato) e em outros dois estados de valência muito instáveis, como

cromo (IV) e cromo (V). O cromo (III) é pouco solúvel em água, sendo considerado insolúvel.

No estado puro, o cromo apresenta uma grande resistência à corrosão e à oxidação, e esta qualidade permite que ele seja largamente usado em processos de eletrodeposição sobre ferro ou outros metais, pois ele forma uma camada de proteção à corrosão e oxidação.

O cromo é relativamente abundante na crosta terrestre e pode ser encontrado na forma trivalente ou hexavalente, mas a forma mais comum e mais importante economicamente encontrada é a trivalente. Geralmente é encontrado combinado com outros elementos, principalmente o oxigênio. O minério cromita é o único com importância comercial. (LANGARD e NORSETH 1979; BRITANNICA 2001).

No estado hexavalente, os compostos mais importantes são os cromatos (CrO_4^{2-}) e os dicromatos ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Esses íons são as bases para importantes sais usados nas indústrias, como cromato de sódio (Na_2CrO_4) e dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), utilizados em eletrodeposição metálica e como catalisadores em vários processos industriais (BRITANNICA 2001).

1.1.1 Como ocorre a exposição ao cromo

O homem pode ser exposto ao cromo por via respiratória e por via digestiva ou por meio do contato deste com a pele. Os níveis de cromo no ar e na água são geralmente baixos. A concentração total de cromo no ar varia entre 0,01 a 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ATSDR 2000). A concentração de Cr III em água potável é em torno de ppb. O Cr III está presente em vegetais frescos, frutas, carnes, fermentos e grãos (LANGARD e NORSETH 1978; GLASER 1990; ATSDR 2000). Alimentos ácidos em contato com aço inox ou panelas de cozimento com altos níveis de cromo podem provocar o desgaste do aço inox (ATSDR 2000).

A emissão de cromo pode ocorrer a partir da queima de carvão e óleo, produção de aço, entre outros, acarretando uma elevação dos níveis de cromo no ar. O nível de cromo no solo pode aumentar devido ao despejo das indústrias têxteis, de

pigmentos, curtume de couro, de eletrodeposição e por meio de partículas liberadas da cinza do carvão (ATSDR 2000).

Entre os vários fatores que contribuem para afetar a saúde por meio da exposição ao cromo, pode-se citar o fator dose, isto é, quanto uma pessoa será exposta; a duração, ou seja, durante quanto tempo estiver e de que maneira estiver exposta. Deve-se levar em consideração a idade do exposto, o sexo, a sua dieta alimentar, o estilo de vida e seu histórico de saúde.

Inalado em altas concentrações, maiores do que $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o cromo hexavalente pode causar irritação no nariz, coriza, espirros, coceira, sangramentos, ulcerações e ruptura do septo nasal (GOMES 1973; LINDBERG e HEDENSTIERNA 1983; SILVA 1998). Esses sintomas podem ocorrer com trabalhadores expostos ao cromo VI durante meses ou anos. Exposição por um longo período tem sido associada a câncer de pulmão em trabalhadores que foram sujeitos a níveis de concentrações do ar de 100 a 1.000 vezes maior do que o encontrado no ambiente natural. Este tipo de câncer pode surgir muito tempo após o término da exposição.

Altas concentrações de cromo no local de trabalho têm causado ataques de asma em pessoas alérgicas a este elemento. A inalação de Cr III não causa irritação no nariz ou na boca da maioria das pessoas (ATSDR 2000).

Estima-se em 305.000 o número de pessoas expostas ocupacionalmente ao cromo e a seus compostos nos EUA, em seus locais de trabalho (ATSDR 2000).

As seguintes atividades podem sujeitar os trabalhadores ao cromo: solda de aço inox, produção de cromatos, eletrodeposição de cromo, pigmentos de cromo, indústria de ferrocromo, curtume de couro, gráficos, fabricantes de baterias, pintores, fabricantes de borracha, de cimento, tintureiros etc..

1.1.2 Características químicas e físicas do cromo

O cromo trivalente é o estado de oxidação em maior abundância na natureza, é um nutriente essencial ao ser humano que auxilia na ocorrência da ação da

glicose. Em seus estados de oxidação elementar e hexavalente o cromo não é encontrado na natureza, mas é obtido nas indústrias.

1.1.3 Como o cromo penetra no organismo

O cromo VI é mais facilmente absorvido pelo corpo do que o cromo III, entretanto, uma vez absorvido o Cr VI é prontamente reduzido a Cr III (ATSDR 2000; LANGARD e NORSETH 1979; SUIYAMA 1992).

1.1.4 Produção

Segundo LANGARD e NORSETH (1976) em 1971 a produção mundial de cromo era de 7 milhões de toneladas por ano. A antiga União Soviética produzia 2 milhões de toneladas e a África do Sul era responsável por 1,8 milhão de toneladas.

De toda a produção de cromo no mundo, em torno de 25% destinam-se à indústria de curtume de couro e mais de 25% é consumido na indústria de tratamento de superfície, que envolve cromação, anodização de alumínio e tratamentos de zinco e magnésio. É também usado em sistemas de recirculação de água (BRITANNICA 2001).

A República da África do Sul detém 73% do total da reserva mundial de cromita, o que representa 5,5 bilhões de toneladas de reserva. O Zimbábue está em segundo lugar, com 12%, e o terceiro lugar pertence à Rússia, com 6,1% , enquanto o Brasil detém apenas 0,1% de reserva e uma produção de 276 mil toneladas (em 2000), o que representa 2 % da produção mundial (DNPM/MME 2001).

1.2 Processo de eletrodeposição

A eletrodeposição é um processo químico ou eletroquímico que consiste em aplicar uma camada metálica sobre uma peça, que pode ser de metal ou plástico

(previamente metalizada). A camada depositada pode ser de níquel, para proteger contra a corrosão; cromo duro, para resistir à corrosão e ao atrito; ouro e prata, para embelezamento.

1.2.1 Desenvolvimento da eletrodeposição

Existem várias etapas para tratar a superfície de metais com a finalidade de tornar esses metais resistentes à corrosão. As peças chegam às galvanoplastias com rebarbas metálicas, graxas, óleos, gorduras. Antes de começar o tratamento da superfície é necessário deixá-la totalmente limpa, isenta de graxa, gordura, óleo, rebarbas ou ferrugem, para que a deposição das camadas metálicas ocorra de maneira homogênea e uniforme. Para que isso ocorrer são necessárias etapas de pré-tratamentos e estes podem ser mecânico e químico.

O pré-tratamento mecânico pode ser feito por meio de polimento, riscamento ou tamboreamento. Enquanto o pré-tratamento químico pode ser feito por meio de desengraxamento alcalino ou cianídrico ou à base de solventes orgânicos (tricloroetileno, percloroetileno, gasolina, querosene etc.) ou, ainda, por meio de decapagem ácida.

A moderna eletrodeposição teve início com FARADAY e passou a ter importância, em escala comercial, a partir de 1840-1841. Sua utilização ampliou-se depois do desenvolvimento de processos a partir de soluções de cianeto para a deposição de prata, ouro, cobre e latão. Esta importância foi crescendo com o desenvolvimento dos processos de engenharia e dos equipamentos, em que os metais puderam ser depositados através de passagem de corrente elétrica em processos altamente eficazes, em alguns casos podem chegar próximos a 100%. A exceção são os processos de cromo (tanto o de cromo decorativo como o de cromo duro) em que a eficiência fica em torno de 10 a 20% (BRITANNICA 2001).

Os metais mais usados em eletrodeposição são: prata, níquel, cádmio, cobre, estanho, ouro; porém, outros metais também podem ser utilizados para recobrimento.

A deposição de cromo teve início em 1925 e causou uma grande repercussão na indústria de deposição, pois o cromo apresentava um brilho cinzento de prata e este aspecto permanecia de maneira duradoura (BRITANNICA 2001).

O mercado para a deposição do cromo aumentou com o início de seu uso na indústria automobilística. Esse mercado foi se ampliando conforme novos processos eram desenvolvidos, como níquel-cromo ou cobre-níquel-cromo. Estes processos são utilizados até hoje.

A deposição em materiais não metálicos ocorre desde meados do século XIX, mas somente a partir de 1963 adquiriu grande importância devido ao surgimento do plástico ABS.

1.3 Processo de eletrodeposição de cromo

Existem dois tipos de processo de eletrodeposição de cromo, que são chamados de cromo decorativo e de cromo duro e em ambos são utilizado o trióxido de cromo (Cr VI).

No processo de cromo decorativo uma fina camada de cromo é aplicada em uma peça que pode ser metálica ou plástica. Sobre o material básico deposita-se primeiro uma camada de cobre, em seguida uma camada de níquel e, finalmente, a camada de cromo. Em outros processos as peças recebem apenas as camadas de níquel e cromo. A finalidade de tratamento é embelezar a peça.

No processo de cromo duro, que também pode ser chamado de cromo de engenharia ou industrial, (NIOSH 1984) refere-se à deposição de uma camada mais espessa de cromo. Para que isto ocorra faz-se necessário a aplicação de uma densidade de corrente e de uma temperatura mais elevadas em relação ao processo de cromo decorativo. Normalmente, a camada de cromo é depositada diretamente sobre a peça metálica; em alguns tipos de peças é necessário aplicar uma camada anterior de cobre ácido, principalmente no caso de cilindros usados para impressão gráfica (BURGESS 1997).

Por depositar uma camada mais espessa no processo de cromo duro, esse tipo de peça é utilizado para resistir a atritos, a altas temperaturas e a corrosão.

Os dois processos de cromo, tanto o decorativo como o duro, apresentam baixo rendimento, entre 10 a 20% (FISHBIEN 1981; BURGESS 1997).

Esse baixo rendimento do processo deve-se ao fato de que 80 a 90% da corrente elétrica ser utilizada na eletrólise da água, contida na solução aquosa do banho eletrolítico, liberando H₂ através do cátodo e O₂ através do ânodo.

1.4 Efeitos à saúde

O cromo hexavalente causa dispnéia (GLASER et al. 1990), irritação e ulceração na pele e dermatite de contato, coriza constante, ataque de asma em pessoas alérgicas ao cromo; irritação e ulceração e perfuração do septo nasal (ROYLE 1975; KUO et al.1997; LEE e GOH 1988; SARTO et al.1990; SILVA 1998).

O Cr VI é mais facilmente absorvido pelos pulmões e pelo trato gastrointestinal do que o Cr III (LANGARD e NORSETH 1979). Estudos têm demonstrado que o cromo hexavalente é um dos principais responsáveis pelo câncer de pulmão e brônquios (ROYLE 1975; FRANCHINI et al.1983; SORAHAN et al.1987), quando o trabalhador permanece exposto por longo tempo (LANGARD 1990).

Ainda que a exposição tem cessado há muito tempo, é possível a ocorrência do câncer de pulmão (ATSDR 2000).

Ao estudar a correlação entre as concentrações de ácido crômico no ambiente de trabalho (em processos de cromo decorativo e de cromo duro) e a incidência de lesões em 94 funcionários do setor de galvanoplastia no estado de São Paulo, GOMES (1972) concluiu que 100% dos operários que trabalhavam no processo de cromo duro apresentavam algum tipo de lesão; 48,6% dos expostos ao cromo duro apresentavam perfuração do septo nasal e 40% apresentavam ulceração no septo nasal. Apenas 13,2% dos expostos ao cromo duro não apresentavam lesões cutâneas.

A ingestão de cromo, acidental ou não, provoca fortes dores abdominais, vômito, necrose tubular aguda e danos nos rins e no fígado, hemorragia e até a morte (ATSDR 2000). SARYAN e REEDY (1988) mencionam o caso de um homem de 41

anos que após ingerir 4,1 mg Cr VI/Kg teve hemorragia, dores abdominais, vômito e queimação no estômago, falecendo em seguida.

LUMENS et al. (1993) pesquisaram a correlação entre a concentração do cromo no ambiente e a concentração do cromo urinário e concluíram que, provavelmente, não há uma correlação entre ambos, como já haviam concluído LANGÄRD e NORSETH (1979). Ao avaliar duas fábricas de cromo duro, ambas apresentaram concentrações médias equivalentes, porém, em uma fábrica houve uma forte correlação entre o Cr-Ar e Cr-U. Ao investigar determinados hábitos dos funcionários, como fumar, usar luvas, lavar as mãos (antes das refeições e depois de ir ao banheiro) concluiu-se que a não observância destes costumes aumentava os valores de Cr-U. a NIOSH (1984) adverte para a importância de se observar as condições no local de trabalho e adquirir hábitos de higiene para evitar prejuízos à saúde em ambientes com baixos níveis de cromo no ar. Uma fonte muito importante de contaminação por ingestão é o hábito de fumar no local de trabalho, a concentração de cromo urinário pode aumentar entre trabalhadores que fumam. (LUMEN et al. 1993)

Quando inalado o cromo hexavalente pode causar carcinoma bronquial. FRANCHINI (1983) fez um estudo de coorte retrospectiva de mortalidade entre cromadores de nove empresas de cromação coorte nesta foram incluídos cromadores que trabalhavam há pelo menos um ano nesta função, entre janeiro de 1951 a dezembro de 1981. O grupo totalizava 178 trabalhadores, sendo 116 de processo de cromo duro e 62 de processo de cromo decorativo. Ocorreram 15 mortes nesse grupo. Entre os cromadores de processo de cromo duro foram encontrados mais do que o dobro com morte causada por câncer e mais do que o quádruplo das mortes decorrentes de câncer nos pulmões.

LANGÄRD (1990) fez uma revisão dos estudos publicados durante cem anos, de 1890 a 1990. O primeiro trabalho, publicado em 1890, comprovou o surgimento, em um trabalhador, de adenocarcinoma causado por exposição ao cromo hexavalente. Concluiu-se, então, que um longo período de exposição ao cromo hexavalente pode causar carcinoma nos pulmões.

KUO et al. (1997) investigaram 189 trabalhadores em 11 empresas de galvanoplastia em Taiwan, em três processos diferentes: de cromo, níquel-cromo e

zinco. Concluíram que entre os expostos ao processo de cromo 30,8% apresentava perfuração de septo nasal e 38,5%, ulceração nasal. Constataram que os expostos ao processo de cromo tinham 31,7 vezes mais ulceração nasal do que os trabalhadores dos outros dois processos (níquel-cromo e zinco). Os operários que ficavam próximos aos tanques de cromo apresentaram 4,2 vezes mais ulceração nasal e os que tinham mais de nove anos de exposição tinham danos 30,8% maior.

Os autores concluíram que é de fundamental importância implementar melhorias para proteger a saúde dos trabalhadores, como: controlar o sistema de ventilação, a temperatura dos banhos e a densidade de corrente.

Quando avaliou 18 cromadores em processo de cromo duro, na RMSP SILVA (1998) concluiu que 72,2% desses funcionários apresentavam lesões nasais médias ou avançadas, características apenas de pessoas expostas ao cromo hexavalente, enquanto no processo de cromo decorativo o índice de lesões médias ou avançadas foi de 34,4%.

SARAHAN et al. (1998) estudaram a mortalidade causada por câncer de pulmão em uma coorte abrangendo um período entre 1946 e 1995 constituída de 1962 cromadores em Midlands, Grã-Bretanha. Eles encontraram evidências de que os compostos solúveis de cromo hexavalente são potencialmente carcinogênicos pulmonares em humanos.

Em 2000, SORAHAN et al. realizaram um estudo abrangendo um período de tempo entre 1972 e 1997 com 1087 trabalhadores cromadores expostos a ácido crômico. O objetivo deste trabalho foi investigar a mortalidade provocada por câncer de pulmão. Este grupo de estudo foi comparado com um grupo controle de 1163 pessoas não expostas. Eles concluíram que a exposição ao cromo hexavalente pode ter contribuído para aumentar a incidência de câncer de pulmão no grupo de funcionários expostos. Ainda segundo esses mesmos autores, a maior exposição ao cromo trivalente na população, de forma geral, ocorre na alimentação: carne, vegetal, açúcar refinado, peixe, óleo vegetal, frutas e água tratada para consumo humano e cigarro.

LAI et al. (1998) encontraram um efeito sinérgico quanto à exposição de cromadores a névoas de cromo hexavalente e quanto ao hábito de fumar (OR = 8 entre expostos fumantes, OR = 2,95 entre fumantes do grupo controle e OR = 5,33

entre cromadores não fumantes expostos) e uma correlação entre a concentração de Cr VI no ar e a concentração de Cr VI na urina. Os autores não encontraram uma correlação significativa entre as concentrações de Cr VI na urina e no sangue e os valores de SCE/cell, e levantam a hipótese de isto ocorrer por causa da redução do Cr VI antes de atingir o linfócito.

VAGLENOV et al. (1999) deduziram que há uma clara associação entre a exposição ocupacional ao cromo e o efeito genotóxico.

LINDBERG e HEDENSTIERNA (1983) compararam a função pulmonar, as condições do septo nasal e os sintomas nasais com a saúde respiratória, por meio de questionários, em um grupo de trabalhadores não expostos (119) e um grupo de trabalhadores expostos ao ácido crômico em operações de eletrodeposição. O grupo de expostos foi dividido em dois subgrupos: um exposto a baixas concentrações (menores do que $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), composto de nove trabalhadores, e outro exposto a altas concentrações (maiores do que $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), composto de 24 trabalhadores. No subgrupo exposto a baixas concentrações quatro entre nove funcionários apresentavam corrimento nasal constante, congestionamento nasal e assoavam o nariz freqüentemente. As mucosas nasais ficavam avermelhadas quanto expostas a concentrações entre 1 a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$; foram encontradas irritações e ruptura de septo nasal em dois terços dos trabalhadores expostos a concentrações que variavam de 2 a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Todos os empregados foram submetidos a concentrações iguais ou superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de névoas de ácido crômico quando permaneciam junto aos tanques dos banhos eletrolíticos de cromo. Exames nasais revelaram que os danos foram mais severos no subgrupo exposto a altas concentrações. No subgrupo exposto a baixas concentrações foi detectada uma tendência de regressão das lesões após o afastamento dos trabalhadores nos fins de semana.

Em 1983 LINDBERG e VESTERBERG pesquisaram a excreção de proteína pela urina de 24 cromadores em atividade, de 27 ex-cromadores e de um grupo controle composto de 37 pessoas. As concentrações ambientes dos trabalhadores em atividade expostos foram coletadas por amostragem individual: as concentrações estavam na faixa de 2 a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a concentração média era de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; as concentrações entre os antigos trabalhadores foram consideradas mais elevadas. Entre os trabalhadores em atividade os resultados mostraram alterações renais,

quando expostos a concentrações de 4 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Cr VI por mais de 8h diárias. Os autores não encontraram concentrações alteradas na urina dos antigos trabalhadores, isto pode indicar que o efeito é reversível. Os atuais cromadores apresentaram sintomas de irritação nas vias respiratórias, inclusive com ulceração e ruptura do septo nasal.

Ao fazer uma revisão em um estudo prospectivo epidemiológico em trabalhadores de uma mina de refinação de cromato, entre 1930 e 1947, ENTERLINE (1974) constatou que o risco de trabalhadores expostos desenvolverem câncer do aparelho respiratório foi 20 vezes maior do que entre os indivíduos do grupo controle. E um outro estudo, feito entre 1940 e 1947, nesta mesma indústria, mostrou um risco relativo 29 vezes maior de o funcionário adquirir câncer do aparelho respiratório; considerando-se a faixa etária, o risco era 40 vezes maior entre os expostos de 15 a 44 anos de idade, e para o grupo de 55 a 74 anos o risco era 20 vezes maior em relação ao grupo controle.

Investigando 17 indústrias de cromação e examinando 37 cromadores LEE e GOH (1988) encontraram 14 trabalhadores (38%) com dermatite de contato ou úlcera do cromo, ou ambas, sendo que 7 (18,92%) tinham úlcera do cromo; 6, dermatite de contato; e 1 funcionário sofria de ambas. Quase a metade (18) dos cromadores (49%) tinha irritação na garganta, 15 (41%), tinham irritação no nariz e 1 (2,7%) tinha o septo perfurado. Outros 16 (43%) apresentavam cicatrizes que sugeriam prévia úlcera de cromo. A irritação da mucosa estava presente em 21 (57%) dos cromadores.

SARTO et al., 1990, relatam que a passagem do Cr VI prejudica as mucosas da boca e do nariz, pois estas são intermediárias neste trajeto. No entanto, este fato não chega a provocar câncer, embora o nariz seja o primeiro órgão afetado pelo Cr VI.

LINDBERG et al. (1985) avaliaram 13 indústrias de cromação na Suécia, examinando quase todas as fábricas que tinham cinco empregados ou mais. Em uma empresa de cromo duro eles encontraram uma faixa de concentração de Cr VI entre 20 e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; em outra fábrica, também de cromo duro, todas as concentrações ficaram abaixo de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; e em todas as empresas de cromo decorativo as concentrações ficaram abaixo de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Diversos estudos têm mostrado uma forte associação entre o surgimento de câncer de pulmão e de brônquio e o tempo de exposição ao banho de cromo hexavalente (ROYLE 1975; FRANCHINI et al. 1983; SARAHAN et al. 1987).

1.4.1 As vias de penetração do cromo e seus efeitos

O cromo hexavalente é considerado o principal responsável pelos graves danos causados à saúde das pessoas expostas. Embora a via respiratória seja o principal meio de penetração do cromo no corpo humano, existem outras vias que exercem importantes papéis na exposição ocupacional: contato, exposição dérmica e por via oral, isto é, ingestão da substância.

O cromo penetra no corpo humano através da inalação do ar poluído por poeiras e partículas, fumos metálicos, por meio de cromatos, névoas de cromo hexavalente etc.. Diversos estudos têm demonstrado que inalação de cromo VI e seus compostos podem causar vários distúrbios tanto em organismo humano quanto em animais submetidos a experiências. Não há evidências de efeitos adversos musculoesqueléticos, cardiovasculares e hematológicos (ATSDR 2000).

É comum que os trabalhadores expostos apresentem sintomas como se estivessem sempre resfriados: coriza, congestionamento nasal, espirros, necessidade de assoar constantemente o nariz (LINDBERG e HEDENSTIERNA 1983; SILVA 1998), rinorréia (GOMES 1972; LEE e GOH 1988), e irritação de garganta (LEE e GOH 1988); há relatos de ataques de asma em trabalhadores mais sensíveis ao cromo (ROYLE 1975; LANGÄRD e NORSETH 1979).

Quando respiramos ar contendo cromo em concentrações elevadas, partículas deste elemento podem ser depositadas nos pulmões. As depositadas na parte superior podem ser expelidas por meio da tosse ou engolidas, as partículas menores alcançam a parte inferior dos pulmões e passam para a corrente sanguínea. Ao atingir a corrente sanguínea o cromo é distribuído para todo o corpo (ATSDR 2000). Dessa forma, o cromo alcança o aparelho respiratório inferior e pode causar câncer nos pulmões, nos brônquios (ENTERLINE 1974; ROYLE 1975; LANGÄRD e NORSETH 1979; LINDBERG e HEDENSTIERNA 1983; FRANCHINI et al. 1983;

LANGÄRD 1990; SARAHAN et al. 1998; SARAHAN et al. 2000; SARAHAN et al. 1987).

Inalação de cromo VI e seus compostos podem causar efeitos gastrointestinais, como mostrado por estudos conduzidos em ratos nos quais foram encontradas lesões no estômago, intestino grosso e duodeno (LEE et al. 1989). Em um estudo retrospectivo sobre as causas de mortalidade entre cromadores de West Riding of Yorkshine constituído de um grupo de 1.238 trabalhadores expostos e 1.284 indivíduos de um grupo controle, ROYLE (1975), verificou que a incidência de câncer de pulmão e pleura e câncer gastrointestinaal era sempre quase o dobro entre os expostos. Entre os cromadores, o tempo médio de exposição e a morte causada por câncer foram de 13,6 anos para câncer intratorácico, e 18,8 anos para outras formas de câncer. Todas as formas de câncer apresentaram uma média de 16,4 anos de tempo de exposição.

O sistema renal pode sofrer danos quando o cromo VI e seus compostos são inalados. Este fato foi demonstrado por um estudo realizado por LINDBERG e VESTERBERG (1983) em que trabalhadores expostos a concentrações de 4 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Cr VI, por mais de 8h diárias, apresentaram alterações renais.

O contato com a pele ou mucosa é a terceira via de exposição, consequência da manipulação de compostos de cromo, sólidos ou líquidos, principalmente do cromo hexavalente, em que este entra em contato com a pele. Este contato pode resultar do uso de luvas de comprimento inadequado, ou mesmo da ausência deste EPI ou do hábito de retirar e de colocar constantemente as luvas (ROYLE 1975), do ato de coçar os olhos ou qualquer outra parte do corpo durante as tarefas ocupacionais. A manipulação de compostos de cromo sólidos ou líquidos desenvolve ulcerações de pele nos trabalhadores . O desenvolvimento de lesões depende da préexistência de danos cutâneos, e sobre as quais ocorre a deposição do cromo, e não da concentração do cromo que há no ar (LUMENS et al. 1993).

1.4.2 Mecanismo de ação

O cromo hexavalente depois de absorvido ocorre uma redução intracelular a cromo trivalente (LANGÄRD e NORSETH, 1979; LANGÄRD, 1982; LUMENS et al., 1993; ATSDR 2000). A absorção gera uma espécie altamente reativa de cromo – possivelmente estas espécies altamente reativas sejam o Cr V e Cr IV - assim como a formação de radicais livres altamente reativos que formam complexos com o DNA. Esse mecanismo de redução pode ser o responsável pelos efeitos nocivos causados pelos compostos de cromo hexavalente (SUIYAMA 1992; NORSETH 1986).

O cromo entra em contato com a pele e provoca irritação e, posteriormente, ulceração. Através da ulceração o cromo penetra na célula, ocorrendo redução intracelular a Cr III. O cromo hexavalente é mais facilmente absorvido para dentro da célula do que o cromo trivalente. Isto pode ocorrer devido à configuração tetraédrica do ânion cromato, enquanto o cromo trivalente é absorvido por difusão passiva ou fagocitose, o que torna a sua absorção bem mais lenta (ATSDR 2000). A absorção de compostos de cromo por meio da inalação depende de vários fatores físicos e químicos, como o estado de oxidação, o tamanho e a solubilidade, e da atividade do macrófago alveolar (KIILUNEN et al. 1983). O cromo pode ser absorvido pelos pulmões (LANGÄRD et al. 1978) e o cromo não absorvido por estes dirige-se para o trato gastrointestinal através da corrente sanguínea (ATSDR 2000). O cromo VI também é mais bem absorvido por via oral do que o cromo III (DONALDSON e BARRERAS 1966).

O cromo hexavalente é prontamente absorvido pelos pulmões e pelo trato gastrointestinal, depois de absorvido é eliminado pela urina e tem a meia-vida de 15-41 horas (SARYAN e REEDY 1988).

O cromo hexavalente penetra no organismo e pode ser reduzido no fluido epitelial dos pulmões a cromo trivalente por ascorbato ou glutatona, sendo mais rapidamente reduzido pelo ascorbato (SUZUKI e FUKUDA 1990; SUGIYAMA 1992). Quando a redução acontece em baixas concentrações de ascorbato, a reação favorece a formação do cromo V, e quando o ascorbato encontra-se em excesso, a reação privilegia a formação do cromo III (LIU et al. 1994). A redução do Cr VI a Cr III ocorre de maneira quase imediata (LIU 1982), com a redução intracelular do

cromo hexavalente há a formação, além do cromo III, dos intermediários Cr V e Cr IV e radicais livres de hidroxila ($\cdot\text{OH}$), e durante a redução do cromo VI a cromo III ocorrem lesões no DNA (SUGIYAMA 1992).

O Cr III é um nutriente essencial ao ser humano (LANGÄRD e NORSETH 1979; KORALLUS et al. 1986; GLASER et al. 1990; WHO 1988; ATSDR 2000). Nos Estados Unidos estima-se o consumo médio de 60 a 80 μg de cromo na dieta alimentar diária dos adultos – a ingestão diária de Cr III recomendada é de 50 a 200 μg . A carência alimentar de cromo III diminui a capacidade do organismo na metabolização da glicose, das proteínas e dos ácidos graxos, o que pode acarretar perda de peso (GLASER et al. 1990; ATSDR 2000), diminuição corpórea, funcionamento inadequado do sistema nervoso central e desenvolvimento de condições para o diabetes. O cromo trivalente é usado como suplemento alimentar e é benéfico quando consumido em doses adequadas (ATSDR 2000).

Além da ingestão ocupacional, também ingere-se o cromo III por meio de alimentos como brócolis, banana, batata, peito de peru, maçã, sucos de uva e de laranja etc. (ANDERSON et al. 1992).

O cromo que atinge os rins é eliminado pela urina em poucos dias. Da mesma forma, o cromo ingerido é eliminado do organismo pelas fezes também em poucos dias e não passa para o sangue. Uma pequena quantidade atravessa o intestino e atinge o sangue (ATSDR 2000).

A principal via de excreção do cromo é através da urina. A meia-vida para excreção do cromo na urina é em torno de 4 a 10 horas (KIILUNEN et al. 1983). Em estudos com ratos expostos a 2,1 mg/m^3 de cromato de zinco por 6h/dia, durante 4 dias, o nível de cromo na urina manteve-se quase que constante nos quatro dias e depois diminuiu, isto indica que o cromo no eritrócito é liberado lentamente (LANGÄRD et al. 1978). A absorção de compostos de cromo por via oral é baixa e quando isto ocorre a excreção faz-se quase 100 % através das fezes e um percentual muito baixo através da urina (DONALDSON e BARRERAS 1966).

1.4.3 Forma de detecção de cromo no homem

A concentração de cromo no organismo humano pode ser medida por amostras de cabelo, urina, soro, por meio de tecidos celulares e amostra de sangue (ATSDR 2000). Em termos ocupacionais é mais comum determinar esta concentração por meio da urina.

1.5 Ventilação como controle proteção contra a exposição do trabalhador aos poluentes gerados em galvanoplastia

A ventilação é usada em ambientes internos para diluir ou para retirar o poluente do local de trabalho, controlando assim a poluição do ar e evitando que os limites de tolerância sejam ultrapassados. Ela é necessária para controlar a emissão de cromo durante a eletrodeposição deste no processo de cromo duro. Esferas plásticas podem auxiliar na redução da emissão de cromo, mas tanto esferas plástica e como ventilação, sozinhas, não representam controles suficientes para eliminar a exposição. Para controlar a exposição do cromo é necessário combinar vários princípios: controles de engenharia, práticas de trabalho, proteção pessoal e monitoramento. A combinação desses fatores é necessária para promover uma ampla proteção aos trabalhadores (NIOSH, 1984; ROYLE 1975).

Segundo MESQUITA et al. (1977) a ventilação pode ser de dois tipos: geral (através de insuflação, exaustão ou insuflação-exaustão) ou local (através de exaustão). No caso do processo de eletrodeposição é mais usual o emprego da ventilação local exaustora, mas também é utilizado o sistema de insuflação-exaustão (push-pull), dependendo das dimensões do tanque, ou ventilação geral exaustora.

A ventilação local exaustora capta e remove os poluentes na fonte de emissão, evitando que o ar poluído vá para o ambiente interno e atinja os trabalhadores, porém, na realidade a total captação é impossível (OSHA 2001). Sendo a mais recomendável nos processos de eletrodeposição, pois devido às substâncias normalmente perigosas à saúde os poluentes devem ser captados na fonte de emissão antes que atinjam o ar interno e venham a poluir o ambiente de trabalho. Após a

captação na fonte, este ar poluído é conduzido através de dutos, passando por equipamentos de controle de poluição do ar, por exemplo, lavadores de gases. Finalizando, o ar segue, através da chaminé, para o ambiente externo.

Os sistemas de ventilação local exaustora são projetados para captar ar poluído na fonte ou no ponto de geração antes que este entre na zona de respiração dos trabalhadores. Quando estes são projetados corretamente, o ar poluído é captado e removido do local de trabalho de modo que os trabalhadores fiquem expostos apenas aos níveis aceitáveis pela legislação ou abaixo destes.

O ar poluído deve ser removido na fonte antes que ele possa atingir a zona de respiração. Este controle é especialmente importante quando os operários trabalham com produtos químicos altamente tóxicos, que possam causar danos a partir de uma curta exposição (aguda) ou de uma longa exposição (crônica).

A utilização da VLE tem como desvantagem a necessidade de um capital inicial mais elevado para a realização do projeto, da construção e da instalação de material em relação aos custos da ventilação geral. São necessárias boas práticas de higiene industrial para controlar o ar poluído. Os projetos são mais complexos do que o sistema de ventilação geral. É necessária uma rotina de manutenção mais rigorosa do que o sistema de ventilação geral (IUP 2001).

De uma maneira esquemática os componentes de SVLE são constituídos de captor, dutos, lavadores de gases (por exemplo), ventilador e chaminé

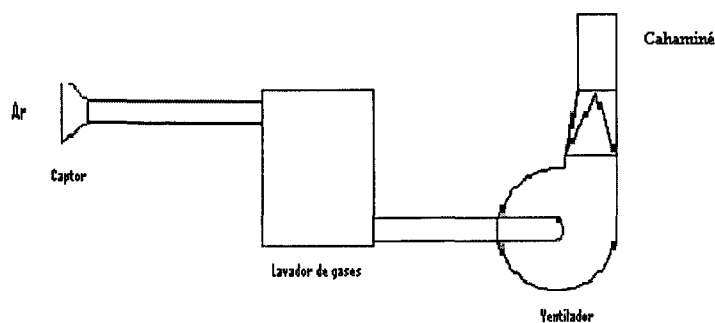


Figura 1: Esquema de um Sistema de Ventilação Local Exaustora

Fonte: OSHA, 2001

Fonte é o ponto gerador de poluição; captor é o ponto por onde entram os contaminantes; tramo é o duto secundário; duto é por onde o contaminante é transportado; filtro é onde ocorre a purificação do ar contaminado; ventilador é o responsável pelo deslocamento do ar dentro do duto; motor fornece a energia necessária para o ventilador trabalhar; chaminé é responsável pelo transporte do gás para a atmosfera.

O tipo de captor utilizado em processo de eletrodeposição em sistema de ventilação local exaustora - SVLE pode ser: multifresta, fresta lateral, empurre e puxe (push and pull).

O uso deste tipo de coifa é condenável porque expõe mais o operário, concentrando o fluxo de ar que passa por este, como podemos ver na figura abaixo.

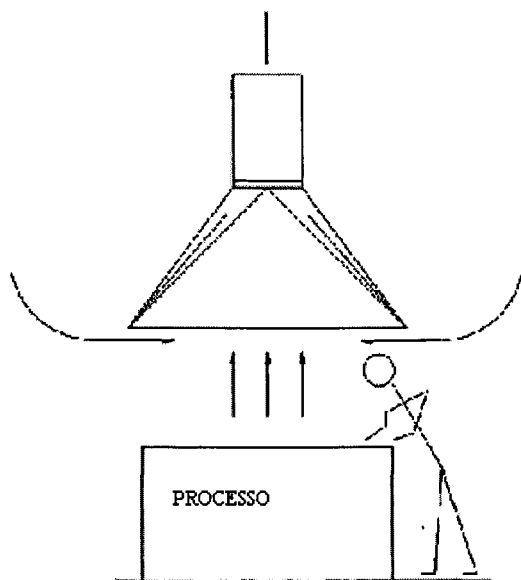


Figura 2: Fonte de emissão (tanque de eletrodeposição) e captor tipo coifa.

Fonte: ACGIH, 1998

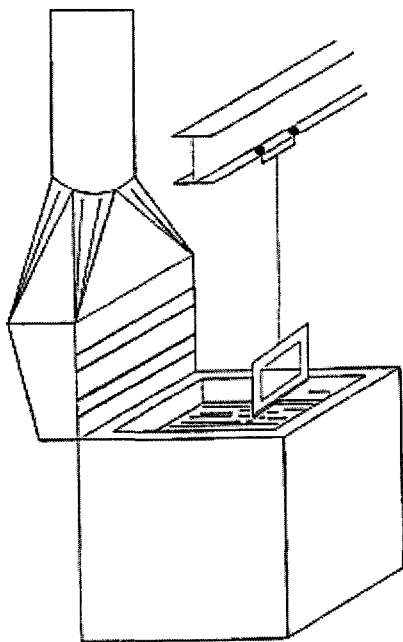


Figura 3: Tanque de eletrodeposição com VLE com captação multifrestas

Fonte da figura 2: IUP, 2001

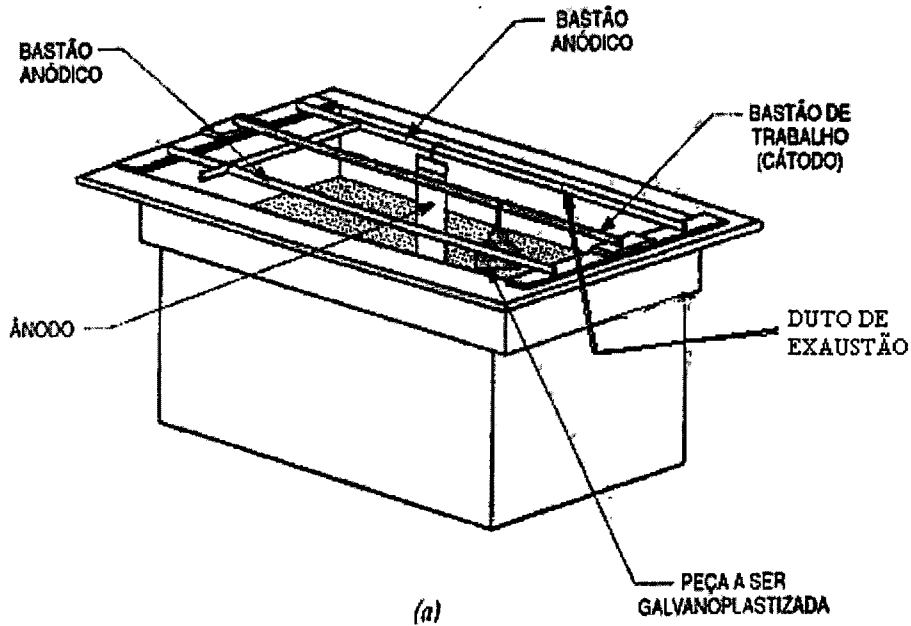


Figura 4: Tanque de eletrodeposição com captação lateral nos dois lados e demais componentes de eletrodeposição

Fonte da figura 4: BURGESS, 1997

A ventilação geral dilui a concentração do poluente no ambiente interno, remove o ar deste local e o libera para o ambiente externo, deslocando o ar do ambiente externo para o interno através de sistemas mecânicos. Como o ar limpo entra na área de produção e se mistura com o ar poluído, a concentração deste é reduzida a níveis mais baixos.

Na ventilação geral todo o poluente é liberado para o ambiente interno, assim, uma quantidade de ar limpo deve ser introduzida no ambiente para reduzir esta concentração a níveis aceitáveis. Seu uso não é aconselhável no caso de substâncias muito perigosas à saúde, como o cromo hexavalente.

No sistema de ventilação geral não há captor, a entrada de ar ocorre por ventilação natural, isto é, pela movimentação do ar através de janelas, portas ou ventilação de teto, conduzido por diferenças de temperatura e pressão.

No projeto de ventilação geral deve-se levar em consideração as propriedades físicas e químicas, as taxas de geração, os limites de tolerância e os pontos relativos da geração dos poluentes. A ventilação geral é recomendável para prevenir acúmulo de gases inflamáveis ou concentrações de vapores que representem perigos (BURGESS 1997).

2 JUSTIFICATIVA

Em estudo com cromadores em processo de cromo duro foi encontrado mais de 70% dos trabalhadores com lesões médias ou avançadas, características de trabalhadores expostos (SILVA 1998).

Quase todos os objetos usados em nosso dia-a-dia passam por um tratamento de superfície. Pode-se citar óculos, relógios, material utilizado em banheiros (tanto plástico como metálico), carros, talheres, eletroeletrônicos etc.

Nessa atividade, a exposição aos agentes químicos como, por exemplo, o cromo hexavalente, é prejudicial à saúde dos trabalhadores.

Em boa parte das indústrias pequenas as condições de trabalho são precárias e, na maioria das vezes, os produtos utilizados nesses tratamentos são extremamente nocivos aos trabalhadores, como névoas de cromo hexavalente – produzidas nas fábricas de cromeação – consideradas comprovadamente carcinogênicas aos seres humanos (IARC 1990).

Nem todas as empresas têm sistemas de proteção e, quando têm, estes são muitas vezes ineficazes e/ou inadequados ou, ainda, estão sem, manutenção preventiva há muito tempo, o que torna seu poder de captação ineficaz.

A importância de esses sistemas de proteção funcionarem corretamente é relevante devido ao fato de que, se estão instalados, porém trabalhando de maneira ineficaz, transmitem aos empregados a falsa sensação de que estes estão trabalhando de maneira segura.

Esta pesquisa estudou as condições do ambiente de trabalho desse importante setor industrial – de tratamento de superfície metálica por eletrodeposição – cuja tecnologia é continuamente desenvolvida. Porém, a grande maioria das indústrias mantém condições de trabalho prejudiciais aos trabalhadores porque utilizam em seus processos substâncias consideradas carcinogênicas (IARC -1990) aos seres humanos.

Concluiu-se, então, que o fato de sistemas de proteção estarem instalados não significa que os operários estejam protegidos. Por isso, é necessário avaliar a eficácia desses sistemas

Considerando que o cromo hexavalente é uma substância extremamente nociva aos trabalhadores, independentemente dos níveis de concentração encontrados no ar interno, somente se essas emissões forem captadas na fonte, isto é, antes de atingirem a zona respiratória dos operários, esses estarão protegidos. Assim, é extremamente relevante verificar a eficácia desses sistemas de proteção instalados, bem como as concentrações dos poluentes no ar.

O processo de cromo duro foi escolhido porque, normalmente, as empresas que fazem este tipo de tratamento de superfície não utilizam outro tipo de tratamento; desse modo, não há outros metais interferentes. Por exemplo, nos banhos de cromo decorativo, em que antes da camada de cromo podem ser depositadas as camadas de cobre e/ou níquel, os trabalhadores estão sujeitos a vários poluentes, como cobre, níquel e cromo, enquanto no caso do cromo duro (quase sempre) o único metal pesado a que eles estão expostos é o cromo na forma hexavalente.

3 OBJETIVOS

Desenvolver um estudo comparativo entre os três tipos diferentes de sistemas de proteção coletiva, comparando-os e verificando se, de fato, estes sistemas protegem a saúde dos trabalhadores e se algum deles pode ser apontado como o que oferece melhor proteção.

O primeiro objetivo deste trabalho foi verificar as concentrações de cromo hexavalente nos ambientes de trabalho das indústrias de tratamento de superfície (galvanoplastias) em dez empresas. Um segundo objetivo foi verificar a eficácia dos sistemas de proteção coletiva, comparando três tipos de sistemas diferentes: sistema de ventilação local exaustora lateral; sistema enclausurado em cabinas equipadas com sistema de ventilação local exaustora; e um terceiro que utilizava espumas supressoras tensoativas e esferas de plástico ou esferas de poliestireno expandido, como inibidores de névoas de cromo hexavalente (Cr VI) no ar interno.

Paralelamente estudou-se se havia diferença estatisticamente significativa em fazer a avaliação em um período de amostragem de 3 ou 6 horas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Pontos de coleta de névoas de cromo hexavalente

A coleta de amostras de névoas de cromo hexavalente no ar interno foi realizada em pontos estacionários próximos aos tanques e às bancadas de montagem das gancheiras. Com sugere CORN (1985) quando o objetivo de amostragem é controlar o processo ou é determinar a tendência, não é necessária uma avaliação individual; devendo-se coletar as amostras em locais próximos à fonte, o que é suficiente para atender este objetivo

4.2 Local de estudo

Os locais de estudos escolhidos foram a região metropolitana de São Paulo - RMSP e a cidade de Curitiba, PR.

Tanto a escolha de São Paulo como a escolha de Curitiba deveu-se à cooperação das empresas com a realização deste estudo e a boa receptividade destas em implantar modificações em seus processos produtivos.

A princípio, seriam escolhidas seis empresas em São Paulo: duas que utilizassem, como proteção coletiva contra a emissão de névoas de cromo hexavalente, um sistema de ventilação local exaustora enclausurado (só foram encontradas estas duas empresas com este tipo de proteção). Duas que utilizassem, como inibidores de névoas de cromo hexavalente, espumas tensoativas e esferas de plásticos. E outras duas que utilizassem o sistema mais comum e usual que é o sistema de ventilação local exaustora com captação nos tanques.

A decisão de incluir Curitiba em neste estudo deveu-se ao fato de já haver um trabalho de colaboração entre a Fundacentro/CTN, localizada em São Paulo, SP e a Fundacentro/CEPR, localizada em Curitiba, PR, junto com os segmentos representantes dos empresários e trabalhadores, além da DRT/PR. O objetivo foi promover melhorias nas condições de trabalho neste setor industrial tão importante, mas ao mesmo tempo tão problemático no que se refere à saúde dos trabalhadores.

4.3 Processo de seleção das empresas avaliadas

Na RMS, as empresas de galvanoplastia foram selecionadas a partir de uma listagem obtida nas Páginas Amarelas por meio da Internet. Ao todo havia 170 nomes de empresas das quais 34 dedicam-se ao tratamento de superfície exclusiva de eletrodeposição de cromo duro. De posse dos dados das empresas manteve-se contato com elas por telefone e se as informações fornecidas neste contato preliminar estivessem dentro do interesse do estudo agendava-se uma visita à empresa. O funcionário responsável pelo atendimento respondia a um questionário sobre as atividades produtivas da empresa.

Quando havia colaboração entre as partes e havia permissão da empresa para se realizar o estudo dentro da organização, e quando esta se encaixava dentro da proposta da pesquisa, agendava-se, então, uma data posterior para a avaliação propriamente dita.

4.4 Tamanho da amostra

Foram avaliadas dez empresas que utilizavam o processo de eletrodeposição de cromo duro. As amostras foram coletadas durante três dias consecutivos em uma mesma semana.

As amostras de cromo hexavalente no ar interno foram coletadas em três dias consecutivos, de segunda à quinta-feira, porque as atividades nas começavam, normalmente, às segundas-feiras, e os banhos demoravam certo tempo para atingir a temperatura ideal da eletrodeposição. Além disso, nas sextas-feiras, habitualmente, a jornada de trabalho terminava mais cedo do que nos outros dias. Assim, para não prejudicar o tempo de avaliação, julgou-se ser este o melhor período. Foi definido um período de uma semana para cada empresa. As coletas de amostras ocorreram em dois períodos de tempo diferentes, um de três e outro de seis horas por dia. Algumas vezes, no entanto, determinadas questões operacionais das empresas diminuiram o

período de avaliação. Em aconteceu de haver coletas de amostras por um período menor dos que as três horas predeterminadas.

Foram avaliadas duas empresas de tratamento de superfície de cromo duro que dispunham de SVLE em cabinas enclausuradas; cinco empresas de cromo duro com SVLE com captação lateral – quatro destas tinham tanques cilíndricos e profundidade que variava de 4 a 6 m – ; e três empresas de cromo duro que não dispõem de SVLE, mas que usavam, como proteção coletiva, espumas tensoativas e/ou esferas de plástico, ou de poliestireno expandido, sobre a superfície dos tanques.

Segundo BRUNN et al. (1986) um período de coleta de amostras de 4 horas tem uma boa eficácia, sem reduzir a precisão e exatidão da amostragem.

ROACH (1966) sugere que o tempo para amostragem deve ser equivalente a 10% da meia-vida da substância química; como a meia-vida do cromo varia entre 15 a 41 horas serão necessárias, no máximo, 4 horas de amostragem para o cromo.

A OSHA (1985) estipula que o volume amostrado deve ficar entre 100 a 840 litros, dependendo do perigo e da concentração do poluente. Neste estudo estipulou-se dois períodos de tempo para coleta de amostras, um de 3 horas (volume de 360 L) e outro de 6 horas (volume de 720 L).

Segundo CORN (1986) a quantidade de amostras coletadas deve ser suficiente para a análise; a coleta das amostras precisa ser eficaz para não haver contaminação no material; é necessário estar de acordo com a sensibilidade do método analítico. Todos esses fatores juntos determinam o tempo mínimo de amostragem requerida.

Foi seguido o método n° 7604 de NIOSH (NIOSH - NMAM 1994); coletou-se amostras de ar interno contendo cromo hexavalente em filtros de membrana de PVC com 5,0 μm de porosidade e 37,0 μm de diâmetro em cassete triplo de poliestireno, e o ar interno foi captado por bombas de amostragem com taxa de vazão de 2 L/min

Antes do advento do filtro de PVC utilizava-se o filtro de éster de celulose, para coleta de cromo hexavalente. Mas o procedimento foi descartada porque ocorria redução do Cr VI a Cr III durante a amostragem e na estocagem da amostra. Com a utilização do filtro de PVC a partir de 1974, este problema foi eliminado (NIOSH 1984).

4.5 Tipo de amostragem

A amostragem pode ser individual, se o objetivo for avaliar a quantidade de poluente que o trabalhador está inalando ou pode ser estacionária (fixa) se o objetivo for avaliar o sistema de ventilação. Se o objetivo for avaliar a eficácia do sistema de ventilação, a amostragem deverá ser estacionária. Em uma amostragem individual os trabalhadores mais expostos são selecionados e coloca-se neles bombas amostradoras. O filtro amostrador deve ficar na altura da zona respiratória, preso na lapela do uniforme, distando um raio de 30,5 cm da cabeça do funcionário. Enquanto nas avaliações estacionárias as bombas amostradoras são fixadas próximas aos tanques de eletrodeposição e no ponto onde os trabalhadores permaneciam durante mais tempo. (CORN 1985). Uma vez que o objetivo deste estudo foi comparar três tipos diferentes de sistema de proteção coletivo, normalmente usados nas empresas de galvanoplastia, utilizou-se o método de amostragem estacionária.

4.6 Divisão das empresas em grupos

As dez empresas avaliadas foram divididas em três grupos, de acordo com o tipo de proteção coletiva existente nos banhos eletrolíticos de cromo.

O grupo I foi constituído pelas empresas E₀₁, E₀₂ e E₀₃ por utilizavam como proteção coletiva espuma supressora tensoativa, esferas plásticas e esferas poliestireno expandido como proteção para inibir a emissão de cromo hexavalente do ar.

As empresas E₀₄ e E₀₅ compuseram o grupo II e tinham como proteção coletiva o enclausurado em cabinas com SVLE.

Fizeram parte do grupo III as empresas E₀₆, E₀₇, E₀₈, E₀₉ e E₁₀ cuja proteção coletiva foi feita por SVLE. Além dessa proteção, algumas utilizavam esferas plásticas, espuma supressora e tampar os tanques durante o processo de eletrodeposição.

A avaliação exigiu 30 dias de trabalho de campo na fase final. A distribuição foi feita da seguinte maneira: 9 dias de avaliação nas 3 empresas do grupo I; 6 dias nas 2 empresas do grupo II; e 15 dias nas 5 empresas do grupo III. No total foram analisadas 167 amostras de névoas de cromo hexavalente.

4.7 Avaliação do sistema de ventilação local exaustora

Para a avaliação da ventilação foi utilizado Termoanemômetro, marca ALNOR, modelo 8565 e este foi previamente calibrado no laboratório de instrumentação da Fundacentro, como recomenda CORN (1986).

Foram utilizadas bombas amostradoras da marca BUCK GENIE e modelo VSS-5 e o fluxo foi previamente calibrado para uma vazão de 2 L/min. O calibrador utilizado foi da marca GILLIAN, modelo Calibrator 2 com fluxo primário de 20 cm a 6 L/min. Estas dispõem de mecanismo que corrige o seu fluxo constantemente, evitando desta maneira a necessidade de calibrá-las durante a amostragem. As bombas foram calibradas antes e depois de concluída cada amostragem, em cada uma das empresas avaliadas. A variação máxima tolerada foi de inferior a 5% no fluxo de vazão, as amostras que apresentaram variação maior foram descartadas.

4.8 Parte experimental

Para a realização da extração e da análise do cromo hexavalente utilizou-se pipetas automáticas, balões volumétricos, béqueres, vidro de relógio. nestas etapas foram utilizados filtros de membrana de PVC 5,0 μm ; 37 mm de diâmetro da marca German do lote n° 790020.

Os reagentes usados para a realização da extração e da análise foram carbonato de sódio anídrico; Merck®, hidróxido de sódio; Merck®. A solução extratora usada foi preparada na concentração de 0,5 mM NaOH / 7 mM Na₂CO₃.

Como padrão para a preparação das soluções foi usado cromato de potássio, 1000mg L⁻¹ marca Merck®. As soluções padrão, as soluções extratoras e o eluente

foram preparados com água ultrapura do sistema Milli-Q (resistividade > 10megaohm).

Para a realização do teste de extração do cromo hexavalente utilizou-se 6 béqueres, contendo os filtro de PVC, adicionamos 10 µL uma solução de cromato com concentração de 10 µg/L. Outros seis béqueres (branco) tendo apenas o filtro de PVC e a solução extratora. Estes 12 béqueres fora, levados a um banho de ultra-som por 5 minutos. As soluções nos béqueres foram transferidas, cada uma, para um respectivo balão volumétrico de 25 mL. Cada filtro foi lavado com a solução extratora por duas vezes com a solução extratora e os balões volumétricos tiveram seus volumes completados com esta solução. Durante os testes de recuperação encontramos valores entre 97 – 100% de recuperação do cromo hexavalente. Enquanto o eluente foi preparado com 7,0 mM de Na₂CO₃ e 0,5 mM de NaOH foi preparados com água deionizada ultrapura do sistema Milli-Q, seguindo o método 7.402 do NIOSH.

A vidraria utilizada no trabalho analítico foi lavada com detergente neutro e após esta lavagem permaneceu em ácido nítrico 10% durante 24 horas, tendo sido lavado posteriormente com água destilada e, finalmente, com água deionizada. Foram necessários três dias para completar o processo de lavagem e secagem do material.

4.8.1 Equipamento de análise de cromatografia de íons utilizado

Utilizou-se um aparelho de cromatografia iônica da marca DIONEX modelo DX-120, disposto de coluna de guarda do tipo Dionex HPIC-AG5 e uma coluna separadora do tipo Dionex HPIC-AS5, detector de 1 µS. o volume injetou-se 100 µL na coluna.

4.9 Análise estatística

Criou-se um banco de dados para os valores das concentrações encontradas no software EPIINFO (versão 6.0). Para verificar as diferenças estatísticas utilizou-se análise de variância (ANOVA) com 1, 2 ou 3 fatores, dependendo dos objetivos de análise, e o teste de Scheffe's. Adotou-se, para as significâncias estatísticas, o valor de $p \leq 0,05$. Para verificar-se a associação entre algumas variáveis do estudo utilizou-se o teste Qui-Quadrado, o teste de tendência de Cochran-Armitage e o teste exato de Fischer. Utilizou-se o software SAS – Statistical Analyses System (versão 8.0) para essas análises.

4.10 Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) do equipamento

O limite de detecção do equipamento foi calculado como sendo a concentração correspondente a três vezes a área do maior ruído. Enquanto o limite de quantificação do equipamento foi calculado como sendo a concentração correspondente a dez vezes a área de maior ruído. Os resultados analíticos podem sofrer algumas variações de um dia para outro. Pois, estes dependem de vários fatores inerente a sensibilidade do equipamento. Os limites do equipamento encontrados foram:

$$\text{LD} = 0,0185 - 0,03676 \mu\text{g/L}$$

$$\text{LQ} = 0,0617 - 0,1253 \mu\text{g/L}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As empresas do grupo I representaram 30% do total das avaliações. Uma das empresas deste grupo foi incluída nesta relação porque seu sistema de ventilação estava desativado. Assim, ela se enquadrou no perfil das empresas do grupo I.

As empresas do grupo II representaram 20% do total das avaliações, pois apenas foram encontradas essas duas empresas com tais dispositivos de proteção coletiva. A terceira empresa, que seria avaliada, encerrou suas atividades antes do início deste estudo.

O grupo III representou 50% do universo das empresas avaliadas. Como em Curitiba havia quatro empresas que realizavam eletrodeposição por processo de cromo duro, todas elas foram selecionadas para integrar este grupo. A tabela 1 mostra a distribuição de cada um destes grupos no estudo.

A tabela 2 mostra as concentrações médias, mínimas e máximas de névoas de cromo hexavalente emitidas a partir dos tanques dos banhos de eletrolíticos no processo de cromo duro nas dez empresas avaliadas, considerando os três diferentes grupos de empresas estudadas.

Tabela 1: Perfil da avaliação dentro dos três grupos de empresas

	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Total
Empresas avaliadas	03	02	05	10
Nº de coletas	62	29	76	167
Dias para coletas	09	06	15	30

Tabela 2: Concentrações médias, mínimas e máximas dos três tipos diferentes de proteção coletiva

Tipo de proteção	Conc. média de Cr VI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio padrão	Conc. mínima de Cr VI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Conc. máxima de Cr VI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Grupo I	22,21	31,18	nd	152,04
Grupo II	4,92	4,63	nd	21,97
Grupo III	4,09	7,43	nd	40,70

Legenda: Conc. – concentração; nd – não detectado de acordo com o limite de detecção do equipamento

5.1 Análise do grupo I

A concentração média das empresas do grupo I foi de $22,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que significa um valor ligeiramente superior à metade do LT – limite de tolerância – permitido na legislação brasileira (NR 15 anexo 11), que é de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O desvio padrão de 31,06 foi muito amplo, pois as concentrações variaram de um mínimo abaixo do limite de detecção de análise até um máximo de $152,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta concentração representou um valor quase 4 vezes superior ao LT.

A figura 5 permite visualizar a ampla faixa de concentração de névoas de cromo hexavalente encontrada em cada empresa do grupo I.

A tabela 3 mostra os dispositivos de proteção coletiva utilizados em cada empresa do grupo I em que pode-se observar a grande discrepância entre as concentrações médias de névoas de Cr VI encontradas na empresa E₀₁ e nas outras duas empresas deste mesmo grupo.

Comparando os resultados das três empresas do grupo I, conclui-se que a empresa E₀₁ apresentou a menor concentração média ($6,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e a menor concentração máxima ($32,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação às outras duas. Por outro lado, as empresas E₀₂ e E₀₃ tiveram concentrações médias semelhantes ($29,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $33,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente). A concentração máxima encontrada na empresa E₀₃ ($152,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ficou acima do dobro da concentração máxima encontrada na empresa E₀₂ ($75,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ou seja, a empresa E₀₃ atingiu uma concentração quase quatro vezes acima do limite de tolerância permitido pela legislação brasileira ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A E₀₂ alcançou quase o dobro deste limite. Verificou-se que o valor máximo atingido pela empresa E₀₁ ($32,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi semelhante aos valores médios das duas outras empresas. Em termos de concentração mínima, somente a empresa E₀₂ ($0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$) apresentou, sempre, um valor dentro do limite de detecção do equipamento analítico. Essas observações são mostradas no gráfico da figura 5.

Diversos fatores contribuíram para os resultados tão heterogêneos encontrados nas empresas do grupo I.

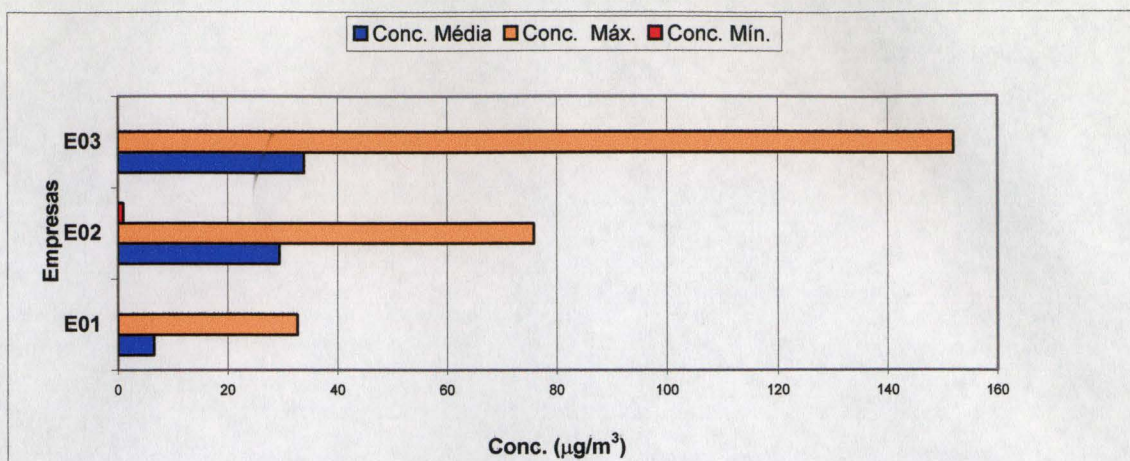


Figura 5: Comparação das concentrações médias, mínimas e máximas entre as empresas do grupo I

Tabela 3: Dispositivos utilizados nas empresas do grupo I e as concentrações médias de névoas de Cr VI e o número de coletas

Empresa	Tipo de proteção	Nº de coletas	Conc. média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
E ₀₃	Esferas de poliestireno expandido	21	33,89	
Grupo I	E ₀₂	Espuma tensoativa Esferas plásticas	20	29,42
	E ₀₁	Espuma tensoativa	21	6,61

5.1.1 Empresa E₀₁

Esta empresa usa uma espuma tensoativa eficaz, que é um bom produto supressor de névoas de cromo hexavalente.

Porém, em alguns momentos foram encontrados picos de concentração de Cr VI no ambiente de trabalho, o que pode ser explicado pelos procedimentos realizados junto aos tanques dos banhos eletrolíticos, como a preparação da solução de ácido

junto aos tanques dos banhos eletrolíticos, como a preparação da solução de ácido crômico para reforçar a concentração dos banhos, que deve ser de 250 g de CrO_3 por litro de solução. Esta situação por ser bem compreendida na foto da figura 6.



Figura 6: Preparação do solução eletrolítica de Cr VI para reforçar o banho na empresa E_{01}

A tabela 4 mostra o número de tanques existentes na empresa E_{01} e quantos estavam em operação durante a coleta das amostras. E a tabela 5 mostra a velocidade de deslocamento do ar dentro da área de produção.

Tabela 4: Número de tanques e coletas de amostras de acordo com o período de coleta na empresa E_{01}

Empresa	Nº de TQ	Nº TQ em operação	Nº pontos de coletas	Nº coletas/dia		
				3 h	6 h	total
E_{01}	03	02	03	04	03	07

Legenda: TQ – tanques de banho eletrolítico

A tabela 6 mostra a capacidade dos tanques e as características do banho eletrolítico na empresa E₀₁: corrente elétrica (A), tensão elétrica (V), tempo de eletrodeposição (h) e temperatura do banho.

Tabela 5: Velocidade natural do ar dentro da área de produção da empresa E₀₁

Empresa	V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)	V ₃ (m/s)
E ₀₁	0,19	0,02	0,11
E ₀₂	0,22	0,12	0,15
E ₀₃	0,40	0,12	0,20

Legenda: V₁ – velocidade natural máxima do deslocamento do ar dentro da área de produção; V₂ – velocidade mínima do deslocamento do ar dentro da área de produção; V₃ – velocidade média do deslocamento do ar dentro da área de produção

Tabela 6: Características dos banhos eletrolíticos de cromo hexavalente na empresa E₀₁

Tanque	Capacidade do tanque (L)	Corrente elétrica (A)	Tempo (h)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)
01	1.440	1.900	5-7	8	55
02	1.440	2.000	5-7	8	55

Foram selecionados três pontos para coleta de amostras. O ponto de coleta P3 foi instalado junto à bancada de montagem das gancheiras, que é o ponto mais afastado dos tanques. A coleta de amostra neste ponto, em cada um dos três dias de avaliação, foi de 6 h. Outros dois pontos foram selecionados, o ponto P1 junto ao tanque 1 e o ponto P2 junto ao tanque 2. Em cada um desses dois tanques foram instaladas duas bombas de coleta de névoas de Cr VI, tendo sido coletada uma amostra por um período de 6 h, e a outra por um período de 3 h, de cada vez. Dessa maneira nos pontos P1 e P2 foram coletadas, em cada ponto por dia de avaliação, quatro amostras de 3 h e outras duas amostras de 6 h. A distribuição dos pontos de

coleta de amostras pode ser observada na figura 7 que apresenta a planta baixa da empresa E₀₁.

A espuma supressora tensoativa tem a finalidade de inibir a liberação de névoas de cromo hexavalente no ambiente. A empresa utiliza uma espuma supressora importada, na forma de pó, que é adicionado sobre os banhos eletrolíticos.

A figura 8 mostra um banho eletrolítico com a deposição de espuma supressora sobre a superfície de um tanque. Pode-se observar que embora a espuma seja eficaz isso não é suficiente para livrar o ar de névoas de Cr VI, pois o processo de eletrólise produz H₂ que escapa do banho eletrolítico. Dessa maneira, abre-se um buraco na superfície do banho, ao redor das gancheiras que estão prendendo as peças e que funcionam como cátodo. Por melhor que seja o produto supressor de névoas de Cr VI, sempre haverá a emissão desta para o ambiente. A utilização em conjunto de vários dispositivos de proteção é sempre a melhor maneira de inibir ao máximo a emissão deste poluente no ar.

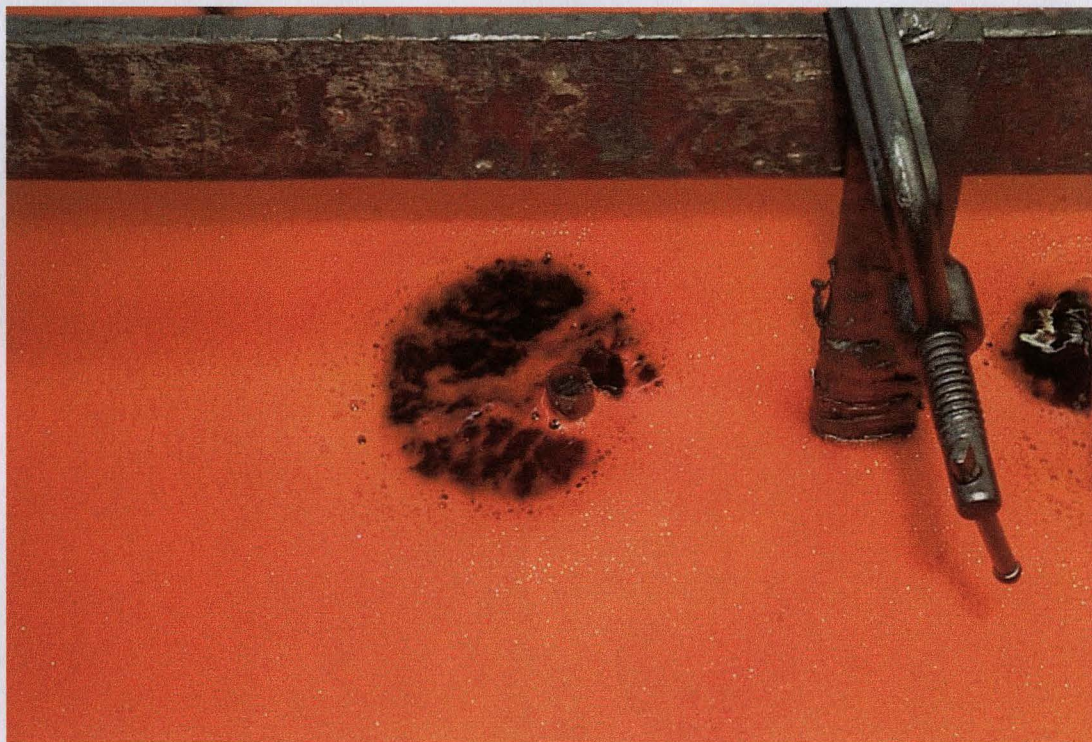


Figura 7: Foto da empresa E₀₁ mostra um banho eletrolítico de cromação que utiliza espuma supressora tensoativa em sua superfície

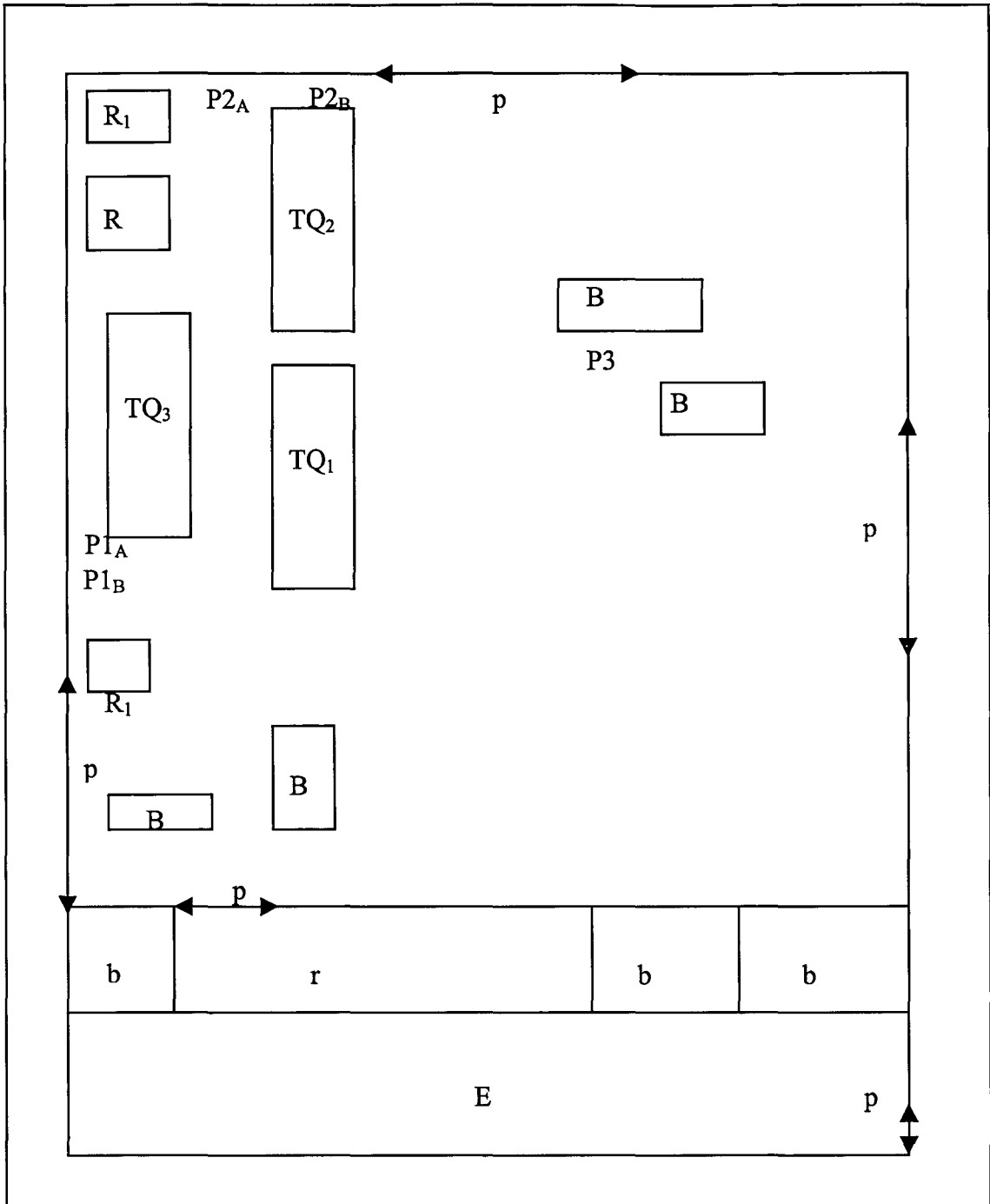


Figura 8: Planta baixa da empresa E₀₁

Legenda: P₁, P_{1B}, P₂, P_{2B}, P₃ – pontos de coletas; B – bancadas; R_{1, 2 e 3} – retificadores; TQ_{1, 2 e 3} – tanques de eletrodeposição; p – portas; b – banheiros; E – escritório; r – refeitório

O gráfico da figura 9 mostra como as concentrações médias de névoas de Cr VI variaram na empresa E₀₁ durante o período de avaliação. Nos pontos de coleta P1 e P3 encontrou-se concentrações muito semelhantes nos dois primeiros dias de coleta. As concentrações ficaram próximas de 1 µg/m³, o que representa 2,5% do LT. Já no terceiro dia de avaliação a concentração no P1 teve um acréscimo acentuado porque, nesse dia, houve uma operação para reforçar o banho eletrolítico, como pode ser verificado na foto da figura 6. Este procedimento liberou uma elevada concentração de névoas de Cr VI na área de trabalho.

Os pontos de coleta P1 e P3 foram instalados em locais mais favorecidos pela ventilação natural, promovendo dessa maneira uma melhor dispersão de névoas de Cr VI. O ponto P3 estava localizado a aproximadamente quatro metros de distância dos tanques, o que resultou em concentrações mais baixas.

O ponto de coleta P2 apresentou uma concentração um pouco mais elevada. No primeiro e no terceiro dias de avaliação as concentrações no P2 foram semelhantes. Enquanto no segundo dia o ponto P2 teve concentrações cerca de três vezes mais elevadas que nos outros dois dias de avaliação.

Este fato pode ser explicado porque o local é pouco favorável para a renovação e circulação de ar, pois as bombas amostradoras de coletas foram instaladas junto ao tanque 2, que estava cercado por duas paredes, o que evita a dispersão de névoas.

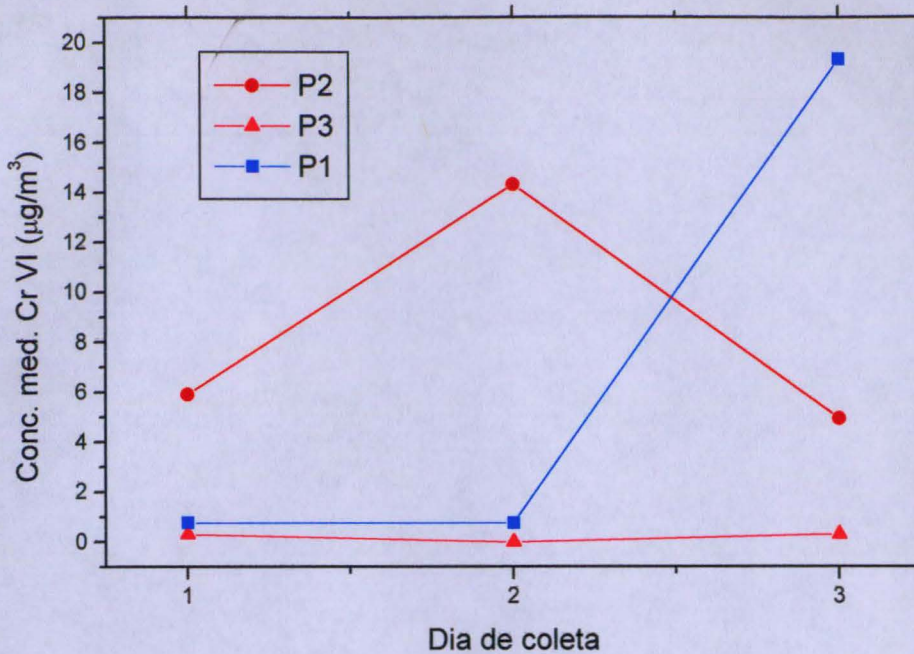


Figura 9: Variação das concentrações médias de Cr VI na empresa E₀₁

A figura 10 mostra como variou a concentração de névoas de Cr VI no ponto de coleta P3, junto à bancada de montagem das gancheiras. No primeiro e no terceiro dias de avaliação as concentrações atingiram valores abaixo de 1% do LT. E no segundo dia a concentração ficou abaixo do limite de detecção do equipamento analítico.

O gráfico da figura 11 mostra que a concentração média de névoas de Cr VI no P1 – devido à preparação do reforço do banho eletrolítico junto a este ponto – nos dois primeiros dias de avaliação as concentrações permaneceram baixas, entretanto no terceiro dia as concentrações médias de névoas de Cr VI foram quase 25 vezes superiores aos dois dias anteriores. As barras de erro do ponto P1, construídas de acordo com a variação das concentrações e seus respectivos desvios padrões, sinalizam que o desvio padrão maior no terceiro dia de avaliação deveu-se ao momento em que foi coletada a amostra, indicando que os banhos e os seus posteriores reforços devem ser preparados em outro local mais adequado.

A figura 12 mostra a variação das concentrações médias de Cr VI no P2 no primeiro e no terceiro dia mantiveram-se próximas uma da outra, entretanto no segundo dia de avaliação houve uma elevação nas concentrações médias, provavelmente, devido ao local ser pouco ventilado. Isto significando que as concentrações em condições normais se mantêm em um determinado patamar, mas podem sofrer influência de outros fatores, com por exemplo, a ventilação natural insuficiente no local, contribuindo para a elevação destas. A barra de erro no P2 no segundo dia de avaliação mostra ter havido uma grande diferença entre as amostras coletadas nos dois períodos deste dias no P2.

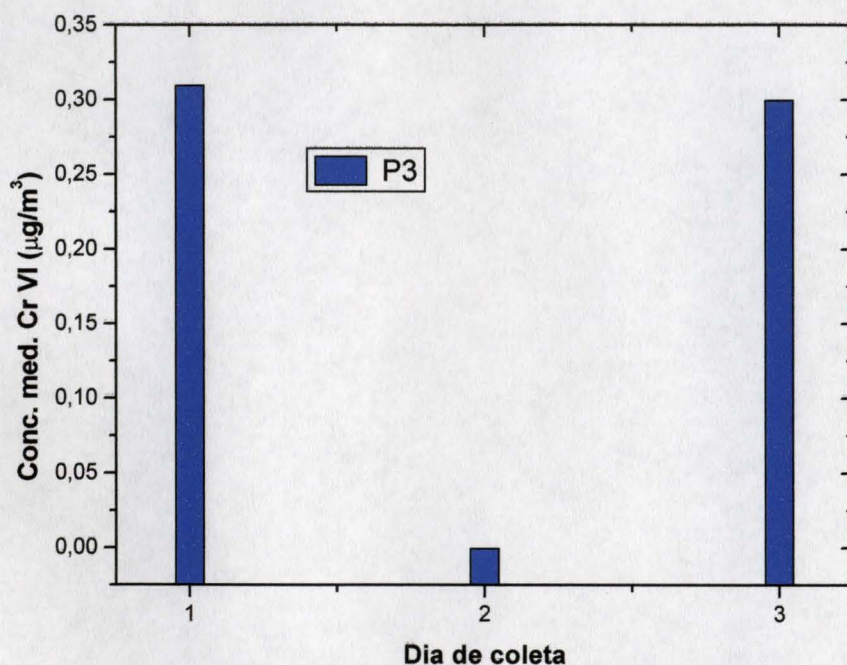


Figura 10: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P3 empresa E₀₁

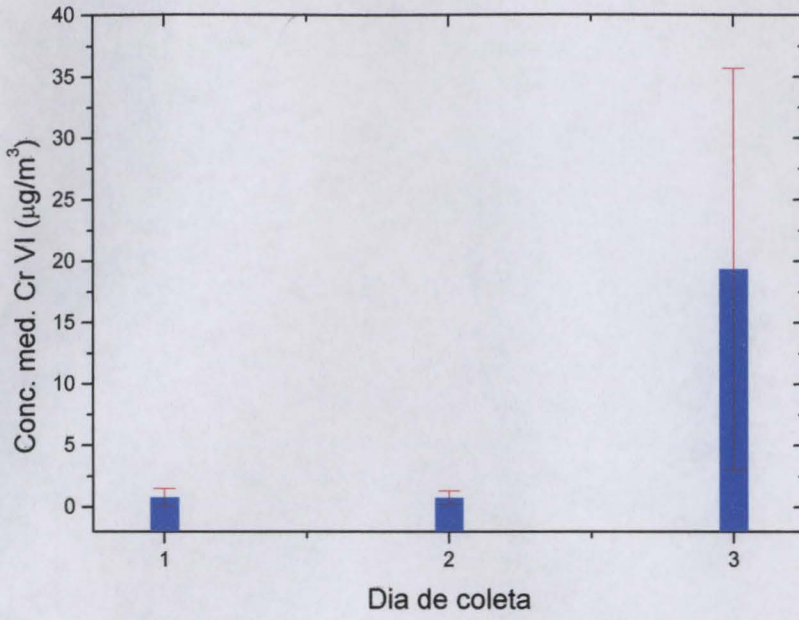


Figura 11: A variação das concentrações médias de névoas de Cr VI no P1 e as suas barras de erro na empresa E₀₁

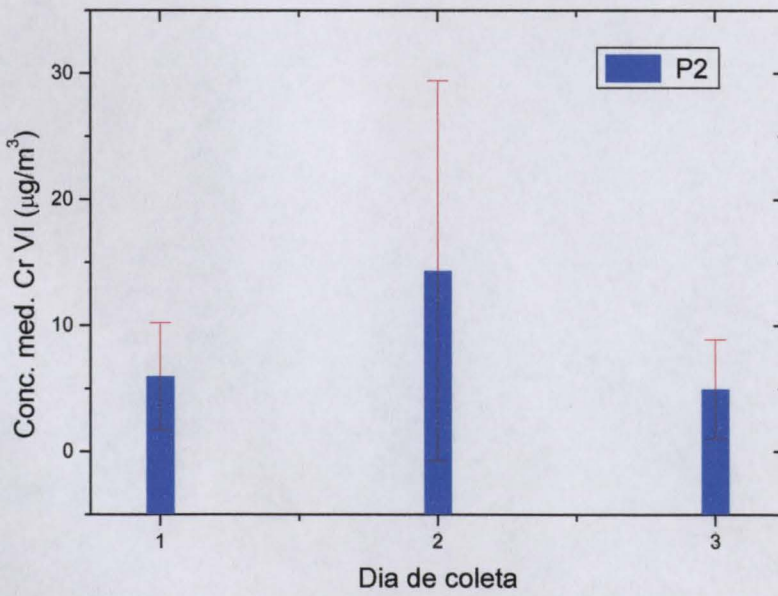


Figura 12: Variação das concentrações médias e as suas barras de erro no P2 na empresa E₀₁

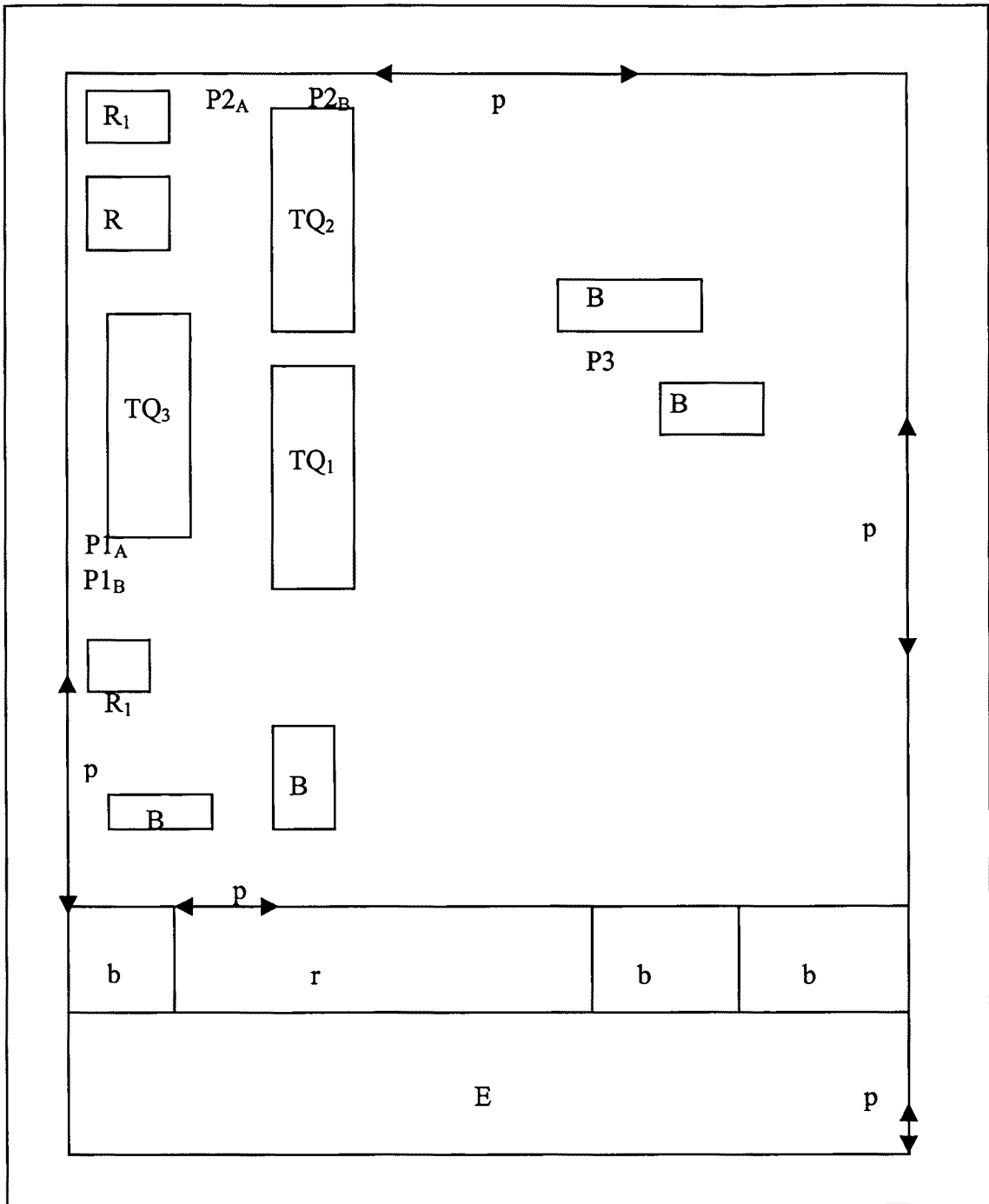


Figura 13: Planta baixa da empresa E₀₁

Legenda: P1, P1_B, P2, P2_B, P3 – pontos de coletas; B – bancadas; R_{1, 2 e 3} – retificadores;

TQ_{1, 2 e 3} – tanques de eletrodeposição; p – portas; b – banheiros; E – escritório; r – refeitório

5.1.2 Empresa E₀₂

A tabela 7 mostra as condições de operação dos banhos eletrolíticos nos 4 tanques existentes na empresa E₀₂. O volume do tanque 1 é o dobro do volume do tanque 4 e quase o dobro dos tanques 2 e 3. O tanque 1 demonstrou, durante a avaliação, que era o mais importante e o mais utilizado.

Tabela 7: Propriedade dos banhos eletrolíticos e características dos tanques na empresa E₀₂

Empresa	Nº Tanque	Volume (L)	Corrente elétrica (A)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
E ₀₂	01	6.300	2.000-3.200	5	56-58	30-160
	02	3.600	2.000	5	58	210
	03	3.600	2.500-3.200	5	60	190-210
	04	3.150	1.500-2.500	5	58-60	135-275

A tabela 8 mostra que foram selecionados cinco pontos de coleta de amostras. Como proteção coletiva a empresa usava espuma supressora tensoativa para inibir a emissão de névoas de Cr VI no ambiente. Coletamos 20 amostras – 9 por um período de 6 h e as outras 11 por um período de 3 h cada. A empresa possuía 4 tanques e todos estavam funcionando, mas nem sempre eles operavam simultaneamente, pois isso dependia da demanda de trabalho. Esse fato foi importante para analisar-se as concentrações de névoas de Cr VI no ambiente.

Tabela 8: Estratégica de coleta na empresa E₀₂

Empresa	Nº de TQ	Nº TQ em operação	Proteção coletiva	Nº pontos de coletas	Nº coletas/dia		
					3 h	6 h	total
E ₀₁	04	04	*Espuma supressora *Esferas plásticas	05	11	09	20

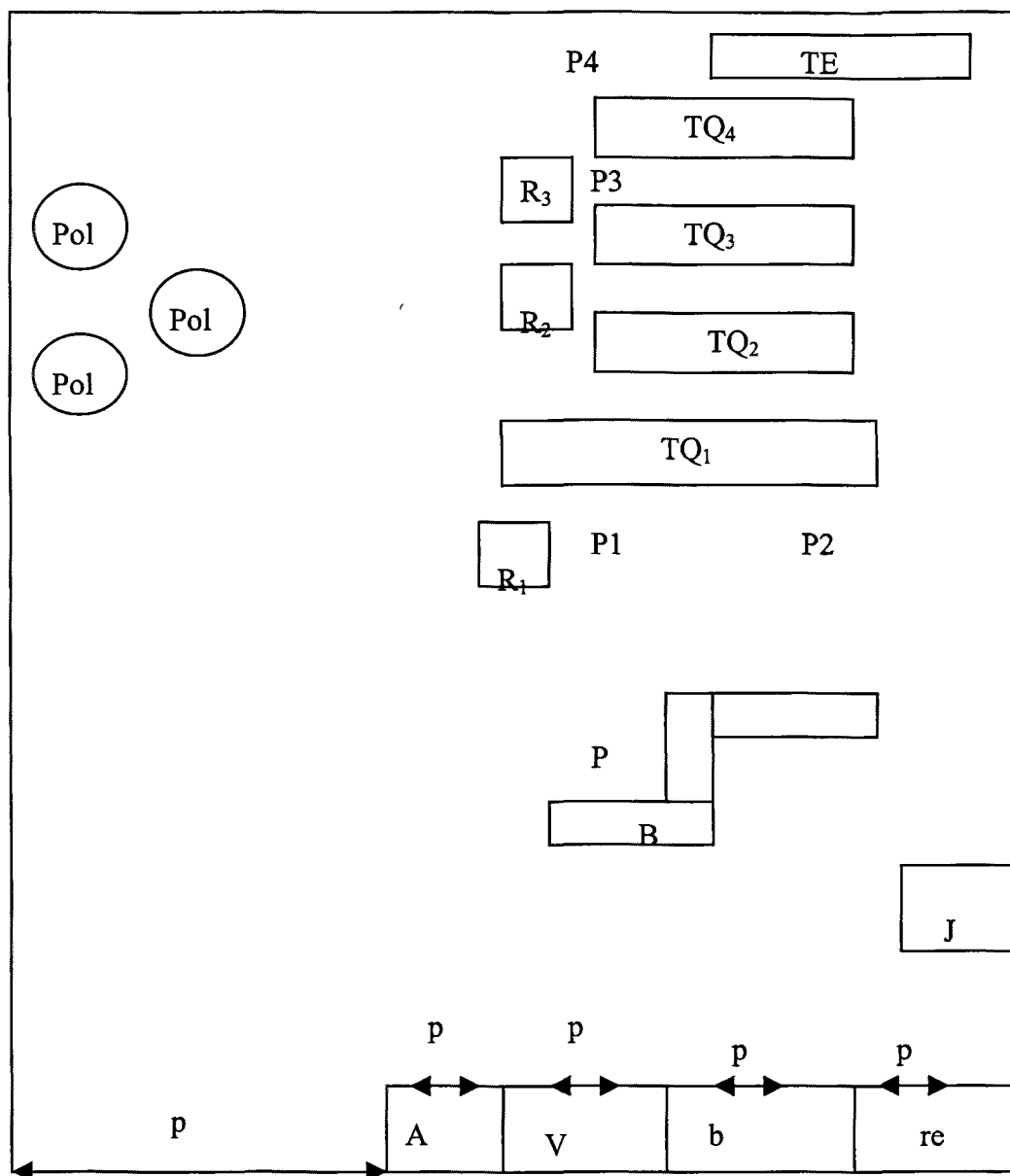


Figura 14: Planta baixa da área de eletrodeposição da empresa E₀₂

Legenda: P1, P2, P3, P4 e P5 – pontos de coletas; R – retificadores; B – bancada;

J – jateamento; Pol – polimento; p – portas; A – almoxarifado; V – vestiário;

B – banheiro; R – refeitório; re – recepção; TE – tratamento de efluente; TQ – tanques de eletrodeposição

Na figura 15 pode-se verificar que as concentrações no segundo dia de avaliação foram mais elevadas em todos os cinco pontos de coleta analisados.

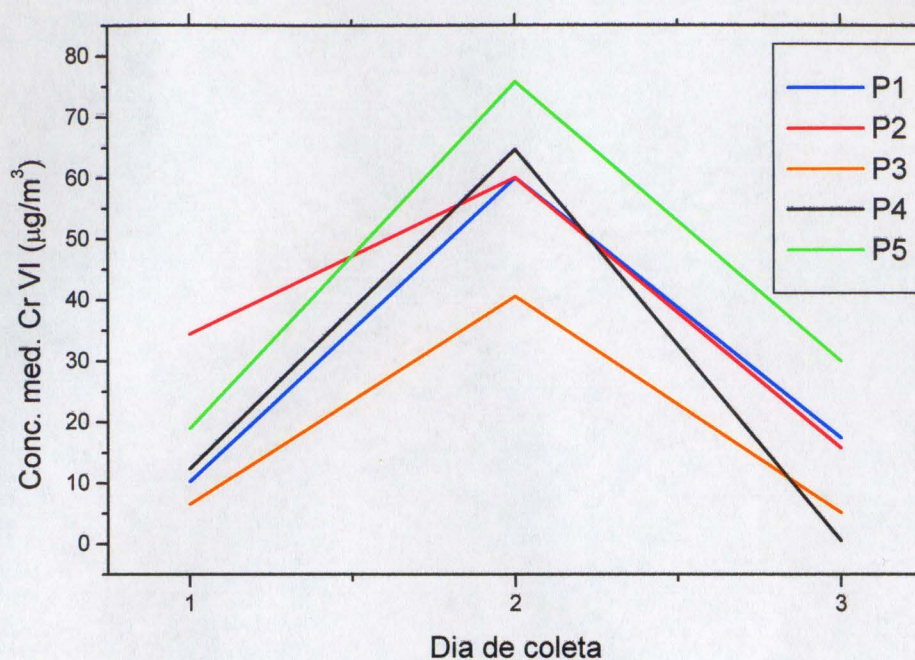


Figura 15: O gráfico mostra como a concentração de Cr VI variou nos cinco pontos de amostragens durante os três dias de avaliação na empresa E₀₂

Legenda: P1, P2, P3, P4, P5 – pontos de coleta de amostras

Tabela 9: Tempo de eletrodeposição e corrente elétrica (A) utilizados nos 4 tanques em cada dia de avaliação na empresa E₀₂

Tanque	TQ1		TQ2		TQ3		TQ4	
	Corrente (A)	Tempo (min)	Corrente (A)	Tempo (min)	Corrente (A)	Tempo (min)	Corrente (A)	Tempo (min)
1º Dia	2.000	120	-	-	-	-	2.000	150
2º Dia	3.200	32,5	-	-	3.200	30	1.650	205
3º Dia	2.850	155	2.000	210	2.150	170	2.500	205

A tabela 9 informa que no primeiro dia de avaliação apenas os tanques 1 e 4 estavam funcionando com uma corrente elétrica de 2.000 A. O período de eletrodeposição média foi de duas horas para o tanque 1 e de duas horas e meia para o tanque 2.

No segundo dia de avaliação funcionavam os tanques 1, 3 e 4. O tanque 1 – o maior dos 4 tanques – trabalhou com uma corrente elétrica constante de 3.200 A e um período médio de eletrodeposição de 32,5 min. O tanque 3 trabalhou com corrente elétrica média de 3.200 A e um período de eletrodeposição de 30 min., enquanto o tanque 4 trabalhou com uma corrente elétrica de 1.650 A e um período de eletrodeposição de 205 min.

No terceiro dia de avaliação todos os tanques estavam funcionando. O tanque 1 trabalhou com uma corrente elétrica mais baixa e um tempo de eletrodeposição quase 5 vezes maior, se comparado com segundo dia de avaliação. A mesma tendência aconteceu com o tanque 3. Já o tanque 4 trabalhou com uma corrente elétrica mais elevada e um mesmo tempo de eletrodeposição de 205 min, quando comparado com os dois últimos dias.

É bem provável que a utilização de correntes elétricas mais elevadas no segundo dia de avaliação, e em dois tanques ao mesmo tempo, seja responsável pela elevação tão acentuada das concentrações em todos os 5 pontos de coleta de amostras avaliadas. Outro possível responsável por essas concentrações tão elevadas tenha sido a localização dos tanques, acarretando acúmulo de névoas de cromo nesses locais.

A localização dos tanques não era a mais adequada, pois eles estavam instalados em um lado, enquanto a porta que acessa a área de produção estava localizada no outro lado. Esta disposição impediu uma melhor circulação do ar no ambiente, resultando num acúmulo de névoas de Cr VI no ar. A foto da figura 27 mostra o rearranjo dos tanques na área de produção e os locais onde foram instalados os pontos de coleta de amostras. A figura 28 mostra a planta baixa da área de produção.

O tanque 1 trabalhou todos os dias com a corrente elétrica mais alta e, quase sempre, com um tempo de eletrodeposição mais curto. Assim, é muito provável que ele tenha sido o maior responsável pelas altas concentrações encontradas, na maioria

das vezes, junto aos pontos de coleta P1, P2 e P5, já que estes estavam mais próximos do tanque e também eram os locais menos ventilados. Provavelmente todos esses fatores acarretaram um maior acúmulo de névoas de Cr VI.

O ponto P5, embora estivesse mais afastado dos tanques contendo os banhos eletrolíticos de Cr VI, foi o que apresentou a mais elevada concentração de névoas de Cr VI no segundo dia de avaliação. O mesmo aconteceu no terceiro dia, sendo o segundo mais elevado no primeiro dia de avaliação. Houve apenas um dia em que o P5 não apresentou a concentração mais alta, tendo sido ultrapassado pelo P2, o único que está localizado próximo à parede. Este fato reforça a possibilidade de as concentrações mais elevadas terem, como uma das causas, a ineficácia na ventilação natural.

A possível causa de o ponto de coleta P4 ter apresentado a segunda mais alta concentração, no segundo dia, deveu-se ao fato de que ele foi instalado junto aos tanques 3 e 4. Nesse dia, ambos estavam operando, mas com um agravante de o tanque 3 ter trabalhado com a mais elevada corrente elétrica e consumido o menor tempo de eletrodeposição utilizados durante nossa avaliação.

Logo, dois banhos de eletrólise trabalhando com as mais altas correntes elétricas e os menores períodos de eletrodeposição, ao mesmo tempo, justificaram esses valores.

5.1.2.1 Medida corretiva

Pode-se acreditar que uma boa medida corretiva seja a criação de mais de uma entrada na área de produção ou mesmo a mudança dos tanques para o outro lado da área de trabalho, como forma de melhor aproveitar o local mais favorável à ventilação natural.

5.1.2.2 Utilização de espuma supressora

O fato de a empresa E₀₂ ter apresentado uma concentração média geral elevada deveu-se, muito provavelmente, à utilização de uma espuma supressora de baixa eficácia, que tornou as esferas plásticas sem função devido à formação das camadas em forma de ondas verificadas na figura 16.

Na foto da figura 17 verifica-se como as esferas plásticas deveriam permanecer sobre o banho eletrolítico para conseguir reter as névoas de Cr VI. Pode-se observar que essas estavam dispostas de maneira coesa porque o banho estava desligado, sem agitação mecânica. Pois quando o banho eletrolítico estava funcionamento as esferas plásticas distribuem-se como foi apresentado na figura 17.



Figura 16: Banho eletrolítico de cromo hexavalente com espuma tensoativa na empresa E₀₂

No P1 coletou-se duas amostras com 3 h de duração no primeiro dia; além destas, foram coletadas outras 2 amostras – uma de 6 h no segundo dia e outra de 3 h no terceiro dia. O gráfico da figura 18 mostra que a concentração de Cr VI, durante os três dias de avaliação foi mais elevada no segundo dia e a barra de erro no P1, como apenas no primeiro dia de avaliação houve duas coletas de amostras no P1, só houve desvio padrão neste dia. No P2 foram coletadas 5 amostras – uma amostra no primeiro dia de avaliação. As outras 4 foram coletadas da seguinte forma: duas com 3 h de duração no segundo dia e outras duas também com 3h de duração no terceiro dia. A figura 19 mostra a variação das concentrações médias de névoas de Cr VI ocorreu do mesmo modo do que no P1. Como nos dois últimos dias de avaliação houve duas coletas de amostras em cada dia, as barras de erro estão representando os desvios padrões do P2.



Figura 17: Foto de tanque de um banho eletrolítico de cromo hexavalente com esferas plásticas na empresa E₀₂

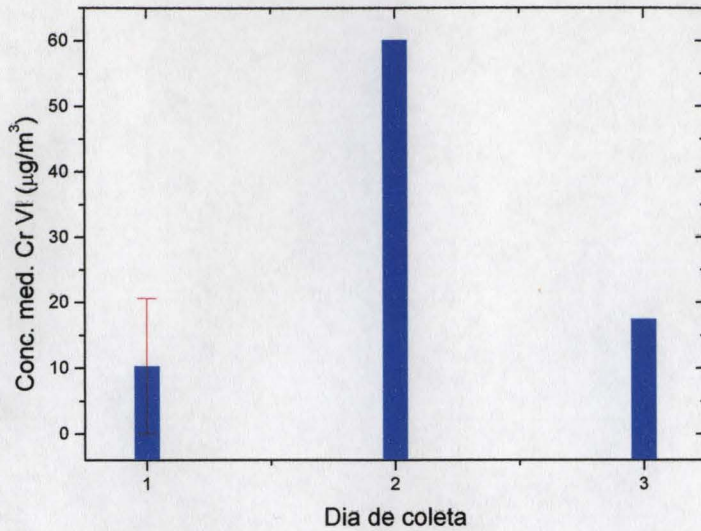


Figura 18: A variação da concentração média de névoas de Cr VI no P1 na empresa E₀₂

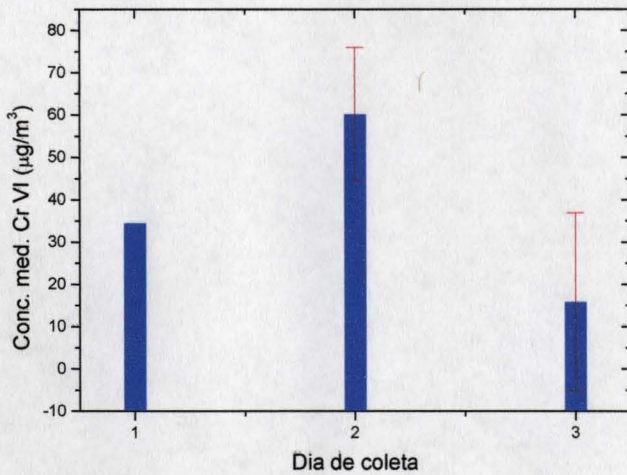


Figura 19: Variação das concentrações médias de Cr VI e as barras de erro do segundo e terceiro dia de avaliação no P2 na empresa E₀₂

No P3 foram coletadas 5 amostras, sendo duas no primeiro dia, duas no segundo dia e uma no terceiro dia. A figura 20 mostra que a variação da concentração média de névoas de Cr VI foi mais elevada no segundo e as barras de erro no P3 indicam que o desvio padrão no primeiro dia de avaliação foi pequeno e, no segundo dia, um pouco maior. No terceiro dia foi coletada apenas uma amostra.

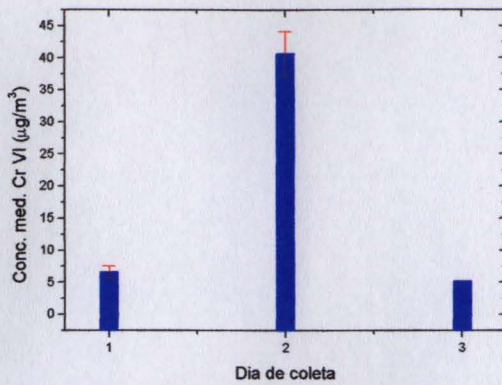


Figura 20: Variação das concentrações de névoas de Cr VI e as barras de erro no P3 na empresa E₀₂

No P4 foram coletadas 4 amostras – uma amostra no primeiro dia, com 6 h de duração; outra no segundo dia, com o mesmo período; e duas coletas no terceiro dia de avaliação. A curva da variação da concentração média de névoas de Cr VI é apresentada na figura 21. Como somente no terceiro dia de avaliação se coletou mais de uma amostra no P4, construiu-se uma barra de erro para esse dia, baseada no desvio padrão, e ela foi muito pequena.

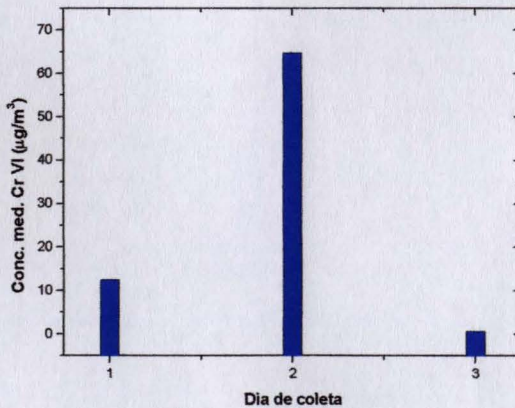


Figura 21: Variação concentração. média de névoas de Cr VI no P4 na empresa E₀₂

A figura 22 mostra o gráfico com a variação da concentração média de névoas de Cr VI no P5. Nesse ponto foi coletada uma amostra por dia, com duração de 6h cada, totalizando três amostras durante o período de avaliação na empresa. Nos três dias de avaliação todas as amostras coletadas no cinco pontos apresentaram a

três dias de avaliação todas as amostras coletadas no cinco pontos apresentaram a mesma tendência, isto é, o segundo dia foi o mais crítico em termos de poluente dentro da área de produção na empresa.

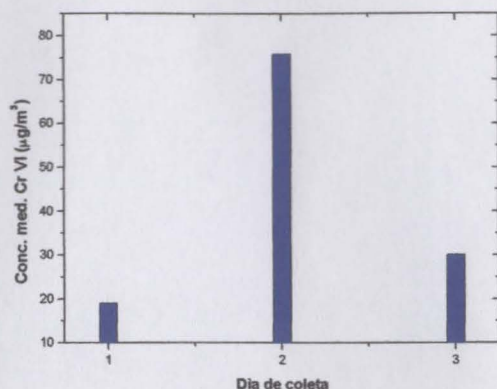


Figura 22: Variação da concentração média no P5 na empresa E₀₂

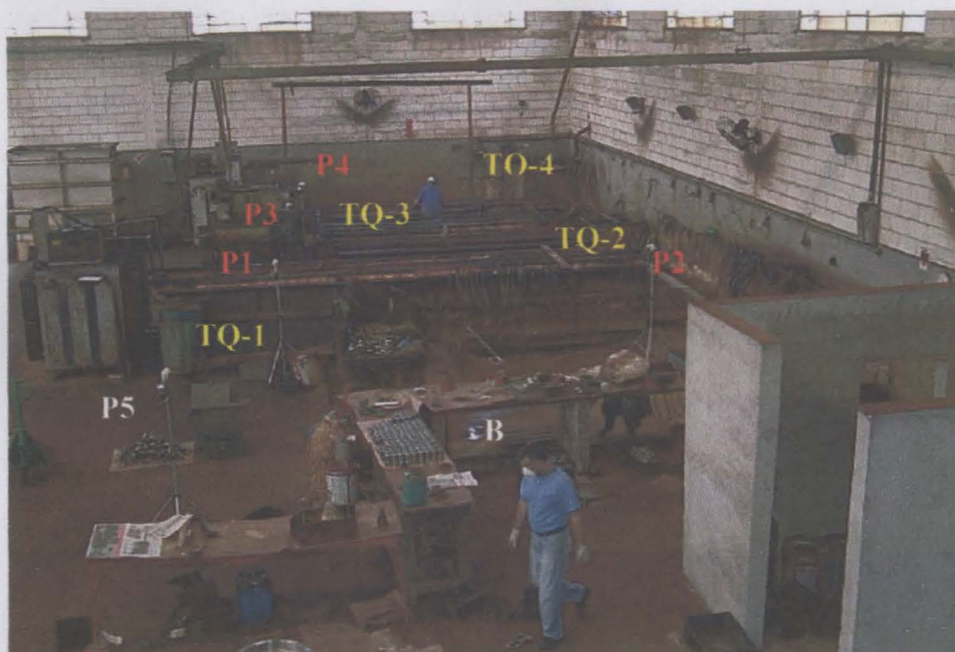


Figura 23: Foto da área de produção da empresa E₀₂ mostrando os pontos de coleta e os tanques de banho eletrolítico de Cr VI

Legenda: TQ-1 tanque 1; TQ-2 tanque 2; TQ-3 tanque 3; TQ-4 tanque 4;

TQ-5 tanque 5; B – bancada de montagem de gancheiras; P1, P2, P3, P4 e P5 – pontos de coletas mostrando os quatro tanques existentes, os cinco pontos de amostragens e a bancada de montagem das gancheiras

5.1.3 Empresa E₀₃

A empresa E₀₃ utilizava como proteção coletiva apenas esferas de poliestireno expandido em seus banhos eletrolíticos.

Na tabela 10 verifica-se que a empresa possuía 7 tanques eletrolíticos – além destes a empresa possuía 2 tanques de desengraxamento alcalino. Mas durante o período de avaliação apenas 4 tanques estavam funcionando.

Tabela 10: Características de amostragem e números de tanques na empresa E₀₃

Empresa	Nº de TQ	Nº TQ em operação	Nº pontos de coletas	Nº coletas/dia		
				3 h	6 h	total
E ₀₃	07	04	05	12	09	21

Foram selecionados 5 pontos de coleta de amostras, conforme se pode verificar na figura 24 da planta baixa da empresa E₀₃.

O ponto P1 foi instalado junto à bancada de montagem das gancheiras, localizada a aproximadamente 3 metros de distância dos tanques 3 e 4.

Os pontos P3 e P5 foram instalados junto ao tanque 6: o ponto P3 ficou no lado que recebia maior demanda de ventilação natural, próximo da porta de acesso à área de produção, enquanto o P5 foi instalado próximo da parede, local de pouca circulação de ar.

O ponto P2 ficou junto ao tanque 2, mais precisamente entre este e a bancada de montagem de gancheiras. O mesmo local privilegiado, em termos de circulação de ar, do P1 e do P3.

O ponto P4 ficou junto ao tanque 4, próximo da parede, do mesmo lado que o P5 – esses dois pontos eram os mais críticos no que se refere à dispersão de névoas de Cr VI.

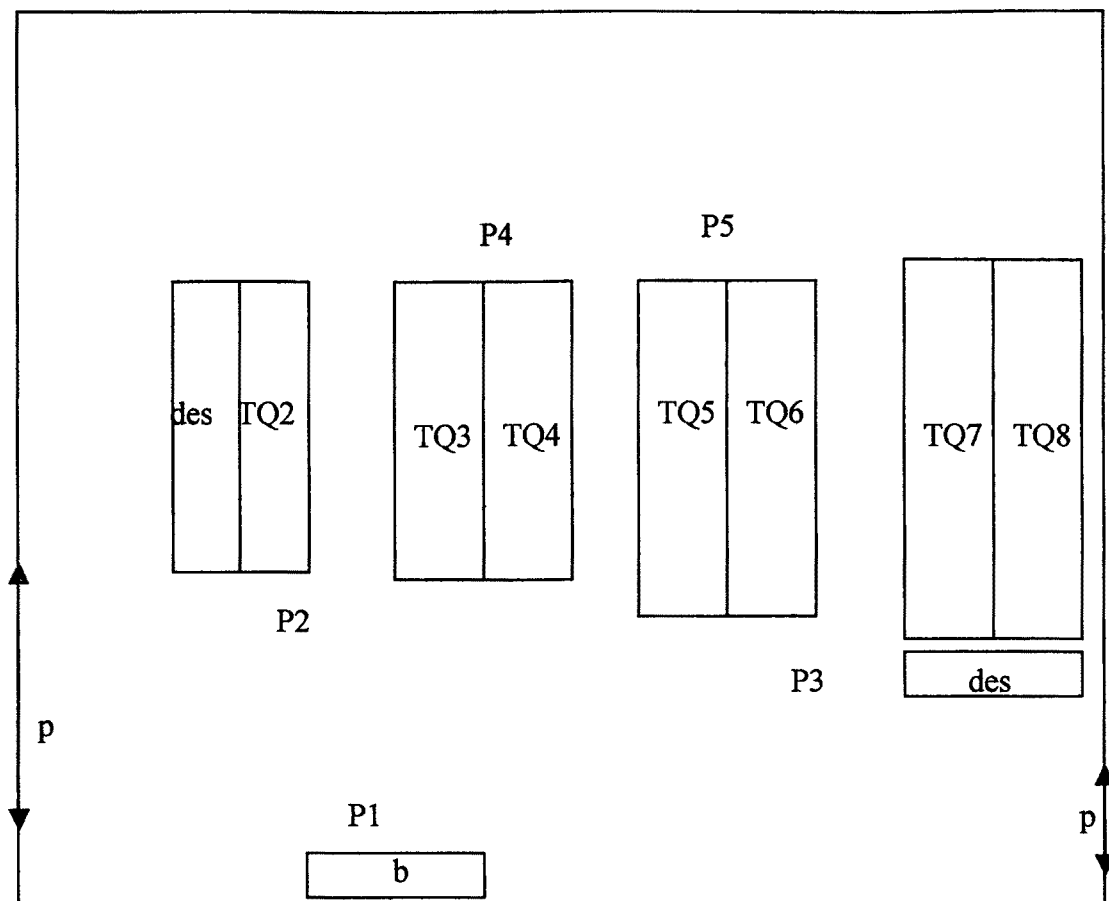


Figura 24: Planta baixa da área de produção da empresa E₀₃

Legenda: TQ – tanques de banhos eletrolíticos; P1, P2, P3, P4, P5 – pontos de coleta de amostras; des – tanques de desengraxamento alcalino; b – bancada de montagem de peças; p – portas da área de produção

O gráfico da figura 25 mostra como variaram as concentrações médias de névoas de Cr VI nos cinco pontos de coleta de amostras. Observa-se que os pontos P4 e P5 apresentaram sempre as concentrações mais elevadas, em relação aos outros pontos. Isso aconteceu porque eles estavam localizados junto ao lado da parede, na área de produção, onde havia dificuldades de circulação e de renovação do ar no ambiente de trabalho. Os pontos de coleta de amostras P1, P2 e P3 tiveram concentrações mais baixas e próximas entre si.

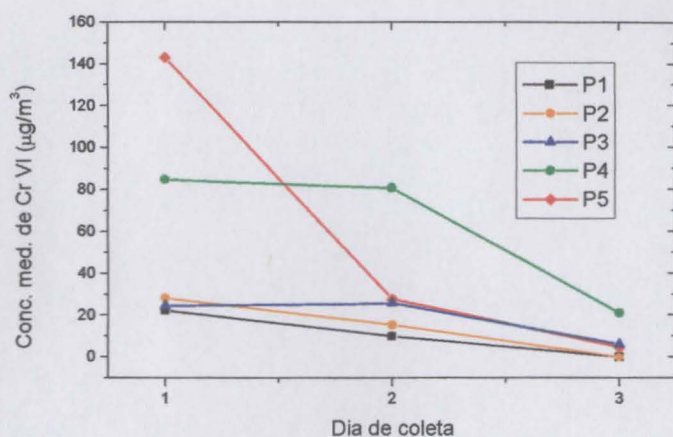


Figura 25: Variação das concentrações de névoas de Cr VI nos 5 pontos de coleta na empresa E₀₃

Comparando os três dias de avaliação na figura, verifica-se que no primeiro dia as concentrações de névoas de Cr VI foram muito elevadas, principalmente no P5 (143,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), muito provavelmente devido à fina camada de esferas de poliestireno expandido existente sobre os banhos eletrolíticos naquele dia. Isto pode ser observado na foto da figura 26. A tabela 11 mostra de que forma ocorreu a redução de névoas de Cr VI durante os três dias de avaliação na empresa.

A figura 25 mostra que houve uma acentuada redução nas concentrações, no segundo dia de avaliação. Mesmo assim os níveis permaneceram elevados, principalmente no P4 (80,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) que apresentou, nos dois primeiros dias de avaliação, concentrações muito próximas entre si e com valores cerca de duas vezes o LT. No segundo dia de avaliação, um aumento na espessura da camada de esferas de poliestireno expandido sobre os banhos causou uma mudança acentuada nas condições ambientais na área de produção, como segue: no P1 (9,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) houve uma redução na concentração superior a 50% do valor do primeiro dia, ao passo que no P5 (27,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) esse valor foi reduzido em mais de 80%. No ponto P2 (15,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a redução foi em torno de 40%, enquanto no P3 (25,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) o valor se manteve equivalente ao primeiro dia.

No primeiro dia de avaliação – quando os banhos eletrolíticos estiveram cobertos por uma fina camada de poliestireno expandido – as concentrações médias

de névoas de Cr VI nos pontos P1, P2 e P3 foram entre 26 e 33% dos valores encontrados em P4. Em relação ao P5, essa proporção foi de 15 e 20%.

Porém, no terceiro dia de avaliação foram adicionadas mais esferas de poliestireno expandido sobre o banho eletrolítico, como mostra a figura 27, formando uma camada com espessura de aproximadamente 10 cm. Os resultados mostraram uma diminuição extremamente significativa nas concentrações de névoas de Cr VI.

Nesse dia, as três amostras coletadas no P1 e no P2 apresentaram valores abaixo do limite de detecção. No P3 ($5,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$) houve uma redução em mais de 70% em relação aos dois dias anteriores, enquanto no P4 ($21,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a redução atingiu, também, quase 80%, em relação aos dois dias anteriores. Já no P5 ($4,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a concentração de névoas de Cr VI teve uma redução de quase 97% em relação ao primeiro dia de avaliação, e uma redução de 84% em relação à concentração encontrada no segundo dia de avaliação.

Analisando P3 e P5 na figura 28, verifica-se que com baixo nível de proteção contra a emissão de névoas de Cr VI essas altas concentrações se acumularam de forma muito acentuada no P5. Pode-se perceber como é grave a falta de uma boa ventilação natural.

Tabela 11: Redução das concentrações de névoas de Cr VI na E_{03} nos cinco pontos de coleta de amostras - durante os três dias de avaliações

	Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Redução das concentrações médias de Cr VI (%)		
	1º dia	2º dia	3º dia	1º - 2º dia	2º - 3º dia	1º - 3º dia
P1	22,14	9,89	nd	55,33	100,00	100,00
P2	28,13	15,33	nd	45,50	100,00	100,00
P3	24,32	25,68	5,85	5,59	77,22	75,95
P4	84,76	80,72	21,07	4,77	73,90	75,14
P5	143,08	27,63	4,50	80,69	83,71	96,85

Legenda: P1, P2, P3, P4 e P5 – pontos de coletas de amostras; nd – não detectável;
conc. – concentração

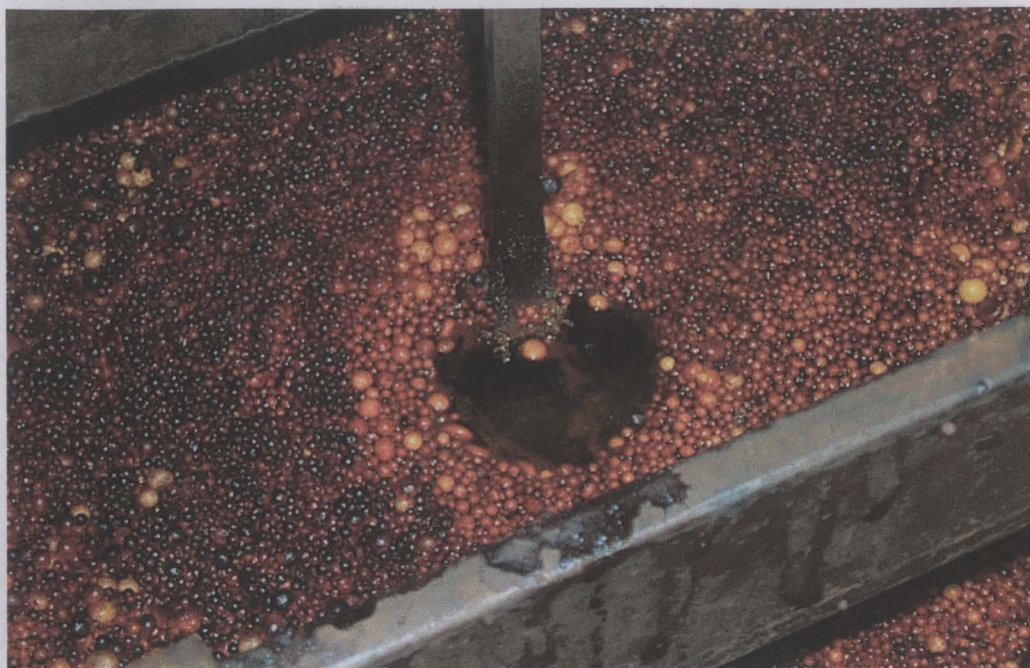


Figura 26: Foto da empresa E₀₃ mostrando a fina camada de esferas de poliestireno expandido depositadas sobre o banho eletrolítico de cromação no primeiro dia de avaliação

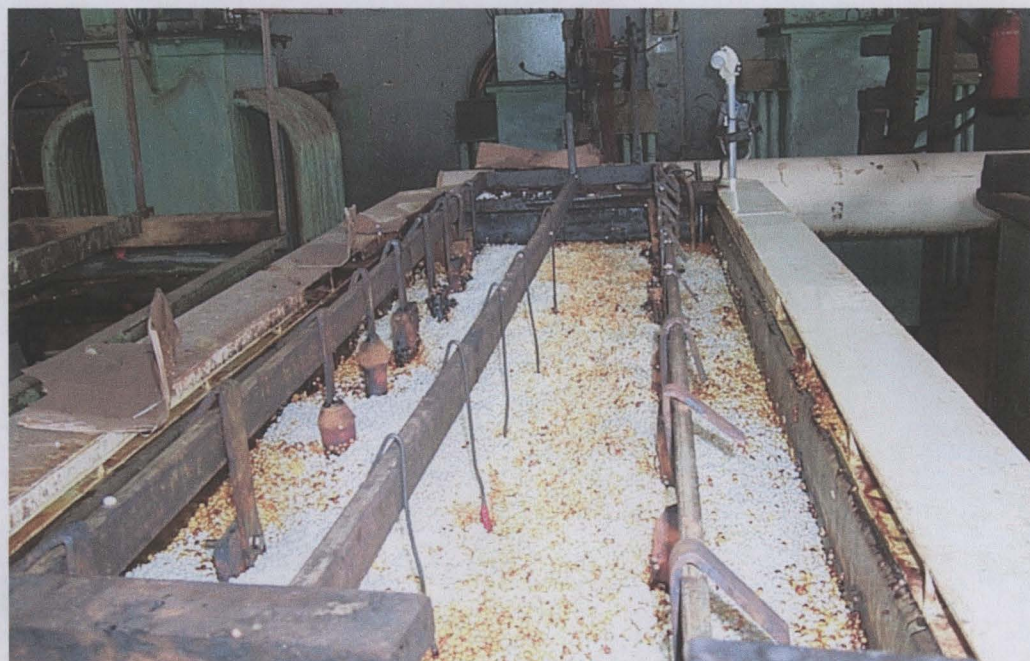


Figura 27: Foto da empresa E₀₃ mostra a espessa camada de esferas de poliestireno expandido deposita sobre os banhos eletrolítico de cromação, no terceiro dia de avaliação. A seta mostra o ponto P4 de coleta

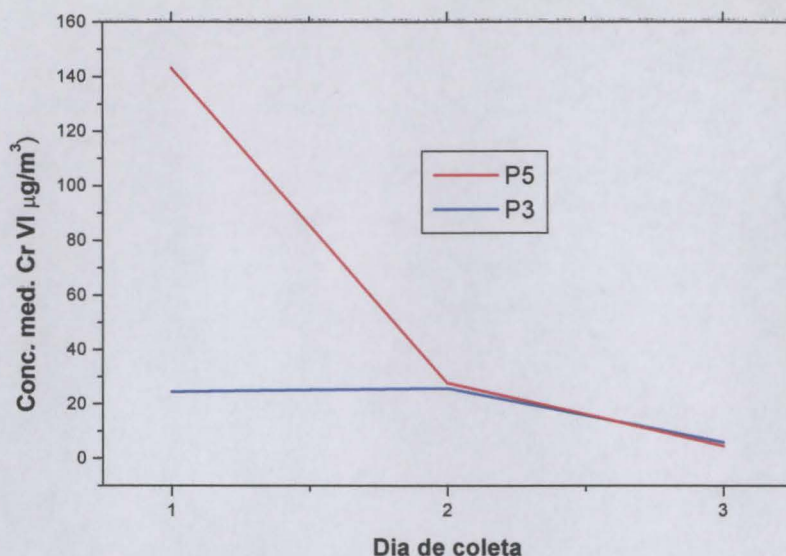


Figura 28: Comparação entre P3 e P5 durante os três dias de avaliação na empresa E₀₃

O gráfico da figura 30 mostra a variação das concentrações nos 5 pontos de coleta de amostras, no primeiro dia de avaliação, as concentrações mais baixas nos P1, P2 e P3 deve-se ao fato de que estes foram instalados em locais que recebiam mais demanda de ventilação natural, logo, mantiveram-se em um patamar mais baixo. Enquanto no P4 atingiu o dobro do valor do LT e no P5 apresentou uma concentração quase quatro vezes o valor do LT, isto é, o dobro do P4. Já a figura 31 apresenta o comportamento da variação das concentrações no segundo dia de avaliação, em que apenas o P4 apresentou uma elevada concentração de Cr VI, nos mesmos pontos houve uma redução, porém esta foi mais acentuada em P5. O mesmo aconteceu no terceiro dia de avaliação, porém, como é mostrado na figura 32, em uma escala de concentração bem mais baixa.

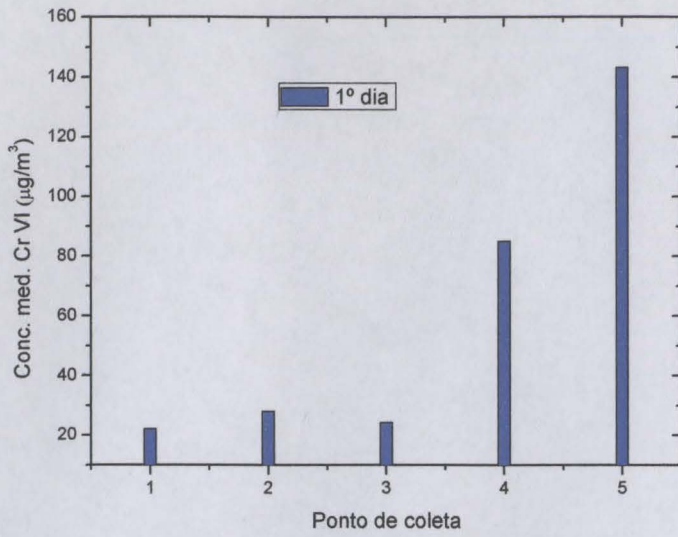


Figura 29: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no primeiro dia de avaliação na empresa E₀₃

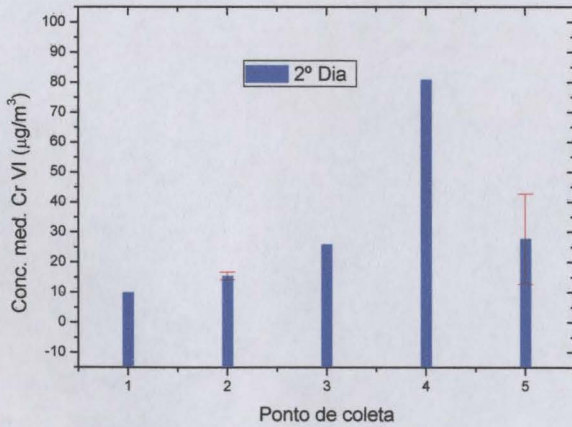


Figura 30: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no segundo dia de avaliação na empresa E₀₃

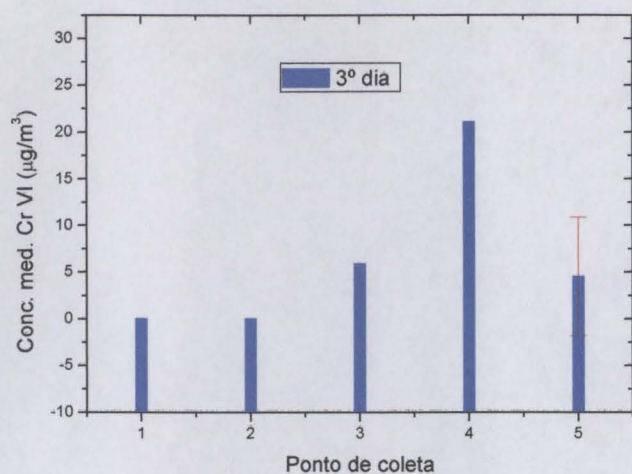


Figura 31: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no terceiro dia de avaliação na empresa E₀₃

Analisando P1 e P2 separadamente, nas figuras 33 e 34, respectivamente, pode-se verificar que em ambos há uma redução das concentrações de Cr VI durante os três dias de avaliação de forma linear, devido ao acréscimo de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície dos banhos eletrolíticos, no segundo e, principalmente, no terceiro dia de avaliação. O P2 apresentou um pequeno desvio padrão, mas as figuras 35 e 36 mostram P3 e P4 tiveram um comportamento semelhante de redução nas concentrações de Cr VI, entretanto as escalas dos dois gráficos foram muito diferentes. A escala de P3 foi cerca de 3 vezes menor do que a escala do gráfico no P4. Finalmente, na figura 37 verifica-se que o P5 apresentou uma redução exponencial das concentrações médias de Cr VI e a barra de erro no terceiro demonstra que as concentrações de Cr VI mantiveram-se no mesmo nível nos dois períodos de tempo em que foram coletadas, apresentando no P5 neste dia os menores desvios padrões.

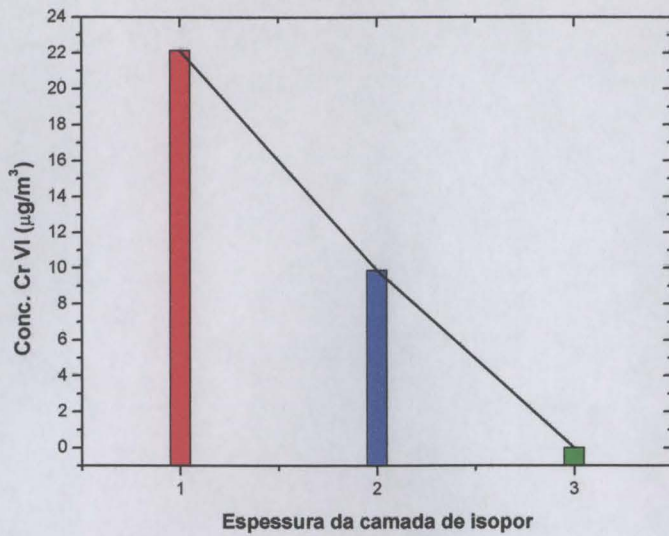


Figura 32: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no P1 na empresa E₀₃

Legenda: 1 - camada muito fina de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 2 - camada de uns 4 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 3 - camada de uns 10 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico

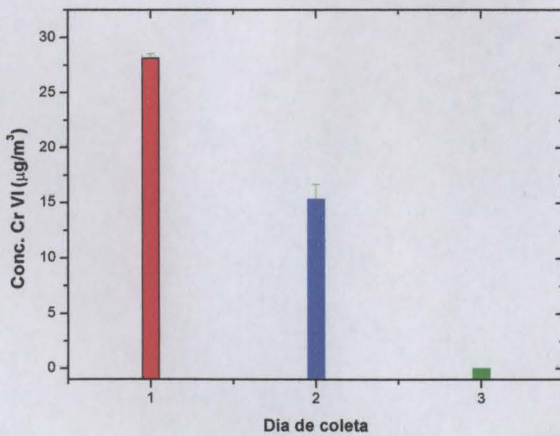


Figura 33: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI e as suas barras de erro no P2 na empresa E₀₃

Legenda: 1 - camada muito fina de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 2 - camada de uns 4 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 3 - camada de uns 10 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico

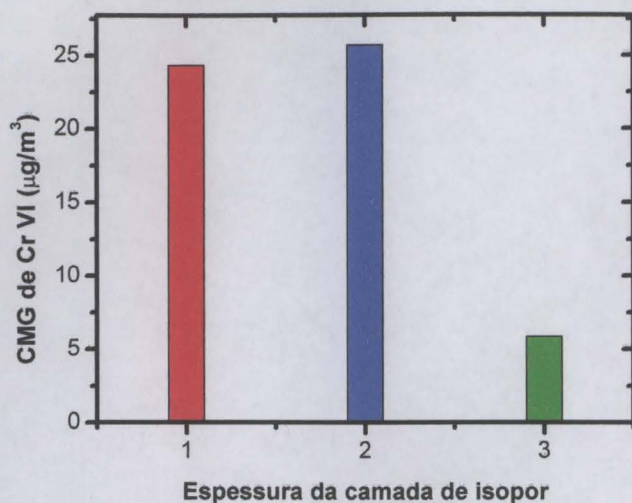


Figura 34: Variação da concentração média de névoas de Cr VI no P3 na empresa E₀₃

Legenda. 1 - camada muito fina de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 2 - camada de uns 4 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 3 - camada de uns 10 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico

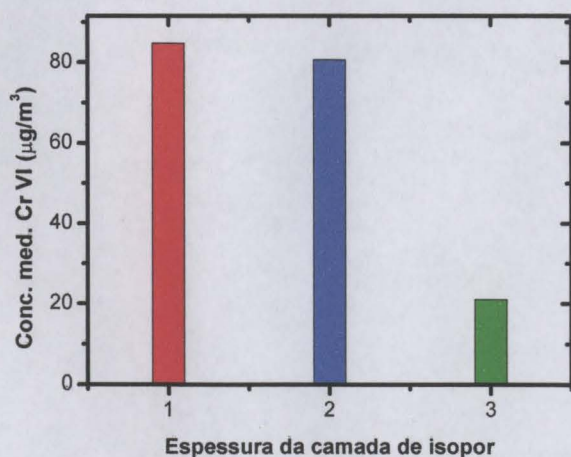


Figura 35: Concentração média de névoas de Cr VI no P4 na empresa E₀₃

Legenda. 1 - camada muito fina de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 2 - camada de uns 4 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 3 - camada de uns 10 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico

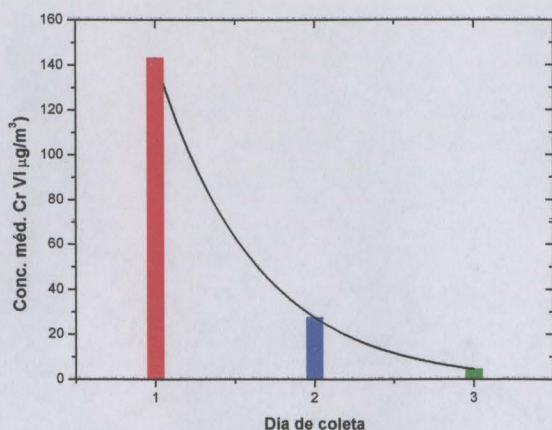


Figura 36: Gráfico mostrando que houve uma redução exponencial nas concentrações médias de névoas de Cr VI no P5 em decorrência do aumento da camada de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície dos banhos eletrolíticos nas duas amostras coletadas em cada dia de avaliação na empresa E₀₃.

Legenda, 1 - camada muito fina de esferas de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 2 - camada de uns 4 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico; 3 - camada de uns 10 cm de poliestireno expandido sobre a superfície do banho eletrolítico

5.1.4 Análise estatística entre as empresas do grupo I

Utilizando-se o teste ANOVA com 2 fatores (empresa e dias) para o grupo I, obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 4,50$ e $p = 0,0031$), indicando que houve diferença estatisticamente significativa.

Para a variável dia houve diferença estatisticamente significativa ($F = 3,44$ e $p = 0,0389$). Porém, o teste de Scheffe's não detectou onde houve essa diferença.

Para a variável empresa houve diferença estatisticamente significativa ($F = 5,56$ e $p = 0,0062$). Aplicando-se o teste de Scheffe's conclui-se que a empresa E₀₁ é estatisticamente diferente das demais e a empresa E₀₂ é estatisticamente igual a empresa E₀₃.

5.2 Grupo II

Duas empresas que têm SVLE enclausurado em cabinas constituíram o grupo II. Foram coletadas 29 amostras durante o período de avaliação nas empresas – 13 amostras na empresa E₀₄ e 16 amostras na empresa E₀₅. Na empresa E₀₄ foram selecionados 4 pontos de coleta de amostras e na empresa E₀₅ foram selecionados 5 pontos de coleta de amostras.

A tabela 12 mostra os números de cabinas e de tanques existentes em cada empresa, o número de pontos de coleta de amostras e o número de amostras coletadas.

Tabela 12: Número de tanques, de cabinas e de coleta nas empresas do grupo I.

Empresa	Nº cabinas	Nº cabinas ativas	Nº tanques	Nº tanques ativos	Pontos de coleta	Nº amostras coletadas
E ₀₄	03	03	03	03	04	13
E ₀₅	06	05	08	06	05	16

A concentração média na empresa E₀₄ foi de 4,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Cr VI, e a concentração máxima foi de 21,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – a concentração mínima não atingiu valor dentro do limite de detecção do equipamento. Na empresa E₀₅ a concentração média foi de 5,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a concentração mínima foi de 2,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e a concentração máxima foi de 10,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

As empresas realizam o tratamento de superfície nas peças dentro das cabinas com as portas fechadas e o sistema de ventilação funcionando. O tratamento de superfície pode levar de alguns minutos a algumas horas, ou mesmo alguns dias.

As gancheiras, onde ficavam presas as peças, eram encaminhadas para dentro dos tanques por meio de talhas e presas por parafusos. Depois deste procedimento as portas eram fechadas, e a corrente e a tensão elétricas eram ligadas. Iniciava-se, então, a deposição eletrolítica.

5.2.1 Empresa E₀₄

Na empresa E₀₄ as cabinas foram instaladas longe dos locais onde os trabalhadores montavam as gancheiras. Este local é independente da área de montagem das gancheiras. O deslocamento de um local a outro ocorria a céu aberto, isto é, não há cobertura entre essas duas áreas. A exposição crítica dos trabalhadores ocorria quando eles estavam colocando ou estavam retirando as peças dos banhos eletrolíticos. Fora isso, a exposição deles é, possivelmente, quase igual à de qualquer outra pessoa que more adjacente à empresa, uma vez que a empresa está instalada em uma área cercada por prédios residenciais.

A figura 37 da planta baixa da empresa mostra os locais dos pontos de coleta de amostras. O P1 foi instalado em frente à cabina 3, a dois metros da porta desta. O P2 foi instalado em frente à cabina 1, a menos de um metro da entrada desta. O P3 foi instalado entre as cabinas 1 e 2, a dois metros das entradas destas. E o P4 foi instalado a um metro depois da saída da área das cabinas.

No primeiro dia de avaliação, apenas as cabinas 1 e 3 estavam funcionando. A tabela 13 mostra que em ambas as correntes elétricas estavam baixas. Já no segundo dia as correntes elétricas mantiveram-se mais elevadas e todos os três banhos estavam funcionando. No terceiro dia os banhos eletrolíticos operaram com correntes elétricas mais baixas do que no segundo dia. A diferença em relação ao primeiro dia era um banho a mais funcionando, mas com correntes próximas ao primeiro dia.

Tabela 13: Propriedades dos banhos eletrolíticos nas três cabinas na empresa E₀₄, durante os três dias de avaliação

Cabina	Vol. TQ	CE	TE	t (h)	CE	TE (V)	t (h)	CE	TE	t (h)
		(A)	(V)		(A)	(V)		(A)	(V)	
C1	840	100	2,0	15	350	4,0	18	200	2,0	18
C2	840	-	-	-	800	5,0	18	400	5,0	19
C3	1.320	400	4,0	20	1.000	6,5	18	520	5,0	18
Dia de coleta		1º dia			2º dia			3º dia		

Legenda: CE – corrente elétrica; TE – tensão elétrica; t – tempo; C1 –cabinas 1; C2 – cabinas 2; C3 – cabinas 3

Pelo gráfico da figura 38 verifica-se que no segundo dia de avaliação, com exceção do P4, todos os outros pontos de coleta apresentaram uma elevação na concentração média de névoas de Cr VI. Comparando esse gráfico com a tabela 13 pode-se concluir que, muito provavelmente, as correntes elétricas empregadas nos banhos eletrolíticos, nesse dia, foram responsáveis por esse acréscimo.

No primeiro dia de avaliação a cabina 2 não estava funcionando e, possivelmente, foi essa a razão para a concentração do P1 ter ficado abaixo do limite de detecção, e a concentração encontrada no P2 ter sido próxima a 1% de LT para o Cr VI.

Pode-se considerar que o tempo de duração de eletrodeposição não tenha sido um fator determinante, uma vez que as peças eram colocadas no banho e lá permaneciam por um período de 15 a 19 horas. As peças eram colocadas em um dia e retiradas no outro e, nesse período, as cabinas mantinham-se fechadas. A exposição ocorria quando as cabinas eram abertas para a retirada das peças, embora a corrente fosse desligada antes da entrada dos trabalhadores na cabina.

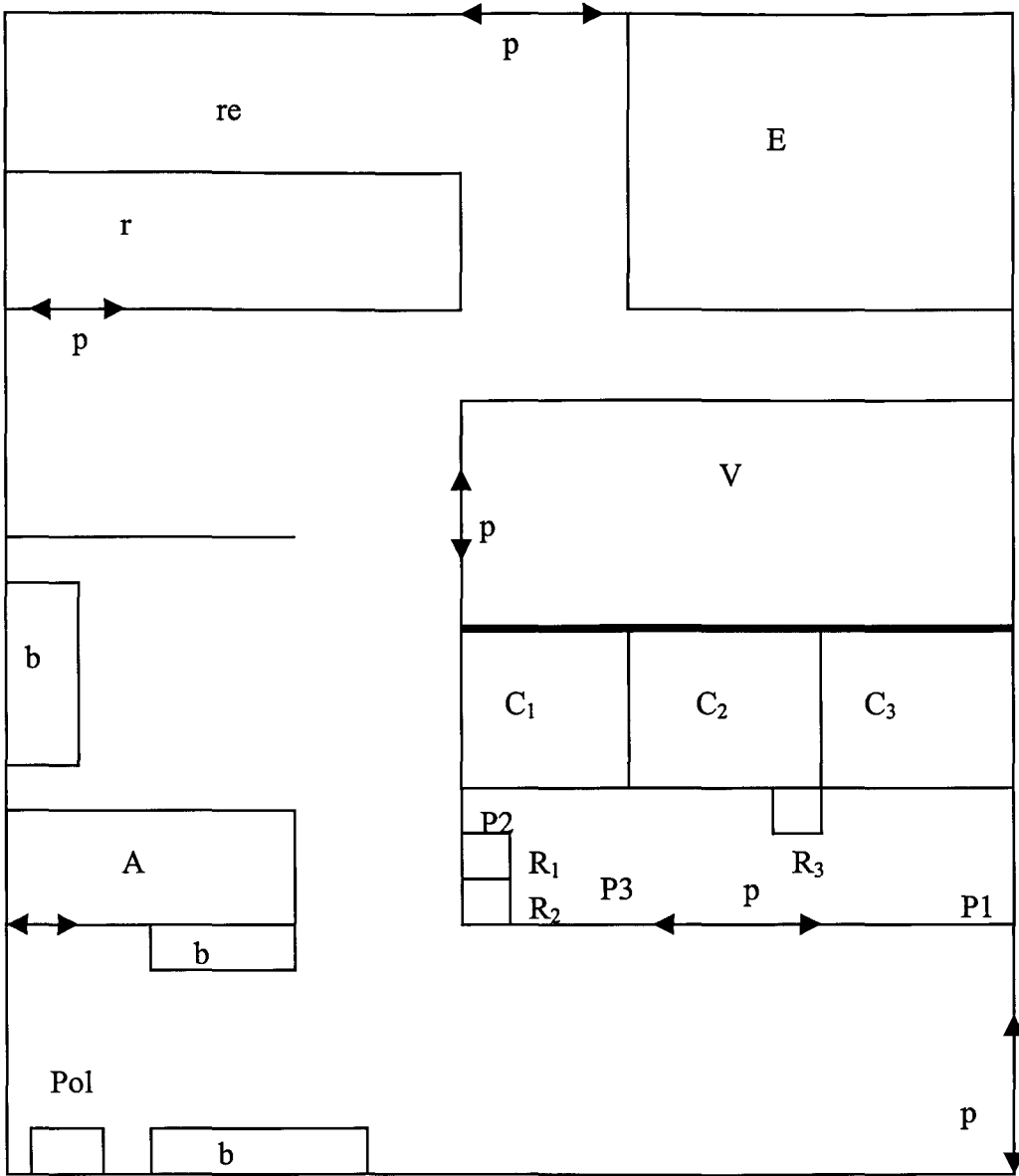


Figura 37: Planta baixa da indústria E₀₄

Legenda: P1, P2, P3, P4 – pontos de amostragem; A – almoxarifado; R – retificadores; C – cabinas; b – bancadas; Pol – polimento; p – portas; re – recepção; E – escritório; B – banheiro; V – vestiário; r – refeitório

5.2.2 Sistema de ventilação dentro das cabinas

A foto da figura 43 mostra que dentro da cabina existia uma abertura, no teto, de formato circular, o que acarretava uma grande perda na eficácia da exaustão dentro desta. Após vedar essa abertura, constatou-se que houve um aumento da velocidade de exaustão superior a 4 vezes na cabina 1 e a mais de 3 vezes na cabina 2 e na cabina 3 esse aumento foi de 6 vezes, como pode ser verificado na tabela 14.

A velocidade de exaustão foi medida nas pequenas frestas existentes nas portas das cabinas quando estas estavam fechadas. A velocidade de captação na saída dos dutos era de 6 m/s.

Tabela 14: Velocidade de exaustão nas cabinas da empresa E₀₄

Cabina	Na saída do duto (m/s)	Nas bordas do tanque (m/s)	Ventilação antes (m/s)	Ventilação depois (m/s)
C-01	6,00	0,18	0,20	0,88
C-02	6,00	0,15	0,20	0,68
C-03	6,00	0,20	0,20	1,20

Nota: a ventilação antes foi medida antes da vedação dessa abertura no teto das cabinas

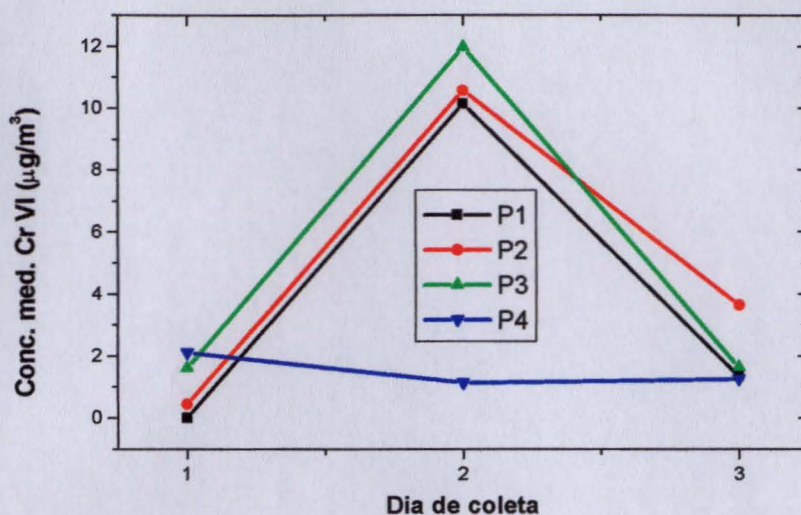


Figura 38: Variação da concentração de névoas de Cr VI nos diversos pontos de coleta na empresa E₀₄

Observando o gráfico da figura 39, verifica-se que a variação da concentração de névoas de Cr VI, durante os três dias de avaliação foi mais elevada no segundo dia e a barra de erro foi relativamente elevada apenas neste segundo dia, apesar de a escala das concentrações médias de Cr VI ter sido bem mais baixa do que as demais empresas analisadas no grupo I. Isso se deveu ao desvio padrão mais elevado nesse dia, pois enquanto o P1, P2 e P3 tiveram aumento em suas concentrações médias, o ponto P4 apresentou uma concentração muito baixa, como é mostrada na figura 41.

A figura 40 mostra que no primeiro dia de avaliação o P4 apresentou uma concentração mais elevada, mesmo assim, ficou em torno de 5% do LT do Cr VI. Isso pode significar que o deslocamento do ar estava favorecendo a saída de névoas de Cr VI para o ambiente externo, e essas névoas foram captadas pelo P4.

No terceiro dia de avaliação as concentrações encontradas no P1, P3 e P4 mantiveram-se abaixo de 5% do LT de Cr VI. E o P2 apresentou a concentração mais elevada, mesmo assim, este valor esteve abaixo de 10% do LT do Cr VI. Como se pode verificar na figura 42.

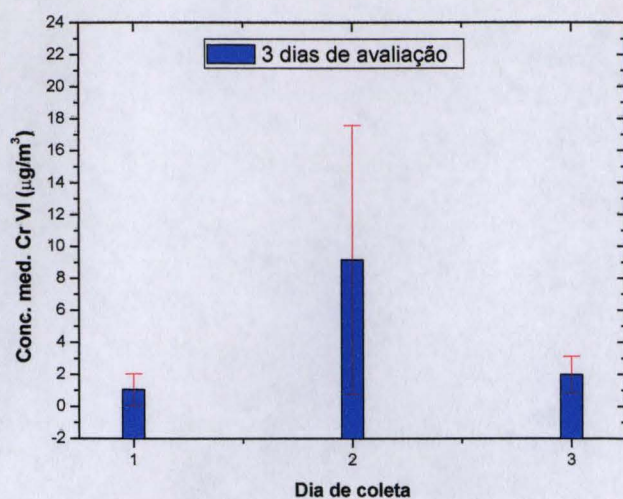


Figura 39: O gráfico mostra como variou a concentração média de névoas de Cr VI durante os três dias de avaliação na empresa E₀₄

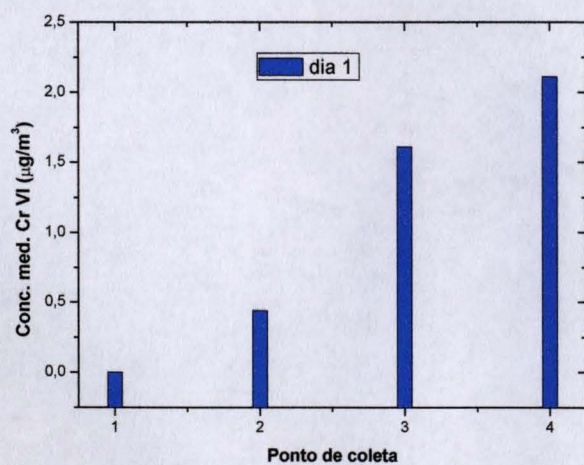


Figura 40: Variação da concentração média de névoas de Cr VI nos 4 pontos de coleta no primeiro dia de avaliação na E₀₄

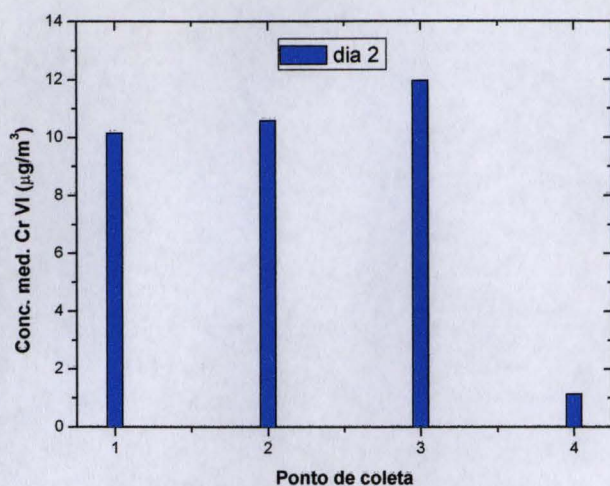


Figura 41: Variação da concentração média de névoas de Cr VI nos 4 pontos de coleta no segundo dia de avaliação na E₀₄

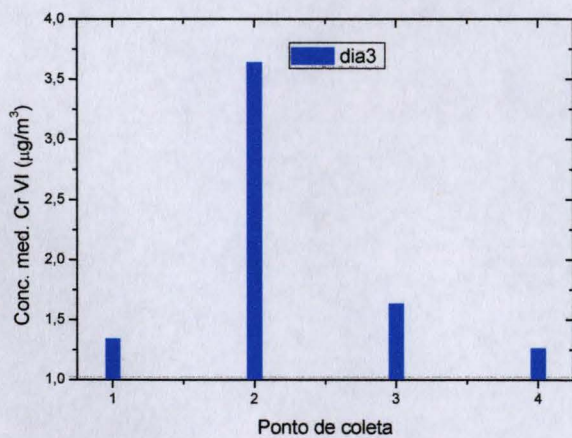


Figura 42: Variação da concentração média de névoas Cr VI nos 4 pontos de coleta no terceiro dia de avaliação na E₀₄

A medição da velocidade de captação das névoas pelo sistema de ventilação mostrou que o sistema perdia sua capacidade de exaustão, pois havia uma abertura no teto da cabina. Após vedar essa abertura, a velocidade de captação passou de 0,20 m/s para 1,20 m/s, medida nas fendas das portas. Esta situação pode ser verificada na foto da figura 43. A foto da figura 44 mostra a área onde se localizam as cabinas. Pode-se notar que era uma área aberta, onde as bancadas de montagem de gancheiras estavam distantes das cabinas, fato que diminuiu a exposição dos trabalhadores. A exposição somente ocorria quando os operários entravam nas cabinas para colocar e para retirar as peças ou para medir a espessura das camadas dessas peças.



Figura 43: Foto do teto da cabina com uma abertura por onde era perdida boa parte da exaustão do sistema de ventilação



Figura 44: Foto mostrando a entrada da área das cabinas e a parte externa

5.2.3 Empresa E₀₅

A área de produção da empresa E₀₅ estava dividida em duas partes denominadas área 1 e área 2. Na área 1 estavam localizadas as cabinas 1, 2 e 3. No período desta avaliação, a cabina 1, que tinha dois banhos eletrolíticos, não estava funcionando.

Na área 2 estavam localizadas as cabinas 4, 5 e 6. E durante a avaliação todos os banhos eletrolíticos estavam funcionando. A figura 45 mostra a planta baixa da área de produção e o local dos 5 pontos de coleta de amostras de névoas de Cr VI.

Foram analisadas 3 amostras no primeiro dia de avaliação – houve problemas na coleta e posteriormente na extração e na análise. No segundo dia foram analisadas 6 amostras e no terceiro dia 7 amostras. A tabela 15 mostra como foram distribuídas estas amostras de acordo com o período de coleta.

Tabela 15: Número de tanques e de coleta de amostras de acordo com o período de coleta na empresa E₀₅

Empresa	Nº de cabinas	Nº Tanque	Nº Tanque em operação	Nº pontos de coletas	Nº de coletas/dia		
					3 h	6 h	total
E ₀₅	06	07	05	05	08	08	07

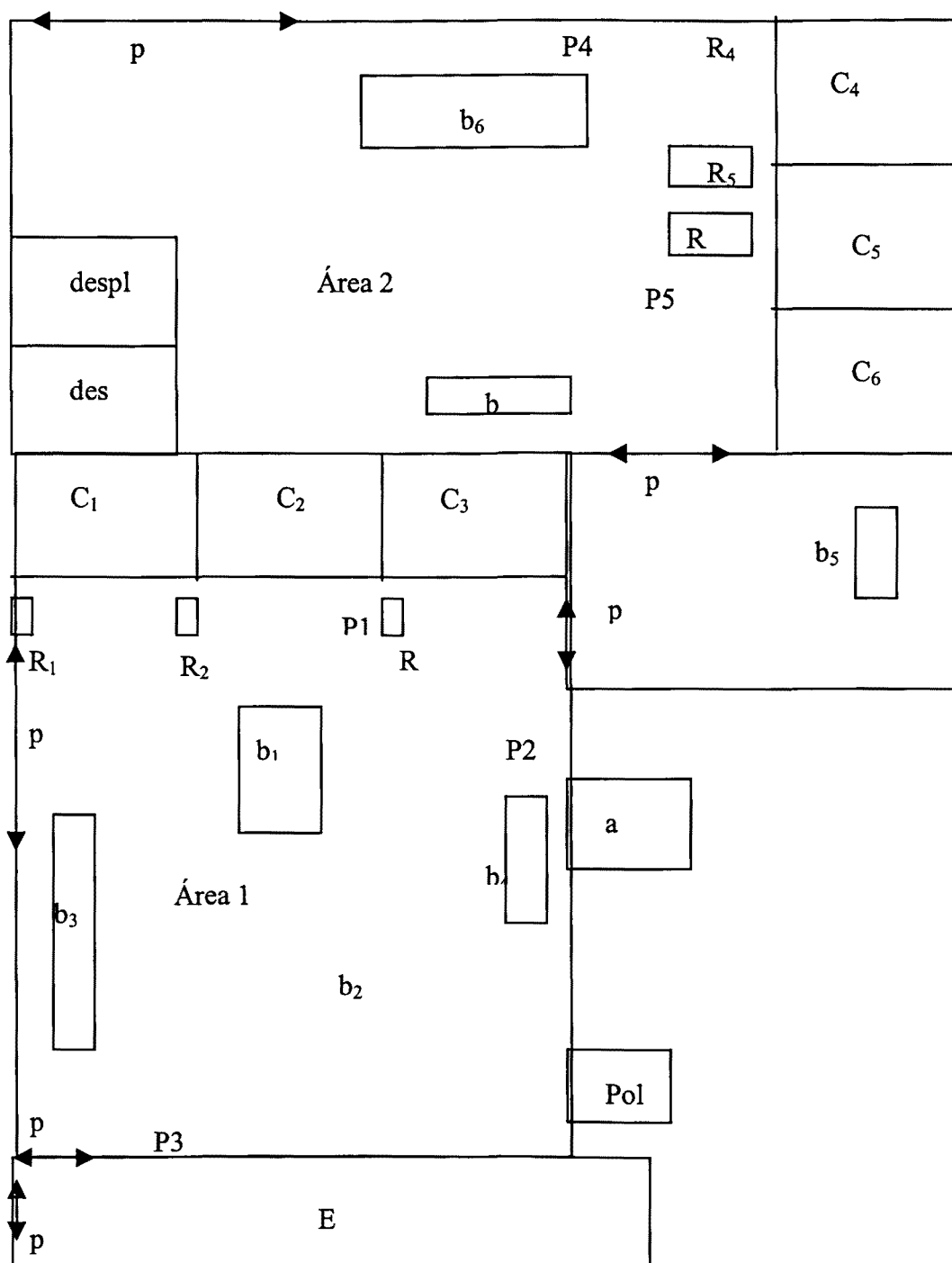


Figura 45: Planta baixa da indústria E₀₅

Legenda: P1, P2, P3, P4 e P5 – Pontos de coleta; C₁, C₂, C₃, C₄, C₅ e C₆ - cabinas enclausuradas com os banhos eletrolíticos; b – bancadas; R – retificadores; Pol – bancada de polimento; Áreas 1 e 2 – Áreas de produção; b – bancadas de montagem; Escr – escritório; Dec – decapagem; Despl – deslocante de cromo; a – almojarifado; p – portas de entrada e saída da área de produção

5.2.4 Propriedades do banho eletrolítico

A tabela 16 mostra as condições de operação dos banhos eletrolíticos. Pode-se verificar que o período de eletrodeposição é relativamente baixo para o processo de cromo duro. Dessa maneira, houve uma maior emissão de névoas de Cr VI no ar. Comparando com as condições dos banhos eletrolíticos na empresa E₀₄, percebe-se que a empresa E₀₅ trabalhava com correntes e com tensões elétricas mais elevadas, mas com um tempo de eletrodeposição bem mais curto, que contribuiu para aumentar a liberação das névoas de Cr VI no ar. De fato, as concentrações foram mais elevadas, mas poderiam ser ainda mais se não fosse a ação do eficaz SVLE instalado.

Tabela 16: Propriedades dos banhos eletrolíticos nas cabinas na empresa E₀₅, durante os três dias de avaliação

Cabina	Corrente elétrica (A)	Tempo (min)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)
C-02	420-1.500	20-60	4,0	55
C-03	400-2.000	20-60	8,0	55
C-04	200-2.400	30-60	3,5-11,0	55
C-05	400-2.000	20-60	4,0-10,0	55
C-06	800-900	20-60	1,5-2,0	55

5.2.5 Condições do sistema de ventilação

A tabela 17 mostra que o SVLE nas cabinas foi bem dimensionado, pois sua velocidade de captação estava muito boa, alcançava até 2,5 m/s na fresta da porta da cabina 2. A cabina 4, que apresentou a menor velocidade de captação na fresta da porta, estava com velocidade de captação de 1 m/s.

O problema da empresa em relação ao sistema de ventilação era o fato de os banhos eletrolíticos exigirem pouco tempo de deposição – a entrada e a saída dos trabalhadores nas cabinas foram constante, por isso, nem sempre eles fechavam as

portas corretamente, o que acarretava uma perda na eficácia do SVLE. A tabela 16 mostra que na cabina 3 houve uma perda da eficácia do sistema de ventilação em torno de 90%, ao passo que a cabina 6 apresentou a menor perda de eficácia – abaixo de 3%. Isso demonstrou que além de um sistema de ventilação bem projetado é necessário adotar procedimentos operacionais corretos na sua utilização. Caso contrário, haverá um sério comprometimento de todo o investimento financeiro e da saúde dos trabalhadores expostos às névoas de Cr VI.

Tabela 17: Velocidade de exaustão nas cabinas da empresa E₀₅.

Cabina	Velocidade de exaustão dentro das cabinas (m/s)			
	Nas bordas do tanque	Fresta da porta antes da vedação	Fresta da porta após a vedação	Perda (%)
C-02	0,17	2,30	2,50	8,00
C-03	0,10	0,16	1,73	90,75
C-04	0,17	0,72	1,00	28,00
C-05	0,17	1,30	1,40	7,14
C-06	0,14	2,14	2,20	2,73

5.2.5.1 Ventilação natural

A tabela 18 mostra que devido às amplas portas existentes nas áreas de produção, a velocidade do ar circulante no ambiente variou de 0,25 a 0,91 m/s promovendo, dessa maneira, uma boa renovação do ar.

Tabela 18: Ventilação natural na área de produção na empresa E₀₅

Empresa	Ventilação natural (m/s)			
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
E ₀₆	0,43	0,25	0,32	0,91

Legenda: V₁ – velocidade natural máxima do deslocamento do ar dentro da área de produção; V₂ – velocidade mínima do deslocamento do ar dentro da área de produção; V₃ – velocidade média do deslocamento do ar dentro da área de produção; V₄ – velocidade média do deslocamento do ar na porta principal da entrada na área de produção

5.2.5.2 Variação das concentrações médias de Cr VI durante os três dias de avaliação

A figura 46 mostra que as concentrações de Cr VI mais elevadas durante os três dias de avaliação foram encontradas nos pontos de coleta P1 (5,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), P2 (5,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e P5 (7,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A concentração no P5 atingiu quase 20% do LT para o Cr VI, enquanto no P1 e P2 as concentrações mantiveram-se abaixo de 15%. Antes de atingir o P3 – o ponto mais afastado das cabinas – as névoas de Cr VI passavam por todos os operários que trabalhavam na área 1. A concentração do P3 manteve-se um pouco abaixo de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apesar da boa velocidade de captação do SVLE, o fato de o ponto local de avaliação – mais afastado dos banhos eletrolíticos – ter apresentado esta concentração foi preocupante, considerando-se as observações de LINDBERG e HEDENSTIERNA, 1983, que concluíram que trabalhadores expostos a concentrações médias entre 2 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ apresentavam irritação, ulceração e ruptura do septo nasal.

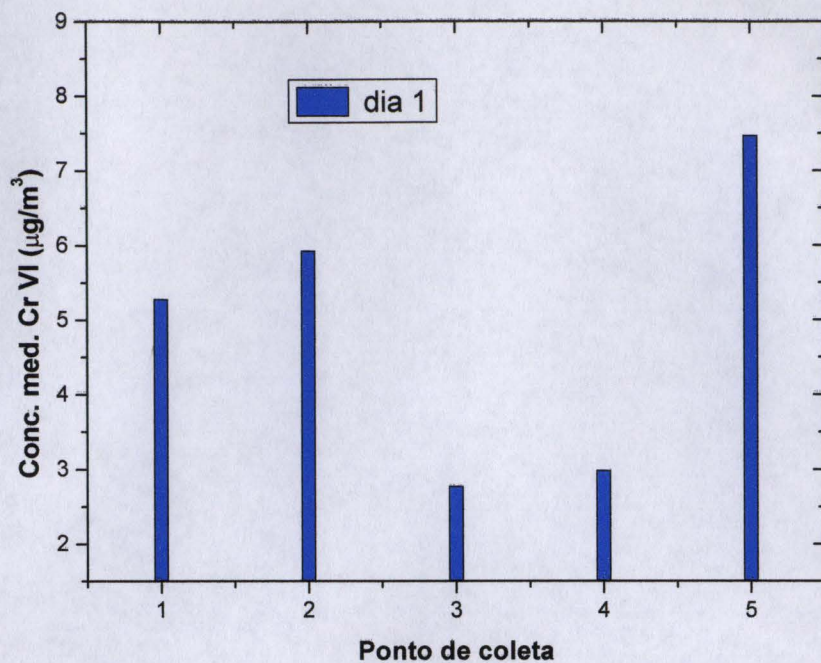


Figura 46: Variação das concentrações de névoas de Cr VI nos 5 pontos de coleta de amostras na empresa E₀₅, durante os três dias de avaliação

5.3 Análise estatística entre as empresas do grupo II

Utilizando-se o teste ANOVA com dois fatores (empresa e dias) para o grupo II, obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 0,88$ e $p = 0,4653$), indicando que não houve diferença estatística significativa. A um nível de significância de 0,05.

5.4 Análise das empresas do grupo III

5.4.1 Empresa E₀₆

A empresa E₀₇ tem 6 tanques de banhos eletrolíticos, mas o tanque 1 não estava funcionando durante os três dias de nossa avaliação. Na foto da figura 47 pode-se verificar que todos os tanques estavam cobertos com tampas de fibra de vidro durante o processo de deposição eletrolítico.



Figura 47: SVLE com tampa de fibra de vidro cobrindo os tanques eletrolíticos na empresa E₀₆

Foram selecionados 5 pontos de coleta de amostras, como mostra a figura 49 da planta baixa. Os pontos de coleta P1, P2 e P3 foram instalados de um mesmo lado. Esse lado era o menos favorecido em termos de ventilação natural, pois estava localizado entre duas paredes na área de produção.

Os pontos de coleta amostras P4 e P5 estavam instalados no lado mais ventilado, em termos de ventilação natural. Os pontos de coleta de amostras P1 e P4 ficavam junto ao tanque 2. O gráfico da figura 48 mostra que as concentrações

médias no P4 sempre foram ascendentes, mas mantiveram-se abaixo das concentrações médias no P1. O ponto de coleta P5 estava instalado junto à bancada de montagem de gancheiras.

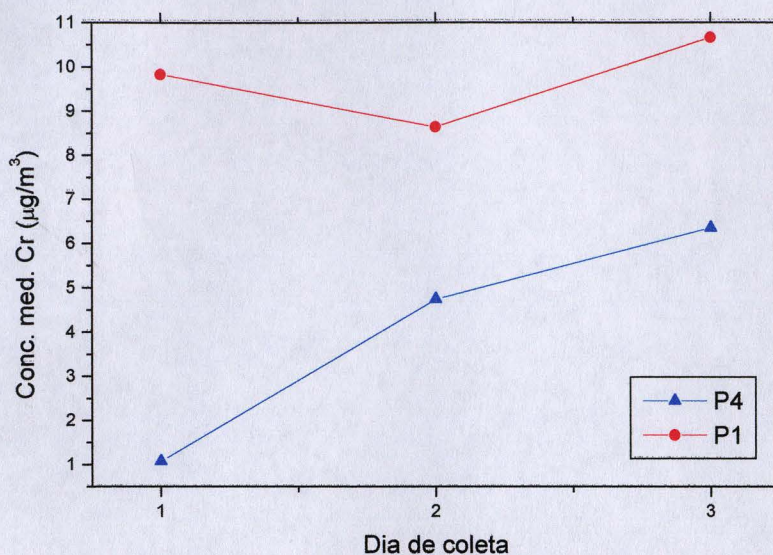


Figura 48: Variação das concentrações de névoas Cr VI entre P1 e P4 instalados junto ao tanque 1 na empresa E₀₆

A tabela 19 mostra que durante os três dias de avaliação cada um dos banhos trabalhou sob as mesmas condições de corrente elétrica (A), de tensão elétrica (V), de período de eletrodeposição e de temperatura de banho (°C).

A única mudança ocorreu no terceiro dia de avaliação. Nos dois primeiros dias de avaliação os 5 banhos eletrolíticos funcionavam durante uma hora e paravam na hora seguinte. No terceiro dia de avaliação, houve um aumento da demanda de peças a serem tratadas, desta maneira exigiu-se que os banhos eletrolíticos operassem de uma em uma hora e não mais de duas em duas horas. Os banhos eram desligados o tempo suficiente para a retirada e para a colocação das peças.

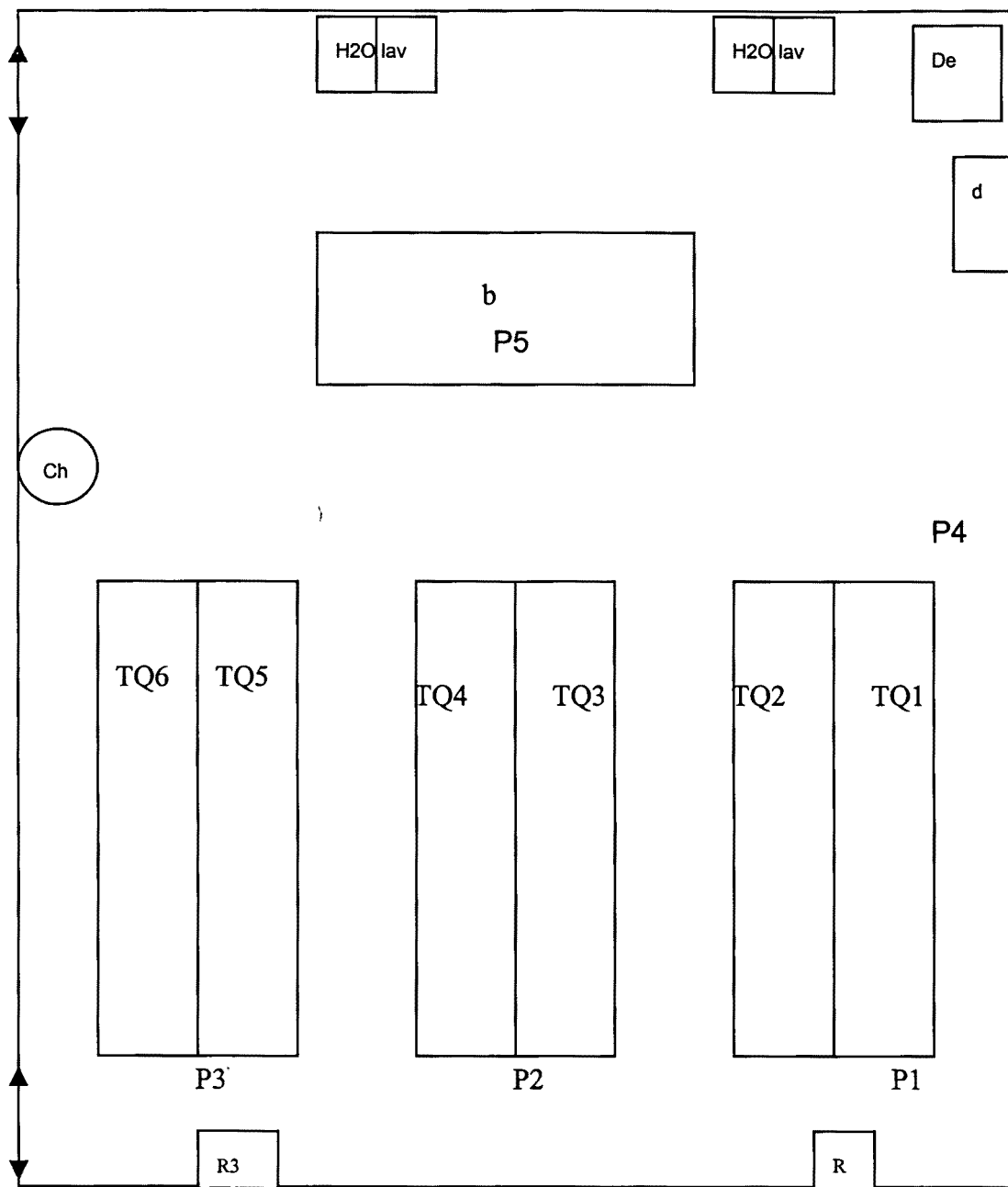


Figura 49: Planta baixa da área de cromação da indústria E₀₆

Legenda R – retificadores; P – portas do setor; Ch – chuveiro de emergência; d – deslocante de cromo; De – desengraxamento; lav – lavagem; TQ1, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5 – tanques eletrolíticos; P1, P2, P3, P4 e P5 – pontos de coleta

Tabela 19: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI na empresa E₀₇: corrente elétrica, tensão elétrica, temperatura e tempo de eletrodeposição

Tanque	Corrente elétrica (A)	Tempo (min)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)
02	2.000	60	5,86	53-54
03	2.400	60	5,88	53-54
04	2.400	60	5,87	53-54
05	3.400	60	8,15	53-54
06	3.400	60	8,15	53-54

5.4.2 Variação da concentração média de Cr VI durante os três dias de avaliação

O gráfico da figura 50 mostra que as concentrações médias de Cr VI apresentaram uma pequena redução do primeiro dia para o segundo de avaliação, com exceção do P4. Mas, ainda assim, a concentração no P4 foi quase metade da concentração no P1, considerando-se que ambos os pontos de coleta estavam localizados junto ao tanque 2. Como o ritmo de trabalho nesse dia foi o mesmo, é possível ter ocorrido uma menor ventilação na área de produção que acarretou um deslocamento menos intensivo do ar.

Durante os três dias de avaliação o P5, apresentou, sempre, a menor concentração entre todos os 5 pontos de coleta, confirmando ser esse local o mais arejado da área de produção.

Devido, provavelmente, ao ritmo mais acelerado de trabalho no terceiro dia de avaliação as concentrações de névoas de Cr VI foram mais elevadas em todos os pontos de coleta. Os pontos P3 e P5 no primeiro dia de avaliação apresentaram as mais baixas concentrações, no segundo dia tiveram um aumento significativo. Do

segundo para o terceiro dia a concentração no P3 aumentou mais de 7 vezes, e a no P5 aumentou mais de 10 vezes. Nos dois primeiros dias de avaliação o P3 apresentou concentrações mais baixas que o P1 e o P2, embora este ponto estivesse localizado no lado mais crítico em termos de ventilação natural. A provável razão disso foi o fato de o P3 ter sido instalado próximo a uma pequena porta de acesso à área dos tanques. Por outro lado, no terceiro dia de avaliação as concentrações encontradas no P3 tiveram um aumento muito elevado, pois ele foi instalado junto aos dois tanques que trabalhavam com as correntes elétricas mais altas.

As concentrações encontradas no terceiro dia de avaliação sugeriram que em um ritmo mais intenso de colocação e de retirada de peças nos banhos eletrolíticos, a ventilação natural do local não era suficiente para dispersar as névoas de Cr VI.

Mesmo um bom sistema de ventilação, auxiliado de forma eficaz pelas tampas de fibra de vidro sobre os tanques, quando as peças eram suspensas traziam as névoas de Cr VI para o ambiente.

Na tabela 20 pode-se verificar que a utilização de tampas sobre os tanques aumentou de 3 a 4 vezes a velocidade de exaustão na extremidade do tanque oposta ao captor do SVLE.

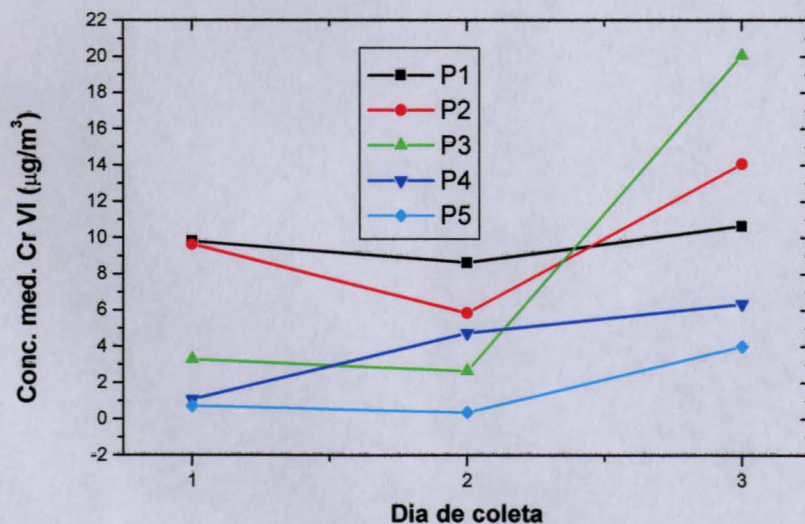


Figura 50: Gráfico mostra como variou a concentração média na empresa E₀₆ durante o período de avaliação

5.4.3 Variação das concentrações em cada um dos cinco pontos de coleta

As figuras 51, 52 e 55 mostram, respectivamente, que nos pontos de coleta P1, P2 e P5 as variações das concentrações de névoas de Cr VI comportaram-se de modo semelhante, isto é, apresentaram uma pequena redução do primeiro para o segundo dia, enquanto no terceiro dia houve uma grande elevação. As concentrações de névoas de Cr VI no P1 e no P2 mantiveram-se em um patamar mais elevado, enquanto no P5 apresentou, sempre, as concentrações mais baixas, nos dois primeiros dias de avaliação. A concentração mais alta no P5, nos dois primeiros dias de avaliação, não atingiu 2% do LT, enquanto no terceiro dia a concentração saltou para um valor em torno de 10% do LT. A figura 54 mostra que no P4 a concentração foi sempre ascendente, embora seu valor máximo ($6,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi um pouco superior a 15% do LT. A figura 53 mostra que no P3 nos dois primeiros dias de avaliação o valor máximo de concentração de Cr VI foi um pouco superior a 8% do LT, entretanto no terceiro dia este valor atingiu mais de 50% do LT, que foi a concentração máxima alcançada durante toda a avaliação na empresa.

Tabela 20: Ventilação local exaustora nos tanques da empresa E₀₆

Tanque	Velocidade Local Exaustora – VLE (m/s)				
	Fenda	Entrada da fenda	Meio do TQ	Borda oposta sem tampa	Borda oposta com tampa
02	6,50	2,00	0,40	0,15-0,20	0,45-0,80
03	8,50	6,60	0,80	0,15-0,20	0,45-0,80
04	8,50	6,60	0,80	0,15-0,20	0,45-0,80
05	8,90	4,80	0,40	0,15-0,20	0,45-0,80
06	8,90	4,80	0,40	0,15-0,20	0,45-0,80

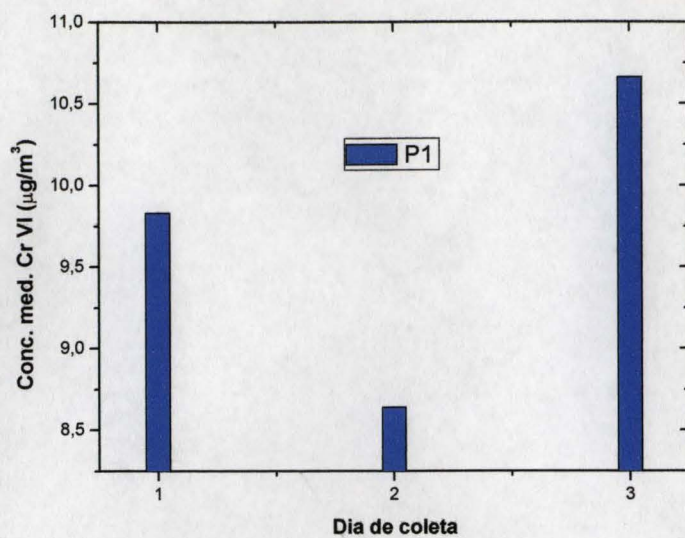


Figura 51: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P1 na empresa E₀₆

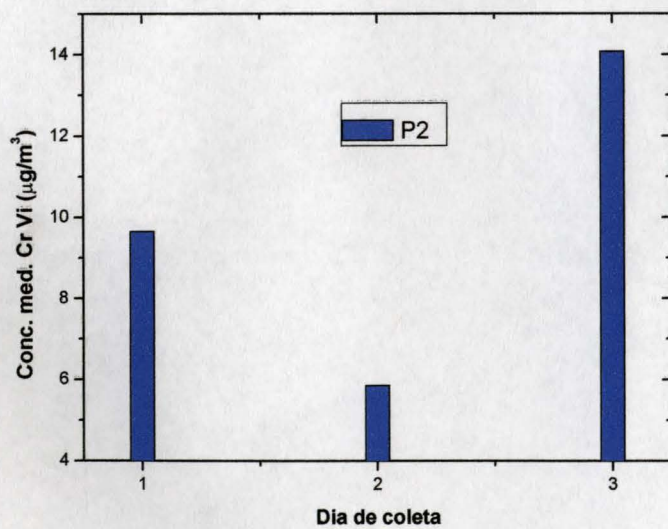


Figura 52: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P2 na empresa E₀₆

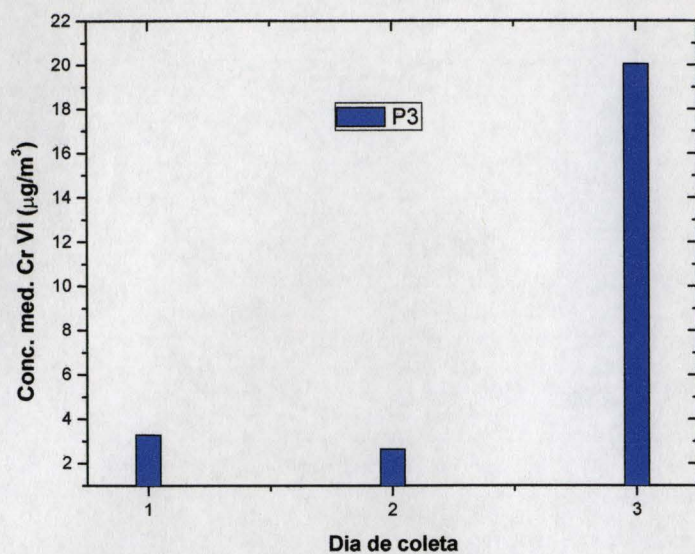


Figura 53: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P3 na empresa E₀₆

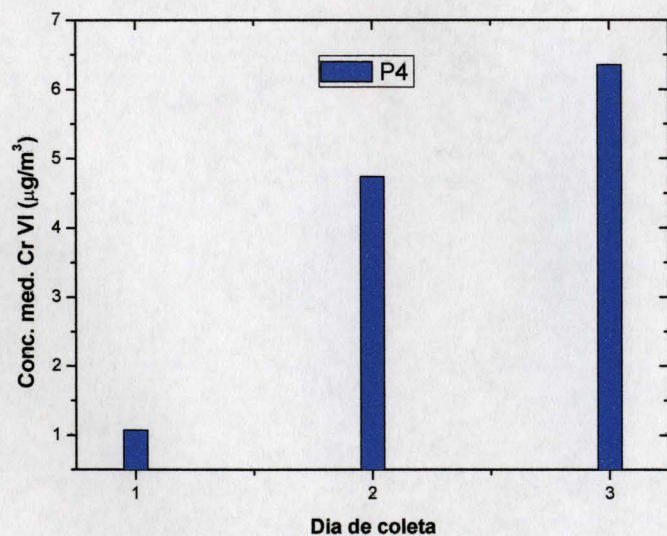


Figura 54: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P4 na empresa E₀₆

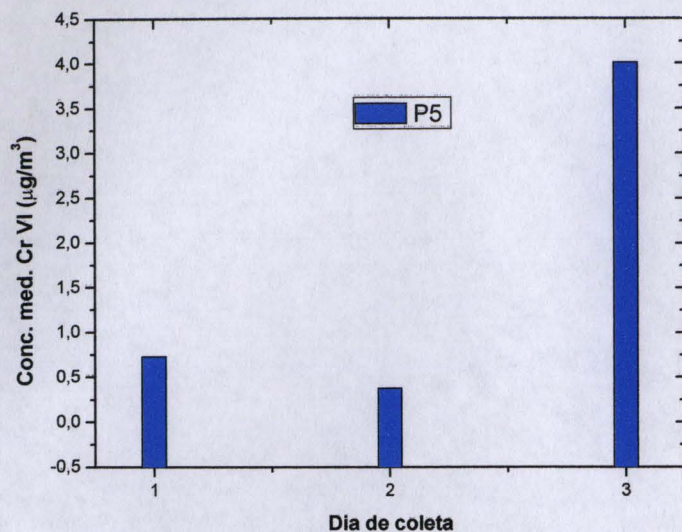


Figura 55: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P5 na empresa E₀₆

5.4.4 Empresa E₀₇

A empresa E₀₇ tinha 4 tanques de eletrodeposição eletrolítica em formato cilíndrico e estes estavam submersos no solo. A tabela 21 apresenta as dimensões dos três tanques dos banhos eletrolíticos que estavam em funcionamento durante a avaliação. Os tanques tinham esse formato porque era realizado tratamento de superfície em peças cilíndricas na maior parte das vezes. Além da existência de um SVLE, os tanques eram tampados com uma placa de PVC, aumentando desta maneira o poder de exaustão do sistema. A emissão de névoas de Cr VI dentro da área de produção ocorria quase que exclusivamente quando os tanques eram destampados para a colocação ou para a retirada das peças.

No primeiro dia de avaliação, somente os tanques 2 e 3 estavam funcionando, ao passo que nos outros dois dias os tanques 1, 2 e 3 funcionaram. A tabela 22 mostra que foram coletadas 18 amostras de névoas de Cr VI – 11 amostras por um período de 3 h. e outras 7 amostras por um período de 6 h.

A área de cromação era pequena e os tanques eletrolíticos estavam próximos uns dos outros, por isso todos os pontos foram considerados como se sendo um único ponto, em termos de coleta das amostras. A área tinha 12 x 12 m². A figura 57 mostra a área de produção e a distribuição dos pontos de coleta de amostras na empresa E₀₇.

Na tabela 23 pode-se verificar que no primeiro dia de avaliação os dois banhos eletrolíticos trabalharam com uma corrente elétrica entre 2.000 A e 2.500 A, e um período de deposição entre 30 min e 100 min. No segundo dia, embora estivessem em operação três banhos, dois deles operaram sempre com corrente elétrica abaixo da corrente do primeiro dia. E o tanque 1, que não havia trabalhado no dia anterior, trabalhou com condições de corrente elétrica com um valor mais baixo em relação ao valor máximo do dia anterior.

No terceiro dia, o banho do tanque 1 operou com correntes elétricas altas e um tempo de eletrodeposição relativamente pequeno. E o tanque 2 trabalhou com corrente elétrica mais baixa que o tanque 1, mas com por um período de eletrodeposição mais longo. O tanque 3 foi o banho mais utilizado nesse dia, embora tenha trabalhado com a corrente elétrica mais baixa entre todos os outros banhos e por um período de eletrodeposição muito pequeno, variando entre 10 min e 15 min.

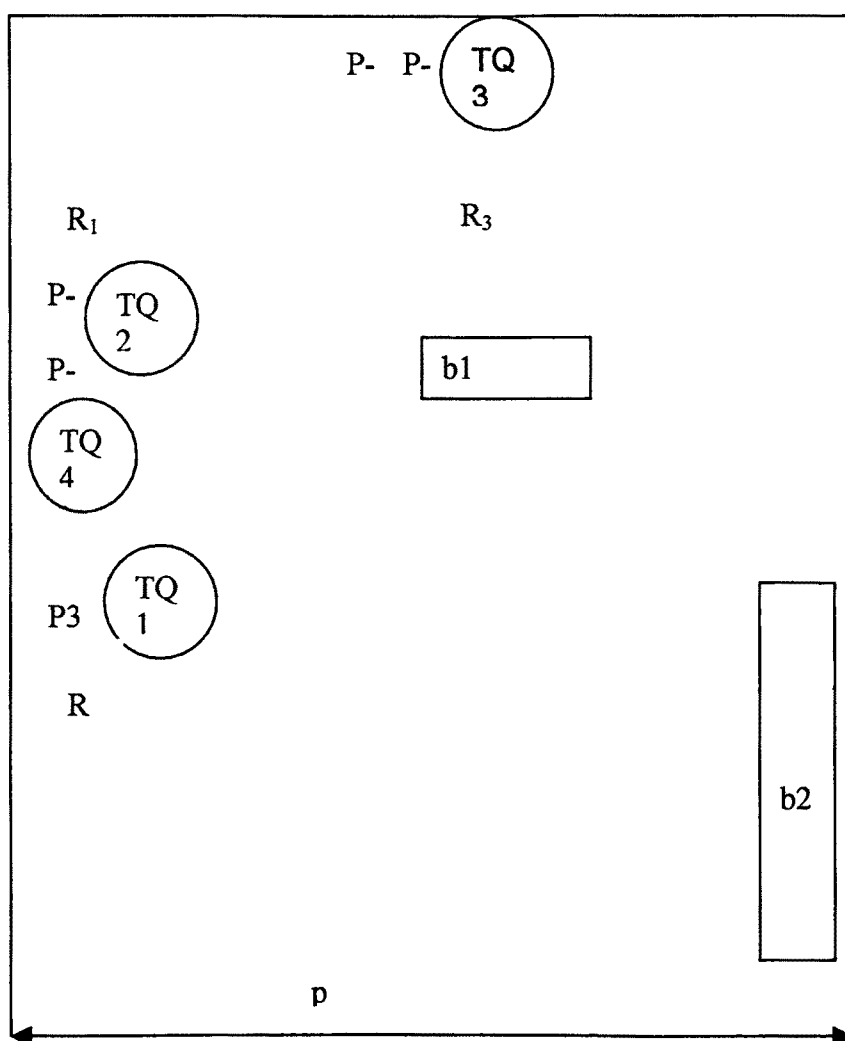
Tabela 21: Dimensão dos tanques de eletrodeposição da empresa E₀₇

TQ 1		TQ2		TQ3	
p (m)	d (m)	p (m)	d (m)	p (m)	d (m)
5,0	1,0	4,0	0,9	2,5	0,8

Legenda: TQ tanque; p – profundidade; d – diâmetro

Tabela 22: Características de amostragem e números de tanques na empresa E₀₇

Empresa	Nº de TQ	Nº TQ em operação	Nº pontos de coletas	Nº coletas		
				3 h	6 h	total
E ₀₇	04	03	01	11	07	18

Figura 56: Planta baixa da empresa E₀₇

Legenda: TQ – tanques; b – bancadas de montagem de peças; R – retificadores; P1, P2, P3 e P4 – pontos de coleta de névoas de Cr VI ; p – porta da área de cromação

O gráfico da figura 57 mostra que a concentração média de névoas de Cr VI ($0,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), no segundo dia de avaliação, foi a mais baixa, menos do que 2% do LT do Cr VI – a do primeiro dia foi muito próxima a esse valor ($0,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Já no terceiro dia encontrou-se a concentração média mais elevada, mas com um valor baixo ($1,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação ao LT (4 %). A variação das concentrações médias de névoas de Cr VI nos três dias de avaliação apresentou-se dentro de um intervalo baixo e a barra de erro maior no terceiro dia de avaliação indica uma diferença mais acentuada entre as amostras coletadas, enquanto nos dois primeiros dias de avaliação as concentrações mantiveram-se dentro de uma faixa mais estreita de variação.

A concentração média mais alta, no terceiro dia de avaliação, provavelmente, deveu-se ao fato de o banho do tanque ter operado com correntes elétricas mais elevadas, chegando até 5.000 A, e um período de eletrodeposição relativamente. O banho do tanque 3, embora tenha operado com a corrente elétrica mais baixa, aplicada nessa empresa durante a avaliação, foi também o banho que levou menos tempo de eletrodeposição. Logo, conclui-se que tanto um banho eletrolítico trabalhando com correntes elétricas elevada e um período médio de eletrodeposição como um outro banho eletrolítico trabalhando com baixas amperagens, mas por um período de eletrodeposição muito curto, acarretam na emissão de grande quantidade de névoas de Cr VI no ambiente de trabalho.

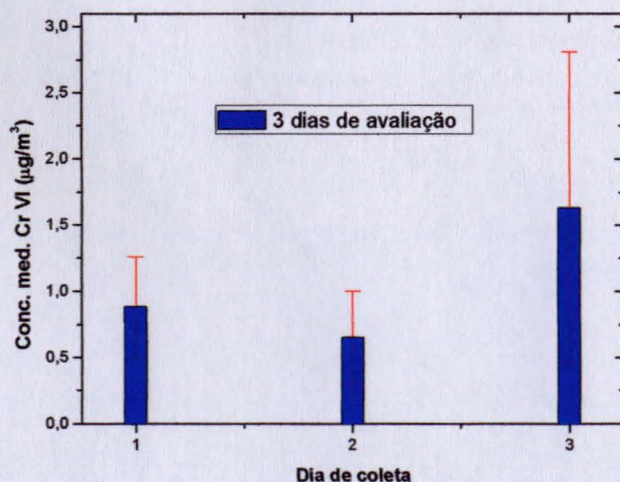


Figura 57: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI e suas barras de erro, devido ao desvio padrão, durante os três dias de avaliação na empresa E₀₇

Tabela 23: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI na empresa E₀₇

Dia	Tanque	Corrente elétrica (A)	Tempo (min) *(h)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)
1°	02	2.500	30-100	5	58
	03	2000	60-80	5	58
2°	01	1.500-2.500	30-150	5	56
	02	800-1.800	60-80	5	53
	03	1.200	50	5	55
3°	01	1.800-5.000	50-75	5	54
	02	800	145	5	55
	03	500	10-15	5	55
	03	1.300	16*	5	58

5.4.5 Empresa E₀₈

A empresa E₀₈ tem um amplo galpão, com pé-direito em torno de 8 m; a área de produção estava dividida em duas partes, uma para tratamento de superfície das peças e outra para realizar a usinagem das peças que receberiam posteriormente banho eletrolítico.

A área de tratamento de superfície possuía 6 tanques eletrolíticos de cromo duro. Porém, os tanques 2 e 3 não estavam funcionando durante esta avaliação. A figura 58 mostrando a planta baixa da empresa E₀₈ indica os locais onde os tanques estavam instalados e como estavam distribuídos os pontos de coleta de amostras de névoas de Cr VI.

Problemas com as amostras coletadas no terceiro dia de avaliação e problemas com a variação do fluxo de vazão de duas bombas de coleta de amostras névoas de Cr VI limitaram o número de amostras coletadas em apenas 12, sendo 8 amostras de 3 h e 4 amostra de 6 h.

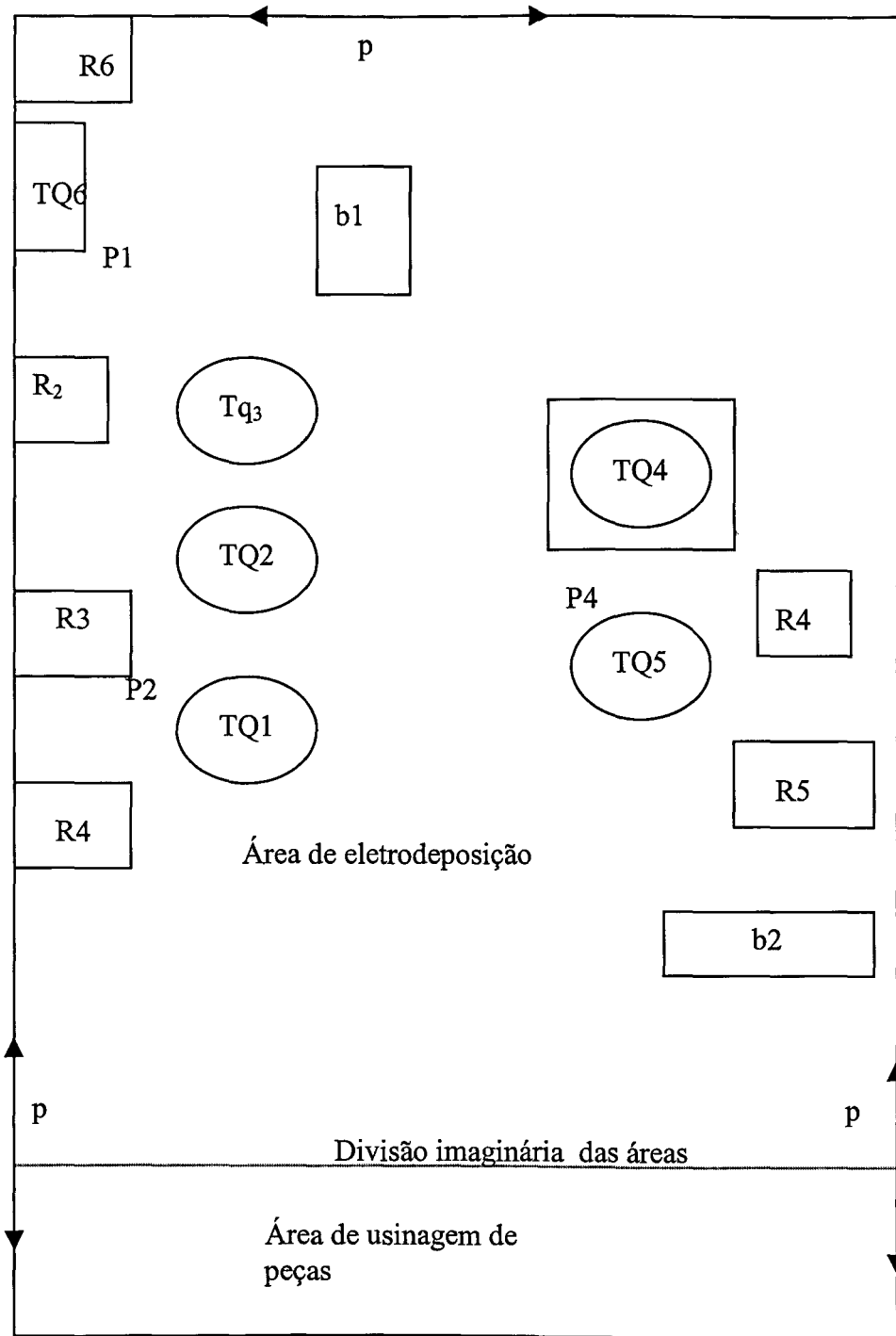


Figura 58: Planta baixa da área de eletrodeposição da empresa E₀₈

Legenda: P1, P2, P3, P4 e P5 – pontos de coleta; R – retificadores; b – bancada de montagem de peças; p – portas; TQ – tanques eletrolíticos

5.4.6 Sistema de proteção coletiva

Os tanques estavam providos de SVLE e utilizavam esferas plásticas como forma de minimizar a liberação de névoas para o ambiente. Além disso, estavam tampados com placas de PVC durante a eletrólise, tinham a forma cilíndrica e estavam submersos no solo, com exceção do tanque 6, que era retangular e estava totalmente acima da superfície do piso. Já nos tanques cilíndricos a parte acima do piso variava entre 30 a 70 cm de altura. A profundidade dos tanques cilíndricos variava de 4 a 6 m.

5.4.6.1 Analisando as concentrações encontradas

A figura 59 mostra que a concentração média de névoas de Cr VI ($1,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no P2, no segundo dia de avaliação, atingiu o valor mais alto entre todas as amostras analisadas – em torno de 3% do LT para Cr VI. A tabela 24 mostra que as correntes elétricas (A) aplicadas aos banhos variaram em uma faixa próxima umas das outras, mas estas não representaram um fator determinante na variação das concentrações. Possivelmente, devido ao sistema de ventilação eficaz e, principalmente, por estarem os tanques tampados, o que possibilitou melhorar o poder de exaustão do sistema.

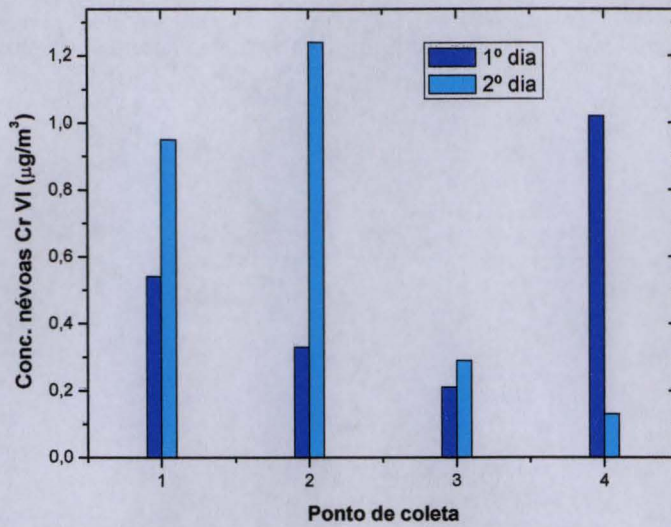


Figura 59: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI durante o período de avaliação nos 4 pontos de coleta na empresa E₀₈

Tabela 24: Propriedades dos banhos eletrolíticos de Cr VI: corrente e tensão elétrica, e temperatura na empresa E₀₈

Dia	Tanque	Corrente elétrica (A)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)
1	01	700 - 2.800	7,5 - 8,5	55
	04	300 - 1.300	4,8 - 5,0	55
	05	750	6,5	55
2	01	1200 - 3.000	8,5 - 11,0	55
	04	300 - 1.200	5,0	55
	05	800 - 1.000	6,5 - 8,5	55
	06	150	4,0	55

5.4.7 Empresa E₀₉

A empresa E₀₉ tinha apenas um tanque de banho eletrolítico de Cr VI. Existiam outros tanques de eletrodeposição de cobre ácido, porém, em outro local separado, sem conexão com a área de cromação.

A empresa realizava tratamento de superfície apenas em cilindros, utilizados para impressão de rotogravura. Primeiro os cilindros recebiam uma camada de cobre ácido e depois recebiam uma camada de cromo hexavalente.

A tabela 25 informa que foram selecionados dois pontos de coleta de amostras: P1 e P2. No P1 foram coletadas duas amostras de 3 h e uma outra de 6 h de névoas de Cr VI em cada um dos três dias de avaliação, totalizando 6 amostras com 3 h de coleta e outras 3 amostras com 6 h de coleta. Já no P2 coletou-se uma amostra de 6 h em cada dia. Os dois pontos de coleta de amostras na posição P1 foram instalados sobre o tanque a uma altura de 2 metros do piso, enquanto o P2 foi instalado na abertura de entrada na área de cromação, também a 2 metros de altura do piso. A figura 60 da planta baixa da empresa mostra a localização desses pontos dentro da área de cromação.

Os únicos momentos em que os trabalhadores entravam na área de cromação era quando eles retiravam e colocavam os cilindros no banho, como mostra a figura 61.

No primeiro e no terceiro dias de avaliação, em alguns momentos o SVLE foi desligado, enquanto o banho eletrolítico continuou com o sistema de agitação funcionando. Isso permitiu que as névoas de Cr VI não captadas pela exaustão fossem liberadas para o ambiente. O banho eletrolítico permanecia em funcionamento durante as 24 horas do dia, todos os dias do mês. E a temperatura era mantida, de forma constante, em 50 °C.

Ao contrário das outras três empresas avaliadas que, também, realizavam o tratamento de superfície em cilindros, essa foi a única que não tampava o tanque durante a eletrodeposição.

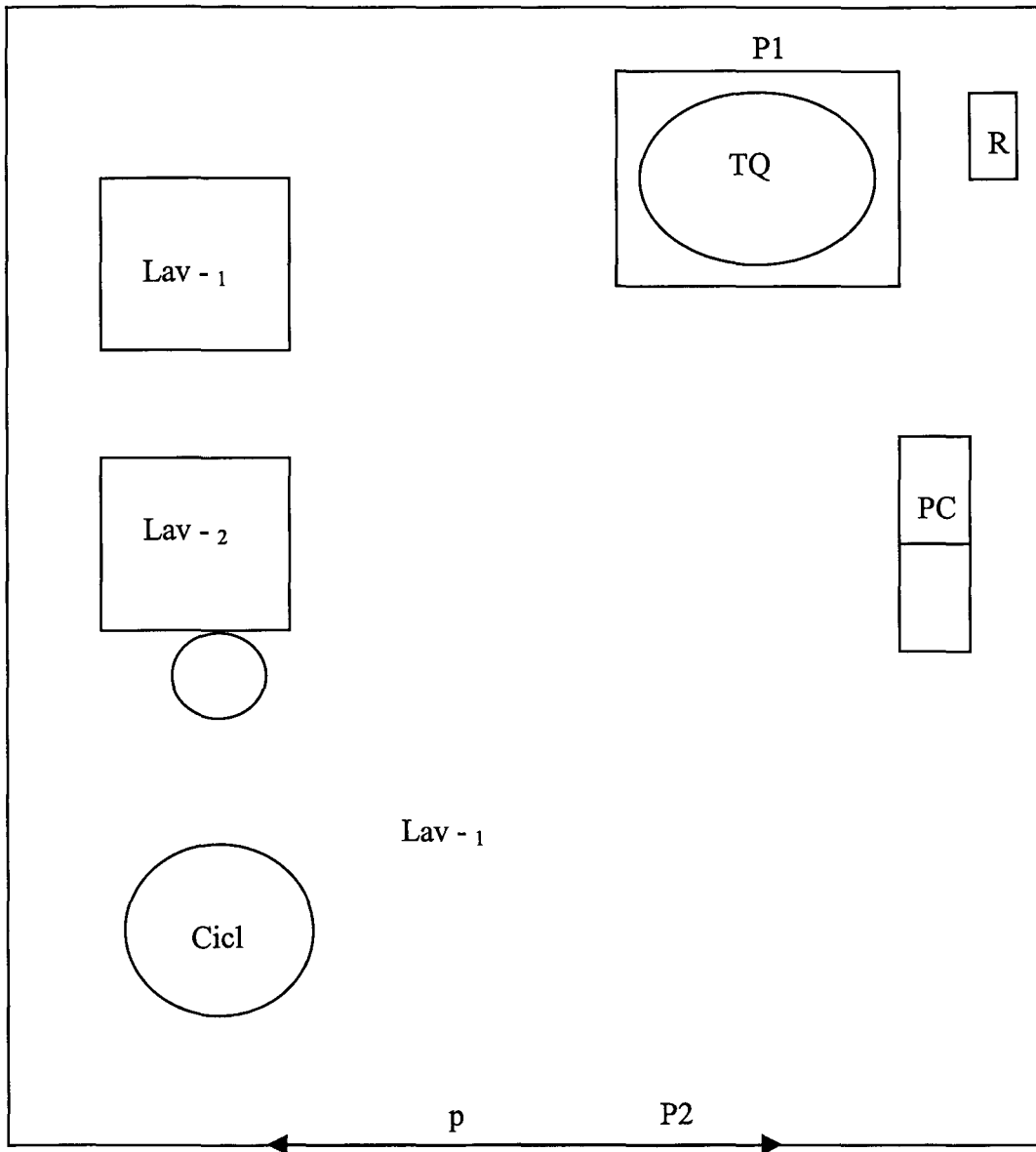


Figura 60: Planta baixa da área de eletrodeposição de Cr VI na empresa E09

Legenda: P1 e P2 – pontos de coleta; TQ – tanque de eletrodeposição; R – retificador; Lav 1 e 2 – tanques de lavagem; Cicl – ciclone; p – ponta de entrada na área de cromagem; PC – painel de controle da corrente e tensão elétrica

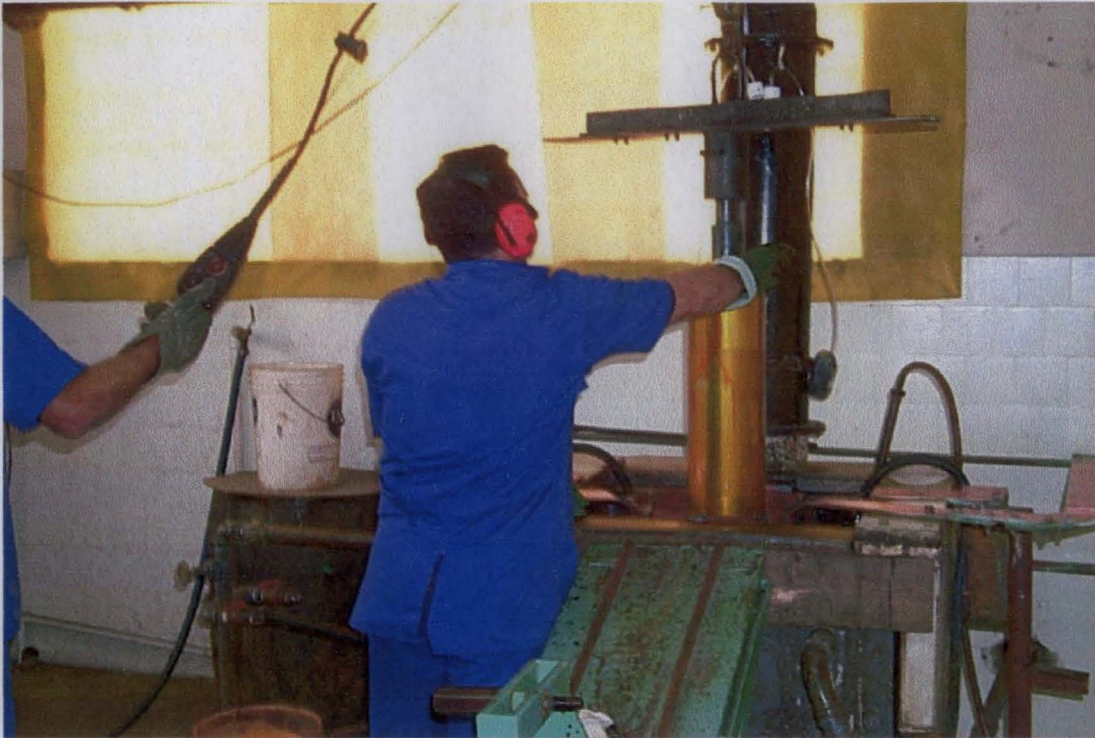


Figura 61: Foto mostrando um cilindro - após a deposição eletrolítica - ser retirado de dentro do tanque na empresa E₀₉

5.4.7.1 Analisando as concentrações encontradas

A figura 62 mostra que a variação das concentrações médias de névoas de Cr VI no P1 foi elevada com um grande desvio padrão, indicado pela barra de erro. Isto ocorreu, certamente, devido ao fato de o SVLE ter sido desligado e a agitação, no banho eletrolítico, ter continuado. A concentração média no segundo dia foi baixa e houve um pequeno desvio padrão.

Esses resultados encontrados demonstraram que é condenável a prática de desligar o SVLE, mesmo porque o banho eletrolítico permaneceu funcionando todo o tempo e com agitação mecânica no banho eletrolítico.

A figura 63 mostra que o P2, instalado na entrada de acesso à área de produção, apresentou concentrações muito baixas. No primeiro dia a concentração ($0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alcançada, nesse ponto, foi de 0,5% do LT. O segundo dia ($0,47$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) e no terceiro dia ($0,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) as concentrações permaneceram abaixo de 2% do LT. Provavelmente, devido ao deslocamento do ar, o ponto de coleta de amostras P2 não foi atingido pelo desligamento do SVLE.

Pode-se observar que o gráfico da figura 62 no P1 foi semelhante ao gráfico da figura 64, tal semelhança demonstra que a variação das concentrações médias de névoas de Cr VI total na empresa durante os três dias de avaliação foi determinada pelas concentrações encontradas no P1 e as névoas captadas no P2 exerceu pouco influência. Desta forma conclui-se que uma pequena quantidade de névoas de Cr VI foi direcionada para a área de produção.

Tabela 25: Propriedades do banho eletrolítico de cromo hexavalente na empresa E₀₉

Tanque	Corrente elétrica (A)	Tempo (h)	Tensão elétrica (V)	Temperatura (°C)	Nº de coletas		
					3 h	6h	total
01	2.500	04	06	50			
01	2.300	01	06	50	09	03	12

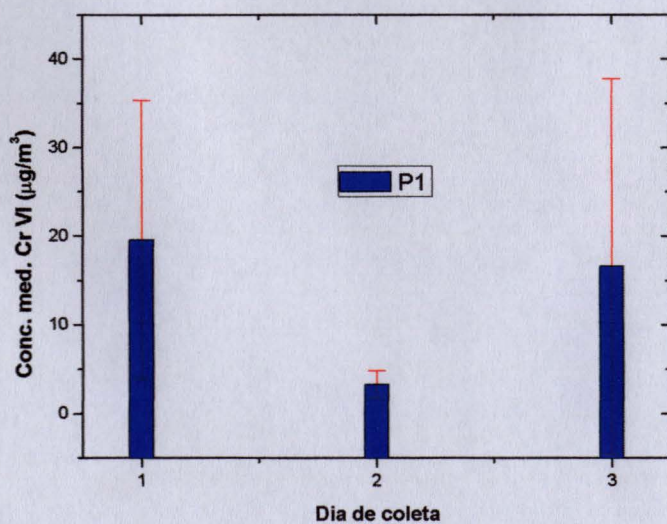


Figura 62: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI no P1 na empresa E₀₉

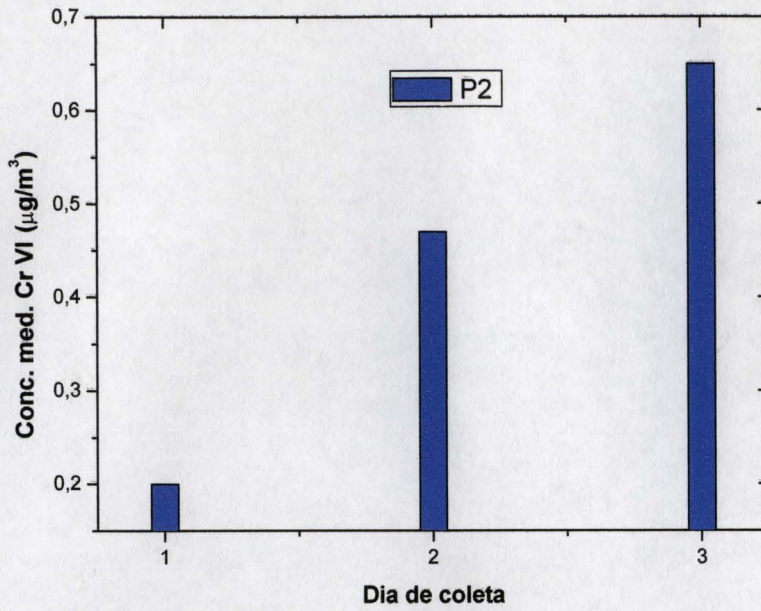


Figura 63: Variação das concentrações de névoas de Cr VI no P2 na empresa E₀₉

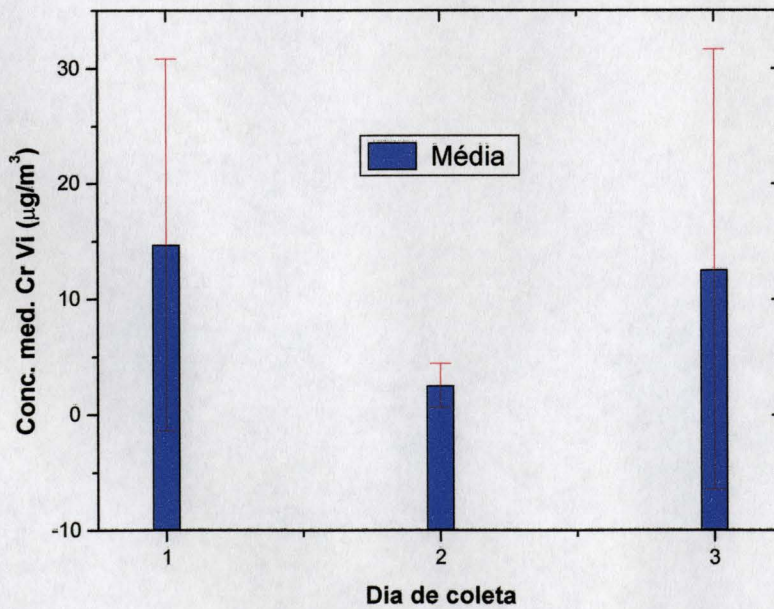


Figura 64: Variação das concentrações médias de névoas de Cr VI durante os três dias de avaliação na empresa E₀₉

5.4.8 Empresa E₁₀

A empresa E₁₀ tinha cinco tanques de banho eletrolítico, sendo três tanques cilíndricos e outros dois tanques retangulares. A figura 66 mostra a planta baixa da área de cromação, a distribuição dos banhos eletrolíticos e dos pontos de coleta de amostras na empresa. A tabela 26 indica que os tanques 2 e 3, cilíndricos, tinham 4 m de profundidade e 0,64 m de diâmetro. E o tanque 1 tinha 6 m de profundidade e 0,94 m de diâmetro.

Quando estavam funcionando, os tanques permaneciam tampados com placas de PVC, aumentando, dessa maneira, o poder de exaustão do sistema. Isso evitava uma maior liberação de névoas de Cr VI no ar.

Para tratar as peças maiores, que eram cromadas à noite, era necessária a retirada do SVLE para que elas coubessem dentro do tanque. Esse era um procedimento que ocorria no tanque 1, o maior de todos.

Na manhã seguinte as peças eram retiradas e o SVLE era, então, reinstalado. A figura 65 mostra a preparação de uma peça grande que iria receber a eletrodeposição à noite.

Devido à proximidade dos tanques entre si, os 4 pontos de coleta de amostras foram considerados semelhantes quanto à captação das névoas de cromo nessa empresa.

5.4.8.1 Condições operacionais durante os três dias de avaliação

No primeiro dia de avaliação a eletrodeposição ocorreu basicamente no tanque 3; durante 15 minutos houve eletrodeposição no tanque 5.

Já no segundo dia de avaliação utilizou-se o tanque 2 e uma vez o tanque 5 (durante 15 minutos). Nesse dia houve pouco trabalho de cromação.

E, finalmente, no terceiro dia, as peças foram cromadas apenas no final do expediente – o período de coleta de névoas de Cr VI foi curto.

A figura 67 mostra que nos dois primeiros dias de avaliação as concentrações médias de névoas de Cr VI mantiveram-se muito baixas (0,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 0,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

respectivamente). Já no terceiro dia houve um pico de emissão de névoas de Cr VI ($8,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que representou cerca de 20% do LT de Cr VI, enquanto os dois valores anteriores representaram menos de 1% do LT de Cr VI. Esses valores encontrados foram devido a pouca demanda de peças a serem tratadas, houve um pequeno período de coleta de amostra (o tempo de coleta de amostra variou de 33 a 85 min.), mas captou-se um pico de emissão de névoas de cromo hexavalente.

Como nas outras empresas, o SVLE funcionava bem, mas houve emissão de poluentes durante a operação de retirada das peças de dentro dos banhos eletrolíticos, por certo expondo os trabalhadores.



Figura 65: Foto mostra trabalhadores retirando o sistema de ventilação para a colocação uma peça grande dentro do tanque cilíndrico de eletrodeposição na empresa E₁₀

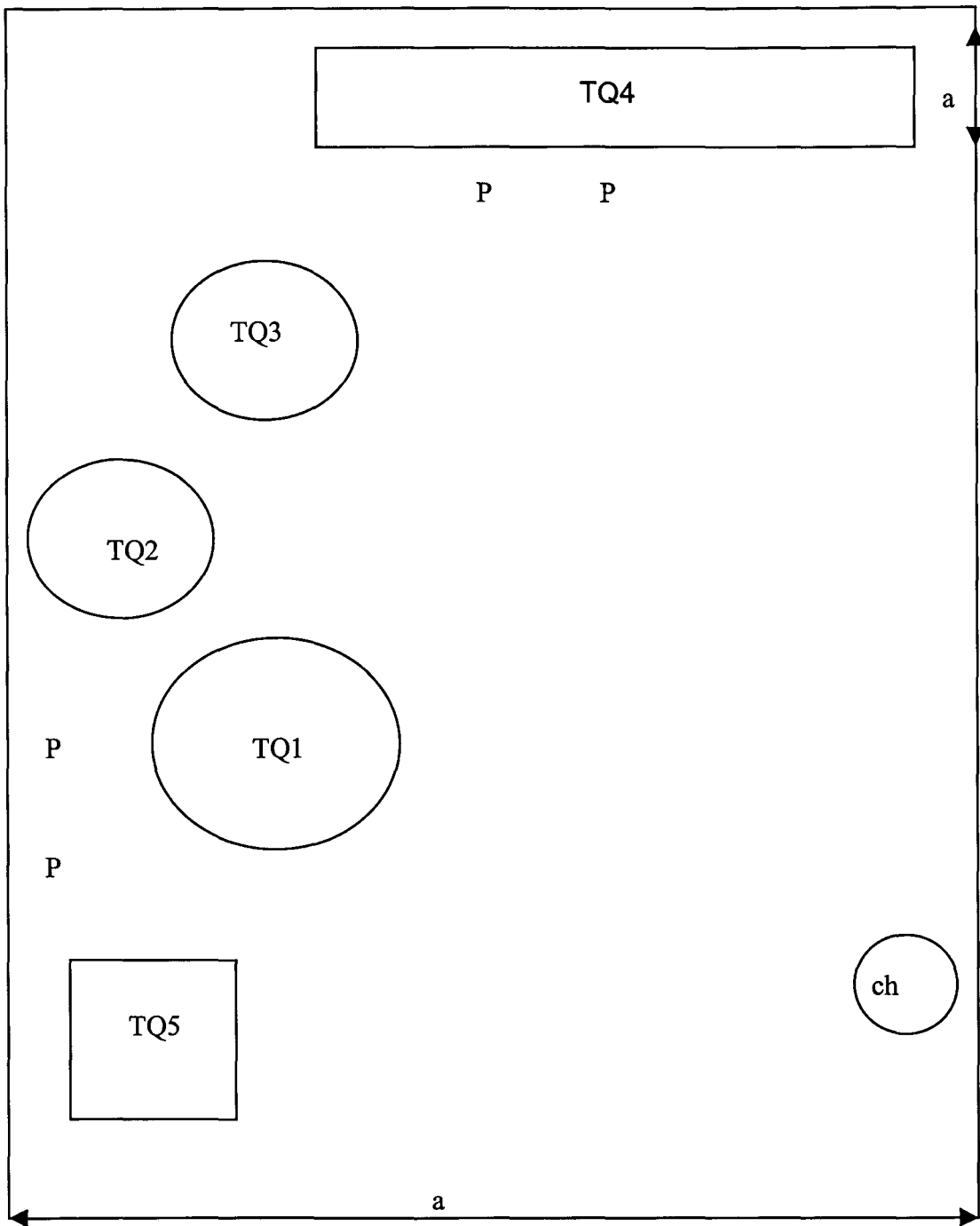


Figura 66: Planta baixa da área de cromação da empresa E₁₀

Devido à proximidade dos tanques entre si, os pontos de coleta de amostras foram considerados equivalentes. Foram escolhidos dois pontos para coleta de amostras e em cada um deste dois pontos foram colocadas duas bombas amostradoras – uma por um período de seis horas e outra por dois períodos de três horas. Ao todo foram utilizadas quatro bombas por dia de avaliação e coletadas seis amostras, nos dois primeiros dias, enquanto no terceiro dia foram coletadas três amostras, totalizando 15 amostras coletadas durante os três dias de avaliação.

Tabela 26: Propriedades dos tanques cilíndricos da empresa E₁₀

Nº Tanque	Dimensões		
	p (m)	d (m)	Vol. (L)
01	06	0,94	4.164
03	04	0,64	1.287
03	04	0,64	1.287

Legenda: p – profundidade; d – diâmetro; Vol. – volume

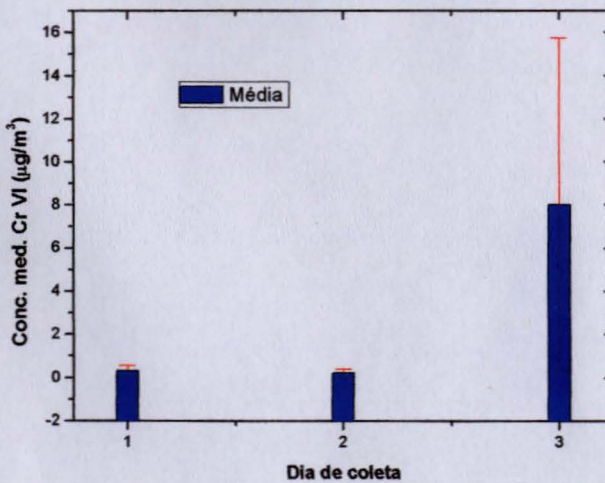


Figura 67: O gráfico mostra como variou a concentração média na empresa E₁₀ durante o período de avaliação

5.5 Análise estatística entre as empresas do grupo III

Utilizando-se o teste ANOVA com dois fatores (empresa e dia) para o grupo III, obteve-se o valor F de Snedecor ($F = 5,39$ e $p = 0,0001$) indicando que houve diferença estatística significativa.

Para a variável dia houve uma diferença estatisticamente significativa ($F = 6,16$ e $p = 0,0035$). E o teste de Scheffe's indicou que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os dias 2 e 3.

Para a variável empresa houve uma diferença estatisticamente significativa ($F = 5,00$ e $p = 0,0013$). Aplicando-se o teste de Scheffe's conclui-se que a empresa E_{09} é estatisticamente diferente das empresas E_{07} , E_{08} e E_{10} . E a empresa E_{09} é estatisticamente igual à empresa E_{06} .

5.5.1 Detalhando as empresas dentro do grupo III

No grupo III como os resultados das concentrações encontradas foram heterogêneos (grande variabilidade), analisou-se separadamente a empresa E_{09} das demais empresas.

5.5.2 Analisando a empresa E_{09} e a demais empresas dentro do grupo

Utilizando-se o teste ANOVA com dois fatores (empresa e dia) obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 5,97$ e $p = 0,0013$), indicando que houve diferença estatisticamente significativa.

Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à variável dia ($F = 2,35$ e $p = 0,1051$). Mas houve diferença estatisticamente significativa em relação à variável empresa ($F = 13,22$ e $p = 0,0006$), indicando que os resultados das concentrações encontrados na empresa E_{09} são estatisticamente maiores que das demais empresas.

5.5.3 Analisando a empresa E₀₆ e as demais empresas do grupo

A empresa E₀₆ também foi analisada separadamente das demais empresas, do mesmo modo que a empresa E₀₉, anteriormente.

Utilizando-se o teste ANOVA com dois fatores (empresa e dia) obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 4,26$ e $p = 0,0078$), indicando que houve diferença estatisticamente significativa.

Houve diferença estatisticamente significativa em relação à variável dia ($F = 4,72$ e $p = 0,0118$). Mas não houve diferença estatisticamente significativa em relação à variável empresa ($F = 3,36$ e $p = 0,0709$), indicando que os resultados das concentrações encontrados na empresa E₀₆ são estatisticamente diferentes entre os dias 2 e 3 das demais, em um nível de significância de 0,05.

5.5.4 Comparação os valores das concentrações entre os três grupos segundo o tipo de proteção coletiva

O objetivo desta análise foi verificar se os resultados encontrados eram estatisticamente iguais ou diferentes segundo o critério tipo de proteção coletiva adotado pelas empresas. Para isso se utilizou a análise de variância (ANOVA) com 3 fatores: tipo de proteção, dia avaliado e empresa avaliada.

Obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 6,79$ e $p \leq 0,0001$), indicando que houve uma diferença estatisticamente significativa. Para a variável dia não houve diferença estatisticamente significativa ($F = 1,62$ e $p = 0,2007$). Para a variável tipo de proteção houve diferença estatisticamente significativa ($F = 17,83$ e $p < 0,0001$). Aplicando-se o teste de Scheffe's conclui-se que as empresas do grupo I foram diferentes estatisticamente das empresas dos grupos II e III. E não houve diferença estatisticamente significativa entre as empresas dos grupos II e III.

Para a variável empresa houve diferença estatisticamente significativa ($F = 4,30$ e $p = 0,0002$).

5.6 Comparação entre um período de amostragem de 3 horas e outro período de amostragem de 6 horas de névoas de ácido crômico em eletrodeposição de cromo duro

A tabela 27 mostra que foram comparadas 132 amostras de névoas de cromo hexavalente – 74 amostras de 3 h e 58 amostras de 6 h. Admitiu-se uma variação máxima de 10% no período de amostragem, para mais ou para menos, para ambos os períodos de tempo de amostragem. Ou seja, 180 minutos podiam variar, para mais ou para menos, até 10% desse intervalo (180 ± 18); ou então, 360 minutos, podendo variar para mais ou para menos até 10% deste intervalo (360 ± 36).

Tabela 27: Concentrações médias encontradas nas avaliações segundo o período de tempo de amostragem

Período de amostragem (h)	Nº de amostras	Conc. médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desvio padrão	Conc. mín. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Conc. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
3	74	12,35	26,25	nd	152,04
6	58	13,83	20,79	nd	84,76

Legenda: conc. mín. – concentração mínima; conc. máx. – concentração máxima; nd – não detectável

Utilizando-se o teste ANOVA com dois fatores (tipo de proteção e período de amostragem) obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 9,67$ e $p < 0,0001$), indicando que houve diferença estatisticamente significativa.

Embora tenha havido diferença estatisticamente quanto à variável tipo de proteção ($F = 14,42$ e $p < 0,0001$), o mesmo não aconteceu com a variável período de amostragem, em que foi constatado que não houve diferença estatisticamente significativa ($F = 0,15$ e $p = 0,7008$).

6 CONCLUSÕES

As empresas de eletrodeposição de cromo duro foram analisadas no que se refere ao tipo de proteção coletiva utilizada nos banhos eletrolíticos. As conclusões obtidas são as seguintes:

Os três tipos de proteção estudados podem apresentar resultados eficazes, como um complemento de um sistema de ventilação mecânica. Mas jamais como único fator de proteção. Dependem muito das condições de operação de eletrodeposição. No caso das empresas que dispõem de SVLE é preciso um programa de manutenção preventivo constante no sistema para que a ventilação possa atuar com eficácia.

Se a espuma supressora usada for de boa qualidade e se empregada na quantidade adequada haverá uma diminuição da emissão de névoas de Cr VI no ar interno. Como se trata de um produto importado, variando seu preço segundo a cotação do dólar, os custos para a utilização deste produto são dispendiosos. Acredita-se que em médio prazo os valores despendidos podem se equivalente aos custos da instalação de um sistema de ventilação.

Utilizou-se o teste ANOVA com dois fatores (empresa e dia de amostragem) nas empresas do grupo I, obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 4,50$ e $p = 0,0031$) e verificou-se que houve uma diferença estatisticamente significativa. A realização posterior do teste de Scheffe's ($F = 5,56$ e $p = 0,0062$) detectou que houve uma diferença estatisticamente significava entre a empresa E₀₁, que utilizou uma espuma supressora de boa qualidade e as empresas E₀₂ e E₀₃ que utilizaram, respectivamente, uma espuma supressora ineficaz e esferas de poliestireno expandido sobre os banhos eletrolíticos. Mostrou-se desta maneira ser possível promover uma proteção coletiva eficaz com o uso destas espumas supressoras.

A espuma supressora tensoativa pode ser uma boa medida de proteção se for usada conjugada com um eficaz sistema de ventilação exaustora.

A utilização de esferas de poliestireno expandido nos banhos eletrolíticos, com uma camada de aproximadamente 10 cm de altura, apresentou uma redução de até 97% na emissão de névoas de Cr VI no ar interno. Foi um resultado muito interessante devido à possível redução de custos. Muito embora tenha sido excelente

o índice de redução, isso não significou a eliminação das emissões de névoas de Cr VI. Entretanto pode ser um bom aliado a um sistema de ventilação local exaustor. Porém, estudos futuros são necessários para a confirmação ou não destas observações.

As empresas do grupo II, que dispõem de SVLE em cabinas enclausuradas, demonstraram dispor de uma eficaz proteção coletiva, entretanto seu bom funcionamento implica em uma boa vedação nas cabinas. Os resultados demonstraram que a existência de pequenas frestas nas portas reduziu em até 90% a velocidade de exaustão do SVLE. Este sistema parece ser muito interessante em processo de eletrodeposição de cromo duro, pois as peças são depositadas nos banhos eletrolíticos e podem permanecer neles por um longo período de tempo. Logo, os trabalhadores permanecem afastados da fonte de poluição.

Mesmo com um sistema eficaz de ventilação exaustora é necessário o uso de EPIs adequados, tais como: máscara (elemento filtrante P3, apropriado para a retenção das névoas de cromo hexavalente), óculos, além dos demais EPIs habitualmente utilizados pelos trabalhadores, tais como: luvas de cano longo, avental de PVC, botas de borracha. Uma vez que sempre estarão expostos ao manusearem as peças nos banhos - ao retirarem ou ao colocarem as peças dentro do banho eletrolítico.

Aplicou-se teste de variância ANOVA com dois fatores (empresa e dia de amostragem) para as empresas do grupo II, obteve-se o valor de F de Snedecor ($F = 0,88$ e $p = 0,4653$), que indicou não haver diferença estatisticamente significava entre as empresas a um nível de significância de 0,05. Ambas as empresas deste grupo demonstraram que o sistema de cabinas enclausuras conjugado a um sistema de ventilação local exaustora ofereceu uma boa proteção coletiva. Evidenciou ser uma das maneiras mais segura de prevenir à exposição dos trabalhadores às névoas de cromo hexavalente.

A utilização de tampas de PVC, nas empresas do grupo III, sobre os tanques dos banhos eletrolíticos aumentou o poder de exaustão do sistema de ventilação, contribuindo desta forma para promover uma proteção coletiva mais eficaz. A etapa mais crítica acontece no momento em que as peças são retiradas dos banhos eletrolíticos, pois as névoas de Cr VI são dispersas no ambiente interno.

Sempre que a corrente elétrica e a tensão elétrica estiverem ligadas, principalmente, se houver agitação mecânica nos banhos, o SVLE deve permanecer em operação; caso contrário, como mostraram os resultados em que as concentrações de névoas de Cr VI emitidas para o ambiente interno na empresas E₀₉ aumentaram até 6 vezes, ao se proceder desta forma. O teste de variância ANOVA com valor F de Snedecor ($F = 4,64$ e $p = 0,0022$) aplicado às empresas do grupo III mostrou que houve uma diferença estatisticamente significativa entre elas. E o teste de Scheffe's demonstrou que a empresa E₀₉, que desligou o sistema de ventilação enquanto permanecia com o sistema de agitação mecânica no banho eletrolítico funcionando, apresentou uma diferença estatisticamente significativa em relação às empresas E₀₇, E₀₈ e E₁₀. Entretanto não houve diferença estatisticamente significativa entre a empresa E₀₉ e a empresa E₀₆, que realizou eletrodeposição em peças pequenas as quais trabalharam com um período de eletrodeposição menor que o período requerido nos banhos eletrolíticos das demais empresas deste grupo.

As bancadas de montagem de peças nas gancheiras devem ser instaladas longe dos banhos eletrolíticos, o mais afastado quanto for possível. Preferencialmente em outro local adjacente à área de produção. Isso porque as concentrações de névoas de Cr VI no ar interno foram significativamente mais elevadas quanto mais próximo os pontos de coleta de amostras estavam dos banhos eletrolíticos.

A ventilação natural é um fator muito importante na dispersão das névoas de Cr VI. As coletas feitas próximas em um mesmo tanque de banho eletrolítico na empresa E₀₃, porém em lados diferentes, demonstraram que o lado menos ventilado apresentou concentrações quase 6 vezes mais elevadas em relação ao lado mais bem ventilado.

A análise de 74 amostras por um período de 3 h de amostragem e de outras 58 amostras por um período de 6 h de amostragem demonstrou que não houve diferença estatisticamente significativa ($F = 0,15$ e $p = 0,7008$) entre estes dois períodos para coleta de névoas de Cr VI. Isto implica em uma redução de custos considerável na realização de uma avaliação ambiental.

7 PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO DO ESTUDO

Pretende-se estudar o poder de adsorção das esferas de poliestireno expandido na captação de outros metais empregados nos tratamentos de superfície por eletrodeposição, tais como: níquel, cobre, zinco, cádmio estanho e outros. Investigar se estas esferas sofrerão alteração se utilizadas em banhos de anodização de alumínio, os quais são preparados com ácido sulfúrico, cujas névoas ácidas são liberadas para o ar interno - dentro da área de produção - e segundo estudos da IARC (1990) podem ser carcinogênicas.

O estudo será estendido a outras substâncias orgânicas usadas como desengraxantes de peças em galvanoplastia, como: gasolina, querosene, percloroetileno, tricloroetileno etc..

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abell M. T. and Carlberg JR. **Simple reliable method for the determination of airborne hexavalente chromium.** National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, U.S. Department of Health Education and Welfare, 1014 Broadway, Cincinnati , Ohio 45202.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist – ACGIH. **Industrial ventilation: a manual of recommended practice**, 23th ed.; 1998.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist - ACGIH. **Limites de exposição (TVLs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs)**, Trad. da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO. São Paulo; 1998.
- Anderson, R.A. et al. **Dietary chromium intake: freely chosen diets, institutional diets, and individual foods.** Biological Trace Element Research 1992; v.32; p. 117-121.
- Assunção JV et al. **Ventilação industrial, programa de controle de poluição - PROCOP Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB.** São Paulo: 1994. [Apostila]
- Assunção JV. **Ventilação industrial proteção à saúde do trabalhador.** Saúde Ocupacional e Segurança – SOS 1989; 24(3): 9-22.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR. **Toxicological profile for chromium.** U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. September 2000.
- Brandt AD. **Sistema de extraccion y ventilacion. In: Manual de ingenieria de los recobrimientos electrotoxicos.** México: Compañia Editorial Continental AS; 1967.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança do Trabalho. Portaria N° 25 de 29/12/1994, **Normas Regulamentadoras. N° 9, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Diário Oficial da União, Brasília (DF), 30/12/1994, republicado em 15/02/1995.

- Bright P. et al. **Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating.** Thorax 1997; 52: 28-32.
- Brunn I, Campbell JS, Hutzler RL. **Evaluation of occupational exposures: a proposed sampling method.** Am Ind Hyg Assoc J 1986; 47(4): 229-235.
- Burgess WA. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais.** Ergo; 1997.
- Corn M. **Strategies of air sampling.** Scand J. Work Environ Health 1985; 11: 173-180.
- Cuadro J, Latasa JM, Potella R and Hidalgo F. **Aspectos histopatológicos de las úlceras por cromo.** Med Cut I. L. A 1982; 10: 361-364.
- Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) / Ministério de Minas e Energia (MME). <www.dnpm.gov.br/suma2001/CROMO-Revisado.doc>. p. 51-52.
- Donaldson RM, Barreras RF. **Intestinal absorption of trace quantities of chromium.** J Lab Clin Med 1966; 68: 484-493.
- Encyclopaedia Britannica <<http://www.britannica.com/eb/chromium>>. [2001 Jul 23]
- Enterline PE. **Respiratory cancer among chromate workers.** Journal of occupational medicine 1974; 16: 523-526.
- Fishbein L. **Sources, transport and alterations of metal compounds: an overview. I arsenic, beryllium, cadmium, chromium, and nickel.** Environmental Health Perspectives 1981; 40: 48-64.
- Franchini R. **Mortality experience among chromoplating workers.** Scand J. Work environ health 1983; 9: 247-252.
- Glaser U, Hochrainer D and Steinhoff D. 1990. Investigation of irritating properties of inhaled Cr VI with possible influence on its carcinogenic action. <www.frankmckinnon.com/chromium_casm.htm>. [2002 Sep 25].
- Gomes ER. **Incidence of chromium-induced lesions among electroplating workers in Brazil.** Ind Med 1972; 41:12.
- Guillemin MP and Berode M. **A study of the difference in two types of electroplating process.** Am Occup Hyg. Lausanne, Switzerland 1978; 21: 105-112.

- IARC **Chromium, nickel and welding. WHO/IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemical to man 1990; v. 49 p. 677**
- IUP – Indiana University Pennsylvania. LEV (Local Exhaust ventilation).
<<http://ces0100.soce.iup.edu/Safety/Science/OCCHealth/oh6r.htm>>.
[2001 Jun 6]
- Kiilunen M. **Occupational exposure to chromium and nickel in the 1980s in Finland.** Finland 1997; 199: 91-101.
- Kiilunen M, Kivisto H, Ala-Laurila P et al. 1983. **Exceptional pharmacokinetics of trivalent chromium during occupational exposure to chromium lignosulfonate dust.** Scand J. Work Environ health 1983; 9: 265-271.
- Kuo HW, Lai JS, Lin T. **Nasal septum lesions and lung function in workers exposed to chromic acid in electroplating factories.** Arch Occup. Environ Health 1997; 70: 272-276.
- Korallus U. **Chromium compounds: occupational health, toxicological and biological monitoring aspects.** Toxicol environ chem 1986; 12: 47-59.
- Langard S. **One hundred years of chromium and cancer: a review of epidemiological evidence and selected case reports.** Am J Ind Med 1990; 17: 189-215.
- Langard S, Norseth T. **Chromium. Handbook on the toxicology of metals,** Chapter 22, edited by L. Friberg et al Elsevier/North-Holland Biomedical Press 1979; 183-397.
- Langård S, Gundersen N, Tsalev DL et al. **Whole blood chromium level and chromium excretion in the rat after zinc chromate inhalation.** Acta Pharmacol Toxicol 1978; 42: 142-149.
- Lai JS, Kuo HW, Liao FC and LIEN CH. **Sister chromatid exchange induced by chromium compounds in human lymphocytes.** Int Arch Occup. Environ Health 1998; 71: 550-553.
- Lee HS and Goh CL. **Occupational dermatosis among chrome platers.** Contact dermatitis 1988; 18: 89-93.
- Lin TI, Lai JS, Kuo HW. **Concentration and size distribution of airborne hexavalent chromium in electroplating factories.** AIHA Journal, Taichung, Taiwan 1997; 58: 29-32.

- Lindberg E and Hedenstierna G. **Chrome plating: symptoms, findings in the upper airways, and effects on lung function.** Arch Environ. Health 1983; 38(6): 367-374.
- Lindberg E, Ukhholm U and Ulfvarson U. **Extent and conditions of exposure in the swedish chrome plating industry.** Int Arch Occup. Environ Health 1985; 56: 197-205.
- Lindberg E and Vesterberg O. **Urinary excretion of proteins in chromelaters, exchromeplater e referents.** Scand J. Work environ health 1983; 9: 505-510.
- Liu KJ, Jiang J, Swartz HM et al. **Low-frequency EPR detection of chromium (V) formation by chromium (VI) reduction in whole live mice.** Arch Biochem Biophys 1994; 313(2): 248-252.
- Lukanova A et al. **Occupational exposure to Cr (V): comparison between chromium levels in lymphocytes, erythrocytes, and urine.** Int. Arch Occup. Environ Health 1996; 69: 39-44.
- Lumens MEGL, Ulenbelt P, Géron HMA and Herber FM. **Hygienice behavior in chromium plating industries.** Int Arch occup. Environ Health 1993; 64: 509-514.
- NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health. **Control technology assessment: metal plating and cleaning operations.** Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication N° 84-102, 1984.
- NIOSH – Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94.
- Method 7604 – Chromium Hexavalent**
 <<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/7604.pdf>>. [2001 Jul 24]
- Norseth T. **The carcinogenicity of chromium.** Environmental Health Perspectives 1981; 40: 121-130.
- Norseth T. **The carcinogenicity of chromium and its salts.** Br J Ind Med 1986; 43: 649-651.
- OSHA. **Technical Manual. Section III: Chapter 3 Ventilation Investigation**
 Occupational Safety e Health Administration - OSHA
 <http://www.osha-slc.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_3.html>. [2001 Jun 1]
- ROACH SA. **A more rational basis for air sampling programs.** Am Ind Hyg Assoc J 1966; 27: 1-12.

- Royal Society of Chemical. **Chemical Safety Data Sheets**. Cambridge 1990; p. 60-65.
- Royle H. **Toxicity of chromium acid in the chromium plating industry**. Environ Res 1975a; 10: 39-53.
- Saryan LA and Reedy M. **Chromium determinations in a case of chromium acid ingestion**. Journal of Analytical Toxicology 1988; 12: 162-164.
- Sarto F, Tomanim R, Giacomelli L. **The nose and mouth: application to occupational exposures to chromic acid and ethylene oxide**. Mutation Research 1990; 244: 345-351.
- Silva CS. **Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvanicas por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas**. FUNDACENTRO. São Paulo; 1998.
- Silva CS, Silva JA, Delfa AA. **Projeto Segurança e Higiene em Galvânicas: Relatório Técnico Final**. São Paulo: Fundação Jorge Duprat de Figueiredo de Medicina e Segurança do Trabalho - FUNDACENTRO / MTE; 1998. (CTN-REL).
- Sorahan T, Burges DCL, and Waterhouse JAH. **A Mortality study of Nickel/Chromium Platers**. British Journal of Industrial Medicine 1987; 44: 250-258.
- Sorahan T. and Harrington JM. **Lung cancer in chrome platers. 1972-97**; Occup. Environ Med 2000; 57: 385-389.
- Sorahan T. Burges DCL, Hamilton L, Harrington MJ **Lung cancer mortality in nickel/chromium platers, 1946-95**. Occup. Environ Med 1998; 55: 236-242.
- Sugiyama M. **Role of physiological antioxidants in chromium (VI) - induced cellular injury**. Free Radic Biol Med 1992; 12(12): 397-407.
- Suzuki Y and Fukuda K. **Reduction of hexavalent chromium by ascorbic acid and glutathione with special reference to the rat lung**. Arch Toxicol 1990; 64: 169-176.
- Vaglenov A, Nosko M, Georgieva R, Carbonell E, Creus A and Marcos R. **Genotoxicity and radioresistance in electroplating workers exposed to chromium**. Mutation Research 1999; 446: 23-34.

World Health Organization (WHO). **Environmental health criteria 61: chromium.**
Geneva; 1988.