**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Avaliação de Indicadores Biológicos de Exposição
para As, Be, Cd, Hg, Ni e Pb
em Trabalhadores de Incineradores
de Resíduos de Serviços de Saúde**

Thelma Pavesi
Dissertação de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Jaim Lichtig

São Paulo
28 de Agosto de 2006

*"Dá mais força saber-se amado que sentir-se forte.
A certeza do amor, quando existe, nos faz invulneráveis"*
Goethe

*Este trabalho é dedicado
a Mário Pavesi,
pela inabalável certeza do seu amor.*

“Havia, em algum lugar [...] uma velha casa que eu amava. Pouco importava que ela estivesse distante ou próxima, que não pudesse cercar de calor o meu corpo, nem me abrigar; reduzida apenas a um sonho, bastava que ela existisse para que a minha noite fosse cheia de sua presença.[...] Era o menino daquela casa, cheio da lembrança de seus perfumes, cheio da fragrância dos seus vestibulos, cheio das vozes que a haviam animado.”.[...]

“Ah! O que há de maravilhoso numa casa não é ela abrigar-nos, nem possuir suas paredes, mas antes o fato de ela ter depositado em nós, lentamente, essas provisões de ternura; ter formado, no fundo do coração, este maciço obscuro de onde brotam como águas de fontes, os sonhos.”

Terra dos Homens - Antoine de Saint-Exupery

*Com a certeza do meu amor .
A meus pais! Vittorio e Therezinha,
À Vinha e à Lela ,*

"As estrelas são belas por causa de uma flor que não se vê..."
"Se tu amas uma flor que se acha numa estrela, é doce, de noite, olhar o céu.
Todas as estrelas estão floridas."
O Pequeno Príncipe - Antoine de Saint-Exupéry
Ao Eros A.F., onde quer que você se encontre.

Há homens que lutam um dia, e são bons;
Há outros que lutam um ano, e são melhores;
Há aqueles que lutam muitos anos, e são muito bons;
Porém há os que lutam toda a vida,
Estes são os imprescindíveis.
Bertold Brecht

Ao meu amigo "Capitão", um homem imprescindível.
Que foi sempre um grande amigo, uma jóia rara.
Apesar das distâncias e dos tempos,
eu sempre pude contar com você.

AGRADECIMENTOS

"Em um mundo que se fez deserto, temos sede de encontrar companheiros."

Antoine de Saint Exupéry

A todos, muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Jaim Lichtig pela orientação acadêmica e pela confiança.

Ao Prof. Dr. Carlos Sérgio da Silva pela co-orientação. Pela oportunidade concedida junto ao laboratório de Química Inorgânica sob sua gerência na Fundacentro, pelo compartilhamento da sua experiência e conhecimento. Pelo seu apoio, sua ajuda, incentivo e confiança.

Ao Prof. Dr. Lúcio Agnes pela orientação acadêmica.

À FAPESP, pelo financiamento concedido através do processo nº 01/00475-01.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas/ USP pelo julgamento do protocolo de pesquisa.

Ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo, pela oportunidade,
Ao corpo docente do IQ/USP, em especial à Profa. Dra. Nina Coichev e à Profa. Dra. Marina Tavares pela contribuição no exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Pedro V. de Oliveira, por compartilhar seus conhecimentos através das aulas e exemplo de dedicação,

Aos funcionários da Secretaria de Pós-graduação, pelo atendimento eficiente e cordial, em especial à Cibele, Milton, Emiliano e Inês; e da mesma forma a todos os funcionários da Biblioteca CQ/ USP.

À Fundacentro, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, pela oportunidade de participar do projeto, por disponibilizar sua infraestrutura, dependências, transporte e todo o necessário para o desenvolvimento desta dissertação. Pela liberdade de atuação e autonomia nas dependências da instituição e na condução do trabalho. Pelo financiamento da participação na SBQ 2005 e ENQA 2005,

À Profa. Rosiver Pavan, Presidente da Fundacentro, e Dra. Arline Sydneia Abel Arcuri, Diretora Técnica da Fundacentro, pela oportunidade e convívio,

À Dra. Maria de Lourdes Gricia Grossi, pela oportunidade junto ao projeto, contato inicial com os incineradores, pelo compartilhamento de sua experiência, pelo estímulo e pelo afeto,

A Dra. Luiza Maria Nunes Cardoso, coordenadora do projeto da Fapesp, pela confiança e autonomia no desenvolvimento das atividades, pela cordialidade,

A Prof^a. Dra. Elizabeth de Souza Nascimento pelas contribuições e amizade,

Ao Marco Bussacos, pelos valiosos tratamentos estatísticos dos resultados, pela sua disponibilidade, paciência e cordialidade,

Ao Dr. José Damásio de Aquino, pela disponibilização do espectrômetro de UV-VIS de seu laboratório, e à Marta pelo companheirismo,

Às funcionárias da Secretaria da CHT: Luciana, Creu, Elaine e Alice pelo atendimento profissional, pela convivência e afeição,

Aos técnicos Amarildo e Guilherme, pelo profissionalismo, afabilidade e cakes,

Aos motoristas, imprescindíveis para o trabalho de campo, coleta e transporte de amostras, pelas conversas agradáveis em trânsitos e chuvas de tirar o bom humor de qualquer um... Waldomiro, Roberto, Cid, e Álvaro.

Aos colegas de projeto, pela camaradagem, pela companhia nos trabalhos de campo, pela experiência compartilhada e pela amizade: Possebon, Paulo José Teixeira e Danielle Polidório Intima.

A todos os colegas, pesquisadores e tecnologistas da Fundacentro, pela convivência e coleguismo, especialmente a Alcinéia, Ana Maria, Norma, Eduardo, Francisco, Gilmar, Irlon, Renivaldo, Wladimir e todos. À Marina pelo carinho.

A minha “fiel e inseparável escudeira” Hirys, pela inabalável disposição e perícia na lavagem e descontaminação de vidraria, por ajudar e contribuir com tudo que estivesse ao seu alcance, e sobre tudo pela amizade. A Raquel, pelo seu trabalho imprescindível no laboratório, pelo carinho e amizade.

A Sra. Lourdes Teixeira pela eficiência na coleta das amostras de sangue,

À pessoa da Dra. Alice M. Sakuma e toda sua equipe no Instituto Adolfo Lutz, pela contribuição valiosa da sua experiência, indicações práticas e doações de reagentes, particularmente por toda a sua atenção,

À Claudia Regina dos Santos, por sugestões, companheirismo, convivência e amizade valiosa,

Aos meus pais e irmãs, pelo incentivo, e paciência.

Ao Renato, pela ajuda incalculável na revisão, pela infinita compreensão,

Ao Dante pelo apoio, e infinita paciência nas valiosas ajudas com o micro.

Ao Mauro Matsuura, pela prontidão do seu atendimento, pela amizade,

Aos meus amigos pelo incentivo, carinho e compreensão: Claudia Tortorelli, Luis Cides, Fabiana, Nara, João Sérgio Lauand, Renato, Jean, Vera, Isnard, Heraldo e Paola, Carlos Carrer. Carlos Borghi.

À Betty e ao Roberto Silberstein com um carinho muito especial.

A todos do Art Club, ao Lézio, por ensinarem a transferir o peso.

E àqueles que são inesquecíveis, inseparáveis e atemporais, e também me deram a certeza de ser amada: Reinaldo Shirai, Irmã Marlene A., Ercília, Heleonilce Rosa Batista Rossi, Elias Luzia Salvador, meu tio Fontana, Divino, Sônia. E àqueles que algum dia “mostraram o caminho das pedras”: Prof. Arlindo de Tomy, Profa. Manoelina de Barros (Da. Manon) e Profa. Shirley.

Aos colegas da UNIP pelas oportunidades e amizade: Profa. Dra. Renata Guiringuello, Prof. Dr. Jamil Zamur, Prof. Dr. José Carlos Prado, Prof. Dr. Milton Brazzach, Profa. Dra. Regina Brown, Nilson, Sandra, Pascoal, Marinho, José, Eduardo, inesquecível Ari, Cristiano e todos.

Ao corpo docente da UNICAMP, pela sólida formação acadêmica.

Aos trabalhadores que doaram as amostras, pela colaboração.

Glossário de Símbolos e Abreviaturas

AAS	Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria de absorção atômica)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Autoclave (trabalhadores da)
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists. ACGIH é marca registrada de propriedade da ACGIH.
AI	Área de Incineração (trabalhadores da)
AM	Administração e manutenção (trabalhadores da)
ANOVA	Analysis of variance (análise de variância)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
As	Arsênio
ATSDR	Agency for Toxic Substances Disease Registry (Agência para registro de doenças causadas por substâncias tóxicas)
BAL	Biological Action Levels (níveis de ação biológica)
BAT	do alemão, Biologischer Arbeitsstoff Toleranz Wart (Valores de tolerância biológica)
Be	Berílio
BEI	Biological Exposure Indice (Índice Biológico de Exposição) BEI é marca registrada de propriedade da ACGIH.
Cd	Cádmio
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cu	Cobre
CV – AAS	Cold Vapor Absorption Spectrometry (Espectrometria de Absorção Atômica por Geração de Vapor Frio)
DFG	do alemão, Deutsche Forschungsgemeinschaft (Fundação Alemã de Pesquisa)
DMA	Ácido dimetilarsínico
ECP	Equipamento de controle de poluição
EDL	Electrodeless Discharge Lamp (Lâmpada de eletrodo de descarga)
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
EPA/USEPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental Americana)

ETAAS	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica)
FAAS	Flame Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria de absorção atômica por chama)
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FIAS	Flow Injection Analysis System (Sistemas de análises por injeção em fluxo)
FIOH	Finnish Institute of Occupational Health (Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional)
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GF – ETAAS	Grafite Furnace Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica em forno de grafite)
GLP	Gás liquefeito de petróleo
HCL	Hollow Cathode Lamp (Lâmpada de catodo oco)
Hg	Mercúrio
HG – ETAAS	Hydride Generation - Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry, (Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica por geração de hidretos)
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
HPLC	High-performance liquid chromatography (Cromatografia Líquida de Alta Resolução)
IARC	International Agency for Research on Câncer (Agência Internacional em Pesquisa de Câncer, Agência da OMS)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBMP	Índice Biológico Máximo Permitido
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido)
ILO/OIT	Internacional Labour Organization (Organização Internacional do Trabalho)
IQ	Instituto de Química
LTB	Limite de Tolerância Biológico
MMA	Ácido monometilarsônico
NBR	Normas Brasileiras
Ni	Níquel

NIOSH	National Institute of Occupational and Safety Health (Instituto Americano de Pesquisa em Segurança e Saúde Ocupacional)
NR7	Norma Regulamentadora nº 7 (do Ministério do Trabalho e Emprego)
OA	Outras áreas (trabalhadores de)
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Agência americana de normalização e fiscalização em segurança e saúde ocupacional)
P.A.	Para análise
Pb	Chumbo
PCDD/PCDF	Dibenzo-p-dioxina policlorada / Dibenzo furano policlorado
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
POPs	Poluentes Orgânico Persistentes
PVC	Polyvinyl Chloride / Cloreto de polivinila
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
SIMAAS	Simultaneous Multi-element Atomic Absorption Spectrometry (Sistema de espectrometria de absorção atômica multi elementar)
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UCL	Universite Catholique de Louvain (Universidade Católica de Louvain – Bélgica)
USP	Universidade de São Paulo
VR	Valor de Referência
WHO/OMS	World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

RESUMO

Este trabalho avalia indicadores biológicos de exposição ocupacional de trabalhadores de incineradores de resíduos de serviços de saúde. Os elementos estudados são arsênio, berílio, cádmio, mercúrio, níquel (amostras de urina) e chumbo (amostras de sangue). Os índices obtidos são comparados com (a) os limites estabelecidos pela legislação brasileira, (b) os limites estabelecidos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e (c) com os mesmos índices medidos em outros trabalhadores das mesmas usinas trabalhando em diferentes áreas, funções e turnos.

As determinações foram realizadas por espectrometria de absorção atômica: por forno de grafite para berílio, cádmio, níquel e chumbo; através da geração de hidreto para arsênio; por geração de vapor frio para mercúrio. Os métodos foram otimizados e validados através de material certificado e ensaios de recuperação. As amostras foram coletadas em 5 dias consecutivos, antes e após cada jornada de trabalho.

As médias de concentração para os indicadores biológicos foram inferiores aos limites para exposição ocupacional para os agentes estudados. No caso do arsênio, entretanto, alguns indivíduos apresentaram valores de concentração acima do estabelecido pela legislação brasileira.

ABSTRACT

The biological occupational exposure indices of workers in medical waste incineration plants is evaluated. Arsenic, beryllium, cadmium, mercury and nickel (urine samples) and lead (blood samples) are studied. The measured indices are compared with (a) the limits imposed by Brazilian law, (b) limits established by American Conference of Industrial Governmental Hygienists and (c) the same indices measured for co-workers in different workplaces, activities and workshifts.

The measurements have been carried through atomic absorption spectrometry: by graphite furnace for of beryllium, cadmium, nickel and lead; using the hidride generation for arsenic; and by cold vapor generation for Hg. The employed methods have been optimized and validated through certified samples and recovery essays. The samples were collected in 5 consecutive workdays, before and after each working shift.

The measured indices are found to be below their respective occupational exposure limits when the average for each group of workers is taken. In the case of the arsenic, however, some individual workers have shown levels above the limits imposed by Brazilian law.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho avalia indicadores biológicos de exposição ocupacional para arsênio, berílio, cádmio, mercúrio e níquel na urina e chumbo no sangue para trabalhadores de incineradores de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).

Foram amostrados 33 trabalhadores de duas usinas de incineração localizadas na região metropolitana de São Paulo. Os sistemas de incineração empregados possuem fornos de leito fixo. Os sistemas de incineração mais comuns e aspectos relacionados à emissão dos incineradores são relacionados no Capítulo 3, enquanto a conceituação dos RSS é feita no Capítulo 4. As amostras biológicas foram tomadas em seqüências de 5 dias consecutivos, antes e após a jornada de trabalho (totalizando 733 amostras). A caracterização detalhada do funcionamento das usinas de incineração, os fatores relevantes para o trabalho de campo e amostragem constam do Capítulo 6.

Os índices biológicos obtidos são comparados, na Seção 2 do Capítulo 7, com os parâmetros de monitorização biológica fixados pela legislação brasileira, com os parâmetros fixados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e com os parâmetros fixados por instituições de pesquisa em saúde ocupacional. Estes parâmetros de monitorização biológica e os aspectos toxicológicos para os agentes químicos estudados são apresentados no Capítulo 5. Os níveis dos indicadores de exposição são comparados entre trabalhadores da mesma usina de incineração considerando características como área de trabalho, função exercida e turnos.

As determinações analíticas foram realizadas por espectrometria de absorção atômica por forno de grafite para berílio, cádmio, níquel e chumbo, e pela mesma técnica através da geração de hidreto para arsênio e ainda por geração de vapor frio para mercúrio, conforme os métodos otimizados e validados disponíveis na Seção 8 do Capítulo 6. Os parâmetros de desempenho e confiança para estes métodos estão indicados na Seção 1 do Capítulo 7.

1.1 A Importância da Monitorização Biológica de Trabalhadores da Incineração de RSS

Nas últimas duas décadas as preocupações sobre as práticas de disposição de resíduos inadequadas no passado têm se manifestado através da promulgação de legislação e regulamentação relativa ao controle e tratamento de resíduos perigosos. Fazemos uma resenha comentada da legislação brasileira na Seção 2 Capítulo 4.

Segundo a ONU (ONU, 1992) aproximadamente 5,2 milhões de pessoas morrem por ano de doenças relacionadas com o lixo. Isto indica a necessidade de soluções para o gerenciamento e disposição dos resíduos sólidos, reconhecidamente um fator de agravamento da crise ambiental.

Os RSS constituem uma classe de resíduos que desperta especial atenção devido à carga potencial de agentes patogênicos. É necessário segregá-los de maneira a impedir a contaminação de resíduos assépticos, minimizando riscos biológicos. A construção de aterros é limitada pela disponibilidade de grandes áreas e pela necessidade de monitoramento ambiental por longos períodos, inclusive após sua desativação. Por estas razões métodos de colocação direta dos RSS em aterros sanitários e poços profundos têm sido substituídos nos países desenvolvidos por tratamentos físico-químicos, principalmente a incineração (Lima, 1991; CETESB, 1997; Dempsey e Oppelt, 1999, Eigenheer et al., 2002; Franchini, et al., 2004; Taru e Kuvarega, 2005).

No Brasil o uso de tecnologia obsoleta e a operação e manutenção inadequada de equipamentos leva à associação do processo de incineração ao conceito de poluidor. A própria política pública brasileira relativa aos RSS (veja Capítulo 4) deixou de exigir a incineração como única forma de tratamento para os RSS.

Não existe consenso com relação à prática da incineração. Apesar de relevante para o gerenciamento integrado dos RSS, a incineração promove emissão de agentes químicos nocivos à saúde e ao meio ambiente (veja Capítulo 3). Dentre estes agentes destacam-se poluentes orgânicos persistentes

e metais pesados¹ que não são destruídos através da combustão. A presença destes agentes químicos aliada ao conhecimento de ação toxicológica (detalhadas na Seção 1 do Capítulo 5) tem estimulado estudos relativos à saúde ocupacional e ao impacto ambiental causado por instalações de incineradores (Roberts et al., 1999; Gonzalez et al., 2000, Schuhmacher et al., 2001; Schuhmacher et al., 2002; Franchini, et al., 2004). Por outro lado, a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2001) ressalta a escassez de informação quantitativa a cerca da exposição a agentes químicos nocivos liberados no ambiente.

A monitorização ambiental e a monitorização biológica são formas complementares de avaliação da exposição a agentes químicos. Combinadas permitem o estabelecimento de normas ambientais nas situações em que há um agente químico nocivo presente no meio. A monitorização ambiental visa principalmente reduzir a exposição ocupacional e aferir a eficácia de medidas preventivas. A monitorização biológica visa verificar a segurança do trabalhador na presença do agente químico. Uma diferença importante entre monitorização ambiental a monitorização biológica é que esta última possibilita uma avaliação que leva em conta aspectos individuais como a susceptibilidade biológica e a totalidade das formas de exposição. A monitorização ambiental é mais complexa operacionalmente e requer maior investimento.

No Brasil ainda não se conhecem níveis de indicadores biológicos de exposição a metais para trabalhadores da área de incineração.

1.2 Apresentação

Este trabalho se insere em um projeto mais amplo promovido pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) e financiado pela FAPESP (processo N°01/00475-01).

¹ Empregamos por tradição a expressão “metais pesados” como referência a elementos tóxicos, metálicos ou não, como As, por exemplo. Cientes da restrição da IUPAC ao termo: Duffus, J.H., “Heavy metals”- A meaningless term?” **Pure Applied Chemistry**, v.74, n.5, p.793–807, 2002.

O projeto global tem como objetivo a avaliação de incineradores de RSS sob os aspectos ambiental e ocupacional abrangendo agentes físicos e químicos. Agentes físicos como calor, ruído, radiação ionizante e o agente químico monóxido de carbono são estudados por pesquisadores da própria FUNDACENTRO. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são a classe de agentes químicos avaliados em parceria com a Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP).

Através de parceria da FUNDACENTRO com o Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP) foram realizadas avaliações nos mesmos incineradores quanto a agentes químicos inorgânicos. Sob orientação da Profa. Dra. Elizabeth de Oliveira foi desenvolvida a monitorização ambiental quanto a fumos metálicos (Intima, 2004). Complementando a avaliação nós realizamos o monitorização biológica dos funcionários destes ambientes de trabalho.

A seleção dos agentes químicos inorgânicos a serem avaliados no presente estudo levou em consideração este resultado ambiental prévio (Intima, 2004) e dados da literatura que relatam os poluentes inorgânicos mais freqüentes emitidos por incineradores (Wrbitzky et al., 1995; Schumacher et al., 2001; Schumacher et al., 2002; Hours et al, 2003; Alvin-Ferraz e Afonso, 2003; Profumo et al., 2003).

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- Desenvolver ou otimizar métodos analíticos para determinação de berílio, cádmio, níquel e chumbo em fluidos biológicos por espectrometria de absorção atômica por atomização eletro térmica em forno de grafite e para determinação de arsênio e mercúrio por espectrometria de absorção atômica por geração de hidreto e geração de vapor frio, respectivamente;
- Avaliar as concentrações destes agentes no grupo de trabalhadores da área de incineração e de funcionários de outras áreas de duas usinas de incineração, ao longo de cinco dias consecutivos de trabalho, coletando amostras ao início e ao final da jornada de trabalho;
- Comparar os níveis de exposição com os limites estabelecidos pela legislação brasileira e pela ACGIH;
- Comparar os níveis de exposição de trabalhadores da mesma usina de acordo com as diferentes áreas de trabalho, funções executadas, turnos de trabalho, e momentos de amostragem;

3 O PROCESSO DE INCINERAÇÃO

Apresentamos neste capítulo o processo de incineração, os principais componentes de sistemas de incineração e em seguida a emissão característica dos incineradores, emissão gasosa (compostos orgânicos), emissão de agentes inorgânicos e composição das cinzas (escória).

3.1 A Tecnologia do Processo de Incineração

A incineração é um método de tratamento de resíduos que utiliza a decomposição térmica via oxidação, podendo atingir redução de 90% em volume e 75% em peso (Lima, 1991; CETESB, 1997a; CETESB, 1997b). A incineração visa (a) transformar compostos tóxicos em outros menos tóxicos ou atóxicos, (b) a eliminação da matéria orgânica e (c) a eliminação das características de patogenicidade.

O processo de incineração foi desenvolvido para resolver a questão de resíduos domiciliares e patogênicos. O interesse pela incineração como solução para o tratamento de resíduos químicos perigosos vem crescendo em virtude dos problemas ambientais ocasionados pela disposição inadequada no solo de materiais tóxicos não degradáveis (Dempsey e Oppelt, 1999).

O processo de incineração pode ser visto como uma sequência de 5 sistemas, os quais têm como função:

- Preparação do resíduo para a queima;
- Combustão do resíduo;
- Tratamento de gases de saída;
- Tratamento de efluentes líquidos e
- Acondicionamento e disposição dos resíduos sólidos gerados no processo de queima, e nos equipamentos de controle de poluição do ar.

A escolha e combinação apropriada dos componentes destes sistemas, principalmente o tipo de câmara de combustão, depende das propriedades físicas dos resíduos e de seu teor de cinzas. A Figura 1 ilustra o esquema completo de uma usina de incineração.

Figura 1: Esquema de um sistema de Incineração.

Adaptado de Dempsey e Oppelt, 1999.

O sistema mais importante é o de combustão, onde através da oxidação térmica ocorre a queima dos resíduos. No controle do processo de combustão as três variáveis principais são a temperatura, a turbulência e o tempo de residência. A função primária do forno é converter os resíduos sólidos em gases através de uma série de volatilizações e reações parciais. Para completar as reações de combustão da fase gasosa é necessário um pós queimador.

Os principais tipos de fornos para combustão de resíduos são comparados na Tabela 1. Além destes há o forno de leito fixo, empregado nos dois incineradores estudados e por isto descrito separadamente. Todos são revestidos internamente com material refratário.

Tabela 1: Características dos fornos mais utilizados em processos de incineração.

Forno	Tipo de resíduo	Vantagens	Desvantagens
Rotativo	Sólidos Lamas Líquidos	Versatilidade de resíduos. Opera acima de 1400°C. Permite remoção contínua das cinzas.	Elevada emissão de particulados. Baixa eficiência térmica.
Injeção líquida	Líquidos bombeáveis	Dispensa sistema de remoção de cinzas e apresenta baixo custo de manutenção.	Restrições quanto à viscosidade, tamanho de partículas sólidas e poder calorífico.
Múltiplos Estágios	Lodos Sólidos	Dispensa secagem prévia do lodo.	Apresenta problemas de odores de gases. Sólidos requerem moagem.
Leito Fluidizado	Sólidos Líquidos Gasosos	Alta eficiência de queima. Flexibilidade de resíduos.	Custo operacional. Dificuldade de remoção de material residual no leito.

O Forno de Leito Fixo, sistema de combustão empregado nos incineradores estudados neste trabalho, está representado na Figura 2. Este tipo de forno é constituído de duas câmaras. A alimentação de resíduos pode ser feita manualmente, empurrado por pistão ou ainda bombeado para dentro da câmara primária. A queima do resíduo na primeira câmara se dá em condição pobre em ar. A fumaça resultante e os produtos pirolíticos passam para a segunda câmara onde é necessário injetar ar ou combustível suplementar para complementar a

combustão. Requer baixos investimentos e possibilita o tratamento de resíduos sólidos e líquidos. A remoção de cinzas é feita de forma descontínua e requer a parada do incinerador.

Figura 2: Esquema de câmara de combustão para incinerador de leito fixo.

Adaptado de Dempsey e Oppelt, 1999.

3.2 Características das Emissões do Processo de Incineração

A quantidade de ar necessária deve ser calculada para maior eficiência da combustão e para isto é preciso que a composição do resíduo e o teor de umidade sejam conhecidos. Além disto, as emissões reais afastam-se dos esperados dióxido de carbono, vapor de água e cinzas inertes em virtude da complexidade do processo que envolve uma grande quantidade de interações físicas e químicas, catálises, aerodinâmica de combustão e mecanismos de transferência de calor.

3.2.1 Emissões Gasosas

O baixo poder calorífico dos RSS implica na necessidade de combustível auxiliar para a queima, o que promove aumento da emissão de CO, NOx e SOx. Resíduos com porcentagens significativas de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e halogênios implicam a necessidade de instalação de equipamentos de controle para a remoção dos poluentes formados.

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são de grande interesse científico em consequência de seu potencial carcinogênico e provavelmente são os poluentes orgânicos mais difundidos no ambiente. Representam um grande perigo à saúde humana pela sua incorporação ao ar e aos gêneros alimentícios. Os efeitos toxicológicos são diferentes para cada composto e perceptíveis mesmo em baixas dosagens. Formados por meio da combustão incompleta de compostos orgânicos, não são produtos de interesse comercial. Estão presentes na incineração de RSS conforme a composição dos resíduos em cada queima. Existem mais de cem substâncias classificadas como HPAs.

Atualmente a maior preocupação no que se refere a emissões de incineradores são Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) como dioxinas e furanos formados quando a incineração ocorre na faixa de 180°C a 400°C. O termo dioxinas refere-se à classe de compostos orgânicos clorados de dibenzo-p-dioxina (PCDD). O termo furanos refere-se à classe de compostos orgânicos clorados do dibenzofurano (PCDF). Do ponto de vista do risco à saúde humana, as dioxinas e os furanos com mais de quatro átomos de cloro são os mais significativos. Os sistemas de controle de gases apresentam dificuldades de retenção destes compostos. O raio de ação tóxica de dioxinas e furanos é ampliado pela facilidade com que são transportados no meio ambiente e inseridos na cadeia alimentar (Schuhmacher et al., 2001; Stanmore, 2002; Schuhmacher et al., 2002; Schechter et al., 2006).

Existe consenso entre os pesquisadores de que a contaminação por dioxinas e furanos é um problema pontual diretamente relacionado com os incineradores. A geração de dioxinas e furanos é dependente da composição do resíduo incinerado e portanto diretamente afetada pela prática de segregação e metodologia de gerenciamento destes resíduos. A incineração de RSS representa uma das maiores fontes de dioxinas e furanos devido à grande quantidade de artigos descartáveis de

Cloreto de Polivinila (PVC) (Thornton et al., 1996; Stanmore, 2002; Alvim-Ferraz e Afonso 2003 a; Schechter et al., 2006).

A investigação realizada junto a um incinerador de resíduos hospitalares na Turquia chama a atenção para o fato de que o conhecimento da entrada de compostos halogenados no processo de incineração é uma forma de controle da formação de compostos como PCDDs, PCDFs, HPAs, bifenilas policloradas (PCBs) e metais pesados na forma de compostos voláteis (Çetin, Veli e Ayberk, 2004).

Em maio de 2001, o Brasil assinou a Convenção de Estocolmo, tratado da ONU que trata do combate aos POPs, entre os quais as dioxinas e furanos, e que aponta a incineração de resíduos como uma das principais fontes geradoras destes poluentes. A Convenção recomenda que o uso de incineradores seja eliminado progressivamente.

3.2.2 Emissão de Metais e Arsênio

A maioria dos estudos relativos a emissões de incineradores foca os compostos orgânicos (Dempsey e Oppelt 1999). Nos últimos anos o estudo da emissão de metais resultante da incineração tem se aprofundado. O mesmo acontece com o estudo da eficiência de sistemas de controle da poluição do ar (Lima, 1991, Dempsey e Oppelt 1999).

Avaliações de risco associando emissões de arsênio e metais como cádmio, cromo e berílio, a casos de câncer revelam que o risco de ocorrência da doença é maior se comparado com o risco associado à emissão de compostos orgânicos (CETESB, 1997b). Portanto, não é aconselhável que resíduos com teores elevados de metais e arsênio sejam encaminhados à incineração. Considerando que a porção inorgânica dos RSS e dos resíduos químicos perigosos contém a maioria dos metais é preferível a prática da segregação e da reciclagem (CETESB, 1997b).

É preciso ressaltar que embora a incineração altere a forma química do metal nos resíduos, não os destrói. Conseqüentemente espera-se que os metais saiam do sistema de combustão na mesma quantidade que entraram. Do ponto de vista ambiental, a principal questão é onde e sob qual forma física/química os metais deixam o sistema de combustão: nas cinzas de fundo, nos resíduos do sistema de controle de poluição do ar ou nas emissões da chaminé.

Os metais apresentam comportamentos diferentes no processo de incineração, que dependem entre outros fatores, das condições de operação do incinerador. Estudos de diversos incineradores podem relatar diferentes distribuições dos metais emitidos. Por exemplo, na Flórida, Heck e colaboradores relatam em estudo relativo a incineradores que o chumbo foi o metal encontrado em maior quantidade nas cinzas produzidas no fundo da câmara de combustão (chamada escória) e cinzas depositadas nos filtros, enquanto que o cádmio foi encontrado principalmente no material particulado em suspensão. O mercúrio liberado nas emissões gasosas foi recuperado em 72% pelo sistema de conduto de gases e 24% no precipitador eletrostático (Heck et al, 1994).

A maior parte do material inorgânico permanece inerte durante a incineração e forma as cinzas. Apenas uma pequena fração do material particulado é carregada pelos gases de combustão. Entretanto, algumas espécies de metais são voláteis e vaporizam nas condições encontradas nos incineradores. Um dos principais parâmetros considerados em modelos teóricos de emissão pela United States Environmental Protection Agency (EPA) para prever a emissão e descarga de metais dos incineradores é a temperatura de volatilização (Dempsey e Oppelt 1999, Alvin Ferraz 2003 b).

Os metais vaporizados podem condensar homogeneamente formando fumos, ou podem condensar heterogeneamente nos particulados dos efluentes gasosos. Em ambos os casos estes metais condensados enriquecem o material particulado. Os metais podem reagir formando novos compostos como cloretos, fluoretos, óxidos metálicos e espécies reduzidas. Se os produtos formados são mais voláteis voltam a sofrer condensação. A presença do cloro pode afetar as temperaturas de volatilização particularmente para o chumbo e para o níquel. As temperaturas de volatilização para os metais estudados neste trabalho são apresentadas na Tabela 2 para situações com e/ou sem presença de cloro (Hasselriis e Licata, 1996; Dempsey e Oppelt, 1999).

Tabela 2: Temperaturas de volatilização de metais

Agente	sem cloro		com 10% de cloro	
	Temperatura de volatilização (°C)	Principais compostos	Temperatura de volatilização (°C)	Principais compostos
Ni	1210	Ni(OH) ₂	693	NiCl ₂
Be	1054	Be(OH) ₂	1054	Be(OH) ₂
Pb	627	Pb	-15	PbCl ₄
Cd	214	Cd	214	Cd
As	32	As ₂ O ₃	32	As ₂ O ₃
Hg	14	Hg	14	Hg

Adaptado de Dempsey e Oppelt, 1999

Chen e colaboradores caracterizaram a emissão de metais em três incineradores de Taiwan, dois dedicados à incineração de carcaças de animais e outro dedicado a incineração de RSS. As maiores concentrações de cádmio e chumbo foram detectadas nas partículas em suspensão. Os fatores de emissão de metais são maiores nestes incineradores do que em incineradores municipais de lixo doméstico. Para o incinerador hospitalar, praticamente todo cádmio foi encontrado no material particulado depositado nos filtros. A taxa de chumbo no material particulado em suspensão foi de 76% (Chen et al., 2004).

A OMS reconhece a deposição de cinzas em aterros provenientes de incineradores municipais como fonte antropogênica significativa de berílio (WHO, 2001). Relatórios da EPA demonstraram que, nos Estados Unidos, os incineradores de resíduos hospitalares representam a terceira maior fonte antropogênica de mercúrio (cerca de 10%), superadas apenas pelos incineradores municipais (19%) e fabricantes de lâmpadas (33%) (Heck, et al., 1994).

Estima-se que a correta segregação dos RSS possa reduzir 80% da massa a ser incinerada, o que praticamente eliminaria as emissões de mercúrio e chumbo, além de reduzir significativamente emissões de arsênio (90%), cádmio (92%), cromo (84%), manganês (77%), e níquel (92%) (Alvim-Ferraz 2003 b).

Na prática há uma grande variação na composição das emissões de metais nos incineradores devido à diversidade de resíduos, aos diferentes tipos de projetos de incineradores e às alterações nas condições de operação. Mais ainda, taxas de

emissão similares para duas usinas de incineração semelhantes, podem apresentar níveis de exposição ocupacional bastante distintas como resultado de fatores de dispersão. Portanto, para que seja feita uma ampla avaliação dos impactos à saúde, por exposição ocupacional ou da população do entorno de incineradores é conveniente paralelamente à realização da monitorização ambiental que se realize a monitorização biológica.

3.2.3 Composição das Cinzas

A análise de teor de cinzas do resíduo a ser incinerado fornece uma boa estimativa da formação de material particulado e da quantidade de resíduo sólido a ser gerado na incineração. A incineração de resíduos, que contêm alto teor de cinzas ou halogênios, produz cinzas tanto como escória como sob a forma de partículas em suspensão que são coletadas pelos equipamentos de controle de poluição do ar. Os teores de elementos como sódio, magnésio, alumínio e flúor necessitam ser conhecidos para evitar possíveis danos ao material refratário de revestimento interno do forno, devido à possibilidade dessas cinzas fundirem à temperatura de incineração.

No Brasil, as cinzas geradas na incineração recebem a mesma classificação de resíduos (NBR 10004) que a dos resíduos originais, o que determina as condições de sua disposição final em aterros (ABNT, 1987a). Entre os testes de caracterização de periculosidade para as cinzas estão o teste da lixiviação descrito pela NBR 10005 (ABNT, 1987b), que mede a concentração de certos contaminantes no extrato do resíduo e o teste de solubilidade das cinzas, descrito pela NBR 10006 (ABNT, 1987c). Estes testes permitem determinar teores de cádmio, chumbo, mercúrio, bário, cromo e cobre entre outros.

A EPA analisou cinzas da câmara de combustão provenientes de 10 incineradores. Os metais detectados com maior frequência foram cromo, zinco, cobre, níquel, chumbo e prata. Também foi detectado arsênio nestas amostras (EPA, 1990 apud Dempsey e Oppelt, 1999).

4 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Neste capítulo tratamos dos RSS no panorama internacional, na realidade brasileira e em São Paulo. Apresentamos uma resenha da legislação brasileira sobre o tema e a conceituação dos RSS. Descrevemos o material encaminhado como RSS e artigos que constituem fontes dos elementos estudados.

Não existe consenso internacional quanto à forma de gerenciamento dos RSS, o que torna difícil a comparação entre diferentes países. Em alguns países a diferenciação entre resíduo perigoso e resíduo infectante não é clara; em outros os RSS não são tratados separadamente do lixo doméstico (Taru e Kuvarega, 2005).

Nos Estados Unidos a questão do gerenciamento dos RSS é complexa. Existem diversas classificações para estes resíduos e vários órgãos governamentais e associações profissionais que produzem manuais, recomendações e regulamentações não convergentes. Nos EUA em cada município, a produção de RSS representa de 1% a 2% dos resíduos totais gerados. A quantidade de resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde é calculada em 5,9 kg/leito/dia. Destes, 15% são infecciosos e tratados por incineração ou esterilização a vapor (Takayanagui e Casagrande, 1993).

No Canadá os resíduos hospitalares representam aproximadamente 10% dos resíduos produzidos. A geração média de resíduos hospitalares, em 1990, foi de 11,35 kg/paciente/dia (Takayanagui & Casagrande, 1993).

Na região metropolitana de Tóquio, a produção de resíduos hospitalares representava 11,04% do total de resíduos produzidos na década de 80. No Japão os resíduos hospitalares são classificados em combustíveis e não combustíveis independentemente de serem ou não sépticos. Resíduos sépticos queimáveis são incinerados. Resíduos não queimáveis como vidro, plástico e metal, quando sépticos são esterilizados e destinados a aterro sanitário. Os resíduos radioativos são controlados por uma Comissão Nacional de Energia Nuclear. Os resíduos líquidos contaminados (químico e microbiológico) sofrem tratamento prévio antes de serem descartados na rede de esgoto sanitário (Takayanagui e Casagrande, 1993).

Na Alemanha e Suíça os RSS são divididos em três categorias: resíduos gerais e similares (de cozinha e administração), resíduos perigosos especiais não

específicos (de hospitais e laboratórios) e os resíduos especiais específicos (resíduos infectantes e anátomo-patológicos). Na Alemanha 60% dos resíduos gerais e similares gerados nos serviços de saúde tem como destino o aterro sanitário e 40% o incinerador municipal. Os resíduos especiais específicos infectados são encaminhados à incineradores de resíduos específicos e os resíduos anatômicos são encaminhados a crematórios (Takayanagui e Casagrande, 1993).

4.1 A questão dos RSS no Brasil

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil produz diariamente 124.000 toneladas de lixo. Deste total 76% são lançados a céu aberto sem nenhum tratamento, 13% a aterros sanitários, 10% são destinados a aterros controlados e 1% recebe tratamento (IBGE, 2000).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) calcula que de 1% a 3% do lixo urbano diário do país, é produzido em estabelecimentos de saúde. A produção de RSS no Brasil é calculada em cerca de 4000 t/dia. Deste montante, de 10% a 25% são considerados de risco à saúde (ABELTRE, 2005).

Os RSS são recolhidos separadamente em 44% das cidades brasileiras. Do total de RSS coletado 42,3% são despejados em vazadouros descobertos (lixões) e 6% são lançados em aterros². O restante não tem serviço de coleta diferenciada, é misturado ao lixo comum e depositado em áreas sem tratamento (ABELTRE, 2005).

É verdade que parte dos RSS pode ser tratada como lixo doméstico, entretanto se não se faz segregação o que acontece é que todo o lixo passa a ser contaminado. Estudos a respeito da sobrevivência de microorganismos patogênicos em aterros sanitários indicam que estes tendem a ser inativados em poucos dias. Estes trabalhos não se consideram suficientemente conclusivos para que se admita o lançamento de resíduos infectantes não tratados em aterros sanitários (EPA, 1990 apud Dempsey e Oppelt, 1999; CETESB 1997a). Entre os municípios brasileiros com mais de 500.000 habitantes que destinam resíduos contaminados a vazadouros a céu aberto, estão Campo Grande (MS), São Gonçalo (RJ), Nova Iguaçu (RJ), Maceió (AL) e João Pessoa (PB) (IBGE, 2000).

² Aterro tecnicamente se diferencia em: (1) lixão (à céu aberto sobre o solo que absorve o lixiviado); (2) aterro controlado (é a remediação de um lixão, recebe cobertura diária) (3). aterro sanitário (sobre solo impermeabilizado, com controle de quantidade, captação e tratamento de chorume).

O panorama desta questão não se modifica significativamente entre os diversos estados do território nacional.

No município do Rio de Janeiro, 50 toneladas diárias recolhidas em clínicas e hospitais têm como destino final o aterro de Gramacho, em Caxias, sem que se cumpram as recomendações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (ABELTRE, 2005). No aterro de Jardim Gramacho, região metropolitana do Rio de Janeiro, adultos e crianças vivem do lixo: tiram dali o sustento familiar a partir da venda de sucata e também recolhem restos de comida e medicamentos; convivem com animais peçonhentos, peças anatômicas e fetos humanos (Porto et Al., 2004). Esta realidade se verifica na maioria dos “lixões” do país (Porto et Al., 2004).

No interior de Minas Gerais, apenas em 2005 várias cidades passaram a ter seus RSS tratados antes de serem lançados ao aterro sanitário. A unidade de tratamento de RSS construída em Uberlândia faz parte dos esforços do Estado em adequar-se às exigências do CONAMA (ABELTRE, 2005).

Dos 185 municípios do Estado de Pernambuco somente 4 contam com licença ambiental do órgão competente para o tratamento dado aos resíduos (Chianca, 2004).

Os aterros também emitem substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente, contribuindo para o aquecimento global (OMS, 2001). Uma avaliação de impacto ambiental em São Paulo, analisando 5 cenários quanto ao tratamento de resíduos e disposição final das cinzas considerou três incineradores (com disposição de cinzas em aterro, com fusão das cinzas e com reutilização das cinzas em cimenteiras) e dois aterros (com e sem recuperação de energia). O estudo concluiu que para a cidade de São Paulo, o tratamento de resíduos urbanos por incineração com disposição das cinzas em aterro sanitário representaria uma diminuição de impacto ambiental, representando a possibilidade menos prejudicial (Mendes et al., 2004).

Outro estudo de caso brasileiro, através de análises de balanços energéticos, considerou favorável a construção de incinerador com co-geração de energia para atender, em consórcio, a 8 cidades da região do Vale do Paraíba (SP), com benefícios ambientais e sociais. Os autores salientam que são ainda necessários estudos de impacto ambiental que considerem as emissões de CO₂, SO₂, NO_x e poluentes orgânicos. Não são mencionados os metais pesados (Holanda e Balestieri, 1999).

Porto (Porto et al., 2004) indica como ponto de partida para uma de melhoria desta realidade discussões relativas à cidadania e à auto-estima da população envolvida. Em nossa opinião, a problemática não é apenas uma questão tecnológica ou legislativa, mas avança da saúde pública em direção a temas sócio-econômicos como, por exemplo, mudanças de padrões de consumo.

4.1.1 O Último Incinerador Municipal de São Paulo

O Incinerador Municipal Vergueiro inaugurado em 1968 foi planejado para incinerar lixo doméstico (poder calorífico 1200 kcal/kg), atendendo aos critérios técnicos adotados quando de sua elaboração.

Em 1977 a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) lacrou os incineradores que funcionavam junto a hospitais na cidade de São Paulo por questões técnicas. Os resíduos destes hospitais foram encaminhados ao Incinerador de Pinheiros (ativo até 1990), ao Incinerador da Ponte Pequena (ativo até 1997) e ao Incinerador Vergueiro (ativo até 2002). Neste ínterim foram desativados os incineradores municipais do interior do Estado. Estes municípios passaram a destinar os RSS ao incinerador Vergueiro ou destina-los a aterros controlados e lixões.

No decorrer do tempo o entorno do incinerador Vergueiro tornou-se área residencial. Com tecnologia já obsoleta contava com um filtro mecânico que apresentava eficiência de 70%. Diversos problemas foram agravados devido à mudança de resíduos tratados no incinerador (RSS têm poder calorífico cerca de 3000 kcal/kg) e conseqüente mudança de condições operacionais. O Incinerador Vergueiro era sujeito a freqüentes paralisações e foi constatada em fiscalizações a ineficiência quanto à destruição de agentes patogênicos (Prefeitura de São Paulo, 2002). Isto culminou na sua definitiva desativação em fevereiro de 2002. Os RSS queimados no incinerador passaram a ser encaminhados a dois incineradores privados que foram o objeto de estudo deste trabalho, além de uma estação de tratamento por outro processo no bairro do Jaguaré (Prefeitura de São Paulo, 2002).

4.2 Os RSS na Legislação Brasileira

A legislação brasileira à respeito dos RSS sofreu profundas mudanças nas últimas décadas. Deixou de exigir a incineração como única forma de tratamento para a maior parte dos RSS, passando a permitir outras formas de tratamento. Atualmente a legislação responsabiliza as fontes geradoras dos RSS por todo o seu ciclo de gerenciamento e ressalta a necessidade de um sistema de coleta e tratamento diferenciados em virtude dos riscos biológicos inerentes a este tipo de resíduo.

Em 19/09/1991 o CONAMA promulgou a resolução nº6/91, que revogou a portaria MINTER nº53/79 (de 01/03/1979) do Ministério do Interior, desobrigando a incineração de resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.

Em 05/08/1993 o CONAMA promulgou a resolução CONAMA nº5/93, que definiu resíduo sólido e estabeleceu uma classificação em 4 grupos para resíduos gerados nos estabelecimentos de serviços de saúde. Atribuiu responsabilidade ao gerador pelo gerenciamento de todas as etapas do ciclo de vida dos resíduos sólidos e determinou a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) a ser submetido aos órgãos de meio ambiente e de saúde, dentro de suas esferas de competência. Exigiu também licenciamento ambiental para a implantação de sistemas de tratamento e destinação final dos resíduos, e recomendou a esterilização a vapor ou a incineração como formas de tratamento (CONAMA.1993).

Em 12/07/2001 o CONAMA promulgou a resolução CONAMA nº283/01 que aprimorou a anterior e determinou o monitoramento periódico dos sistemas, instalações e equipamentos de tratamento de resíduos (CONAMA, 2001).

Em março de 2003, a ANVISA publicou a Resolução da Diretoria Colegiada RDC 33/03, que dispôs um regulamento técnico para o gerenciamento e manejo interno dos RSS. Definiu como geradores de RSS todos os serviços que prestem atendimento à saúde humana ou animal, incluindo indústrias, necrotérios, atividades de embalsamamento, unidades de controle de zoonoses, entre outros. Ratifica a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) pelo gerador, e determina que resíduos que necessitem de tratamento sejam tratados na unidade geradora, com exceção dos materiais suspeitos de

contaminação por agentes de relevância epidemiológica e risco de disseminação. Esta última medida reduziu a necessidade de se instalar e manter estruturas centralizadas de tratamento de resíduos infectantes (ANVISA, 2003).

Em 07/12/2004 a ANVISA promulgou RDC 306/04, uma revisão da RDC 33/03. O CONAMA e a ANVISA passam a usar um sistema de classificação de RSS praticamente idênticos, em 5 grupos (ANVISA, 2004). A definição de RSS e sistema de classificação segundo o CONAMA podem ser vistos nos Anexos A e B. A RDC 306/04 trata basicamente da elaboração, implementação e monitoramento de procedimentos sistemáticos documentados, onde o PGRSS é o eixo da organização dos processos. Indica a segregação, identificação e coleta até a disposição final, em concordância com as determinações do CONAMA. Com relação à prática da incineração, mantém a obrigatoriedade da incineração apenas para resíduos classificados no grupo A5, isto é, órgãos, tecidos e materiais resultantes de atenção à saúde de indivíduos ou animais com suspeita ou certeza de contaminação por príons³, conforme definido na RDC 305/02 da ANVISA.

Em 29/04/2005 a promulgação da resolução CONAMA nº358/05 revogou a CONAMA nº283/01 da qual representa uma revisão, e parte da Resolução nº05/93 nas disposições que tratam de RSS. Harmoniza a legislação de meio ambiente e de saúde, considerando os princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador e da correção na fonte. Manifesta a necessidade de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins de licenciamento ambiental, e de ação integrada entre os órgãos federais, estaduais e municipais de meio ambiente, de saúde e de limpeza urbana. Considera o PGRSS como um documento integrante do processo de licenciamento ambiental e também a necessidade de monitoramento periódico. A questão central da resolução é a obrigatoriedade de segregação dos resíduos na fonte e no momento da geração, o que pretende propiciar sensível diminuição no volume de RSS gerado e redução de custos de tratamento (CONAMA, 2005).

No âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) existem algumas normas relativas ao controle dos RSS. Paralelamente à legislação, a ABNT, instituição privada constituiu a Comissão de Estudos de Resíduos de Serviços de Saúde, composta por profissionais de diversas áreas, que estabeleceu

³ Um príon é uma proteína com capacidade de modificar outras proteínas tornando-as cópias de si própria. A “doença da vaca louca”, por exemplo, é causada por príons.

uma série de normas que dão suporte técnico às resoluções da ANVISA e do CONAMA. As principais normas da ABNT relacionadas aos RSS são: NBR 10.004, NBR 12.807, NBR 12.808, NBR 12.809, NBR 12.810, NBR 7.500. Nenhuma delas diz respeito à incineração.

4.3 Caracterização dos Resíduos de Serviços de Saúde

Os RSS são definidos em função da fonte geradora, como resíduos que necessitam de processos diferenciados em seu manejo. São geradores de RSS as atividades exercidas nos serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive serviços de assistência domiciliar, necrotérios, funerárias, estabelecimentos de ensino e pesquisa, centros de controle de zoonoses, distribuidores de produtos farmacêuticos, entre outros (ANVISA, 2004; CONAMA, 2005).

Os RSS, uma mistura heterogênea de artigos descartados nos prestadores de serviços de saúde, são constituídos de grande variedade de materiais e composição química diversificada, o que dificulta a sua caracterização.

Diversos estudos nacionais e internacionais buscam a caracterização e quantificação dos RSS. Comparando-se a legislação de diferentes países, constata-se a variação nas categorias de segregação e tratamento. A composição dos RSS varia conforme o tipos de gerador: farmácia, laboratório, clínica, posto de saúde e hospital. Em cada um deles varia ainda conforme o setor no qual é gerado. Por exemplo, no caso de um hospital, se no centro cirúrgico, cozinha, enfermaria, laboratório, pronto socorro ou unidade de terapia intensiva (Silva e Athayde, 1995; CETESB, 1997b; Taru e Kuvarega, 2005).

Entre os plásticos usualmente encontrados nos RSS estão polietileno tereftalato (garrafas e frascos), cloreto de polivinila (tubos, luvas, bolsas plásticas), polietileno de baixa densidade (filmes plásticos), polietileno de alta densidade (frascos e peças rígidas), polipropileno (frascos), poliestireno (copos descartáveis, etc.).

4.3.1 Presença dos Elementos de Interesse nos RSS

Diferentes materiais representam fontes de metais e arsênio (Tabela 3) que não são destruídos pelo processo de combustão. Permanecem concentrados nas cinzas ou fazem parte do efluente gasoso nas diversas partes do equipamento de controle de poluição ou são lançados à atmosfera. Usinas dedicadas à incineração de carcaças de animais podem, por exemplo, apresentar maiores teores de cobre, devido ao uso deste elemento como promotor de engorda dos animais para abate. O mesmo também é esperado para crematórios, já que metais fazem parte de suplementos alimentares (Chen et al., 2004).

Tabela 3: Aplicações dos elementos estudados que os tornam presentes nos RSS

Elemento	Aplicações
Arsênio	<p><u>Terapêuticas:</u> agentes neoplásicos (Trisenox, melasoprol e triiodeto de arsênio). Formulações Aiurvédicas e Homeopatia (KAsO_2 (licor de Fowler), As_2O_3 (black pills), AsI_3 (solução de Donovan, com HgI_2), etc.</p> <p><u>Outras:</u> materiais tratados com inseticidas ($\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$, $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$), herbicidas ($\text{NaAs}$) e pigmento ($\text{As}_2\text{S}_3$). Em circuitos integrados e diodos, na fabricação de vidro (As_2O_3) e ligas metálicas.</p>
Berílio	<p><u>Terapêuticas:</u> próteses ortopédicas e odontológicas em ligas de Be-Al, Be-Cu, Be-Cu-Co e Be-Ni. Metalocerâmicas odontológicas.</p> <p><u>Outras:</u> contatos elétricos, circuitos integrados, janelas de raios X</p>
Cádmio	<p><u>Terapêuticas:</u> Formulações da Medicina Tradicional Chinesa, Aiurvédica.</p> <p><u>Outras:</u> pigmentos (CdSO_4), como estabilizantes em plásticos e borrachas, na forma de ligas metálicas.</p>
Chumbo	<p><u>Terapêuticas:</u> Formulações da Medicina Tradicional Chinesa, Aiurvédica e Homeopatia (Plumbum), veterinárias. Na composição de cosméticos.</p> <p><u>Outras:</u> pigmentos (Pb_2CO_3, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, PbWO_4, PbCrO_4, Pb_3O_4), soldas e ligas metálicas, na formulação de plásticos, agentes biocidas, anti-mofo, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos.</p>
Mercúrio	<p><u>Terapêuticas:</u> Empregado por suas características fungicidas e antibacterianas como medicamentos e conservantes em soluções nasais, oftálmicas, vacinas, produtos injetáveis, germicidas, diuréticos e contraceptivos. Há cerca de 200 produtos registrados nos EUA. Restaurações odontológicas.</p> <p><u>Outras:</u> termômetros quebrados (um termômetro contém cerca de 0,5g de Hg), como germicida e fungicida em tintas e desinfetantes. Pilhas.</p>
Níquel	<p><u>Terapêuticas:</u> complexos organometálicos contra tuberculose, em próteses ortopédicas (nitinol), e restaurações metalocerâmicas em odontologia.</p> <p><u>Outras:</u> em cosméticos, pigmentos, catalisadores, ligas metálicas (em instrumentos metálicos, principalmente o aço), revestimento de instrumental cirúrgico e baterias recarregáveis.</p>

5 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

5.1 Aspectos toxicológicos

Esta seção apresenta os aspectos toxicológicos mais relevantes para a monitorização biológica dos elementos avaliados, em alguns casos abordados na entrevista/questionário realizado com os trabalhadores neste estudo (veja o modelo do questionário no Apêndice C).

Mencionamos: via de absorção, distribuição e excreção, efeitos da exposição aguda, efeitos da exposição crônica e carcinogenicidade. A carcinogenicidade é indicada de acordo com as classificações de duas diferentes agências: a da International Agency for Research on Câncer (IARC) e da ACGIH.

5.1.1 Arsênio

O arsênio pode ser absorvido por todas as vias, mas a via oral é a principal (90%). Para seres humanos calcula-se que 25% a 40% do arsênio inalado depositem-se nos pulmões (WHO 1981).

Na monitorização biológica do arsênio é importante considerar a absorção oral devida à ingestão de organismos marinhos, embora a presença e a forma química do arsênio varia consideravelmente entre organismos marinhos. Os peixes em geral contêm arsenobetaina e arsenocolina não tóxicos e excretados inalterados. Frutos do mar como moluscos e crustáceos contêm ainda outras espécies de arsênio. Algas marinhas são ricas em compostos orgânicos derivados de açúcares (também chamados de “aseno açúcares”). A ingestão de arseno açúcares comprometem a interpretação dos resultados analíticos uma vez que metabolizados promovem expressão das mesmas espécies que a ingestão das espécies tóxicas (Shibata et al., 1992; Buchet et al., 1994; Ma e Le, 1998; Hsueh et al., 2002; Aposhian e Aposhian, 2006).

O arsênio é distribuído pelo organismo ligado às proteínas plasmáticas. A acumulação após exposição aguda ocorre no fígado e nos rins. A exposição crônica leva a acumulação em cabelos, pelos e unhas. As formas inorgânicas são metiladas por via metabólica levando ao ácido monometilarsônico (MMA) e ácido dimetilarsínico (DMA). A forma pentavalente é reduzida à trivalente (Aposhian e Aposhian, 2006). Arsenobetaina e arsenocolina não são biotransformadas, sendo excretadas na urina inalteradas. Compostos de arsênio ligados a moléculas de açúcar, presentes em algas, são biotransformados principalmente para DMA (Shibata et al., 1992; Buchet et al., 1994; Ma e Le, 1998; Hsueh et al., 2002).

A principal via de excreção do arsênio é a urinária. A proporção das espécies do arsênio em urina sem ingestão de frutos do mar é tipicamente 60% a 80% DMA, 10% a 20% MMA e 10% a 20% arsênio inorgânico (Feldmann, et al., 1999; Aposhian e Aposhian, 2006). Para evitar oxidação do MMA é recomendado o congelamento das amostras até 6h após a coleta (Feldmann, et al., 1999; Aposhian e Aposhian, 2006). A melhor correlação entre arsênio urinário e arsênio ambiental é encontrada quando são determinadas na urina as formas inorgânicas, As (III) e As (V), num prazo de até 8h após a exposição, pois a eliminação mais lenta do DMA altera a correlação (Hakala e Pyy, 1995). Usualmente são determinadas as formas inorgânicas e seus derivados metilados (MMA e DMA) (Shibata et al., 1992; Mürer et al., 1992, Christensen, 1995, Guo et al., 1997; Hsueh et al., 2002).

Nos casos de exposição ambiental ou ocupacional considera-se que a excreção do arsênio dá-se em três fases com valores de meia-vida estimados em 24h, 84h e 8 dias. A meia-vida varia conforme a via de administração e o tipo de exposição. A meia vida foi calculada a partir de experimentos com injeção intravenosa de arsenito (Mealey et al., 1959 apud Friberg, Nordberg, 1979, Foà et al., 1987 apud Christensen, 1995). Hakala e Pyy estimam a meia-vida para excreção de arsênio urinário em 8h para As(V), 12h para As(III), 20h para MMA e 40h para DMA (Hakala e Pyy, 1995).

A ingestão de compostos de arsênio por frutos do mar é seguida pela eliminação de 70% a 80% na urina em cerca de 2 dias (Buchet et al., 1994). É interessante notar que não é o consumo de qualquer tipo de peixe que

altera a excreção de arsênio inorgânico e seus metabólitos. A excreção de As inorgânico e DMA é sensivelmente aumentada pelo consumo de algas marinhas ou frutos do mar (Shibata et al., 1992; Mürer et al., 1992, Buchet et. al, 1994; Christensen, 1995, Guo et al., 1997; Hsueh et al., 2002). Isto tem como consequência a restrição alimentar em trabalhos de avaliação de arsênio urinário (Hakala e Pyy, 1995) e a busca de metodologia analítica que permita, através da especiação, a determinação de arsênio inorgânico e derivados metilados (o BEI) (Mürer et al., 1992, Christensen, 1995, Guo et al., 1997; Hsueh et al., 2002).

A sintomatologia da exposição aguda ao arsênio é a mesma para derivados orgânicos e inorgânicos: quadro gastroenterítico grave com início após 30 minutos de exposição (WHO, 1981).

A exposição crônica é observada ocupacionalmente e para pacientes tratados com compostos arsenicais. Leva à alteração gastrointestinal e a transtornos inespecíficos, principalmente anorexia, perda de peso e mal estar geral. Pode apresentar dermatites, neuropatia periférica com descoordenação e paralisia, além de alterações hematológicas que chegam à anemia e leucopenia (WHO, 1981).

O arsênio e seus compostos são reconhecidos pela IARC como “carcinogênico humano” grupo I (IARC, 2004) e pela ACGIH como “carcinogênico humano confirmado” A1 (ACGIH, 2003). Em especial são reconhecidos os casos de câncer de pele devido a arsênio (WHO, 1981).

5.1.2 Berílio

A principal via de absorção de berílio é a inalação de poeiras ou fumos. A absorção nos alvéolos depende da solubilidade do sal e do tamanho da partícula (WHO, 2001).

O berílio é distribuído pelo sangue, ligado a proteínas ou na forma de fosfato coloidal. Sais pouco solúveis acumulam-se nos tecidos pulmonares e

ossos, enquanto que compostos mais solúveis acumulam-se no fígado, músculos, rins e coração (WHO, 2001).

A velocidade de eliminação do berílio inalado no pulmão é rápida nos primeiros dias após a exposição devido à atividade mucociliar que leva à eliminação gastrointestinal. O restante é absorvido pelos alvéolos. Depois disso a eliminação é mais lenta, pois as formas menos solúveis se precipitam (WHO, 2001). Os compostos solúveis são transformados em outros menos solúveis, mas o berílio não sofre biotransformação significativa no organismo. A meia-vida do berílio no organismo é estimada em 180 dias (WHO, 2001). A fração absorvida é excretada pela urina via secreção tubular ativa. A fração ingerida não absorvida é excretada pelas fezes (Apostoli e Schaller, 2001; Sutton e Burastero, 2003).

Por exposição aguda, compostos solúveis de berílio como cloretos, fluoretos, nitratos e sulfatos podem causar dermatites de contato e hipersensibilização e a inalação destes causa irritação nas mucosas (WHO, 2001). A beriliose, uma pneumoconiose química, é causada tanto por exposição crônica como aguda. Apresenta efeito gastrointestinal, com sensação de sabor metálico e sintomas como anorexia e fadiga (Capitani et al., 1995, WHO, 2001).

A exposição crônica por inalação de poeiras e fumos contendo berílio causa hipersensibilidade em indivíduos susceptíveis, resultando em uma sensibilização ao elemento ou no desenvolvimento de resposta imunológica específica ao berílio em 2% a 19% dos indivíduos expostos. A sensibilização normalmente precede o desenvolvimento de lesões pulmonares e da beriliose (Doença Crônica causada por Berílio, DCB). A correlação entre a sensibilização como resposta à exposição e o desenvolvimento da DCB não é linear, mas níveis mais elevados de exposição foram associados a taxas mais altas de sensibilização e ao aparecimento da DCB (Wegner et al., 2000, WHO, 2001; Sutton e Burastero, 2003).

A sensibilização e a DCB são aparentemente processos multi-gênicos. Os marcadores genéticos usuais não estão disponíveis para uso clínico de rotina

devido à sua baixa especificidade e da baixa prevalência da sensibilização ao berílio e da DCB (Maier, 2002, Schuler et al., 2005).

Na DCB há freqüentemente manifestações sistêmicas. Primeiro é manifestada como pneumonia, tosse, dores e febre. Freqüentemente ocorre perda de peso. A biopsia do pulmão mostra geralmente uma resposta inflamatória crônica com granulomas, fibrose difusa e hipertrofia do músculo liso (Capitani et al, 1995, Wegner et al., 2000, WHO, 2001).

A relevância da beriliose no meio industrial deve-se à variação do período de latência e da sua manifestação mesmo após exposições a níveis bastante baixos (ao redor de $2\mu\text{g}/\text{m}^3$). A realização periódica de exames médicos incluindo exames radiológicos torácicos minimiza o risco da doença (Capitani et al, 1995, Wegner et al., 2000).

O berílio e seus compostos são reconhecidos pela IARC como “carcinogênico humano”, grupo I (IARC, 2004); e pela ACGIH como “carcinogênico humano confirmado”, A1 (ACGIH, 2003).

5.1.3 Cádmio

A principal via de absorção do cádmio é a respiratória. A absorção depende da forma química, solubilidade das partículas inaladas e da depuração dos pulmões. Cerca de 55% do cádmio depositado nos pulmões pode ser absorvido. A absorção pela via gastrointestinal é influenciada por carência nutricional, mas não é representativa em ambientes industriais (Friberg e Nordberg, 1979). Em avaliações biológicas deve ser considerada a ocorrência de tabagismo, pois calcula-se que 20% a 50% do cádmio proveniente do cigarro seja absorvido (ASTDR, 1999).

O cádmio é distribuído ligado à albumina. É acumulado no fígado e rins, principalmente na forma ligada à metalotioneína e ainda nos pulmões, pâncreas, testículos e tireóide (ASTDR, 1999).

Quando a absorção se faz por via respiratória, a via de excreção mais importante é a urinária, sendo o cádmio filtrado através dos glomérulos renais. A meia vida biológica é calculada entre 17 e 38 anos (UCL, 2002). A excreção pelas fezes é significativa quando a absorção se dá por via oral.

A exposição aguda por inalação de poeiras ou fumos produz a irritação das vias respiratórias, dispnéia, tosse, náuseas, cefaléias, vertigens e sede intensa. Pode ocorrer bronquite, bronco-pneumonia e edema pulmonar (Friberg e Nordberg, 1979; ASTDR, 1999).

A exposição crônica pode levar a lesões ósseas devido à competição do cádmio com o cálcio. O quadro pulmonar caracteriza-se por enfisema e fibroses intersticiais. A exposição crônica leva a problemas renais graves, inclusive nefrite, litíase urinária, proteinúria correlacionada ao tempo de exposição e aminoacidúria. Pode apresentar cardiotoxicidade (Friberg e Nordberg, 1979; ASTDR, 1999).

O cádmio e seus compostos são reconhecidos pela IARC como “carcinogênico humano”, grupo 1 (IARC, 2004); e pela ACGIH como “suspeito como carcinogênico humano”, A2, (ACGIH, 2003).

5.1.4 Chumbo

A principal via de absorção é a respiratória. Nos pulmões é absorvido sob a forma de fumos ou partículas finas que são fagocitadas. A absorção por via oral depende da solubilidade e do tamanho das partículas (Friberg e Nordberg, 1979).

O chumbo é distribuído pelo sangue, no interior das hemácias. Acumula-se nos ossos, dentes, fígado, pulmões, rins, cérebro e baço. Os ossos são considerados órgãos preferenciais (90%) devido à substituição do cálcio. O chumbo atravessa a barreira hematoencefálica (WHO, 1977).

A excreção ocorre sobre tudo pela urina e fezes. A vida média do chumbo no sangue é de 25 a 36 dias, nos tecidos moles cerca de 40 dias e nos ossos 27 anos (WHO, 1977).

Os sintomas da intoxicação por exposição aguda são análogos aos descritos para o saturnismo clássico, com rápido desenvolvimento. Produz encefalopatia aguda com insuficiência renal, sintomas gastrintestinais graves e hemólise.

A intoxicação crônica por chumbo (saturnismo) apresenta:

- Sistema nervoso central: encefalopatia com efeitos cognitivos e de ânimo. Sintomas de cefaléia e astenia são seguidos por insônia, irritabilidade e perda da libido.
- Sistema nervoso periférico: polineuria periférica sobretudo nas extremidades superiores.
- Sistema hematopoiético: anemia.
- Sistema gastrintestinal: dor abdominal, anorexia, e crises de prisão de ventre alternadas com diarreia. Pode surgir coloração azulada na gengiva (Orla de Barton).
- Sistema renal: insuficiência renal, associada à hipertensão arterial e gota.

O chumbo inorgânico e seus compostos são reconhecidos pela IARC como “provavelmente carcinogênicos para o homem”, grupo 2A, os compostos de chumbo orgânico são reconhecidos como “não carcinogênicos para o ser humano” grupo 3A (IARC, 2004). A ACGIH reconhece o chumbo e seus compostos inorgânicos como “carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos”, A3, (ACGIH, 2003).

5.1.5 Mercúrio

A principal via de absorção do mercúrio metálico e inorgânico é a inalação do vapor, com penetração de 75% da dose inalada através da membrana alvéolo-capilar (Sällsten, 1994; Friberg e Nordberg, 1979)

O mercúrio iônico é transportado pelo plasma enquanto o mercúrio elementar é transportado pelas hemácias onde é oxidado a íon mercúrico. O mesmo acontece nos outros tecidos, por via catalítica reversível, fixando-se depois às proteínas. O mercúrio não oxidado é capaz de penetrar através das barreiras hematoencefálica e placentária (Sällsten, 1994). A acumulação ocorre no cérebro quando originado de exposição a vapores de mercúrio metálico e organomercuriais (Friberg e Nordberg, 1979). A acumulação ocorre nos rins com cerca de 50% a 90% da carga corpórea para exposição a sais inorgânicos (WHO, 1976).

A velocidade de excreção está associada à espécie e é dose-dependente. A excreção de mercúrio é ainda influenciada pela exposição simultânea a outros metais, uso de antibióticos do tipo penicilina e ingestão de bebidas alcoólicas (Sällsten, 1994). Na exposição a mercúrio metálico a excreção é principalmente urinária, podendo ocorrer eliminação pulmonar de vapores de Hg. A meia vida do mercúrio metálico no organismo é de 60 dias (Friberg e Nordberg, 1979). A excreção do mercúrio inorgânico se dá totalmente pela via urinária, com uma meia vida de 30 – 60 dias (WHO, 1976). Os compostos orgânicos de mercúrio são eliminados sobre tudo pelas fezes, com meia vida de 70 dias (Friberg e Nordberg, 1979).

A intoxicação aguda por inalação de mercúrio metálico tem como sintomas iniciais tosse seca, febre e calafrios, que podem evoluir para pneumonia intersticial. Acompanham sintomas digestivos inespecíficos como: sabor metálico na boca, disfagia, gengivite com sangramento, aspecto cinza escuro na boca e faringe. Ocorrem alterações visuais, sintomas neurológicos e insuficiência renal que pode chegar à necrose (WHO, 1976).

A intoxicação crônica por mercúrio é mais freqüente e afeta, na totalidade dos casos, o sistema nervoso central. Surgem alterações nas mucosas, estomatite e gengivite, com perda de dentes. O quadro clínico, que apresenta período de latência variável, é caracterizado por tremor involuntário das extremidades e da língua. Ocorrem alterações na conduta e no humor, como

ansiedade, irritabilidade e depressão. Outros sintomas neurológicos são polineuropatia, perda do olfato, perda auditiva, restrição do campo visual, descoordenação de movimentos que pode chegar à paralisia, distúrbio do sono, perda de memória, diminuição dos níveis de inteligência, cegueira, surdez, podendo levar ao coma e à morte (WHO, 1976).

Os compostos orgânicos de mercúrio são reconhecidos pela IARC como “possivelmente carcinogênicos para o homem”, grupo 2B, o mercúrio metálico e compostos inorgânicos são reconhecidos como “não carcinogênicos para o homem”, grupo 3 (IARC, 2004). A ACGIH insere o mercúrio no grupo A4, não classificável como carcinogênico para seres humanos (ACGIH, 2003).

5.1.6 Níquel

Cerca de 50% do níquel inalado é removido pelo trato respiratório, podendo ser deglutido ou expectorado, 25% é exalado e os 25% restantes são depositados no parênquima pulmonar, sendo absorvidos. A absorção por via respiratória depende da solubilidade dos compostos (WHO, 1991). De 1% a 5% do níquel ingerido é absorvido (Friberg e Nordberg, 1979; Christensen, 1995).

O níquel é transportado por proteínas plasmáticas, sendo 75% ligado à albumina. Acumula-se nos rins e nos pulmões (Christensen, 1995).

O níquel excretado através das fezes reflete o níquel não absorvido proveniente da dieta. A maior parte do níquel absorvido é excretada rapidamente pela urina com uma meia vida que varia de 20 a 40 horas para os compostos solúveis, e de semanas a anos para os compostos insolúveis (Friberg, Nordberg 1979, Christensen, 1995, WHO, 1991).

A intoxicação aguda de origem ocupacional ocorre principalmente por exposição acidental dos trabalhadores ao composto níquel-carbonila.

Provoca vertigens, dispnéia, cianose, aumento da temperatura e pulsação (WHO, 1991). A inalação de altas concentrações de fumos de níquel em outros compostos leva à irritação das vias respiratórias e pneumonite química ou edema pulmonar. A exposição incita resposta imune resultando em dermatite de contato (WHO, 1991).

A dermatite de contacto é o efeito mais freqüente da exposição crônica ao níquel. A exposição crônica por inalação resulta em efeitos respiratórios diretos, principalmente asma e aumento do risco de infecções crônicas do trato respiratório. Frequentemente a exposição ao pó e aos fumos leva à rinite crônica e sinusite.

Compostos de níquel são reconhecidos pela IARC como “carcinogênico humano”, grupo 1, o níquel metálico e suas ligas são reconhecidos como “possivelmente carcinogênicos para humanos”, grupo 2B (IARC, 2004). A ACGIH indica o níquel metálico como “não suspeito como carcinogênico humano”, A5; os compostos inorgânicos solúveis como “não classificável como carcinogênico humano”, A4, e os compostos insolúveis como “carcinogênico humano confirmado”, A1 (ACGIH, 2003).

5.2 AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

A avaliação dos riscos químicos a que estão expostos os trabalhadores de incineradores tem despertado a atenção de diversos grupos de pesquisa (Callender et al., 1997; Meneses et al., 1999, Roberts et al., 1999; Schuhmacher et al., 2002; Hours et al., 2003; Franchini et al. 2004). Devido à toxicidade e carcinogenicidade de vários agentes químicos, uma das formas freqüentes de avaliação é o conhecimento não só da exposição através monitorização ambiental, mas também o conhecimento da dose interna efetiva através da monitorização biológica.

Não encontramos até o momento nenhum estudo de monitorização biológica para metais junto a trabalhadores da área de incineração no Brasil.

5.2.1 Indicadores Biológicos

Indicadores biológicos, também chamados biomarcadores, são parâmetros de controle de exposição a agentes químicos. Um indicador biológico pode ser a própria substância química ou seus metabólitos (indicador de exposição ou de dose interna), pode ser a atividade enzimática induzida pela substância química (indicador de efeito) ou pode ser uma característica que afete a resposta à exposição (indicador de susceptibilidade). Para ser um indicador biológico o determinante (análito, substância, atividade enzimática, etc.) deve possuir relação com a exposição ambiental.

A legislação brasileira, através da Norma Regulamentadora nº 7 do Ministério do Trabalho e Emprego (NR 7) (MTE, 1994), em seu quadro I, estabelece os indicadores biológicos utilizados no país. Consta deste documento o Valor de Referência e o Índice Biológico Máximo Permitido.

- Valor de Referência (VR): Valor considerado normal e verificado em indivíduos não expostos ocupacionalmente.
- Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) é o valor máximo do indicador biológico para o qual se presume que o indivíduo ocupacionalmente exposto não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor, portanto, caracteriza exposição excessiva, e recomenda o afastamento da função.

Estes índices exercem função de parâmetros legais. O Ministério do Trabalho e Emprego prevê que, na ausência da indicação de parâmetros pela NR 7 para determinado agente, são válidos os Índices Biológicos de Exposição (BEIs) indicados pela ACGIH.

Diversos países possuem instituições que definem parâmetros de exposição, levando em consideração fatores locais (por exemplo disposição geográfica, composição da água) e culturais (hábitos alimentares, etc). Algumas das principais instituições e o nome dado a seus parâmetros são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros de exposição biológica em outros países.

País	Instituição / País	Parâmetro
Estados Unidos	ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists	BEI: Biological Exposure Índices
Alemanha	DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft	BAT: Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert
Finlândia	FIOH: Finnish Institute of Occupational Health	BAL: Biological Action Levels
Bélgica	UCL: Laboratoire de Toxicologie Industrielle da Université Catholique de Louvain	VBA: Valeurs Biologiques Admissibles

Na maioria dos casos, a amostra utilizada para o monitoramento biológico é de urina ou sangue. Para os indicadores biológicos em que a excreção acontece através de filtração glomerular (a concentração for função da produção de urina) é necessário corrigir a concentração do analito em relação à concentração de creatinina na urina. Não é adequado corrigir a concentração do indicador biológico em relação a densidade urinária devido às interferências causadas pelo aumento da excreção de glicose ou proteínas que ocorrem em algumas patologias (Friberg et al., 1979; ABNT, 2000, ACGIH, 2003).

5.2.2 Monitorização Biológica

A monitorização biológica apresenta caráter de diretriz a ser considerada na avaliação de riscos potenciais à saúde na prática da Higiene Ocupacional, embora não possibilite uma categorização rígida entre exposições perigosas ou não. A avaliação do ambiente de trabalho pode ser realizada através da monitorização biológica, uma vez que esta manifesta a dose interna efetiva a que o trabalhador é submetido. Pode ainda ser um complemento na avaliação de riscos sendo realizada paralelamente à monitorização ambiental (Friberg et al., 1979; Bakoglu et al, 2003).

A monitorização biológica requer muitas vezes exames complementares além da determinação do próprio indicador biológico, a fim de evitar, ou ao

menos mitigar, exposições que coloquem os trabalhadores em risco para sua saúde. A monitorização biológica representa uma contribuição eficaz para os cuidados médicos e no conhecimento dos efeitos desta exposição sobre os trabalhadores expostos ocupacionalmente e fornece subsídios necessários para a reconstrução de exposição anterior (Bakoglu et al, 2003).

Por seu carácter preventivo, a prática da monitorização biológica realiza-se em ambientes controlados. Antes de proceder à monitorização biológica devem ser implantadas as práticas comuns em Higiene Ocupacional. Os resultados da monitorização biológica podem expor falhas nos sistemas de proteção ambiental, refletir a eficiência de sistemas de exaustão, eficiência de respiradores e o estado de manutenção destes sistemas, também pode manifestar descumprimento de normas operacionais e evidenciar picos de exposição. Mesmo para o trabalhador que utiliza Equipamento de Proteção Individual (EPI), a monitorização biológica fornece informações relevantes. No caso de utilização de respiradores com filtro, por exemplo, através de resultados biológicos verifica-se a eficácia do filtro empregado, além de verificar a contribuição de outras vias de contaminação que não a respiratória, e evidenciar susceptibilidade individual. Outros fatores pessoais como tabagismo e consumo de álcool podem ser refletidos na monitorização biológica (Friberg et al., 1979).

A monitorização biológica é um estudo voltado para populações e não indivíduos isolados. A análise dos resultados obtidos não é utilizada para avaliação individual, mas por grupos homogêneos de exposição (Friberg et al., 1979).

No caso de agentes carcinogênicos questiona-se a aplicabilidade do uso de um limite de exposição ambiental (Castleman e Ziem, 1988). Isto porque concentrações muito abaixo dos limites de tolerância de exposição ambiental provocam efeitos adversos à saúde do trabalhador, como ressalta Silva (1998) em sua revisão de dados da literatura. Nestes casos a monitorização biológica pode confirmar através da determinação da dose interna efetiva, não só a presença, mas a biodisponibilidade do agente químico no ambiente de trabalho.

Para fins de comparação são apresentados na Tabela 5 os valores dos indicadores biológicos preconizados por diversas instituições estrangeiras para os elementos pesquisados na avaliação biológica realizada neste trabalho.

A determinação de berílio não tem sido realizada como análise de rotina pois não há parâmetros propostos pelas agências de pesquisa. Não há dados suficientes para a proposição de um valor de BEI para o berílio urinário. A correlação entre a concentração de berílio no sangue ou na urina e sua correlação com a exposição é ainda objeto de estudo. Atualmente a urina é considerada o substrato mais indicado (Burguera et al. 1999; Apostoli e Schaller, 2001; WHO, 2001; UCL, 2002). O diagnóstico da beriliose crônica inclui obrigatoriamente a presença de berílio no tecido pulmonar, linfonodos ou urina (Capitani et al., 1995; Burguera et al. 1999; WHO, 2001). Nesta mesma direção, investigações citogenéticas demonstram que embora haja independência entre o tempo de exposição e a concentração de berílio urinário, a sensibilidade ao berílio é significativamente maior em trabalhadores com concentrações de berílio urinário detectável, o que recomenda um programa de higiene ocupacional balizado pela monitorização biológica do berílio urinário (Maier, 2002).

Tabela 5: Parâmetros para controle biológico da exposição⁴.

índice		As	Be	Cd	Ni ¹	Hg	Pb
NR 7	fluido	urina		urina	urina	urina	sangue
	coleta	Final último dia		indiferente	Final último dia	Início da jornada	indiferente
	VR	10 µg/g creatinina		2 µg/g creatinina	23 µg/g creatinina ¹	5 µg/g creatinina	40 µg/dL
	IBMP	50 µg/g creatinina		5 µg/g creatinina	60 µg/g creatinina ¹	35 µg/g creatinina	60 µg/dL
	espécie	As i e metabólitos		Cd total	Ni total	Hg i	Pb i
ACGIH	BEI	35 µg/g creatinina (2002) 35 µg/L (2003)		5 µg/g creatinina		35 µg/g creatinina	30 µg/dL
outros	UCL (VR)	5 µg/g creatinina (As i)	<1 µg/g creatinina	5 µg/g creatinina		50 µg/g creatinina	
	BAL/FIOH	5 µg/L (As i)		5,5 µg/L	76 µg/L	50 µg/L	
	BAT/DFG	50 µg/g creatinina (As i)		15 µg/L	45 µg/g creatinina	100 µg/L	
	Literatura		<0,03 µg/L ³		08 µg/g creatinina ² 30 µg/g creatinina ⁴		

As i: arsênio inorgânico, AsIII e As IV

i: inorgânico

As siglas das instituições e parâmetros podem ser encontradas na Tabela 4.

1 : NR 7, 1978 apud TOXIKON, 2002 ; 2: Pietcs, 1992 apud TOXIKON, 2002, 3: Apostoli e Schaller, 2001; 4: Lauwerys, R. 1996 apud Oliveira, 1996.

⁴ As siglas das instituições e parâmetros podem ser encontradas na Tabela 4.

5.2.2.1 Correção das determinações pela Creatinina

A creatinina é um metabólito totalmente eliminado pela urina através do processo de filtração glomerular. A excreção de creatinina reflete alterações da função renal. Todo agente químico cuja eliminação depende da produção de urina e ocorre por filtração glomerular deve ter o valor de sua concentração corrigido em função da excreção de creatinina (ACGIH, 2003).

Amostras de urina muito diluídas ou muito concentradas geralmente não são adequadas para a monitorização. A OMS adota os seguintes limites como aceitáveis em amostras de urina, sendo que as amostras fora destes limites devem ser descartadas (ACGIH, 2003):

Concentração de creatinina: entre 0,3g/l e 3,0g/l ou

Gravidade específica: entre 1,010 e 1,030

A determinação da creatinina é usualmente realizada pela Reação de Jaffé, em que a creatinina e outros componentes da urina reagem com a solução de picrato em meio alcalino, formando um complexo amarelo alaranjado que é medido fotometricamente. A adição de acidificante promove a decomposição do picrato de creatinina, mas permanece a cor devida aos outros componentes da urina complexados ainda pelo picrato, que também são medidos fotometricamente. A diferença entre as duas leituras fornece o valor da creatinina.

5.3 Metodologia Analítica

Nesta seção fazemos um breve comentário sobre os métodos analíticos usuais para determinação de elementos inorgânicos em fluidos biológicos, especialmente sobre a técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS). Em seguida consideramos, para os elementos de interesse, os métodos disponíveis na literatura através da técnica de AAS.

Os métodos capazes de quantificar elementos traços empregados na análise de amostras biológicas mais usuais são a AAS e a espectrometria de emissão ótica acoplada a plasma (ICP/OES) ou ainda combinada com a espectrometria de massa (ICP/MS). A Tabela 6 relaciona determinações dos elementos de nosso interesse realizadas pela técnica de ICP. Outras técnicas analíticas são disponíveis e abordadas na literatura e fornecem resultados satisfatórios.

A espectrometria de absorção atômica é a técnica recomendada para diversos indicadores biológicos pela NR 7 e pela ACGIH. A espectrometria de absorção atômica por atomização eletrotérmica (ETAAS), vem sendo a técnica mais empregada na determinação de contaminantes inorgânicos em fluidos biológicos, aplicando a correção da radiação de fundo através de corretor Zeeman. Esta técnica minimiza a necessidade de tratamento prévio das amostras por possibilitar o ciclo de tratamento térmico, e promove limites de detecção suficientemente baixos, requerendo amostras em pequenas quantidades. A técnica oferece a possibilidade tanto da determinação simultânea de elementos (SIMAAS) como de espectrometria de absorção atômica eletrotérmica em filamento de tungstênio.

Tabela 6: Determinações elementares em urina humana por ICP

Elemento	Técnica	Limites de detecção	Referências
13 metais entre eles: Be	ICP – MS	Be 0,1µg/L	Paschal et al., 1998
25 elementos, entre eles: As, Be, Cd, Hg e Ni,	ICP – MS	As 0,1µg/L Be 0,1µg/L Cd 0,1µg/L Hg 1µg/L Ni 0,1µg/L.	Komaromy-Hiller et al., 2000
4 elementos entre eles: Be, Cd	(LTETV)-ICPMS	Be 0,12 ng/L Cd 0,27 ng/L	Xia et al., 2004

5.3.1 Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)

A AAS baseia-se na medida da absorção da intensidade de radiação eletromagnética proveniente de uma fonte de luz, por átomos gasosos no estado fundamental. O analito absorve a radiação incidente, decorrente da fonte de radiação primária, em um determinado comprimento de onda específico selecionado por um monocromador. É uma técnica já consolidada e amplamente explorada por demonstrar alta especificidade, alta seletividade, e relativa facilidade operacional. As amostras podem ser atomizadas por chama (FAAS) ou através da Atomização Eletrotérmica em Forno de Grafite (GF – ETAAS) (Taylor et al., 2001).

Na GF – ETAAS a amostra é vaporizada e atomizada em um tubo de grafite com a introdução direta da amostra em soluções, suspensões ou como sólidos. Esta técnica possibilita o pré-tratamento térmico durante o ciclo de aquecimento. Na maioria das vezes é essencial a utilização de um modificador químico, isto é, um sal inorgânico introduzido no interior do tubo de grafite simultaneamente com a amostra, com o objetivo de aumentar a estabilidade térmica do elemento de interesse ou reduzi-la para os concomitantes presentes na amostra. O programa de temperaturas ao qual é submetida a amostra na técnica de GF – ETAAS visa a volatilização do analito de forma seletiva, minimizando interferências (Welz e Sperling, 1999; Taylor et al., 2001).

Para determinação de espécies de elementos formadores de hidretos como o arsênio, um sistema de geração de hidretos pode ser acoplado à ETASS. A especiação química é possível pelo fato da formação do hidreto depender do estado de oxidação do elemento (Sucmanová e Welz., 1993; Guo et al., 1997). Do ponto de vista toxicológico a HG – ETAAS mostra-se uma técnica bastante atraente pela toxicidade ser dependente da espécie química, e pelos baixos limites de detecção alcançados (da ordem de ng/L). A automação do sistema, aumentando a frequência analítica e a reprodutibilidade dos resultados, pode ser realizada promovendo-se a pré-redução e geração do hidreto ou pré-concentração através de sistemas de injeção em fluxo (FIAS) e auto-amostradores (Welz e Sperling, 1999; Taylor et al., 2001).

A Espectrometria de Absorção Atômica por geração de Vapor Frio (AAS) é um método de vaporização aplicável somente para a determinação de mercúrio, único elemento metálico que tem pressão de vapor apreciável em temperatura ambiente. Em geral, o mercúrio é convertido a Hg^{2+} , pelo tratamento da amostra com uma mistura oxidante seguida pela redução do Hg^{2+} a mercúrio metálico. O mercúrio elementar é vaporizado e analisado pela espectrometria de absorção atômica.

5.3.2 Metodologia para determinação de elementos traços em amostras biológicas por AAS

5.3.2.1 Arsênio

Os métodos que permitem de alguma forma a especiação do arsênio são preferíveis em saúde ocupacional, uma vez que a toxicidade das espécies é diferenciada. A determinação de arsênio total inclui o arsênio proveniente da alimentação com frutos do mar. A técnica HG-AAS promove a formação de hidretos a partir da redução das espécies inorgânicas e seus metabólitos (MMA e DMA), não estando sujeita a interferência por presença de arsenobetaina, arsenocolina ou os compostos de arsênio ligados a açúcares que não geram hidretos (Guo et al. 1997; Le et al., 1994). Para contornar a redução cineticamente mais lenta da espécie As (V) é usual a pré-redução para a forma As (III) pela ação de NaBH_4 com controle de pH, quando anteriormente empregava-se KI em meio fortemente ácido. O método de determinação do arsênio por HG-AAS através da utilização da L-cisteína, proporciona a mesma resposta para As(III), As(V), MMA e DMA, em condições ótimas de pH (Le et al., 1994). A Tabela 7 compara os parâmetros preconizados por métodos consultados para determinação de arsênio urinário.

Tabela 7: Métodos para determinação de As em urina.

Preparação da amostra	reductor	Limite de detecção* (µg/l)	Recuperação (%)	Fonte
L-cisteína, HCl	NaBH ₄	0,01		Welz e Šucmanová, 1993**
Diluição HCl	NaBH ₄		57 a 98	Le et al., 1994**
L-cisteína, HCl	NaBH ₄		96 a 99	
Digestão em micro-ondas, diluição HCl	NaBH ₄		91 a 98	
Tratamento com L-cisteína, HCl	NaBH ₄	0,10	95 a 100	Guo et al., 1997**
Diluição em triton X-100, H ₂ O ₂ , HNO ₃ , Ni, pirólise 1600°C, atomização 2500°C		2,0	98 a 102	Campillo et al., 2000***

* (3s) 3 vezes o desvio padrão para o branco.

** As (III), As (V), MMA, DMA, por HG – ETAAS.

*** As total, por ETAAS;

5.3.2.2 Berílio

A determinação de berílio urinário requer métodos analíticos de alta sensibilidade capazes de determinar com precisão baixas concentrações de berílio em matrizes biológicas (WHO, 2001). Alguns métodos recorrem a pré-tratamentos como forma de enriquecimento da amostra, e separação do berílio da matriz. Em geral estas determinações vêm sendo realizadas por GF – ETAAS. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** resume parâmetros de alguns métodos utilizados na determinação de berílio urinário quanto à preparação da amostra, o limite de detecção e taxa de recuperação, por GF-ETAAS.

Tabela 8: Métodos para determinação de Be na urina, por ETAAS.

Preparação da amostra	Pirólise / Atomização °C	Limite de detecção	Recuperação (%)	Fonte
Amostras previamente acidificadas com HCl, analisadas sem diluição. Tubo de grafite semi-modificado com Lu, $Mg(NO_3)_2$. Calibração em solução aquosa.	1500 / 2500	Sem modificador 4,25pg/l	Sem dados	Burguera et alli, 1999
		Lu 0,95pg/l		
		$Mg(NO_3)_2$ 2,9pg/l		
Diluição em HNO_3 , calibração por adição de padrão.	1350 / 2450	0,06 µg/l	109	Wegner et al., 2000
Diluição em reagente de Nash (ácido acético, acetilacetona / acetato de amônio, pH 6) e triton X-100, calibração por adição de padrão.	1200 / 2800	0,30 µg/l*	98,6 a 102	Wang et alli, 2001

** (3s) 3 vezes o desvio padrão para o branco.

5.3.2.3 Cádmio

Os trabalhos com GF – ETAA para determinação de cádmio urinário buscam minimizar efeitos de matriz, como por exemplo, a variabilidade individual do teor de NaCl. Para tanto recorrem à curva analítica em solução de NaCl, determinação por adição de padrão, adição de 5% de H_2 ao gás de arraste, digestão prévia da amostra e estudo de modificadores de matriz. Alguns estudos empregaram o próprio HNO_3 empregado na diluição das amostras como modificador de matriz. Entre os modificadores de matriz mais comumente empregados estão paládio, dihidrogeno fosfato de amônia, oxalato de amônio, e paládio com nitrato de magnésio (Feitsma et al, 1984, Subramanian, 1987, ATSDR, 1999). As Tabelas 9 e 10 resumem dados de metodologias para determinação de cádmio urinário quanto à preparação da amostra, o limite de detecção e taxa de recuperação, por GF-ETAAS.

Tabela 9: Métodos para determinação de Cd na urina, por ETAAS, usando HNO₃

Preparação da amostra	Pirólise / Atomização (°C)	Limite de detecção	Recuperação (%)	Referência
Diluição em HNO ₃ . Adição de padrão.	350 / 1200	1,2nmol/l*	96 a 101	Vesterberg, 1978
Adição de HNO ₃ , 2µl: 10 µl amostra.	800 / 1800	0,10 µg/l*		Hoenig et al., 1988
Diluição em HNO ₃ . Adição de padrão.	400 / 2000	0,05 µg/l**	89 a 112	Dube et ali, 1989
Digestão em microondas em HCl e HNO ₃ .	500 / 2300	0,05 µg/l**	100,5	Horng et al., 2002

* (2 s) 2 vezes o desvio padrão para o branco;

** (3s) 3 vezes o desvio padrão para o branco.

Tabela 10: Métodos para determinação de Cd em urina, por ETAAS, vários como modificadores de matriz.

Preparação da amostra	modificador de matriz	Pirólise / Atomização (°C)	Limite de detecção (µg/l)	Recuperação (%)	Referência
Diluição em HNO ₃ /tritonX-100	NH ₄ H ₂ PO ₄ /NH ₄ (NO ₃) ₂ .	380 / 800	0,10*	40 a 120	Bruhn F. e Navarrete A., 1981
Diluição em H ₂ O	(NH ₄) ₂ HPO ₄ .	700 / 1600	0,04**	101	Pruszkowska et al., 1983
Diluição em H ₂ O	(NH ₄) ₂ HPO ₄ /HNO ₃ 10%	500 / 1500	0,9 **	84 a 111	Subramanian et ali, 1983
Diluição em HNO ₃	Pd/Mg(NO ₃) ₂ .	1650 / 2600	0,06*	103	Sauerhoff et al., 1996.

*2 s: 2 vezes o desvio padrão para o branco.

**3s: 2 vezes o desvio padrão para o branco.

5.3.2.4 Mercúrio

O mercúrio é mais comumente determinado por CV-AAS. A técnica foi estudada por Magos, empregando SnCl_2 para redução do Hg inorgânico e adição de CdCl_2 para determinação de cloreto de metil mercúrio (Magos, 1971). Oda e Ingle (1981) introduziram a automação do processo e NaBH_4 como redutor, determinando Hg total. A Tabela 11 resume alguns métodos usados para determinação de mercúrio urinário quanto à preparação da amostra, o limite de detecção e recuperação, por CV-AAS.

Tabela 11: Métodos para determinação de Hg em urina, por CV - AAS.

Preparação da amostra	redutor	Limite de detecção	Recuperação (%)	Referência
análise direta	SnCl_2 - CdCl_2 em HCl	0,012 $\mu\text{mol/l}$	98,9	Coyle e Hartley, 1981**
tratamento com KMnO_4 , diluição em HNO_3 and H_2SO_4	NaBH_4	0,21 $\mu\text{g/l}$		Oster, 1981**
diluição em HNO_3	SnCl_2 em HCl	0,5 $\mu\text{g/l}$	93 a 101	Espanha, 1994***
tratamento com KMnO_4	NaBH_4	2 $\mu\text{g/l}^*$	102	Espanha, 1996**
tratamento com KMnO_4	NaBH_4	0,1 $\mu\text{g/l}^*$		Tao et ali, 1998**
diluição em HNO_3	SnCl_2 em HCl	0,12 $\mu\text{g/l}^*$	102,7	Zenebon et ali, 1999***
tratamento em fluxo com ClO^- e ultrassom	SnCl_2 em HCl,	0,5 $\mu\text{g/l}^*$	89 a 100	Fernandez et al. 2006**

* (3s) 3 vezes o desvio padrão para o branco.

** Hg total.

***Hg inorgânico.

5.3.2.5 Níquel

É comum a determinação de níquel urinário por GF- ETAAS sem a necessidade de adição de modificador de matriz, uma vez que seus próprios sais desempenham este papel junto a determinações de outros elementos. A Tabela 12 resume alguns métodos usados na determinação de níquel urinário quanto à preparação da amostra, o limite de detecção e taxa de recuperação, por GF-ETAAS.

Tabela 12: Métodos para determinação de Ni na urina por ETAAS.

Preparação da amostra	Pirólise / Atomização (°C)	Limite de detecção (µg/l)	Recuperação (%)	Referência
Diluição em HNO ₃	1400/ 2650	0,33*	100,7	Oliveira, 1996
Diluição em H ₂ O, HNO ₃ e triton X-100	900/ 1300	1,0	102,9	Paschal e Bailey, 1989
Digestão em micro ondas em HCl e HNO ₃	900/ 2400	0,10*	94,8	Horng et al., 2002
Amostra e H ₂ O ₂ como modificador de matriz	1200/ 2200	0,10*	96	Todorovska, 2002
Diluição em H ₂ O, modificador de matriz Pd.	1350/ 2100	25*	110	Hsiang et al., 2004**

*(3s) 3 vezes o desvio padrão para o branco.

** determinação simultânea de As, Mn, Co e Ni.

5.3.2.6 Chumbo

Vários trabalhos optam pela GF – ETAA na determinação de chumbo no sangue, procedendo a diluição da amostra em triton X-100, dihidrogenofosfato de amônia e ácido nítrico. A reprodução da metodologia de Parsons e Slavin (Parsons e Slavin, 1993), nos laboratórios da FUNDACENTRO por Santos (dos Santos, 2005) levaram a um limite de detecção de 0,87 µg/dL e recuperação de 102%. Consideramos o método adequado para o estudo agora proposto. A Tabela 13 resume algumas metodologias para determinação de chumbo urinário por GF-ETAAS.

Tabela 13: Métodos para determinação de Pb em sangue.

Preparação da amostra com modificador de matriz	Pirólise / Atomização °C	Limite de detecção (µg/dl)	Recuperação (%)	Referência
Diluição em triton X100, NH ₄ H ₂ PO ₄ , CHCl ₃ , APDC**	850 / 1700	1,5	100 a 104	Espanha, 1987
Diluição em triton X100, NH ₄ H ₂ PO ₄ ,	700 / 1700	0,5*		Parsons e Slavin, 1993
Diluição em triton X100, NH ₄ H ₂ PO ₄ , adição de H ₂ O ₂ e HNO ₃	700 / 1600	0,5	97 a 103	Campillo et ali, 1999

*(2 s) 2 vezes o desvio padrão para o branco;

**APDC: ácido pirrolidinoditiocarbamato de amônio.

6 PARTE EXPERIMENTAL

6.1 Caracterização dos Incineradores Estudados

Os incineradores estudados estão localizados em uma zona industrial, no município de Mauá na região metropolitana de São Paulo. Estes incineradores foram escolhidos por receberem a maior parte dos RSS do município de São Paulo além de grande volume de resíduos provenientes de outros municípios do Estado. Foram contratados pela prefeitura de São Paulo para realizar o tratamento dos RSS que era feito antes pelo incinerador municipal Vergueiro como mencionado na Seção 1 do Capítulo 4. Os incineradores funcionam em usinas de tratamento de resíduos que passaremos a denominar “usina de incineração A” e “usina de incineração B”.

A triagem dos indivíduos levou em conta o tempo de serviço neste tipo de atividade. Aqueles que por qualquer razão permaneceram afastados da sua função usual nos trinta dias precedentes à coleta foram excluídos daquela etapa. Todos os funcionários da área de incineração são homens. Devido ao número limitado de funcionários nestas usinas, todos os voluntários que preencheram os requisitos foram aceitos. Cada voluntário foi pessoalmente esclarecido a respeito da pesquisa e após ter concordado, assinou o termo de consentimento. O termo de consentimento pode ser visto no Apêndice B.

Cada seqüência de coletas foi constituída por cinco dias laboráveis consecutivos. Cada trabalhador forneceu 2 amostras de urina/dia, uma antes da jornada e outra ao final. A cada seqüência de coletas os trabalhadores responderam a um questionário sob a forma de entrevista. As informações como condições de trabalho e hábitos individuais (medicamentos, tabagismo e hábito de ingestão de bebidas alcoólicas) tinham por objetivo elucidar fatores que poderiam interferir na interpretação dos resultados (Kristiansen et al., 1997). O questionário é apresentado no Apêndice C. Com base nas informações dos questionários, para cada usina de incineração, foram formados grupos homogêneos de exposição para estabelecer comparação entre os trabalhadores da área de incineração e uma outra população, o mais

semelhante possível (quanto a sexo, hábitos alimentares e qualidade da água, entre outros fatores) com exceção da área de trabalho. Na usina A foram formados dois grupos: os trabalhadores da Área de Incineração (AI) que são o objetivo principal de nosso estudo e o grupo dos trabalhadores de Outras Áreas (OA). Na usina de incineração B foi formado o grupo dos trabalhadores da Área de Incineração (AI) e o grupo de Outras Áreas (OA) foi subdividido em grupo dos trabalhadores da Área da Autoclave (AC) e grupo dos trabalhadores da Administração e Manutenção (AM).

O protocolo de pesquisa deste trabalho, o questionário e o termo de consentimento foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da FCF /USP (Apêndice A).

Descrição da usina de incineração A e trabalhadores amostrados

A usina de incineração A apresentava na ocasião deste estudo capacidade média de queima para 10 t/dia de RSS, recebendo resíduos de diferentes fontes, com predomínio de resíduos hospitalares. Os resíduos eram qualitativamente diversificados e heterogêneos a cada jornada de trabalho.

A usina possuía um único forno com sistema de alimentação e limpeza manuais e leito fixo sem grelhas (veja Seção 1 do Capítulo 4). A escória produzida era retirada todos os dias ao início do primeiro turno e destinada ao aterro industrial de classe I, localizado no mesmo terreno. O procedimento de retirada de escória do forno é denominado neste estudo por “limpeza do forno”.

A área de incineração era um galpão relativamente isolado das demais áreas da empresa. A topologia da região é tal que todas as edificações da empresa estão abaixo do nível do aterro, inclusive o próprio incinerador. Durante o trabalho de campo foi verificado que dependendo da direção dos ventos são perceptíveis os odores provenientes do aterro. A Figura 3 ilustra a distribuição espacial na área de incineração.

A área de incineração operava em três turnos de trabalho, e mantida ativa praticamente 24 horas/dia, 6 dias/semana. A carga horária dos

trabalhadores era de 8 horas diárias, 40 semanais, e esporadicamente aos sábados. Os outros setores considerados funcionavam 8 horas/dia, 5 dias/semana.

Figura 3: Ocupação do espaço no galpão de incineração, usina A.

Após o início da avaliação ambiental (veja Seção 2 do Capítulo 1) foram feitas negociações entre a FUNDACENTRO, a Prefeitura Municipal de Mauá e representantes da empresa visando melhorias no sistema de tratamento de gases. Desde então e durante todo o desenvolvimento de nosso trabalho de campo, a usina reduziu drasticamente a carga de RSS incinerada. A Tabela 14 mostra a carga incinerada nas três seqüências de coletas.

Tabela 14: Carga de RSS incinerada durante as coletas.

Seqüência de coleta	Massa (t)				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Primeira	6,5	7,0	4,0 (i)	2,0	Sem queima
Segunda	4,6	4,8	5,1	4,7	2,6
Terceira	4,9	3,9 (ii)	4,7	7,4	3,5

Observações: (i) quebra do forno, queima apenas até 13h.

(ii) parado durante a manhã para manutenção do telhado.

O número de amostras por seqüência de coletas não foi uniforme, pois contou com imprevistos relacionados aos trabalhadores. No total foram

amostrados 7 trabalhadores do grupo AI, que executavam a alimentação e limpeza do sistema, e 11 trabalhadores do grupo OA (veja Apêndice D). Os trabalhadores da área de incineração utilizavam uniforme, botas, luvas e máscaras. O uso das máscaras semi-faciais com filtros, recentemente implantado, era ainda descontínuo. Não há elementos para avaliar se a manutenção destas máscaras era adequada. A máscara utilizada era semi-facial “air toxi II” com filtro combinado para gases e poeiras, indicada para vapores orgânicos e partículas até 1000 ppm/min.

A Figura 4: ilustra a alimentação do forno, feita manualmente em intervalos de tempo pré-determinados conforme programação feita pelos operadores, por exemplo, a cada 5 minutos. Geralmente um operário determinado, fixo na função, faz a pesagem dos resíduos e os coloca em um carrinho, para que o outro funcionário os lance ao forno. Nos intervalos entre alimentações consecutivas do forno os trabalhadores geralmente permaneciam fora do galpão de incineração.

Além da operação de rotina os trabalhadores do primeiro turno eram encarregados da operação de limpeza do forno, que era realizada com pás, geralmente com a escória ainda sob fogo, como mostra a Figura 5:. O procedimento de limpeza era feito por 2 trabalhadores, um em cada lado do forno (veja Figura 3). A alimentação auxiliar de combustível (gás liquefeito de petróleo) era interrompida antecipadamente para que o forno pudesse resfriar. A operação de limpeza leva cerca de 2 horas.

Descrição da usina de incineração B e trabalhadores amostrados

A usina de tratamento de resíduos “usina de incineração B” operava dois incineradores exclusivamente para RSS, duas autoclaves e um triturador para a descaracterização do material desinfetado. Os RSS autoclavados e descaracterizados por trituração eram enviados ao aterro classe I de propriedade da usina de incineração A. Desde 2002, a usina de incineração B passou a operar na atual instalação, cuja representação esquemática de distribuição de setores pode ser visualizada na Figura 6. A disposição espacial e os equipamentos na área de incineração estão esquematizados na Figura 7.

Figura 4: Alimentação do forno, usina de incineração A.

Figura 5: Procedimento de limpeza do forno, usina de incineração A.

A usina tratava não só RSS, mas também resíduos industriais e resíduos perigosos. Os resíduos tratados por incineração variavam desde resíduos hospitalares, carcaças de animais, remédios vencidos, resíduos químicos de indústrias e laboratórios, a peças de vestuário rejeitados pelo controle de qualidade. Para o tratamento de resíduos líquidos havia um moinho triturador de frascos com posterior adição de serragem.

Os dois fornos da usina de incineração B operavam com sistema de alimentação de batelada semi-automático. Os resíduos eram elevados a uma antecâmara do incinerador por empilhadeira e empurrados para dentro do forno por um sistema de êmbolo. Havia necessidade de interferência humana para lançar os resíduos da empilhadeira para a antecâmara, Figura 8.

Os fornos eram de leito fixo, sem grelhas (veja Seção 1 do Capítulo 4) e operavam em um turno de 8 horas/dia, 5 dias/semana de trabalho. A limpeza era feita de modo manual, sendo necessário que os trabalhadores entrassem no forno para remover a escória com picaretas e britadeira. Cada forno antes de ser aberto para este procedimento permanecia inoperante desde o término da jornada anterior (mais de 12h). A escória produzida era retirada dos dois fornos uma vez por semana e enviada ao aterro classe I já mencionado. O procedimento completo por ocasião das coletas demora cerca de um dia e meio de trabalho, havendo revezamento de operários na função. A usina de incineração B não realizou pesagens dos resíduos incinerados e aparentemente não fez registros da quantidade de carga incinerada.

Figura 6: Esquema de distribuição de setores na usina de Incineração B.

Figura 7: Ocupação do espaço, galpão de incineração, usina de incineração B.

Figura 8: Alimentação do forno, usina de incineração B.

Figura 9: Procedimento de limpeza, usina de incineração B.

6.2 Coleta, Armazenagem e Tratamento das Amostras

6.2.1 Sangue

Foi realizada uma única coleta de sangue para determinação de chumbo conforme indicação da NR 7 (MTE, 1994; ACGIH, 2003).

Após a higienização e assepsia local com solução anti-séptica (álcool a 70%) foram recolhidos 5ml em tubo plástico (BD, São Paulo) contendo heparina. A coleta do sangue foi feita por punção venosa com agulha descartável e sistema a vácuo (“vacuntainer”). As amostras foram coletadas por Auxiliar de Enfermagem habilitada, em ambiente isento de contaminações de fumos metálicos. Imediatamente após a coleta foi feita a homogeneização da amostra. As amostras foram mantidas a 4°C, transportadas em caixas térmicas com gelo e armazenadas sob refrigeração até o momento de preparo da amostra. O fluido biológico coletado foi manipulado de acordo com os princípios de boas práticas de transporte de material biológico e princípio das Boas Práticas de Laboratório (BPL) e recomendações gerais quanto à armazenagem de sangue para determinação de metais (ABNT, 2000; ABNT, 2002). Em capela de fluxo laminar classe 100 (Veco, Campinas, SP) as amostras foram aliquotadas em tubos “eppendorf” e permaneceram armazenadas em geladeira até o momento da análise.

Todo material ou vidraria utilizada na manipulação das amostras (ponteiras, eppendorfs, tubos de coleta) passou por esterilização química através da imersão em solução de formaldeído aquoso a 8% por no mínimo 10 horas em temperatura ambiente, e em seguida lavado ou descartado. O fluido biológico coletado sofreu esterilização química por tratamento com solução de hipoclorito de sódio, por um mínimo de 12 horas ou autoclavagem, antes de ser descartado.

6.2.2 Urina

Foram coletados de 50ml a 100ml de urina em cada amostragem. A amostragem do início da jornada foi realizada logo na chegada do trabalhador

à usina. A amostragem do final da jornada foi realizada após banho completo do trabalhador (ABNT, 2002).

Para as coletas de urina foram utilizados frascos de polietileno previamente descontaminados (ABNT, 2000). Cada trabalhador foi instruído para coleta de única micção (ABNT, 2002). As amostras foram mantidas sob refrigeração até serem conduzidas ao laboratório no mesmo dia, onde foram armazenadas à temperatura de 4°C até o momento de preparo da amostra e análise (ABNT, 2000; ABNT, 2002).

Todo material e vidraria utilizados na manipulação das amostras passou por esterilização química através da imersão em solução de formaldeído aquoso a 8% por um mínimo de 10 horas em temperatura ambiente, em seguida lavado ou descartado. O fluido biológico foi descartado, após tratamento com solução desinfetante.

6.2.3 Pré-tratamento das amostras

Para cada amostra de urina foram retiradas duas alíquotas, uma para a determinação da concentração de creatinina determinada em 24h e outra para a determinação de arsênio, que foi congelada imediatamente ao chegar ao laboratório. Em seguida, o restante de cada amostra recebeu a adição de ácido nítrico suprapuro (65%) (Merck, Darmstadt, Alemanha) para preservação das amostras. A amostra foi homogeneizada para cada determinação de metal realizada.

6.3 Instrumentação

Para homogeneização e preparo das amostras foram utilizados um banho de água quente a 60°C (FANEM, São Paulo, SP) e uma centrífuga modelo 204-N (FANEM, São Paulo, SP).

Os sinais de absorbância para creatinina em 510 nm foram obtidos empregando-se um espectrofotômetro UV-VIS-NIR, modelo Cary 500 Scan-

EL 00013049 (Varian, Harbor City, USA) gerenciado por software “Cary Win UV”. Foram utilizadas cubetas de quartzo.

Durante todo o desenvolvimento das determinações de berílio, cádmio, níquel e chumbo foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (Analyst AA800) fabricado pela Perkin Elmer (Taipei, Taiwan) gerenciado por software “WinLab 32TM for AA” versão 5.2. Foi utilizado forno de grafite com aquecimento transversal (THGA), corretor de radiação de fundo com efeito Zeeman longitudinal e amostrador automático (AS800). Para o desenvolvimento das determinações de arsênio e mercúrio por HG-AAS e CV-AAS respectivamente, foi empregado o mesmo equipamento (Analyst AA800) acoplado a sistema de geração de hidreto/vapor frio com sistema de injeção em fluxo e amostrador automático AS93Plus (Perkin Elmer, Taipei, Taiwan).

A Tabela 15 apresenta parâmetros instrumentais para a fonte primária de radiação empregada em cada uma das determinações. Todas as lâmpadas são de fabricação Perkin Elmer.

Tabela 15: Parâmetros instrumentais da fonte de radiação.

Parâmetro				
Analito	λ*(nm)	i** (mA)	Fenda (nm)	Lâmpada
As	193,7	380	0,7	EDL***
Hg	253,7	185	0,7	EDL***
Cu	324,8	10	0,7	HCL****
Be	234,9	30	0,7	HCL****
Cd	228,8	230	0,7	EDL***
Ni	232,0	25	0,2	HCL****
Pb	283,3	440	0,7	EDL***

*λ: comprimento de onda

**i: corrente de operação da lâmpada

***EDL: lâmpada de descarga sem eletrodo

**** HCL: lâmpada de catodo oco

Como gás protetor do tubo de grafite e gás de purga na ET-AAS foi utilizado argônio 99,999% v/v (White Martins, São Paulo, SP). Em todos os programas de aquecimento a vazão de argônio para proteção da superfície externa do tubo de grafite foi fixada em 200 ml/min e a vazão do fluxo interno de argônio como gás de purga, durante as etapas de secagem, pirólise e limpeza foi fixada em 250 ml/min conforme as recomendações do fabricante. O fluxo de argônio como gás de purga foi interrompido na etapa de atomização.

A Tabela 16 apresenta as condições instrumentais utilizadas para a bomba peristáltica (do sistema de geração de hidretos e vapor frio) nas determinações de arsênio e mercúrio.

Tabela 16: Parâmetros instrumentais da bomba peristáltica.

Etapa	Tempo (s)	Velocidade (rpm)
Preenchimento	15	100
Mistura	10	100
Injeção	35	100

A Tabela 17 apresenta parâmetros instrumentais do sistema de geração de hidretos e vapor frio e de detecção para a determinação de arsênio e mercúrio.

Tabela 17: Parâmetros instrumentais para determinação de As e Hg.

Parâmetro			
Analito	Alça de preenchimento (µl)	Bobina de reação (cm)	Temperatura da cela (°C)
As	500	30	900
Hg	500	30	100

Na utilização do equipamento para determinações por HG-AAS e CV-AAS foi utilizado nitrogênio 99,999% (White Martins, São Paulo, SP) como gás inerte de transporte.

6.4 Reagentes e Soluções

A água utilizada para preparar as soluções analíticas de referência, soluções dos modificadores químicos e dos reagentes foi destilada, bi-desionizada em colunas de troca iônica e catiônica (Permutation, Curitiba, PR), tratada por osmose inversa em sistema de purificação RIOs (Millipore, Bedford, USA) e por sistema de ultrapurificação Milli Q (Millipore, Bedford, USA), alcançando elevado grau de pureza (18,2 MO/cm).

As soluções foram preparadas utilizando-se ácido nítrico ultrapuro 65% (Merck, Darmstad, Alemanha) ou ácido clorídrico grau p.a. (Merck, Darmstad, Alemanha).

Para determinação de creatinina foi utilizado o kit para dosagem de creatinina (Labtest Diagnóstica, Rio de Janeiro, Brasil), nº de catálogo 35.

No preparo das soluções de modificadores de matriz foi utilizada uma solução de fosfato de amônio dihidrogenado (Perkin Elmer, USA), uma solução de nitrato de paládio (Perkin Elmer, USA), Triton-X 100 (Merck, Darmstad, Alemanha) e nitrato de magnésio suprapuro (Merck, Darmstad, Alemanha).

No preparo das soluções para produção de hidreto e geração de vapor frio foram empregados os seguintes reagentes:

- Hidróxido de sódio grau p.a. (Merck, Darmstad, Alemanha),
- Borohidreto de sódio grau p.a. (Merck, Darmstad, Alemanha),
- Cloreto estanhoso grau p.a. (Merck, Darmstad, Alemanha),
- L-Cisteína para fins bioquímicos (Merck, Darmstad, Alemanha),
- Emulsão de silicone antiespumante DB110A (Dow Corning, Midland, USA)

As soluções estoque foram preparadas por diluição a partir de soluções Tritisol (Merck, Darmstad, Alemanha) 1000mg/L para cada um dos elementos (As, Be, Cd, Cu, Hg, Ni e Pb). As soluções analíticas de referência analíticas de referência foram preparadas através de diluições sucessivas das soluções estoque em meio ácido 1%, utilizando ácido nítrico ultrapuro 65% Merck (Darmstad, Alemanha) e conservadas a 4°C. Para as soluções de As foi empregado ácido clorídrico 0,03M.

Para a otimização dos métodos e para curva analítica de referência para determinação de berílio e níquel foram utilizadas soluções em urina. Preparou-se uma mistura de urina, obtida de voluntários não expostos ocupacionalmente e não fumantes, servidores da FUNDACENTRO. A mistura homogeneizada foi tratada como uma amostra real, armazenada sob refrigeração. No momento da utilização esta amostra de urina foi enriquecida com solução padrão dos respectivos elementos de interesse.

As soluções analíticas de referência foram preparadas nas seguintes concentrações:

- As: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0; 10,0 µg/L.
- Be: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 5,0; 8,0; e 10,0 µg/L (em urina 1:2).
- Cd: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 1,8; 2,0 µg/L.
- Cu: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0; 10,0 µg/L.
- Hg: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0; e 10,0 µg/L.
- Ni: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; e 50,0 µg/L.
- Pb: 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; e 50,0 µg/L.

6.5 Materiais de Referência

Foi utilizado material certificado para urina Nist (National Institute of Standards and Technology) 2670, urina liofilizada com níveis normais de metais ou níveis elevados. O material foi reconstituído com água de elevado grau de pureza, seguindo as recomendações do fabricante.

Foi utilizado material certificado para sangue PICC (Interlaboratory Quality Control Program) Amostra M871, material foi cedido pelo Instituto Adolfo Lutz.

6.6 Procedimentos Gerais

Toda a vidraria e frascos de polietileno para armazenamento de soluções e amostras foram lavados com detergente neutro Extran (Merck), enxaguados, mantidos em solução de HNO₃ 10% v/v por um mínimo de 48h e enxaguados em água destilada e deionizada.

A fim de evitar contaminações do ambiente as preparações de soluções analíticas de referência, modificadores de matriz e a manipulação das

amostras foram realizadas em capela de fluxo laminar classe 100 (Veco, Campinas, SP). Para o preparo de amostras utilizou-se o princípio do frasco único, em que uma alíquota da amostra é adicionada ao copo do amostrador automático como auxílio de uma pipeta de volume ajustável (Eppendorf, Westbury, New York, USA) seguida da adição do diluente e a homogeneização feita enchendo-se e esvaziando-se sucessivamente a ponteira com a mistura.

No preparo e diluição das soluções foram empregadas pipetas automáticas de volume ajustável (10 a 40; 40 a 200, 200 a 1000 e 1000 a 5000 µg/L) (Labsystems, Helsinki, Finlândia) com ponteiras descartáveis.

As medidas de sinal analítico foram baseadas na área integrada do sinal de absorbância. A leitura de sinal foi feita na etapa de atomização. Para o desenvolvimento dos métodos os resultados foram a média de três replicatas independentes. Para as determinações das amostras o resultado foi a média de três leituras de mesma amostra.

6.7 Otimização dos Parâmetros Analíticos

Esta seção descreve resumidamente os ensaios realizados para otimização dos parâmetros analíticos para o estabelecimento dos procedimentos para as determinações dos elementos de interesse. A otimização para os elementos determinados por ETAAS é resumida em um único tópico.

6.7.1 Parâmetros analíticos para determinação de As

Foram testadas as condições recomendadas por Guo et al. (1997), utilizando solução aquosa para a curva analítica. Foram testadas variações nas concentrações de ácido clorídrico e de L-cisteína, e o tempo necessário para a pré-redução e a estabilidade dos reagentes. Foram realizados ensaios com variações das vazões de reagentes no sistema de geração de hidretos em fluxo para obtenção da máxima absorbância.

6.7.2 Parâmetros analíticos para determinação de Hg

Foram testadas as condições recomendadas por Zenebon et al. (1999). Foi testado o tempo de pré-tratamento da amostra, a estabilidade da amostra preparada e as vazões dos reagentes no sistema de geração de vapor frio.

Foram realizadas determinações de mercúrio na urina em presença de cobre, variando-se a concentração de cobre até 50mg/L para verificação de ocorrência de interferência. Para conhecimento da concentração de cobre nas amostras reais foram feitas determinações de cobre para 30 amostras aleatórias.

6.7.3 Parâmetros analíticos para determinação de Be, Cd, Cu e Ni

Para determinação dos elementos por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite foram determinadas as curvas de pirólise e atomização em soluções aquosas e soluções em urina em diferentes concentrações. Foram otimizadas as temperaturas de pirólise e atomização.

As curvas de pirólise e atomização foram realizadas na ausência de modificador de matriz e na presença de alguns modificadores de matriz, alterando as quantidades dos mesmos.

Para a determinação de berílio foram testados como modificadores de matriz o nitrato de magnésio e a mistura nitrato de magnésio com nitrato de paládio.

Para determinação de cádmio foram testados dihidrogenofosfato de amônio, nitrato de paládio, a mistura nitrato de paládio com dihidrogenofosfato de amônio, e a mistura nitrato de paládio com nitrato de magnésio.

Para a determinação de cobre foi testada apenas a mistura nitrato de paládio com nitrato de magnésio como sugerido pelo fabricante do equipamento.

Para a determinação de níquel foi testada a adição de nitrato de magnésio como modificador de matriz.

A Tabela 18 apresenta o programa de aquecimento utilizado durante este estudo. A temperatura de amostragem foi de 20°C. O volume de amostra injetada no forno foi 20µl.

Tabela 18: Programa de aquecimento nas determinações de Be, Cd, Cu e Ni

Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (s)		Fluxo de gás (ml/min)
		Rampa	Patamar	
Secagem	110	1	30	250
Secagem	130	15	30	250
Pirólise	Ti*	10	20	250
Atomização	Ta**	0	ta***	0
Limpeza	2400	1	4	250

*Ti: temperatura de pirólise

**Ta: temperatura de atomização

***ta: tempo de patamar, etapa de leitura

Foram determinadas e comparadas as curvas analíticas de referência nas condições otimizadas para cada determinação em solução aquosa, solução em urina e solução em urina diluída.

6.8 Procedimentos para as Determinações Analíticas nas Amostras

Esta seção descreve os procedimentos para as determinações de creatinina, As, Hg, Be, Cd, Ni na urina e Pb em sangue. As temperaturas de pirólise e atomização são apresentadas nos resultados (seção 1, capítulo 7).

6.8.1 Procedimento para determinação de creatinina urinária

Para a determinação de creatinina foi empregado um método colorimétrico com utilização de conjunto de reagentes da Labteste Diagnóstica (Rio de Janeiro).

A amostra foi homogeneizada antes de ser alíquotada. Uma alíquota de 0,2 ml de urina foi diluída em 4,8 ml de água deionizada. O procedimento para a adição dos reagentes foi resumido na Tabela 19 para obtenção do padrão (4mg/dl de creatinina), do branco analítico e da amostra real para leitura de absorbância em seguida.

Tabela 19: Procedimento para determinação de creatinina na urina.

Componente	Preparação		
	Padrão (ml)	Branco (ml)	Amostra real (ml)
1. Tampão: hidróxido de sódio 208mmol/l, tetraborato de sódio 12,7mmol/l e surfactante	2,0	2,0	2,0
2. Amostra previamente diluída			0,25
3. Água deionizada		0,25	
4. Padrão de creatinina (4mg/dl)	0,25		
5. Solução de ácido pícrico 44,4mmol/l	0,5	0,5	0,5

O ensaio foi realizado em tubo de ensaio. Após a adição dos reagentes na ordem indicada na Tabela 19, a mistura foi mantida a 37°C por 10 minutos. Foram determinados os valores de absorbância do padrão e das amostras reais em 510nm, ajustando-se o zero de absorbância com o branco. Esta leitura de absorbância medida será referida como A1.

Em seguida, esta mistura da qual mediu-se a absorbância foi acidificada com 0,1 ml de solução de ácido acético (11,4 mol/l). As misturas permaneceram por 5 minutos à temperatura ambiente. Ajustou-se o zero de absorbância com o branco e fez-se nova medida de absorbância para cada amostra. Esta nova leitura será referida como A2.

A absorbância que corresponde à creatinina de cada amostra foi obtida pela diferença entre as leituras A1 e A2. A concentração de creatinina foi obtida comparando-se a absorbância obtida com aquela referente ao padrão de 4mg/dL.

6.8.2 Procedimento para determinação de arsênio urinário

Uma alíquota de 2 ml da amostra foi previamente tratada com solução de L-cisteína (5%) por 30 minutos à temperatura ambiente e em seguida foi diluída com ácido clorídrico (0,03M) até completar o volume de 10 ml.

Através de sistema de injeção em fluxo a amostra foi reduzida por borohidreto de sódio (0,5%) em solução de hidróxido de sódio (0,5%). Foi

utilizado o ácido clorídrico (0,03M) como solução carregadora. A arsina gerada foi quantificada em cela de quartzo por AAS. As soluções analíticas de referência em meio aquoso foram previamente tratadas com L-cisteína da mesma forma que as amostras para serem utilizadas na calibração do espectrômetro de absorção atômica. A Tabela 21 apresenta os parâmetros de operação da bomba peristáltica.

6.8.3 Procedimento para determinação de mercúrio urinário

Uma alíquota de 2 ml da amostra foi tratada com adição de 1 ml de ácido nítrico (65%) por uma hora à temperatura ambiente e em seguida foi diluída em água ultrapura até completar o volume final de 10ml.

Foi utilizado sistema de injeção da amostra em fluxo. O mercúrio foi reduzido com cloreto estanhoso (5%) em ácido clorídrico (5%), usando ácido clorídrico (3%) como solução carregadora. O vapor de mercúrio gerado foi quantificado em cela de quartzo por AAS. As soluções analíticas de referência em meio aquoso foram pré-tratadas com ácido nítrico da mesma forma que as amostras para serem utilizadas na calibração do espectrômetro de absorção atômica. A Tabela 24 (página 89) apresenta os parâmetros de operação da bomba peristáltica.

6.8.3.1 Estudo da determinação de mercúrio urinário por absorção atômica pela geração de vapor frio na presença de cobre

Efeito da presença do cobre na urina

Foram realizadas determinações de mercúrio em amostras de urina adicionadas. Para mercúrio as concentrações foram 1µg/l; 5µg/l e de 10µg/l. Foram utilizadas concentrações de cobre de 1µg/l a 50mg/l, o que equivale a proporções de 1:1 a 1: 50.000 mercúrio:cobre. Utilizou-se como resultado a média de seis leituras. Foi empregado o mesmo procedimento já descrito para as análises de mercúrio em amostras reais.

Determinação de cobre na urina

A fim de conhecer a ordem de grandeza do cobre urinário dos trabalhadores amostrados, foram sorteadas 30 amostras dentre todas as coletas e foi realizada a determinação de cobre urinário por ET-AAS.

As análises das amostras envolveram pré diluição 1:2 em ácido nítrico 0,2% v/v. Foi utilizada a mistura de 15µg de nitrato de magnésio com 5µg de nitrato de paládio como modificador de matriz. A Tabela 18 mostra o programa de aquecimento utilizado para obtenção das curvas de temperatura de pirólise e atomização para o cobre.

6.8.4 Procedimento para determinação de berílio urinário

A análise de cada amostra envolveu pré-diluição 1:2 em ácido nítrico 0,2% v/v. Foram utilizados 15µg de nitrato de magnésio como modificador de matriz. A Tabela 18 mostra o programa de aquecimento utilizado para obtenção das curvas de temperatura de pirólise e atomização para o berílio. As soluções analíticas de referência foram preparadas em urina 1:2 para serem utilizadas na calibração do espectrômetro de absorção atômica.

6.8.5 Procedimento para determinação de cádmio urinário

A análise da amostra envolveu pré-diluição 1:2 em ácido nítrico 0,2% v/v. Foram utilizados 50µg de dihidrogenofosfato de amônio como modificador de matriz. A Tabela 18 mostra o programa de aquecimento utilizado para obtenção das curvas de temperatura de pirólise e atomização para o cádmio. Na calibração do espectrômetro de absorção atômica foram empregadas soluções analíticas de referência em solução aquosa.

6.8.6 Procedimento para determinação de níquel urinário

A análise de cada amostra envolveu pré diluição 1:2 em ácido nítrico 0,2% v/v. A Tabela 18 mostra o programa de aquecimento utilizado para obtenção das curvas de temperatura de pirólise e atomização para o níquel. Na calibração do espectrômetro de absorção atômica foram empregadas soluções analíticas de referência em solução aquosa.

6.8.7 Procedimento para determinação de chumbo sanguíneo

A análise de cada amostra envolveu diluição 1:10 (100 µl da amostra em 900 µl de solução diluente). A diluição foi realizada em capela de fluxo laminar. A solução diluente foi composta por dihidrogenofosfato de amônia (0,2%) v/v, triton-X (0,5%) p/v e ácido nítrico concentrado (0,2%) v/v (Parsons e Slavin 1993; Santos 2004). Os padrões e amostras foram analisados em triplicata. A Tabela 20 mostra o programa de aquecimento utilizado.

Tabela 20: Programa de aquecimento para determinação de chumbo.

Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (s)		Fluxo de gás (ml/min)
		Rampa (s)	Platô (s)	
Secagem	130	10	5	250
Secagem	200	05	5	250
Pirólise	700	1	15	250
Atomização	1700	0	5	0
Limpeza	2400	1	2	250

Soluções analíticas de referência em solução aquosa foram empregadas na calibração do espectrômetro de absorção atômica.

6.9 Procedimentos para Validação dos Métodos Analíticos

No processo de validação dos métodos propostos foram avaliados parâmetros de desempenho do método (limite de detecção, limite de quantificação, faixa de trabalho linear e linearidade), parâmetros de exatidão (erro relativo e tendência) e parâmetros de precisão (repetitividade e precisão intermediária) conforme descritos a seguir.

6.9.1 Limite de Detecção e o Limite de Quantificação

O limite de detecção e limite de quantificação foram calculados como sendo respectivamente três e dez vezes o desvio padrão (Thompson et al. 2002) para vinte leituras consecutivas do branco analítico. O resultado foi a média para 7 replicatas independentes.

6.9.2 Faixa linear de trabalho e linearidade

A faixa linear de trabalho cobre a faixa de aplicação para o qual o ensaio vai ser usado. A concentração mais baixa deve ser superior ao limite de detecção, o limite superior depende da resposta linear do equipamento. Foi escolhida através da determinação de curvas analíticas de referência (com seis concentrações de referência) em sete replicatas independentes (INMETRO, 2003).

Para determinação da linearidade foi calculado o coeficiente de correlação linear (r) para a curva analítica de referência (INMETRO, 2003). Neste trabalho estabelecemos como limite de aceitação valor mínimo de 0,98 para r^2 (ANVISA, 2003). A avaliação da faixa de linearidade do método foi feita pela determinação do analito em soluções de referência aquosas (de urina 1:2, no caso do berílio) para obter as concentrações desejadas. As concentrações foram as indicadas para as curvas analíticas de referência indicadas na seção 6.4. As soluções analíticas de referência e o branco foram analisados segundo os procedimentos descritos para cada analito.

6.9.3 Exatidão e tendência (Bias)

A exatidão, definida como a concordância entre o resultado de um ensaio e o valor de referência aceito, foi expressa neste trabalho através do erro relativo (ER) (INMETRO, 2003).

A tendência (ou Bias) foi expressa como recuperação analítica (valor observado/ valor esperado) (INMETRO, 2003).

$$ER = \frac{(X_e - X_v)}{X_v} \times 100$$

X_e = valor experimental

X_v = valor aceito como verdadeiro

Para as determinações de exatidão e tendência foram feitas determinações em sete replicatas independentes dos materiais certificados.

6.9.4 Parâmetros de Precisão

A precisão, isto é, a avaliação da dispersão dos resultados entre ensaios independentes, repetidos de uma mesma amostra, foi determinada neste trabalho através de dois parâmetros: repetitividade e precisão intermediária.

O INMETRO (INMETRO, 2003) sugere a precisão expressa em desvio padrão, entretanto julgamos mais adequado aqui utilizar o desvio padrão relativo (DPR) ou coeficiente de variação (CV%), como indicado pela ANVISA (ANVISA, 2003) pois fornece um parâmetro que já relaciona à média. Outra vantagem é que a ANVISA inclui o limite de aceitação de 15%.

A repetitividade foi expressa quantitativamente pelo desvio padrão relativo para determinação de soluções analíticas de referência em três concentrações, em sete replicatas independentes analisadas no mesmo dia.

A precisão intermediária foi expressa quantitativamente pelo desvio padrão relativo para determinação de soluções analíticas de referência em três concentrações, em sete replicatas independentes analisadas em dias diferentes.

$$\text{DPR} = \frac{\text{DP}}{\text{CMD}} \times 100$$

DP: desvio padrão de 7 replicatas

CMD: concentração média determinada

6.10 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas por Análise de Variância com Repetição, ANOVA, verificando-se dois fatores e suas interações (grupo, dia da semana, função, turno), teste t de Student e teste de Qui Quadrado. Para tanto foi empregado o software estatístico SAS/STAT versão 8.20, ano 2000 e versão 9.1 no 2002 – 2003, de SAS Institute Inc.; Carolina do Norte, EUA.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos em duas seções. A primeira descreve os resultados da otimização da metodologia analítica apresentada no capítulo 6. A segunda seção é dedicada aos resultados das determinações dos elementos de interesse nas amostras biológicas dos trabalhadores,

7.1 Métodos Analíticos

7.1.1 Arsênio Urinário

Foram estudadas as condições propostas em métodos já existentes (Guo et al. 1997, Le et al., 1994, Welz e Sucmanová, 1993) os quais não sofrem interferência da dieta referente a peixes e crustáceos por não promoverem a redução de espécies como a arsenobetaina e arsenocolina oriundas da ingestão de arsênio através de frutos do mar. Como apresentado na seção 1 do capítulo 5, a excreção do arsênio na urina após exposição ocupacional dá-se sob as formas de arsênio inorgânico (As(III) e As(V)) e de seus derivados metilados (MMA e DMA) resultantes da biotransformação.

O tratamento prévio das amostras com solução de L-cisteína 5%*m/v*, descrito no item 6.8.2, teve por objetivo promover a pré-redução do As(V) e espécies metiladas a As(III). Constatamos por ensaios de recuperação que 30 minutos são suficientes para a reação completa. Comparando-se o procedimento otimizado com o original foram ajustados o volume de L-cisteína e sua concentração devido à dificuldade de solubilização deste reagente em solução aquosa.

A utilização de emulsão antiespumante foi importante no controle da liberação de gás durante a reação da redução em fluxo. Seu emprego evitou a interrupção do sinal analítico por formação de bolhas.

O ponto mais crítico da análise é a neutralização correta do hidróxido de sódio para permitir a redução do arsênio à arsina por borohidreto de sódio. Testadas concentrações diferentes para o ácido clorídrico a concentração

ótima para o ácido clorídrico foi de 0,03mol/L, conforme empregado por Guo et al. (1997). A redução da formação da arsina foi bastante sensível a variações de pH.

O sinal de absorbância foi maximizado através da variação do tempo de leitura do sinal analítico, do tempo do preenchimento do sistema de injeção em fluxo e a variação das vazões das soluções. As condições ótimas de vazão das soluções são apresentadas na Tabela 21. O fluxo de nitrogênio teve um papel importante na leitura do sinal analítico da arsina gerada e no rendimento da redução pois é dependente do fluxo do gás de transporte. Apesar destas otimizações observou-se a formação esporádica de picos duplos no sinal de absorbância por diferença cinética na redução das espécies.

Tabela 21: Parâmetros de fluxo da bomba peristáltica, determinação de As.

Solução	Vazão (ml/min)
Gás de arraste (N ₂)	38 – 40
Carregador	7,8
Solução redutora	4,6
Amostra	5,0
dreno	15,0

Os resíduos de arsênio gerados no laboratório foram recolhidos separadamente para precipitação e posterior destinação a aterro classe I.

O método mostrou-se bastante sensível e os parâmetros de validação alcançados para o procedimento, sua reprodutibilidade, precisão e exatidão foram considerados suficientes para realização de determinações de arsênio urinário para monitorização biológica de exposição ocupacional. A leitura do sinal analítico foi realizada em absorbância integrada. O valor do erro relativo foi de 5,670% e a tendência (bias) foi 1,057. Os demais parâmetros de desempenho do método são apresentados na Tabela 22. Os parâmetros de precisão alcançados são apresentados na Tabela 23.

Tabela 22: Parâmetros da validação do método para determinação de As.

Parâmetro	Resultado
Limite de Detecção	0,0380µg/l
Limite de Quantificação	0,1280µg/l
Faixa Linear de Trabalho	0,5µg/l a 10µg/l
Linearidade (r^2 *)	0,997

* r: coeficiente de correlação

Tabela 23: Parâmetros de precisão para determinação de As.

Concentração	Parâmetro de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
1,0 µg/l	1,75	3,75
5,0 µg/l	0,300	4,69
10,0 µg/l	1,71	3,52

7.1.2 Mercúrio Urinário

O método otimizado determina a concentração de mercúrio inorgânico por geração de vapor frio através de injeção da amostra em fluxo (FIAS) baseado nos métodos já propostos pela literatura Zenebon et al. (1999) e Coyle e Hartley (1981). A possibilidade de determinação do mercúrio apenas sob a espécie de mercúrio inorgânico decorre da constatação de que a exposição ocupacional dá origem à excreção de mercúrio na suas formas inorgânicas, principalmente Hg(II), conforme mencionado na seção 1 do capítulo 5. A excreção de pelo menos 90% do metil mercúrio ocorre pelas fezes e, portanto, não justifica a determinação de organomercuriais neste trabalho. A determinação apenas sob a forma de mercúrio inorgânico representa uma economia de tempo de análise (Zenebon et al., 1999) e minimiza a necessidade de manipulação da amostra, quando comparada com a determinação de mercúrio total.

Comparada com a determinação do arsênio, a determinação de mercúrio em fluxo mostrou-se mais estável frente a variações do fluxo de gás de transporte e do pH. Salientamos que as amostras foram analisadas à medida que foram preparadas. Checamos por ensaios de adição e recuperação que as amostras preparadas e diluídas para análise (mantidas

fechadas e sob refrigeração) apresentaram estabilidade de no mínimo 5 horas (período testado) sem perda de sinal. A solução de cloreto estanhoso e as soluções analíticas de referência necessitaram ser preparadas diariamente.

O emprego de amostrador automático para injeção da amostra representou um aumento significativo na frequência analítica e melhoria dos parâmetros de validação quando comparados à injeção manual das soluções. As condições ótimas de vazão das soluções são apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24: Parâmetros de fluxos da bomba peristáltica, determinação de Hg.

Componente	Vazão (ml/min)
Gás de arraste (N ₂)	80 a 100
Carregador	8,0 a 9,0
Solução redutora	5,0 a 6,0
Amostra	4,0
Dreno	15,0

O método mostrou-se sensível e os parâmetros de validação alcançados para o procedimento, sua reprodutibilidade, precisão e exatidão foram considerados suficientes para realização de determinações de mercúrio urinário para monitorização biológica de exposição ocupacional. A leitura do sinal analítico foi realizada em absorbância integrada. O valor do erro relativo foi de 0,5714% e a tendência (bias) foi 0,9943. Os demais parâmetros de desempenho do método são apresentados na Tabela 25. Os parâmetros de precisão alcançados são apresentados na Tabela 26 .

Tabela 25: Parâmetros de desempenho para determinação de Hg.

Parâmetro	Resultado
Limite de Detecção	0,0672µg/l
Limite de Quantificação	0,2239µg/l
Faixa Linear de Trabalho	0,5 a 10 µg/l
Linearidade (r ² *)	0,998

* r : coeficiente de correlação

Tabela 26: Parâmetros de precisão para determinação de Hg.

Concentração	Parâmetro de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
0,5 µg/l	3,4	5,23
5,0 µg/l	1,84	6,14
10,0 µg/l	1,48	2,74

Os resíduos de mercúrio gerados nas análises foram recolhidos separadamente para precipitação e posterior destinação.

Foi testada a interferência da presença de cobre sobre a determinação de mercúrio por este procedimento, conforme apresentado na seção 5 do Capítulo 6. Considerou-se interferência uma supressão de 10% do sinal. Ressaltamos que a monitorização ambiental não encontrou níveis de cobre acima dos valores preconizados pela legislação (Intima, 2004). Não observamos interferência na faixa de concentração de cobre do valor de 50 µg/g creatinina até 50mg/g creatinina. A concentração de 50 µg/g creatinina corresponde ao valor de referência na população em geral (UCL, 2002).

7.1.2.1 Determinação de Mercúrio Urinário na Presença de Cobre

Elementos que possam ser reduzidos juntamente com o mercúrio, tanto para suas formas elementares como para a forma de hidretos voláteis, representam potenciais interferentes na determinação de mercúrio pela técnica de geração de vapor frio. Alguns metais como ouro, platina e cobre podem interferir nestas determinações, ao amalgamar-se com o mercúrio já reduzido. Para evitar possíveis interferências, têm sido utilizados reagentes mascarantes ou padrões internos, empregando-se como agente redutor principalmente o tetrahidroborato de sódio ou o cloreto estanhoso (Wigfield e Eatock, 1987; Ngim e Foo, 1988; Takase, 2002).

Como o cobre é um metal essencial para o ser humano ele é absorvido pelo organismo. Como acontece em outros países, a legislação brasileira não estabelece valores de referência para monitorização biológica deste elemento. Entende-se que este parâmetro é de interesse limitado

dentro da estrutura da monitorização de exposições ocupacionais (UCL, 2002). Os parâmetros disponíveis foram estabelecidos para população geral pela UCL e FIOH. Para o cobre urinário o valor de referência para UCL para a população não exposta é de até 50µg/g creatinina (UCL, 2002); e para a FIOH está entre 5,1 µg/l a 31,8 µg/l (FIOH, 2004). Para garantir que os resultados apresentem confiabilidade analítica, estes ensaios foram realizados na presença de cobre acima do valor máximo esperado.

Foram realizadas determinações de mercúrio na presença de cobre na faixa de concentração de cobre de 5 µg/L a 50 mg/L (1000 vezes maior que o valor máximo esperado para a população em geral). Foram comparadas as áreas dos picos para todas as amostras adicionadas com e sem cobre, em diversas proporções. A Figura 10 apresenta a porcentagem de recuperação das soluções de referência preparadas em urina com três concentrações de mercúrio de 1 µg/l, 5 µg/l e 10 µg/l.

Figura 10: Recuperação em porcentagem para as três concentrações de Hg para diferentes concentrações de Cu adicionado.

Em todos os casos verificou-se recuperação quantitativa sem supressão de sinal do mercúrio através dos cálculos de recuperação percentual, indicando que nestas condições não houve interferência do cobre. A Figura 11 e a Tabela 27 resumem os dados relativos à curva analítica de referência para mercúrio em presença de cobre na amostra. Pode-se observar que os coeficientes angulares das retas (as curvas analíticas) nas diferentes concentrações de cobre é praticamente o mesmo. Isto indica que a

concentração de mercúrio varia de igual modo nestas diferentes concentrações de cobre. Este estudo indica que o método descrito por Zenebon e colaboradores empregando SnCl_2 como redutor (Zenebon et al. 1999) é satisfatório para determinação de mercúrio urinário, ainda que a proporção Hg:Cu seja da ordem de 1: 50.000.

Figura 11: Curva analítica de referência para Hg na presença de Cu.

Tabela 27: Parâmetros das curvas analíticas de referência para Hg, em função da adição de Cu.

Cu (ug/l)	coeficiente angular (s. $1/\mu\text{g Hg}$)	r^2 *
0	0,0059	0,9999
10	0,0058	1,000
1000	0,0060	1,000
5000	0,0057	0,9998
50000	0,0062	0,9985

*r: coeficiente de correlação linear

Foi determinada a concentração de cobre urinário em 30 amostras, sorteadas entre diferentes seqüências de coletas, conforme descrito na seção 5 do capítulo 6.

Para realizar esta determinação, foram estabelecidas as curvas de pirólise e atomização utilizando soluções analíticas de referência e empregando como modificador de matriz uma mistura de $15\mu\text{g}$ de nitrato de magnésio e

5µg de nitrato de paládio. Através destas curvas foi determinada a temperatura de pirólise em 1200 °C, a temperatura de atomização em 2000°C e o tempo de atomização em 5 segundos.

Metade das amostras correspondia a trabalhadores da área de incineração (AI) e metade dos trabalhadores de outras áreas (OA). O valor médio para o grupo AI foi de $6,840 \pm 4,814$ µg/g creatinina e para os trabalhadores do grupo OA foi $4,881 \pm 3,152$ µg/g creatinina. A concentração de cobre urinário esperada para os trabalhadores amostrados não só está abaixo do valor de referência para a população geral, como na maioria dos casos está abaixo das concentrações testadas pelos ensaios de adição e recuperação, estando portanto livre de causar interferência na determinação de mercúrio urinário.

7.1.3 Berílio Urinário

As baixas concentrações urinárias de berílio normalmente encontradas exigem baixo limite de detecção. A determinação por absorção atômica com atomização eletrotérmica representa uma escolha apropriada para determinação de berílio total nas amostras coletadas.

Para viabilizar a determinação de berílio por forno de grafite houve necessidade de otimização do ciclo de aquecimento do forno e de escolha do modificador de matriz mais adequado. Atenção especial foi dispensada às temperaturas de pirólise e atomização, para as quais foram determinadas as respectivas curvas, como mostrado nas Figura 12 e Figura 13.

A curva de pirólise (Figura 12) apresentou um perfil que indica possibilidade de ocorrência da atomização por caminhos cineticamente diferentes quando foi utilizada como modificador de matriz a mistura nitrato de magnésio e nitrato de paládio. Empregando-se apenas o nitrato de magnésio este perfil não se repetiu e os resultados de determinações para soluções analíticas de referência em urina apresentaram maior reprodutibilidade. Optamos pela utilização de nitrato de magnésio como modificador de matriz.

Figura 12: Curvas de pirólise e atomização para o Be em diferentes modificadores de matriz.

Uma vez escolhido o nitrato de magnésio como modificador de matriz, foram determinadas e comparadas as curvas de pirólise e atomização para as soluções de referência de berílio em meio aquoso, berílio em urina e berílio em urina diluída em água 1:2, conforme mostrado na Figura 13.

As curvas do berílio em solução aquosa da Figura 12 apresentam valores de absorbância menores que as dos ensaios em solução de urina ou em solução de urina 1:2, devido à estabilidade conferida pelos sais presentes na urina. A quantidade ótima do modificador de matriz foi de 15 µg para obter a máxima absorbância.

Figura 13: : Curvas de pirólise e atomização para Be (solução em urina).

Foi estabelecido o programa de aquecimento com as temperaturas de pirólise de 1450°C e atomização de 2300°C e o tempo de atomização de 3 segundos. A etapa seguinte na otimização do método foi a determinação das curvas analíticas de referência para o berílio em solução aquosa, em solução de urina e em solução de urina 1:2, conforme mostrado na Figura 14.

Como pode ser visto os coeficientes angulares das retas (as curvas analíticas) para o berílio nos diferentes meios (Tabela 28) indicam a existência de interferência por efeito de matriz. Optamos por desenvolver a análise à partir da curva analítica em urina diluída.

A leitura do sinal foi realizada pela área do pico a fim de evitar que o sinal fosse afetado por ocorrência de atomização por vias cinéticas diferenciadas.

Figura 14: : Curvas analíticas para Be, em diferentes matrizes.

Tabela 28: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Be.

Meio	coeficiente angular (s. l/ μg Be)	r^{2*}
Em solução aquosa	0,0944	0,995
Em urina	0,0206	0,965
Em urina 1:2	0,0199	0,986

r: coeficiente de correlação linear

O método mostrou-se bastante sensível e os parâmetros de validação alcançados para o procedimento, sua reprodutibilidade, precisão e exatidão foram considerados suficientes para realização de determinações de berílio urinário para monitorização biológica de exposição ocupacional. O valor do erro relativo foi de 1,00% e a tendência (bias) foi 0,9847. Os demais parâmetros de desempenho do método são apresentados na Tabela 29. Os parâmetros de precisão alcançados são apresentados na Tabela 30.

Tabela 29: Parâmetros de desempenho para determinação de Be.

Parâmetro	Resultado
Limite de Detecção	0,0170 $\mu\text{g/l}$
Limite de Quantificação	0,0560 $\mu\text{g/l}$
Faixa Linear de Trabalho	0,500 $\mu\text{g/l}$ a 20,00 $\mu\text{g/l}$
Linearidade (r^{2*})	0,986

r: coeficiente de correlação linear

Tabela 30: Parâmetros de precisão para determinação de Be.

Concentração	Parâmetro de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
0,5 $\mu\text{g/l}$	1,87	3,10
5,0 $\mu\text{g/l}$	2,69	3,79
10,0 $\mu\text{g/l}$	2,27	6,71

7.1.4 Cádmio Urinário

Uma das razões do interesse na determinação de cádmio por ETAAS é que o cádmio não sofre modificação significativa por biotransformação: liga-se principalmente à metalotioneína no fígado e é excretado na urina. Mesmo baixas concentrações podem ser detectadas pela determinação de cádmio total.

A análise de cádmio urinário apresenta absorvância de fundo (também chamada de absorvância espúria) o que dificulta a eficiência na medida do sinal analítico (Feitsma et al., 1984, Subramanian, 1987). A absorvância de fundo é causada por dois fatores: a absorvância molecular de componentes orgânicos presentes na urina (pois o cádmio excretado pode estar ligado a proteínas) e pela presença de diversos sais na amostra pode favorecer a estabilização de concomitantes inorgânicos. Observamos que a absorvância de fundo variou entre amostras, o que parece indicar dependência de fatores individuais como a alimentação e a concentração de sais na urina. O cádmio apresenta volatilidade a partir de 400°C, o que restringe a etapa da pirólise a baixas temperaturas. Pode ocorrer absorvância de fundo devido à temperatura de pirólise ser insuficiente para remoção da matriz. A literatura apresenta estudos acerca dos efeitos de diluição da amostra (Dube, 1989), método de adição de padrão (Subramanian et al., 1983; Subramanian, 1987), curva analítica de referência em solução de cloreto de sódio (Pruszkowska et al., 1983), volatilização seletiva (Gonzalez et al., 1974) e uso de modificadores de matriz (Feitsma et al., 1984) para contornar esta interferência.

Testamos vários modificadores de matriz, entre eles dihidrogeno fosfato de sódio, a mistura de dihidrogeno fosfato de sódio com nitrato de chumbo e a mistura de nitrato de chumbo com nitrato de potássio. Estes testes visaram minimizar a absorvância de fundo e a possibilidade de contaminação sem aumentar consideravelmente o tempo de análise. Além dos sinais de absorvância, a razão sinal/ruído foi considerada. Foi escolhido para modificador de matriz a massa de 50 µg de dihidrogeno fosfato de sódio.

Observamos que a diluição da amostra em ácido nítrico exerceu efeito sobre a temperatura de pirólise e sobre a intensidade da absorbância de fundo. Foi testada a diluição da solução de referência obtendo-se três concentrações de ácido nítrico: 0,2%v/v, 1,5%v/v e 2,0% v/v. A solução com concentração final de 0,2%v/v em ácido nítrico forneceu a melhor relação sinal/ruído. A Figura 15 mostra os sinais de absorbância de fundo para solução analítica de referência de cádmio 0,5 µg/L em solução de urina 1:2 nestas três concentrações de ácido nítrico. Na primeira situação a diluição foi feita com água ultrapura (sem adição de ácido nítrico) como solvente. As outras diluições promoveram uma concentração final de 2%v/v, 1,5%v/v e 0,2%v/v em ácido nítrico.

Figura 15: Absorbâncias de fundo para determinação de Cd em ácido nítrico.

Após a definição do modificador de matriz, foram determinadas novas curvas de pirólise e atomização (mostradas na Figura 16) com soluções analíticas de referência de cádmio em solução aquosa, em solução em urina 1:2 (0,2%v/v HNO₃). Foram fixadas a temperatura de pirólise em 500°C, a temperatura de atomização em 1300°C e o tempo de atomização em 3

segundos. Para a etapa de limpeza foi estipulada temperatura de 2400°C, suficientemente alta para evitar a ocorrência de efeito memória.

Estabelecidos estes parâmetros de operação, foram determinadas as curvas analíticas de referência mostradas na Figura 17 utilizando soluções analíticas de referência em meio aquoso, em urina e em urina 1:2 a fim de verificar efeitos de matriz.

Figura 16: Curvas de pirólise e atomização para o Cd em diferentes meios.

Figura 17: Curva analítica de referência para Cd em diferentes meios.

Como pode ser visto na Tabela 31 os coeficientes angulares das retas (curvas analíticas) de cádmio nos diferentes meios é praticamente o mesmo. Isto indica que a concentração de cádmio varia de igual modo nestes diferentes meios, permitindo o emprego de curva analítica de referência em

solução aquosa para a calibração do equipamento de ETAAS. A comparação entre curvas analíticas realizadas em idênticas condições com lâmpada de catodo oco e lâmpada de descarga sem eletrodo demonstrou um aumento significativo na sensibilidade e melhora no limite de detecção quando utilizada esta última.

Tabela 31: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Cd.

Meio	Coeficiente angular (s l/ μ g)	r^2
Em solução aquosa	0,0573	0,995
Em urina	0,0572	0,983
Em urina 1:2	0,0618	0,998

r: coeficiente de correlação linear

A leitura do sinal analítico foi realizada em absorbância integrada. O erro relativo como medida de exatidão foi calculado a partir da determinação de cádmio em 7 replicatas de material certificado preparadas de modo independente. O erro relativo foi 2,50% e a tendência (bias) foi 0,9750. Os demais parâmetros de desempenho do método são apresentados na Tabela 32. Os parâmetros de precisão alcançados são apresentados na Tabela 33.

Tabela 32: Parâmetros de desempenho do método de determinação de Cd.

Parâmetro de desempenho	Resultado
Limite de Detecção	0,015 μ g/l
Limite de Quantificação	0,050 μ g/l
Faixa Linear de Trabalho	0,2 μ g/l a 5,0 μ g/l
Linearidade (r^2 *)	0,999

*r: coeficiente linear.

Tabela 33: Parâmetros de precisão do método de determinação de Cd.

Concentração	Parâmetros de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
0,5 μ g/l	2,97	4,76
1,0 μ g/l	1,44	5,29
2,0 μ g/l	2,36	8,69

7.1.5 Níquel Urinário

Neste estudo foi testado o nitrato de magnésio como modificador de matriz. O resultado foi um aumento significativo da absorbância de fundo, sendo mais eficiente a análise sem modificador. Os sais de níquel são, eles próprios, empregados como modificadores de matriz. Na determinação de níquel é usual dispensar a adição de outros compostos com função de modificador de matriz (veja Seção 5.3.2.5). No estudo das curvas de pirólise e atomização sem modificador de matriz também foi considerada a relação sinal/ruído. Foram determinadas curvas de pirólise e atomização variando-se o meio da solução de referência das seguintes formas: níquel em solução aquosa, níquel em urina 1:2 e níquel em urina. A Figura 18 apresenta as curvas de pirólise e atomização sem nenhum modificador e a relação sinal/ruído.

Com base nos valores de absorbância e na relação sinal/ruído foram fixados a temperatura de pirólise em 1250°C, a temperatura de atomização em 2100°C e o tempo de atomização em 3 segundos. A partir destes parâmetros foram comparadas curvas analíticas de referência em solução aquosa, em solução de urina e em solução de urina 1:2, mostradas na Figura 19.

Como pode ser visto na Tabela 34 os coeficientes angulares das retas (curvas analíticas) de níquel nos diferentes meios é praticamente o mesmo. Isto indica que a concentração de níquel varia de igual modo nestes diferentes meios, permitindo o emprego de curva analítica de referência em solução aquosa para a calibração do equipamento de ETAAS.

Figura 18: Curvas de pirólise e atomização para o Ni em diferentes meios.

Figura 19: Curvas analíticas para o níquel.

Tabela 34: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Ni.

Meio	Coefficiente angular (s l/ μ g)	r^2
Em solução aquosa	0,0046	0,999
Em urina	0,0044	0,994
Em urina 1:2	0,0044	0,998

r: coeficiente linear.

A utilização da abertura de fenda de 0,2 nm por recomendação do fabricante do aparelho tornou a estabilidade da fonte de radiação o fator

determinante na sensibilidade desta determinação. Isto exigiu um ajuste da parte ótica e eletrônica do aparelho de absorção atômica a fim de permitir limites de detecção adequados e reprodutibilidade das análises.

O erro relativo como medida de exatidão foi calculado a partir da determinação de níquel em 7 replicatas de material certificado preparadas de modo independente. O erro relativo foi 2,057% e a tendência (bias) foi 0,8500. Os demais parâmetros de desempenho do método são apresentados na Tabela 35. Os parâmetros de precisão alcançados são apresentados na Tabela 36.

Tabela 35: Parâmetros da validação do método para determinação de Ni.

Parâmetro	Resultado
Limite de Detecção	0,1250µg/l
Limite de Quantificação	0,4170µg/l
Faixa linear de trabalho	0,5 a 50,0 µg/l
Linearidade (r^2 *)	0,999

*r: coeficiente linear.

Tabela 36: Parâmetros de precisão do método de determinação de Ni.

Concentração	Parâmetros de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
0,5 µg/l	2,93	4,36
5,0 µg/l	2,76	3,60
50,0 µg/l	1,83	2,47

7.1.6 Chumbo Sangüíneo

A Tabela 37 apresenta os parâmetros de precisão alcançados na reprodução das condições indicadas anteriormente para esta determinação (Santos, 2005; Parsons e Slavin, 1993). O erro relativo foi de 8,550% e a tendência (bias) 0,9145. Os parâmetros de desempenho do método são apresentados no Anexo III.

Tabela 37: Parâmetros de precisão do método de determinação de Pb.

Concentração	Parâmetros de precisão	
	Repetibilidade (%)	Precisão Intermediária (%)
5,0 µg/l	5,46	6,02
20,0 µg/l	1,02	1,35
50,0 µg/l	1,08	1,86

7.2 Determinações dos Indicadores Biológicos

Nesta seção apresentamos e discutimos os resultados obtidos nas determinações dos indicadores biológicos dos trabalhadores de cada usina de incineração. Os fatores considerados para amostragem e caracterização de grupos homogêneos de exposição foram apresentados na Seção 1 do Capítulo 6. Os resultados individuais de cada trabalhador podem ser vistos nos Apêndices D F, G, H e I organizados por usina de incineração e por seqüência de coletas. Para maior fluência do texto, cada seqüência de coletas (2 coletas/dia em 5 dias consecutivos) será designada apenas por “coleta”.

Foram amostrados um total de 33 trabalhadores cujos dados completos podem ser vistos nos Apêndices D (trabalhadores da usina A) e Apêndice G (trabalhadores da usina B). É um total de 717 amostras de urina cujos dados completos podem ser vistos nos Apêndices F (trabalhadores da usina A) e Apêndice I (trabalhadores da usina B) e 31 amostras de sangue cujos dados completos podem ser vistos nos Apêndices E (trabalhadores da usina A) e Apêndice H (trabalhadores da usina B). Para cada amostra de urina foram feitas 6 determinações (creatinina, arsênio, mercúrio, berílio, cádmio e níquel) totalizando 4333 determinações. Para cada amostra de sangue foi feita uma determinação de chumbo. Os valores obtidos foram tabulados com auxílio de ferramentas estatísticas (como já mencionado na Seção 6.10) e seu significado analisado no conjunto de parâmetros de exposição. Os valores obtidos são comparados com os valores de IBMP propostos pela NR 7, pela ACGIH e pela UCL, Tabela 5.

O grupo de trabalhadores da Área de Incineração é denominado grupo AI enquanto o grupo de trabalhadores de Outras Áreas é denominado grupo OA.

Para nenhuma das duas usinas de incineração foi possível estabelecer correlação dos resultados com hábito de beber ou fumar. Os testes estatísticos foram limitados pelo número reduzido de trabalhadores, limitação já explicada na Seção 1 do Capítulo 6.

7.2.1 Usina de Incineração A

Como mencionado na Seção 1 do Capítulo 6, foram realizadas três coletas no ano de 2004. Entre a primeira e a segunda coleta houve intervalo aproximado de três meses, entre a segunda e terceira coleta o intervalo foi de um mês e meio. A tabulação dos resultados das entrevistas/questionários está apresentada no Apêndice D (Tabela 44).

O grupo AI apresentou média de idade de 34,4 anos e tempo médio na função de 22,5 meses. Dos 8 trabalhadores do grupo, 1 indicou hábito de fumar e 5 indicaram consumo habitual de álcool (mais de 3 doses diárias).

O grupo OA apresentou média de idade de 22,5 anos e tempo médio na função de 16,5 meses. Dos 10 trabalhadores deste grupo 4 indicaram hábito de fumar e 4 indicaram consumo habitual de álcool.

Nota-se em ambos os grupos a rotatividade de trabalhadores na usina. Dos 8 trabalhadores do grupo AI, 6 trabalhavam ali há menos de 2 anos. Dos 10 trabalhadores do grupo OA 8 estavam há menos de 1,5 anos.

7.2.1.1 Arsênio

Devido ao volume de informações apresentaremos separadamente os resultados da determinação de arsênio em cada coleta. Para cada seqüência de coleta realizada trataremos primeiro do grupo AI e depois do grupo OA.

a) Primeira Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 46 (Apêndice F).

Grupo AI

O grupo AI foi representado por 56 amostras. Apenas 15 amostras estavam dentro da faixa do VR da NR 7 (10µg/g creatinina), 40 encontravam-se entre este valor e o limite da ACGIH (35µg/g creatinina), e apenas 1 amostra superou este BEI. A Figura 20 sumariza estes resultados em termos percentuais.

Figura 20: Níveis de As, grupo AI, 1ª coleta, usina A.

A diferença quanto aos momentos da amostragem (entrada/saída) é estatisticamente significativa. A Figura 28 ilustra a comparação dos momentos de amostragem para as três coletas.

Há diferença entre as jornadas de trabalho estatisticamente significativa. Existe significado estatístico na diferença entre: quarta e terça feira, entre quarta e sexta e a diferença entre segunda e sexta encontrou-se no limite do teste estatístico. A Figura 21 mostra a distribuição da média de concentração de arsênio urinário ao longo das jornadas.

A diferença entre turnos de trabalho não é estatisticamente significativa entre diurno e noturno. A Figura 30(a) ilustra as diferenças entre as médias de arsênio urinário por momento (entrada/saída) de amostragem e turno de trabalho.

Figura 21: Médias de As, grupo AI, 1ª coleta, usina A.

Foram considerados os níveis de arsênio entre funções e também as relações função/turno e função/momento de amostragem (entrada/saída), mostrados na Figura 22. Através de análise de variância foi constatada diferença estatisticamente significativa entre o “incinerador” e o “limpador de forno”. As funções dos trabalhadores estão descritas na Seção 6.1.

Figura 22: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 1ª coleta, usina A.

Grupo OA

Foram amostrados 2 trabalhadores totalizando 20 determinações. Destas 20 determinações, 80% dos valores ultrapassam o VR preconizado pela NR 7.

b) Segunda Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 47 (Apêndice F).

Grupo AI

O grupo apresentou 7% das amostras acima do IBMP (50 µg/g creatinina) e apenas 12% na faixa de concentração considerada de referência. Caso fosse aplicado o limite mais restritivo da (ACGIH, 2002) teríamos 24% das amostras acima do tolerado, como mostrado na Figura 23.

Figura 23: Níveis de As, grupo AI, 2ª coleta, usina A.

A diferença entre os momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. A Figura 28 ilustra a diferença entre os momentos de amostragem para as três coletas.

A diferença entre jornadas não é estatisticamente significativa. A Figura 24 e a Figura 32 ilustram a distribuição da média de arsênio urinário ao longo das jornadas.

Figura 24: Médias de As, grupo AI, 2ª coleta, usina A.

A diferença entre diurno e noturno não é estatisticamente significativa. A Figura 30 ilustra uma comparação entre as médias de arsênio urinário por amostragem e turno para as três coletas.

Não há neste caso diferença estatisticamente significativa considerando-se as relações função/turno e função/momento de amostragem (entrada/saída). A Figura 25 apresenta a média de arsênio urinário por função e momento de amostragem.

Figura 25: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 2ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa quando comparado o grupo AI e o grupo AO.

Grupo OA

Participaram da amostragem 8 trabalhadores que, como se pode ver na Figura 26 apresentou concentrações de arsênio urinário acima do VR.

Figura 26: Distribuição das médias de As para grupo OA, 2ª coleta, usina A.

c) Terceira Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 48 (Apêndice F).

Grupo AI

O grupo apresenta 20% das amostras acima do IBMP, e apenas 7% na faixa de concentração do VR. Caso fossem aplicados os limites da (ACGIH, 2002) teríamos 37% das amostras acima deste, como mostra a Figura 27.

Figura 27: Níveis de As, grupo AI, 3ª coleta, usina A.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. A Figura 28 apresenta a média de arsênio urinário por momento de amostragem para as três coletas.

Figura 28: Médias de As por momentos de amostragem, grupo AI, usina A.
a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, c) 3ª coleta.

Há diferença estatisticamente significativa entre segunda e quarta feira, e entre a quarta feira e a sexta feira. A Figura 29 mostra as médias de arsênio urinário ao longo das jornadas.

Figura 29: Distribuição das médias de As, grupo AI, 3ª coleta, usina A.

A comparação das amostras por turno de trabalho apresenta diferença estatisticamente significativa entre diurno e noturno. A Figura 30 proporciona uma comparação entre as médias de arsênio urinário por amostragem e por turno de trabalho para as três coletas.

Figura 30: Médias de As por amostragem e por turno de trabalho, grupo AI, usina A.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, c) 3ª coleta.

Foram comparados os níveis de arsênio considerando-se as relações função/turno e função/momento de amostragem (entrada/saída), como mostrado na Figura 31. Há diferença estatisticamente significativa que ocorre entre o limpador de forno do diurno e o limpador de forno do noturno ($p = 0,0026$). Chama atenção na terceira seqüência de coletas que para os dois funcionários dedicados à limpeza do forno no período noturno, 50% das amostras fornecidas por cada um eram superiores ao IBMP, chegando até $108\mu\text{g/g}$ creatinina. Durante os períodos em que acompanhamos o trabalho do turno da noite não registramos alterações na rotina e também não houve relato por parte dos funcionários.

Figura 31: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 3ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa entre o grupo AI e o grupo OA. A Figura 32 apresenta as médias por grupos na segunda e terceira coletas.

Figura 32: Médias de As por área de trabalho, usina A.

a) 2ª coleta, b) 3ª coleta.

Grupo OA

Os trabalhadores do grupo OA, que não têm contato direto com a incineração e seus resíduos chegaram em algumas jornadas de trabalho a ultrapassar o valor de $35 \mu\text{g/g}$ creatinina (limite da ACGIH), caracterizando exposição. A Figura 33 mostra a distribuição das médias de arsênio urinário para os trabalhadores ao longo das jornadas.

Figura 33: Distribuição das médias de As, grupo OA, 3ª coleta, usina A.

d) Discussão

Conhecendo-se os hábitos alimentares da população amostrada através das entrevistas/questionários e as características dos municípios de residência dos trabalhadores, não houve necessidade de impor restrição

alimentar quanto a frutos do mar que representariam um comprometimento dos resultados. A seletividade do método analítico escolhido foi suficiente para o trabalho desenvolvido.

Nas determinações realizadas, há predominância de concentrações na faixa entre o valor de referência da NR 7 (10 µg/g creatinina) e o limite da ACGIH 35 µg/g creatinina (ACGIH, 2002). Os níveis de arsênio urinário obtidos para trabalhadores da área de incineração foram elevados principalmente ao considerar-se que o arsênio é indicado pela ACGIH e também pela IARC como “carcinogênico confirmado para o homem” (veja seção 1 do capítulo 5).

Na primeira coleta houve a ocorrência de uma avaria no forno que resultou em queima de quantidade de resíduos inferior à esperada. A carga de resíduos incinerada durante os dias de amostragem é apresentada na Tabela 14, página 65. A significância estatística da diferença na primeira coleta quanto ao momento de amostragem (entrada/saída) e quanto às jornadas pode ter sua razão na descontinuidade do trabalho devido à quebra do forno na metade da semana. De acordo com a toxicocinética do arsênio, esperar-se-ia que a concentração de arsênio urinário fosse independente do momento de amostragem. No entanto não foram observadas maiores concentrações nas amostras que corresponderiam à meia vida do arsênio, o que pode ser devido à exposição crônica destes trabalhadores ou à dificuldade em correlacionar exposição ocupacional com a meia vida determinada por outra forma de exposição (veja seção 1 do capítulo 5).

A diferença estatisticamente significativa entre jornadas na terceira coleta foi atribuída não apenas às alterações de volume e massa de carga incinerada como à variação da composição do resíduo efetivamente incinerado e ainda ao ritmo irregular de incineração.

Verificou-se que na primeira coleta as médias do período noturno foram inferiores às do diurno devido à quebra do forno, pois o trabalho noturno foi praticamente paralisado. Na segunda e terceira coletas, pelo contrário, o período noturno apresentou médias ligeiramente superiores às do diurno, o que concorda com as observações feitas a partir das entrevistas com os trabalhadores. Foram feitos relatos de que neste turno usualmente é

queimada maior carga de resíduos e os trabalhadores permanecem mais tempo no galpão de incineração. Há a possibilidade de, que para a exposição ao arsênio, a quantidade de resíduos prevaleça sobre a variabilidade de composição dos resíduos. O arsênio é reconhecidamente um dos elementos de grande abundância nas cinzas e material particulado proveniente de incineração de RSS (veja seções 3.2.2 e 4.3.1). Na usina de incineração A os dados de massa incinerada foram registrados correspondendo ao dia de trabalho.

Tanto a NR 7 como a ACGIH indicam para a determinação de arsênio urinário a amostragem na última jornada da semana. Embora o resultado estatístico da segunda coleta confirme que amostras coletadas em qualquer das jornadas tenham sido equivalentes, a terceira coleta apresenta resultado diferente. É necessário considerar que o grupo AI sofre exposição crônica, mas está sujeito a exposições agudas esporádicas que podem não ser observadas nas monitorizações com uma única coleta. A consideração do resultado individual do trabalhador ou o quanto este se afasta da média da população pode manifestar a execução de tarefas de maior risco, a ausência de rotatividade na função ou a influência do metabolismo do indivíduo. Seriam necessários mais dados para confirmar equivalência de amostragem entre as jornadas ou vincular maiores concentrações à maior carga de resíduos incinerados ou outros fatores. Como mencionado anteriormente (na seção 5.2.2) a monitorização biológica busca conhecer a exposição média de uma população, o que implica estabelecer um compromisso entre o comportamento toxicocinético do agente químico e as características da exposição ocupacional avaliada. Isto chama a atenção para a necessidade de acompanhamento médico individual do trabalhador através de um Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) (MTE, 1994) eficaz que efetue exames clínicos periódicos que possam evidenciar sintomas e diagnosticar possíveis prejuízos à saúde do trabalhador.

A constatação de que os trabalhadores do grupo OA apresentam níveis de arsênio acima do VR e do BEI evidencia que estes funcionários estão também sujeitos às emissões do incinerador, indicando a ineficácia ou inoperância prolongada do sistema de tratamento de efluentes gasosos, já

que o arsênio urinário não é indicador de exposição recente. Devemos considerar que a exposição pode ser também causada por material particulado proveniente do aterro industrial conforme a direção do vento. Para conhecer a contribuição deste material particulado vindo do aterro seria necessária uma avaliação ambiental. Com base nas observações durante as visitas acreditamos que a primeira hipótese é a mais provável. Corroborar esta hipótese a observação do mesmo perfil de excreção de arsênio quando comparado o arsênio urinário ao longo das jornadas (compare-se a Figura 26 com a Figura 24 e a Figura 33 com a Figura 29).

Por desenvolverem funções não relacionadas à manipulação dos resíduos (vigias, auxiliares de escritório, etc.) estes trabalhadores não utilizam respiradores ou outro equipamento individual de proteção. Com base nas entrevistas podemos afirmar que este grupo de trabalhadores não conhecia a possibilidade de estar sendo exposto a algum agente químico e muito menos considera-se exposto a agentes carcinogênicos. Ademais existe um preconceito com relação aos agentes patogênicos, que não necessariamente se traduz em cuidados efetivos.

Os resultados caracterizam a exposição dos trabalhadores do grupo AI e do grupo OA, aconselhando ações de prevenção com relação à saúde dos funcionários e equipamentos de controle de poluição. Parece-nos inadequado neste caso classificar o ambiente como controlado para o arsênio, pois significaria classificar como ambiente controlado um ambiente onde há exposição para indivíduos acima do IBMP a um agente reconhecidamente carcinogênico como ambiente controlado.

7.2.1.2 Mercúrio

Apresentaremos os resultados para determinação de mercúrio por coletas e ao final apresentamos a discussão.

a) Primeira Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 46 (Apêndice F).

Grupo AI

Nenhuma amostra superou o IBMP. O grupo apresentou 3% das amostras com valores acima do VR.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) e diferença entre turnos não foram estatisticamente significativas. Não há diferença estatisticamente significativa entre funções (“limpador do forno”/“incinerador”). A Figura 36 mostra as médias de mercúrio por turnos. A Figura 38 mostra as médias de mercúrio por função.

A distribuição das médias de mercúrio urinário ao longo da semana reflete a paralisação do forno na quarta feira, como pode ser visto pela figura Figura 34.

Figura 34: Distribuição das médias de Hg, grupo AI, 1ª coleta.

A diferença entre o grupo AI e grupo OA não é estatisticamente significativa.

b) Segunda Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 47 (Apêndice F).

Grupo AI

O grupo apresentou 23% das amostras com concentrações de mercúrio urinário acima do VR (5 µg/g creatinina). O valor individual mais alto foi de 10,97 µg/g creatinina.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) e diferença entre turnos não foram estatisticamente significativas. A comparação entre funções (“limpador do forno”/“incinerador”) não apresenta diferença estatisticamente significativa.

A diferença entre jornadas é estatisticamente significativa entre a segunda e a quarta feira, entre a terça e a quarta feira e entre a quarta e a quinta feira. A jornada de maior concentração de mercúrio urinário corresponde neste caso ao dia de maior carga incinerada da semana. A distribuição da concentração de mercúrio ao longo da semana é mostrada na Figura 35.

Figura 35: Distribuição das médias de Hg para trabalhadores do grupo AI, 2ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa entre o grupo AI e o grupo OA.

Grupo OA

O grupo apresentou 8% das amostras acima do VR. A concentração individual de mercúrio urinário mais elevada foi de 9,48 µg/g creatinina.

c) Terceira Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados na Tabela 48 (Apêndice F).

Grupo AI

Nenhuma amostra superou o IBMP. A concentração individual mais elevada para o grupo foi de 31,50 µg/g creatinina. Mas 41% das amostras estavam acima do VR.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. A Tabela 38 apresenta as concentrações médias de mercúrio e a concentração por amostragem para as três coletas.

Tabela 38: Médias de Hg por momento de amostragem.

	ENTRADA	SAÍDA
	µg/g creatinina	
	Média ± desvio	Média ± desvio
Primeira Coleta	0,7000±1,4206	0,5000±0,7502
Segunda Coleta	1,5813±2,7212	1,1280±1,9702
Terceira Coleta	4,6465±5,6158	3,4404±3,1303

Há diferença estatisticamente significativa entre os turnos. A Figura 36 compara as médias de mercúrio urinário por turnos para as três coletas.

Figura 36: Médias de Hg por turnos, grupo AI.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta e c) 3ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa quando considerados momentos de amostragem (entrada/saída) e turno de trabalho para este grupo. A Figura 37 mostra uma comparação entre turnos e momentos de amostragem. Há diferença estatisticamente significativa entre a entrada do diurno e a saída do diurno; entre as entradas do diurno e do noturno, e entre a entrada do diurno e a saída do noturno.

Figura 37: Médias de Hg por momentos de amostragem, grupo AI, 3ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa entre as funções (“limpador do forno”/“incinerador”). A Figura 38 mostra a comparação entre as médias para as funções nas três seqüências de coletas. A descrição das funções limpador de forno/incinerador encontra-se na Seção 1 do Capítulo 6.

Figura 38: Comparação das médias de Hg por função, usina A.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta e c) 3ª coleta.

Há diferença estatisticamente significativa entre as concentrações determinadas para o incinerador do diurno e do noturno, entre o incinerador diurno e o limpador de forno do noturno, e entre o limpador de forno do diurno e do noturno. A Figura 39 apresenta as médias de mercúrio urinário por turno e função.

Figura 39: Médias de Hg por função e turno, 3ª coleta, usina A.

A distribuição dos níveis de mercúrio ao longo da semana é apresentada na Figura 40. Há diferença estatisticamente significativa entre a quarta e a sexta feira. Os resultados da terceira coleta, da mesma forma que a segunda, apresentou a maior média de mercúrio na quarta feira (8,9633 $\mu\text{g/g}$ creatinina) embora não tenha sido o dia de maior carga incinerada.

Figura 40: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, 3ª coleta, usina A.

Há diferença estatisticamente significativa entre trabalhadores do grupo AI e o grupo OA.

Grupo OA

O grupo apresentou 29% de amostras acima do VR. A concentração individual mais elevada foi de 18,33 $\mu\text{g/g}$ creatinina.

d) Discussão

A segunda e terceira seqüência de coletas mostrou valores médios de concentração de mercúrio em urina mais elevados. Uma vez que a interrupção do processo na primeira coleta (veja seção 6.1 e Tabela 14) pode justificar o baixo índice de amostras acima do valor de referência entre os trabalhadores do grupo AI.

De acordo com a toxicocinética do mercúrio seria esperada maior eliminação na primeira urina da manhã (UCL 2002) sendo inclusive recomendada pela NR 7 a coleta desta amostra quando possível (MTE, 1994). A comparação entre os turnos mostrou diferença estatisticamente significativa apenas para a terceira. Observa-se (veja Figura 37) maior média de mercúrio urinário na entrada do diurno e na saída do noturno, que correspondem à primeira urina da manhã. Provavelmente devido a maior influência do ciclo circadiano que de outros fatores. Entretanto seriam necessárias outras coletas para confirmação.

A diferença observada entre funções na terceira coleta seria esperada devido à volatilidade dos compostos de mercúrio e sua predominância no material particulado em suspensão não agravando a exposição do profissional que retira a escória (veja Seção 3.2.2). Os dados das coletas anteriores podem ser um reflexo da variação da constituição dos resíduos.

Nas três coletas, foram obtidas médias de mercúrio urinário sempre inferiores aos limites de exposição, o que aparentemente poderia levar a considerar que o ambiente de trabalho poderia ser considerado como controlado para este agente químico entretanto, é necessário atentar para o fato de que mesmo o grupo OA apresenta concentrações duas vezes o valor esperado para a população. É sabido que o mercúrio pode causar danos ao organismo por exposição prolongada mesmo para exposições a baixas concentrações.

Parece-nos que os dois fatores fundamentais na obtenção destes resultados, abaixo do limite de exposição foram a reduzida carga de resíduos incinerada e a segregação prévia de lâmpadas que alguns trabalhadores relataram estar sendo feita.

7.2.1.3 Berílio

Os resultados por trabalhador podem ser encontrados no Apêndice F (Tabela 46, Tabela 47, Tabela 48), para primeira, segunda e terceira coletas respectivamente.

O valor encontrado para as concentrações de berílio urinário na grande maioria das amostras foi inferior ao limite de detecção do método (17 ng/g creatinina, veja a seção 7.1.3). Apenas na primeira seqüência de coletas foram determinados valores médios acima do VR indicado pela UCL (até 1µg/g creatinina). O valor máximo individual encontrado foi de 3,518 µg/g creatinina para um trabalhador do grupo AI. Na segunda e terceira seqüências de coletas as concentrações médias assumiram sempre valores inferiores ao valor de referência. Provavelmente a média acima do VR indicado pela UCL ocorreu na primeira coleta devido a maior ocupação dos trabalhadores com os refratários do forno em decorrência da quebra do mesmo. Materiais cerâmicos refratários usualmente são ricos em berílio.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos da área de incineração e de outras áreas. Os dados coletados não permitem afirmar quanto à distribuição das concentrações ao longo da semana ou relacionamento com fatores como turno e função.

7.2.1.4 Cádmio

Os resultados por trabalhador podem ser encontrados no Apêndice F (Tabela 46, Tabela 47, Tabela 48, nas páginas 171, 173 e 177), para primeira, segunda e terceira coletas respectivamente.

Para as três seqüências de coletas, as médias das concentrações para os trabalhadores da usina apresentaram-se abaixo do valor de referência (VR), 2 µg/g creatinina (NR 7). Apenas em amostras da terceira seqüência de coletas valores individuais ultrapassam o VR. Todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do IBMP (5µg/g creatinina).

Na primeira e segunda coleta há diferença estatisticamente significativa entre os trabalhadores do grupo AI e do grupo AO. A Figura 41

compara as médias de cádmio urinário por grupo de trabalhadores para as três coletas.

Figura 41: Médias de Cd, por área de trabalho, usina A.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, c) 3ª coleta.

Para o grupo AI há diferença estatisticamente significativa entre funções (“limpador de forno”/“incinerador”) apenas na terceira coleta. A Figura 42 apresenta as médias de cádmio urinário por função nas três seqüências de coletas.

Para os trabalhadores do grupo AI a comparação das médias de cádmio urinário entre os diferentes momentos de amostragem (entrada/saída) não apresentou diferença estatisticamente significativa. A Tabela 39 apresenta os valores médios e desvio padrão para o cádmio urinário entre trabalhadores do grupo AI nas três coletas.

Não há diferença estatisticamente significativa entre jornadas na primeira e segunda coletas. A terceira coleta apresenta diferença estatisticamente significativa apenas entre quarta e sexta feira. Conforme a toxicocinética do cádmio seria esperado que o dia da semana para a amostragem fosse indiferente, dada a meia vida de 6 a 19 anos (Christensen, 11995). A Tabela 40 apresenta os valores médios de cádmio urinário para os trabalhadores do grupo AI.

Figura 42: Médias de Cd, por funções, usina A.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, c) 3ª coleta.

Tabela 39: Médias de Cd, por momentos de amostragem, usina A.

	Entrada	Saída
	µg / g creatinina	
Coleta	Média ± desvio	Média ± desvio
Primeira	0,3399 ± 0,2861	0,3642 ± 0,3334
Segunda	0,1786 ± 0,2043	0,1544 ± 0,1484
Terceira	0,4390 ± 0,6005	0,5658 ± 0,9139

Tabela 40: Distribuição das médias de Cd, para trabalhadores do grupo AI.

dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
coleta	µg / g creatinina				
Primeira	0,2867	0,3094	0,2784	0,2062	0,4554
Segunda	0,2478	0,2576	0,1883	0,1639	0,1870
Terceira	0,6271	0,4477	1,4015	0,3326	0,1932

A comparação das concentrações de cádmio urinário para trabalhadores do grupo AI por turnos de trabalho apresentou na segunda seqüência de coletas diferença estatisticamente significativa podendo ser devida à carga de

trabalho ou outro motivo que tenha levado a maior permanência destes funcionários dentro da área de incineração durante a noite.

Relacionando as médias de cádmio urinário por turno (diurno/noturno) e funções (“limpador de forno”/“incinerador”) apenas na terceira seqüência de coletas houve diferença estatisticamente significativa entre o trabalhador “incinerador” do noturno e o trabalhador “limpador de forno” do noturno. A Figura 43 apresenta uma comparação entre as médias de cádmio urinário para os trabalhadores por função exercida e por turno de trabalho.

Figura 43: Médias de Cd por turnos e funções, 3ª coleta, usina A.

Tendo em vista que o cádmio urinário é um indicador de exposição recente, estes níveis refletem também a reduzida carga de resíduos que a usina de tratamento passou a incinerar algum tempo antes do início das amostragens biológicas.

O conjunto de resultados obtidos leva a que nas condições e período de coletas, o ambiente de trabalho pôde ser considerado como controlado com relação à exposição ao cádmio.

7.2.1.5 Níquel

Os resultados por trabalhador podem ser encontrados no Apêndice F, (Tabela 46, Tabela 47, Tabela 48), para primeira, segunda e terceira coletas respectivamente.

A NR 7 em vigor atualmente (MTE, 1994) não propõe valor de referência ou IBMP para este agente, também a ACGIH em sua atual edição não prevê BEI para o níquel. O parâmetro mais restritivo para este determinante foi estabelecido pela UCL (UCL, 2002) que estima valor de referência até 2 µg/g creatinina para população não exposta. Os índices de exposição para níquel são encontrados na Tabela 5.

Os valores encontrados para os trabalhadores na usina de incineração A foram na maioria inferiores ao limite de detecção do método (0,1251 µg/L, veja seção 7.1.5). Em nenhuma das coletas a média de concentração de níquel urinário atingiu o valor de 2 µg/g creatinina.

Na primeira coleta a concentração média mais elevada para o grupo AI foi de 1,528µg/g creatinina, correspondendo ao final da jornada de sexta feira. Nas coletas seguintes os valores médios para o grupo OA foram alguns dias superiores àqueles encontrados para o grupo AI. Este fato não desperta atenção uma vez que todos estão dentro da faixa de valores esperados para população não exposta. A diferença entre os grupos é causada por fatores individuais como provavelmente o tabagismo (no grupo OA há mais fumantes, como apresentado na Seção 7.2.1).

Os baixos índices de níquel urinário indicam que nas condições em que os trabalhadores não estavam submetidos à exposição ao níquel de modo que fosse biodisponível. Uma das causas pode ser a baixa concentração de níquel no resíduo incinerado.

Embora o níquel não tenha sido detectado na monitorização ambiental em nível que representasse risco grave e iminente (Intima, 2004) como os demais agentes químicos considerados neste trabalho, a sua inclusão entre os agentes estudados foi devido a heterogeneidade da composição do RSS e sua variação ao longo das jornadas de trabalho, tendo em conta o níquel ser considerado um elemento ubíquo.

7.2.1.6 Chumbo

Os resultados por trabalhador podem ser encontrados no Apêndice F, Tabela 45. A maioria das amostras apresentou valores abaixo do limite de detecção do método, 0,87 µg/dl. Apenas cinco amostras apresentaram concentrações válidas de chumbo sanguíneo, a mais elevada foi de 2,622µg/dl. Deve ser levado em consideração que estudos regionais mais recentes têm chegado a valores de referência para chumbo inferiores aos mencionados na NR 7 (40 µg/dL). Entre homens adultos na cidade de Londrina (Paraná) foi encontrado valor médio de 5,6 µg/dL para chumbo sanguíneo (intervalo de 1,2 µg/dL a 14,04 µg/dL) (Paoliello et al., 2001).

Os dados indicam que o ambiente de trabalho pôde ser considerado controlado com relação ao chumbo. Não obstante, a carga de resíduos incinerados durante as coletas realizadas foi aproximadamente metade da massa habitualmente lançada ao forno. Seriam necessários mais dados para inferir se de fato o ambiente é controlado para exposição ao chumbo, pois o chumbo sanguíneo é um indicador para exposição recente ou se o chumbo anteriormente determinado no ambiente (Intima, 2004) não é biodisponível ou ainda se o resultado biológico é reflexo da menor exposição em função da reduzida carga incinerada já nos meses que se passaram entre a monitorização ambiental e a biológica. Quanto aos resíduos de saúde e o controle de material utilizado em ambientes de saúde há restrições na utilização de chumbo, na composição de artigos em geral como pigmentos, por exemplo, o que justifica uma baixa concentração de chumbo.

7.2.2 Resultados dos trabalhadores da usina de incineração B

Através das observações realizadas durante o trabalho de campo, os trabalhadores externos à área de incineração (OA) foram subdivididos entre trabalhadores da autoclave (AC) e trabalhadores que executavam as tarefas de administração e manutenção (AM). Foram realizadas duas seqüências de coletas com intervalo de um mês e meio entre elas, em 2004.

O grupo de trabalhadores AI apresentou média de idade de 33 anos, tempo médio na função de 27,4 meses. Entre os 7 trabalhadores do grupo AI

2 indicaram consumo habitual de álcool (mais de 3 doses diárias). O grupo de trabalhadores AC apresentou média de idade de 30,2 anos, tempo médio na função de 10 meses. Dos 4 trabalhadores do grupo AC 3 indicaram consumo habitual de álcool. O grupo de trabalhadores AM apresentou média de idade de 37,3 anos, tempo médio na função de 32 meses. Dos 4 trabalhadores do grupo AM 2 indicaram consumo habitual de álcool. A tabulação dos resultados dos questionários está apresentada no Apêndice D. Nota-se também nesta usina a rotatividade de trabalhadores nos setores operacionais. Entre os trabalhadores do grupo AI 5 dos 7 funcionários trabalhava ali a menos de 1 ano e meio, dos trabalhadores do grupo OA 7 dos 8 funcionários trabalhava ali a menos de 1 ano e meio. Não foi possível estabelecer correlação dos resultados com hábito de beber ou fumar.

7.2.2.1 Arsênio

Apresentaremos os resultados para determinação de arsênio por coletas fazendo a distinção entre os grupos de trabalhadores quando necessário. Ao final apresentamos a discussão.

a) Primeira Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados no Apêndice F (Tabela 51).

Grupo AI

O grupo não apresentou amostras acima do IBMP (50 µg/g creatinina), 43% das amostras apresentaram valores de arsênio urinário entre o VR e o BEI, e 55% na faixa de concentração do VR. Caso fossem aplicados os limites da (ACGIH, 2002) teríamos 2% das amostras acima deste, como mostra a Figura 44.

Figura 44: Níveis de As, grupo AI, 1ª coleta, usina B.

Há diferença estatisticamente significativa para o arsênio urinário entre as jornadas. A Figura 45 apresenta as médias diárias de arsênio urinário ao longo da semana. A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa.

Figura 45: Médias de As por jornadas, grupo AI, 1ª coleta, usina B.

Grupo AC

O grupo apresentou 63% das amostras acima do valor de referência, uma proporção maior que a do próprio grupo AI.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. Comparando-se as jornadas, há diferença estatisticamente significativa entre a segunda e a sexta feira e entre a quinta e a sexta feira. A Tabela 41 apresenta as médias de arsênio urinário por jornadas para os trabalhadores dos grupos AC e AM.

Grupo AM

O grupo apresentou 41% das amostras acima do valor de referência.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. Comparando-se as jornadas há diferença estatisticamente significativa entre a segunda e a sexta feira. A **Fonte de referência não encontrada**. apresenta as médias de arsênio urinário por jornadas para os trabalhadores dos grupos AC e AM.

Tabela 41: Médias de As por jornadas e grupos de trabalhadores, usina B.

	dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Grupo	coleta	µg/g creatinina				
AC	Primeira	22,85	15,88	15,68	21,10	4,772
	Segunda	16,68	20,69	19,40	19,17	22,81
AM	Primeira	10,04	7,424	8,256	7,376	1,698
	Segunda	13,93	13,50	12,75	11,96	17,74

Todos os Grupos

Ficou evidenciada diferença estatisticamente significativa entre os trabalhadores do grupo AM e os demais. A Figura 46 apresenta as médias de arsênio urinário para as duas coletas para 3 grupos de trabalhadores

Figura 46: Médias de As por funções, usina B.

b) Segunda Coleta

Os resultados aqui considerados estão detalhados no Apêndice F (Tabela 47).

Grupo AI

O grupo não apresentou teores de As urinário acima do IBMP (50 µg/g creatinina), 68% das amostras apresentaram valores de arsênio urinário entre o VR e o BEI, e 22% na faixa de concentração do VR. Caso fossem aplicados os limites da (ACGIH, 2002) teríamos 10% das amostras acima deste, como mostra a Figura 44.

Figura 47: Níveis de As, grupo AI, 2ª coleta, usina B.

Não foi observada diferença estatisticamente significativa comparando-se os momento de amostragem (entrada/saída) A diferença entre as jornadas não é estatisticamente significativa. A Figura 48 apresenta as médias diárias de arsênio ao longo da semana.

Figura 48: Médias de As por jornadas, grupo AI, 2ª coleta, usina B.

Grupo AC

O grupo apresentou 93% das amostras acima do valor de referência, uma proporção maior que a do próprio grupo AI.

A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. Comparando-se as jornadas, a diferença não é estatisticamente significativa.

Grupo AM

O grupo apresentou 41% das amostras acima do valor de referência.

a6) A diferença entre momentos de amostragem (entrada/saída) não é estatisticamente significativa. Comparando-se as jornadas, a diferença não é estatisticamente significativa.

Todos os Grupos

Se observa diferença estatisticamente significativa entre o grupo AM e os demais. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as médias de arsênio urinário para os 3 grupos de trabalhadores.

Figura 49: Médias de As por funções, usina B.

Grupo OA

A consideração dos funcionários em 2 grupos por área de trabalho (AI e OA) demonstrou diferença estatisticamente significativa na segunda seqüência de coletas. As médias de arsênio urinário são apresentadas na Figura 50 para estes grupos nas duas coletas.

Figura 50: Médias de As por área de trabalho, usina B.

c) Discussão

Chama a atenção que os trabalhadores do grupo AC apresentassem maior proporção de amostras que superaram o VR que os próprios trabalhadores do grupo AI. Um fator importante é a alta umidade do ar na área da autoclave, o que pode facilitar a absorção dos compostos solúveis de arsênio. Por outro lado, a verificação da proporção de amostras acima do VR para trabalhadores que exercem suas funções na usina mais afastados da área de incineração e sem contato com os resíduos incinerados (grupo AM) indicam que toda a usina está na verdade exposta às emissões de arsênio do incinerador, provavelmente devido a falhas no sistema de tratamento de efluentes gasosos. São necessários mais dados, de monitorização ambiental, para que seja eliminada a hipótese de que o arsênio seja oriundo por exemplo da sublimação de compostos arsenicais nas condições de operação da autoclave.

Todas as médias de arsênio urinário em ambas as coletas estiveram abaixo do limite de tolerância biológico brasileiro ($50 \mu\text{g/g}$ creatinina). Entretanto, mesmo entre trabalhadores externos à área de incineração predominam valores superiores ao VR, o que caracteriza a exposição dos trabalhadores de modo crônico a agente reconhecidamente carcinogênico para o ser humano, exigindo melhorias no sistema de controle de poluição e sua manutenção, e a verificação do EPI quanto a sua correta utilização.

7.2.2.2 Mercúrio

a) Primeira Coleta

Os resultados pormenorizados para as concentrações de mercúrio urinário podem ser vistos no Apêndice I (Tabela 46).

Grupo AI

A diferença não é estatisticamente significativa entre os índices de mercúrio urinário para o grupo AI e os demais trabalhadores da usina (grupo OA). A Figura 52 (a) apresenta as médias de mercúrio urinário para os dois grupos.

Entre os trabalhadores do grupo AI na primeira seqüência de coletas apenas 7% das amostras apresentaram valores acima do VR ($5\mu\text{g/g}$ creatinina).

A distribuição das médias diárias apresentou maior eliminação de mercúrio nas duas primeiras jornadas de trabalho da semana. A Figura 51 apresenta as médias de mercúrio urinário por jornada e por momento de amostragem. Há diferença estatisticamente significativa quando comparadas as amostras do grupo AI por jornadas e momentos de coleta. A saída da segunda feira diferiu das chegadas da quarta, da quinta e da sexta feira e também diferiu das saídas da quinta e da sexta. A saída da terça feira diferiu das chegadas da própria terça, da quarta, da quinta e da sexta feira e diferiu também das saídas da quarta, da quinta e da sexta feira.

Figura 51: Médias de Hg por jornadas e momentos de amostragem, grupo AI, 1ª coleta, usina B.

Há diferença estatisticamente significativa entre momentos de amostragem, conforme Tabela 42.

Tabela 42: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, 1ª coleta, usina B.

Momento	µg/g creatinina
Entrada	1,2419 ± 0,8819
Saída	2,6231 ± 2,6987

A comparação das médias de mercúrio urinário por funções desempenhadas, isto é, grupo AI, grupo AC e grupo AM demonstrou que a diferença não é estatisticamente significativa. A Figura 52 (b) apresenta as médias de mercúrio urinário por grupo de trabalhadores.

Figura 52: Médias de Hg, (a) por área de trabalho, (b) por função, 2ª coleta, usina B

Grupo AC

O grupo apresenta 10% das amostras acima do valor de referência. Este grupo de trabalhadores não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparadas as amostras por momentos de coleta (entrada/saída) ou ao longo das diferentes jornadas. A Figura 53 apresenta a distribuição das médias de mercúrio urinário ao longo das jornadas.

Figura 53: Médias de Hg por jornadas, 1ª coleta, grupo AC.

Grupo AM

O grupo apresenta 7% das amostras na primeira seqüência de coletas acima do VR.

Este grupo de trabalhadores não apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparadas as amostras por momentos de coleta (entrada/saída) ou ao longo das diferentes jornadas.

b) Segunda Coleta

Os resultados pormenorizados para as concentrações de mercúrio urinário podem ser vistos no Apêndice I (Tabela 52).

Grupo AI

Há diferença estatisticamente significativa entre os índices de mercúrio urinário para os trabalhadores do grupo AI e os demais trabalhadores da usina (grupo AO). A Figura 54 (a) apresenta as médias de mercúrio urinário para os trabalhadores comparando-os por área de trabalho se na área de incineração (AI) ou se em outras áreas (OA).

Há diferença estatisticamente significativa entre os trabalhadores AC, que apresentaram menores índices, e as outras duas categorias. A Figura 54 (b) apresenta as médias de mercúrio urinário por funções.

Figura 54 Médias de Hg, (a) por área de trabalho, (b) por função, 2ª coleta, usina B

Todas as amostras estavam abaixo do valor de referência. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as diferentes jornadas da semana. A Figura 55 apresenta as médias de mercúrio urinário por jornadas.

Figura 55: Médias de Hg por jornadas, 2ª coleta, grupo AI, usina B.

Não há diferença estatisticamente significativa entre momentos de amostragem. A Tabela 43 apresenta médias de arsênio urinário por momentos de amostragem.

Tabela 43: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, , 2ª coleta, usina B.

Momento	µg/ g creatinina
Entrada	0,1666 ± 0,1174
Saída	0,1501 ± 0,0853

Grupo AC

Todas as amostras estavam abaixo do valor de referência. Este grupo de trabalhadores não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparadas as amostras por momentos de coleta (entrada/saída) ou ao longo das diferentes jornadas. A Figura 56 apresenta a distribuição das médias de mercúrio urinário ao longo da jornada para as duas coletas.

Figura 56: Médias de Hg por jornadas, do grupo AC.

Grupo AM

Todas as amostras estavam abaixo do valor de referência.

Este grupo não apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparadas as amostras por momentos de coleta (entrada/saída) ou ao longo das diferentes jornadas.

c) Discussão

Entre as amostras dos trabalhadores da usina B nenhuma atingiu os valores limites estabelecidos pela NR 7 e pela ACGIH ($35\mu\text{g/g}$ creatinina) para mercúrio urinário. Os valores médios para concentração de mercúrio urinário nas duas seqüências de coletas mostraram-se inferiores inclusive ao VR ($5\mu\text{g/g}$ creatinina) conforme indicado na NR 7.

Houve diferença estatisticamente significativa entre momentos de amostragem. Para os trabalhadores do grupo AI notou-se na primeira coleta maior eliminação de mercúrio urinário na amostra da primeira urina da jornada, o que condiz com o esperado para a toxicocinética do mercúrio.

Embora a segunda coleta tenha apresentado concentrações de mercúrio na faixa esperada para população não exposta, a primeira coleta demonstrou que mesmo funcionários sem contato direto com a incineração sofrem exposição esporádica, o que pode indicar falhas no sistema de tratamento de efluentes gasosos ou na sua manutenção.

7.2.2.3 Berílio

Os resultados detalhados da determinação de berílio na urina dos trabalhadores da usina de incineração B encontram-se na Tabela 51 e Tabela 52.

Nas determinações de berílio urinário em ambas as seqüências de coletas nenhuma amostra apresentou valor acima de $1\mu\text{g/g}$ creatinina, valor indicado pela Universidade Católica de Louvain como referência para a população geral (UCL, 2002).

Comparando-se os trabalhadores quanto à área de trabalho, isto é, grupo AI e grupo OA (grupos AC e AM) apenas na segunda seqüência de coletas foi observada diferença estatisticamente significativa. Entre as funções diferentes na empresa, apenas na segunda seqüência de coletas houve diferença estatisticamente significativa, entre os trabalhadores do grupo AI e os trabalhadores do grupo AM. A Figura 57 permite uma comparação entre as médias de berílio urinário por grupo de trabalhadores para as duas coletas.

Figura 57: Médias de Be por grupos.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, usina B.

A análise dos resultados quanto a jornadas e momentos de amostragem para os trabalhadores do grupo AC e para os trabalhadores do grupo AM não houve diferença estatisticamente significativa.

Os resultados obtidos nas duas coletas apresentaram concentrações urinárias de berílio suficientemente baixas para indicar que os trabalhadores desta usina de incineração não sofrem exposição considerável a berílio.

7.2.2.4 Cádmio

Os resultados detalhados da determinação de cádmio na urina dos trabalhadores da usina de incineração B encontram-se na Tabela 51 e Tabela 52.

Na primeira seqüência de coletas realizadas na usina B nenhuma amostra apresentou concentração de cádmio urinário superior ao VR, enquanto que na segunda seqüência 4,65% das amostras estiveram entre o VR e o IBMP (respectivamente 2 µg/g creatinina e 5 µg/g creatinina).

Para os níveis urinários de cádmio em ambas as seqüências de coletas não houve diferença estatisticamente significativa entre os trabalhadores do grupo AI e os trabalhadores do grupo OA (AC e AM). Comparando-se os trabalhadores de acordo com as funções exercidas na empresa (grupo AI, grupo AC e grupo AM) também não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. A Figura 58 apresenta as médias de cádmio urinário por grupo de trabalhadores.

Figura 58: Médias Cd por função.

a) 1ª coleta, b) 2ª coleta, usina B.

As amostras dos trabalhadores do grupo AI não apresentaram diferença estatisticamente significativa quanto ao momento da amostragem (entrada/saída) ou entre jornadas nas duas seqüências de coletas. Resultados semelhantes foram encontrados para os trabalhadores do grupo AM. Para as amostras dos trabalhadores do grupo AC houve diferença estatisticamente significativa quando comparadas por momentos de amostragem na primeira seqüência de coletas, mas não houve diferença

estatisticamente significativa entre jornadas em nenhuma das duas seqüências de coletas.

Os resultados obtidos nas duas coletas apresentaram concentrações urinárias de cádmio suficientemente baixas para indicar que o ambiente de trabalho poderia ser considerado como controlado em relação ao cádmio e os trabalhadores da usina B podem ser considerados não expostos na ocasião e nas condições de operação em que se realizaram as coletas.

7.2.2.5 Níquel

Os resultados detalhados da determinação de níquel na urina dos trabalhadores da usina de incineração B encontram-se na Tabela 51 e Tabela 52.

Tendo como referência o valor de 23 µg/L indicado pela edição de 1978 da NR 7, (NR 7, 1978 apud TOXIKON, 2002) apenas uma amostra de trabalhador do grupo OA na primeira seqüência de coletas superou este valor, alcançando a concentração de 33,64 µg/L.

Não houve diferença estatisticamente significativa nas determinações de níquel urinário entre os três grupos de trabalhadores. Nos diferentes grupos de trabalhadores também não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados os momentos de amostragem ou jornadas em ambas as seqüências de coletas.

Os resultados obtidos nas duas coletas apresentaram concentrações urinárias de níquel suficientemente baixas para indicar que os trabalhadores da usina B podem ser considerados não expostos na ocasião e nas condições de operação em que se realizaram as coletas.

7.2.2.6 Chumbo

Os resultados detalhados da determinação de chumbo no sangue dos trabalhadores da usina de incineração B encontram-se na Tabela 50.

Foi realizada uma única coleta de sangue para os trabalhadores na qual independentemente de área de trabalho ou função exercida todas as amostras estavam abaixo do limite de detecção do método, 0,87 µg/dl.

Sendo o chumbo sanguíneo um indicador para exposição recente, este resultado indica que os trabalhadores desta empresa não sofriam exposição a chumbo na época e condições em que as coletas foram realizadas. O ambiente de trabalho pôde ser classificado como controlado para este agente.

8 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Metodologia Analítica

Os métodos analíticos otimizados e empregados neste trabalho mostraram-se adequados para as determinações dos indicadores biológicos para todos os elementos estudados. Os métodos mostraram-se apropriados para análises de rotina e com tempo de preparo de amostras adequado.

Os parâmetros de desempenho obtidos para os métodos (limites de detecção e quantificação e a linearidade) possibilitam a avaliação dos elementos considerados tanto em amostras de sujeitos expostos ocupacionalmente como de não expostos. Os parâmetros de confiança avaliados (exatidão, precisão, repetibilidade e reprodutibilidade) revelaram que os métodos otimizados fornecem resultados precisos e confiáveis para a monitorização biológica. utilização de modificadores de matriz de baixo custo e fácil acesso.

O método apresentado por Zenebon et al. (1999) para determinação de mercúrio urinário empregado neste trabalho pode ser utilizado de forma satisfatória para concentrações de Hg:Cu da ordem de até 1: 50.000 em uma concentração de cobre de 50mg/l. Conforme discutido no Capítulo 7 Seção 7.1.2.1 concluímos que nestas condições não houve interferência do cobre.

Usina de incineração A

Houve diferença estatisticamente significativa entre os trabalhadores da área de incineração e os de outras áreas quando considerados arsênio urinário e mercúrio urinário. Os trabalhadores das outras áreas apresentam também níveis de arsênio urinário e mercúrio urinário acima dos respectivos valores de referência para população não exposta.

Para os trabalhadores da área de incineração não houve diferença estatisticamente significativa entre os momentos de amostragem (entrada/saída) nas determinações de arsênio. Em apenas uma das

seqüências de coletas houve diferença estatisticamente significativa entre as jornadas de trabalho.

Houve diferença de exposição entre os trabalhadores de turnos diferentes da área de incineração quando consideradas as médias de arsênio e mercúrio na urina dos trabalhadores. Os trabalhadores do turno da noite apresentaram maior concentração de arsênio, enquanto a concentração de mercúrio foi mais elevada para os trabalhadores do diurno.

A ocorrência de valores individuais que superam mais de duas vezes o limite de tolerância não permite que consideremos o ambiente da usina A como controlado com relação ao arsênio, embora os valores médios sejam inferiores ao limite.

Os resultados obtidos para os indicadores biológicos de exposição para berílio, cádmio, níquel e chumbo não indicam exposição dos trabalhadores a estes agentes.

A rotatividade dos trabalhadores dificulta o conhecimento da ação dos agentes químicos por períodos prolongados. Mesmo supondo que as concentrações ambientais dos agentes estudados sejam habitualmente baixas, é relevante estudar a resposta do organismo à exposição crônica.

Usina de incineração B

A significância estatística da diferença entre os trabalhadores em diferentes áreas de trabalho alternou entre as seqüências de coleta, não sendo conclusiva.

Os trabalhadores de outras áreas que não a de incineração apresentam também níveis de arsênio urinário e mercúrio urinário acima dos respectivos valores de referência para população não exposta.

Embora não tenham sido encontradas concentrações acima do limite de tolerância para o arsênio, não se deve considerar o ambiente como controlado para este agente, por tratar-se de um agente reconhecidamente carcinogênico.

Os resultados obtidos para os indicadores biológicos de exposição para berílio, cádmio, níquel e chumbo não demonstraram exposição dos trabalhadores a estes agentes.

Considerações Para Melhoria do Ambiente de Trabalho

A partir da nossa experiência nas usinas de incineração estudadas podemos sugerir as seguintes práticas de higiene para melhoria do ambiente de trabalho:

Em ambas as usinas de incineração:

- Esclarecimento dos funcionários quanto aos riscos (físicos, químicos e biológicos) a que estão expostos.
- Treinamento e capacitação periódicos dos funcionários com relação às normas de higiene e ao uso de EPI, especialmente o uso, manutenção, limpeza e troca de filtro das máscaras.
- Realização de programas antitabagistas e antiálcool, pois o consumo de tabaco e álcool pode agravar situações de exposição.
- Troca ou melhoria do sistema de alimentação do incinerador e do sistema de limpeza.

Para a usina de incineração A:

- Promoção de rotatividade entre funções e tarefas desempenhadas pelos trabalhadores da área de incineração.
- Executar a limpeza manual do forno somente com o forno frio.
- Monitorização ambiental e biológica após a troca do sistema de tratamento de efluente gasoso.

Para a usina de incineração B:

- Manutenção do sistema de tratamento de efluentes gasosos.
- Utilização de EPI adequado durante a manutenção do sistema de incineração.
- Monitorização ambiental periódica para arsênio na área de autoclave.

Outras considerações

É verdade que outros fatores como agentes químicos orgânicos (entre os quais dioxinas e furanos, agentes físicos e agentes biológicos) podem representar riscos mais iminentes aos trabalhadores de usinas de incineração que exposição aos agentes químicos inorgânicos considerados neste trabalho. Entretanto, a exposição a agentes carcinogênicos como o arsênio, berílio, cádmio e níquel não podem ser subestimados.

A legislação brasileira relativa aos RSS vem avançando na direção do desenvolvimento sustentável: tanto pela harmonização entre as diretrizes dos Ministérios do Meio Ambiente e Ministério da Saúde (através da CONAMA e ANVISA respectivamente), como pela consideração das diversas formas de tratamento e disposição dos RSS, e também pelo reconhecimento da responsabilidade do gerador do resíduo quanto a todo o seu ciclo de vida. A eficiência de uma política pública depende fundamentalmente da eficácia das ações fiscalizadoras e punitivas dos órgãos competentes em suas respectivas esferas.

A prática da segregação de resíduos desde o momento de sua geração, tem um caráter importante na diminuição das emissões tóxicas dos incineradores. Há necessidade de legislação federal para regulamentar a obrigatoriedade da descontaminação e reciclagem do mercúrio metálico⁵ (empregado em lâmpadas, termômetros, amálgamas, etc.), a exemplo do que já acontece com o chumbo das baterias automotivas e com metais pesados de pilhas e baterias. Mais que de procedimentos técnicos ou de legislação coercitiva, a segregação de RSS é questão de cidadania e atuação responsável dos profissionais da área de saúde, que deve ter início durante a formação universitária, com a abordagem da importância da questão dos RSS.

Graças ao desenvolvimento tecnológico, é possível a diminuição de parcela considerável da emissão proveniente dos incineradores e uma conseqüente diminuição da exposição dos trabalhadores. Como exemplo imediato podemos apontar mudanças na forma de alimentação e limpeza do forno, minimizando o contato com o material particulado e gases.

⁵ Existem apenas legislações municipais ou estaduais.

9 PERSPECTIVAS FUTURAS

Os protocolos de análise estabelecidos por este trabalho encontram aplicação nas monitorizações biológicas em caráter de rotina dos diversos projetos que vêm sendo desenvolvidos pela FUNDACENTRO como monitorização biológica de trabalhadores do setor de galvanoplastia (Pavesi et al. 2005), reciclagem de lâmpadas (Pavesi, 2005) e fundição entre outros.

Os resultados da monitorização biológica realizada neste trabalho, juntamente com os resultados das demais avaliações previstas pelo projeto “Lixo Domiciliar” da FUNDACENTRO, estão disponíveis para o Ministério do Meio Ambiente.

Novas monitorizações ambientais e biológicas podem ser realizadas após a adoção de medidas, como as mudanças no sistema de tratamento de gases. A monitorização biológica do arsênio na população vizinha das usinas de incineração, especialmente famílias que consomem hortaliças cultivadas na mesma área seria relevante.

A monitorização de trabalhadores de outros incineradores de RSS, aumentaria a confiabilidade estatística deste trabalho. Parece-nos importante a monitorização ambiental e biológica de usinas de incineração dedicadas a outros tipos de resíduos, para comparação dos perfis de exposição e doses internas em função dos tipos de resíduos utilizando da metodologia aqui desenvolvida. Do mesmo modo, parece-nos importante a monitorização ambiental e biológica de trabalhadores de serviços de cremação que vêm recentemente sendo objeto de denúncias e preocupação da população.

Do ponto de vista da metodologia analítica estabelecida, seria interessante possibilitar um aumento da frequência analítica de determinações, principalmente para as determinações de berílio e níquel.

Referências Bibliográficas

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **“Gestão da Qualidade no Laboratório Clínico”**: **NBR14500**. Rio de Janeiro, junho 2000.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **“Laboratório Clínico – Requisitos e Recomendações para o Exame de Urina: ABNT/CB-36**. Rio de Janeiro, julho 2002.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **“Lixiviação de Resíduos – Procedimentos”**: **NBR 10005**. Rio de Janeiro, 1987b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **“Resíduos Sólidos – Classificação”**: **NBR 10004**. Rio de Janeiro: 1987a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **“Solubilização de Resíduos – Procedimentos”**: **NBR 10006**. Rio de Janeiro, 1987c.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, **“Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”**, capítulos 3 e 5, 2005, disponível em http://www.resilimp.com.br/pan_2005 acessado em 28/05/2006.
- ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Threshold Limit Values (TLVs) for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices for 2003**. Cincinnati, OH: ACGIH, 2003.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária; **“Guia para Validação de Métodos Analíticos e Bioanalíticos”**; disponível em: http://www.anvisa.gov/legis/resol/2003/re/899_03re.htm acessado em: 26/03/2004.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária; **“Boas Práticas em Laboratório”**; disponível em https://www.anvisa.gov.br/reblas/procedimentos/GGLAS_02_bpl.pdf acessado em 02/11/2002.*
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **“RDC nº306, de 7 de dezembro de 2004”**, Brasília, 2004, disponível em: www.anvisa.gov.br, acessado em 16/12/2004
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **“RDC nº33, de 25 de fevereiro de 2003”**. Brasília, 2003.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta: ATSDR, p. 281-291, 1999. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5-c6.pdf>, acessado em 06/05/2006.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA, **“Resolução nº5, de 5 de agosto de 1993”**. Define os procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos provenientes de serviços de saúde, portos e aeroportos. Estende exigências aos terminais rodoviários e ferroviários. Brasília, 1993.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA, **“Resolução nº283, de 12 de julho de 2001”**. Dispõe sobre o tratamento e destinação final dos resíduos serviços de saúde. Brasília, 2001.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. “**Resolução 358 de 29 de abril de 2005**”. Dispõe sobre o tratamento e destinação final dos serviços de resíduos de saúde e dá outras providências. Brasília.

IARC. International Agency for Research on Cancer, **Agents reviewed by the iarc monographs** Volumes 1-88, February 2004. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/monoeval/Listagentsalphorder.pdf>>, acessado em 01/04/2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “**Dados de Pesquisa Sanitária Nacional 2000**”, disponível em: <www.ibge.gov.br> , acessado em 22/03/2006.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; “**Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaios Químicos**”, INMETRO, Rio de Janeiro, 35 p., 2003.

MTE Ministério do Trabalho. Secretaria de Relações do Trabalho. Norma Regulamentadora – 7. Portaria nº24 de 29 de dezembro de 1994. **Diário Oficial**, Brasília, 30 de dez. 1994. Seção 1, p. 21278-21279.

Alev, D.; “Vapor generation or eletrothermal atomic absorption Spectrometry?” – Both!, **Spectrochimica Acta**, 55B (2000) 202A – 213A.

Alvim-Ferraz; M. C. M.; Afonso, S. A. V.; ” Dioxin Emission Factors for the Incineration of Different Medical Waste Types “, **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 44, p. 460–466, 2003 a.

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Threshold Limit Values (TLVs) for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices for 2003**. Cincinnati, OH: ACGIH, 2003.

Alvim-Ferraz; M. C. M.; Afonso, S. A. V.; ”Incineration of Different types of Medical Wastes: Emission Factors for Particulate Matter and Heavy Metals”, **Environmental Science Technology**, 37, p. 3152 – 3157, 2003 b.

Aposhian, H.V.; Aposhian; M.M., “Arsenic Toxicology: Five Questions”, **Chemical Research in Toxicology**, v. 19,n. 1, p .1 – 15, 2006.

Apostoli, P.; Schaller, K.H.; “Urinary Beryllium – a Suitable Tool for Assessing Occupational and Environmental Beryllium Exposure?”, **International Archives of Occupational Environ Health**, v.. 74, p. 162 , 2001.

Bakoglu, M.; Karademir, A.; Ayberk, S., “An evaluation of the occupational health risks to workers in a hazardous waste incinerator”, **Journal of Occupational Health** ,v. 46,n .2,p. 156 – 164, 2003.

Berglund, M.; Lind, B.; Bjornberg, K.A.; Palm, B.; Einarsson, O.; Vahter, M., “Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a cross-sectional assessment”, **Environ Health**. 2005 Oct 3;4:20.

Bettinelli, M.; Spezia, S.; Ronchi, A.; Minoia, C.,”Determination of total urinary mercury by on-line sample microwave digestion followed by flow injection cold vapour inductively coupled plasma mass spectrometry or atomic absorption spectrometry”, **Rapid Commun Mass Spectrometry**, v. 16,n. 15, p. 1432 – 1439,2002.

Bresnitz, E.A.; Roseman, J.; Becker, D.;Gracely,E;, “Morbidity among municipal

waste incinerator workers”; **American Journal of Industrial Medicine**, v.22, p. 363 – 378., 1992.

Bruhn F., C.; Navarrete A., G., “Matrix modification for the direct determination of cadmium in urine by electrothermal atomic absorption spectrometry”, **Analytica Chimica Acta**, v.130, p. 209 – 214, 1981

Buchet, J.P.; Pauwels, J.; Lauwerys, R.; “Assessment of exposure to inorganic arsenic following ingestion of marine organisms by volunteers”, **Environmental Research**, v. 66, p. 44 – 51, 1994.

Burguera, J.L.; Burguera, M.; Rondon, C.; Carrero, P., “Semi-permanent lutetium modifier for the determination of beryllium in urine by electrothermal atomic absorption spectrometry”, **Spectrochimica Acta Part B**, v.54, p. 1743 – 1753, 1999.

Callender; J.T.; Ristovv, M.; Guerra, M.; Ruttenberg, R.; “Social and Economic Impact of neurotoxicity in hazardous wasteworkers in Lenoir, North Carolina”, **Environmental Research**, v. 73, p. 166 – 174, 1997

Campillo, n.; Vinã, P.; López-Garcia, I.; Hernández-Córdoba, M., “Determination of arsenic in biological fluids by electrothermal atomic absorption spectrometry”, **Analyst**, v. 125, p. 313-316, 2000.

Capitani; E. M. de; Altemani; A. M. A.; Kavakama; J. I., Nunes; G. Y.; Paschoal, I. A., “Beriliose pulmonar: revisão da literatura e relato de caso”, **J. Pneumol.**, v. 21, n. 3, p. 135 – 142, 1995.

Castleman, B.I.; Ziem, G.E.; “Corporate influence on threshold limit values”, **American Journal of Industrial Medicine**, v.13, p. 531 – 539, 1988.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, “Norma Técnica E15.011” – **Sistema para incineração de resíduos de serviços de saúde: procedimento**, São Paulo, 1997a.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, “**Resíduos Sólidos domiciliares e de serviços de saúde: tratamento e disposição final – texto básico**”, São Paulo, p. 17 – 25, 1997b.

Çetin, S.; Veli, S.; Ayberk, S., “An investigation of halogens in Izmit hazardous and clinical waste incinerator”, **Waste Management**, v. 24, p. 183 – 191, 2004.

Chen; Shui-Jen; Hung; Ming-Cheng; Huang; Kuo-Lin; Hwang; Wen-Ing; “Emission of heavy metals from animal carcass incinerators in Taiwan”, **Chemosphere**, v. 55, p. 1197 – 1205, 2004.

Christensen, J. M., “Human exposure to toxic metals: factors influencing interpretation of biomonitoring results”, **The Science of the Total Environment**, v. 166, p. 89-135, 1995

Coyle, P.; Hartley, T., “Automated determination of mercury in urine and blood by the magos reagent and cold vapor atomic absorption spectrometry”, **Analytical Chemistry**, v. 53, n. 2, p. 354 – 356, 1981.

Degos L. “The history of acute promyelocytic leukaemia. Br” **J Haematol.** ;122:539-553, 2003.

Dempsey, C. R.; Oppelt, E. T. ; “**Incineração de resíduos perigosos**”, Air and Waste Management Association”, São Paulo, 1999.

Dos Santos, C.R., “Avaliação dos indicadores biológicos de exposição aos metais em trabalhadores de fundições”, **tese de doutorado Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo**, São Paulo, p. 41 – 42 e 58, 2005.

Dube, P.; Krause, C.; Windmüller, L.; “**Direct Determination of Cadmium in Urine Using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry with Zeeman effect Background Correction**”, v. 114, p. 1249 – 1253, 1989.

Eigenheer, E.; Zanon, A . S. M.; Neves, J.; Ferreira, J. A .; Zanon, U.; “Lixo Hospitalar: Ficção Legal ou Realidade Sanitária?”; Rio de Janeiro: **Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio de Janeiro**, p.116, 2002.

Eigenheer, Emilio; “Lixo Hospitalar: Ficção legal ou Realidade sanitária?” , **secretaria do meio ambiente**, Rio de Janeiro, 2000.

Espanha, Ministério de Trabajo y Asuntos Sociales, “**Determinación de mercurio en orina - Método del vapor frio com borohidruro de sodio / Espectrofotometría de absorción atômica - MTA/MB-024/A96**”, 1996, disponível em: <http://www.mtas.es/insht/MTA/MB_024_A96.htm> , acessado em 12/07/04.

Espanha, Ministério de Trabajo y Asuntos Sociales, “**Determinación de mercurio en orina - Método del vapor frio com cloruro de estanô / Espectrofotometría de absorción atômica - MTA/MB-019/A94**”, 1994, disponível em: <http://www.mtas.es/insht/MTA/MB_019_A94.htm> , acessado em 12/07/04.

Espanha, Ministério de Trabajo y Asuntos Sociales, “**Determinación de plomo en sangre - Método Delves / Espectrofotometría de absorción atômica - MTA/MB-010/A87**”, 1987, disponível em: <http://www.mtas.es/insht/MTA/MB_010_A87.htm> , acessado em 12/07/04.

Espanha, Ministério de Trabajo y Asuntos Sociales, “**Determinación de arsénico, de sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire - Método de generación de hidruros / Espectrofotometría de absorción atômica MTA/MA-035/A96**”, 1996, disponível em: <www.mtas.es/insht/MTA/MA_035_A96.htm>, acessado em 15/09/02

Feitsma, K.G; Franke, J P.; Zeeuw, R. A.”Comparison of some matrix modifiers for the determination of cadmium in urine by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization”, **Analyst**, v. 109, p. 789 – 791, 1984.

Feldmann, J.; Lai, V. W-M; Cullen, W.R.; Ma, M.; Lu, X.; Le, X.C.; “Sample Preparation and Storage Can Change Arsenic Speciation in Human”; **Clinical Chemistry**, v.45 (11), p.1988- 1997, 1999.

FIOH, Finnish Institute of Occupational Health, “**Biomonitoring of exposure to chemicals**”; 2004; disponível em: <http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/46380503-4778-4ACD-BB8E-BC3B88BFA87B/0/BMGuideline20060428.pdf>, acessado em 02/06/06.

Foà, V.; Colombi, M.; M., Buratti; M., Arsenic. - In: Christensen, J. M., “Human exposure to toxic metals: factors influencing interpretation of biomonitoring results”, **The Science of the Total Environment**, v.166,p. 89-135, 1995.

Franchini, M.; Rial, M.; Buiatti, E.; Bianchi, F.; “Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies”; **Ann Ist Super Sanità**,

v. 40, n.1, p.101 – 115, 2004.

Friberg, L.; Nordberg, G. F.; Vouk, V. B. **Handbook on the Toxicology of Metals**. Amsterdam: Elsevier, 1979.

Fukai, Y.; Hirata, M.; Ueno, M.; Ichikawa, N.; Kobayashi, H.; Saitoh, H.; Sakurai, T.; Kinoshita, K.; Kaise, T.; "Clinical pharmacokinetic study of arsenic trioxide in an acute promyelocytic leukemia (APL) patient: speciation of arsenic metabolites in serum and urine", **Biol Pharm Bull**, v. 29, n. 5, p. 1022- 1027, 2006.

Gardner, P.E., Ottaway, J.M., "Accuracy of the direct determination of cadmium in urine by carbon furnace atomic absorption spectrometry", **Talanta**, v. 26, p. 841 – 847, 1979.

Gontijo, B., Bittencourt, F., "Arsenio uma revisão histórica", **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 80, n. 1, 2005 disponível em: http://www.anaisdedermatologia.org.br/artigo?artigo_id=16, acessado em 01/04/2006.

Gonzalez, C. A. ; Kogevinas, M.; Gadea, E.; Huici, A. ; Bosch, A. ; Bleda, M. J.; Papke, O. "Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation", **Arch. Environ Health**, v. 55, n. 4, p. 259-67, 2000.

Gonzalez, J.G; Ross, R.T.; "The Direct Determination of Cadmium in Biological Samples by Selective Volatilization and Graphite Tube Reservoir Atomic Absorption Spectrometry", **Analytica Chimica Acta**, v.70, p. 443 – 447, 1974.

Guo, T; Tsalev, D.L. ; Baasner, J. ; Fast Automated Determination of Toxicologically Relevant Arsenic in Urine by Flow Injection-Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry, **Analytica Chimica Acta**, 349, p.313-318, 1997.*

Hakala, E.; Pyy, L.; "Assessment of exposure to inorganic arsenic by determining the arsenic species excreted in urine"; **Toxicology Letters**, v. 77, p. 249 – 258, 1995.

Hasselriis, F.; Licata, A.; "Analysis of heavy metal emission data from municipal waste combustion", **Journal of Hazard. Material**, v. 47, p. 77- 102, 1996.

Heck, H. H.; Korzun, E.; Shieh, C.; Archer, J., "Sources and Fate of lead, cadmium and mercury in the resource recovery process", **Florida Center for solid and hazardous waste management**, Gainesville, Florida, 1994.

Hoenig, M.; Van Hoeyweghen, P.; De Kersabiec, A.-M., "Plateformes et modificateurs en spectrométrie d'absorption atomique électrothermique: Dans quelle mesure peuvent-ils rationaliser l'analyse des éléments traces dans des matrices complexes?", **Analusis**, v. 16, n. 1, p. 21- 22, 1988.

Holanda, M. R., Balestieri, J. A. P., "Cogeneration in a solid-wastes power-station: a case-study", **Applied Energy**, v. 63, p. 125 – 139, 1999.

Horng, C-J; Tsai, J-L; Horng, P-H; Lin, S-C; Lin, S-R; Tzeng, C-C, "Determination of urinary lead, cadmium and nickel in steel production workers", **Talanta**, v. 56, p. 1109-1115, 2002.

Hours, M.; Anzivino-Viricel, L.; Maitre, A.; Perdrix, A.; Perrodin, Y. ; Charbotel, B.; Bergeret, A., Morbidity Among Municipal Waste Incinerator Workers: a Cross-sectional Study, **International Archives of Occupational and Environmental**

Health, v. 76,n. 6,p. 467-472, 2003.

Hsiang, M-C.; Sung, Y.-H.; Huang, S.-D., "Direct and simultaneous determination of arsenic, manganese, cobalt and nickel in urine with a multielement graphite furnace atomic absorption spectrometer", **Talanta**, v. 62, p. 791 – 799, 2004.

Hsueh, Y.M.; Hsu, M.K.; Chiou, H.Y.; Yang, M.H.; Huang, C.C.; Chen, C.J.; "Urinary arsenic speciation in subjects with or without restriction from seafood dietary intake", **Toxicology Letters**, v.133, n.1, p.83 -91, 2002.

Intima, D.P., "**Avaliação de risco à exposição ocupacional a metais em incineradores de resíduos de serviços de saúde**", dissertação de mestrado, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Kales, S.N; Huyck, K.L.; Goldman, R.H.; "Elevated urine arsenic: un-specified results lead to unnecessary concern and further evaluations", **Journal Analytical Toxicology**, v. 30,n. 2, p. 80- 85, 2006.

Komaromy-Hiller, G.; Ash, K. O.; Costa, R.; Howerton, K., "Comparison of representative ranges based on U.S. patient population and literature reference intervals for urinary trace elements", **Clinica Chimica Acta**, v. 296,p. 71-90, 2000.

Kuo, M-S; Wang, H-C; Peng, H-W, "Determination of Beryllium and Selenium in Human Urine and of Selenium in Human Serum by Graphite-Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry", **Analytical Sciences**, v. 17, p. 527- 532, 2001.

Le, X-C; Cullen, W.R., Reimer, K.J.; "Effect of cysteine on the speciation of arsenic by using hydride generation atomic absorption spectrometry", **Analytica Chimica Acta**, v.285, p. 277 – 285, 1994.

Legotte, P. A.; Rosa; W.C.; Sutton; D.C., "Determination of cadmium and lead in urine and other biological samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry", **Talanta**, v. 27,p. 39 – 44, 1980.

Li, CS; Jenq, FT; "Infect Control Hosp Epidemiol." 1993 Mar; v. 14,n. 3,p. 145-150. **Physical and chemical composition of hospital waste.**

Lima, L.M.Q.; **Tratamento de Lixo**, São Paulo, 2ª edição Hemus Editora, 1991.

Ma, M.; Le, XC; "Effect of arsenosugar ingestion on urinary arsenic speciation", **Clinical Chemistry**, v.44, n.3, p. 539- 550, 1998.

Magos, L., "Selective atomic-absorption determination of inorganic mercury and methylmercury in undigested biological samples", **Analyst**, v. 96, p. 847 – 853, 1971.

Maier, L. A. , "Genetic and exposure risks for chronic beryllium disease", **Clin Chest Med.**, v. 23,n. 4,p. 827 – 839, dec. 2002.

Malkin, R.; Brandt-Rauf, P.; Graziano, J.; Parides, M.; "Blood Lead Levels in Incinerator Workers"; **Environmental Research**, v. 59, p. 265 – 270, 1992.

Malkin, R.; Brandt-Rauf, P.; Graziano, J.; Parides, M., "Blood Levels in Incinerator Workers", **Environmental Research**, v. 59, p. 265-270, 1992.

Mendes, R., Aramaki, T., Hanaki, K., "Comparison of the environmental impact of incineration and landfilling in São Paulo City as determined by LCA", **Resources, Conservation and Recycling**, v. 41, p. 47 – 63, 2004.

Meneses, M.; Llobet, J.M.; Granero, S.; Schuhmacher, M.; Domingo, J.L.;

"Monitoring metals in the vicinity of a municipal waste incinerator: temporal variation in soils and vegetation", **The Science of the Total Environment**, v. 226, p. 157 – 164, 1999.

Mürer, A.J.L.; Abildtrup, O. M.P.; Christensen, J.M.; "Estimation of the methodevaluation function for the determination of hydride generating arsenic compounds in urine by flow injection atomic absorption spectrometry", **Talanta**, v.39, n.5, p.469 – 474, 1992.

Nakamura, K.; Kinoshita, S.; Takatsuki, H., "The origin and behavior of lead, cadmium and antimony in MSW incinerator", **Waste Management**, v. 16, n. 5/6, p. 509 – 517, 1996.

Ngim, C-H.; Foo, S-C.; "Atomic Absorption Spectrophotometric Microdetermination of Total Mercury in Undigested Biological Samples", **Journal of Analytical Toxicology**, v. 12, p. 132 – 135, 1988.

Oda, C.E., Ingle Jr., J.D., "Speciation of Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry with Selective Reduction", **Analytical Chemistry**, v. 53, n. 14, p. 2305 – 2309, 1981.

Oliveira, J.P., "Monitorização biológica da exposição ocupacional ao níquel por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite", **dissertação de mestrado Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo**, São Paulo, p. 34 – 43, 1996

Organização das Nações Unidas, ONU; Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil, "**Agenda 21 – Resumo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**", Rio de Janeiro, 3 a 14 de junho, 1992.

Organização Mundial da Saúde, OMS, "Métodos de evaluación de riesgos para la salud generados por la exposición a substancias peligrosas liberadas por rellenos sanitários", **Oficina Regional para Europa**, Division Bilthoven, 2001.

Oster, O., "The direct determination of mercury in urine by cold vapor atomic absorption spectroscopy", **Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry**, v. 19, n. 7, p. 471 – 477; 1981.

Paoliello, M.M.B; Gutierrez, P.R.; Turini, C.A.; Matsuo, T.; Mezzaroba, L.; Barbosa, D.S.; Carvalho, S.R.Q. Alvarenga, A.L.P.; Rezende, M.I.; Figueiroa, G.A.; Leite, V.G.M.; Gutierrez, A.C.; Lobo, B.C.R.; Cascales, R.A.; "Valores de Referência para Plumbemia em uma População Urbana do Sul do Brasil"; **Rev. Panam. Salud Publica**. v.9, n.5, p. 315 – 319, 2001.

Paschal, D.C.; Bailey, G.G., "Determination of beryllium in urine with electrothermal atomic absorption using the L'vov Platform and matrix modification", **Atomic Spectroscopy**, v. 7, n. 1, p. 1-3, 1986.

Paschal, D.C.; Ting, B. G.; Morrow, J.; Pirkle, J.L.; Jackson, R. J.; Sampson, E. J.; Miller, D.T; Caldwell, K.L, "Trace metals in urine of United States Residents: reference range concentrations", **Environmental Research**, Section A v. 76, p. 53 – 59, 1998.

Paschal, D.C.; Bailey, G.G., "Determination of nickel in urine with graphite furnace AAS using Zeeman correction", **Science of the Total Environment**, v. 89, p. 305 – 310, 1989.

Pavesi, T.; da Silva, C.S.; dos Santos, C.R.; **“Determinação de Níquel Urinário em Trabalhadores de Galvânicas de São Paulo após Implementação de Convenção Coletiva”**; Resumos do XIV Congresso Brasileiro de Toxicologia, Recife (PE), 2005.

Pavesi, T; **“Avaliação Ambiental e Biológica de Mercúrio na Empresa de Descontaminação de Lâmpadas Mega Reciclagem”**, Relatório Técnico RT CTN – CHT 001/2005; FUNDACENTRO, Jan., 2005.

Porto, M. F. de s.; Junca, D. C. de M.; Gonçalves, R. de S.; Filhote, M. I. de F.; **“Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil”**, **Caderno de Saúde Pública**, v. 20, n 6, p. 1503 – 1514, 2004.

Prefeitura de São Paulo, **‘Prefeitura irá desativar Incinerador Vergueiro nesta quinta-feira (28)’**, disponível em: www.prefeitura.sp.gov.br/noticias/anteriores/2002/fevereiro/noticias_27020210.>... acessado em 28/09/2002.

Profumo, A. ; Spini, G. ; Cucca, L. ; Pesavento, M., “Determination of Inorganic Particulate Matter of Emissions Nickel Compounds in the and Workplace Air by Selective Sequential Dissolutions”, **Talanta**, v. 61,n. 4,p. 465-472, 2003.

Pruszkowska, G.R.; Garnrick, G.R.; , W., “Direct determination of cadmium in urine with use of a stabilized temperature platform furnace and Zeeman background correction”, **Clinical Chemistry**,v. 29,n. 3, p. 477 – 480, 1983.

Roberts, S. M.; Teaf, C. M.; Bean, J. A., **“Hazardous Waste Incineration – Evaluating the human health and environmental risks”**, Lewis Publishers, Nova York, p. 253 – 330, 1999.

Sällsten, G.,” **Occupational exposure to inorganicmercury – exposure assessment and elimination kinetics**”, Göteborg, Suíça, 1994.

Sauerhoff, S.T; Grosser, Z.A.; Garnrick, G.R., “The determination of chromium and cadmium in urine by graphite furnace atomic absorption”, **Atomic Spectroscopy**, v. 17,n. 6,p. 225 – 228, 1996.

Schechter, A.; Birnbaum, L.; Ryan, J.J.; Constable, J.D.; “Dioxins: An overview”, **Environmental Research**, v. 101 n. 3, p. 419 - 428, 2006.

Schuhmacher, M.; Domingo, J.L.; Agramunt, M.C.; Bocio, A.; Müller, L.; “Biological monitoring of metals and organic substances in hazardous waste incinerationworkers”, ”, **Int. Arch. Occup. Environ. Health**,v. 75, p. 500 – 506, 2002.

Schuhmacher, M.; Domingo, J.L.; Agramunt, M.C.; Müller, L.; Neugebauer, F.; “Levels of metals and organic substances in blood and urine of workers at a new hazardous waste incinerator”, **Int. Arch. Occup. Environ. Health**,v. 74, p. 263-269, 2001.

Schuler; C. R.; Kent; M. S; Deubner; D. C.; Berakis, M. T.; McCawley, M.; Henneberger, P.K.; Rossman, M.D.; Kreiss, K., “Process-related risk of beryllium sensitization and disease in a copper-beryllium alloy facility”, **Am J Ind Med**, v. 47,n. 3,p. 195 – 205, mar 2005.

Shan, X.-Q.; Ni, Z.-M.; Yian, Z., Determination of Beryllium in Urine by Graphite-

Furnace Atomic Absorption Spectrometry, **Analytical Chimica Acta**, v. 217, p. 271- 280, 1989.

Shan, X-Q, Yian, Z., Ni, Z-M, "Determination of beryllium in urine by graphite furnace atomic absorption spectrometry", **Analytica Chimica Acta**, v. 217 ,p. 271-280,1989.

Shibata, Y.; Morita, M.; Fuwa, K.; "Selenium and arsenic in biology: their chemical forms and biological functions", **Advances in Biophysics**, v.28, p. 31 – 80, 1992.

Silva, C. S.; "Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvanicas, por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas", **tese de doutorado Instituto de Química da Universidade de São Paulo**, São Paulo, p. 169 – 172, 1998.

Silva, L. V. da; Athayde, M. A. P., "**Resíduos sólidos dos serviços de saúde – Município de Campinas**", Cepal, Chile, 1995.

Stanmore, B.R.; "Modeling the formation of PCDD/F in solid waste incinerators", **Chemosphere**, v. 47, n. 6, p. 565-573, May 2002 .

Subramanian, K.S. ; "Performance of Diammonium Hydrogen Phosphate-Nitric Acid- Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometric Method for Urinary Cadmium Determination", **Clinical Chemistry** ,v. 33, n. 7, p. 1298, 1987.

Subramanian, K.S. ; Meranger, JC; Mackeen, J.E. ; Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry with Matrix Modification for Determination of Cadmium and Lead in Human Urine, **Analytical Chemistry**, v. 55, p. 1064-1067, 1983.

Sucmanová, M.; Weltz, B.; " L-Cysteine as a Reducing and Releasing Agent for the Determination of Antimony and Arsenic Using Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry – Part 1". **Optimization of the Analytical Parameters, Analyst**, v. 118, p. 1417-1423, 1993.

Sutton, M. ; Burastero; S.R.; Beryllium Chemical Speciation in Elemental Human Biological Fluids , **Chemical Research in Toxicology**, v. 16, n. 9, p. 1145-1154, 2003.

Szmyd, E., Baranowska, I.; **Fresenius Journal of Analytical Chemistry**, v. 350, p. 178-180, 1994.

Takase, I.; Pereira, H.B.; Luna, A. S., Grimberg, P.; de Campos, R. C.; "A Geração Química de Vapor em Espectrometria Atômica", **Química Nova**, v.25, n. 6B, p.1132 – 1144, 2002.*

Takayanagui, A. M. M. & Casagrande, L. D. R.." O Estado da Arte do Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde: De Alguns Países do Primeiro Mundo ao Brasil de Hoje " , **Seminário Internacional sobre Resíduos Sólidos** , Cascavel, 1993.

Tao, G.; Willie, S.N.; Sturgeon, R.E., "Determination of total mercury in biological tissues by flow injection cold vapour generation atomic absorption spectrometry following tetramethylammonium hydroxide digestion", **Analyst**, v. 123, n. 6, p. 1215 – 1218, 1998.

Taru, P.; Kuvarega, A. P.; "Solid medical waste management. The case of Parirenyatwa Hospital, Zimbabwe", **Revista Biomedica**, v.16, n.3, p. 153 – 58, 2005.

Taylor, A; Branch, S.; Fisher, A.; Halls, D.; White, M., "Atomic Spectrometry Update. Clinical and biological materials, foods and beverages", **Journal Anal. At. Spectrom.**, v. 16, p. 421 – 446, 2001.

Thompson, M.; Ellison, S.L.R.; W.R.; "Harmonized Guidelines for Single-Laboratory Validation of Methods of Analysis"; **Pure Applied Chemistry**, v. 74, n.5, p.850 - 851, 2002.

Thornton, J; McCally, M; Orris, P; Weinberg, J., "Hospitals and plastics. Dioxin Prevention and Medical waste Incinerators", **Public Health Rep**, v. 111, n. 4, p. 298-313, 1996.

Todorovska, N.; Karadjova, I; Stafilov, T., "ETAAS determination of nickel in serum and urine", **Anal. Bioanal. Chem.**, v. 373, p. 310 – 313, 2002.

TOXIKON – **Métodos Analíticos para metais em fluidos biológicos**. TOXIKÓN S/C Ltda. 1998 /2002 – Disponível em <www.toxikon.com.br> acesso em 20/05/2002.

UCL – Université Catholique de Louvain, Bélgica, **Monitoring biologique de l'exposition aux substances chimiques**; Disponível em, <<http://www.md.ucl.ac.be/toxi/mbi.htm>> acessado em 02/05/2002.

Upiranga, disponível em: <www.upiranga.com/incineradorhistorico.htm>, acessado em 04/12/2004.

Veiga Júnior, V.F.; Pinto, A. C.; Maciel, M. A. M., "PLANTAS MEDICINAIS: CURA SEGURA?", **Quim. Nova**, v. 28, N. 3, p. 519-528, 2005.

Wang, H-C; Peng, H-W; Kuo, M-S, "Determination of beryllium and selenium in human urine and selenium in human serum by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry", **Analytical Sciences**, v. 17, p. 527 – 532, 2001.

Wegner, R.; Heinrich-Ramm, R.; Nowak, D.; Olma, K.; Poschadel, B.; Szadkowski, D., "Lung function, biological monitoring of gemstone cutters exposed to beryls", **Occup. Environ Medicine**, v. 57, p. 133 – 139, 2000.

Wei-Min, Y.; Zhe-Ming, N.; "The possibility of standardless analysis in graphite furnace atomic absorption spectrometry: determination of beryllium in environmental and biological samples", **Spectrochimica Acta**, v. 49B ,n. 11, p. 1067 – 1079, 1994.

Welz, B.; Sperling, M., "Atomic Absorption Spectrometry", **Wiley-VCH Verlag GmbH**, Weinheim, Alemanha, 1999.

WHO Beryllium **Environmental Health Criteria 106**. Geneva, 1990.

WHO Beryllium **Environmental Health Criteria 32**. ,Geneva, 2001.

WHO. Arsenic. **Environmental Health Criteria 18**. Genebra: WHO, 1981.

WHO. Lead. **Environmental Health Criteria 3**. Genebra: WHO, 1977.

WHO. Mercury. **Environmental Health Criteria 1** . Genebra: WHO, 1976.

WHO.Nickel. **Environmental Health Criteria 108**. Genebra: WHO, 1991.

Wigfield, D.C.; Eatock, S.A.; "The Matrix Effect in the Cold-VaporAtomic Absorption Analysis of Mercury in Various Biological Tissues", **Journal of Analytical Toxicology** , v. 11, p.137 – 139,1987.*

Williams, W. J., "United Kingdom Beryllium Registry: Mortality and Autopsy Study", **Environ Health Perspect.**, v. 104S, n. 5, p. 949 – 51, out 1996.

Wong, K-F V.; Narasimhan, R. ; **Hospital Waste Management in Florida; University of Miami**, Florida, 1994, disponível em <http://floridacenter.org/publications/wong_94-11.pdf>, acessado em 28/07/2004.

Wrbitzky, R; Göen, T.; Letzel, S.; Frank, F.; Angerer, J., "Internal Exposure of Waste Incineration Workers to Organic and Inorganic Substances" , **International Archives Occupational and Environmental Health**, v. 68, p.13-21, 1995.

Xia, L.; Hu, B; Jiang, Z.; Wu, Y.; Liang, Y., "Single-drop microextraction combined with low-temperature electrothermal vaporization ICPMS for the determination of trace Be, Co, Pd, and Cd in biological samples", **Analytical Chemistry**, v. 76,n.10, p. 2910 – 2915, 2004.

Zenebon, O.; Sakuma, A.M.; de Maio, F. D.,Okada, I.O., Lichtig,J., "A rapid method for mercurydetermination in urine of workers exposed to mercury vapor", **Analytical Letters**, v. 32,n. 7,p. 1339 – 1349, 1999.

APÊNDICES

11 APÊNDICES

Apêndice A	Aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP FCF
Apêndice B	TCLE
Apêndice C	Questionário

Resultados das determinações biológicas e questionários:

- **Usina de incineração A**

Apêndice D	Tabela 44: Dados dos questionários
Apêndice E	Tabela 45: Resultados primeira coleta. Usina A
Apêndice F	Tabela 46: Resultados segunda coleta. Usina A
	Tabela 47: Resultados terceira coleta. Usina A

- **Usina de incineração B**

Apêndice G	Tabela 49: Dados dos questionários
Apêndice H	Tabela 50: Concentrações de Pb sanguíneo
Apêndice I	Tabela 51: Resultados primeira coleta. Usina B
	Tabela 52: Resultados segunda coleta. Usina B

APÊNDICE A

Aprovação TCLE

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Comitê de Ética em Pesquisa - CEP**

Ofício CEP nº 034/2004

São Paulo, 01 de abril de 2004.

**Ilmo(a) Sr(a).
Thelma Pavesi**

Vimos informar que o Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/USP, em reunião realizada em 29 de março p.p., deu ciência e aprovou os esclarecimentos referentes ao projeto "Avaliação de riscos químicos: exposição ocupacional em trabalhadores de incineradores de resíduos de serviços de saúde." (Protocolo nº 228) apresentado por Vossa Senhoria.

Lembramos que após a execução de 50% do cronograma do projeto, deverá ser apresentado um relatório parcial, de acordo com o Artigo 18 – item C, da Portaria FCF-111/97.

Atenciosamente,

Profª. Drª. Dulcinéia Saes Parra Abdalla
Coordenadora do Comitê de Ética
em Pesquisa da FCF/USP

Orientador: Prof. Prof. Dr. Jaim Lichtig
IQ/USP

APÊNDICE B

TCLE

Universidade de São Paulo

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU LEGAL RESPONSÁVEL

1. Nome do Paciente:

.....

Documento de Identidade Nº : Sexo: () M () F

Data de Nascimento:/...../.....

Endereço: Nº: Apto:

Bairro: Cidade:

CEP: Telefone:

2. Responsável Legal:

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.):

Documento de Identidade Nº: Sexo: () M () F

Data de Nascimento:/...../.....

Endereço: Nº: Apto:

Bairro: Cidade: CEP: Tel:

II – DADOS SOBRE A PESQUISA

1. Título do Protocolo de Pesquisa: Avaliação De Riscos Químicos: Exposição Ocupacional Em Trabalhadores De Incinerador De Resíduos De Saúde

2. Pesquisador: Thelma Pavesi

Cargo/Função: Mestranda IQ/USP, Depto Analítica **Conselho Regional** CRQIV 04129990
Departamento da FCF/USP:

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA

Sem Risco () Risco Mínimo () Risco Médio ()
 Risco Baixo (X) Risco Maior ()

Por estarmos coletando uma amostra de sangue (o risco está relacionado com eventual problema no momento da coleta).

4. Duração da Pesquisa: 3 anos

III – REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. Este estudo tem como objetivo determinar a quantidade de metais (arsênio, mercúrio, berílio, cádmio, níquel e chumbo) presentes em fluido biológico (sangue e urina), uma vez que estes metais são encontrados no ambiente de trabalho de incineradores, proveniente da queima dos resíduos. Permitindo avaliar o risco ao qual o Sr. está diariamente exposto, e ainda se a condição de trabalho está ou não adequada. Esclarecemos ainda que esta amostra terá a finalidade de avaliar somente os itens descritos acima, não sendo, portanto utilizada para análise de outras substâncias.
2. Aceitando participar deste estudo, será coletada de sua pessoa uma amostra de sangue (5ml) , ou por ventura uma segunda amostra se for necessária nova avaliação. Também serão coletadas em quatro ocasiões diferentes, duas amostras de urina (100mL) por dia durante uma semana de trabalho, ou mais uma semana se necessário. Ainda, na semana da coleta de sua amostra o Sr. responderá um questionário que tem por objetivo conhecer um pouco de seus hábitos, seu estado de saúde ou o uso de medicamentos que possam interferir na análise.
3. A coleta será realizada por profissional qualificado, utilizando material descartável, seguindo os procedimentos de assepsia adequados, garantindo assim a sua integridade física. Assim, o único desconforto previsto será aquele relacionado a coleta de sangue, por exigir a picada de agulha para retirada dos 5ml de sangue necessários.
4. Através deste estudo pretende-se avaliar as condições de trabalho e se necessário, sugerir a implementação de mudanças coletivas e individuais, para que se necessário após uma avaliação seja possível assegurar que a sua condição de trabalho não implica em riscos para sua saúde.
5. Todas as análises serão realizadas, de modo a não representar nenhum custo financeiro, para você ou sua empresa.

IV – ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA

1. Você tem assegurado o direito de a qualquer momento do estudo solicitar informações esclarecedoras sobre o andamento dos procedimentos, bem como dos eventuais riscos e benefícios relacionados a sua participação neste estudo. Desta forma, como Pesquisador eu Thelma Pavesi, coloco-me a disposição para quaisquer dúvidas que necessitem esclarecimento, relacionadas a este projeto.
2. Fica assegurado que a sua posição no seu emprego não será prejudicada, independente de você decidir ou não pela participação neste projeto, bem como do resultado da avaliação da condição de trabalho.
3. Fica assegurado ainda a confidencialidade de sua identidade, bem como sigilo dos resultados obtidos, garantindo assim sua privacidade. Os resultados do estudo serão publicados sem revelar sua identidade, entretanto estarão disponíveis para consulta pela equipe envolvida no projeto, e pelo Comitê de Ética.
4. Fica assegurado também que no caso de eventual intercorrência no momento da coleta, o Sr. receberá tratamento adequado e será monitorado até que sua condição de saúde se restabeleça. (Não são esperados problemas deste tipo, no entanto é importante garantir assistência no caso de qualquer intercorrência relacionada ao projeto).

V – INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Pesquisador: Thelma Pavesi

Química, CRQIV 04129990

Telefone de contato: (11) 30666140

VI – OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

.....

.....

.....

.....

VII – CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____ de _____.

Assinatura do sujeito de pesquisa
ou responsável legal

Assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

**INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO TERMO DE CONSENTIMENTO
PÓS-INFORMAÇÃO**

1. Este termo conterá o registro das informações que o pesquisador fornecerá ao sujeito da pesquisa, em linguagem clara e acessível, evitando-se vocábulos técnicos não compatíveis com o grau de conhecimento do interlocutor.
2. A avaliação do grau de risco deve ser minuciosa, levando em conta qualquer possibilidade de intervenção e de dano à integridade física do sujeito da pesquisa.
3. O formulário poderá ser em letra de forma legível, datilografia ou meios eletrônicos.
4. A vida do Termo de Consentimento Pós-Informação submetida à análise do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-FCF) deverá ser idêntica aquela que será fornecida ao sujeito da pesquisa.

APÊNDICE C

Questionário

QUESTIONÁRIO - Doação de urina / sangue**AMOSTRA:** _____

ESTUDO: AVALIAÇÃO DE RISCOS QUÍMICOS: EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL EM TRABALHADORES DE INCINERADOR DE RESÍDUOS DE SAÚDE.

1. Identificação do sujeito:

Nome: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Peso: ____ Kg Altura: _____

Endereço: _____

Função na empresa: _____ Área de Trabalho: _____

2. TrabalhoHorário () 2ª a 6ª, _____

() sábado, _____

() Horário em outro setor: _____

Há quanto tempo trabalha na função: _____ (anos, meses)

Há quanto tempo trabalha na empresa: _____ (anos, meses)

Tem outro emprego/ bico ? () não () sim . Qual? _____

Que emprego tinha antes desta ocupação? _____

3. Hábitos PessoaisFuma: () sim, desde _____, por dia _____ () cigarros () maços

() não () parei de fumar em _____

Bebidas alcoólicas: () sim _____ doses / dia de _____ (qual bebida)

() não

Alimentação:

Frango _____/semana

Feijão _____/semana

Carne _____/semana

Laranja _____/semana

Peixe _____/semana

Brócolis _____/semana

Na última semana, comeu algum destes alimentos?

() peixe ou frutos do mar. Qual? _____

() brócolis

4. Saúde

Queixas

() Câimbras

() Enjôos / vômitos

() Depressão

() Fraturas

() Diarréias

() Insônia

() Dificuldade respiratória

() Presença de verrugas: mãos, pé, face, pescoço.

() Dores de cabeça

() Sede excessiva.

() Dores nas juntas

() Tosse

() Dores torácicas

Doenças:

() Diabetes

() Hipertensão

() Artrite

() Pneumonia

() Asma

() se outras, quais _____

() Bronquite

Medicação:

() vitaminas

() Outros: _____

APÊNDICE D

Resultados dos Questionários, usina de incineração A.

Tabela 44: Dados dos questionários, usina de incineração A.

Trabalhador	Grupo	Setor	Tempo na função (meses)	Idade (anos)	Consumo	
					Tabaco	Álcool
D.L.	AI	incinerador	3	51	não	não
E.P.V.	AI	incinerador	17	29	não	sim
I.F.S.	AI	incinerador	4	20	não	não
J.C.G.	AI	incinerador	34	29	não	sim
J.E.	AI	incinerador	8	43	não	não
M.S.B.	AI	incinerador	17	22	sim	sim
P.J.M.S.	AI	incinerador	72	53	não	sim
P.O.	AI	incinerador	25	28	não	sim
A.A.L.S.	OA	aterro	6	31	não	não
A.N.	OA	portaria	9	57	não	sim
A.R.	OA	vistoria	10	28	sim	sim
A.S.M.	OA	portaria	36	26	não	não
F.M.S.	OA	administração	5	27	sim	sim
K.S.L.	OA	ETE	7	22	não	não
M.M.M.	OA	vistoria	18	23	não	não
R.A.N.	OA	administração	60	31	não	não
R.F.S.	OA	manutenção	6	30	sim	não
V.P.S.	OA	vistoria	5	23	sim	sim

APÊNDICE E

Resultados, sangue, usina de incineração A

**Resultados da determinação de Chumbo Sangüíneo
para trabalhadores do usina de incineração A**

Tabela 45: Concentrações de Pb sanguíneo, usina de incineração A.

Amostra		Pb (µg/dl)	Área
Amostra	Trabalhador		
1	T11A	1,084	OA
2	T12A	<LD	OA
3	T9A	<LD	OA
4	T10A	1,335	OA
5	T13A	2,299	OA
7	T14A	<L.D	OA
8	T15A	<LD	OA
9	T16A	<LD	OA
10	T17A	<LD	OA
11	T18A	<LD	OA
12	T1A	<LD	AI
13	T2A	1,313	AI
14	T4A	<LD	AI
15	T5A	<LD	AI
16	T8A	<LD	AI
17	T7A	2,622	AI

APÊNDICE F

Resultados, urina, usina incineração A

**Resultados das determinações de As, Hg, Be e Cd em urina
para trabalhadores da usina de incineração A**

Tabela 46: Resultados 1ª seqüência de coletas, usina de incineração A.

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina (g/l)	ug/g creatinina				
						As	Hg	Ni	Cd	Be
1	T6A	Al	segunda	entrada	1,487	14,94	0,4236	0,2867	1,123	0,02800
2	T6A	Al	segunda	saida	0,6981	10,49	0,1120	4,810	0,5615	0,02800
3	T5A	Al	segunda	entrada	1,355	10,04	0,5202	1,085	0,0561	0,02800
4	T5A	Al	segunda	saida	1,010	15,68	0,2821	0,6191	0,5068	0,02800
5	T3A	Al	segunda	entrada	2,289	12,20	1,138	0,2086	0,0891	0,02800
6	T3A	Al	segunda	saida	0,6509	25,99	2,397	0,2086	0,02500	0,02800
7	T1A	Al	segunda	entrada	0,4277	12,57	0,1120	1,058	0,02500	0,02800
8	T1A	Al	segunda	saida	1,286	9,209	0,7000	0,2086	0,1073	0,2784
9	T8A	Al	segunda	entrada	0,6415	11,89	2,806	0,2086	0,2931	0,3959
11	T4A	Al	segunda	entrada	0,8742	14,84	0,1120	0,2086	0,3066	0,02800
13	T2A	Al	segunda	entrada	1,393	12,31	1,353	0,2086	0,2039	0,8513
15	T14A	OA	segunda	entrada	0,8931	15,37	0,1120	0,2086	0,3561	1,953
16	T14A	OA	segunda	saida	0,5646	18,76	0,1120	6,752	0,0460	1,339
17	T12A	OA	segunda	entrada	1,953	11,30	3,382	0,2836	0,3390	0,0748
18	T12A	OA	segunda	saida	1,214	19,59	0,1120	0,2086	0,1384	0,6176
19	T6A	Al	terça	entrada	1,550	16,96	0,1120	0,2086	0,5818	3,428
20	T6A	Al	terça	saida	0,7107	24,03	1,998	0,2086	1,283	0,02800
21	T5A	Al	terça	entrada	1,374	16,64	1,714	1,973	0,0771	3,518
22	T5A	Al	terça	saida	1,000	24,60	1,900	0,2086	0,1620	6,472
23	T3A	Al	terça	entrada	1,041	15,88	1,561	0,2086	0,8493	1,602
24	T3A	Al	terça	saida	1,572	14,53	0,5342	0,2086	0,4007	0,02800
25	T1A	Al	terça	entrada	0,8931	3,902	0,1120	0,2086	0,2262	0,02800
26	T1A	Al	terça	saida	1,736	6,876	0,1120	0,2086	0,1751	0,02800
27	T8A	Al	terça	entrada	0,8428	13,63	0,1120	0,2086	0,2800	1,419
28	T8A	Al	terça	saida	1,591	14,78	0,1120	0,2086	0,0402	0,02800
29	T4A	Al	terça	entrada	1,730	7,970	0,1120	0,2086	0,2475	0,02800
30	T4A	Al	terça	saida	0,8836	13,55	0,4074	2,370	0,9348	0,02800
31	T2A	Al	terça	entrada	1,082	10,11	0,1120	0,2086	0,1590	0,4511
32	T2A	Al	terça	saida	1,082	14,89	0,6610	0,2086	0,1017	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina (g/l)	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
33	T14A	OA	terça	entrada	0,4654	8,197	0,1120	4,292	0,1031	1,831
34	T14A	OA	terça	saida	1,022	24,49	1,057	3,859	0,4481	0,2818
35	T12A	OA	terça	entrada	1,277	9,207	0,1120	0,2086	0,0799	0,2632
36	T12A	OA	terça	saida	0,8868	11,30	0,1120	0,2086	0,2030	0,1173
37	T6A	AI	quarta	entrada	1,007	16,23	0,1120	2,284	0,9178	0,3814
38	T6A	AI	quarta	saida	2,069	5,157	0,1120	3,311	0,1382	0,02800
39	T5A	AI	quarta	entrada	1,610	8,096	0,7049	0,2086	0,1602	0,02800
40	T5A	AI	quarta	saida	1,371	6,138	0,1120	0,2086	0,2378	0,3749
41	T3A	AI	quarta	entrada	1,349	9,681	0,1120	2,584	0,2417	0,1468
42	T3A	AI	quarta	saida	1,306	7,231	0,1120	3,095	0,4211	0,3430
43	T1A	AI	quarta	entrada	0,7381	7,228	1,213	0,2086	0,3279	1,813
44	T1A	AI	quarta	saida	2,563	4,577	0,1120	0,2086	0,1935	0,02800
45	T8A	AI	quarta	entrada	0,6226	11,74	1,397	0,2086	0,1060	2,358
46	T8A	AI	quarta	saida	0,7264	21,98	3,318	0,2086	0,1597	0,3662
47	T4A	AI	quarta	entrada	0,8931	11,22	0,929	0,2086	0,4860	0,02800
48	T4A	AI	quarta	saida	1,091	11,06	0,2016	0,2086	0,5444	0,02800
49	T2A	AI	quarta	entrada	0,3742	8,551	6,480	0,2086	0,8765	0,02800
50	T2A	AI	quarta	saida	1,102	10,29	0,0499	0,2086	0,1779	0,02800
51	T14A	OA	quarta	entrada	0,3428	20,22	0,1120	0,2086	0,1400	0,02800
52	T14A	OA	quarta	saida	0,4088	36,18	0,1120	0,2086	0,1468	1,580
53	T12A	OA	quarta	entrada	0,8673	9,102	0,1120	0,2086	0,3689	0,8416
54	T12A	OA	quarta	saida	1,204	11,53	0,1702	0,2086	0,1893	0,02800
55	T6A	AI	quinta	entrada	0,6069	27,23	0,2060	3,962	0,0824	2,696
57	T5A	AI	quinta	entrada	2,203	8,134	0,1120	0,2086	0,0617	0,2715
58	T5A	AI	quinta	saida	0,9747	18,59	0,215	0,2086	0,5663	0,4617
59	T3A	AI	quinta	entrada	1,101	8,540	0,1120	0,2935	0,5067	8,764
60	T3A	AI	quinta	saida	0,9873	9,227	0,1120	0,2086	0,3201	0,4943
61	T1A	AI	quinta	entrada	2,335	4,402	0,1120	2,625	0,4093	0,4076
62	T1A	AI	quinta	saida	1,753	6,012	0,1120	0,2086	0,2327	0,02800
63	T8A	AI	quinta	entrada	0,5063	20,12	0,1120	0,2086	0,2291	1,055
64	T8A	AI	quinta	saida	3,329	12,10	1,446	0,2086	0,1027	0,02800
65	T4A	AI	quinta	entrada	0,9241	6,823	0,1120	0,2086	0,9567	0,02800
66	T4A	AI	quinta	saida	1,943	4,246	0,1120	0,2086	0,3983	0,0916
67	T2A	AI	quinta	entrada	1,013	10,21	0,1120	0,2086	0,2449	0,02800
68	T2A	AI	quinta	saida	1,930	5,318	0,1120	0,2086	0,0611	0,02800

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina (g/l)	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
69	T14A	OA	quinta	entrada	2,348	10,99	0,1120	1,562	0,0290	0,0332
70	T14A	OA	quinta	saida	0,4620	20,73	0,1120	12,45	0,1991	0,02800
71	T12A	OA	quinta	entrada	3,361	4,248	0,1120	0,2086	0,0631	0,02800
72	T12A	OA	quinta	saida	1,532	15,20	0,1120	0,2086	0,1293	0,02800
73	T6A	AI	sexta	entrada	1,196	22,66	0,1120	3,887	0,3361	0,02800
74	T6A	AI	sexta	saida	0,7848	28,13	0,1120	8,127	1,261	1,850
75	T5A	AI	sexta	entrada	1,361	21,76	0,1120	0,2086	0,2969	0,2704
76	T5A	AI	sexta	saida	0,6013	38,00	0,1120	0,2086	0,7019	2,029
77	T3A	AI	sexta	entrada	1,101	10,08	0,1120	0,2086	0,4086	0,02800
78	T3A	AI	sexta	saida	0,6519	18,35	0,1120	0,2086	0,7885	1,387
79	T1A	AI	sexta	entrada	0,5759	6,337	0,0868	0,2086	0,1910	0,02800
80	T1A	AI	sexta	saida	1,361	8,007	0,0698	0,2086	0,2072	0,2087
81	T8A	AI	sexta	entrada	1,487	25,18	5,718	0,2086	0,1183	0,2555
82	T8A	AI	sexta	saida	1,259	28,76	0,7940	0,2086	0,2334	0,3795
83	T4A	AI	sexta	entrada	1,019	10,47	0,1120	0,2086	0,9617	0,2846
84	T4A	AI	sexta	saida	1,241	10,51	0,2257	0,2086	0,9544	0,0097
85	T2A	AI	sexta	entrada	0,7089	9,819	0,5431	0,2086	0,1439	0,5558
86	T2A	AI	sexta	saida	0,7848	8,805	0,7709	0,2086	0,0484	0,6193
87	T14A	OA	sexta	entrada	0,4241	23,92	0,6721	0,2086	0,2924	0,7405
88	T14A	OA	sexta	saida	0,8101	23,19	0,5184	5,565	0,1284	0,0148
89	T12A	OA	sexta	entrada	1,272	16,24	0,3577	0,2086	0,4748	0,02800
90	T12A	OA	sexta	saida	1,000	20,29	0,2800	0,2086	0,5700	0,02800
91	T5A	AI	Sábado	entrada	1,557	19,86	0,7386	0,2086	0,1323	0,02800

Tabela 47: Resultados 2ª seqüência de coletas, usina de incineração A.

amostra	trabalhador	área	dia	momento	creatinina (g/l)	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
1	T1A	AI	segunda	entrada	0,6867	4,245	0,1120	1,448	0,02500	0,02800
2	T1A	AI	segunda	saida	1,813	4,263	0,1120	0,2086	0,1445	0,02800
3	T6A	AI	segunda	entrada	1,160	14,56	0,1120	1,113	0,2794	0,1264
4	T6A	AI	segunda	saida	3,464	8,970	0,8775	1,386	0,1952	0,02800
5	T5A	AI	segunda	entrada	1,235	12,58	0,1120	0,2086	0,4502	0,02800
6	T5A	AI	segunda	saida	1,301	15,19	0,1120	0,8557	0,02500	0,02800
7	T3A	AI	segunda	entrada	1,792	17,50	0,7756	1,908	0,0882	0,02800
8	T3A	AI	segunda	saida	0,9277	30,07	5,109	0,2086	0,2824	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina (g/l)	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
9	T12A	OA	segunda	entrada	1,880	10,81	0,1120	1,147	0,1607	0,02800
10	T12A	OA	segunda	saida	1,768	11,06	0,1120	0,7715	0,3360	0,02800
11	T17A	OA	segunda	entrada	1,244	6,881	0,1120	2,966	0,1769	0,02800
12	T17A	OA	segunda	saida	0,4066	7,673	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
13	T18A	OA	segunda	entrada	1,584	11,71	2,980	0,2086	0,02500	0,02800
14	T18A	OA	segunda	saida	1,957	7,848	0,1120	0,2086	0,3771	0,02800
15	T15A	OA	segunda	entrada	1,298	10,67	0,1120	2,976	0,1510	0,02800
16	T15A	OA	segunda	saida	2,045	19,41	0,1120	2,753	0,2738	0,02800
17	T11A	OA	segunda	entrada	0,7370	9,118	2,328	13,69	0,3257	0,02800
18	T11A	OA	segunda	saida	0,9753	11,92	3,625	0,9351	0,2010	0,02800
19	T4A	AI	segunda	entrada	1,025	41,15	0,1120	0,2086	1,029	0,02800
20	T4A	AI	terça	saida	0,8356	46,04	0,1120	1,421	0,2824	0,02800
21	T8A	AI	segunda	entrada	1,170	25,39	2,049	3,744	0,1299	0,02800
22	T8A	AI	terça	saida	1,718	7,064	0,1120	1,158	0,4040	0,02800
23	T2A	AI	segunda	entrada	0,4767	27,36	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
24	T2A	AI	terça	saida	0,3233	50,64	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
25	T1A	AI	sexta	entrada	0,3068	21,44	0,1120	3,106	0,02500	0,02800
26	T1A	AI	sexta	saida	1,153	17,35	1,312	1,335	0,3485	0,02800
28	T10A	OA	segunda	saida	2,100	8,757	0,1120	1,635	0,0867	0,02800
29	T6A	AI	terça	entrada	3,729	9,891	0,1120	2,324	0,2113	0,02800
30	T6A	AI	terça	saida	0,3945	62,86	0,1120	2,945	0,02500	0,02800
31	T5A	AI	terça	entrada	1,005	38,28	0,1120	1,531	0,1949	0,02800
32	T5A	AI	terça	saida	1,811	22,44	5,461	0,8664	0,1259	0,02800
33	T3A	AI	terça	entrada	2,205	14,18	0,1120	1,234	0,1433	0,0995
35	T12A	OA	terça	entrada	1,819	14,90	0,1120	0,7805	0,02500	0,02800
36	T12A	OA	terça	saida	1,893	24,01	0,1120	2,926	0,0972	0,02800
37	T18A	OA	terça	entrada	2,980	8,326	1,484	1,083	0,2309	0,02800
38	T18A	OA	terça	saida	2,789	9,348	2,001	2,182	0,2653	0,02800
39	T17A	OA	terça	entrada	0,3014	26,13	0,1120	2,593	0,4380	0,02800
40	T17A	OA	terça	saida	0,6438	40,45	0,1120	2,505	0,02500	0,02800
41	T15A	OA	terça	entrada	0,4877	24,60	0,1120	3,031	0,2625	0,02800
42	T15A	OA	terça	saida	0,8877	27,60	0,1120	0,6687	0,02500	0,02800
43	T11A	OA	terça	entrada	2,521	14,27	2,421	0,9683	0,1682	0,02800
44	T11A	OA	terça	saida	0,5397	23,78	0,1120	0,7682	0,02500	0,02800
45	T10A	OA	terça	entrada	1,107	26,55	0,1120	1,029	0,1500	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
46	T10A	OA	terça	saida	2,219	15,76	0,1120	0,9957	0,02500	0,02800
48	T9A	OA	segunda	saida	1,047	49,16	0,1120	0,7254	0,1586	0,02800
49	T9A	OA	terça	entrada	1,211	27,51	0,1120	0,5845	0,1255	0,02800
50	T9A	OA	terça	saida	0,4877	42,37	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
52	T14A	OA	terça	saida	1,285	28,64	1,974	1,201	0,02500	0,02800
53	T1A	AI	terça	entrada	0,4547	7,951	4,963	2,517	0,3431	0,02800
54	T1A	AI	terça	saida	2,549	9,738	1,274	0,2086	0,1820	0,02800
55	T6A	AI	quarta	entrada	0,4609	64,39	4,070	0,2086	0,02500	0,02800
56	T6A	AI	quarta	saida	0,9178	47,56	3,152	2,316	0,02500	0,02800
57	T5A	AI	quarta	entrada	1,545	18,07	8,530	0,9769	0,0880	0,02800
58	T5A	AI	quarta	saida	1,569	30,15	5,144	0,2086	0,02500	0,02800
59	T3A	AI	quarta	entrada	1,485	14,36	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
60	T3A	AI	quarta	saida	2,523	23,76	1,381	1,177	0,3654	0,02800
61	T4A	AI	terça	entrada	0,7172	52,67	1,770	0,2086	1,009	0,02800
62	T4A	AI	quarta	saida	0,9641	33,45	0,1120	1,184	0,4606	0,02800
63	T2A	AI	terça	entrada	1,055	30,52	0,8692	0,2086	0,4589	0,02800
64	T2A	AI	quarta	saida	1,649	28,36	0,9200	1,395	0,0934	0,02800
65	T8A	AI	terça	entrada	0,8904	44,83	1,038	0,2086	0,02500	0,02800
66	T8A	AI	quarta	saida	0,4603	26,26	0,1120	0,2086	0,2738	0,02800
67	T14A	OA	quarta	entrada	1,510	19,81	0,5435	1,084	0,02500	0,02800
69	T12A	OA	quarta	entrada	2,058	24,45	0,1120	1,569	0,02500	0,02800
70	T12A	OA	quarta	saida	1,730	17,88	0,1120	1,989	0,02500	0,02800
71	T9A	OA	quarta	entrada	1,838	16,80	0,9596	0,2086	0,2121	0,02800
72	T9A	OA	quarta	saida	0,5888	34,23	0,1120	6,966	0,02500	0,02800
73	T10A	OA	quarta	entrada	1,844	13,19	0,1120	0,2086	0,2430	0,02800
74	T10A	OA	quarta	saida	1,931	22,65	0,1120	0,2086	0,0901	0,02800
75	T15A	OA	quarta	entrada	2,148	13,33	0,8112	1,816	0,0652	0,02800
76	T15A	OA	quarta	saida	2,086	11,26	0,1350	1,214	0,02500	0,02800
77	T17A	OA	quarta	entrada	1,836	17,02	0,1120	0,2086	0,1199	0,02800
78	T17A	OA	quarta	saida	1,549	18,39	0,1120	5,839	0,02500	0,02800
79	T11A	OA	quarta	entrada	1,444	9,837	0,8823	1,073	0,02500	0,02800
80	T11A	OA	quarta	saida	1,063	22,19	1,655	0,2086	0,02500	0,02800
81	T4A	AI	quarta	entrada	1,026	42,87	4,140	0,2086	0,3254	0,02800
82	T4A	AI	quinta	saida	1,089	38,19	10,344	0,2086	0,02500	0,02800
83	T2A	AI	quarta	entrada	1,349	21,90	10,975	0,2086	0,3559	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
84	T2A	AI	quinta	saida	2,707	24,13	0,5801	0,3389	0,0657	0,02800
85	T8A	AI	quarta	entrada	1,306	22,18	0,1120	0,8226	0,02500	0,02800
86	T8A	AI	quinta	saida	0,6151	15,29	0,1120	1,368	0,7608	0,02800
87	T18A	OA	quarta	entrada	1,553	15,49	9,479	0,2086	0,0876	0,02800
88	T18A	OA	quarta	saida	1,306	14,17	6,617	0,2086	0,0980	0,02800
89	T1A	AI	quarta	entrada	0,8618	5,071	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
90	T1A	AI	quarta	saida	1,924	6,264	0,1120	1,312	0,2173	0,02800
91	T6A	AI	quinta	entrada	0,9079	33,03	0,1120	2,065	0,02500	0,02800
92	T6A	AI	quinta	saida	1,357	20,21	0,9538	0,2086	0,2241	0,02800
93	T5A	AI	quinta	entrada	1,681	6,886	3,525	0,2086	0,02500	0,02800
94	T5A	AI	quinta	saida	1,449	6,356	4,845	0,2086	0,4458	0,02800
95	T3A	AI	quinta	entrada	1,908	15,52	0,1120	2,127	0,0891	0,02800
96	T3A	AI	quinta	saida	1,293	20,70	0,1120	1,254	0,1485	0,02800
97	T12A	OA	quinta	entrada	2,102	8,323	0,1120	0,5835	0,02500	0,02800
98	T12A	OA	quinta	saida	1,678	11,56	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
99	T18A	OA	quinta	entrada	1,253	22,60	2,318	0,2086	0,02500	0,02800
100	T18A	OA	quinta	saida	1,462	17,68	1,538	0,2086	0,1368	0,02800
101	T15A	OA	quinta	entrada	1,878	11,15	0,1120	4,517	0,0916	0,02800
102	T15A	OA	quinta	saida	2,303	11,50	0,1120	1,170	0,0695	0,02800
103	T17A	OA	quinta	entrada	1,951	12,67	0,1120	1,198	0,0954	0,02800
104	T17A	OA	quinta	saida	0,6561	11,01	0,1120	0,2086	0,02500	1,502
105	T9A	OA	quinta	entrada	0,4507	37,38	0,1120	2,191	0,5059	0,02800
106	T9A	OA	quinta	saida	0,5924	27,21	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
107	T10A	OA	quinta	entrada	1,151	12,18	0,1120	0,2086	0,1494	0,02800
108	T10A	OA	quinta	saida	1,287	14,16	10,491	0,2086	0,1694	0,02800
109	T2A	AI	quinta	entrada	1,818	15,06	0,1120	0,8550	0,1870	0,02800
110	T2A	AI	sexta	saida	2,342	25,39	0,1120	3,467	0,0828	0,02800
111	T8A	AI	quinta	entrada	1,280	26,93	0,1120	1,377	0,1328	1,384
112	T8A	AI	sexta	saida	0,4968	35,44	0,1120	0,2086	0,3623	0,02800
113	T1A	AI	quinta	entrada	0,5446	4,141	3,229	0,2086	0,02500	0,02800
114	T1A	AI	quinta	saida	2,404	6,752	1,767	0,5197	0,1655	0,02800
115	T6A	AI	sexta	entrada	1,146	24,15	9,824	0,2086	0,02500	0,02800
117	T5A	AI	sexta	entrada	1,631	14,16	9,077	0,2086	0,1178	0,02800
118	T5A	AI	sexta	saida	2,204	19,91	0,7126	0,2086	0,1271	0,02800
119	T3A	AI	sexta	entrada	1,382	17,14	0,000	0,2086	0,1693	0,02800

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
120	T3A	AI	sexta	saida	0,3153	11,88	0,000	0,2086	0,5011	0,02800
121	T12A	OA	sexta	entrada	1,599	12,89	0,1120	2,282	0,1051	0,02800
123	T18A	OA	sexta	entrada	1,016	21,71	9,679	6,481	0,4489	0,02800
125	T15A	OA	sexta	entrada	0,6943	6,719	0,1120	3,525	0,2823	0,02800
126	T15A	OA	sexta	saida	0,3153	3,743	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
127	T17A	OA	sexta	entrada	1,061	14,55	0,1120	1,386	0,02500	0,3855
130	T14A	OA	quinta	saida	1,038	23,69	0,1120	1,722	0,02500	0,02800
131	T14A	OA	sexta	entrada	0,9522	19,66	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
132	T14A	OA	sexta	saida	0,8726	32,51	0,1120	1,795	0,1536	0,02800
133	T9A	OA	sexta	entrada	1,232	21,46	0,1120	0,2086	0,1363	0,02800
134	T9A	OA	sexta	saida	0,5796	18,61	0,1120	0,2086	0,2105	0,02800
135	T10A	OA	sexta	entrada	2,357	14,10	0,1120	0,2086	0,1511	0,02800
136	T10A	OA	sexta	saida	2,669	12,54	0,1120	1,049	0,1896	0,02800
137	T4A	AI	quinta	entrada	1,261	33,31	0,1120	0,2086	0,1269	0,02800
138	T4A	AI	sexta	saida	0,8280	48,64	0,1120	0,2086	0,2029	0,02800
139	T11A	OA	quinta	entrada	2,414	10,33	2,648	0,2086	0,1508	0,02800
140	T11A	OA	quinta	saida	1,465	9,669	1,587	1,280	0,1584	0,02800
141	T4A	AI	sexta	entrada	2,351	21,46	0,1120	0,2086	0,1191	0,02800
142	T4A	AI	Sábado	saida	2,725	8,545	0,1120	1,953	0,0639	0,02800
143	T2A	AI	sexta	entrada	1,768	14,45	0,1120	0,2086	0,1935	0,02800
144	T2A	AI	Sábado	saida	1,904	22,54	0,1120	0,2086	0,0767	0,02800
145	T8A	AI	sexta	entrada	0,5438	134,7	0,1120	3,629	0,7577	0,02800
146	T8A	AI	Sábado	saida	1,529	7,401	0,1120	5,687	0,1034	0,02800
147	T5A	AI	Sábado	entrada	1,519	17,79	7,280	0,2086	0,1172	0,02800
149	T11A	OA	sexta	entrada	2,241	6,503	2,248	1,123	0,0812	0,02800
150	T11A	OA	sexta	saida	1,513	6,776	1,744	1,196	0,1296	0,02800

Tabela 48: Resultados 3ª seqüência de coletas, usina de incineração A.

amostra	trabalhador	dia	momento	grupo	creatinina g /l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
1	T13A	segunda	entrada	OA	0,4586	1,262	34,4158	0,2086	0,5272	0,0759
2	T13A	segunda	saida	OA	1,358	7,375	1,907	1,621	0,02500	0,0985
3	T6A	segunda	entrada	AI	1,491	6,211	1,649	0,2086	0,02500	0,4274
4	T6A	segunda	saida	AI	1,434	4,401	7,137	0,2086	1,211	0,1537
5	T3A	segunda	entrada	AI	1,653	2,996	4,834	0,2086	0,2156	0,0740

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As-U	Hg-U	Ni-U	Cd-U	Be-U
						ug/g creatinina				
6	T3A	segunda	saida	AI	2,881	5,035	2,765	0,2086	0,1143	0,0489
7	T1A	segunda	entrada	AI	0,3456	3,910	9,492	0,2086	0,0972	0,2439
8	T1A	segunda	saida	AI	2,857	5,422	4,695	0,2086	0,1825	0,1062
9	T7A	segunda	entrada	AI	0,7805	15,65	0,8418	0,2086	1,227	0,1533
11	T4A	segunda	entrada	AI	1,427	26,26	2,166	0,2086	1,524	0,0379
13	T2A	segunda	entrada	AI	0,5667	12,73	0,7196	0,2086	0,3395	0,0587
15	T8A	segunda	entrada	AI	0,8419	9,151	1,664	0,2086	0,0945	0,0393
17	T14A	segunda	entrada	OA	2,726	5,067	0,5755	0,7418	0,02500	0,0386
18	T14A	segunda	saida	OA	0,4734	16,35	0,1120	0,2086	0,02500	0,0492
19	T12A	segunda	entrada	OA	1,692	3,318	0,2959	0,2086	0,2005	0,0679
20	T12A	segunda	saida	OA	0,8921	22,16	0,1566	0,2086	0,7939	0,0810
21	T18A	segunda	entrada	OA	1,459	5,597	7,565	0,2086	0,1706	0,02800
22	T18A	segunda	saida	OA	1,341	6,705	6,143	0,2086	0,3795	0,02800
23	T9A	segunda	entrada	OA	0,5176	8,259	8,691	0,2086	0,02500	0,02800
24	T9A	segunda	saida	OA	0,6282	6,872	2,133	0,2086	0,02500	0,0518
25	T16A	segunda	entrada	OA	0,9492	8,374	0,1222	0,2086	0,4766	0,2124
26	T16A	segunda	saida	OA	1,328	3,237	0,0484	0,2086	0,1171	0,02800
27	T15A	segunda	entrada	OA	0,3972	8,313	0,3781	0,2086	0,02500	0,0290
28	T15A	segunda	saida	OA	1,080	18,91	0,2650	0,2086	0,1803	0,0655
29	T17A	segunda	entrada	OA	0,9156	5,894	1,405	0,2086	0,3794	0,02800
30	T17A	segunda	saida	OA	2,142	4,774	0,6730	0,2086	0,02500	0,1827
31	T11A	segunda	entrada	OA	2,247	8,577	6,643	0,2086	0,02500	0,0633
32	T11A	segunda	saida	OA	1,451	13,25	3,805	0,2086	0,02500	0,3070
33	T6A	terça	entrada	AI	2,322	6,163	4,959	0,2387	0,6335	0,0460
34	T6A	terça	saida	AI	1,188	9,842	6,487	0,2086	0,5466	0,0171
35	T13A	terça	entrada	OA	0,6388	4,720	0,7014	0,2086	0,02500	0,0519
36	T13A	terça	saida	OA	1,267	4,163	1,165	0,2086	0,02500	0,02800
37	T3A	terça	entrada	AI	0,7958	34,82	10,76	0,2086	0,0684	0,1498
38	T3A	terça	saida	AI	1,311	12,08	3,756	0,2086	1,066	0,02800
39	T1A	terça	entrada	AI	0,4783	52,61	12,33	0,2086	0,0569	0,1100
40	T1A	terça	saida	AI	2,894	12,93	2,875	0,2086	0,0550	0,02800
41	T7A	terça	entrada	AI	0,2473	19,01	0,24440	0,2086	0,02500	0,0300
42	T7A	segunda	saida	AI	0,5291	93,13	4,172	0,2086	0,02500	0,02800
43	T4A	terça	entrada	AI	0,88616	50,68	0,7057	0,2086	2,052	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Dia	Momento	Grupo	Creatinina g /l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
44	T4A	segunda	saida	AI	0,70159	109,0	4,447	0,2086	3,674	0,0655
45	T2A	terça	entrada	AI	1,236	29,04	1,599	0,2086	0,02500	0,02800
46	T2A	segunda	saida	AI	0,18413	76,91	7,329	0,2086	0,02500	0,02800
47	T8A	terça	entrada	AI	1,921	25,12	1,077	0,2086	0,15895	0,02800
48	T8A	segunda	saida	AI	0,16508	78,90	1,677	3,026	0,02500	0,02800
49	T14A	terça	entrada	OA	0,62116	77,09	1,351	0,2086	0,73507	0,02800
50	T14A	terça	saida	OA	1,156	43,87	0,1120	0,2086	0,86819	0,02800
51	T12A	terça	entrada	OA	0,42857	65,46	2,600	0,2086	0,95527	0,4880
52	T12A	terça	saida	OA	2,560	16,16	0,1120	0,2086	0,33974	0,0300
53	T18A	terça	entrada	OA	0,84656	62,84	8,920	13,5274	0,80656	0,02800
54	T18A	terça	saida	OA	1,867	22,23	6,259	0,2086	0,44234	0,02800
55	T9A	terça	entrada	OA	0,68254	26,78	5,201	0,2086	0,25024	0,02800
56	T9A	terça	saida	OA	1,002	17,84	1,345	0,2086	0,02500	0,02800
57	T16A	terça	entrada	OA	0,81270	55,87	0,3177	0,2086	0,49900	0,0553
58	T16A	terça	saida	OA	0,99683	40,63	0,3121	0,2086	0,93938	0,0927
59	T15A	terça	entrada	OA	0,50794	79,22	0,1807	0,2086	0,02500	0,02800
60	T15A	terça	saida	OA	1,058	34,82	0,1966	2,725	0,02500	0,0891
61	T17A	terça	entrada	OA	0,9856		0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
62	T17A	terça	saida	OA	1,124	12,57	1,466	0,2086	0,55083	0,1194
63	T11A	terça	entrada	OA	0,78413	41,62	17,19	0,2086	0,02500	0,0968
64	T11A	terça	saida	OA	0,49206	55,47	9,783	0,2086	2,036	0,0799
65	T6A	quarta	entrada	AI	0,63810	23,25	11,85	0,2086	1,189	0,0339
66	T6A	quarta	saida	AI	0,57143	20,04	8,634	0,4386	1,709	0,0357
69	T3A	quarta	entrada	AI	0,36190	49,98	14,19	0,2086	3,438	1,370
71	T1A	quarta	entrada	AI	0,67619	49,26	13,91	0,2086	1,263	0,0568
72	T1A	quarta	saida	AI	0,76508	40,02	12,75	0,2086	0,08417	0,0662
73	T7A	quarta	entrada	AI	0,53016	55,72	2,220	0,2086	0,22333	0,02800
74	T7A	terça	saida	AI	0,68889	60,57	4,577	0,2086	0,02500	0,02800
75	T4A	quarta	entrada	AI	0,63810	86,98	3,472	0,2086	3,029	0,0401
76	T4A	terça	saida	AI	0,72698	65,09	5,142	0,2086	1,447	0,02800
77	T2A	quarta	entrada	AI	0,67302	35,15	5,855	0,2086	1,463	0,0511
78	T2A	terça	saida	AI	0,27937	45,80	7,103	0,2086	0,08233	0,02800
80	T8A	terça	saida	AI	0,31746	58,53	3,018	0,2086	0,02500	0,02800
81	T14A	quarta	entrada	OA	0,62857	35,35	0,2037	0,2086	1,386	0,02800

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Dia	Momento	Grupo	Creatinina g / l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
82	T14A	quarta	saida	OA	0,54286	81,21	0,1417	5,718	3,980	0,0734
83	T12A	quarta	entrada	OA	0,64762	20,10	1,170	7,426	0,41104	0,02800
84	T12A	quarta	saida	OA	0,58413	38,90	0,1309	4,094	0,73443	0,0984
85	T18A	quarta	entrada	OA	0,74603	31,47	17,0609	2,600	1,084	0,0773
86	T18A	quarta	saida	OA	0,80952	31,74	13,63	4,334	1,812	0,2986
87	T9A	quarta	entrada	OA	0,71429	22,47	26,49	1,688	0,42336	0,02800
88	T9A	quarta	saida	OA	0,22222	27,08	4,354	0,2086	0,82260	0,02800
89	T16A	quarta	entrada	OA	0,97460	33,18	0,6511	0,2086	0,66304	0,02800
90	T16A	quarta	saida	OA	1,435	8,711	0,7321	0,2086	1,921	0,0162
91	T15A	quarta	entrada	OA	0,93500	38,19	1,651	0,2086	0,02500	0,0989
92	T15A	quarta	saida	OA	0,36500	43,85	1,638	0,3803	0,02500	0,02800
93	T17A	quarta	entrada	OA	0,33000	46,81	8,984	0,2086	1,528	0,2547
94	T17A	quarta	saida	OA	0,45714	23,13	4,003	0,2086	0,02500	0,02800
95	T11A	quarta	entrada	OA	0,42857	49,44	18,31	0,2086	0,69953	0,20560
96	T11A	quarta	saida	OA	0,46667	19,68	5,949	2,8230	0,08357	0,02800
98	T6A	quinta	saida	AI	0,82555	10,07	8,285	0,2086	0,03682	0,02800
100	T13A	quinta	saida	OA	0,66349	24,96	4,318	0,2086	0,87748	0,5678
102	T3A	quinta	saida	AI	1,676	19,72	4,061	0,2086	0,70956	0,02800
103	T1A	quinta	entrada	AI	0,12698	49,90	31,50	0,2086	0,02500	0,02800
104	T1A	quinta	saida	AI	3,713	14,34	3,320	0,2086	0,25578	0,02800
105	T7A	quinta	entrada	AI	2,835	10,77	1,204	0,2086	0,02500	0,02800
106	T7A	quarta	saida	AI	0,66984	93,01	6,591	0,2086	0,18721	0,0720
107	T4A	quinta	entrada	AI	1,216	33,34	2,343	0,2086	2,034	0,0704
108	T4A	quarta	saida	AI	0,54603	103,0	8,415	0,2086	4,383	0,5211
109	T2A	quinta	entrada	AI	1,467	10,01	1,933	0,2086	0,16035	0,0473
110	T2A	quarta	saida	AI	0,45079	39,39	10,34	0,2086	0,48359	0,0330
111	T8A	quinta	entrada	AI	0,82555	20,88	6,880	0,2086	0,50003	0,02800
112	T8A	quarta	saida	AI	0,15873	53,18	55,91	0,2086	1,152	0,02800
113	T14A	quinta	entrada	OA	0,11111	132,0	10,62	0,2086	0,02500	0,02800
114	T14A	quinta	saida	OA	0,44444	88,71	2,700	0,2086	1,980	0,02800
115	T12A	quinta	entrada	OA	0,57778	52,73	3,314	0,2086	0,31223	0,4975
116	T12A	quinta	saida	OA	0,73968	59,28	2,521	0,2086	0,83847	0,1089
117	T18A	quinta	entrada	OA	1,140	14,24	5,583	0,2086	0,04140	0,0559
118	T18A	quinta	saida	OA	1,236	13,20	5,397	0,2086	0,03382	0,1188

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Dia	Momento	Grupo	Creatinina g /l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
119	T9A	quinta	entrada	OA	1,029	6,4852	2,465	0,2086	0,14272	0,02800
120	T9A	quinta	saida	OA	2,727	4,0999	1,359	0,2086	0,33565	0,1088
121	T16A	quinta	entrada	OA	1,108	29,59	1,936	0,2086	0,02500	0,2552
122	T16A	quinta	saida	OA	1,322	4,7993	0,5787	0,2086	0,02500	0,02800
123	T15A	quinta	entrada	OA	0,74921	69,26	2,629	1,847	0,02500	0,3902
124	T15A	quinta	saida	OA	0,38084	29,64	1,799	0,2086	1,558	0,02800
126	T17A	quinta	saida	OA	2,188	18,21	1,526	0,2086	0,18891	0,0938
127	T11A	quinta	entrada	OA	0,53016	56,35	18,33	0,2086	0,78675	0,1433
128	T11A	quinta	saida	OA	0,56265	18,28	3,892	0,2086	0,02500	0,02800
129	T6A	sexta	entrada	AI	1,334	6,4086	4,464	0,2086	0,02500	0,03269
131	T13A	sexta	entrada	OA	2,169	3,3495	1,699	0,2086	0,02500	0,06449
132	T13A	sexta	saida	OA	1,242	14,77	1,380	0,2086	0,02500	0,08670
133	T3A	sexta	entrada	AI	1,149	34,11	7,215	0,2086	0,7562	0,02800
134	T3A	sexta	saida	AI	1,599	11,55	3,728	0,2086	0,4593	0,02800
135	T1A	sexta	entrada	AI	0,9795	7,8227	4,569	0,2086	0,02500	0,02800
136	T1A	sexta	saida	AI	1,375	21,35	6,490	0,2086	0,02500	0,02800
137	T7A	sexta	entrada	AI	0,7052	29,15	2,361	0,2086	0,02500	0,0575
138	T7A	quinta	saida	AI	0,8444	51,72	3,150	0,2086	0,02500	0,02800
139	T4A	sexta	entrada	AI	2,336	23,35	2,419	0,2086	0,3029	0,02800
140	T4A	quinta	saida	AI	0,7928	47,04	4,244	0,2086	0,3307	0,02800
141	T2A	sexta	entrada	AI	1,137	12,15	3,466	0,2086	0,02500	0,02800
142	T2A	quinta	saida	AI	2,451	11,88	3,778	0,2086	0,02500	0,02800
143	T8A	sexta	entrada	AI	1,730	16,76	2,706	0,2086	0,02500	0,02800
144	T8A	quinta	saida	AI	0,5422	17,75	7,442	0,2086	0,02500	0,02800
145	T14A	sexta	entrada	OA	1,335	40,58	2,049	0,2086	0,8688	0,02800
146	T14A	sexta	saida	OA	1,075	40,91	1,326	0,2086	1,859	0,02800
149	T18A	sexta	entrada	OA	0,8346	14,81	2,067	0,2086	0,02500	0,02800
150	T18A	sexta	saida	OA	1,220	12,57	1,459	0,2086	0,3871	0,02800
151	T9A	sexta	entrada	OA	0,6552	9,397	3,472	0,2086	0,02500	0,02800
152	T9A	sexta	saida	OA	0,3145	6,887	1,161	0,2086	0,02500	0,02800
153	T16A	sexta	entrada	OA	1,067	23,42	0,3469	0,2086	0,05438	0,0572
154	T16A	sexta	saida	OA	0,7633	6,013	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
155	T15A	sexta	entrada	OA	2,229	13,99	0,1862	0,2086	0,02500	0,02800
156	T15A	sexta	saida	OA	0,6880	15,04	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Dia	Momento	Grupo	Creatinina g /l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
157	T17A	sexta	entrada	OA	1,943	16,46	0,3706	0,2086	0,02500	0,02800
158	T17A	sexta	saida	OA	1,641	21,67	0,1120	0,2086	0,02500	0,02800
159	T11A	sexta	entrada	OA	1,934	12,61	2,619	0,2086	0,1603	0,02800
160	T11A	sexta	saida	OA	1,958	17,31	1,706	0,2086	0,0588	0,02800
170	T7A	sexta	saida	AI	1,370	37,96	1,339	0,2086	0,02500	0,02800
172	T4A	sexta	saida	AI	3,329	16,10	0,3169	0,2086	0,6782	0,02800
174	T2A	sexta	saida	AI	1,617	2,856	0,5258	0,2086	0,02500	0,02800
176	T8A	sexta	saida	AI	0,7174	13,71	1,352	0,2086	0,09088	0,02800

APÊNDICE G

Resultados dos Questionários, usina de incineração B

Tabela 49: Dados dos dos questionários, usina de incineração B.

Trabalhador	Grupo	Setor	tempo na função (meses)	Idade (anos)	Consumo	
					Tabaco	Alcool
E.M.S.	AI	AI	12	25	não	não
G.A.L.	AI	AI	84	48	não	sim
H.E.S.	AI	AI	4	25	não	não
J.S.P.	AI	AI	14	19	não	não
M.B.S.	AI	AI	6	32	não	não
M.R.S.	AI	AI	18	33	não	sim
P.F.M.	AI	AI	54	49	não	não
B.R.P.	OA	AC	24	41	não	não
F.A.H.L.	OA	AC	18	27	não	sim
J.A.S.	OA	AC	2	19	não	sim
J.N.	OA	AC	24	34	não	sim
A.A.M	OA	AM	15	22	não	não
A.E.	OA	AM	60	58	não	sim
A.J.N.	OA	AM	24	37	não	sim
M.V.C.	OA	AM	30	32	não	não

**Resultados da determinação de Chumbo Sangüíneo
para trabalhadores da sina de incineraçãoB.**

Tabela 50: Concentrações de Pb sanguíneo, usina de incineraçãoB.

Determinação		Pb (µg/dl)	Área
Amostra	trabalhador		
1	T12B	<LD	OA
2	T9B	<LD	OA
3	T8B	<LD	OA
4	T10B	<LD	OA
5	T11B	<LD	OA
6	T15B	<LD	OA
7	T1B	<LD	AI
8	T2B	<LD	AI
9	T4B	<LD	AI
10	T6B	<LD	AI
12	T5B	<LD	AI
13	T7B	<LD	AI
14	T3B	<LD	AI

<LD : menor que o limite de detecção do método.

**Resultados das determinações de As, Hg, Be e Cd em urina
para trabalhadores da usina de incineração B**

Tabela 51: 1ª sequência de coletas, usina de incineração B.

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina	As	Hg	Ni	Cd	Be
					g/l	ug/g creatinina				
1	T7B	AI	segunda	entrada	0,5722	6,197	3,020	5,904	0,3338	0,0979
2	T7B	AI	segunda	saida	1,955	11,11	1,200	0,6499	0,0256	0,0286
3	T2B	AI	segunda	entrada	2,418	3,377	2,014	0,7492	0,0250	0,0280
4	T2B	AI	segunda	saida	2,186	12,43	4,202	1,027	0,0250	0,0280
5	T1B	AI	segunda	entrada	1,804	21,21	1,890	0,2313	0,0277	0,0310
6	T1B	AI	segunda	saida	0,2404	9,442	20,92	1,087	0,2080	0,2330
7	T6B	AI	segunda	entrada	1,345	4,305	3,077	0,3102	0,0372	0,0416
8	T6B	AI	segunda	saida	0,8748	28,17	8,377	0,4768	0,3681	0,0640
13	T9B	OA	segunda	entrada	1,572	12,65	3,129	0,2653	0,0318	0,0356
14	T9B	OA	segunda	saida	0,7986	25,88	5,653	0,5223	0,7463	0,0701
15	T8B	OA	segunda	entrada	1,684	21,88	1,260	0,2478	0,0297	0,0333
16	T8B	OA	segunda	saida	0,2461	30,69	3,111	1,634	0,1959	0,2194
17	T11B	OA	segunda	entrada	1,543	17,74	2,576	0,2704	0,0324	0,0363
19	T4B	OA	segunda	entrada	0,5207	13,05	0,6044	0,8804	0,0960	0,1076
21	T10B	OA	segunda	entrada	2,395	15,21	1,416	0,2086	0,0250	0,0280
22	T10B	OA	segunda	saida	1,527	25,63	3,843	0,2731	0,0484	0,0367
23	T15B	OA	segunda	entrada	1,802	11,22	0,5982	0,2314	0,0277	0,0311
24	T15B	OA	segunda	saida	1,571	18,38	3,436	0,2655	0,2090	0,0356
25	T14B	OA	segunda	entrada	1,950	18,20	0,6651	0,2139	0,0256	0,0287
26	T14B	OA	segunda	saida	1,653	24,88	1,486	0,2523	0,0686	0,0339
27	T13B	OA	segunda	entrada	1,273	4,717	1,589	0,3276	0,0393	0,0440
28	T13B	OA	segunda	saida	1,378	8,258	0,9042	0,3027	0,0363	0,0406
30	T4B	AI	segunda	saida	0,3381	9,670	5,467	2,436	0,1479	0,1656
31	T7B	AI	terça	entrada	1,109	14,89	1,7314	2,897	0,0451	0,0505
32	T7B	AI	terça	saida	0,8603	5,736	2,066	0,4848	0,0581	0,0651
33	T2B	AI	terça	entrada	1,925	8,190	0,7565	0,2167	0,0260	0,0291
34	T2B	AI	terça	saida	0,8370	17,66	8,144	0,4983	0,0597	0,0669
35	T1B	AI	terça	entrada	1,984	17,08	0,6572	0,8088	0,0252	0,0282
36	T1B	AI	terça	saida	0,7374	13,90	4,875	0,5657	0,0678	0,0759

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
37	T6B	AI	terça	entrada	1,628	5,526	0,5605	0,2561	0,0307	0,0344
38	T6B	AI	terça	saida	0,7204	5,957	4,421	0,5790	0,5855	0,0777
39	T5B	AI	terça	entrada	1,615	11,49	3,312	0,2583	0,2438	0,0347
40	T5B	AI	terça	saida	1,374	6,125	7,945	0,3035	0,1687	0,0408
43	T9B	OA	terça	entrada	0,6310	11,79	10,31	0,6610	0,1639	0,0887
44	T9B	OA	terça	saida	0,6106	6,364	8,966	0,6831	0,0819	0,0917
45	T8B	OA	terça	entrada	0,9800	24,64	0,7395	0,4256	0,0510	0,0571
46	T8B	OA	terça	saida	0,5701	25,90	0,9999	0,7317	0,0877	0,0982
47	T11B	OA	terça	entrada	2,154	17,78	1,692	0,5815	0,0447	0,0280
48	T11B	OA	terça	saida	1,256	8,799	4,800	5,0078	0,0398	0,0446
51	T10B	OA	terça	entrada	1,991	14,47	1,194	0,2095	0,0251	0,0281
52	T10B	OA	terça	saida	1,061	6,334	1,690	0,3932	0,2459	0,0528
53	T15B	OA	terça	entrada	1,199	8,860	3,783	0,3480	0,0684	0,0467
54	T15B	OA	terça	saida	1,685	10,03	0,7608	0,2475	0,1909	0,0332
55	T14B	OA	terça	entrada	1,255	25,76	2,497	0,3322	0,0398	0,0446
57	T13B	OA	terça	entrada	0,7597	5,212	3,243	0,5490	0,0658	0,0737
58	T13B	OA	terça	saida	1,586	3,042	1,579	0,2629	0,0315	0,0353
60	T4B	AI	terça	saida	0,7290	10,36	0,5217	0,5722	0,0686	0,0768
61	T7B	AI	quarta	entrada	0,4330	8,336	1,293	10,04	0,1155	0,1293
62	T7B	AI	quarta	saida	1,236	14,54	2,526	0,3373	0,0404	0,0453
63	T2B	AI	quarta	entrada	1,578	8,902	0,8459	0,2642	0,0317	0,0355
64	T2B	AI	quarta	saida	0,8570	17,07	0,9624	0,4867	0,0583	0,0653
65	T1B	AI	quarta	entrada	2,335	12,80	1,459	0,2086	0,0250	0,0280
66	T1B	AI	quarta	saida	1,828	8,336	1,771	0,3095	0,0274	0,0306
67	T6B	AI	quarta	entrada	1,761	4,774	0,9647	0,2369	0,0284	0,0318
68	T6B	AI	quarta	saida	1,112	3,315	0,1439	0,3751	0,0450	0,0504
69	T5B	AI	quarta	entrada	1,504	9,396	0,7499	0,2773	0,1408	0,0372
70	T5B	AI	quarta	saida	0,9485	14,91	2,9827	0,4398	0,0527	0,0590
73	T9B	OA	quarta	entrada	1,957	8,526	1,358	0,2131	0,0256	0,0286
74	T9B	OA	quarta	saida	1,002	7,881	0,6669	0,4165	0,4518	0,0559
75	T8B	OA	quarta	entrada	1,311	24,99	0,7288	0,3182	0,0381	0,0427
76	T8B	OA	quarta	saida	0,4847	21,28	1,155	2,2804	0,1032	0,1155
77	T11B	OA	quarta	entrada	1,054	16,00	0,8113	0,3956	0,0474	0,0531
78	T11B	OA	quarta	saida	0,6789	15,41	0,8245	0,6143	0,5797	0,0825
81	T10B	OA	quarta	entrada	1,351	7,477	3,9840	0,3086	0,0370	0,0414

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina	As	Hg	Ni	Cd	Be
					g/l	ug/g creatinina				
83	T15B	OA	quarta	entrada	1,623	9,045	1,697	0,2570	0,0308	0,0345
84	T15B	OA	quarta	saida	2,097	8,765	0,4047	0,2086	0,1021	0,0267
87	T13B	OA	quarta	entrada	1,116	3,289	0,5699	0,3738	0,0448	0,0502
90	T10B	OA	quarta	saida	0,9201	6,955	0,6083	0,4533	0,0543	0,0609
91	T7B	AI	quinta	entrada	1,130	10,55	0,4953	0,3691	0,0442	0,0496
92	T7B	AI	quinta	saida	1,018	12,17	0,5501	0,4099	0,0491	0,0550
93	T2B	AI	quinta	entrada	1,907	5,8660	0,7177	0,2188	0,0262	0,0294
94	T2B	AI	quinta	saida	1,415	16,82	0,2855	0,2947	0,0353	0,0396
95	T1B	AI	quinta	entrada	0,9929	9,926	2,144	0,4201	0,0504	0,0564
96	T1B	AI	quinta	saida	1,850	4,569	0,1866	0,2254	0,0270	0,0303
97	T6B	AI	quinta	entrada	0,7664	5,246	0,7140	0,5442	0,0652	0,0731
98	T6B	AI	quinta	saida	0,9093	8,729	0,6156	0,4587	0,0550	0,0616
99	T5B	AI	quinta	entrada	0,8577	25,70	0,6527	0,4863	0,0583	0,0653
100	T5B	AI	quinta	saida	0,8913	32,81	0,6280	0,4680	0,2668	0,0628
103	T9B	OA	quinta	entrada	0,8635	11,43	0,6335	0,4830	0,0579	0,0649
104	T9B	OA	quinta	saida	1,420	7,757	0,3943	0,2938	0,0352	0,0394
105	T8B	OA	quinta	entrada	0,9521	30,69	0,5099	0,4381	0,0525	0,0588
106	T8B	OA	quinta	saida	1,127	27,57	0,2935	1,415	0,0444	0,0497
107	T11B	OA	quinta	entrada	1,233	19,63	1,207	0,7768	0,0406	0,0454
108	T11B	OA	quinta	saida	0,7040	29,53	0,7951	0,8701	0,0710	0,0795
111	T4B	AI	quinta	entrada	1,019	16,84	0,5210	0,4095	0,1151	0,0550
112	T4B	AI	quinta	saida	0,2157	0,2681	0,4712	0,3512	0,0421	0,0471
113	T15B	OA	quinta	entrada	0,8723	9,861	0,6417	0,4782	0,0573	0,0642
114	T15B	OA	quinta	saida	1,351	12,28	6,097	0,3086	0,0954	0,0414
117	T13B	OA	quinta	entrada	0,8021	1,863	0,6979	0,5200	0,0623	0,0698
118	T13B	OA	quinta	saida	1,499	3,142	0,3735	0,2783	0,0334	0,0374
119	T10B	OA	quinta	entrada	2,597	3,651	0,4080	0,8106	0,0414	0,0408
120	T10B	OA	quinta	saida	1,303	3,610	0,4297	25,82	0,0384	0,0430
121	T7B	AI	sexta	entrada	0,4066	1,113	0,7858	4,971	0,0702	0,0786
123	T2B	AI	sexta	entrada	1,419	2,126	0,4036	0,6363	0,0352	0,0395
124	T2B	AI	sexta	saida	1,136	1,372	0,9133	0,3671	0,0440	0,0493
125	T1B	AI	sexta	entrada	1,944	2,852	0,8472	4,631	0,0257	0,0288
126	T1B	AI	sexta	saida	2,148	2,947	0,4557	0,2086	0,0233	0,0280
127	T6B	AI	sexta	entrada	0,4686	1,659	0,8512	0,8900	0,1827	0,1195
128	T6B	AI	sexta	saida	0,4349	1,523	0,7588	0,5233	0,0858	0,0703

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina	As	Hg	Ni	Cd	Be
					g/l	ug/g creatinina				
129	T5B	AI	sexta	entrada	0,7848	12,88	0,6383	0,5315	0,0803	0,0714
130	T5B	AI	sexta	saida	0,4609	10,08	1,214	0,9049	0,1085	0,1215
133	T9B	OA	sexta	entrada	0,6838	1,706	0,8186	0,6100	0,0731	0,0819
134	T9B	OA	sexta	saida	1,516	1,644	0,4989	0,2751	0,0330	0,0369
135	T8B	OA	sexta	entrada	0,7223	7,433	0,7750	0,5775	0,0692	0,0775
136	T8B	OA	sexta	saida	0,6603	7,070	0,8477	0,6317	0,0757	0,0848
137	T11B	OA	sexta	entrada	1,573	6,419	0,8545	0,3839	0,0318	0,0356
141	T4B	AI	sexta	entrada	1,402	1,408	0,5244	0,2976	0,0357	0,0400
142	T4B	AI	sexta	saida	1,941	1,397	0,5579	0,2149	0,0258	0,0289
143	T15B	OA	sexta	entrada	0,9369	2,856	3,759	0,4452	0,1136	0,0598
144	T15B	OA	sexta	saida	1,814	3,183	2,347	0,2299	0,1112	0,0309
147	T13B	OA	sexta	entrada	1,152	0,5007	0,8854	0,3621	0,0434	0,0486
148	T13B	OA	sexta	saida	1,185	0,8431	0,9210	0,3520	0,0422	0,0473
149	T10B	OA	sexta	entrada	1,992	3,382	1,066	0,2094	0,0251	0,0281
150	T10B	OA	sexta	saida	1,341	2,711	0,3591	0,3111	0,6782	0,0418

Tabela 52: 2ªsequência de coletas, usina de incineração B.

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina	As	Hg	Ni	Cd	Be
					g/l	ug/g creatinina				
1	T7B	AI	segunda	entrada	0,9262	5,643	0,1641	9,1552	0,5906	0,0280
2	T7B	AI	segunda	saida	1,370	6,948	0,1973	0,2086	0,0630	0,0197
3	T2B.	AI	segunda	entrada	1,194	16,21	0,0737	0,3066	0,3715	0,0415
4	T2B.	AI	segunda	saida	1,720	13,22	0,1301	0,2086	0,2047	0,0333
5	T1B	AI	segunda	entrada	1,349	36,59	0,1120	0,1785	0,5282	0,0280
6	T1B	AI	segunda	saida	1,271	29,68	0,1120	0,2086	0,5611	0,0280
7	T6B	AI	segunda	entrada	1,524	5,117	0,2979	0,2086	0,0555	0,0280
9	T5B	AI	segunda	entrada	2,173	9,624	0,2258	0,2086	0,2178	0,0280
10	T5B	AI	segunda	saida	1,727	21,42	0,0806	8,068	0,1476	0,0280
11	T12B	OA	segunda	entrada	1,326	17,45	0,0760	3,479	1,359	0,0280
12	T12B	OA	segunda	saida	1,722	18,84	0,0914	0,8196	0,7700	0,0280
13	T9B	OA	segunda	entrada	1,737	4,044	0,4296	0,1855	0,0250	0,0280
14	T9B	OA	segunda	saida	0,7962	12,36	0,0644	10,1570	0,9447	0,0280
15	T8B	OA	segunda	entrada	1,544	19,56	0,0789	0,2086	0,0250	0,0506
16	T8B	OA	segunda	saida	0,5609	31,22	0,1120	0,3438	0,2296	0,2197
17	T11B	OA	segunda	entrada	1,805	14,95	0,1208	10,7683	0,1833	0,0280

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
18	T11B	OA	segunda	saida	0,9456	17,92	0,1120	0,2086	0,9566	0,0280
21	T15B	OA	segunda	entrada	0,6200	11,59	0,1120	0,2086	0,0250	0,0280
22	T15B	OA	segunda	saida	1,030	11,80	0,0873	0,2086	0,1530	0,0036
25	T13B	OA	segunda	entrada	1,911	10,22	0,1869	0,2086	0,1957	0,0280
26	T13B	OA	segunda	saida	1,667	9,784	0,1704	0,2086	0,0336	0,0409
27	T4B	OA	segunda	entrada	2,584	8,289	0,3117	0,2086	0,0851	0,0574
28	T4B	OA	segunda	saida	0,6493	23,50	0,1120	0,2086	0,0721	0,0280
29	T7B	AI	terça	entrada	0,7092	12,82	0,1120	0,2086	0,1139	0,0806
30	T7B	AI	terça	saida	2,453	19,50	0,1258	0,8796	0,2124	0,0209
31	T2B.	AI	terça	entrada	1,654	11,41	0,1450	0,2086	0,0623	0,0269
32	T2B.	AI	terça	saida	0,9096	22,98	0,1120	0,2086	0,0657	0,0579
33	T1B	AI	terça	entrada	1,492	38,66	0,1120	0,2086	0,1359	0,3394
34	T1B	AI	terça	saida	2,1191	29,78	0,0712	0,2086	0,4022	0,0378
37	T5B	AI	terça	entrada	0,7442	27,98	0,1120	1,636	0,0250	0,1163
38	T5B	AI	terça	saida	0,7326	38,72	0,1120	0,2086	0,0250	0,1253
39	T12B	OA	terça	entrada	1,7602	19,38	0,0908	0,2086	0,2384	0,0280
40	T12B	OA	terça	saida	2,426		2,1541	0,1040	0,2374	0,0591
41	T9B	OA	terça	entrada	1,327	13,18	0,1007	3,835	0,0250	0,0280
42	T9B	OA	terça	saida	1,110	13,39	0,0829	0,2086	0,6843	0,0280
43	T8B	OA	terça	entrada	2,660	23,31	0,1141	1,274	0,0830	0,1156
44	T8B	OA	terça	saida	0,9979	29,49	0,1120	0,2086	1,131	0,0280
45	T11B	OA	terça	entrada	1,277	21,64	0,1120	0,2086	0,3674	0,0280
46	T11B	OA	terça	saida	1,268	23,12	0,1120	1,665	0,4741	0,0140
49	T15B	OA	terça	entrada	0,8690	17,02	0,1120	0,2086	0,6032	0,0824
50	T15B	OA	terça	saida	1,235	12,88	0,0959	0,2086	0,6544	0,0392
53	T13B	OA	terça	entrada	1,483	5,965	0,2485	0,2086	0,0241	0,0672
57	T7B	AI	quarta	entrada	1,161	19,16	0,0606	0,2086	0,0868	0,0513
58	T7B	AI	quarta	saida	2,780	19,33	0,1439	0,5213	0,2552	0,0595
61	T1B	AI	quarta	entrada	1,212	28,29	0,1120	0,2086	0,1539	0,0583
62	T1B	AI	quarta	saida	1,139	30,71	0,1120	0,2835	0,0250	0,0915
63	T6B	AI	quarta	entrada	3,192	5,935	0,5378	0,2421	0,1689	0,1942
64	T6B	AI	quarta	saida	1,656	11,10	0,1491	0,1488	0,2656	0,0456
65	T5B	AI	quarta	entrada	1,042	27,29	0,1120	0,2086	0,2392	0,0265
66	T5B	AI	quarta	saida	0,7491	23,85	0,1120	0,2086	0,1359	0,0645
68	T12B	OA	quarta	saida	2,062	21,27	0,0969	0,3419	0,1848	0,0401

continua

continuação

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
69	T9B	OA	quarta	entrada	1,711	8,263	0,2071	0,2086	0,1220	0,0280
70	T9B	OA	quarta	saida	0,8378	11,53	0,0727	0,2086	0,7203	0,1031
71	T8B	OA	quarta	entrada	1,133	26,06	0,1120	0,2086	0,0554	0,0280
72	T8B	OA	quarta	saida	1,078	31,73	0,1120	0,4224	0,0250	0,2261
76	T3B	AI	quarta	saida	2,103	4,312	0,4877	0,2086	0,1992	0,0599
77	T15B	OA	quarta	entrada	1,057	11,16	0,0947	0,2086	0,6658	0,0551
78	T15B	OA	quarta	saida	1,499	14,49	0,1034	0,2086	0,5512	0,0208
81	T13B	OA	quarta	entrada	1,238	5,643	0,2194	0,2086	0,0460	0,0424
82	T13B	OA	quarta	saida	1,386	6,779	0,2045	0,2086	0,0726	0,1024
83	T4B	OA	quarta	entrada	1,627	18,82	0,0865	0,2086	0,0138	0,0832
84	T4B	OA	quarta	saida	0,7583	21,31	0,1120	0,2086	0,1408	0,0280
85	T7B	AI	quinta	entrada	1,161		0,0999	0,2086	0,1097	0,1769
87	T2B.	AI	quinta	entrada	1,382	6,114	0,2260	0,2086	0,0493	0,0559
88	T2B.	AI	quinta	saida	2,653	7,849	0,4761	0,2086	0,0627	0,1273
89	T12B	OA	quinta	entrada	1,054	35,58	0,1120	0,2086	0,0250	0,0998
91	T6B	AI	quinta	entrada	3,100	7,356	0,4215	0,2086	0,2566	0,1060
92	T6B	AI	quinta	saida	2,502	10,61	0,2357	0,2086	0,1692	0,0624
93	T5B	AI	quinta	entrada	0,9434	22,25	0,1120	1,1686	3,747	0,1365
94	T5B	AI	quinta	saida	0,7397	24,77	0,1120	0,2086	0,3758	0,0992
95	T12B	OA	quinta	entrada	2,166	26,61	0,0814	2,475	0,1692	0,0280
96	T12B	OA	quinta	saida	1,877	26,33	0,0713	1,684	0,1967	0,0280
97	T9B	OA	quinta	entrada	1,514	10,39	0,1456	0,2086	0,0250	0,0991
98	T9B	OA	quinta	saida	1,085	13,68	0,0793	0,2086	0,0262	0,0292
99	T8B	OA	quinta	entrada	1,599	24,66	0,0648	1,306	0,0250	0,0717
100	T8B	OA	quinta	saida	1,169	24,98	0,1120	0,2086	1,105	0,0280
101	T11B	OA	quinta	entrada	1,194	19,59	0,0609	0,2086	0,6572	0,0280
102	T11B	OA	quinta	saida	1,106	21,71	0,1120	0,2086	0,0606	0,0613
103	T3B	AI	quinta	entrada	1,327	4,482	0,2961	0,2086	0,1921	0,0280
104	T3B	AI	quinta	saida	2,123	3,213	0,6608	0,2086	0,1151	0,0280
105	T15B	OA	quinta	entrada	1,040	9,880	0,1052	0,2086	1,040	0,0280
106	T15B	OA	quinta	saida	1,404	13,00	0,1080	0,2086	1,1109	0,0277
109	T13B	OA	quinta	entrada	1,175	4,606	0,2552	0,2086	0,1132	0,1016
110	T13B	OA	quinta	saida	2,261	7,631	0,2963	0,2086	0,1852	0,0440
111	T4B	OA	quinta	entrada	1,597	1,356	1,178	0,2086	0,0250	0,0280
112	T4B	OA	quinta	saida	0,8033	22,54	0,1120	0,2086	0,0431	0,0280

continua

conclusão

Amostra	Trabalhador	Área	Dia	Momento	Creatinina g/l	As	Hg	Ni	Cd	Be
						ug/g creatinina				
113	T7B	AI	sexta	entrada	0,5671	33,27	0,1120	0,2086	0,2250	0,1133
114	T7B	AI	sexta	saida	1,099	8,906	0,1234	0,2086	0,4672	0,1548
115	T2B	AI	sexta	entrada	1,691	11,91	0,1420	1,102	0,3656	0,0280
116	T2B	AI	sexta	saida	0,8976	10,51	0,0854	0,2086	0,1845	0,0248
117	T1B	AI	sexta	entrada	1,719	45,71	0,1120	0,2465	0,1358	0,1070
118	T1B	AI	sexta	saida	1,048	32,79	0,1120	0,2086	0,1712	0,0909
119	T6B	AI	sexta	entrada	2,303	14,84	0,1552	0,2086	0,0945	0,2274
120	T6B.	AI	sexta	saida	1,655	16,56	0,1000	0,2086	0,0250	0,1191
121	T5B	AI	sexta	entrada	0,9903	14,91	0,0664	0,2086	0,1385	0,0443
122	T5B	AI	sexta	saida	2,611	16,77	0,1557	0,2677	0,3535	0,1491
123	T12B	OA	sexta	entrada	1,749	33,40	0,1120	3,520	0,1410	0,0280
124	T12B	OA	sexta	saida	1,011	24,61	0,1120	2,106	0,0250	0,1911
125	T9B	OA	sexta	entrada	1,008	21,37	0,1120	6,540	0,1335	0,2862
126	T9B	OA	sexta	saida	1,166	10,62	0,1099	0,2086	0,6745	0,0068
127	T8B	OA	sexta	entrada	1,257	32,27	0,0389	9,334	0,3506	0,1944
128	T8B	OA	sexta	saida	0,9399	30,03	0,1120	0,6501	1,418	0,0387
129	T11B	OA	sexta	entrada	1,152	22,24	0,1120	0,2086	0,7992	0,0272
131	T3B	AI	sexta	entrada	1,8833	2,885	0,6527	0,2086	0,1168	0,0068
132	T3B	AI	sexta	saida	0,9835	9,226	0,1066	0,2086	0,2627	0,0280
133	T15B	OA	sexta	entrada	1,528	7,093	0,2154	0,2086	1,040	0,1062
137	T13B	OA	sexta	entrada	0,9125	9,806	0,0930	0,2086	0,3313	0,0245
139	T4B	OA	sexta	entrada	1,808	30,20	0,1120	0,1790	0,2685	0,0280
140	T4B	OA	sexta	saida	1,129	22,54	0,1120	0,2086	0,2523	0,0280
141	T10B	OA	segunda	entrada	1,008	20,63	0,1120	0,2086	0,5326	0,0280
142	T10B	OA	segunda	saida	1,091	10,81	0,1010	0,2086	1,371	0,0280
143	T10B	OA	terça	entrada	1,287	5,404	0,2382	0,2086	0,0673	0,0280
144	T10B	OA	terça	saida	1,007	15,77	0,0639	1,189	1,313	0,0280
145	T10B	OA	quarta	entrada	1,638	6,957	0,2355	0,2086	0,2480	0,0280
146	T10B	OA	quarta	saida	0,9439	18,99	0,1120	0,2086	0,0250	0,1226
147	T10B	OA	quinta	entrada	1,560	7,707	0,2025	0,2086	0,0477	0,0280
148	T10B	OA	quinta	saida	1,256	11,15	0,1127	0,2086	0,7473	0,0280
149	T10B	OA	sexta	entrada	1,583	12,40	0,1276	0,2086	0,3239	0,0249
150	T10B	OA	sexta	saida	1,200	9,005	0,1332	0,2086	1,239	0,0280

ANEXOS

12 ANEXOS

ANEXO A	Citações da Resolução CONAMAnº358/05
ANEXO B	Classificação dos RSS segundo CONAMA nº 358/05
ANEXO C	Parâmetros de desempenho determinação de chumbo no sangue

- Abaixo são transcritos os parágrafos da resolução que definem RSS.

Art. 1º Esta Resolução aplica-se a todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares.

Parágrafo único. Esta Resolução não se aplica a fontes radioativas seladas, que devem seguir as determinações da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN, e às indústrias de produtos para a saúde, que devem observar as condições específicas do seu licenciamento ambiental.

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução considera-se:

X - resíduos de serviços de saúde: são todos aqueles resultantes de atividades exercidas nos serviços definidos no art. 1º desta Resolução que, por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento prévio à sua disposição final;

ANEXO B

Classificação dos RSS segundo CONAMA nº 358/05

I - GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

a) A1

1. culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética;

2. resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido;

3. bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta;

4. sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;

b) A2

1. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomo-patológico ou confirmação diagnóstica;

c) A3

1. peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiares;

d) A4

1. kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados;
2. filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico hospitalar e de pesquisa, entre outros similares;
3. sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.
4. resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo;
5. recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;
6. peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomo-patológicos ou de confirmação diagnóstica;
7. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações; e camas;

8. bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão.

e) A5

1. órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.

II - GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

a) produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossuppressores; digitálicos; imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações;

b) resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes;

c) efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores);

d) efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas;
e

e) demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

III - GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

a) enquadram-se neste grupo quaisquer materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia que contenham radionuclídeos em quantidade superior aos limites de eliminação.

IV - GRUPO D: Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

a) papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1;

b) sobras de alimentos e do preparo de alimentos;

c) resto alimentar de refeitório;

d) resíduos provenientes das áreas administrativas;

e) resíduos de varrição, flores, podas e jardins; e

f) resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.

V - GRUPO E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

ANEXO C Parâmetros de desempenho determinação de chumbo no sangue

Tabela 53: Parâmetros da validação do método para determinação de Pb-S.

Parâmetro	Resultado
Limite de Detecção	0,87µg/dl
Limite de Quantificação	4,3µg/dl
Faixa Linear de Trabalho	5 a 60 µg/l
Linearidade (r^2)	0,999

Fonte: Santos, 2005.

r: coeficiente de correlação linear

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	iv
Lista de Tabelas.....	vii
Glossário de Símbolos e Abreiauras.....	x
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
 <u>1 INTRODUÇÃO.....</u>	 <u>14</u>
1.1 A IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO BIOLÓGICA DE TRABALHADORES DA INCINERAÇÃO DE RSS.....	15
1.2 APRESENTAÇÃO.....	16
 <u>2 OBJETIVOS.....</u>	 <u>18</u>
 <u>3 O PROCESSO DE INCINERAÇÃO.....</u>	 <u>19</u>
3.1 A TECNOLOGIA DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO	19
3.2 CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO.....	22
3.2.1 EMISSÕES GASOSAS	23
3.2.2 EMISSÃO DE METAIS E ARSÊNIO	24
3.2.3 COMPOSIÇÃO DAS CINZAS	27
 <u>4 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE.....</u>	 <u>28</u>
4.1 A QUESTÃO DOS RSS NO BRASIL	29
4.1.1 O ÚLTIMO INCINERADOR MUNICIPAL DE SÃO PAULO	31
4.2 Os RSS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	32
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE.....	34
4.3.1 PRESENÇA DOS ELEMENTOS DE INTERESSE NOS RSS.....	35
 <u>5 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL.....</u>	 <u>37</u>
5.1 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS	37
5.1.1 ARSÊNIO	37
5.1.2 BERÍLIO	39
5.1.3 CÁDMIO	41
5.1.4 CHUMBO.....	42
5.1.5 MERCÚRIO	43
5.1.6 NÍQUEL.....	45

5.2 AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	46
5.2.1 INDICADORES BIOLÓGICOS	47
5.2.2 MONITORIZAÇÃO BIOLÓGICA.....	48
5.2.2.1 Correção das determinações pela Creatinina	52
5.3 METODOLOGIA ANALÍTICA.....	52
5.3.1 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA (AAS)	54
5.3.2 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS EM AMOSTRAS BIOLÓGICAS POR AAS.....	55
5.3.2.1 Arsênio	55
5.3.2.2 Berílio	56
5.3.2.3 Cádmio	58
5.3.2.4 Mercúrio	60
5.3.2.5 Níquel.....	61
5.3.2.6 Chumbo.....	62
 6 PARTE EXPERIMENTAL.....	 63
6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS INCINERADORES ESTUDADOS	63
6.2 COLETA, ARMAZENAGEM E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	71
6.2.1 SANGUE	71
6.2.2 URINA.....	71
6.2.3 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	72
6.3 INSTRUMENTAÇÃO.....	72
6.4 REAGENTES E SOLUÇÕES.....	75
6.5 MATERIAIS DE REFERÊNCIA.....	76
6.6 PROCEDIMENTOS GERAIS.....	76
6.7 OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALÍTICOS	77
6.7.1 PARÂMETROS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE AS	77
6.7.2 PARÂMETROS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE HG	78
6.7.3 PARÂMETROS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE BE, CD, CU E NI	78
6.8 PROCEDIMENTOS PARA AS DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS NAS AMOSTRAS.....	79
6.8.1 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE CREATININA URINÁRIA.....	79
6.8.2 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE ARSÊNIO URINÁRIO.....	80
6.8.3 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO URINÁRIO.....	81
6.8.3.1 Estudo da determinação de mercúrio urinário por absorção atômica pela geração de vapor frio na presença de cobre	81
6.8.4 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE BERÍLIO URINÁRIO	82
6.8.5 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO URINÁRIO	82
6.8.6 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE NÍQUEL URINÁRIO	82
6.8.7 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DE CHUMBO SANGUÍNEO	83
6.9 PROCEDIMENTOS PARA VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS.....	83
6.9.1 LIMITE DE DETECÇÃO E O LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	83

6.9.2	FAIXA LINEAR DE TRABALHO E LINEARIDADE	84
6.9.3	EXATIDÃO E TENDÊNCIA (BIAS)	84
6.9.4	PARÂMETROS DE PRECISÃO	85
6.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	85
7	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>86</u>
7.1	MÉTODOS ANALÍTICOS	86
7.1.1	ARSÊNIO URINÁRIO	86
7.1.2	MERCÚRIO URINÁRIO	88
7.1.2.1	Determinação de Mercúrio Urinário na Presença de Cobre.....	90
7.1.3	BERÍLIO URINÁRIO	93
7.1.4	CÁDMIO URINÁRIO	97
7.1.5	NÍQUEL URINÁRIO.....	101
7.1.6	CHUMBO SANGÜÍNEO	103
7.2	DETERMINAÇÕES DOS INDICADORES BIOLÓGICOS	104
7.2.1	USINA DE INCINERAÇÃO A.....	105
7.2.1.1	Arsênio	105
7.2.1.2	Mercúrio	116
7.2.1.3	Berílio	123
7.2.1.4	Cádmio	123
7.2.1.5	Níquel.....	127
7.2.1.6	Chumbo.....	128
7.2.2	RESULTADOS DOS TRABALHADORES DA USINA DE INCINERAÇÃO B	128
7.2.2.1	Arsênio	129
7.2.2.2	Mercúrio	135
7.2.2.3	Berílio	140
7.2.2.4	Cádmio	141
7.2.2.5	Níquel.....	142
7.2.2.6	Chumbo.....	142
8	<u>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	<u>144</u>
9	<u>PERSPECTIVAS FUTURAS.....</u>	<u>148</u>
10	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>150</u>
11	<u>APÊNDICES.....</u>	<u>162</u>
12	<u>ANEXOS.....</u>	<u>193</u>

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema de um sistema de Incineração.....	20
Figura 2: Esquema de câmara de combustão para incinerador de leito fixo.....	22
Figura 3: Ocupação do espaço no galpão de incineração, usina A.....	65
Figura 4: Alimentação do forno, usina de incineração A.....	67
Figura 5: Procedimento de limpeza do forno, usina de incineração A. ..	67
Figura 6: Esquema de distribuição de setores na usina de Incineração B.....	69
Figura 7: Ocupação do espaço, galpão de incineração, usina de incineração B.....	69
Figura 8: Alimentação do forno, usina de incineração B.....	70
Figura 9: Procedimento de limpeza, usina de incineração B.....	70
Figura 10: Recuperação em porcentagem para as três concentrações de Hg para diferentes concentrações de Cu adicionado.	91
Figura 11: Curva analítica de referência para Hg na presença de Cu. ..	92
Figura 12: Curvas de pirólise e atomização para o Be em diferentes modificadores de matriz.	94
Figura 13: : Curvas de pirólise e atomização para Be (solução em urina).	95
Figura 14: : Curvas analíticas para Be, em diferentes matrizes.	95
Figura 15: Absorbâncias de fundo para determinação de Cd em ácido nítrico.	98
Figura 16: Curvas de pirólise e atomização para o Cd em diferentes meios.	99
Figura 17: Curva analítica de referência para Cd em diferentes meios.	99
Figura 18: Curvas de pirólise e atomização para o Ni em diferentes meios.	102
Figura 19: Curvas analíticas para o níquel.....	102
Figura 20: Níveis de As, grupo AI, 1ª coleta, usina A.....	106
Figura 21: Médias de As, grupo AI, 1ª coleta, usina A.	107
Figura 22: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 1ª coleta, usina A.	107
Figura 23: Níveis de As, grupo AI, 2ª coleta, usina A.....	108

Figura 24: Médias de As, grupo AI, 2ª coleta, usina A.	109
Figura 25: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 2ª coleta, usina A.	109
Figura 26: Distribuição das médias de As para grupo OA, 2ª coleta, usina A.	110
Figura 27: Níveis de As, grupo AI, 3ª coleta, usina A.	110
Figura 28: Médias de As por momentos de amostragem, grupo AI, usina A.	111
Figura 29: Distribuição das médias de As, grupo AI, 3ª coleta, usina A.	111
Figura 30: Médias de As por amostragem e por turno de trabalho, grupo AI, usina A.	112
Figura 31: Médias de As por função e momento de amostragem, grupo AI, 3ª coleta, usina A.	112
Figura 32: Médias de As por área de trabalho, usina A.	113
Figura 33: Distribuição das médias de As, grupo OA, 3ª coleta, usina A.	113
Figura 34: Distribuição das médias de Hg, grupo AI, 1ª coleta.	117
Figura 35: Distribuição das médias de Hg para trabalhadores do grupo AI, 2ª coleta, usina A.	118
Figura 36: Médias de Hg por turnos, grupo AI.	119
Figura 37: Médias de Hg por momentos de amostragem, grupo AI, 3ª coleta, usina A.	120
Figura 38: Comparação das médias de Hg por função, usina A.	120
Figura 39: Médias de Hg por função e turno, 3ª coleta, usina A.	121
Figura 40: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, 3ª coleta, usina A.	121
Figura 41: Médias de Cd, por área de trabalho, usina A.	124
Figura 42: Médias de Cd, por funções, usina A.	125
Figura 43: Médias de Cd por turnos e funções, 3ª coleta, usina A.	126
Figura 44: Níveis de As, grupo AI, 1ª coleta, usina B.	130
Figura 45: Médias de As por jornadas, grupo AI, 1ª coleta, usina B.	130
Figura 46: Médias de As por funções, usina B.	131
Figura 47: Níveis de As, grupo AI, 2ª coleta, usina B.	132
Figura 48: Médias de As por jornadas, grupo AI, 2ª coleta, usina B.	132
Figura 49: Médias de As por funções, usina B.	133

Figura 50: Médias de As por área de trabalho, usina B.	134
Figura 51: Médias de Hg por jornadas e momentos de amostragem, grupo AI, 1ª coleta, usina B.	135
Figura 52: Médias de Hg, (a) por área de trabalho, (b) por função, 2ª coleta, usina B.....	136
Figura 53: Médias de Hg por jornadas, 1ª coleta, grupo AC.	136
Figura 54 Médias de Hg, (a) por área de trabalho, (b) por função, 2ª coleta, usina B.....	137
Figura 55: Médias de Hg por jornadas, 2ª coleta, grupo AI, usina B.	138
Figura 56: Médias de Hg por jornadas,do grupo AC.	139
Figura 57: Médias de Be por grupos.	140
Figura 58: Médias Cd por função.	141

Lista de Tabelas

Tabela 1: Características dos fornos mais utilizados em processos de incineração.	21
Tabela 2: Temperaturas de volatilização de metais.....	26
Tabela 3: Aplicações dos elementos estudados que os tornam presentes nos RSS	36
Tabela 4: Parâmetros de exposição biológica em outros países.	48
Tabela 5: Parâmetros para controle biológico da exposição.	51
Tabela 6: Determinações elementares em urina humana por ICP	53
Tabela 7: Métodos para determinação de As em urina.	56
Tabela 8: Métodos para determinação de Be na urina, por ETAAS.	57
Tabela 9: Métodos para determinação de Cd na urina, por ETAAS, usando HNO ₃	59
Tabela 10: Métodos para determinação de Cd em urina, por ETAAS, vários como modificadores de matriz.	59
Tabela 11: Métodos para determinação de Hg em urina, por CV - AAS.	60
Tabela 12: Métodos para determinação de Ni na urina por ETAAS.	61
Tabela 13: Métodos para determinação de Pb em sangue.	62
Tabela 14: Carga de RSS incinerada durante as coletas.	65
Tabela 15: Parâmetros instrumentais da fonte de radiação.	73
Tabela 16: Parâmetros instrumentais da bomba peristáltica.	74
Tabela 17: Parâmetros instrumentais para determinação de As e Hg. .	74
Tabela 18: Programa de aquecimento nas determinações de Be, Cd, Cu e Ni	79
Tabela 19: Procedimento para determinação de creatinina na urina.	80
Tabela 20: Programa de aquecimento para determinação de chumbo.	83
Tabela 21: Parâmetros de fluxo da bomba peristáltica, determinação de As.	87
Tabela 22: Parâmetros da validação do método para determinação de As.	88
Tabela 23: Parâmetros de precisão para determinação de As.	88
Tabela 24: Parâmetros de fluxos da bomba peristáltica, determinação de Hg.	89
Tabela 25: Parâmetros de desempenho para determinação de Hg.	89

Tabela 26: Parâmetros de precisão para determinação de Hg.....	89
Tabela 27: Parâmetros das curvas analíticas de referência para Hg, em função da adição de Cu.....	92
Tabela 28: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Be.	96
Tabela 29: Parâmetros de desempenho para determinação de Be.	96
Tabela 30: Parâmetros de precisão para determinação de Be.	96
Tabela 31: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Cd.	100
Tabela 32: Parâmetros de desempenho do método de determinação de Cd.	100
Tabela 33: Parâmetros de precisão do método de determinação de Cd.	100
Tabela 34: Parâmetros das curvas analíticas obtidas para o Ni.....	102
Tabela 35: Parâmetros da validação do método para determinação de Ni.	103
Tabela 36: Parâmetros de precisão do método de determinação de Ni.	103
Tabela 37: Parâmetros de precisão do método de determinação de Pb.	104
Tabela 38: Médias de Hg por momento de amostragem.	119
Tabela 39: Médias de Cd, por momentos de amostragem, usina A.	125
Tabela 40: Distribuição das médias de Cd, para trabalhadores do grupo AI.	125
Tabela 41: Médias de As por jornadas e grupos de trabalhadores, usina B.....	131
Tabela 42: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, 1ª coleta, usina B.....	136
Tabela 43: Médias das concentrações de Hg, grupo AI, , 2ª coleta, usina B.	138
Tabela 44: Dados dos questionários, usina de incineração A.	169
Tabela 45: Concentrações de Pb sanguíneo, usina de incineração A.	170
Tabela 46: Resultados 1ª seqüência de coletas, usina de incineração A.	171
Tabela 47: Resultados 2ª seqüência de coletas, usina de incineração A.	173

Tabela 48: Resultados 3ª seqüência de coletas, usina de incineração A.	177
Tabela 49: Dados dos dos questionários, usina de incineração B.....	183
Tabela 50: Concentrações de Pb sanguíneo, usina de incineraçãoB..	184
Tabela 51: 1ªsequência de coletas, usina de incineração B.	185
Tabela 52: 2ªsequência de coletas, usina de incineração B.	188
Tabela 53: Parâmetros da validação do método para determinação de Pb-S.	199