

Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde Coletiva
Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva
Doutorado em Saúde Pública
Área de Concentração Epidemiologia



LUÍSA SILVA LIMA

**MONITORAMENTO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS EM
TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NA BAHIA,
2000-2009**

**SALVADOR – BAHIA
2016**

LUÍSA SILVA LIMA

**MONITORAMENTO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES
ORGÂNICOS EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DA
CONSTRUÇÃO NA BAHIA, 2000-2009**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Saúde Pública.

Área de concentração: Epidemiologia

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Sousa Santana

Ficha Catalográfica
Elaboração Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

L732m Lima, Luísa Silva.

Monitoramento da exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da Indústria da Construção na Bahia, 2000-2009 / Luísa Silva Lima.— Salvador: L.S.Lima, 2016.

83 f.

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Sousa Santana.

Tese (doutorado) – Instituto de Saúde Coletiva.
Universidade Federal da Bahia.

1. Monitoramento Biológico. 2. Exposição Ocupacional. 3. Biomarcadores de Exposição. 4. Solventes Orgânicos. 5. Indústria da Construção. I. Título.

CDU 616.971



Universidade Federal da Bahia
 Instituto de Saúde Coletiva – ISC
 Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

LUÍSA SILVA LIMA

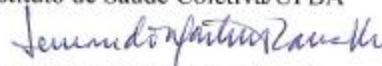
*Monitoramento da exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da
 Indústria da construção na Bahia, 2000-2009.*

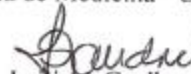
A Comissão Examinadora abaixo assinada aprova a tese, apresentada em sessão pública ao
 Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde da Universidade Federal da Bahia.

Data de defesa: 19 de agosto de 2016.

Banca Examinadora:


 Profa. Vilma Sousa Santana (Orientadora)
 Instituto de Saúde Coletiva/UFBA


 Prof. Fernando Martins Carvalho
 Escola de Medicina - UFBA


 Profa. Leiliane Coelho André
 Universidade Federal de Minas Gerais


 Profa. Tânia Mascarenhas Tavares
 Faculdade de Medicina da Bahia - UFBA


 Prof. José Antônio Menezes Filho
 Faculdade de Farmácia - UFBA

Salvador
 2016

“Mas na profissão, além de amar tem de saber.

E o saber leva tempo pra crescer.”

Rubem Alves

AGRADECIMENTOS

A Deus por nunca me permitir perder a fé.

Aos meus pais, Zé Baixinho e Cida, pelo incomensurável amor, pela pessoa que me tornei e pelo apoio incondicional aos meus sonhos e decisões. Se cheguei até aqui é porque me ensinaram a nunca a desistir. Aos meus irmãos, Rodrigo e Lívia, por todo o apoio e carinho de perto e de longe. Amo vocês!

Agradeço à Tom, “meus Amores”, pois são todos os amores em um só. Você foi calma quando fui tempestade... Foi paz quando estive inquieta... Foi aconchego quando precisei. Obrigada pelo cuidado, pelo carinho, pelo amor desmedido!

A minha orientadora querida, Vilma Santana, agradeço todo os ensinamentos e todo o conhecimento compartilhado. Agradeço o apoio na superação de todas as “perplexidades paralisantes” e por motivar a minha curiosidade. Daqui por diante, o meu olhar estará sempre repleto de curiosidade! Afinal...”Tudo que nunca foi achado, ficará também conhecido se procurado com curiosidade”.

Ao SESI, especialmente, à Armando, Amélio, Lívia e Cristina por todo o apoio para que esta pesquisa fosse possível e que, certamente, trará contribuições à instituição. E aos meus queridos colegas de trabalho e amigos que fizeram esta caminhada menos dura.

Aos colegas de Doutorado e amigos, Joilda, Suzana, Tiago, Luciano, Cremildo, Luciana, Andrés Argentuca e Adriana, vocês foram a melhor turma.

Aos colegas e amigos do PISAT (Programa Integrado de Saúde Ambiental e do Trabalhador), Kiona, Silvia, Claudinha, Eduardo, Maria Juliana e Gisela, agradeço por todo conhecimento compartilhado e todos os momentos de descontração. Especialmente, a Tati, Fran, Felipe e Yuka pelo apoio na organização da base de dados, formatação e correções. A Jeo, por ter sido meu anjo, sempre cuidando de tudo com carinho e cuidado.

Aos professores do ISC que contribuíram para meu crescimento profissional e por proporcionarem um ensino de excelência nesse programa de Pós-Graduação.

Aos funcionários do ISC e da secretaria da Pós-Graduação, em especial à querida Nunce, sempre com um sorriso e abraço caloroso, antes de resolver todos os problemas.

Aos professores Fernando Carvalho e Albertinho Barreto pelas valiosas contribuições na minha qualificação.

A Laíra e Sheila pelo apoio e ajuda nas correções finais da tese. E a todos os amigos não citados, mas carinhosamente lembrados.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto. Sou muito grata a todos!

RESUMO DA TESE

LIMA, LS. Monitoramento da exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da Indústria da Construção na Bahia, 2000-2009. 83p. Tese (Doutorado). Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia, 2016.

Introdução: A Indústria da Construção (IC) é conhecida pelo elevado risco de acidentes de trabalho, entretanto exposições químicas associadas a enfermidades graves são também comuns nessa atividade. Uma dessas exposições é o grupo dos solventes orgânicos, substâncias voláteis e solúveis utilizadas como diluentes, dispersantes ou solubilizantes de grande aplicação em tintas, óleos, graxas e vernizes. Solventes são, em geral, alvo da vigilância em saúde do trabalhador que compreende dentre outras ações, o monitoramento ocupacional, ambiental e individual a exemplo dos biomarcadores. Em muitos países, o monitoramento de biomarcadores de exposição para trabalhadores potencialmente expostos é uma recomendação que pode ser compulsória e é, comumente, conduzida sob a responsabilidade da empresa. No Brasil, desde 1978, a Norma Regulamentadora nº7 (NR-7) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) define a obrigatoriedade do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) que estabelece indicadores biológicos para o monitoramento compulsório e também o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP), valor de referência para “exposição excessiva” a agentes químicos. Todavia são raros os estudos que avaliam esse monitoramento, estimando a dimensão da exposição a solventes orgânicos empregando biomarcadores especialmente na indústria da construção.

Objetivos: Analisando dados da IC na Bahia, entre 2000 e 2009, pretende-se: 1) avaliar a implantação do monitoramento dos biomarcadores de exposição a solventes orgânicos (BESOL) realizado pelo Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia (SESI-BA), em empresas da Indústria da Construção, além de estimar indicadores biológicos de exposição ao xileno, tolueno, nitrobenzeno, metanol, diclorometano e estireno; 2) estimar indicadores biológicos de exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da indústria da construção, por grupos ocupacionais; 3) analisar a evolução temporal da magnitude da exposição ao xileno e tolueno de 2000 a 2009.

Métodos: Este é um estudo de coorte retrospectiva, de população dinâmica, conduzido com dados do sistema de gerenciamento de segurança e saúde (SGSS) de empresas que contrataram o SESI-BA, entre os anos de 2000 e 2009. Dentre os dados do SGSS, incluem-se medidas de alguns BESOL específicos para o tolueno, xileno, estireno, nitrobenzeno, diclorometano e o metanol. Especificamente, o ácido hipúrico, ácido metilhipúrico e ácido mandélico, estimados em g/g de creatinina na urina foram mensurados por cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD); a metahemoglobina e carboxihemoglobina foram medidas no sangue empregando a espectrofotometria ultravioleta visível (UV/VIS); enquanto que para o metanol, medido em mg/l na urina, utilizou-se a cromatografia gasosa. Conforme NR7, a carboxihemoglobina e a metahemoglobina foram considerados indicadores biológicos de exposição, devido à sua curta meia-vida biológica. O desempenho do monitoramento foi mensurado pela razão do número de exames de biomarcadores e total de trabalhadores monitorados para saúde ocupacional. A análise de dados individuais foi realizada separadamente para trabalhadores

e medidas repetidas dos exames, considerando-se o IBMP, valores acima e abaixo, e entre estes últimos as respectivas distribuições. Analisaram-se também indicadores de BESOL de acordo com ocupações específicas e suas variações ao longo do tempo.

Resultados: Foram identificados 446 trabalhadores com medidas de BESOL, que totalizaram 629 registros de exames. Em 2000, estimou-se a cobertura do monitoramento em 1:1.000 trabalhadores para ao menos um exame de BESOL, que aumentou para 65:1.000 em 2009. Nenhuma das medidas de BESOL ultrapassou os IBMP, exceção para o ácido hipúrico, para o qual foram obtidas três medidas acima de seu IBMP (2,62, 2,97 e 3,91 g/g de creatinina); e também para a carboxihemoglobina para a qual 13 medidas variaram entre 3,6% a 6,1%. Para as demais abaixo do IBMP, 5,0% apresentaram valores desviantes superiores para o ácido hipúrico, 23,4% para o ácido metilhipúrico, 9,6% para metahemoglobina e 5,3% ácido mandélico. Os grupos ocupacionais mais comumente monitorados para BESOL foram pintores e pedreiros, respectivamente, de obras de infraestrutura e serviços para a construção, concentrados em duas empresas (69,0%). Enquanto o maior número de valores desviantes superiores foi observado para o ácido hipúrico, metilhipúrico e metahemoglobina em pedreiros e pintores. Houve crescimento na realização dos exames de biomarcadores do tolueno e xileno, ácidos hipúrico e metilhipúrico, entre 2000 e 2009, e redução dos seus valores medianos ao longo desses anos. A evolução temporal das mensurações do ácido hipúrico no mesmo indivíduo mostrou que a maioria das tendências de variação foi de queda (85,3%); entretanto, 14,7% dos trabalhadores que tiveram mais de uma medida ao longo do tempo apresentaram elevação dos valores.

Conclusões: Houve melhoria da cobertura do monitoramento dos BESOL realizado pelo SESI em empresas da IC na Bahia entre 2000 e 2009. Neste período houve poucas medidas acima do IBMP e a tendência foi de queda das medidas do ácido hipúrico e metilhipúrico, biomarcadores do tolueno e xileno, sugestiva de redução da exposição, que evidencia efetividade das medidas de controle. Recomenda-se que outros estudos focalizem anos recentes; que o monitoramento se amplie para outras empresas e trabalhadores da IC, contemplando análises adequadas e de rotina. Este conhecimento deve ser utilizado para planejamento e implementação de ações efetivas para proteção da saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: monitoramento biológico, exposição ocupacional, biomarcadores de exposição, solventes orgânicos, ocupação, tendências, indústria da construção

ABSTRACT OF THESIS

LIMA, LS. Monitoring of organic solvents exposure in the workers of construction industry in Bahia, 2000-2009. 83p. Thesis (Doctorate) - Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia, 2015.

Introduction: Construction Industry (CI) is known for the high risk of accidents, however chemical exposures associated with serious diseases are also common in this activity. Among those, there is the group of organic solvents, volatile and soluble substances used as diluents, dispersing or solubilizing of great application in paints, oils, greases and varnishes. Solvents are generally under worker health surveillance and the actions taken in order to have this control are, among others, occupational environment monitoring, as well as individual occupational monitoring as the biomarkers. In many countries, the monitoring of biomarkers of exposure to potentially exposed workers is a recommendation that can be compulsory and commonly conducted under the responsibility of the company (Alpaca et al, 2011). In Brazil, since 1978, the Regulatory Standard 7 (NR-7) of the Ministry of Labor and Employment (MTE) defines the obligation of Control Program Occupational Health (PCMSO) establishing biological indicators for compulsory monitoring and the Index Biological Maximum Allowed (IBMP), reference value for "excessive exposure" to chemicals. There are, however, few studies that evaluate this monitoring, estimating the extent of exposure to organic solvents employing biomarkers especially in the construction industry.

Objectives: Analyzing data from the IC in Bahia between 2000 and 2009, is intended to: 1) evaluate the implementation of the monitoring of the organic solvent exposure biomarkers (BESOL) conducted by the Industry Social Service, in the Bahia Regional Department (SESI-BA) in companies of the Construction Industry and estimate biological exposure indicators to xylene, toluene, nitrobenzene, methanol, dichloromethane, styrene (BESOL); 2) estimate BESOL levels in workers in the construction industry, for occupational groups; 3) analyze the evolution of the magnitude of exposure to xylene and toluene 2000-2009.

Methods: This is a retrospective cohort study of population dynamics, conducted with data from safety and health management system (SGSS) companies that hired SESI-BA, between 2000 and 2009. The SGSS data include measures of specific BESOL for toluene, xylene, styrene, nitrobenzene, dichloromethane and methanol. Specifically, hippuric acid, methylhippuric acid and mandelic acid, as estimated in g/g creatinine in urine were measured by liquid chromatography (High Performance Liquid Chromatography - HPLC); methemoglobin and carboxyhemoglobin were measured in the blood using the visible ultraviolet spectrophotometry (UV / VIS); while for methanol, measured in mg/l in urine gas chromatography was used. According to NR7, carboxyhemoglobin and methemoglobin were considered biological indicators of exposure, due to its short biological half-life. Performance monitoring is measured by the ratio per worker biomarker exams. The individual data analysis was performed separately for workers and repeated measures of examination, considering the IBMP, values above and below, and the respective distributions. They also analyzed BESOL indicators according to specific occupations and their variations over time.

Results: 446 workers were identified with BESOL measures, totaling 629 records exams. In 2000, the monitoring coverage was estimated in 1: 1,000 workers for at least one exam BESOL, which increased to 65: 1,000 in 2009. None of BESOL measures exceeded the IBMP, except for hippuric acid, for which three measurements were obtained up its IBMP (2.62, 2.97 and 3.91 g / g creatinine); and also for carboxyhemoglobin 13 measures to which ranged from 3.6% to 6.1%. For the other measurements below the IBMP, 5.0% had higher deviant values for hippuric acid, 23.4% for methyl hippuric acid, 9.6% for methemoglobin and 5.3% mandelic acid. The occupational groups most commonly monitored for BESOL were painters and bricklayers, respectively, of infrastructure and services for construction, concentrated in two companies (69.0%). While the most deviant higher values were observed for hippuric acid, methyl hippuric acid and methemoglobin in painters and bricklayers. There was growth in the examinations of toluene and xylene biomarkers, hippuric acid and methyl hippuric acid between 2000 and 2009, and reduced its median values over the years. The temporal evolution of hippuric acid in the same individual measurements showed that most of the variation trend was drop (85.3%).

Conclusions: There was improvement of monitoring the coverage of BESOL conducted by SESI in the IC companies in Bahia between 2000 and 2009. In this period there were a few above the IBMP measurements and the trend was falling hippuric acid and methyl hippuric acid measurements, toluene and xylene biomarkers, suggestive exposure reduction, which shows effectiveness of control measures. It is recommended that further studies focus on recent years; that monitoring to expand to other companies and employees of IC including appropriate and continuous analyzes. This knowledge should be used for planning and implementing effective actions to protect the health of workers.

Keywords: biological monitoring, occupational exposure, biomarkers of exposure, organic solvents, occupation, trends, construction industry

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

ARTIGO 1. MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Figura 1. Estrutura da população do estudo.....39

Tabela 1. Distribuição de trabalhadores monitorados, número de consultas realizadas e de medidas de biomarcadores de solventes por ano do estudo, Bahia, Brasil, 2000-2009.....40

Tabela 2. Características dos trabalhadores monitorados e dos que dispunham de medidas de biomarcadores para solventes, na indústria da construção, Bahia, Brasil, 2000-2009.....41

Tabela 3. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos, por tipo, Bahia, Brasil, 2000-2009.....42

ARTIGO 2. OCUPAÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Tabela 1. Características da população de estudo de acordo com grupos ocupacionais, Bahia, Brasil.....59

Tabela 2. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos abaixo do IBMP em trabalhadores à entrada da coorte, de acordo com o tipo de atividade econômica e ocupação.....60

Tabela 3. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos abaixo do IBMP para todos os exames, de acordo com o tipo de atividade econômica e ocupação.....61

Figura 1. Diagramas de caixa dos biomarcadores de exposição a solventes orgânicos, no grupo de trabalhadores e total de exames, identificando-se ocupações correspondentes aos valores acima do IBMP e desviantes superiores da distribuição dos remanescentes.....62

ARTIGO 3. EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO XILENO E TOLUENO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Tabela 1. Características dos trabalhadores que dispunham de medidas de biomarcadores para xileno e tolueno, na indústria da construção, Bahia, Brasil.....76

Tabela 2. Distribuição de registros (n=480) das medidas do ácido hipúrico¹ para exposição ocupacional ao tolueno, na Indústria da Construção, por ano.....77

Tabela 3. Distribuição de registros (n=308) das medidas do ácido metilhipúrico¹ para exposição ocupacional ao xileno, na Indústria da Construção, por ano.....78

Figura 1. Mensurações do ácido hipúrico (g/g de creatinina) em diferentes amostras dos trabalhadores (n=29) com medidas repetidas¹, relacionadas com o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) para o tolueno.....79

Tabela 4. Características dos trabalhadores (n=327) de acordo com os grupos de tendência geral dos padrões de distribuição das medidas do ácido hipúrico.....80

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
BESOL	Biomarcadores de exposição a solventes orgânicos
CAREX	Carcinogen Exposure
CLAD	Cromatografia Líquida de Alto Desempenho
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CO	Monóxido de carbono
COHb	Carboxihemoglobina
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
GAS	Grupos de Atividade Similar
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBMP	Índice Biológico Máximo Permitido
IC	Indústria da Construção
ICOH	International Commission Occupational Health
ILO	International Labour Organization
MB	Monitoramento Biológico
MEO	Matriz de exposição ocupacional
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PNSSTIC	Programa Setorial de Segurança e Saúde do Trabalho da Construção Civil
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SAS	Statistical Analysis System
SCOT	Scientific Committee on Occupational Toxicology
SESI	Serviço Social da Indústria
SGSS	Sistema de Gerenciamento de Segurança e Saúde
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
UV/VIS	Espectrofotometria ultravioleta visível
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO DA TESE	viii
LISTA DE TABELAS E FIGURAS	xii
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	xiv
SUMÁRIO	xv
APRESENTAÇÃO	16
ARTIGO 1 - MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	18
Resumo.....	20
Abstract	21
Introdução.....	22
Material e métodos.....	25
Resultados	28
Discussão.....	29
Referências bibliográficas	36
ARTIGO 2 - OCUPAÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	43
Resumo.....	45
Abstract	46
Introdução.....	47
Material e métodos.....	48
Resultados	50
Discussão.....	52
Referências bibliográficas	57
ARTIGO 3 - EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO XILENO E TOLUENO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	63
Resumo.....	65
Abstract	66
Introdução.....	67
Material e métodos.....	68
Resultados	70
Discussão.....	71
Referências bibliográficas	75
ANEXO I	81
PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	81

APRESENTAÇÃO

Esta tese representa o resultado final do Curso de Doutorado em Saúde Pública, área de concentração em Epidemiologia. A definição do objeto de estudo baseou-se na relevância da Indústria da Construção (IC) por se tratar de um dos ramos de atividade que mais cresceu nos últimos anos, com a incorporação de grande número de trabalhadores. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística mostram que no ano de 2003, o número de trabalhadores da IC era de 5,4 milhões (IBGE, 2009), mas em 2009 chegou a 6,8 milhões (IBGE, 2011), correspondendo a um crescimento de 26%. Além disso, a IC é considerada uma das mais perigosas para a saúde do trabalhador, envolvendo diversos fatores de riscos, como as exposições a solventes orgânicos.

O estudo foi realizado com dados cedidos pelo Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia (SESI-BA), com o qual o Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia (ISC-UFBA) mantém relações de parceria e cooperação técnica há mais de duas décadas, que resultaram em várias teses e publicações, bem como seminários e oficinas sobre a saúde dos trabalhadores da indústria. O SESI é uma instituição pública de direito privado criada nos anos 1940, para promover a qualidade de vida do trabalhador e seus dependentes, com foco em educação, saúde e lazer, estimulando assim a gestão socialmente responsável da indústria. Dentre os serviços oferecidos à indústria, estão as ações de segurança e saúde no trabalho para cumprimento de normas regulamentadoras (NR), a exemplo da NR 7 (PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional) e NR 9 (PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais). Esses dados são registrados em prontuários eletrônicos, em linha, desde 1996, conformando o Sistema de Gerenciamento de Segurança e Saúde (SGSS). Dentre os dados disponíveis na base, estão as mensurações de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos (BESOL), cuja realização é obrigatória e de responsabilidade das empresas, em caso de exposição dos trabalhadores a diversos agentes, entre estes, o tolueno, xileno, metanol, nitrobenzeno, diclorometano e estireno. Esses dados ainda podem ser mais amplamente analisados para produzir informação relevante para a prevenção, ou outras ações visando a proteção da saúde dos trabalhadores, ou mesmo a avaliação da eficiência das ações do SESI, possibilitando melhorias nos serviços prestados.

Com este estudo pretende-se contribuir para a produção de conhecimento sobre a exposição a solventes orgânicos na Indústria da Construção e a análise do monitoramento de biomarcadores de exposição a estes solventes. Foram desenvolvidos três artigos, o primeiro artigo teve como objetivo avaliar a implantação do monitoramento de biomarcadores de

exposição a solventes orgânicos na Indústria da Construção. No segundo, estimaram-se as medidas dos indicadores biológicos de exposição ao xileno, tolueno, nitrobenzeno, metanol, diclorometano e estireno (BESOL) em trabalhadores da indústria da construção, por grupos ocupacionais. Por fim, o objetivo do terceiro artigo foi analisar a evolução temporal da exposição ao xileno e tolueno de 2000 a 2009, na Indústria da Construção, na Bahia, Brasil.

Dessa forma, esta tese encontra-se estruturada em três artigos:

Artigo 1 – Monitoramento biológico da exposição a solventes orgânicos na Indústria da Construção.

Artigo 2 – Ocupação e indicadores biológicos de exposição a solventes orgânicos na indústria da construção.

Artigo 3 – Evolução temporal de indicadores biológicos de exposição ao xileno e tolueno na Indústria da Construção.

ARTIGO 1

**MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA
DA CONSTRUÇÃO**

MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

BIOLOGICAL MONITORING OF ORGANIC SOLVENTS EXPOSURE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

TÍTULO CURTO: EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Luisa Silva Lima¹, Vilma Sousa Santana²

¹Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia e Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia

²Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Luisa Silva Lima

Endereço: Rua Basílio da Gama, s/n, 2º andar, Campus Universitário do Canela, Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

CEP: 40.110-0040 Brasil

Tel: (71) 3336-0034

E-mail: luisacte@yahoo.com.br

Declaração de conflito de interesse: A primeira autora é contratada pelo SESI, atuando como assessora de programas e projetos na área de Qualidade de Vida.

Financiamento: O estudo teve apoio logístico do SESI com a cessão das bases de dados. A segunda autora é bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia.

MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Resumo

Objetivo: descrever o monitoramento biológico da exposição a solventes orgânicos na indústria da construção.

Métodos: este estudo é longitudinal retrospectivo, de população dinâmica, conduzido com dados do sistema de gerenciamento de segurança e saúde (SGSS) de empresas usuárias do Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia (SESI-BA), entre 2000 e 2009. Dados de exames admissionais e periódicos incluem medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos (BESOL) para o tolueno, xileno, estireno, nitrobenzeno, diclorometano e o metanol, especificamente, o ácido hipúrico, ácido metilhipúrico e ácido mandélico, estimados em g/g de creatinina na urina foram mensurados por cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD); a metahemoglobina e carboxihemoglobina foram medidas no sangue empregando a espectrofotometria ultravioleta visível (UV/VIS); e para o metanol, medido em mg/l na urina, utilizou-se a cromatografia gasosa. Conforme Norma Regulamentadora nº7 (NR7), a carboxihemoglobina e a metahemoglobina foram considerados indicadores biológicos de exposição, devido à sua curta meia-vida biológica. A análise foi realizada separadamente para trabalhadores e medidas repetidas dos exames, empregando-se como referência os Índices Biológicos Máximos Permitidos (IBMP). Para os valores abaixo do IBMP, as distribuições foram analisadas para valores desviantes superiores. O monitoramento foi avaliado pela razão entre o número de medidas de BESOL e número de trabalhadores examinados.

Resultados: encontraram-se 25.681 trabalhadores da construção com registros de exames admissionais ou periódicos, mas apenas 446 contavam com medidas de BESOL, que totalizavam 629 registros. Em 2000, 1:1.000 trabalhadores realizou ao menos um exame de BESOL que aumentou para 65:1.000 em 2009. Trabalhadores monitorados para BESOL eram mais comumente de construtoras de obras de infraestrutura e serviços para construção, pintores e operadores de máquinas e equipamentos do que os monitorados para saúde ocupacional. Nenhuma das medidas de BESOL ultrapassou os Índices Biológicos Máximos Permitidos (IBMP), de acordo com NR7, exceção para o ácido hipúrico e a carboxihemoglobina. Especificamente, para o ácido hipúrico foram encontrados resultados de 2,62, 2,97 e 3,91 g/g de creatinina, enquanto que para a carboxihemoglobina em não fumantes, foram 13 medidas que variaram entre 3,6% a 6,1%. Para as demais, ainda que abaixo dos limites permitidos, 5,0% apresentavam valores desviantes superiores para o ácido hipúrico, 23,4% para o ácido metilhipúrico, 9,6% para metahemoglobina e 5,3% ácido mandélico.

Conclusão: Houve melhoria da cobertura do monitoramento dos BESOL embora restrito a obras de infraestrutura e serviços. Poucas medidas acima do IBMP sugerem baixos níveis de exposição, indicativas de efetividade do controle; entretanto, mais empresas e trabalhadores precisam ser contemplados. Essas análises devem ser de rotina, além da utilização desse conhecimento para planejamento e implementação das orientações estabelecidas.

Palavras-chave: monitoramento biológico, exposição a solventes orgânicos, biomarcadores de exposição, indústria da construção

BIOLOGICAL MONITORING OF EXPOSURE TO ORGANIC SOLVENTS IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract

Objective: to describe the biological monitoring of exposure to organic solvents (BESOL) in the construction industry.

Methods: this study is a retrospective longitudinal, dynamic population, conducted with data from the safety and health management system (SGSS) of companies using the Industry Social Service, Regional Department of Bahia (SESI-BA), between 2000 and 2009. Admission and periodic data feeds including biomarkers of exposure to organic solvents BESOL measures for toluene, xylene, styrene, nitrobenzene, dichloromethane and methanol, particularly, the hippuric acid, methylhippuric acid and mandelic acid, estimated in g/g creatinine in urine were measured by liquid chromatography (High Performance Liquid Chromatography - HPLC); methemoglobin and carboxyhemoglobin were measured in the blood using the visible ultraviolet spectrophotometry (UV / VIS); and methanol, measured in mg/l in urine with gas chromatography. According to the Regulatory Standard 7 (NR7), carboxyhemoglobin and methemoglobin were considered biological indicators of exposure, due to its short biological half-life. The analysis was performed separately for workers and repeated measurements of tests, using as reference the Index Biological Maximum Allowable (IBMP). For values below IBMP, the distributions were analyzed for deviant higher values. Monitoring was evaluated by the ratio between the number of BESOL measures and number of workers examined.

Results: There were 25,681 construction workers with records of admission or periodic examinations, but only 446 counted on BESOL measures, totaling 629 records. In 2000, 1: 1,000 workers held at least one exam BESOL a number which increased to 65: 1,000 in 2009. Workers were more commonly monitored in construction of infrastructure and services for construction, painters and machine and equipment operators and equipment than the referent group. None of BESOL measures exceeded the Index Biological Maximum Allowable (IBMP), according to NR 7, except for hippuric acid and carboxyhemoglobin. Specifically, for hippuric acid results were found 2.62, 2.97 and 3.91 g/g creatinine, while for carboxyhemoglobin in nonsmokers, were 13 measures ranging from 3.6 to 6.1%. For the others, although below the permissible limits, 5.0% had deviant higher values for hippuric acid, 23.4% for metilhipúrico acid, 9.6% to methemoglobin and 5.3% acid mandelic.

Conclusion: There was improvement in the coverage of the monitoring BESOL although restricted to infrastructure projects and services. A few measures above the IBMP suggest low levels of exposure, indicating control effectiveness; more companies and workers need however to be addressed. These analyzes should become a routine, the monitoring should be increased for more companies and workers of the IC, and the use of this knowledge used for planning and implementing the established guidelines.

Keywords: biological monitoring, exposure to organic solvents, biomarkers of exposure, construction industry

MONITORAMENTO BIOLÓGICO DA EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Introdução

A Indústria da Construção (IC), um dos principais ramos de atividade econômica no mundo, é mais conhecida pelo elevado risco de acidentes de trabalho, no entanto exposições químicas associadas a enfermidades graves são também comuns nessa indústria. Uma dessas exposições é o grupo dos solventes orgânicos, substâncias voláteis e solúveis utilizadas como diluentes, dispersantes ou solubilizantes de grande aplicação em tintas, óleos, graxas e vernizes. O contato dos trabalhadores com estas substâncias pode ocorrer durante a manipulação, armazenamento, transporte ou manutenção, reparação e limpeza de equipamentos e recipientes (OIT, 2013). Solventes são, em geral, alvo da vigilância em saúde do trabalhador, que compreende dentre outras ações, o seu monitoramento ocupacional, ambiental e individual. Para alguns desses compostos, existem biomarcadores de exposição, i. e., indicadores da dose total individual resultante de todas as fontes de exposição (WHO, 1998), que podem ter a sua mensuração realizada compulsoriamente, na dependência da intensidade da exposição e/ou quando se associa a algum efeito biológico (WHO, 1996).

Em muitos países, este monitoramento de biomarcadores de exposição para trabalhadores potencialmente expostos é uma recomendação legal, que pode ser mandatária e conduzida comumente sob responsabilidade da empresa (Alpaca et al, 2011). Para a indústria da construção, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) propõe o monitoramento (ILO, 2009); enquanto no Brasil, desde 1978, a Norma Regulamentadora nº7 (NR-7) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) define a obrigatoriedade do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), que estabelece indicadores biológicos de monitoramento compulsório e o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP), valor de referência para “exposição excessiva” a agentes químicos. A NR-9, complementarmente, regula a realização do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) que compreende mensurações ambientais de exposições no trabalho e os seus parâmetros (Brasil, 1994). Com

base nos achados de ambos os programas, são estabelecidas medidas de proteção que devem ser oportunas e adequadas para trabalhadores e o meio ambiente (Brasil, 1994). Estudos conduzidos no Brasil indicam que o cumprimento destas NR ainda é reduzido. Em uma avaliação sobre a situação de implantação de PPRA, a maioria das empresas (92,9%) apresentava inconsistências, a exemplo de problemas no reconhecimento de agentes de risco; para o PCMSO, também a maioria delas (85,7%) revelava problemas no monitoramento biológico de agentes de risco químicos, dentre outros (Miranda & Dias, 2004). Especificamente para a IC, a NR-18, que trata do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) (Brasil, 1978), realizou-se uma avaliação de canteiros de obras, na qual se verificou o descumprimento das recomendações legais em 45% dos empreendimentos (Saurin et al., 2000).

O monitoramento de biomarcadores permite estimar indicadores epidemiológicos da exposição ocupacional ou dose de solventes orgânicos. Na Finlândia, Kauppinen et al. (2012), empregando dados do monitoramento feito por empresas, estimaram uma prevalência de exposição ocupacional a hidrocarbonetos alifáticos e alicíclicos de 0,7% em 1950, 0,5% em 2008, projetando-se para 0,3% no ano 2020. Para os hidrocarbonetos aromáticos, os percentuais foram 0,6% em 1950 e também em 2008, caindo para 0,4% em 2020. Especificamente para o diclorometano, as estimativas foram de <0,1, 0,2 e 0,2% e para o tolueno, 0,5, 0,5 e 0,4%, respectivamente. Portanto, houve tendência de redução da prevalência dessa exposição, o que se espera continuar no futuro. Em uma revisão de literatura sobre alterações temporais das medidas de exposição a agentes químicos, as estimativas mostraram reduções significativas da prevalência, com diminuições anuais de até 32% (Creely et al., 2007). No Brasil, não foram encontrados estudos sobre o monitoramento, mas Bedrikow (1955) realizou um inquérito com 72.782 trabalhadores de indústrias do estado de São Paulo, entre 1953 a 1955 e estimou em 7,3% (n=5.313) a prevalência de exposição a solventes orgânicos. Logo depois, outro estudo semelhante foi realizado no estado do Rio de Janeiro, estimando a prevalência de exposição a “vapores tóxicos” em 10,5% (Gondim & Latgé, 1959). Como os níveis de exposição a solventes variam

entre os ramos de atividade econômica, que por sua vez participam de modo distinto na produção econômica de cada local, é difícil de interpretar diferenças entre esses estudos.

Na IC, especificamente, os trabalhadores estão potencialmente expostos, entre outros solventes orgânicos, ao xileno, tolueno, nitrobenzeno, metanol, diclorometano e estireno. Porém são poucos os estudos realizados com dados da vigilância ou do monitoramento de exposições a estes solventes nesta indústria. A dificuldade de obtenção de dados para todos os trabalhadores potencialmente expostos tem levado muitos países, a exemplo da Espanha (García et al., 2011), Finlândia (Kauppinen et al., 2014) e Estados Unidos (Sieber et al., 1991) a utilizarem matrizes de exposição ocupacional (MEO) como ferramenta para vigilância, gestão e definição de ações de saúde e segurança. Estas matrizes possibilitam estimar o número de expostos a solventes considerando ocupações e a carga potencial para a saúde, utilizando dados de empresas, dentre outros. Há ainda o CAREX (CARcinogen EXposure), sistema de informação da União Europeia sobre exposição ocupacional a agentes reconhecidamente cancerígenos e suspeitos, que inclui estimativas de níveis de exposição e número de trabalhadores expostos por país, para cada substância cancerígena e tipo de indústria (Kauppinen, et al. 1998; Kauppinen, et al., 2000). Adaptações da CAREX para os contextos de outros países ou regiões vêm sendo realizadas. Algumas pesquisas estimam medidas de interesse para solventes orgânicos específicos. Na pesquisa de Jacobson & McLean (2003) realizada com trabalhadores de empresas aplicadoras de revestimento de pisos e pintores, estimaram-se valores <15 ppm do nível de xileno no ambiente, e 43 e 229 mg/g de creatinina, para os níveis médio e máximo de ácido metilhipúrico respectivamente, medidas abaixo do limite biológico de exposição de 1,5 g/g de creatinina, segundo a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1989). Em suma, são poucos os estudos que abordam a exposição a solventes orgânicos com a utilização de biomarcadores e ainda menos para a indústria da construção, mas os achados mostram evidências de uma situação de controle.

No Brasil, frequentemente empresas contratam serviços especializados para a execução do monitoramento de agentes químicos. O Serviço Social da Indústria (SESI), que presta esse

tipo de serviço, é uma instituição pública de direito privado criada nos anos 1940, para promover a qualidade de vida do trabalhador e seus dependentes, com foco em educação, saúde e lazer, estimulando assim uma gestão socialmente responsável no setor industrial. Designado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como centro colaborador em segurança e saúde do trabalhador de 2012 a 2016, o SESI vem apoiando programas de gestão de riscos e saúde em empresas, que incluem, entre outros, a identificação e mensuração de exposições previstas no PPRA, além de exames admissionais, periódicos e demissionais do PCMSO. Esses dados são registrados em prontuários médicos em formato eletrônico, em linha, desde 1996, conformando o Sistema de Gerenciamento de Segurança e Saúde (SGSS). Apesar de úteis, o PPRA e o PCMSO vêm sendo elaborados sem análises epidemiológicas mais complexas, a exemplo da evolução temporal das medidas, dentre outras, apropriadas para a avaliação da gestão, especificamente, o controle de fatores de risco ocupacionais. Este estudo pretende avaliar a implantação do monitoramento de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos na IC pelo SESI-BA, entre 2000 e 2009, na Bahia, Brasil, além de estimar indicadores biológicos de exposição ao xileno, tolueno, nitrobenzeno, metanol, diclorometano e estireno (BESOL).

Material e métodos

Este é um estudo longitudinal de população dinâmica conduzido com dados do SGSS do SESI-Bahia, para o período de 2000 a 2009. A população de estudo compreende todos os trabalhadores da IC, que realizaram exames admissionais ou periódicos de empresas, contratantes dos serviços do SESI-Bahia. Apenas trabalhadores do sexo masculino foram selecionados, por ser pequeno o número de mulheres. A coorte se constitui com uma linha de base que compreende a primeira consulta médica realizada, a partir dos registros disponíveis e, portanto, pode ocorrer em qualquer ano do período do estudo, enquanto o seguimento da população corresponde à periodicidade anual das consultas e respectivos exames previstos nas normas vigentes de proteção do trabalhador. Devido à dinâmica própria do emprego, trabalhadores podem sair e voltar a entrar na coorte.

A fonte de dados foi o SGSS que é alimentado por prontuários eletrônicos em linha com registros feitos por médicos contratados ou credenciados pela instituição, além de resultados de exames clínicos, a exemplo de radiografias e exames laboratoriais. Estes exames são, em parte, realizados pelo SESI, a depender da infraestrutura e capacidade instalada das unidades respectivas. Mensurações de biomarcadores de exposição são solicitadas pelo médico do trabalho, baseando-se principalmente em informações do PPRA sobre a exposição potencial e recomendações das NR. Estas mensurações são realizadas por laboratórios terceirizados, cujo credenciamento toma como base critérios de qualidade nacionais e internacionais de certificação ou padronização, sistematizados e definidos em um protocolo interno. Neste estudo, foram considerados todos os biomarcadores de exposição a solventes orgânicos com mensurações disponíveis entre 2000 e 2009. O SGSS incorpora também dados de inspeções internas realizadas por pessoal técnico especializado, como engenheiros de segurança e técnicos de segurança no trabalho, para a identificação de situações e agentes de risco, a organização dos dados obtidos dessas inspeções e elaboração de uma listagem das recomendações necessárias. Empresas podem também contratar apenas a realização de exames clínicos e complementares para o total ou parte de seus trabalhadores. Para garantia da qualidade do SGSS, as equipes responsáveis são alvo de treinamento continuado.

Neste estudo, a técnica empregada nas mensurações do ácido hipúrico, ácido metilhipúrico e ácido mandélico, estimadas em g/g de creatinina na urina, foi a cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD). Para metahemoglobina e carboxihemoglobina, medidas em percentual (%) no sangue, foi utilizada a técnica da espectrofotometria ultravioleta visível (UV/VIS). Estes dois indicadores, de acordo com a NR7, foram considerados indicadores biológicos de exposição, devido à sua curta meia-vida biológica. E para o metanol, medido em mg/l na urina, foi utilizada a técnica da cromatografia gasosa. Essas medidas foram analisadas separadamente por tipo de biomarcador e, conjuntamente, como mensuração de BESOL realizada (sim/não). Conforme a NR 7, os IBMP estão definidos para o ácido hipúrico, metilhipúrico e mandélico, respectivamente, em 2,5, 1,5 e 0,8g/g de creatinina. Para metahemoglobina e

carboxihemoglobina, os valores são 5 e 3,5% (não fumantes). E para o metanol, o IBMP é de 15mg/L. Com base nesses valores, definiram-se variáveis de análise dicotômicas com estes pontos de corte respectivos, para medidas dos biomarcadores abaixo ou iguais e acima do IBMP. As variáveis descritoras sociodemográficas e ocupacionais são: grupos de idade 18-32, 33-39, 40-48 e 49-69 anos; tipo de atividade de construção 1) construção de edifícios e 2) obras de infraestrutura e serviços para construção; as ocupações estavam registradas nominalmente e foram manualmente agrupadas em: 1) pedreiros, que correspondem a entaipadores, ajudantes de pedreiro, mestres de obras, dentre outros; 2) pintores, que envolvem também ajudantes de pintor, pintores de pistola, polidores/lixadores, dentre outros; 3) operadores de máquinas e equipamentos, abrangem os operadores de máquinas, ajudantes mecânico, eletricitas, maçariqueiros, soldadores, caldeireiros, dentre outros; 4) outras, que envolvem motoristas auxiliares, técnicos de segurança, engenheiros civis, dentre outros. As demais variáveis foram o tipo de exame realizado: 1) admissional e 2) periódico; fumante (sim/não); empresa; e ano calendário do exame.

A análise foi realizada separadamente para trabalhadores e o total de registros de exames, que podem ser repetidos para o mesmo trabalhador. O desempenho do monitoramento foi analisado por meio da razão entre o número de exames de BESOL e o número de trabalhadores monitorados para saúde ocupacional durante o seguimento. Os biomarcadores de exposição ocupacional aos solventes foram analisados, considerando-se os valores acima (1) e iguais ou menores ao IBMP (0) respectivos. Para identificar padrões de distribuição sugestivos de alterações de interesse no monitoramento, analisaram-se descritivamente os valores abaixo do IBMP, empregando-se medidas de tendência central como a mediana para curvas não normais; valores desviantes foram identificados com quartis (Q) e a fórmula $Q3 + 3(L)$ =valores desviantes superiores, onde $L=Q3 - Q1$, sendo $Q3$ =terceiro quartil e $Q1$ =primeiro quartil (Hawkins, 1980). A análise foi realizada empregando-se o SAS 9.4. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia, sob o nº 1.367.462. A equipe da pesquisa estava instruída sobre os princípios éticos e foi mantido o anonimato de empresas e trabalhadores.

Resultados

Foram encontrados 26.172 trabalhadores da indústria da construção, em monitoramento de saúde ocupacional no SESI-Bahia, entre 2000 e 2009. Esses trabalhadores realizaram um total de 40.845 consultas para exames admissionais e periódicos e 629 medidas de BESOL, correspondendo a 446 trabalhadores (Figura 1). Em 2000, estas consultas abrangeram 2.528 trabalhadores que se reduziram até 2004, quando então passou a se elevar atingindo picos em 2005 ($n=4.511$) e 2007 (4.997), quando voltou a cair até 2009 (Tabela 1). Distribuição semelhante também foi observada para o número de consultas, mas não para o número de trabalhadores que realizaram exames para BESOL, que se elevou entre 2000 e 2009, variando de 3 para 191, respectivamente. Verificou-se também que a razão do número de exames para BESOL e trabalhadores monitorados se elevou no mesmo período, de 1:1.000 para 65:1.000 trabalhadores, respectivamente.

Trabalhadores que realizaram exames para BESOL eram mais comumente jovens, trabalhavam como pintores ou operadores de máquinas e equipamentos, de empresas de infraestrutura e serviços para construção em relação aos que não realizaram esses exames (Tabela 2); exames de BESOL foram mais solicitados em exames periódicos e se concentraram em três empresas (Tabela 2). Não houve diferenças expressivas da frequência do hábito de fumar entre o grupo com medidas de BESOL e os trabalhadores monitorados para saúde ocupacional.

A maioria dos valores estimados para o ácido hipúrico, ácido metilhipúrico, metahemoglobina, carboxihemoglobina, metanol e ácido mandélico ficaram abaixo dos respectivos IBMP, tanto na primeira mensuração como nas demais, nos casos que contavam com múltiplas medidas (Tabela 3). Valores acima do IBMP foram verificados em exames periódicos de três trabalhadores para o ácido hipúrico, especificamente 2,62, 2,97 e 3,91 g/de creatinina; e em 13 trabalhadores não fumantes para a carboxihemoglobina, cujas medidas no sangue variaram entre 3,6 a 6,1%. Destas, uma corresponde ao exame periódico e as demais a exames admissionais.

Para os valores abaixo do IBMP, verificou-se que não houve modificação da mediana e das amplitudes dos biomarcadores ao se comparar os valores do primeiro e de todos os exames, com exceção da carboxihemoglobina, cuja mediana sofreu alteração de 1,67 para 1,80%, e do valor máximo da amplitude da metahemoglobina que variou de 3,03 para 3,80%. Ao considerar as medidas de biomarcadores de todos os exames, foram identificados valores desviantes superiores da distribuição para o ácido hipúrico (n=10; 2,1%), ácido metilhipúrico (n=71; 23,0%), metahemoglobina (n=24; 9,64%) e ácido mandélico (n=1; 5,26%) (Tabela 3).

Discussão

Os resultados deste estudo evidenciam que o monitoramento da saúde dos trabalhadores de empresas da indústria da construção realizado pelo SESI-BA, para biomarcadores de exposição a solventes orgânicos, apresentou aumento expressivo da sua cobertura entre 2000 e 2009, mas apenas três empresas concentraram a maioria dos trabalhadores monitorados. Esse monitoramento contemplou prioritariamente os mais jovens, pintores e operadores de máquinas e equipamentos e se concentraram em obras de infraestrutura e serviços para construção. Níveis de exposição acima do IBMP foram muito reduzidos, sugestivos de efetividade das medidas de controle, exceção para a carboxihemoglobina cuja prevalência de valores acima do IBMP foi de 13,8%. A análise das distribuições das medidas de biomarcadores em trabalhadores ao início do seguimento e para o conjunto de registros, repetidos ou não, abaixo do IBMP revelou que, embora dentro da normalidade, ocorreram valores desviantes para todos os biomarcadores estudados, exceto o metanol e carboxihemoglobina.

O monitoramento da exposição a solventes orgânicos na IC

O aumento da cobertura de trabalhadores monitorados para biomarcadores de solventes orgânicos encontrado no período revela que o SESI-BA vem contribuindo para a maior efetivação da NR-7, apesar desta atividade estar limitada a algumas poucas empresas.

Especificamente, das 190 empresas de construção contratantes de monitoramento apenas cinco tiveram pelo menos 10 exames de BESOL realizados (resultados não apresentados). Do total de trabalhadores monitorados, poucos apresentaram medidas repetidas ao longo do tempo, indicando que o monitoramento não era sistemático, sofrendo solução de continuidade. Esta descontinuidade, entretanto, pode ter decorrido dos próprios achados de medidas de BESOL abaixo do IBMP, da cessação de contrato de trabalhadores ou mudança de suas atividades na empresa, aspectos não analisados por falta de informações. O maior número de trabalhadores monitorados para solventes orgânicos entre 2005 e 2009, quando comparado a 2000 a 2004, respectivamente, pode ter refletido o crescimento de trabalhadores na IC entre esses períodos. Nos últimos anos, a IC foi um dos ramos de atividade que mais cresceu em todo o Brasil, como demonstram os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de que, em 2003, eram 5,4 milhões que aumentaram para 6,8 milhões em 2009 (IBGE, 2007; IBGE, 2009). Portanto, entre os anos de 2003 e 2009, houve uma elevação de 26% no número de trabalhadores na IC no Brasil.

Este estudo focalizou apenas a realização de exames de biomarcadores indicativos de exposição, ou melhor, da dose interna de solventes orgânicos e não o conjunto de medidas necessárias para a efetivação da proteção dos trabalhadores, que enseja a vigilância sob responsabilidade das empresas. Estes exames, embora importantes para identificar expostos e assim permitir a adoção de medidas de proteção individuais, como o afastamento do trabalhador do posto de trabalho, não são isoladamente suficientes para o reconhecimento de fontes de exposição coletiva, que podem contribuir para ações de prevenção e controle mais efetivas. Além disso, não foi possível considerar outras ações pertinentes de saúde do trabalhador prestadas pelo SESI-BA, a exemplo do mapeamento de trabalhadores potencialmente expostos, que permitiria estimar a cobertura real do monitoramento realizado. Vale notar que este mapeamento é limitado na IC por suas características próprias, como a curta duração das obras e a resultante dinâmica de emprego, implícita na alternância de atividades ou mesmo na rotatividade dos trabalhadores entre diferentes empreendimentos da mesma empresa ou entre outras. Essa análise avança ao abordar o monitoramento biológico da exposição, aspecto ainda pouco estudado em países em

desenvolvimento, empregando biomarcadores que permitem conhecer a dose total da substância no organismo, i.e., o somatório de todas as fontes de exposição, independentemente de suas toxicocinéticas específicas, além de serem considerados mais precisos por alguns autores (Manno et al., 2010; Sim, 2002), ainda que reflitam variações individuais e fontes não ocupacionais, de maior interesse para a vigilância da saúde de trabalhadores.

Além da cobertura e do tipo de medida de exposição, a qualidade do monitoramento biológico de exposição depende da adequação da matriz biológica empregada, do tempo definido para a realização da amostragem e da credibilidade e qualidade de laboratórios que realizam as análises (Alpaca et al., 2011). Neste estudo, pode-se verificar que as matrizes biológicas adotadas foram adequadas de acordo com especificações da NR7. Observou-se também que quando estão previstos exames de biomarcadores, o contrato a ser firmado entre a empresa e o SESI-BA deve contemplar um protocolo de orientações gerais; e outro, específico, que define tempos adequados para a coleta, o número de amostras, dentre outros aspectos. A qualidade e credibilidade dos laboratórios são garantidas com a exigência de certificação por órgãos de acreditação próprios, cumprindo critérios de amostragem, armazenamento das amostras, tempo entre armazenamento e análise do material coletado. Ainda como requisito de efetividade do monitoramento, recomenda-se a definição de critérios para interpretação dos resultados das medidas dos biomarcadores (Alpaca et al., 2011; Angerer et al., 2007; Manno et al., 2010), a exemplo da análise da evolução das medidas dos biomarcadores, considerando alterações relevantes, passíveis de investigação, mesmo que o limite biológico máximo permitido não tenha sido ultrapassado.

A predominância de jovens entre os trabalhadores que realizaram exames de BESOL pode ser resultante de maior prevalência de potencialmente expostos neste grupo de idade, que assim se torna elegível para o monitoramento biológico da exposição. Jovens em início da vida laboral frequentemente ocupam atividades de trabalho menos qualificadas, que concentram maiores níveis e múltiplas exposições ocupacionais. Resultados semelhantes

foram encontrados por Vianna et al. (2004) em que trabalhadores mais jovens eram mais comumente expostos a névoas ácidas.

Estimativas de BESOL acima do IBMP

Neste estudo, 13 trabalhadores apresentaram níveis de carboxihemoglobina acima do IBMP, para os quais 12 medidas correspondiam a exames admissionais de trabalhadores de uma mesma empresa, sugerindo exposições progressivas ou erros de classificação de informações relevantes para a interpretação. Especificamente, trabalhadores podem ter sido expostos no emprego anterior. Ou considerando que a carboxihemoglobina é também marcadora de outras substâncias, como o monóxido de carbono (CO) elevado entre fumantes, informações sobre este hábito são requeridas para melhor interpretar esta medida. Todos estes casos com medidas de carboxihemoglobina acima do IBMP relataram ser não fumantes, o que pode ser entendido como de origem ambiental ou ocupacional; entretanto o hábito de fumar pode ter sido negado dado que se tratava de exames de candidatos a emprego. Além do cigarro, a exposição ao monóxido de carbono pode estar relacionada a outras fontes (Santos-Junior et al., 2003), provocando elevação dos níveis de carboxihemoglobina no sangue, isoladamente ou em combinação com outras substâncias. Outros três trabalhadores tiveram medidas de ácido hipúrico acima do IBMP no exame periódico.

Estimativas de BESOL abaixo do IBMP

A maioria dos resultados de BESOL abaixo do IBMP é sugestiva de níveis baixos de exposição ocupacional a solventes orgânicos na IC. Isto pode ser consequência do controle efetivo dos solventes orgânicos nos ambientes de trabalho, alcançado por meio da implantação de programas de gestão e controle de riscos e da saúde nas empresas, por exemplo, mas estas conclusões requerem uma adequada contextualização. Relatórios do SESI mostram que ações são propostas para o controle, como parte dos PPRA e PCMSO, por meio de visitas para verificação do cumprimento e implementação de ajustes necessários.

Em uma pesquisa conduzida com 78 empresas contratantes do SESI/BA, observou-se que após um ano de iniciada a implantação de programas de gestão de riscos, a maioria (53,8%) apresentou grau intermediário e 24,4% grau avançado de desenvolvimento (Chaves et al., 2009). Todavia, não foram encontrados dados sobre o cumprimento de medidas específicas para o controle de agentes químicos como os solventes orgânicos, no âmbito das ações do SESI, ou mesmo de pesquisas avaliativas dessas ações.

A falta dessas avaliações da efetivação e impacto das intervenções parece residir na pouca importância dada ao papel dos diagnósticos das condições de trabalho, a exemplo de medidas dos BESOL, para subsidiar ações de controle. Isso se reflete no tipo de contratos celebrados pelas empresas com o SESI, que podem não contemplar suporte para implantação das recomendações propostas no PPRA ou PCMSO ou a sua avaliação. Portanto, não há uma efetivação do modelo de vigilância subjacente às propostas das NR 7 e 9 sob a responsabilidade das empresas. No caso da IC, isto também pode estar dificultado pela sua dinâmica própria, caracterizada pela temporalidade do processo produtivo e a grande rotatividade dos trabalhadores e canteiros de obras. Frente a esta situação, o SESI-Bahia vem enfatizando junto às empresas a importância de realização, não apenas do diagnóstico, mas também das recomendações e avaliações das ações de controle, porventura implementadas.

A identificação de valores desviantes superiores, abaixo do IBMP, ainda que em pequeno número, pode indicar a existência de exposição ambiental residual a solventes, ocupacional ou não, e assinalam a necessidade de cuidados especiais considerando que algumas recomendações sugerem níveis zero para substâncias cancerígenas (WHO, 1998).

Os achados deste estudo devem ser considerados no contexto das suas limitações metodológicas. A população empregada pode não ter sido representativa da população geral de trabalhadores da IC, além da indisponibilidade de informações detalhadas sobre os dados do monitoramento, importantes para a interpretação dos achados. Por exemplo, não estavam disponíveis informações completas sobre o processo de coleta de dados que

permitissem verificar o cumprimento das normas recomendadas. Ademais, não foi possível identificar todos trabalhadores potencialmente expostos que deveriam ser monitorados. Assim, os que realizaram mensurações podem não representar o contingente total, o que pode ser resultado da indicação do exame de biomarcador mais comumente para os que já apresentavam evidências de exposição excessiva. É preciso considerar ainda a possível variabilidade entre as mensurações realizadas por diferentes aparelhos, para os mesmos biomarcadores. Outros indicadores biológicos de exposição a solventes vêm sendo empregados, a exemplo de medidas do ar alveolar expirado, de maior sensibilidade e especificidade em comparação às do ar ambiental. Alguns dos biomarcadores utilizados neste estudo são inespecíficos, a exemplo da carboxihemoglobina e ácido hipúrico, cujos valores podem estar afetados por outras substâncias (Janasik, 2010) limitando as conclusões do estudo.

A utilização do SGSS do SESI-BA como fonte de dados garante maior credibilidade dos registros, por se tratar de uma instituição terceira em relação às empresas. Foi investigado um número expressivo de trabalhadores e de mensurações para diversos biomarcadores de BESOL, permitindo compreender a cobertura do monitoramento de indicadores comuns na IC. Cabe ressaltar a necessidade de complementação da análise dos dados do SGSS com anos mais recentes e de melhorar o monitoramento tanto na cobertura de empresas como de trabalhadores. Além disso, ressalta-se a importância da parceria entre o SESI e uma instituição acadêmica na realização dessa pesquisa, possibilitando ao SESI a melhoria da análise de dados coletados rotineiramente, avaliação da qualidade de uma das ações desenvolvidas e indicação dos problemas a serem superados; para a universidade, permitiu a execução de uma pesquisa a baixo custo, contribuindo também para a formação de pesquisadores. Análises sobre a implantação, qualidade, impacto do monitoramento da exposição a solventes orgânicos podem contribuir para a vigilância resultando em melhorias para a saúde dos trabalhadores da IC. Os achados deste estudo podem ser empregados no desenvolvimento de matrizes de exposição ocupacional, comumente utilizadas na vigilância e na pesquisa, mas ainda pouco aplicadas no Brasil. Espera-se também alcançar os trabalhadores por meio da disseminação do conhecimento produzido, possibilitando a sua

participação para garantir a efetivação do monitoramento. O conhecimento sistemático e continuado sobre exposições e fatores de risco em ambientes de trabalho é essencial para o estabelecimento de ações de prevenção primária, eliminando as causas e assim melhorando as condições de trabalho e saúde dos trabalhadores.

Referências bibliográficas

Alpaca RIP, Rota C, Canali C, Migliore A, Di Rico R, Trenti T, Cariani E. Effectiveness of the biological monitoring of chemical exposure in the workplace: Results of a survey in an area of Northern Italy. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2011; 214: 121–126.

Angerer J, Ewers U, Wilhelm M. Human biomonitoring: state of the art. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2007; 210: 201-228.

Bedrikow B. Relatório de empresas com avaliações da exposição ao benzeno. Serviço Social da Indústria (SESI) Salvador, 1955. [mimeografado].

Chaves SCL, Santana VS, Leão ICM, Santana JN, Lacerda. Determinantes da implantação de um programa de segurança e saúde no trabalho. *Revista Panamericana de Salud Publica*. 2009; 25(3):204–12.

Creely KS, Cowie H, Tongeren MV, Kromhout H, Tickner J, Cherrie JW. Trends in Inhalation Exposure - A Review of the Data in the Published Scientific Literature. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2007; 51(8), 665–678.

García AM, Galarzo MCG, Alba MA, Gordo J, Haar RVD, Briceno F, Gadea R, López Maria, Benavides FG. A job-exposure matrix for Spanish workers. *Seguridad y Medio Ambiente*. 2011; 31(123).

Gondim PM & Latgé M. Problemas de higiene industrial no Estado do Rio de Janeiro. *Revista Serv Esp Saúde Pública* 1959; 10: 565-606.

Hawkins DM. *Identification of Outliers*. Editora Springer, 1980.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Nacionais Brasil - 2003 - 2007. [acesso 10 jan. 2015]. Rio de Janeiro; 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2007/tabsinotica13.pdf>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Nacionais Brasil - 2005 - 2009. [acesso 10 jan. 2015]. Rio de Janeiro; 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2009/tabelas_pdf/tab13.pdf>.

International Labour Organization. Inspecting Occupational Safety and Health in the Construction Industry. International Training Centre of International Labour Organization, Italy: 2009.

Jacobson G A, McLean S. Biological Monitoring of Low Level Occupational Xylene Exposure and the Role of Recent Exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2003; 47(4): 331–336.

Janasik B, Jakubowski M, Wesołowski W, Kucharska M. Un metabolized vocs in urine as biomarkers of low level occupational exposure. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2010; 23(1): 21 – 26.

Kauppinen T, Toikkanen J, David Pedersen D, et al. Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occupational and Environmental Medicine*. 2000; 57: 10-18.

Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D, Young R, Kogevinas M, Ahrens W, Boffetta P, Kromhout JH, Blasco JM, Mirabelli D, Orden-Rivera V, Plato N, Pannett B, Savela A, Veulemans H, Vincent R. Occupational Exposure to Carcinogens in The European Union in 1990-93. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki 1998.

Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I. Trends of Occupational Exposure to Chemical Agents in Finland in 1950-2020. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2012; 57: 593-609.

Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I, Pukkala E. Use of the Finnish Information System on Occupational Exposure (FINJEM) in Epidemiologic, Surveillance, and Other Applications. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2014; 1–17.

Manno M, Viau C, Cocker J, Colosio C, Lowry L, Mutti A, Nordberg M, Wang Sheng. Biomonitoring Occupational Health Risk Assessment (BOHRA). *Toxicology Letters* 2010; 192: 3-16.

Miranda CR, Dias CR. PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. *Cadernos de Saúde Pública*. 2004; 20(1): 224-232.

Organización Internacional del Trabajo. La Seguridad y la Salud en el uso de productos químicos en el trabajo. Geneve, 2013.

Saurin TA, Lantelme EMV, Formoso CT. Contribuições para revisão da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção: relatório de pesquisa. 140f.

Programa de Pós-Graduação (Engenharia Civil e Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Serviço Social da Indústria. Saúde e Segurança na Construção Civil na Bahia. Brasília: Editora SESI, 2005.

Serviço Social da Indústria. Segurança e Saúde na Indústria da Construção no Brasil – Diagnóstico e recomendações para a prevenção dos acidentes de trabalho. Brasília: Editora SESI, 2013.

Serviço Social da Indústria. Segurança e Saúde na Indústria da Construção no Brasil – Diagnóstico e recomendações para a prevenção dos acidentes de trabalho. Brasília: Editora SESI, 2015.

Sieber Jr. WK, Sundin DS, Frazier TM, Robinson CF. Development, use, and availability of a job exposure matrix based on national occupational hazard survey data. *American Journal of Industrial Medicine*. 1991; 20(2): 163–174.

Silva RC. A avaliabilidade do Programa SESI de prevenção de quedas na indústria da construção civil na Bahia. Dissertação de mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2007.

Sim M. Case studies in the use of toxicological measures in epidemiological studies. *Toxicology* 2002; 181-182: 405-409.

Vianna MIP, Santana VS, Loomis D. Occupational Exposures to Acid Mists and Gases and Ulcerative Lesions of the Oral Mucosa. *American Journal of Industrial Medicine*. 2004; 45: 238–245.

World Health Organization. Biological monitoring of chemical exposure in the workplace – guidelines. World Health Organization, Geneva: 1996.

World Health Organization. Criterio 203, publicado pelo IPCS (International Programme on Chemical Safety). World Health Organization, Geneva: 1998.

Figura 1. Estrutura da população do estudo

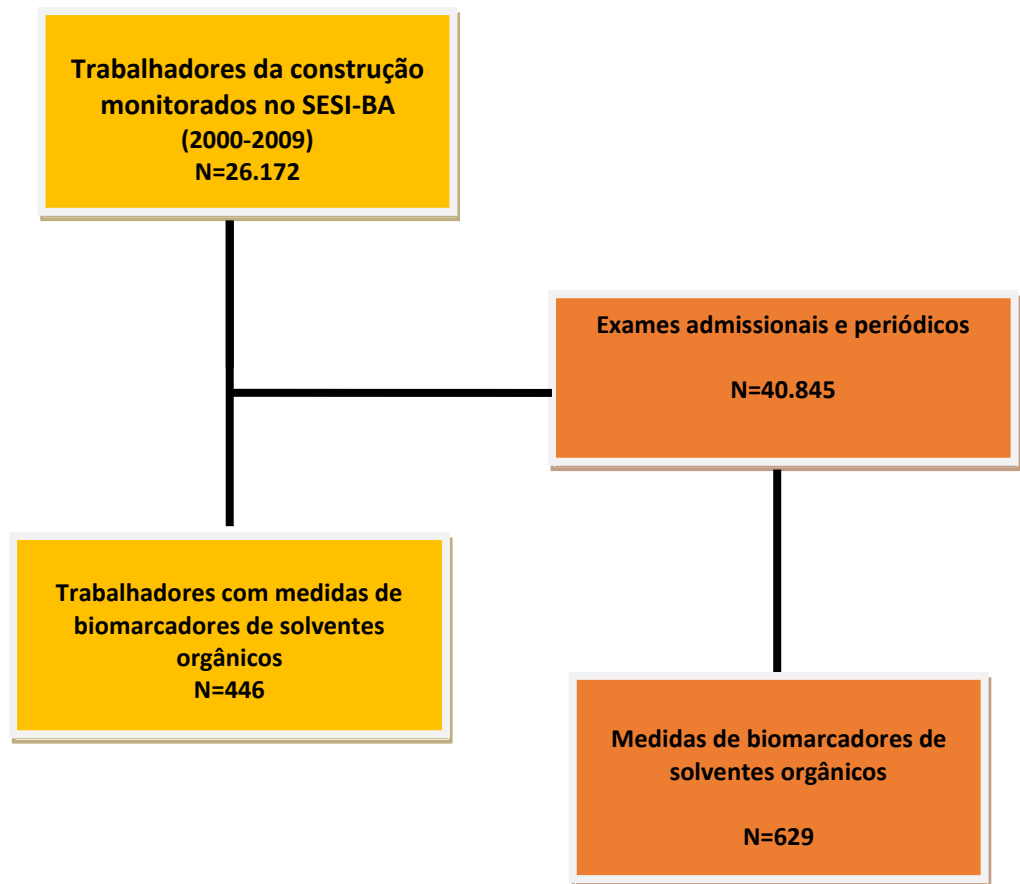


Tabela 1. Distribuição de trabalhadores monitorados, número de consultas realizadas e de medidas de biomarcadores de solventes por ano do estudo, Bahia, Brasil, 2000-2009.

Ano calendário	Trabalhadores monitorados para saúde ocupacional N=26.172	Consultas realizadas N=45.845	Trabalhadores com medidas de biomarcadores de solventes orgânicos N=446 (1,7%)	Medidas de biomarcadores de solventes orgânicos N=629 (1,8%)	Razão do N° de medidas de biomarcadores de solventes orgânicos/ trabalhador
2000	2.528	2.645	3	3	1:1.000
2001	1.081	1.589	5	5	5:1.000
2002	1.517	2.231	11	16	11:1.000
2003	1.110	1.661	35	35	32:1.000
2004	1.053	1.590	6	7	7:1.000
2005	4.511	5.668	65	87	19:1.000
2006	2.793	4.980	63	64	23:1.000
2007	4.997	8.707	51	61	12:1.000
2008	3.644	6.489	151	160	44:1.000
2009	2.938	5.285	56	191	65:1.000

Tabela 2. Características dos trabalhadores monitorados e dos que dispunham de medidas de biomarcadores para solventes, na indústria da construção, Bahia, Brasil, 2000-2009.

Variáveis	Trabalhadores com medidas de biomarcadores de solventes orgânicos A		Trabalhadores monitorados para saúde ocupacional B		Razão A/B
	N=446	100%	N=26.172	100%	
Grupo de idade					
18-32	107	24,0	6.101	23,3	1,03
33-39	133	29,8	7.363	28,2	1,06
40-48	111	24,9	6.266	23,9	1,04
49-69	95	21,3	6.442	24,6	0,87
Grupo de ocupação					
Pedreiros	173	38,8	16.722	63,9	0,61
Pintores	188	42,1	449	1,7	24,76
Operadores de máquinas e equipamentos	68	15,3	1818	6,9	2,22
Outras	17	3,8	7.183	27,5	0,51
Fumante	30	6,7	1.922	7,3	0,92
Tipo do exame					
Admissional	266	59,6	22.523	86,1	0,69
Periódico	180	40,4	3.649	13,9	2,91
Tipo de atividade de construção					
Construção de edifícios	249	55,8	20.898	79,8	0,70
Obras de infraestrutura e serviços para construção	197	44,2	5.274	20,2	2,19
Empresa					
Empresa A	183	41,0	3.602	13,9	2,95
Empresa B	125	28,0	230	0,9	31,11
Empresa C	55	12,4	56	0,2	62,00
Outras empresas	83	18,6	22.284	85,0	0,22

Tabela 3. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos, por tipo, Bahia, Brasil, 2000-2009.

Variáveis	Biomarcadores de solventes orgânicos					
	Ácido hipúrico (g/g de creatinina urina)	Ácido metil hipúrico (g/g de creatinina urina)	Metahemoglobina (% sangue)	Carboxihemoglobina (% sangue)	Metanol (mg/L, urina)	Ácido mandélico (g/g de creatinina urina)
IBMP*	2,5	1,5	5,0	3,5 (não fumantes)	15,0	0,8
Primeiro exame (N)	327	260	113	88	55	15
Igual ou acima do IBMP (n)	0(---)	0(---)	0(---)	12(13,6%)	0(---)	0(---)
Abaixo do IBMP (n)	327	260	113	76	55	15
Amplitude	0,005-1,75	0,000-0,938	0,190-3,030	0,090-3,500	0,900-4,870	0,090-0,140
Mediana	0,200	0,009	0,190	1,670	2,300	0,090
90%percentil	0,570	0,090	0,380	3,100	3,620	0,100
Q1	0,090	0,009	0,190	0,600	1,600	0,090
Q3	0,350	0,010	0,190	2,500	2,970	0,100
No.de valores desviantes superiores (%)	5 (1,53%)	64 (24,62%)	14 (12,39%)	0 (---)	0 (---)	1 (6,67%)
Todos os exames (N)	480	308	249	108	55	19
Igual ou acima do IBMP (n)	3(0,6%)	0(---)	0(---)	13(13,8%)	0(---)	0(---)
Abaixo do IBMP (n)	477	308	249	95	55	19
Amplitude	0,005-1,750	0,000-0,938	0,190-3,800	0,100-3,500	0,900-4,870	0,090-0,140
Mediana	0,200	0,009	0,190	1,800	2,300	0,090
90%percentil	0,550	0,090	0,190	3,100	3,620	0,100
Q1	0,100	0,009	0,190	0,800	1,600	0,090
Q3	0,340	0,020	0,190	2,500	2,970	0,010
No.de valores desviantes superiores (%)	10 (2,1%)	71 (23,0%)	24(9,64%)	0 (---)	0 (---)	1 (5,26%)

*IBMP: Índice Biológico Máximo Permitido (Norma Regulamentadora Nº 7 do Ministério do Trabalho e Emprego)

ARTIGO 2

**OCUPAÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

OCUPAÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

TÍTULO EM INGLÊS: OCCUPATION AND BIOLOGICAL INDICATORS OF EXPOSURE TO ORGANIC SOLVENTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

TÍTULO CURTO: OCUPAÇÃO NA CONSTRUÇÃO E EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS

Luisa Silva Lima¹, Vilma Sousa Santana²

¹Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia e Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia

²Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Luisa Silva Lima

Endereço: Rua Basílio da Gama, s/n, 2º andar, Campus Universitário do Canela, Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

CEP: 40.110-0040 Brasil

Tel: (71) 3336-0034

E-mail: luisacte@yahoo.com.br

Declaração de conflito de interesse: A primeira autora é contratada pelo SESI, atuando como assessora de programas e projetos na área de Qualidade de Vida.

Financiamento: O estudo teve apoio logístico do SESI com a cessão das bases de dados. A segunda autora é bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia.

OCUPAÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Resumo

Objetivo – estimar indicadores biológicos de exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da indústria da construção, por grupos ocupacionais, entre os anos de 2000 e 2009.

Métodos – este é um estudo de coorte retrospectiva, de população dinâmica. Os dados provêm de prontuários eletrônicos do sistema de gerenciamento de segurança e saúde (SGSS) de trabalhadores de empresas que contrataram o Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia (SESI-BA). Dentre estes, incluem-se medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos (BESOL) para o tolueno xileno, estireno, nitrobenzeno, diclorometano e o metanol. Especificamente, o ácido hipúrico, ácido metilhipúrico e ácido mandélico, estimados em g/g de creatinina na urina por cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD); a metahemoglobina e carboxihemoglobina foram medidas no sangue empregando a espectrofotometria ultravioleta visível (UV/VIS); enquanto que para o metanol, medido em mg/l na urina, utilizou-se a cromatografia gasosa. Conforme Norma Regulamentadora nº7 (NR7), considerou-se a carboxihemoglobina e metahemoglobina como indicadores biológicos de exposição, devido à sua curta meia-vida biológica. A análise foi realizada considerando os trabalhadores e medidas repetidas dos exames. As medidas de BESOL foram comparadas com os Índices Biológicos Máximos Permitidos (IBMP), suas distribuições analisadas com a mediana, 1º e 3º quartis e diagramas de caixa para identificação das ocupações dos valores desviantes. Analisaram-se indicadores de BESOL de acordo com ocupações específicas da indústria da construção.

Resultados – foram identificados 446 trabalhadores com medidas de BESOL, que realizaram um total de 629 mensurações no período do estudo. As ocupações mais comumente encontradas com medidas de BESOL foram os pintores e pedreiros, respectivamente. A maioria dos pintores monitorados apresentou idade acima de 32 anos, era de empresas de construção de edifícios, e os exames foram admissionais. Os pedreiros eram mais comumente jovens, entre 18 e 39 anos de idade e predominavam nas empresas de infraestrutura e serviços para construção, em exames do tipo periódico. Para as medidas acima do IBMP, no primeiro exame, estimou-se prevalência 28,6% para a carboxihemoglobina, entre pedreiros e operadores de máquinas e equipamentos. A análise das medidas de todos os exames incluiu uma mensuração para a carboxihemoglobina de um pedreiro de empresas da construção de edifícios (1,6%) e três medidas do ácido hipúrico (1,3%) de trabalhadores de obras de infraestrutura. Entre os valores de BESOL abaixo do IBMP, maior número de valores desviantes foi observado em pedreiros e pintores, para o ácido hipúrico, metilhipúrico e metahemoglobina.

Conclusão – pintores e pedreiros foram os mais comumente examinados e também os que apresentaram maior número de medidas desviantes superiores de BESOL embora abaixo do IBPM. Isto indica a necessidade de implementação de ações de vigilância para esses trabalhadores potencialmente expostos.

Palavras-chave: ocupação, exposição a solventes orgânicos, biomarcadores de exposição, indústria da construção

OCCUPATION AND BIOLOGICAL INDICATORS OF EXPOSURE TO ORGANIC SOLVENTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract

Objective: to estimate biological indicators of exposure to organic solvents in workers in the construction industry, by occupation groups between the years 2000 and 2009.

Methods: this is a retrospective cohort study of population dynamics. The data comes from electronic medical records of safety and health management system (SGSS) of workers of companies using the Social Service for Industry, Regional Department of Bahia (SESI-BA). Among these, it is included exposure biomarkers measures to organic solvents (BESOL) to toluene, xylene, styrene, nitrobenzene, dichloromethane and methanol. Specifically, hippuric acid, methylhippuric acid and mandelic acid, as estimated in g/g creatinine in urine by liquid chromatography (High Performance Liquid Chromatography - HPLC); methemoglobin and carboxyhemoglobin were measured in the blood using the visible ultraviolet spectrophotometry (UV / VIS); while for methanol, measured in mg/l in urine gas chromatography was used. According to the Regulatory Standard 7 (NR7), carboxyhemoglobin and methemoglobin were considered biological indicators of exposure, due to its short biological half-life. The analysis was conducted considering the workers and repeated measurements of the exams. The BESOL measures were compared with the Index Biological Maximum Allowable (IBMP), their distributions analyzed with the median, 1st and 3rd quartiles and box diagrams to identify the occupations of deviant values. BESOL indicators were analyzed according to specific occupations in the construction industry.

Results: 446 workers were identified with BESOL measures, which made a total of 629 measurements during the study period. The occupations most commonly found with BESOL measures were painters and bricklayers, respectively. Most painters monitored showed age over 32 years, they worked in construction building companies, and the exams were admission. The masons were more commonly young, between 18 and 39 years old and predominated in infrastructure companies and services for construction, in periodic exams. For the above measures the IBMP, the first exam, it estimated prevalence of 28.6% for carboxyhemoglobin between masons and machinery and equipment operators. The analysis of the measures for all exams included a measurement for carboxyhemoglobin a mason business of building construction (1.6%) and three measures of hippuric acid (1.3%) of infrastructure workers. Among BESOL values below IBMP, more deviant values was observed in painters and bricklayers, for hippuric acid, methylhippuric acid and methemoglobin.

Conclusion: painters and masons were the most commonly examined and also those with the highest number of senior deviants measures BESOL although below IBPM. This indicates the need for implementation of surveillance actions for those potentially exposed workers.

Keywords: occupation, exposure to organic solvents, biomarkers of exposure, the construction industry

OCUPAÇÃO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO A SOLVENTES ORGÂNICOS

Introdução

Estudos sobre estimativas de níveis de exposição a solventes orgânicos na indústria da construção (IC) são raros e focalizam poucas ocupações, usualmente as potencialmente expostas, a exemplo dos pintores, envernizadores, carpinteiros, trabalhadores de empresas aplicadoras de pisos, revestimentos e asfalto, dentre outras. Durante as diversas fases do processo produtivo dessa indústria, como nas etapas de construção, reforma, manutenção, demolição e acabamento (ILO, 2009), os trabalhadores podem ter contato com solventes orgânicos enquanto utilizam, manipulam, armazenam, transportam substâncias ou realizam atividades de manutenção, reparação e limpeza de equipamentos e recipientes (OIT, 2013).

Dentre os poucos estudos encontrados, pintores e trabalhadores de empresas aplicadoras de revestimento e pisos tiveram o valor máximo estimado para o ácido metilhipúrico de 229 mg/g, abaixo do limite biológico de exposição de 1,5 g/g de creatinina da ACGIH (1989) (Jacobson e McLean, 2003). Para carpinteiros expostos ao diclorometano, tiner e outras substâncias químicas aplicadas por pulverização, estimaram-se medidas de carboxihemoglobina (COHb) superiores a 3% em não fumantes, abaixo do valor aceitável nos Estados Unidos (Mahmud e Kales, 1999). Portanto, estimativas de biomarcadores mostraram níveis de exposição a solventes orgânicos abaixo dos limites aceitáveis. Não foram encontradas estimativas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos especificamente para trabalhadores brasileiros da construção.

Neste estudo, pretende-se estimar com dados de monitoramento, indicadores biológicos de exposição ao xileno, tolueno, nitrobenzeno, metanol, diclorometano e estireno (BESOL) em trabalhadores da indústria da construção, focalizando comparações de grupos ocupacionais específicos.

Material e métodos

Trata-se de um estudo longitudinal de população dinâmica conduzido com dados coletados entre os anos de 2000 e 2009. A população de estudo constitui-se de todos os trabalhadores da IC, que realizaram exames admissionais ou periódicos pelo SESI-BA, instituição prestadora de serviços de segurança e saúde no trabalho. A coorte foi constituída tendo como linha de base os trabalhadores à primeira consulta médica registrada, e as consultas e respectivos exames subsequentes correspondem ao seguimento da população. O trabalhador pode entrar ou sair da coorte em qualquer ano do período do estudo. Devido ao reduzido número de mulheres, foram selecionados somente os trabalhadores do sexo masculino.

A fonte de dados foi o Sistema de Gerenciamento de Segurança e Saúde (SGSS) do Serviço Social da Indústria (SESI), Departamento Regional da Bahia. Esta instituição é contratada pelas empresas para realização de serviços de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), que incluem, entre outros, identificação e mensuração de exposições e a constituição de grupos ocupacionais com atividades similares ou próximas (GAS), no PPRA, além de exames admissionais, periódicos e demissionais do PCMSO. O SGSS é alimentado com dados de prontuários eletrônicos, que incluem resultados de exames laboratoriais individuais, que compreendem mensurações dos BESOL. Para garantia da qualidade, essas medidas são realizadas por laboratórios terceirizados, credenciados mediante o atendimento de critérios nacionais e internacionais de certificação ou padronização, de acordo com um protocolo interno próprio. As equipes responsáveis pelo SGSS realizam treinamento continuado.

Diferentes técnicas foram utilizadas para mensuração dos BESOL. Para ácido hipúrico, ácido metilhipúrico e ácido mandélico, medidos em g/g de creatinina na urina, a técnica empregada foi a cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD). Para metahemoglobina e carboxihemoglobina, medidas em percentual (%) no sangue, foi utilizada a técnica da espectrofotometria ultravioleta visível (UV/VIS). Estes dois indicadores, conforme a NR7, foram considerados indicadores biológicos de exposição, devido à sua curta meia-vida biológica. E para o metanol, medido em mg/l na urina, foi utilizada a técnica da

cromatografia gasosa. De acordo com a NR 7, as medidas do IBMP estão definidas para ácido hipúrico, metilhipúrico e mandélico, respectivamente, em 2,5, 1,5 e 0,8 g/g de creatinina. Para metahemoglobina e carboxihemoglobina os valores são 5 e 3,5% (não fumantes). E para o metanol, o IBMP é definido como 15 mg/L. Esses valores foram adotados como pontos de corte para a análise das medidas. Registros de ocupações nominais foram codificados pela Classificação Brasileira de Ocupações versão 4.0.3 (CBO) (MTE, 2002), analisados como a variável ocupação; e também empregados para constituir a variável grupo ocupacional analisada com as seguintes categorias: 1) pedreiros, que corresponde a entaipadores, ajudante de pedreiro, mestre de obras, dentre outros; 2) pintores, que envolve pintores, ajudante de pintor, pintor de pistola, polidor/lixador, dentre outros; 3) operador de máquinas e equipamentos, abrange operadores de máquinas, ajudante mecânico, eletricista, maçariqueiro, soldador, caldeireiro, dentre outros; 4) outras, que envolve motorista auxiliar, técnico de segurança, engenheiro civil, dentre outras ocupações. As variáveis descritoras sociodemográficas e ocupacionais são: grupos de idade em anos (18-32; 33-39; 40-48 e 49-69 anos); tipo de atividade de construção (1= construção de edifícios e 2= obras de infraestrutura e serviços para construção; tipo de exame realizado (1= admissional e 2= periódico); e fumante (sim/não).

A análise foi realizada separadamente por grupos ocupacionais e ocupações específicas da IC. Foi estimada a prevalência de exposição aos solventes orgânicos para os biomarcadores que apresentaram medidas acima do IBMP, em relação ao total de trabalhadores examinados por tipo de atividade da construção e ocupação. Para variáveis contínuas não normais, empregou-se a mediana como medida de tendência central. Medidas acima do IBMP foram identificadas e descritas por tipo de atividade da IC, grupos ocupacionais e ocupações específicas. Para as medidas abaixo ou iguais ao IBMP, foram analisadas as distribuições respectivas para identificar valores desviantes superiores, utilizando-se a fórmula $Q3 + 3(L)$ = valores desviantes superiores, onde $L=Q3 - Q1$, $Q3$ = terceiro quartil e $Q1$ =primeiro quartil (Hawkins, 1980). Os resultados foram apresentados separadamente para a população de trabalhadores e o conjunto de registros de exames, que podem ser repetidos para o mesmo trabalhador. Foram gerados diagramas de caixa para a

identificação das ocupações correspondentes aos valores desviantes superiores. A análise foi realizada empregando-se o SAS 9.4. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia, sob o nº 1.367.462. Os princípios éticos foram seguidos pela equipe da pesquisa e foi mantido o anonimato de empresas e trabalhadores.

Resultados

Foram identificados 446 trabalhadores para os quais havia 629 mensurações de BESOL. A maior proporção de trabalhadores era do grupo ocupacional pintores (n=188; 42,2%), seguida dos pedreiros (n=173; 38,8%), operadores de máquinas e equipamentos (n=68; 15,2%) e outros (n=17; 3,8%) (Tabela 1). Os pintores eram predominantemente de empresas de construção de edifícios (92,0%) e os exames realizados eram admissionais. No grupo de pedreiros, concentravam-se trabalhadores jovens, de empresas de infraestrutura e serviços para construção, cujos exames foram solicitados em avaliações periódicas (Tabela 1). Entre os operadores de máquinas e equipamentos, a maioria era de empresas de obras infraestrutura e serviços (88,0%).

Estimativas de BESOL acima do IBMP

Analisando-se os trabalhadores à entrada da coorte, que pode representar tanto exames admissionais como periódicos, de um total de 42 pedreiros e operadores de máquinas e equipamentos, encontraram-se 12 valores acima do IBMP para a carboxihemoglobina, prevalência estimada de 28,6%. Esta medida foi maior em pedreiros (n=4; 44,0%) do que em operadores de máquinas e equipamentos (n=8; 24,2%). Todos os casos com carboxihemoglobina acima do IBMP no primeiro exame eram trabalhadores de empresas de infraestrutura e serviços para a construção.

A análise das medidas de todos os exames de biomarcadores incluiu uma mensuração acima do IBMP para a carboxihemoglobina, de um trabalhador do grupo de pedreiros de

empresas de construção de edifícios (1,6%). Além disso, foram identificadas três medidas do ácido hipúrico acima do IBMP (1,3%) dos 238 registros de trabalhadores de obras de infraestrutura, para um pintor e dois pedreiros.

Estimativas de BESOL abaixo do IBMP

Na Tabela 2, os dados relativos às distribuições das medidas de BESOL em limites aceitáveis do IBMP mostram que as medianas dos BESOL pouco variaram entre os grupos ocupacionais, exceto para o ácido metilhipúrico maior entre pintores de obras de infraestrutura (0,050 g/g de creatinina) do que nos demais grupos (0,009 g/g); e também para pedreiros de empresas de construção de edifícios (0,090 g/g) quando comparados aos pintores (0,009 g/g), correspondentemente. Para todos os BESOL, pedreiros e pintores apresentaram maior número de valores desviantes superiores em comparação aos outros grupos ocupacionais, independentemente do tipo de atividade da construção. Para a totalidade dos exames, verificaram-se resultados semelhantes aos encontrados para os trabalhadores (Tabela 3). Em decorrência do reduzido número de registros do ácido mandélico, não foram apresentados os resultados deste biomarcador por atividade da construção e ocupação.

A análise dos valores desviantes superiores não foi possível para todos os BESOL devido ao número reduzido de registros. Apenas para o ácido hipúrico foi possível apresentar os diagramas de caixa para a população de trabalhadores, que revelam valores desviantes correspondentes a quatro pintores, dois ajudantes de pedreiro, dois mestres de obras, um soldador, um afiador/polidor e um motorista (Figura 1a); enquanto na Figura 1b, com a totalidade dos exames, somam-se aos anteriores um operador de empilhadeira e um eletricitista. Vale mencionar que medidas desviantes para ácido metilhipúrico foram encontradas para pintor e ajudante de pedreiro, motorista para o ácido mandélico, ajudante de pedreiro para a carboxihemoglobina e pedreiro para a metahemoglobina.

Discussão

Os achados deste estudo mostram que foi pequeno o número de trabalhadores que contavam com medidas de BESOL em relação ao número de elegíveis potenciais. Isto é, com os dados disponíveis não foi possível identificar os trabalhadores potencialmente expostos que deveriam ser monitorados. Assim, os que realizaram mensurações podem não representar este contingente total, super representando o grupo com alto grau de exposição, o que pode ser resultado da indicação do exame de biomarcador mais comumente para os que já apresentavam evidências de exposição excessiva. Foram poucas as medidas de BESOL iguais ou acima do IBMP, exceção para a carboxihemoglobina cuja proporção correspondente foi de 44,0% entre pedreiros e 24,2% para operadores de máquinas e equipamentos, que trabalhavam em empresas de infraestrutura e serviços para construção. Entre os achados abaixo do IBMP, pedreiros e pintores foram os grupos ocupacionais que apresentaram maior número de valores desviantes superiores, embora dentro dos limites aceitáveis.

Estimativas de BESOL acima do IBMP

Os achados deste estudo sugerem controle da exposição a solventes orgânicos, mas isso não se estende a todas as ocupações, evidente nas medidas de carboxihemoglobina acima do IBMP, entre os operadores de máquinas e equipamentos e pedreiros. Esses grupos de ocupação referidos podem ter tido contato com o solvente orgânico diclorometano mensurado por este BESOL, presente na manipulação do betume ou solventes, ao realizarem a remoção de tintas, dentre outras atividades. Entretanto, medidas acima do IBMP da carboxihemoglobina prevaleceram nas avaliações pré-admissionais, podendo estar revelando exposições ocupacionais progressas ou o hábito de fumar, cujo auto-relato pelo candidato ao emprego pode estar comprometido. Assim, os níveis elevados de carboxihemoglobina representariam de fato o monóxido de carbono (CO) no sangue, relacionado ao tabagismo. Notar que o CO pode representar exposição ocupacional por si próprio (Santos-Junior et al., 2003) não relacionada a solventes orgânicos. Para o

biomarcador do tolueno, o ácido hipúrico, foram encontradas apenas três medidas acima do IBMP, uma para o grupo de pintores e duas para pedreiros.

A possível efetividade do controle indica que normas previstas para assegurar segurança e a proteção da saúde de trabalhadores da IC podem estar sendo cumpridas, pelo menos no que se refere à exposição a solventes orgânicos. Há relatos de que a escolaridade dos trabalhadores da IC vem se elevando mais recentemente (DIEESE, 2012), o que pode ter contribuído para melhores resultados dos treinamentos em saúde e segurança, induzindo o engajamento dos trabalhadores em ações preventivas e comportamentos de saúde, com participação mais ativa na reivindicação e construção de bom clima de segurança no ambiente de trabalho. Medidas de proteção coletiva também vêm sendo desenvolvidas, a exemplo da substituição de solventes orgânicos por produtos sintéticos de menor efeito na saúde, como o Programa Coating Care que estabelece diretrizes relativas à fabricação de tintas (Cunha, 2012) e a utilização de ventilação para espaços confinados (Gallego, 2009).

Em suma, os resultados sugerem controle da exposição entre os diversos grupos ocupacionais para os quais se contavam com mensurações. Entretanto, o pequeno número de trabalhadores e de medidas disponíveis limita as conclusões sobre a efetividade das ações de controle, o que requer ampliação da cobertura do monitoramento, representação das diversas ocupações potencialmente expostas e, especialmente, os critérios para indicação da realização dos exames de BESOL.

Neste estudo, medidas de biomarcadores se concentraram em pedreiros e pintores, este último grupo também focalizado em estudos sobre a exposição a solventes, embora tenham empregado outras mensurações, em sua maioria. Em estudo com trabalhadores de empresas aplicadoras de revestimento de pisos e pintores, Jacobson & McLean (2003) estimaram o valor máximo do ácido metilhipúrico abaixo do limite biológico de exposição de 1,5 g/g de creatinina, segundo a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1989). Gallego (2009) estimou medidas de compostos orgânicos voláteis do ar alveolar de pintores e envernizadores, entre outras ocupações. As substâncias mais

comumente encontradas foram tolueno e xileno e os níveis de exposição estiveram condicionados ao tipo de tinta utilizada e à ventilação do local. Semelhantemente, Burstyn e Kromhout (2002) ao realizarem um estudo com pintores da Holanda, identificaram que o uso de tintas à base de solventes em pinturas de espaços pequenos e a técnica de pulverização se associavam a maiores níveis de exposição a solventes. Além deste fator, a técnica de pulverização também se associava a maiores níveis de exposição a solventes. Tintas à base de água também estiveram associadas a maiores níveis de exposição a solventes quando comparadas às atividades nas quais não se utilizou tinta. Relataram também a redução de 12% ao ano na mensuração da exposição ao tolueno, durante a aplicação de tintas à base de solventes. Outro estudo com pintores da IC dos Estados Unidos estimou os níveis de solventes orgânicos no ar, revelando que a concentração ambiental dependia das técnicas de pintura como a pulverização, uso de rolo e pincel/escova e também o tempo gasto na aplicação. A concentração dos solventes no ar foi duas vezes maior para a técnica de pulverização em relação às demais (Wang et al, 2011), achado também encontrado por Qian et al. (2010). No Brasil, assim como em outros países, diversos serviços da IC são terceirizados (Zalk et al., 2011), medidas de monitoramento não são obrigatórias pelas empresas contratantes e, assim, trabalhadores de algumas ocupações como impermeabilizadores, comumente terceirizados, não foram examinados.

Estimativas de BESOL abaixo do IBMP

A exploração da distribuição de valores de BESOL abaixo do IBMP buscou identificar padrões anômalos focalizando os valores desviantes superiores, entre os diversos grupos ocupacionais. Verificou-se que o maior número de valores desviantes foi encontrado para todos os BESOL em pintores e pedreiros, independentemente do tipo de atividade da construção. Este caráter difuso dos valores desviantes superiores reforça a ideia da boa qualidade das mensurações; enquanto também podem representar exposição residual a solventes orgânicos, sinalizando a necessidade de verificação de medidas ambientais e das ações de controle.

As conclusões deste estudo devem ser consideradas no contexto das suas limitações metodológicas. Especificamente, nos dados de monitoramento compulsório, que apresentam procedimentos rigorosos e detalhados nos seus registros, não estavam disponíveis; por exemplo, todas as informações sobre o processo de coleta de dados que permitissem verificar o cumprimento das normas recomendadas, importantes para a interpretação dos achados. Além disso, a população do estudo, limitada a trabalhadores de empresas que contrataram os serviços desta instituição, pode não representar a população geral de trabalhadores da IC. Nesta indústria, é conhecida uma dinâmica particular de organização do trabalho, com etapas (Zalk et al, 2001) consecutivas e simultâneas, que podem requerer trabalhadores de diferentes ocupações atuando em um mesmo ambiente de trabalho, favorecendo múltiplas exposições (SESI, 2005; Weeks, 2011). Outro aspecto é que registros de ocupações podem não corresponder àquelas efetivamente realizadas, ou são, de fato, múltiplas as tarefas que não se encaixam em um único registro de ocupação. São conhecidos os deslocamentos de trabalhadores entre diferentes projetos ou canteiros de obra da IC, o que dificulta o monitoramento em saúde desses trabalhadores (ILO, 2009). Ademais, a validade desses BESOL como indicadores de dose de exposição a estas substâncias químicas vem sendo questionada pela sua baixa especificidade e não demarcar a origem exclusivamente ocupacional. Outras técnicas a exemplo de mensuração no ar alveolar expirado, de maior sensibilidade e especificidade em comparação às do ar ambiental vem sendo recomendadas, bem como medidas mais específicas, mas que são de alto custo e ainda não disponíveis em todo o país. É possível ainda haver variabilidade entre as mensurações realizadas por diferentes aparelhos, para os mesmos biomarcadores.

Este estudo avança na compreensão da extensão das exposições a solventes orgânicos na IC em grupos ocupacionais empregando dados de BESOL, que expressam a dose individual. A fonte de dados foi o SGSS do SESI-BA, uma instituição terceira em relação às empresas, garantindo maior credibilidade dos registros. Foi utilizado um número expressivo de trabalhadores e de mensurações para diversos biomarcadores de BESOL comuns na IC, permitindo compreender a distribuição dessas medidas em diferentes grupos ocupacionais. Os achados deste estudo poderão contribuir para a realização de matrizes de exposição

ocupacional nessa indústria, comumente utilizadas na vigilância e na pesquisa, mas ainda por serem desenvolvidas com dados do país. Espera-se, ainda, alcançar os trabalhadores por meio da disseminação do conhecimento produzido, possibilitando a sua participação para garantir a efetivação do monitoramento. Ademais, reitera-se a necessidade de complementar a análise dos dados do SGSS para após 2009, contemplando a distribuição das medidas por ocupação; e melhorar o monitoramento, tanto na cobertura de trabalhadores em suas diversas ocupações como nos variados tipos de atividade da construção. Vale ressaltar que o conhecimento produzido pelo monitoramento é parte do planejamento de ações de controle de fatores de risco, que quando efetivadas promoverão proteção da saúde dos trabalhadores. Além disso, essa pesquisa é resultado da parceria entre o SESI e uma instituição acadêmica, valiosa para ambas, ao permitir a melhoria da análise de dados coletados rotineiramente, avaliar a qualidade de uma de suas atividades fim, apontando problemas a serem superados; enquanto que para a universidade possibilitou a realização de uma pesquisa a baixo custo, contribuindo também para a formação de pesquisadores.

Referências bibliográficas

Burstyn I, Kromhout H. Trends in inhalation exposure to hydrocarbons among commercial painters in The Netherlands. *Scandinavian Journal Work Environment & Health*. 2002; 28(6): 429-438.

Cunha V. Tintas imobiliárias, vernizes & solventes. VIII Congresso nacional de excelência em gestão. [acesso 27 abr. 2016]. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T12_0481_2729.pdf>.

Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Econômicos. Perfil dos trabalhadores na construção civil no estado da Bahia, 2012. [acesso 29 abr. 2016]. Disponível: <<https://www.dieese.org.br/projetos/informalidade/perfilConstrucaoCivilBA.pdf>>.

Gallego JCM. Environmental and biological monitoring of volatile organic compounds in the workplace. *Chemosphere*. 2009; 77: 426–433.

Hawkins DM. Identification of Outliers. Editora Springer, 1980.

International Labour Organization. Inspecting Occupational Safety and Health in the Construction Industry. International Training Centre of International Labour Organization, Italy: 2009.

Jacobson G A, McLean S. Biological Monitoring of Low Level Occupational Xylene Exposure and the Role of Recent Exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2003; 47(4): 331–336.

Mahmud M, Kales NK. Methylene Chloride Poisoning in a Cabinet Worker. *Environmental Health Perspectives*, 1999;107(9).

Organización Internacional del Trabajo. La Seguridad y la Salud en el uso de productos químicos en el trabajo. Geneve, 2013: 1027-1039.

Qian H, Fiedler N, Moore DF, Weisel CP. Occupational Exposure to Organic Solvents during Bridge Painting. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2010, 54(4): 417–426.

Santos-Junior EA, Buschinelli JTP, Della-Rosa HV, Salgado PET, Colacioppo S, Mendes R. Condições de risco de natureza química. In: Mendes R: *Patologia do Trabalho – atualizada e ampliada*. Ed. Atheneu, 2ed. Brasil, 2003.

SESI (Serviço Social da Indústria). Saúde e Segurança na Construção Civil na Bahia. Brasília: Editora: SESI; 2005.

Wang SW, Qian H, Weisel C, Nwankwo C, Fiedler N. Development of Solvent Exposure Index for Construction Painters. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2011; 8: 375-386.

Weeks JL. Health and Safety Hazards in the Construction Industry. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, International Labor Organization, Geneva: 2011.

Zalk DM, Spee T, Gillen M, Lentz TJ, Garrod A, Evans P, Swuste P. Review of Qualitative Approaches for the Construction Industry: Designing a Risk Management Toolbox. *Safety and Health at Work*. 2011; 2: 105-21.

Tabela 1. Características da população do estudo de acordo com grupos ocupacionais, Bahia, Brasil.

Variáveis	Grupo ocupacional (N=446)							
	Pintores (42,2%)		Pedreiros (38,8%)		Operadores de máquinas e equipamentos (15,2%)		Outros (3,8%)	
	n=188	100,0%	n=173	100,0%	n=68	100,0%	n=17	100,0%
Grupo de idade em anos								
18-32	39	20,7	54	31,2	10	14,7	4	23,5
33-39	47	25,0	59	34,1	23	33,8	4	23,5
40-48	55	29,3	33	19,1	22	32,4	1	5,9
49-69	47	25,0	27	15,6	13	19,1	8	47,1
Tipo de atividade								
Construção de edifícios	173	92,0	65	37,5	8	11,8	3	17,6
Infraestrutura e serviços	15	8,0	108	62,4	60	88,2	14	82,4
Tipo do exame								
Admissional	176	93,6	45	26,0	40	58,8	5	29,4
Periódico	12	6,4	128	74,0	28	41,2	12	70,6
Fumante	5	2,7	17	9,8	8	11,7	-	-

Tabela 2. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos abaixo do IBMP em trabalhadores à entrada da coorte, de acordo com o tipo de atividade econômica e ocupação.

Biomarcador/Tipo de atividade da construção/Grupo Ocupacional	N	Mediana	Amplitude	90%	Q1	Q3	No. de valores desviantes (%)
Ácido hipúrico (g/g de creatinina urina)							
Construção de edifícios							
Pintores	170	0,160	0,005-1,480	0,475	0,245	0,300	2 (1,2%)
Pedreiros	13	0,210	0,070-0,520	0,440	0,150	0,400	0 (---)
Obras de infraestrutura							
Pintores	13	0,200	0,019-1,750	0,600	0,100	0,330	1 (7,7%)
Pedreiros	92	0,240	0,019-1,300	0,610	0,130	0,425	0 (---)
Operadores	17	0,290	0,080-0,750	0,650	0,180	0,350	0 (---)
Outros	13	0,220	0,190-0,840	0,400	0,090	0,260	1 (7,7%)
Ácido metil hipúrico (g/g de creatinina)							
Construção de edifícios							
Pintores	172	0,009	0,000-0,938	0,090	0,009	0,010	2 (1,2%)
Pedreiros	13	0,090	0,009-0,480	0,100	0,010	0,090	1 (7,7%)
Obras de infraestrutura							
Pintores	10	0,050	0,009-0,100	0,095	0,009	0,090	0 (---)
Pedreiros	46	0,009	0,009-0,100	0,090	0,009	0,009	5 (10,9%)
Operadores	9	0,009	0,009-0,009	0,009	0,009	0,009	0 (---)
Outros	5	0,009	0,009-0,009	0,100	0,009	0,090	0 (---)
Carboxihemoglobina (% sangue) (não fumantes)							
Construção de edifícios							
Pedreiros	43	0,690	0,100-3,100	2,400	0,200	1,640	0 (---)
Obras de infraestrutura							
Pedreiros	5	2,700	1,500-3,200	3,200	2,200	2,900	0 (---)
Operadores	24	2,500	1,500-3,400	3,300	2,000	3,05	0 (---)
Metahemoglobina (% sangue) IBMP=5,0							
Obras de infraestrutura							
Pintor	2	0,190	0,190-0,190	0,190	0,190	0,190	0 (---)
Pedreiros	85	0,190	0,190-3,030	0,380	0,190	0,190	5 (5,9%)
Operadores	16	0,190	0,190-2,000	0,190	0,190	0,190	1 (6,3%)
Outros	10	0,190	0,190-2,070	1,965	0,190	0,190	2 (20,0%)
Metanol (mg/L urina) IBMP=15,0							
Obras de infraestrutura							
Pedreiros	14	2,080	0,900-3,740	3,620	1,410	2,970	0 (---)
Operadores	38	2,340	0,900-4,870	3,620	1,780	3,000	1 (2,6%)

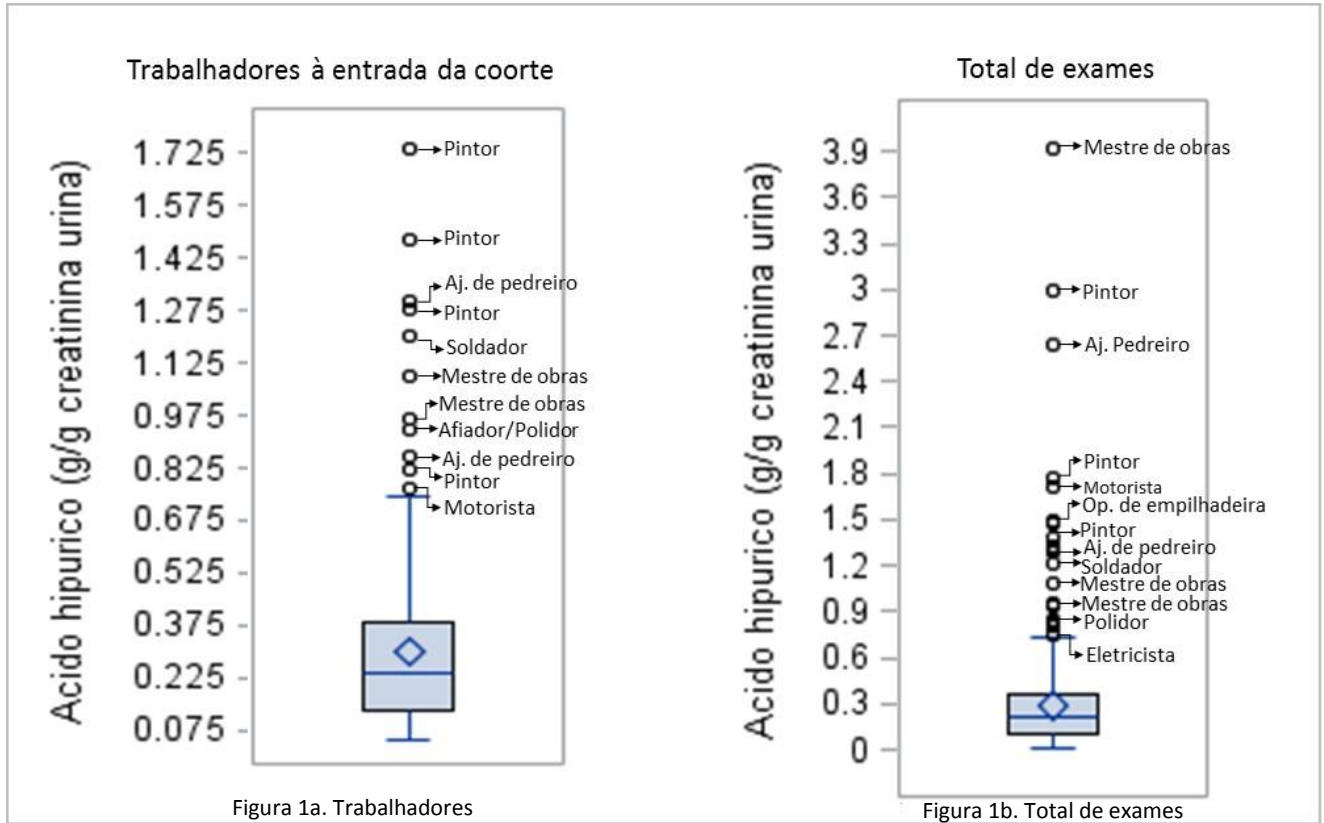
IBMP - Índice Biológico Máximo Permitido

Tabela 3. Distribuição de medidas de biomarcadores de exposição a solventes orgânicos abaixo do IBMP para todos os exames, de acordo com o tipo de atividade econômica e ocupação.

Biomarcador/Tipo de atividade da construção/Grupo Ocupacional	N	Mediana	Amplitude	90%	Q1	Q3	No. de valores desviantes (%)
Ácido hipúrico (g/g de creatinina urina)							
Construção de edifícios							
Pintores	182	0,165	0,005-1,480	0,480	0,080	0,300	2 (1,1%)
Pedreiros	15	0,230	0,070-0,520	0,440	0,150	0,400	0 (---)
Obras de infraestrutura							
Pintores	23	0,200	0,019-1,750	0,800	0,100	0,360	1 (4,3%)
Pedreiros	177	0,210	0,019-1,710	0,570	0,110	0,570	2 (1,1%)
Operadores	36	0,255	0,190-1,470	0,750	0,110	0,410	2 (5,6%)
Outros	35	0,220	0,019-0,840	0,640	0,090	0,310	0 (---)
Ácido metil hipúrico (g/g de creatinina)							
Construção de edifícios							
Pintores	186	0,009	0,000-0,938	0,090	0,009	0,020	5 (2,7%)
Pedreiros	15	0,090	0,009-0,480	0,100	0,010	0,090	1 (6,7%)
Obras de infraestrutura							
Pintores	14	0,090	0,009-0,100	0,100	0,009	0,090	0 (---)
Pedreiros	64	0,009	0,009-0,100	0,010	0,009	0,009	5 (7,8%)
Operadores	18	0,090	0,009-0,050	0,010	0,009	0,009	3 (16,7%)
Outros	8	0,009	0,009-0,100	0,100	0,009	0,090	0 (---)
Carboxihemoglobina (% sangue) (não fumantes)							
Construção de edifícios							
Pedreiros	61	1,010	0,100-3,100	2,600	0,490	2,100	0 (---)
Obras de infraestrutura							
Pedreiros	5	2,700	1,500-3,200	3,200	2,200	2,900	0 (---)
Operadores	24	2,500	1,500-3,400	3,300	2,000	3,050	0 (---)
Metahemoglobina (% sangue)							
Obras de infraestrutura							
Pintor	11	0,190	0,190-1,460	0,680	0,190	0,190	2 (18,2%)
Pedreiros	171	0,190	0,190-3,800	0,190	0,190	0,190	5 (2,9%)
Operadores	35	0,190	0,190-2,530	0,190	0,190	0,190	3 (8,6%)
Outros	32	0,190	0,190-2,070	1,900	0,190	0,190	3 (9,4%)
Metanol (mg/L urina)							
Obras de infraestrutura							
Pedreiros	14	2,080	0,900-3,740	3,620	1,410	2,970	0 (---)
Operadores	38	2,340	0,900-4,870	3,620	1,780	3,620	1 (2,6%)

IBMP - Índice Biológico Máximo Permitido

Figura 1. Diagramas de caixa dos biomarcadores de exposição a solventes orgânicos, no grupo de trabalhadores e total de exames, identificando-se ocupações correspondentes aos valores acima do IBMP e desviantes superiores da distribuição dos remanescentes.



IBMP do ácido hipúrico=2,5 g/g de creatinina (Norma Regulamentadora N° 7)

ARTIGO 3

**EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO XILENO E
TOLUENO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO XILENO E TOLUENO EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

TÍTULO INGLÊS: TIME TRENDS OF XILENE AND TOLUENE BIOLOGICAL MARKERS AMONG CONSTRUCTION WORKERS

TÍTULO CURTO: TENDÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO XILENO E TOLUENO NA CONSTRUÇÃO

Luisa Silva Lima¹, Vilma Sousa Santana²

¹Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia e Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia

²Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Luisa Silva Lima

Endereço: Rua Basílio da Gama, s/n, 2º andar, Campus Universitário do Canela, Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

CEP: 40.110-0040 Brasil

Tel: (71) 3336-0034

E-mail: luisacte@yahoo.com.br

Declaração de conflito de interesse: A primeira autora é contratada pelo SESI, atuando como assessora de programas e projetos na área de Qualidade de Vida.

Financiamento: O estudo teve apoio logístico do SESI com a cessão das bases de dados. A segunda autora é bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia.

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO AO XILENO E TOLUENO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Resumo

Objetivo: descrever a evolução temporal da exposição ocupacional ao xileno e tolueno de 2000 a 2009, em trabalhadores da Indústria da Construção, empregando biomarcadores de exposição.

Métodos: este é um estudo longitudinal retrospectivo, de população dinâmica, conduzido com dados do sistema de gerenciamento de segurança e saúde (SGSS) do Serviço Social da Indústria, Departamento Regional da Bahia (SESI-BA), entre os anos 2000 a 2009. Este sistema é alimentado com registros de exames admissionais e periódicos de prontuários em linha, que incluem biomarcadores de exposição ocupacional ao tolueno e o xileno, respectivamente, os ácidos hipúrico e metil hipúrico. Para ambos foram estimados valores em g/g de creatinina na urina por cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD). A análise foi conduzida separadamente para trabalhadores e as medidas repetidas dos exames. A evolução temporal se baseou nas medianas do ácido hipúrico e do ácido metilhipúrico ano a ano no período.

Resultados: foram identificados 327 trabalhadores com medidas para o tolueno e 260 para o xileno. No período de 2000 a 2005, foram poucas as mensurações, e a mediana global para o ácido hipúrico foi 0,190 g/g de creatinina; a análise das estimativas anuais entre 2006 e 2009 mostrou uma queda média anual da mediana de 9,6%, caindo de 0,270 para 0,190 g/g de creatinina, respectivamente. Para o ácido metilhipúrico, as medianas oscilaram entre 2006 e 2009 com tendência de estabilidade. A maioria das mensurações do ácido hipúrico no mesmo indivíduo mostrou tendência de queda (85,3%), enquanto apenas três trabalhadores (0,9%) apresentaram valores acima do IBMP.

Conclusão: a redução entre 2000 e 2009 dos valores medianos dos biomarcadores do xileno e tolueno indica uma tendência de controle da exposição a esses solventes na população deste estudo. Todavia, essa conclusão é limitada porque as mensurações podem não ser representativas dos trabalhadores potencialmente expostos. Recomenda-se que esta análise seja anual de rotina como se espera de um monitoramento e que se estenda para outras empresas e trabalhadores da IC, e empregado para ações efetivas de proteção da saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: exposição a solventes orgânicos, biomarcadores de exposição, tendências, indústria da construção

TEMPORAL EVOLUTION OF EXPOSURE TO XYLENE AND TOLUENE IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract

Objective: to describe the temporal evolution of occupational exposure to xylene and toluene 2000 to 2009, workers in the construction industry, employing biomarkers of exposure.

Methods: this is a retrospective longitudinal study of population dynamics, conducted with data from the safety and health management system (SGSS) of Industry Social Service, Regional Department of Bahia (SESI-BA), between the years 2000-2009. This system is fed with records of admission and periodic exams online, which include occupational exposure biomarkers to toluene and xylene, respectively, hippuric acid and methylhippuric acid. For both values were estimated in g/g creatinine in urine by liquid chromatography (High Performance Liquid Chromatography - HPLC). The analysis was conducted separately for workers and repeated measurements of the exams. Temporal evolution was based on the median of hippuric acid and methylhippuric acid year by year, and also the Index Biological Maximum Allowable (IBMP).

Results: 327 workers were identified with measures to toluene and 260 to xylene. In the period of 2000-2005, there were few measurements, and the overall average for hippuric acid was 0.190 g/g creatinine; the analysis of annual estimates between 2006 and 2009 showed a median annual average drop of 9.6%, falling from 0.270 to 0.190 g/g creatinine, respectively. For methylhippuric acid, the median fluctuated between 2006 and 2009 with stable trend. Most hippuric acid measurements in the same individual showed a downward trend (85.3%), while only three workers (0.9%) had values above the IBMP.

Conclusion: the reduction between 2000 and 2009 the median values of xylene and toluene biomarkers indicates a display control tendency to these solvents in this study population. However, this conclusion is limited because the measurements may not be representative of potentially exposed workers. It is recommended that this analysis become an annual routine as expected for a monitoring and extends to other companies and employees of the IC, and used for effective actions to protect the health of workers.

Keywords: exposure to organic solvents, biomarkers of exposure, trends, construction industry

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO XILENO E TOLUENO EM TRABALHADORES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Introdução

Os solventes orgânicos estão entre os agentes químicos comumente empregados na Indústria da Construção (IC). Entre estes, estão o tolueno utilizado como solvente em tintas e colas, removedores e agentes de limpeza; e o xileno também componente de tintas, vernizes, revestimentos e corantes ou combustíveis empregados na operação de máquinas e equipamentos, inclusive veículos automotores (Jacobson e McLean, 2003; Gonzalez et al., 2010). O tolueno e o xileno foram os mais comumente encontrados tanto no ar do ambiente de trabalho como no ar alveolar de pintores e envernizadores (Gallego, 2009), ocupações comuns na IC. Estes solventes afetam a saúde, causando náuseas, vômitos, irritação da pele, olhos e mucosa, excitação neurológica, dor abdominal e alterações renais, levando a definição de normas e recomendações para o seu controle ou eliminação.

A adoção de medidas de controle parece ter levado à redução do nível de exposição e do número de trabalhadores expostos, nas últimas décadas. Entre 1980 e 1999, na Holanda, verificou-se uma redução dos níveis de exposição em pintores que utilizavam tintas à base de solventes; e, especificamente para o tolueno do ar alveolar, queda média de 12% ao ano (Burstyn e Kromhout, 2002). Essa tendência também foi identificada para outras ocupações ou indústrias. Em uma revisão de literatura, níveis de exposição a solventes orgânicos se reduziram anualmente, até 32%, quando se analisaram medidas de inalação em setores industriais no Reino Unido (Creely et al, 2007). Entre 1955 e 1988 na Dinamarca, constatou-se a queda da exposição ao tolueno e oscilações nas mensurações do xileno ao longo do tempo em amostras do ar do ambiente de trabalho (Jensen et al, 1990). No Brasil, observou-se redução nas médias dos níveis de ácido hipúrico, de 0,5 g/g de creatinina em 2002 para 0,4g/g de creatinina em 2005, em um estudo retrospectivo que utilizou dados do tolueno, do Instituto de Toxicologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (Gonzalez et al., 2010).

Foram poucos os estudos que analisaram o comportamento da exposição ao xileno e tolueno ao longo do tempo, utilizando mensurações de biomarcadores, especialmente em trabalhadores da IC. Neste estudo, com uma grande base de dados em meio eletrônico, empregada para o monitoramento ocupacional, que contém medidas individuais de biomarcadores, descreve-se a evolução temporal dos níveis de exposição a esses solventes, de 2000 a 2009, em trabalhadores da Indústria da Construção.

Material e métodos

Este é um estudo longitudinal retrospectivo de população dinâmica, conduzido com dados do Sistema de Gerenciamento de Segurança e Saúde (SGSS) do Serviço Social da Indústria (SESI), Departamento Regional da Bahia, para o período de 2000 a 2009. A população de estudo compreende todos os trabalhadores de empresas da Indústria da Construção atendidas por esta instituição, embora mulheres tenham sido excluídas devido ao pequeno número. A periodicidade anual das consultas e exames clínicos laboratoriais respectivos definiu o seguimento da população, cujos trabalhadores podem entrar, sair ou retornar ao SGSS, em qualquer período. A linha de base compreende os exames admissionais ou periódicos registrados na data mais anterior da série disponível.

O SESI-Bahia oferece serviços de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) previstos nas Normas Regulamentadoras 7 e 9, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que exigem o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Ambos os programas se baseiam no monitoramento do ambiente ocupacional e da saúde dos trabalhadores empregando-se inspeções para identificação de fatores e situações de risco, consultas médicas ocupacionais, exames clínicos e laboratoriais, cujos resultados alimentam o SGSS. Mensurações de biomarcadores de exposição, quando solicitadas, são realizadas por laboratórios terceirizados, credenciados com base no cumprimento de critérios de qualidade nacionais e internacionais de certificação ou padronização, definidos em um protocolo interno. As equipes que registram

dados no SGSS participam de treinamentos continuados para garantia da qualidade dos dados.

A técnica empregada nas mensurações do ácido hipúrico e metilhipúrico, em g/g de creatinina na urina, foi a cromatografia líquida (Cromatografia Líquida de Alto Desempenho - CLAD), enquanto Os valores do IBMP são, respectivamente, 2,5 e 1,5 g/g de creatinina, conforme definido na NR 7. A variável descritora fundamental foi o ano calendário que corresponde ao período do estudo, 2000 a 2009, para o qual se estimaram as mensurações respectivas. As distribuições destas medidas por ano calendário foram classificadas em padrões mais comuns: 1) medidas caem e em seguida se elevam na última mensuração registrada, em nível superior à primeira; 2) medidas caem e em seguida se elevam na última mensuração registrada, mas não ultrapassa o valor da primeira medida; 3) medidas caem consistentemente da primeira para a última; 4) há elevação seguida de queda das medidas. Para a análise, agruparam-se os quatro padrões em grupos de tendência geral: 1) elevação, Padrões 1 e 2; 2) queda, Padrões 3 e 4. As variáveis descritoras sociodemográficas e ocupacionais foram: grupos de idade em anos 18-30, 31-40, 41-50 e 51-69 anos; tipo de atividade de construção classificada em 1) construção de edifícios e 2) obras de infraestrutura e serviços para construção. As ocupações estavam registradas nominalmente e foram agregadas nos seguintes grupos: 1) pedreiros, que corresponde a entaipadores, ajudante de pedreiro, mestre de obras, dentre outros; 2) pintores, que envolve pintores, ajudante de pintor, pintor de pistola, polidor/lixador, dentre outros; 3) operador de máquinas e equipamentos, abrange operadores de máquinas, ajudante mecânico, eletricista, maçariqueiro, soldador, caldeireiro, dentre outros; 4) outras, que envolve motorista auxiliar, técnico de segurança, engenheiro civil, dentre outras ocupações. O tipo de exame realizado foi 1) admissional e 2) periódico. As demais variáveis foram: fumante (sim/não), código identificador anônimo da empresa.

A análise foi realizada separadamente para trabalhadores e registros de exames, cujos resultados poderiam ser repetidos para o mesmo trabalhador. A evolução temporal foi analisada estimando-se a mediana do ácido hipúrico e do ácido metilhipúrico ano a ano,

para o período de 2000 a 2009. A variação proporcional percentual (VPP) estima a magnitude e direção da variação no tempo. Como as distribuições não foram normais, a mediana foi empregada como medida de tendência central. Os valores desviantes superiores foram identificados com a fórmula $Q3 + 3(L)$ = valores desviantes superiores, onde $Q3$ = terceiro quartil, $Q1$ = primeiro quartil e $L = Q3 - Q1$ (Hawkins, 1980). A análise dos dados foi realizada no SAS 9.4 e Excel. O Protocolo do Projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia, sob o nº 1.367.462, e os dados foram manipulados e apresentados mantendo-se o anonimato de empresas e trabalhadores.

Resultados

Foram identificados 327 trabalhadores com um total de 480 exames para o ácido hipúrico e 260 trabalhadores com 308 mensurações do ácido metilhipúrico, no período de 2000 a 2009. As medidas de ácido hipúrico se concentravam em indivíduos das faixas de idade de 18 a 40 anos (58,1%), que trabalhavam em empresas de construção de edifícios (57,8%), eram do grupo de pintores (55,1%), cujos dados eram comumente de exames admissionais (57,5%). Padrões semelhantes foram identificados para os trabalhadores com medidas do ácido metilhipúrico (Tabela 1).

Analisando-se as medidas de ambos os biomarcadores de exposição, verificaram-se medidas acima do IBMP para o ácido hipúrico em apenas três trabalhadores. Para estes três trabalhadores, ABJ, PML e GS, verificou-se um crescimento do valor das medidas ao longo do tempo de acordo com os seus seguimentos respectivos, ficando os valores mais elevados na última mensuração (Figura 1). Não houve valores acima do IBMP para o ácido metilhipúrico. Na Tabela 2, observa-se que a mediana do ácido hipúrico caiu de 0,245 g/g de creatinina em 2000-2005 para 0,190 g/g em 2009. As medidas nesse período caíram, com variação de -28,9%, correspondendo a queda anual média de -9,6%. A mesma tendência de redução ocorreu com os valores encontrados no percentil 90%, $Q1$ e $Q3$. Todavia, por causa do crescimento dos valores máximos, as amplitudes dessas distribuições aumentaram entre

2007 a 2009, como também o número dessas observações extremas, notadamente entre os anos de 2006 e 2009, de 0 para 3,8% (Tabela 2). Para o xileno, também houve redução das medianas anuais de 0,100 g/g de creatinina em 2000-2005 e 0,090 g/g em 2009, porém não houve variação da mediana de 2006 para 2009. Os valores do percentil 90%, Q1 e Q3, também apresentaram redução ao longo dos anos, enquanto o número de valores extremos oscilou entre 2006 e 2009 sem tendência definida (Tabela 3).

Ainda na Figura 1, são apresentados dados sobre as evoluções temporais das mensurações do ácido hipúrico em amostras de 19 trabalhadores para os quais havia o maior número de medidas repetidas. Fica evidente a distribuição dos quatro padrões de evolução utilizados na análise, enquanto que na Tabela 4, complementarmente, demonstra-se para o total da amostra que a tendência predominante foi de queda, i.e, correspondente aos Padrões 3 e 4 (85,3%), que se concentraram no grupo de pintores (n=172; 95,6%) e de construtoras de edifícios (n=182; 96,3%). Os Padrões 1 e 2, de elevação das medidas, estimados para 14,7% dos trabalhadores examinados, se concentraram no grupo de outras ocupações (n=9; 39,1%), seguido pelo de operadores de máquinas e equipamentos (n=6; 26,1%) e pedreiros (n=25; 24,7%), que provinham, em sua maioria, de empresas de obras de infraestrutura (n=41; 30,1%). Registros de trabalhadores cujas ocupações específicas foram classificadas no grupo “outras” e foram identificados com padrão de elevação foram checados, verificando-se dados inconsistentes. Não houve diferenças na distribuição de idade para a variação de queda ou elevação do biomarcador.

Discussão

Os achados do presente estudo mostram que houve redução dos níveis do ácido hipúrico e metilhipúrico, biomarcadores da exposição ao tolueno e xileno entre 2000 e 2009 em trabalhadores de indústrias da construção na Bahia. Entretanto, os dados disponíveis se concentraram em poucas empresas e um pequeno número de sujeitos, limitando as conclusões para o conjunto dos trabalhadores desta indústria. Apesar destes limites, a queda do nível de ácido hipúrico se concentrou em pintores de construtoras de edifícios. A

tendência de elevação predominou em operadores de máquinas e equipamentos e pedreiros de obras de infraestrutura.

A redução das medianas do ácido hipúrico e metilhipúrico ao longo dos anos também vem sendo registrada na literatura, como no estudo de Burstyn e Kromhout (2002), que encontrou reduções anuais nas estimativas de exposição ao tolueno, entre 1980 e 1999, em pintores holandeses. Redução também foi observada quando se analisaram os valores médios do ácido hipúrico entre 2002 e 2005, empregando-se dados de um serviço de toxicologia do Rio Grande do Sul, Brasil (Gonzalez et al., 2010). Uma revisão de estudos sobre a tendência de exposições por inalação a agentes químicos realizada por Creely et al. (2007) também mostrou reduções anuais expressivas dos níveis de exposição a solventes em gases e vapores, notadamente para o tolueno; os valores para o diclorometano se mantiveram estáveis, enquanto para o xileno houve flutuação no período. Kauppinen et al. (2012) analisaram dados da Finlândia entre 1950 e 2008, que revelaram diminuição dos níveis de solventes em conjunto e, especificamente, para o tolueno. Estas evidências na mesma direção podem ser consequência de mudanças nos ambientes de trabalho, incluindo controle efetivo da exposição, maior cumprimento de normas de proteção do trabalhador (Creely et al., 2007), pelo menos as que tratam dos solventes orgânicos. No Brasil, a elevação do nível de escolaridade dos trabalhadores da IC entre 1999 e 2010 (DIEESE, 2012) também pode ter contribuído para maior e mais eficiente participação dos trabalhadores na conquista por melhores condições de trabalho e maiores pressões pelo cumprimento dessas normas. Complementarmente, algumas medidas de proteção coletiva vêm sendo mais amplamente adotadas como a substituição de solventes orgânicos, a exemplo do xileno e tolueno, por produtos sintéticos menos danosos à saúde nas tintas (Cunha, 2012), como também a adoção mais freqüente de ventilação local em espaços confinados (Gallego, 2009).

O padrão prevalente de queda verificado nesse estudo para o ácido hipúrico se concentrou em pintores, grupo comumente focalizado em estudos sobre a exposição a solventes orgânicos. Por exemplo, Jacobson & McLean (2003) estudando trabalhadores de

empresas aplicadoras de revestimento de pisos e pintores, estimaram o valor máximo do ácido metilhipúrico abaixo do limite biológico de exposição segundo a ACGIH (1989). Pintores também foram estudados conjuntamente com outras ocupações para mensurar compostos orgânicos voláteis no ar alveolar. As substâncias mais comumente encontradas foram o tolueno e o xileno e os níveis de exposição estiveram condicionados ao tipo de tinta utilizada e à ventilação do local (Gallego, 2009). Nos Estados Unidos, estimaram-se os níveis de solventes orgânicos no ar em pintores da IC, revelando que a concentração ambiental dependia das técnicas de pintura como a pulverização, uso de rolo e pincel/escova e também o tempo gasto na aplicação (Wang et al, 2011). Portanto, ações efetivas de controle podem estar sendo direcionadas a este grupo ocupacional, em decorrência do conhecimento de que estes trabalhadores estariam potencialmente expostos a solventes, reduzindo os níveis de exposição ao longo do tempo.

É importante ressaltar que para 14,7% dos trabalhadores examinados a tendência foi de elevação para o ácido hipúrico, sinalizando piora dos níveis de exposição a uma substância perigosa para a saúde, e evidência de que ações de proteção não estão sendo totalmente efetivas, especialmente, para alguns grupos ocupacionais. Vale destacar que este aumento se concentrou em uma empresa, o que limita generalizações. Apesar disso, os achados de mais de um exame no mesmo ano para o ácido hipúrico sugerem que a empresa foi advertida e que intensificou o monitoramento. A maior frequência de mensurações está prevista na NR 7, mas infelizmente não foi possível localizar relatórios descrevendo que outras ações foram realizadas ou seus efeitos respectivos. A maior proporção de trabalhadores com padrão de elevação das medidas do ácido hipúrico foi estimada para pedreiros e operadores de máquinas e equipamentos, de obras de infraestrutura. Isto pode ser resultante de vieses de seleção dos trabalhadores examinados em relação aos potencialmente expostos ou variação aleatória em alguns grupos.

Este estudo apresenta alguns limites metodológicos. Por exemplo, não estavam disponíveis informações sobre o processo de coleta de dados que permitissem verificar o cumprimento das normas recomendadas. Entretanto, a utilização do SGSS do SESI-BA como

fonte de dados, instituição terceira às empresas, podem ter minimizado esses problemas, por garantir maior credibilidade dos registros. A população do estudo pode não representar a população geral de trabalhadores da IC. Além disso, não foi possível identificar o total de trabalhadores potencialmente expostos, o que pode ser resultado da indicação do exame de biomarcador mais comumente para os que já apresentavam evidências de exposição excessiva. Ressalta-se a necessidade de tornar a análise de rotina e ampliar o monitoramento para mais empresas e trabalhadores para que as conclusões sejam mais robustas. Ademais, é preciso considerar a possível variabilidade entre as mensurações realizadas por diferentes aparelhos, para os mesmos biomarcadores. Este estudo avança em decorrência da utilização de um número expressivo de trabalhadores e medidas do ácido hipúrico e metilhipúrico, na Indústria da Construção, permitindo compreender a distribuição dessas medidas ao longo do tempo. Cabe ressaltar que essas análises de evolução temporal são comumente utilizadas na vigilância e na pesquisa, mas ainda pouco aplicadas em estudos sobre exposição a solventes orgânicos na IC, no Brasil. Espera-se, ainda, alcançar os trabalhadores por meio da disseminação do conhecimento produzido, possibilitando a sua participação para garantir a efetivação do monitoramento. Adicionalmente, ressalta-se a importância da parceria entre o SESI e uma instituição acadêmica na realização dessa pesquisa. Para o SESI, há a possibilidade de melhorar a análise de dados coletados rotineiramente, avaliar a qualidade de uma das ações desenvolvidas e conhecer os problemas a serem superados; para a universidade, permitiu a execução de uma pesquisa a baixo custo, contribuindo também para a formação de pesquisadores.

Referências bibliográficas

Burstyn I, Kromhout H. Trends in inhalation exposure to hydrocarbons among commercial painters in The Netherlands. *Scandinavian Journal Work Environment & Health*. 2002; 28(6): 429-438.

Creely KS, Cowie H, Tongeren MV, Kromhout H, Tickner J, Cherrie JW. Trends in Inhalation Exposure - A Review of the Data in the Published Scientific Literature. *Annals of Occupational Hygiene*. 2007; 51(8), 665–678.

Cunha V. Tintas imobiliárias, vernizes & solventes. VIII Congresso nacional de excelência em gestão. [acesso 27 abr. 2016]. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T12_0481_2729.pdf>.

Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Econômicos. Perfil dos trabalhadores na construção civil no estado da Bahia, 2012. [acesso 29 abr. 2016]. Disponível: <<https://www.dieese.org.br/projetos/informalidade/perfilConstrucaoCivilBA.pdf>>.

Gallego JCM. Environmental and biological monitoring of volatile organic compounds in the workplace. *Chemosphere*, 2009; 77:426–433.

Gonzalez KC, Sagebin FR, Oliveira PG, Glock L, Thiesen FV. Estudo retrospectivo dos níveis de ácido hipúrico urinário em exames de toxicologia ocupacional. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2010; 15: 1637-1641.

Hawkins DM. *Identification of Outliers*. Editora Springer, 1980.

Jacobson G A, McLean S. Biological Monitoring of Low Level Occupational Xylene Exposure and the Role of Recent Exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2003; 47(4): 331–336.

Jensen AA, Breum NO, Bacher J, Linge E. Occupational exposures to styrene in Denmark 1955–1988. *American Journal of Industrial Medicine*. 1990; 17: 593-606.

Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I. Trends of Occupational Exposure to Chemical Agents in Finland in 1950-2020. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2012.

Wang SW, Qian H, Weisel C, Nwankwo C, Fiedler N. Development of Solvent Exposure Index for Construction Painters. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2011; 8: 375-386.

Tabela 1. Características dos trabalhadores que dispunham de medidas de biomarcadores para xileno e tolueno, na indústria da construção, Bahia, Brasil.

Variáveis	Trabalhadores com dados de Biomarcadores do tolueno - ácido hipúrico		Trabalhadores com dados de Biomarcadores do xileno - ácido metilhipúrico	
	n=327	100,0%	n=260	100,0%
Grupo de idade em anos				
18-30	67	20,5	54	20,8
31-40	123	37,6	93	35,8
41-50	86	26,3	75	28,8
51-69	51	15,6	38	14,6
Tipo de atividade da construção				
Construção de edifícios	189	57,8	188	72,3
Obras de infraestrutura e serviços para construção	138	42,2	72	27,7
Grupo de ocupação				
Pedreiros	101	30,9	59	22,7
Pintores	180	55,1	182	70,0
Operadores de máquinas e equipamentos	23	7,0	11	4,2
Outras	23	7,0	8	3,1
Tipo do exame				
Admissional	188	57,5	193	74,2
Periódico	139	42,5	67	25,8
Fumante	7	2,1	6	2,3

Tabela 2. Distribuição de registros (n=480) das medidas do ácido hipúrico¹ para exposição ocupacional ao tolueno, na Indústria da Construção, por ano.

Ano	Ácido hipúrico (g/g de creatinina)						
	No. de Registros (n=480)	Mediana	Amplitude	90% Percentil	Q1	Q3	Nº de outliers (%)
2000-2005	30	0,245	0,100 - 1,200	0,675	0,200	0,450	0
2006	52	0,270	0,005-0,920	0,500	0,150	0,365	0
2007	58	0,205	0,019-1,480	0,600	0,100	0,310	2 (3,4%)
2008	155	0,170	0,019-1,750	0,570	0,080	0,350	2 (1,3%)
2009	185	0,190	0,019-3,91	0,500	0,090	0,340	7 (3,8%)

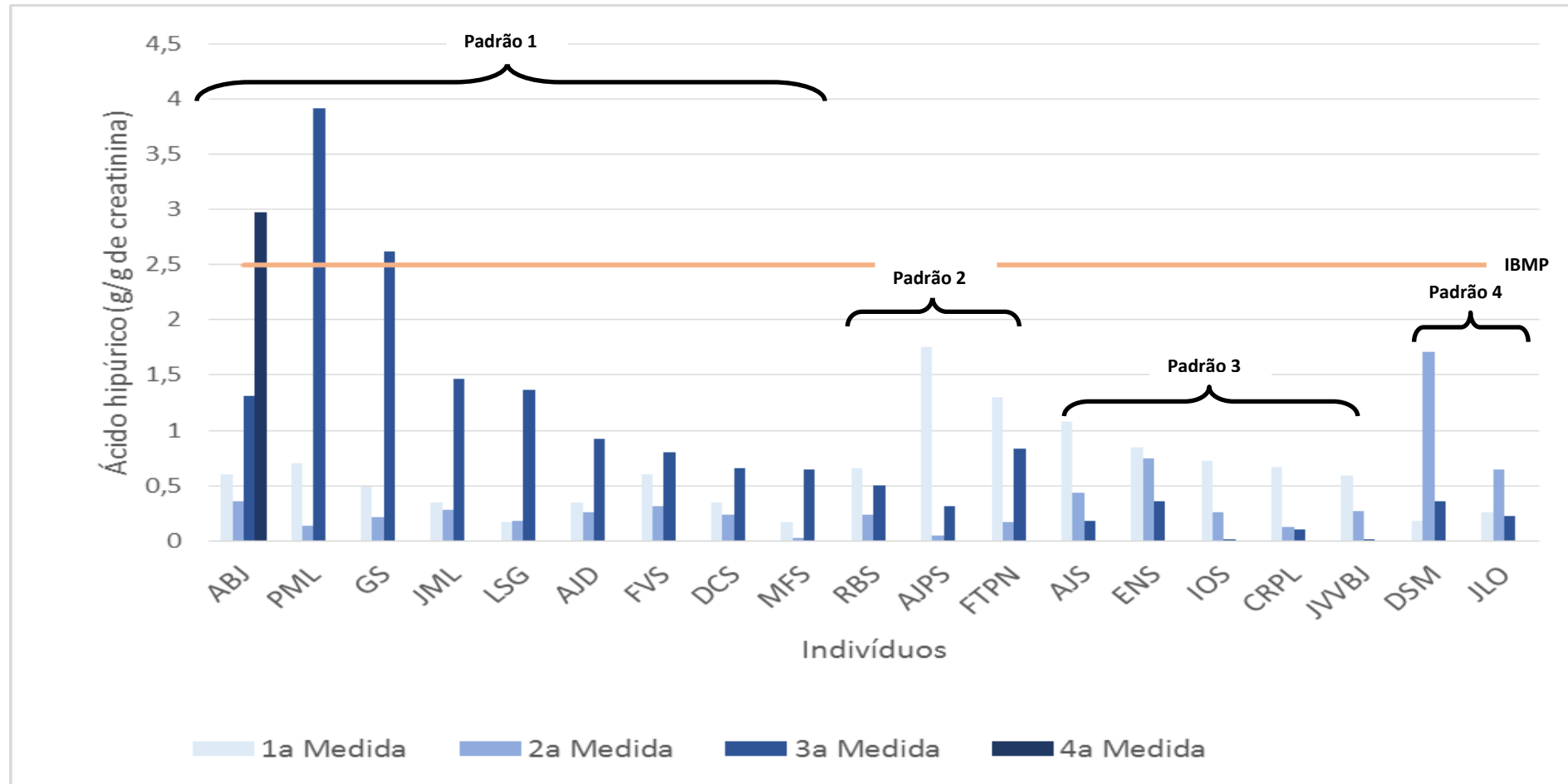
¹Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) do ácido hipúrico=2,5 g/g de creatinina (Norma Regulamentadora Nº 7)

Tabela 3. Distribuição de registros (n=308) das medidas do ácido metilhipúrico¹ para exposição ocupacional ao xileno, na Indústria da Construção, por ano.

Ano	Ácido metilhipúrico (g/g de creatinina)						Nº de outliers (%)
	No. de Registros (n=308)	Mediana	Amplitude	90% Percentil	Q1	Q3	
2000 - 2005	22	0,100	0,009 - 0,200	0,100	0,009	0,100	0
2006	52	0,090	0,000 - 0,938	0,100	0,009	0,090	2 (3,8%)
2007	58	0,010	0,009 - 0,130	0,090	0,009	0,090	0
2008	123	0,009	0,009 - 0,090	0,010	0,009	0,009	4 (3,3%)
2009	53	0,090	0,009 - 0,050	0,010	0,009	0,009	1 (1,9%)

¹Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) do ácido metilhipúrico= 1,5 g/g de creatinina (Norma Regulamentadora N° 7)

Figura 1. Mensurações do ácido hipúrico (g/g de creatinina) em diferentes amostras dos trabalhadores (n=19) com medidas repetidas¹, relacionadas com o Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) para o tolueno.



IBMP=2,5 g/g de creatinina (Norma Regulamentadora Nº 7)

¹Todos os trabalhadores com mais de duas medidas e/ou cujo valor da mensuração foi igual ou maior que o 90% percentil respectivo

Tabela 4 - Características dos trabalhadores (n=327) de acordo com os grupos de tendência geral dos padrões de distribuição das medidas do ácido hipúrico.

Variáveis	Grupos de tendência geral dos padrões de distribuição das medidas do ácido hipúrico			
	1) Elevação		2) Queda	
	N =48	14,7%	N=279	85,3%
Grupo de idade em anos				
18-30	9	13,4	58	86,6
31-40	15	12,2	108	87,8
41-50	15	17,4	71	82,6
51-69	9	17,6	42	83,4
Grupo de ocupação				
Pedreiro	25	24,7	76	75,3
Pintor	8	4,4	172	95,6
Operadores de máquinas de equipamentos	6	26,1	17	73,9
Outras	9	39,1	14	60,9
Tipo de atividade da construção				
Construção de edifícios	7	3,7	182	96,3
Obras de infraestrutura	41	30,1	95	69,8
Serviços especializados para construção	---	---	2	100,0

ANEXO I

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

PARECER DO COLEGIADO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Monitoramento da exposição a solventes orgânicos em trabalhadores da Indústria da Construção na Bahia, 2000-2013.

Pesquisador: LUISA SILVA LIMA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 49601515.6.0000.5030

Instituição Proponente: Instituto de Saúde Coletiva

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.367.462

Apresentação do Projeto:

O projeto contextualiza o problema de investigação, citando a Indústria da Construção (IC) como um dos principais ramos de atividade econômica do Brasil, contando em 2009 com quase sete milhões de trabalhadores (IBGE, 2011), o que revela o seu grande impacto social ao incorporar trabalhadores com menor escolaridade e nível socioeconômico (SESI, 2013). Aliado ao risco de acidentes de trabalho, as exposições químicas destacam-se como fatores de risco comuns contribuindo para outros tipos de morbimortalidade entre esses trabalhadores à exemplo da exposição a solventes orgânicos, que podem originar intoxicações agudas ou crônicas, como as alterações hematológicas, dentre outros agravos. Por sua vez, a obrigatoriedade do monitoramento das exposições para agentes químicos, inclusive dos solventes orgânicos, foi determinada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, no Brasil, desde 1994. Esse processo deve ser realizado por meio da implantação obrigatória de dois programas: o PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e o PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional). Nesse contexto, o Serviço Social da Indústria (SESI) oferece serviços de segurança e saúde no trabalho, que incluem entre outras ações a realização de avaliações de risco, além de exames ocupacionais médicos e laboratoriais (admissionais, periódicos, demissionais). Com esse processo, foi possível a estruturação de uma grande base de dados eletrônica, que inclui registros de mensurações de indicadores biológicos de exposição. A intenção do estudo é examinar a extensão

Endereço: Rua Basílio da Gama s/n

Bairro: Canela

CEP: 40.110-040

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3283-7441

Fax: (71)3283-7460

E-mail: cepisc@ufba.br

INSTITUTO DE SAÚDE
COLETIVA / UFBA



Continuação do Parecer: 1.367.462

/ Brochura Investigador	Projeto_final.pdf	11:14:38	LUISA SILVA LIMA	Aceito
----------------------------	-------------------	----------	------------------	--------

Situação do
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SALVADOR, 21 de Dezembro de 2015

Assinado por:
Mônica de Oliveira Nunes
(Coordenador)

Endereço: Rua Basílio da Gama s/n

Bairro: Canela

CEP: 40.110-040

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3283-7441

Fax: (71)3283-7460

E-mail: cepisc@ufba.br