



**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS**

**KIRA LUSA MANFREDINI**

**ESTADO ATUAL E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO DE**  
**RESÍDUOS DE GLUTARALDEÍDO, XILENOS E FORMALDEÍDO EM UM**  
**HOSPITAL ESCOLA E EM UM LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE**  
**ANATOMIA**

**CAXIAS DO SUL**

**2014**



**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS**

**KIRA LUSA MANFREDINI**

**ESTADO ATUAL E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO DE**  
**RESÍDUOS DE GLUTARALDEÍDO, XILENOS E FORMALDEÍDO EM UM**  
**HOSPITAL ESCOLA E EM UM LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE**  
**ANATOMIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais, orientada pelo Professor Dr. Irajá do Nascimento Filho e coorientado pela Professora Dra. Vania Elisabete Schneider.

**CAXIAS DO SUL**

**2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
UCS - BICE - Processamento Técnico

M276e Manfredini, Kira Lusa, 1985-  
Estado atual e proposta de melhorias no gerenciamento em resíduos de glutaraldeído, xileno e formaldeído em um hospital escola e em um laboratório universitário de anatomia / Kira Lusa Manfredini. – 2014.  
124 f. : il. ; 30 cm

Apresenta bibliografia.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2014.  
Orientadora: Profa. Dra. Vania Elisabete Schneider.

1. Resíduos de serviços de saúde. 2. Meio ambiente - Preservação. 3. Análise cromatográfica. 4. Substâncias perigosas - Avaliação de riscos. I. Título.

CDU 2.ed.: 628.4.046

Índice para o catálogo sistemático:

1. Resíduos de serviços de saúde	628.4.046
2. Meio ambiente - Preservação	504
3. Análise cromatográfica	543.544
4. Substâncias perigosas - Avaliação de riscos	614.75

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária  
Roberta da Silva Freitas – CRB 10/1730

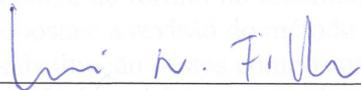
"ESTADO ATUAL E PROPOSTA DE MELHORIAS NO GERENCIAMENTO  
DE RESÍDUOS DE GLUTARALDEÍDO, XILENOS E FORMALDEÍDO EM UM  
HOSPITAL ESCOLA E EM UM LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE  
ANATOMIA."

**Kira Lusa Manfredini**

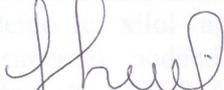
Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestra em Engenharia e Ciências Ambientais, Área de Concentração: Gestão e Tecnologia Ambiental.

Caxias do Sul, 27 de Novembro de 2014.

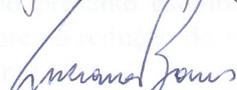
Banca Examinadora:



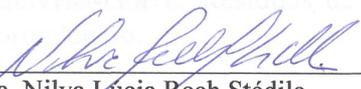
Dr. Irajá do Nascimento Filho - Orientador  
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dra. Vania Elisabete Schneider - Coorientadora  
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dra. Luciana Paulo Gomes  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)



Dra. Nilva Lúcia Rech Stédile  
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dr. Otávio Bianchi  
Universidade de Caxias do Sul (UCS)

## RESUMO

O presente trabalho visa contribuir para o encaminhamento de soluções, relativas ao gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e hospitalares. Estas instituições atuam, ou pelo menos devem atuar, como modelos das políticas de preservação ambiental e prevenção de riscos à saúde, com práticas sustentáveis e respaldadas nas normas vigentes, contribuindo para a formação de cidadãos comprometidos com a saúde ambiental e a qualidade de vida. O objetivo principal do trabalho foi caracterizar os compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído, após o uso, oriundos de atividades de ensino e assistência à saúde, com vistas a propor melhorias no sistema de gerenciamento dos mesmos. A primeira etapa do trabalho envolveu o levantamento dos resíduos químicos gerados no hospital escola, em especial o xilol e o glutaraldeído, e no laboratório universitário de anatomia, especificamente o formaldeído em uso, quantificando-os e identificando o local de geração. Também foram avaliados o processo e o tratamento aplicados atualmente a cada um desses resíduos. Para a análise cromatográfica foram coletadas oito amostras mensais de glutaraldeído e xilol pós-uso no hospital escola e uma amostra de cada um dos cinco tanques em uso no laboratório universitário de anatomia, totalizando 16 amostras no hospital e 40 amostras no laboratório de anatomia. As degradações do glutaraldeído, xilol e formol foram de 9,19, 1,52 e 59,38 %, respectivamente. Como alternativa ao descarte convencional dos compostos de interesse sugere-se a reciclagem de solventes orgânicos. São apresentados também possíveis substitutos ao glutaraldeído, xilenos e formaldeído e uma proposta de melhorias de gerenciamento das substâncias.

**Palavras-chave:** Resíduos de Serviço de Saúde. Resíduos Químicos. Glutaraldeído. Xilol. Formaldeído.

## **ABSTRACT**

The present work aims to contribute to finding solutions concerning the management of chemical waste in universities, research institutions and hospitals. These institutions act, or at least should act as models of policies for environmental preservation and prevention of health risks, supported in the current regulations, contributing to the formation of citizens committed to environmental health and quality of life. The main objective of the present work was propose alternatives for the current chemical waste management system, particularly the compounds glutaraldehyde, xylene and formaldehyde after use, in a higher education institution and in a hospital school, in order to support decision-making as to minimize the risks to human and environmental health from the use and disposal of the same. The first step of the study involved a survey of chemical waste generated in the hospital school, especially xylene and glutaraldehyde, and in the university laboratory of anatomy, especially formaldehyde in use, quantifying them and identifying the generation site, and the process and the treatment currently applied to each one of these residues, through local direct observations and survey information from the Environmental Sanitation Institute of the Caxias do Sul University. The next step was the characterization compounds glutaraldehyde, xylene and formaldehyde as the purity (compared to standard substances) in order to analyze the degradation by use and the need ou not of disposal. For this purpose were collected 8 monthly samples of glutaraldehyde and xylene, after use in the hospital school, and formaldehyde in the university laboratory of anatomy. Were present two proposals: a review of the current method of disposal of the compounds glutaraldehyde, xylene and formaldehyde and the replacement thereof by other, smaller environmental impact and health, analyzing advantages and disadvantages of proposals, based on the literature, studies and practices carried out by other institutions. The chromatographic analyzes showed that the compounds glutaraldehyde and xylene have very purity (only 9.19 and 1.52 % of degradation, respectively) and can be reused by the institution, while formaldehyde degradation was high (59.38 %). The proposed alternatives prove to be very advantageous, according to the results obtained in the present study. The recycling of the compounds evaluated, in turn, implies directly in reducing the volume of toxic and hazardous materials that the institution sends to the final disposal.

**Keywords:** Waste Health Care. Chemical Waste. Glutaraldehyde. Xylene. Formaldehyde.

## LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
ANSI/AAMI	<i>American National Standards Institute; Association for the Advancement of Medical Instrumentation</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BSG	<i>British Society of Gastroenterology</i>
CETESB	Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CICADS	<i>Concise International Chemical Assessment</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
ILO	<i>International Labor Office</i>
NBR	Norma Brasileira
NTP	<i>National Toxicology Program</i>
OHRP	<i>Office for Human Research Protections</i>
OECD/SIDS	<i>Organisation for Economic Co-Operation and Development; Screening Information Data Sets</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
SOBEEG	Sociedade Brasileira de Enfermagem em Endoscopia Gastrointestinal
SOBECC	Sociedade Brasileira de Enfermeiros de Centro Cirúrgico Recuperação, Anestésica e Centro de Material e Esterilização
WHO	<i>World Health Organization</i>

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde conforme Anvisa (2004) e Conama (2005) .....	17
Tabela 2 – Propriedades físico-químicas do glutaraldeído.....	22
Tabela 3 – Propriedades físico-químicas dos xilenos.....	25
Tabela 4 – Propriedades físico-químicas do formaldeído.....	29
Tabela 5 – Condições de análise cromatográfica dos compostos de interesse.....	39
Tabela 6 – Procedimento padronizado utilizando OMR .....	76

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Estrutura química do glutaraldeído.....	22
Figura 2 – Estruturas químicas dos isômeros xilenos.....	26
Figura 3 – Estrutura química do formaldeído.....	29

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	14
	2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
	3.1 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS).....	15
	3.2 RESÍDUOS QUÍMICOS EM ESTABELECIMENTOS DE ENSINO E DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE.....	19
	3.3 O GLUTARALDEÍDO.....	21
	3.3.1 Efeitos do glutaraldeído sobre a saúde humana.....	23
	3.3.2 O glutaraldeído no meio ambiente.....	25
	3.4 OS XILENOS (XILOL).....	25
	3.4.1 Efeitos dos xilenos sobre a saúde humana.....	27
	3.4.2 Os xilenos no meio ambiente.....	28
	3.5 O FORMALDEÍDO (FORMOL).....	28
	3.5.1 Efeitos do formaldeído sobre a saúde humana.....	31
	3.5.2 O formaldeído no meio ambiente.....	32
	3.6 A RECICLAGEM DE SOLVENTES ORGÂNICOS.....	33
	3.7 SAÚDE LABORAL DE PROFISSIONAIS DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE.....	35
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	37
	4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES.....	37
	4.2 ANÁLISE DO ATUAL PROCESSO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS NO HOSPITAL ESCOLA E NO LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE ANATOMIA.....	37
	4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS GLUTARALDEÍDO, XILENO E FORMALDEÍDO QUANTO AO GRAU DE PUREZA, EM RELAÇÃO A SUBSTÂNCIAS-PADRÃO.....	38

4.4	PROPOSTA DE ALTERNATIVAS QUANTO AO DESCARTE CONVENCIONAL E QUANTO AO USO DOS COMPOSTOS GLUTARALDEÍDO, XILENO E FORMALDEÍDO.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1	PUBLICAÇÕES.....	40
5.1.1	Artigo I.....	41
5.1.2	Artigo II.....	46
5.2	RESULTADOS COMPLEMENTARES.....	74
5.2.1	Análises cromatográficas.....	74
5.2.2	Proposta de alternativas quanto ao uso de substâncias - o ácido peracético, o óleo mineral e a glicerina em substituição ao glutaraldeído, xilenos e formaldeído.....	74
6	CONCLUSÃO.....	80
7	RECOMENDAÇÕES.....	82
	REFERÊNCIAS.....	83
	APÊNDICES.....	98

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), em sua NBR 10.004, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), resíduos sólidos, que incluem também semissólidos e líquidos, são aqueles resultantes de atividades humanas em sociedade, das mais diversas origens, como resíduos domiciliares, de limpeza urbana, comerciais, dos serviços públicos, de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde; da construção civil, agrossilvopastoris, de transportes e de mineração.

A ABNT foi a primeira instituição a utilizar a denominação Resíduos de Serviços de Saúde, em 1993, para aqueles que antes eram chamados de resíduos hospitalares e os denomina desde então como resíduos resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde (ABNT 1993a, b e 2013a e b). Porém, como um retrocesso, em 2004, a ABNT fez uso do termo resíduo hospitalar para designar tais resíduos na NBR 10.004. A harmonização e entendimento de nomenclaturas e categorização dos RSS foram alcançados com a publicação da RDC nº 306 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA, 2004) e da Resolução nº 358 (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2005).

O descarte inadequado de resíduos tem produzido passivos ambientais capazes de colocar em risco e comprometer os recursos naturais e a qualidade de vida das atuais e futuras gerações (ANVISA, 2006). Os resíduos dos serviços de saúde (RSS) se inserem nesta problemática.

A questão dos resíduos, de forma geral, é tema em pauta em diversas discussões mundiais. O assunto vem assumindo um relevante papel junto às instituições de ensino e saúde uma vez que os resíduos por elas gerados apresentam alto grau de periculosidade e uma geração considerável, principalmente em termos de diversidade.

A geração de resíduos de serviço de saúde dentro de uma instituição de ensino e assistência à saúde é, na maioria das vezes, indispensável. Portanto, torna-se evidente a necessidade de aplicação de um eficiente programa de gerenciamento dos resíduos gerados pelos serviços de saúde com o objetivo de prevenir e reduzir os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, o que levará também a uma redução nos custos com manejo, tratamento e disposição final dos resíduos (CAETANO; GOMES, 2006).

O conceito de gestão de resíduos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para esse fim envolvendo instituições, políticas, instrumento e meios (LEITE, 1997). Já o termo gerenciamento de resíduos refere-se aos

aspectos tecnológicos e operacionais, envolve fatores administrativos, gerenciais, econômicos e de desempenho: produtividade e qualidade e relaciona-se também à segregação, acondicionamento, coleta, transporte e até recuperação de energia (LIMA, 2002).

Estes conceitos foram explicitados na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), em seu artigo 3º a qual conceitua:

- X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;
- XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

O gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), por sua vez, é um tema sempre atual e relevante na área ambiental e sanitária. Quando não gerenciados adequadamente podem ocasionar sérios problemas ambientais, favorecendo a incorporação de agentes contaminantes na cadeia trófica (SCHNEIDER, 2004; FISHER, 2005; SAURABH et al., 2009). Segundo Schneider (2004) e Saurabh e colaboradores (2009), podem ainda provocar um desequilíbrio nos sistemas biológicos, uma vez que a acumulação de substâncias químicas ultrapassa os limites de reciclagem do ambiente prejudicando a capacidade da natureza de regenerar-se.

Segundo Schneider, Paiz e Stédile (2012), o gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), quando aplicado e monitorado, tem impactos significativos nos índices de geração e, conseqüentemente, nos riscos inerentes aos resíduos bem como nos custos com o gerenciamento. Para Diaz, Savage e Eggerth (2005) o aumento da geração de resíduos implica ainda um consumo paralelo de matérias-primas.

Relativamente aos resíduos químicos classificados pela Conama (2005) e Anvisa (2004) como grupo B, estes podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade (ABNT, 2004).

As substâncias químicas constituem-se em uma das grandes pautas das discussões sobre a preservação ambiental uma vez que são produzidas, utilizadas e descartadas em larga escala pelas atividades humanas desenvolvidas nos mais diversos setores. Quando não gerenciados ou gerenciados inadequadamente, os resíduos químicos passam a representar um

problema em função das potenciais características de periculosidade, já citadas, e que podem comprometer a saúde humana e ambiental bem como os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (FELLI, 2004).

Para Felli (2004), as substâncias químicas constituem instrumentos de trabalho necessários na assistência à saúde. Segundo o autor, o uso de substâncias contendo princípios ativos com características de periculosidade é, muitas vezes, imprescindível na assistência ao paciente em ambiente hospitalar, na forma de substâncias químicas, de uso medicamentoso ou não. Por outro lado, embora os produtos químicos desempenhem um papel importante e benéfico nas unidades de saúde como esterilizantes, desinfetantes, corantes, solventes, quimioterápicos e outros produtos farmacêuticos, é cada vez mais conhecido o potencial impacto adverso que tais substâncias podem causar à saúde humana e ao meio ambiente.

Os problemas ambientais relacionados ao uso e descarte não conscientes de produtos químicos não são algo restrito somente ao setor industrial ou hospitalar. As instituições de ensino superior (IES), em suas atividades de ensino, pesquisa e extensão, acabam sendo também grandes geradoras de resíduos (OLIVEIRA; ZAIAT, 2004).

Atualmente o mercado oferece uma gama variada de produtos químicos que podem ser usados em diferentes setores dos serviços de saúde. Estes, após o uso, se transformarão em resíduos, sendo importante conhecer-se bem o insumo utilizado para o posterior descarte. Dentre os resíduos químicos de maior geração em instituições de saúde e que também são demandados em IES em atividades de formação na área da saúde, estão o formaldeído, os isômeros xilenos e o glutaraldeído (COSTA; FELLI, 2012).

O formaldeído é um intermediário químico utilizado em diversos campos das ciências da saúde (PITOT; DRAGAN, 2001). Embora muitos estudos demonstrem sua toxicidade para os seres humanos, bem como sua agressividade ao meio ambiente e seu custo relativamente alto (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, OMS, 1989), o formaldeído é utilizado por grande parte dos estabelecimentos de saúde por ser um método tradicional de preservação de tecidos com resultados satisfatórios (PERRONE, 2003). Neste sentido, sua substituição tende a ser difícil, sendo importante o gerenciamento de sua utilização, bem como o descarte ambientalmente seguro do mesmo.

Os isômeros xilenos, por sua vez, são produtos importantes nos procedimentos para diagnósticos histopatológicos e citológicos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). Segundo a Ficha de Informação de Produtos Químicos da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, os isômeros xilenos são tóxicos ao homem e outros organismos como ratos, peixes, camundongos, protozoários, bactérias e algas (CETESB,

2012). Normalmente, os isômeros xilenos possuem baixa solubilidade em água, mas são solúveis em etanol e outros solventes orgânicos, podendo contaminar o lençol freático, uma vez que o etanol atuaria como cossolvente (entende-se por cossolvência, a capacidade de um determinado solvente em aumentar a solubilidade de um soluto em outro solvente) e aumentaria a presença desses compostos na água (SILVA et al., 2002).

Já o glutaraldeído é utilizado em estabelecimentos de assistência à saúde, como um agente desinfetante e bactericida por imersão que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (ANVISA, 2007). O glutaraldeído é considerado perigoso, porém não cancerígeno (*INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER*, IARC, 2006). No meio ambiente, a substância em questão é considerada tóxica para organismos aquáticos (TEAF, 2000).

Diante do exposto, e considerando, de um lado, os riscos potenciais do uso das substâncias químicas acima mencionadas, e, de outro, a necessidade da utilização desses compostos em atividades na área da saúde, é de grande relevância social e ambiental a realização de estudos e pesquisas que permitam minimizar os efeitos dessas substâncias à saúde humana e ambiental.

Nessa perspectiva desenvolveu-se o presente trabalho, que analisa o atual sistema de gerenciamento de resíduos químicos, em particular os compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído pós uso. Por meio da caracterização destes compostos e da análise do modelo de gerenciamento são propostas alternativas ao uso e ao descarte destas substâncias, avaliando-se as vantagens e limitação das mesmas. O trabalho contribui, também, para preencher lacunas de conhecimento na área e de técnicas menos agressivas à saúde e à natureza, bem como reduzir os danos ambientais decorrentes do uso desses produtos.

## **2 OBJETIVOS**

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, em particular os compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído após o uso, em uma instituição de ensino superior e em um hospital escola com vistas a subsidiar a tomada de decisões quanto a minimização dos riscos à saúde humana e ambiental decorrentes do uso e descarte dos mesmos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído quanto ao grau de pureza (em relação a substâncias-padrão)
- Propor alternativas quanto ao uso e ao descarte convencional dos compostos-alvo.
- Avaliar as vantagens e limitações das alternativas propostas para o gerenciamento dos compostos-alvo.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS)**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, foi instituída em 2010 e pode ser considerada uma mudança paradigmática, especialmente em face da situação anterior de quase ausência de normas legais sobre o tema que tivessem aplicação nacional (ARAÚJO, 2013). A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Em caráter normativo, anterior a esse período, a Associação Brasileira de Normas Técnicas já conceituava e estabelecia os padrões e normas para classificação e armazenamento dos resíduos sólidos por meio da NBR 10.004 (ABNT, 2004). Segundo esta norma, os resíduos sólidos, que incluem também semissólidos e líquidos, são aqueles que resultam de atividades industriais, de assistência à saúde, comercial, agrícola, de serviço e de varrição (ABNT, 2004).

Especificadamente sobre os RSS, foi durante a década de noventa, que a maioria dos países começou a preocupar-se com o seu adequado manejo, o que desencadeou a emissão de decretos e leis que proporcionaram um marco jurídico para uma gestão adequada destes resíduos (MUNITIS; MICUCCI, 2002). Para Schneider (2004), essas legislações vêm também incorporando novas exigências no monitoramento das emissões de compostos voláteis e no lançamento de resíduos nos corpos hídricos.

No cenário legal e normativo nacional, o tema, por sua vez, passou a figurar através da Resolução Conama nº 05 (CONAMA, 1993). A sua revisão, que se deu através da Resolução nº 358 (CONAMA, 2005), e a RDC nº 306/2004 (ANVISA, 2004) buscam orientar, definir regras e regular a conduta dos diferentes agentes, no que se refere à geração e ao manejo dos resíduos de saúde, objetivando preservar a saúde e o meio ambiente, assim como garantir a sustentabilidade.

Os RSS, que anteriormente eram chamados imprecisamente de resíduos hospitalares, são aqueles resultantes de atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde (ABNT, 2013a). A Anvisa (2004) define como geradores de RSS:

...todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem

atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, dentre outros similares.

As orientações para manejo, acondicionamento, coleta interna intermediária, bem como armazenamento externo dos RSS, são recomendados por meio dos seguintes instrumentos normativos: NBR 12.807:2013 – Terminologia de Resíduos de serviços de saúde (ABNT, 2013a); NBR 12.808:1993 – Resíduos de serviço de saúde (ABNT, 1993a) (atualmente em revisão); NBR 12.809:2013 – Manuseio de resíduos de serviços da saúde (ABNT, 2013b) e NBR 12.810:1993 – Coleta de resíduos de serviços da saúde (ABNT, 1993b) (atualmente em revisão).

Os RSS são tratados como um tema especial, uma vez que apresentam grande heterogeneidade, visto que neles se encontram características de outros tipos de resíduos como os gerados nos domicílios – pela grande presença de resíduos comuns, nas indústrias – pela sua natureza química e em de fontes radioativas além daquele que confere características peculiares aos provenientes de instituições de saúde: os infectantes (SCHNEIDER; PAIZ; STÉDILE, 2012).

Os RSS podem oferecer risco à saúde e ao ambiente, pela possível presença de agentes químicos, biológicos e/ou radioativos, apresentando também algumas características físicas e químicas, tais como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (TAKAYANAGUI, 2005). Devido ao potencial poluente contra o meio ambiente e infeccioso contra a saúde humana, os RSS exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento, que vão desde a etapa de geração até o momento de disposição final (SEVERO, 2010).

Este potencial de risco dos RSS tem sido considerado o fator norteador para as diferentes etapas de seu gerenciamento, tais como a segregação, o cuidado com o manejo, o acondicionamento, entre outras. Conforme a resolução RDC 306/2004 (ANVISA, 2004), o gerenciamento destes resíduos engloba um conjunto de procedimentos de gestão, a serem planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a geração e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro, realizado de forma eficiente, visando, além da proteção da saúde humana, a preservação do meio ambiente.

Segundo Cussiol (2008) o gerenciamento de resíduos é o conjunto de atividades técnicas e administrativas aplicáveis ao manuseio, minimização da geração, segregação na origem, coleta, acondicionamento, transporte, armazenamento, tratamento, controle, registro e à disposição final dos resíduos. O gerenciamento é o controle de forma mais eficiente dos potenciais riscos aos quais os profissionais estão expostos durante o desempenho das atividades, a fim de assegurar a saúde, prevenir acidentes, bem como minimizar impactos ambientais (FORMAGGIA, 1995).

A segregação dos resíduos deve ser realizada no próprio ponto de geração e de acordo com as características de cada um, verificando assim as exigências de compatibilidade química dos resíduos entre si, para que acidentes possam ser evitados (BERNARDES JÚNIOR, et al., 2003). Dessa forma, a segregação tem como intuito minimizar os riscos de contaminação do meio ambiente, dos trabalhadores, desde a unidade até a coleta final, e evitar o contato dos resíduos comuns com os resíduos infectantes (RIBEIRO FILHO, 2000).

Os resíduos gerados no serviço de saúde devem, assim, ser manipulados de forma adequada, considerando o acondicionamento e descarte, especialmente em situações favoráveis aos agentes de risco (CUSSIOL, 2008). As instituições que zelam pela saúde da comunidade devem tratar o cuidado com o manejo dos resíduos como uma das suas prioridades (CAETANO; GOMES, 2006).

Em termos qualitativos os resíduos devem ser classificados com base em características voltadas ao risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente, que os tornem importantes do ponto de vista sanitário, operacional e ambiental. Tanto a Anvisa (2004) quanto Conama (2005) orientam para a classificação dos RSS, de acordo com o potencial de risco biológico (Grupo A), químico (Grupo B), radiológico (Grupo C) e físico (Grupo E). As tipologias dos RSS são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde conforme Anvisa (2004) e Conama (2005)

(continua)

<b>Resíduo</b>	<b>Conceitos</b>
<b>Grupo A</b>	<b>Resíduos Infectantes</b>
<b>A1</b>	Culturas e estoques de microrganismos, resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; meios de cultura e instrumentais para transferência, inoculação de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética. Resíduos resultantes de vacinação. Resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes Classe de Risco 4*. Bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes; sobras de amostras contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde conforme Anvisa (2004) e Conama (2005)  
(continuação)

<b>A2</b>	Caraças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação.
<b>A3</b>	Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou seus familiares.
<b>A4</b>	Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores; filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares; sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não são pertencentes à Classe de Risco 4; peças anatômicas e outros resíduos provenientes estudos anátomo-patológicos; carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações.
<b>A5</b>	Órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.
<b>GRUPO B</b>	<p style="text-align: center;"><b>RESÍDUOS QUÍMICOS</b></p> <p>Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.</p> <p><b>Resíduos Líquidos:</b> Medicamentos líquidos, reagentes, solventes, entre outros. <b>Resíduos Sólidos:</b> Medicamentos sólidos, reagentes sólidos, entre outros.</p>
<b>GRUPO C</b>	<b>RESÍDUOS RADIOATIVOS</b>
<b>GRUPO D</b>	<b>RESÍDUOS COMUNS</b> Orgânico e recicláveis
<b>GRUPO E</b>	<b>RESÍDUOS PERFUROCORTANTES</b>
	Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (placas de Petri, ampolas, lâminas, lamínulas e outros similares).

Fonte: elaborado pelo autor.

\* elevado risco individual e para a comunidade

Quanto à geração mundial, segundo Rodrigues (2009), os resíduos de serviços de saúde correspondem à menor quantidade dentre as categorias de resíduos. No Brasil são gerados, aproximadamente, 120 mil toneladas de resíduos sólidos por dia, sendo que 1 a 3% desses são gerados pelos serviços de saúde e, destes, 10% a 25% representam risco ao meio ambiente e à saúde coletiva (ANVISA, 2006; TAKAYANAGUI, 2005). Porém, autores mais recentes apontam que são limitadas as informações confiáveis, disponíveis na literatura acerca das quantidades e características dos diferentes tipos de resíduos que são gerados no setor da saúde (DIAZ et al., 2008).

Estudos têm relatado ainda que as quantidades de resíduos gerados por estabelecimentos do setor da saúde variam por alterações na legislação local (BDOUR et al., 2007). Por outro lado, segundo Schneider et al. (2004) os principais fatores que contribuem para o aumento da geração desses resíduos estão relacionados à complexidade da atenção

médica, à crescente utilização de material descartável e ao aumento da população idosa que necessita de serviços de saúde.

Em estudos realizados por Sanchez Gomez (2002) e Corrêa (2003), os países latino-americanos apresentam uma composição dos RSS que equivalem de 68 a 72% de resíduos do grupo D (resíduos comuns), 20 a 25% de resíduos do grupo A (potencialmente infectantes), 2% de resíduos de grupo E (perfurocortantes), 5% de resíduos do grupo B (químicos e medicamentos) e 1% de resíduos do grupo C (rejeitos radioativos). Dados de Schneider e colaboradores (2013) apontam que a composição dos RSS gerados pelo hospital escola, que, é o mesmo deste presente estudo, representam 70% do grupo D (resíduos comuns), 25% de resíduos do grupo A (potencialmente infectantes), 1% de resíduos de grupo E (perfurocortantes), 4% de resíduos do grupo B (químicos e medicamentos).

### 3.2 RESÍDUOS QUÍMICOS EM ESTABELECIMENTOS DE ENSINO E DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE

Os resíduos pertencentes ao Grupo B e que, conforme RDC nº 306/2004 (ANVISA, 2004) são os que contêm substâncias ou agentes químicos, podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Segundo Binsfeld (2004), agente químico é toda substância que durante o seu uso possa causar dano ao trabalhador ou contaminar a atmosfera do ambiente ocupacional em quantidade que lhe seja prejudicial.

O número de produtos químicos registrados no CAS RN (*Chemical Abstracts Service Register Number*) já atinge a casa de dezenas de milhões. Bem menos que isso, cerca de 100.000 substâncias químicas são consideradas como de uso corrente, principalmente pela indústria (BINSFELD, 2004).

Dados de Bigolin et al. (2006), mostram que, a cada ano, cerca de 1.500 novos compostos químicos entram no mercado mundial, unindo-se aos 70.000 já existentes. Ainda segundo estes autores, estima-se que a produção global de produtos químicos aumentará em 85% ao longo da próxima década e meia. Vesilind e Morgan (2011) identificaram mais de 50.000 substâncias químicas classificadas como resíduos perigosos.

Dentre os componentes químicos dos RSS, destacam-se: os tóxicos, corrosivos, inflamáveis, reativos, genotóxicos, mutagênicos; os produtos mantidos sob pressão (gases, quimioterápicos, pesticidas, solventes, ácido crômico); os efluentes da limpeza de vidrarias de laboratórios, mercúrio de termômetros, substâncias para revelação de radiografias, baterias e

óleos lubrificantes, entre outros (SCHNEIDER, 2004). Dentre os resíduos químicos de maior geração em instituições de saúde, estão o formaldeído (ou formol), os isômeros xilenos (ou xilol) e o glutaraldeído (COSTA; FELLI, 2012).

Com o crescente aumento do número de atendimentos e dos procedimentos médicos, há também uma geração cada vez maior de resíduos e, por consequência, cresce também a complexidade da sua composição, com o consequente aumento dos impactos da sua destinação (ALMEIDA, 2010).

A maioria das instituições de ensino e pesquisa faz uso ocasional ou constante de algum produto químico em sua atividade rotineira e básica (ensino, pesquisa e extensão). Estas atividades podem gerar, paralelamente, resíduos químicos de diversos graus de periculosidade, que podem necessitar de tratamento físico, físico-químico ou químico adequado, antes de serem enviados à disposição final (AFONSO et al., 2003).

É importante ressaltar que os resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisas na área química apresentam índices de geração insignificantes quando comparados às indústrias de grande porte deste mesmo ramo, como as de produtos químicos e petroquímicas (ZANCANARO Jr., 2002). Estudos de Tavares e Bendassolli (2005) apontaram que os laboratórios de universidades quando comparados ao setor industrial, representam 1% do total de resíduos perigosos (Classe I) gerados em um país em desenvolvimento.

Por outro lado, este tipo específico de resíduo possui composição variada e inconstante e dificilmente encontra-se um método padrão e eficaz para o seu tratamento (GERBASE et al., 2005).

Resíduos gerados em laboratórios são, em geral, produtos químicos fora do prazo de validade, solventes orgânicos, compostos halogenados ou não, soluções ácidas e básicas diluídas ou contaminadas, soluções de metais pesados, misturas complexas resultantes de reações químicas, catalisadores e óleos usados, amostras contaminadas, entre outros (FIGUEIREDO; JACOVELLI, 2006).

Grande parte destes químicos residuais gerados em laboratórios pode oferecer risco/periculosidade em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), e serem classificados, segundo a norma, como sendo Classe I.

As instituições de ensino, por gerarem pequenas quantidades de resíduos químicos, são tratadas como atividades não impactantes pelos órgãos de proteção ambiental sendo, conseqüentemente, pouco fiscalizadas (CARDOSO; HOLANDA; CARDOSO, 2010). De

acordo com Afonso et al. (2003), a ausência de um órgão fiscalizador, a falta de visão e o descarte inadequado levaram muitas instituições a poluir o meio ambiente, promover o desperdício de material e arcar com o mau gerenciamento dos produtos sintetizados ou manipulados.

Além disso, tem-se observado que os resíduos que apresentam maior periculosidade são acondicionados e armazenados no próprio laboratório, aguardando um destino final, e outros com menor periculosidade são descartados diretamente na tubulação (SCHNEIDER et al., 2008). A negligência, em termos de gestão de resíduos, contribui significativamente para poluir o ambiente, afeta a saúde dos seres humanos e esgota os recursos naturais (SAURABH et al., 2009).

Segundo Saurabh (2009), os resíduos químicos são de responsabilidade de seus geradores e a gestão da instituição deve colocar em prática um processo de descarte que preserve a segurança dos usuários e do meio ambiente, com princípios norteadores de verificar quem gera o resíduo químico, minimizar a geração, recuperar o resíduo quando possível e promover o descarte correto.

Dentro desse quadro, pode-se inferir que um dos problemas mais graves relacionado à manipulação incorreta de produtos ou resíduos químicos refere-se aos danos ambientais. Para contornar essa situação, as legislações ambientais de todos os países do mundo, vêm evoluindo e se adaptando às novas realidades, visando coibir severamente os abusos (SANTIAGO-SILVA, 2001). Atitudes responsáveis vêm mudando esta realidade e profissionais começam a desenvolver esta conscientização (AMARAL et al., 2001).

Neste sentido, instituições hospitalares, que são estabelecimentos que promovem a saúde, e instituições de ensino, que possuem o compromisso de formar profissionais, devem ser modelos das políticas públicas de preservação ambiental com práticas sustentáveis e respaldadas nas normas vigentes (BRAGA et al., 2012).

### 3.3 O GLUTARALDEÍDO

O glutaraldeído é um dialdeído, alifático, de baixo peso molecular, líquido, miscível em água, álcool e solventes orgânicos (HARVEY, 1990). Na temperatura ambiente é incolor, oleoso, com odor pungente (BEAUCHAMP et al., 1992), sendo que se mantém estável à luz, se oxida em contato com o ar e polimeriza quando aquecido (BEAUCHAMP et al., 1992).

Normalmente, a solução é a 2%, requerendo bicarbonato de sódio para ativá-la por meio de alcalinização (pH 7,5 a 8,5) (DRUGDEX, 2007). A Tabela 2 traz as propriedades físico-químicas do glutaraldeído.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas do glutaraldeído

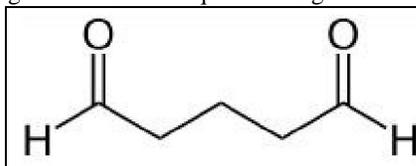
<b>Glutaraldeído</b>	
Nome químico	Pentano-1,5-dial <sup>1</sup>
Família química	Aldeído <sup>1</sup>
CAS n°	111-30-8 <sup>1</sup>
pH	3 – 4 <sup>2</sup>
Fórmula molecular	C(5)H(8)O(2) <sup>1</sup>
Ponto de fusão (°C)	-14 <sup>3,4</sup>
Ponto de ebulição (°C)	95 <sup>3,4</sup>
Densidade (g/mL)	1,06 (a 20 °C) <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelo autor

1 WHO, 2004; 2 HARVEY, 1990; 3 BEAUCHAMP et al., 1992; 4 BALLANTYNE, 1995.

A estrutura química do glutaraldeído encontra-se na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura química do glutaraldeído



Fonte: *National Toxicology Program* – NTP (2000).

O glutaraldeído foi produzido comercialmente pela primeira vez em 1951, a partir da oxidação do 1,5-pentano diol. Industrialmente é produzido por reação contínua de alcoxidihidropirano a 200°C e 16 bar e a partir de dihidropiranos (*UNITED STATES PATENT*, 2003).

De acordo com Kok e Boon (1992), o glutaraldeído foi introduzido inicialmente na área biológica, como agente de fixação de tecidos, para a sua observação através de microscopia eletrônica de transmissão. O mecanismo de ação está na reação do glutaraldeído com os grupos -NH<sub>2</sub> livres de outros compostos originando a formação de uma base de Schiff (C=N) (WANG et al., 2004).

Sua aplicação estendeu-se posteriormente a outras áreas, que incluem técnicas de imobilização de enzimas, fluido de embalsamamento, soluções de curtimento de couros, e como um intermediário na produção de certos produtos químicos industriais, entre eles farmacêuticos e pesticidas (*AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE*,

*ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF MEDICAL INSTRUMENTATION* – ANSI/AAMI, 1996).

Já em ambientes hospitalares e de assistência à saúde, o glutaraldeído é utilizado na desinfecção e na esterilização de equipamentos termo sensíveis, através da imersão, sendo o protocolo correto que de 30 minutos de imersão para desinfecção e de 8 a 10 horas para esterilização (ANVISA, 2007). O glutaraldeído é um agente desinfetante bactericida que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas. É eficaz contra *Mycobacterium tuberculosis*, alguns fungos e vírus, incluindo os da hepatite B e HIV (ANVISA, 2007).

O seu rápido tempo de ação (30 minutos), sua facilidade operacional (requer somente ativação e não diluição), bem como o dano mínimo aos equipamentos delicados (especialmente os endoscópios), foram determinantes para a utilização em ampla escala deste germicida.

O uso do glutaraldeído é proibido em alguns países da Europa, por não oferecer segurança, do ponto vista ocupacional (DAS et al., 2007). No Brasil, a RDC N° 08 (ANVISA, 2009) proíbe o uso do glutaraldeído para a esterilização, entretanto continua sendo indicado para a desinfecção de alto nível para artigos que entram em contato com orifícios naturais, como os endoscópios.

Estudos demonstram que o glutaraldeído a 2% é o germicida mais utilizado para a desinfecção de alto nível em materiais semicríticos, nos serviços de endoscopia, no mundo (FRATILA; TANTAU, 2006; BRITISH SOCIETY OF GASTROENTEROLOGY - BSG, 2005). Entende-se por desinfecção de alto nível aquela que pode destruir todos os microorganismos, com exceção de alta concentração de esporos bacterianos (RUTALA, 1996). Materiais semicríticos são aqueles que entram em contato com as membranas e mucosas e devem estar livres de microorganismos, principalmente em suas formas vegetativas (PETERSEN, 1999; RUTALA, 1996; RUTALA; WEBER, 1999).

### **3.3.1 Efeitos do glutaraldeído sobre a saúde humana**

A exposição humana a vapores de glutaraldeído tem sido associada à ocorrência de coriza, epistaxe, dor de cabeça, asma, dor no peito, palpitação, taquicardia, náusea e vômito. Outros sintomas são rinite, dificuldade respiratória e lacrimejamento (POISINDEX, 2007). O glutaraldeído é um composto tóxico, irritante para a pele e mucosas (MALVEZZI; BRONHARA, 2004), podendo provocar dermatite e sensibilização da pele, e em casos mais

extremos, podem ocorrer queimaduras (POISINDEX, 2007). No trato respiratório pode causar irritação e os sintomas incluem tosse e aumento da frequência respiratória. Nos olhos causa irritação, vermelhidão e dor, podendo resultar em cegueira temporária ou permanente (WHO, 2004).

A Agência de Saúde Ocupacional dos Estados Unidos (*Occupational Safety and Health Administration* – OSHA) e a Agência Internacional para a Investigação do Câncer (*International Agency for Research on Cancer* – IARC) classificam o glutaraldeído, como um agente não mutagênico, não cancerígeno e sem toxicidade sistêmica (IARC, 2006). Já a *New Zealand Nurses Organization* (2004) considerou o glutaraldeído neurotóxico, levando à perda de memória e à dificuldade de concentração, além de cansaço e fadiga.

Estudos realizados por Xelegati et al. (2006) identificaram o glutaraldeído como uma das substâncias químicas mais prejudiciais para os profissionais da saúde. O limite de exposição ocupacional máximo permitido de glutaraldeído no ar é de 0,2 ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), por um período máximo de 10 minutos (ALVARADO; REICHELDERFER, 2000; VYAS et al., 2000; *OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH*, 2006; ANVISA, 2007). A exposição por tempo prolongado a esta concentração já poderá irritar olhos, nariz ou garganta (TIPPLE et al., 2006).

Outros autores também associam sintomas respiratórios, irritação dos olhos, nariz e náuseas, como sugestivos de doenças ocupacionais identificadas em profissionais de saúde expostos ao glutaraldeído, nos serviços de endoscopia (VYAS et al., 2000; KATAGIRI et al., 2006).

O diagnóstico de asma ocupacional foi confirmado em oito profissionais de saúde, após exposição ao glutaraldeído (STEFANO et al., 1999). Na tentativa de redução dos casos de asma ocupacional a HSE (*Health Safety Executive*) tem encorajado a substituição do glutaraldeído por outros germicidas alternativos, para o reprocessamento dos endoscópios (*HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE* – HSE, 2006).

Para o reprocessamento do endoscópio, a Sociedade Brasileira de Enfermagem em Endoscopia Gastrointestinal (SOBEEG, 2006) recomenda o uso dos EPI (óculos, luvas de látex, máscara de procedimento, avental de manga longa e avental de plástico), substituição da máscara de procedimento pela máscara de carvão ativado, e de luva de látex por luvas de nitrila, no decorrer do processo de desinfecção. Além disso, também recomenda a utilização de protetor auricular durante a secagem do endoscópio.

### 3.3.2 O glutaraldeído no meio ambiente

O glutaraldeído é uma substância hidrofílica, passível de biodegradação rápida e não bioacumulativa. Porém é considerada de categoria R50, o que significa que é muito tóxico para os organismos aquáticos, estando a DL<sub>50</sub> para os peixes abaixo de 1 mg/L em 96 horas (TEAF, 2000).

Na atmosfera sofre degradação fotoquímica (resultando em subprodutos menos tóxicos) e, por ser hidrofílico, é dissolvido na umidade presente na atmosfera, ou removido por dissolução na chuva (*ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY*- EPA, 2002).

### 3.4 OS XILENOS (XILOL)

Os xilenos (dimetilbenzeno) são constituídos por uma mistura de 3 hidrocarbonetos aromáticos isômeros: ortoxileno (*o*-xileno), para-xileno (*p*-xileno) e o meta-xileno (*m*-xileno) sendo este último o mais abundante (COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, CETESB, 2012). O xilol geralmente contém 20% do isômero orto, 40% do meta e 20% do para-xileno, com 15% de etilbenzeno e pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos aromáticos (EPA, 2003).

O xilol (nome comercial da mistura dos isômeros) é obtido a partir do petróleo, pelo processo de reforma, por isso possui baixo teor de enxofre (GARDNER, 1996; JACOBSON; McLEAN, 2003). A Tabela 3 traz as propriedades físico-químicas dos xilenos.

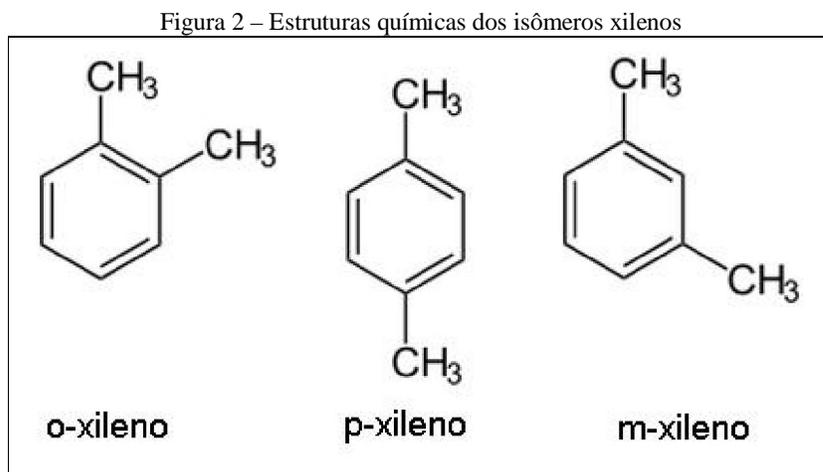
Tabela 3 – Propriedades físico-químicas dos xilenos

<b>Xilenos</b>	
Nome químico	1,2 – dimetilbenzeno ( <i>o</i> -xileno), <sup>1</sup> 1,3 – dimetilbenzeno ( <i>p</i> -xileno) <sup>1</sup> 1,4 – dimetilbenzeno ( <i>m</i> -xileno) <sup>1</sup>
Família química	Hidrocarboneto
CAS n°	1130-20-7 (xilenos mistos) 1 95-47-6 ( <i>o</i> -xileno) 1 108-83-3 ( <i>m</i> -xileno) 1 106-42-3 ( <i>p</i> -xileno) 1
pH	Não se aplica (produto não dissociável) <sup>2</sup>
Fórmula molecular	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Ponto de fusão (°C)	47,9 <sup>3</sup>
Ponto de ebulição (°C)	140 <sup>3</sup>
Densidade (g/mL)	0,8662 (a 20 °C) <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>1</sup> CETESB (2012); <sup>2</sup> MERCK & CO. (1996); <sup>3</sup> GARDNER (1996).

As estruturas químicas dos três isômeros são apresentadas na Figura 2.



Fonte: Merck & CO. (1996).

De acordo com Gardner (1996), o xilol é um líquido inflamável, incolor, de odor adocicado característico. É praticamente insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos como acetona, benzeno, etanol absoluto e éter (GARDNER, 1996). Segundo Chen et al. (2010) é estável à temperatura ambiente e sob condições normais de uso.

É considerado um resíduo químico de risco (RQR), pois tem um ponto de fulgor (*flash point*), entre 17-25°C, enquadrando-se na categoria de produto inflamável (ponto de fulgor abaixo de 60°C) (IARC, 2006).

O xilol é essencialmente um produto químico sintético. Segundo Gardner (1996) é obtido da destilação fracionada do alcatrão e da hulha e por processos petroquímicos, sendo os maiores produtores mundiais são o EUA e Porto Rico. No Brasil, há somente uma empresa que produz exclusivamente o *p*-xileno (CHEN et al., 2010).

Junqueira e Carneiro (2004) e Metgud e colaboradores (2013) demonstraram que, em laboratórios de saúde, o xilol é um produto importante nos procedimentos para diagnósticos histopatológicos e citológicos durante o processamento e confecção de lâminas histológicas. Seu alto fator de solvência permite o máximo de retirada de álcool dos tecidos, tornando-os translúcidos e melhorando a infiltração pela parafina. Suas excelentes capacidades de desparafinação e diafanização (clareamento) são importantes durante os procedimentos de coloração histológica (COSTA et al., 2007).

De acordo com Moraes et al. (2005) e Langman (1994), o xilol também é largamente utilizado como solvente para tintas, vernizes, indústrias de corantes e tinturas, preparados

farmacêuticos, indústria de polímeros, produção de ácidos ftálicos, fibras sintéticas, couro, tecidos e papéis. Na indústria do petróleo é usado como aditivo para combustíveis com alta octanagem e como solvente em análises laboratoriais (NARDI, 2002).

Pela excelente capacidade de dissolver altas concentrações de princípios ativos e por sua alta volatilidade, o xilol é amplamente utilizado nas formulações de pesticidas (WHO, 1997).

Alguns isômeros são mais utilizados que os outros, pois estes variam nas estruturas assim como em suas propriedades. O *p*-xileno é o mais importante isômero comercial, enquanto que o *m*-xileno é o menos utilizado. O *m*-xileno é isomerizado com o *p*-xileno e o *o*-xileno para a produção do ácido isoftálico, o qual é utilizado na produção de resinas insaturadas de poliéster (RODRIGUES, 2005).

### **3.4.1 Efeitos dos xilenos sobre a saúde humana**

A exposição aos xilenos pode ocorrer por meio de inalação, ingestão e contato com olhos ou com a pele. O tipo e a gravidade dos efeitos sobre a saúde dependem de diversos fatores, incluindo a quantidade de composto e a duração do tempo de exposição (*AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE*– ATSDR, 2007)

A principal via de exposição humana ao xilol é a inalatória. O composto é irritante dos olhos, pele e mucosas. A inalação por curto prazo pode causar dispnéia, irritação dos olhos e garganta, vômito e desconforto gástrico, entre outros sinais e sintomas. Trabalhadores que inalaram misturas de xilol por longos períodos apresentaram narcose, irritação do trato respiratório e edema pulmonar (JACOBSON; McLEAN, 2003).

O contato do xilol com as membranas mucosas causa irritação grave e no sistema nervoso atua como narcótico com uma ação depressora, sendo o limite de tolerância em ambiente atmosférico do xilol é de 78 ppm (COSTA et al., 2007). Segundo o autor, em nível pulmonar, a biotransformação do xilol, pode resultar numa ação deletéria em muitos componentes celulares.

O xilol não provoca efeitos mutagênicos ou carcinogênicos. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 2006) classifica o xilol no grupo 3 – não classificável quanto à oncogenicidade. Porém estudos de Kandyala, Raghavendra e Rajasekharan (2010) demonstram que os xilenos podem produzir efeitos fetotóxicos, como atraso na ossificação e alterações comportamentais em animais, mesmo na ausência de toxicidade materna.

### 3.4.2 Os xilenos no meio ambiente

O xilol oferece risco de contaminação durante os processos de produção, embalagem, transporte e utilização (CAZARI et al., 2013). Os xilenos são liberados por emissão fugitiva de fontes industriais, exaustão veicular e volatilização por seu uso como solvente (ROM, 1983). A maioria do xilol que é liberado acidentalmente evapora e atinge diretamente a atmosfera (CAZARI et al., 2013).

Na atmosfera, os isômeros de xileno degradam-se rapidamente, principalmente por foto-oxidação, em cerca de 18 horas (EPA, 2003). Segundo a instituição, os vapores são mais pesados que o ar e podem propagar-se para longas distâncias até fontes de ignição e inflamar-se, podendo inclusive causar explosões sob ação do calor.

Na água e no solo, os meta e os para-isômeros degradam-se facilmente, em uma ampla variedade de condições aeróbias e anaeróbias, porém o isômero orto é mais persistente (WHO, 1997). Em caso de derramamento no solo, espera-se que o produto se evapore em grau moderado, podendo, portanto, ocorrer percolação e contaminação de águas subterrâneas (JURAS, 2005). A concentração basal média em águas subterrâneas não contaminadas geralmente é inferior a 0,1 µg/L (WHO, 1997).

De acordo com Teaf (2000), as águas residuais de controle de incêndios e o efluente proveniente das águas de diluição podem causar sérios danos à vida aquática, já que o DL<sub>50</sub> (96 horas) para os peixes varia entre 16 mg/L e 110 mg/L. Segundo a Ficha de Informação de Produtos Químicos da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e *National Institute of Occupational Safety Health* (NIOSH), o xilol ou xileno é tóxico também para outros organismos como ratos, peixes, camundongos, protozoários, bactérias e algas (SILVA et al., 2002)

### 3.5 O FORMALDEÍDO (FORMOL)

O formaldeído é o mais abundante, importante e simples aldeído no ambiente (TEAF, 2000), caracterizando-se por ser uma substância extremamente volátil, incolor, com um forte odor irritante, muito solúvel em água, e com alta reatividade química (BREATHERICK, 1986).

A Tabela 4 ilustra as propriedades físico-químicas do formaldeído.

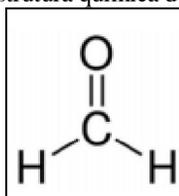
Tabela 4 – Propriedades físico-químicas do formaldeído

<b>Formaldeído</b>	
Nome químico	Metanal 1
Família química	Aldeído
CAS n°	50-00-0 1
pH	2,8 - 4 2
Fórmula molecular	CH <sub>2</sub> O 2
Ponto de fusão (°C)	- 92 2
Ponto de ebulição (°C)	- 19 2
Densidade (g/mL)	1,084 (a 20 °C) 3

Fonte:<sup>1</sup> WHO, 2001; <sup>2</sup> COELHO, 2009

A estrutura química do formaldeído é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura química do formaldeído



Fonte: Coelho (2009).

O formaldeído puro não é comercializado, pois apresenta uma forte tendência à polimerização (WINDHOLZ, 1983). Metanol e outras substâncias são normalmente adicionados às soluções como estabilizantes para reduzir a polimerização intrínseca. (FORMALDEHYDE, 2008). Comercialmente é encontrado em solução aquosa a 38-40% em peso, e contém de 8-15% de metanol como estabilizante para evitar a polimerização (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, 2003).

Segundo a Agência de Proteção para Humanos - *Office for Human Research Protections* (OHRP, 1999), o formaldeído pode estar presente em diversas resinas do tipo fenólicas e uréicas, alguns poliacetatos, hexaminas e uma mistura de outros compostos em menor quantidade. Na forma sólida, o formaldeído é comercializado como trioxano e paraformaldeído, com 8-100 unidades de formaldeído (TEAF, 2000).

O formol é solúvel em álcool, éter, acetona e benzeno. É incompatível com aminas, com as quais realiza forte reação exotérmica onde há intensa polimerização com liberação de gás nitrogênio. Também é incompatível com metais alcalinos e alcalino-terrosos, nitritos e nitrocompostos, peróxidos orgânicos e agentes oxidantes. Nestas reações, ocorre formação de

vapores que favorecem a flamabilidade (*CONCISE INTERNATIONAL CHEMICAL ASSESSMENT*, CICADS, 2002).

A empresa Indukern (2008) traz, em sua ficha sobre o formol, a informação de que o produto pode reagir perigosamente com dióxido de nitrogênio, ácido perclórico, álcalis e outras substâncias citadas anteriormente. Com ácido clorídrico pode formar bisclorometil-eter, produto carcinogênico (INDUKERN, 2008). Ainda de acordo com a empresa, um produto perigoso resultante da sua decomposição é o ácido fórmico, corrosivo, formado pela oxidação do formol, quando aquecido, com o oxigênio do ar.

O formaldeído está presente no organismo devido a fontes exógenas e endógenas. Este composto é um metabolito comum do organismo, produzido durante processos celulares normais, geralmente presente em baixas concentrações e com diferentes níveis endógenos existentes ao longo do tempo (OHRP, 1999). A formação de formaldeído pode resultar do metabolismo de compostos endógenos, como aminoácidos (*ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT; SCREENING INFORMATION DATA SETS*, OECD/SIDS, 2002), e de xenobióticos (OHRP, 1999) de sua desmetilação oxidativa (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*, WHO, 2001) e de reações que envolvem compostos de carbono (SURUDA, 2003).

Industrialmente, o formaldeído é produzido desde 1889 por oxidação catalítica do metanol (IARC, 2006). Os principais processos de oxidação do metanol recorrem a catalisadores metálicos (por exemplo, prata e cobre) ou a óxidos de metais (CICADS, 2002). Segundo a instituição, a produção mundial do formaldeído a 37% foi de 32 milhões de toneladas em 2006, com os maiores produtores sendo a China (34%), Estados Unidos (14%) e Alemanha (8%).

O formaldeído é um reagente químico amplamente utilizado na produção de polímeros, resinas, tintas e colas com aplicação nas indústrias têxtil, de resinas e adesivos, de celulose, explosivos, cosméticos, drogas, cigarros e borracha natural. Também é usado no tratamento da madeira, fabricação de vidros, espelhos, coagulação e endurecimento de gelatinas, albuminas e caseínas (NOISEL; BOUCHARD; CARRIER, 2007; SULIMAN; SOMA 2002).

Na área agrícola pode-se destacar o seu uso na produção de fungicidas e pesticidas (INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER, INCA, 2012). Segundo Tang et al. (2010), mais de 65% do total de formaldeído (solução pura) é usado para sintetizar resinas.

Na área da saúde, é utilizado como conservante, anti-micótico em produtos laboratoriais, hospitalares, incluindo os farmacêuticos, e também em produtos de limpeza, conservação de peças anatômica e cadáveres (GAMIZ-GRACIA; CASTRO, 1999).

Segundo a OHRP (1999), a solução mais utilizada para a conservação de cadáveres e peças de anatômicas constitui-se de formol diluído em água, de 8 a 10%. A solução a 10% resulta em uma concentração de aproximadamente, 41 g/L de formaldeído e uma Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 62 g/L (OHRP, 1999).

O formol é de grande importância para a fixação de tecidos, tanto para trabalhos em anatomia e patologia quanto para estudos tanatológicos (PERRONE, 2003). De acordo com Junqueira e Carneiro (2004), ele impede a proliferação de microrganismos e, portanto, a putrefação, além de impedir o rompimento das paredes dos lisossomos, o que provocaria a autólise da célula pelas enzimas ali contidas.

Segundo Mariscal et al. (2005), o formol também é utilizado como desinfetante anti-séptico e na esterilização de objetos sensíveis ao calor os quais não podem ser autoclavados, como citoscópios, laparoscópicos e instrumentos utilizados para hemodiálise.

### **3.5.1 Efeitos do formaldeído sobre a saúde humana**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1989), os principais efeitos tóxicos causados pela exposição aguda por inalação de formaldeído são irritação nos olhos, nariz, garganta e cavidade nasal. Ainda segundo a OMS, outros efeitos observados a partir de exposição a altos níveis de formaldeído em seres humanos são tosse, chiado, dor no peito, e bronquite.

Estudos de Calabrese e Kenyon (1991) demonstraram que a exposição prolongada ao formaldeído em seres humanos conduziu à corrosão do trato gastrointestinal e à inflamação e ulceração da boca, esôfago e estômago. Os mesmos autores relataram que em animais a inalação de formaldeído tem efeitos sobre o epitélio respiratório nasal e causam lesões no sistema respiratório.

Os sintomas mais frequentes no caso de inalação são fortes dores de cabeça, tosse, falta de ar, vertigem, dificuldade para respirar e edema pulmonar (ROM, 1983). Segundo o autor, o contato com o vapor ou com a solução pode deixar a pele esbranquiçada, áspera e causar forte sensação de anestesia e necrose na pele superficial.

Longos períodos de exposição podem causar dermatite e hipersensibilidade, rachaduras na pele (ressecamento) e ulcerações principalmente entre os dedos e conjuntivite (BREThERICK, 1986; GOSSELIN; HODGE; SMITH, 1984).

Em 2004, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classificou o formaldeído como sendo carcinogênico para humanos (Grupo 1). Um estudo feito por Pina (2010), relatou o aumento significativo nas estimativas de risco de leucemia em embalsamadores e patologistas que estão em contato com o formaldeído diariamente.

A reação do formaldeído com ácido clorídrico forma o bis (clorometil) éter, produto que é reconhecidamente cancerígeno. (DA HORA MACHADO et al., 2004; YANG et al., 2000). Os profissionais da área Biomédica, como os anatomistas, técnicos de embalsamamento e de laboratório de Anatomia e os estudantes de medicina durante suas práticas de dissecação são os mais acometidos, visto que a exposição ao formaldeído é reconhecidamente um dos mais importantes fatores de risco (VIEIRA et al.,2013).

### **3.5.2 O formaldeído no meio ambiente**

O formaldeído é um contaminante do ar bem conhecido, cuja liberação para o ambiente pode estar associada à combustão incompleta quer de combustíveis fósseis (processos industriais e tráfego) quer de resíduos (tratamento térmico), ao fumo do tabaco, a reações fotoquímicas que envolvem compostos orgânicos voláteis e à oxidação natural de compostos orgânicos (SULIMAN; SOMA, 2000). Segundo McDow e Tollerud (2003), o formaldeído é emitido por veículos, fábricas, incineradoras, cigarros, madeiras, incêndios florestais e outros processos de combustão naturais.

O formaldeído, considerado um poluente orgânico persistente, contribui com cerca de 50% do total de aldeídos do ar poluído de uma atmosfera urbana (KLAASSEN, 1996; COSTA, 2001). Os aldeídos presentes em ambientes poluídos são formados por oxidação de hidrocarbonetos pela ação da luz (foto-oxidação) e por combustão incompleta (KLAASSEN, 1996). O formaldeído também é formado naturalmente na troposfera (WHO, 2001).

O formaldeído ocupa o primeiro lugar nos impactos ambientais gerados por 45 produtos químicos, segundo a classificação, proposta por Edwards et al. (1999) e a *Environmental Protection Agency* (EPA, 1993). Foram utilizados dados de toxicidade de emissão no ar, água e solo para o ranqueamento.

A descarga de resíduos de formol por ralos de pias de estabelecimentos que fazem uso desta substância pode causar sérios distúrbios para o tratamento biológico de águas

residuais e sério dano à vida aquática, uma vez que o DL<sub>50</sub> (96 horas) para os peixes varia de 10 mg/L a 100 mg/L (*MATERIAL SAFETY DATA SHEET*, MSDS, 2000). A presença de formaldeído nas águas resulta essencialmente da foto-degradação da matéria orgânica dissolvida, a qual está estritamente relacionada com a atividade biológica (KIEBER; MOPPER, 1990).

Se depositado em solo, o formaldeído pode ser lixiviado para águas subterrâneas. O formaldeído apresenta uma meia-vida (tempo necessário para que a concentração do composto caia à metade da inicial) de 24 a 168 horas em águas de superfície e 48 a 336 horas em águas subterrâneas (WHO, 2001).

O formaldeído é degradado por diversas culturas microbianas obtidas a partir de lamas e de águas residuais. Quando presente em água de lagos é decomposto em 30 horas, em condições aeróbias a 20°C, e em 48 horas em condições anaeróbias (WHO, 2001). Para emissão no ar, a meia-vida é de menos de 1 dia (PEREIRA; ZAIAT, 2009). Na atmosfera, o formaldeído geralmente se decompõe rapidamente para criar ácido fórmico e monóxido de carbono, que também são substâncias nocivas (COSTA, 2001).

### 3.6 A RECICLAGEM DE SOLVENTES ORGÂNICOS

Ocorrências com produtos químicos solventes, inflamáveis e tóxicos, podem transformar-se em eventos agudos de poluição, devido à interação deletéria que essas substâncias têm com seres vivos como podemos ver nas suas informações ecológicas (GERBASE et al., 2005).

A incineração como método de tratamento de resíduos final não é um procedimento perfeito sob o ponto de vista ambiental (COELHO et al., 2010). Segundo o autor, por essa razão, atividades de reciclagem são ambientalmente corretas e bem vindas, uma vez que a reutilização dos solventes contribui positivamente para uma desaceleração na produção de gases resultantes da incineração, com consequências benéficas para o meio ambiente.

Os resíduos reciclados podem não somente ser sucessivamente reutilizados no mesmo processo em que foram gerados, como também podem se transformar em matéria-prima para outros processos (AMARAL et al., 2001). A reciclagem de materiais tem alta prioridade, quando comparada com o descarte, se for tecnicamente possível, se os custos da reciclagem forem aceitáveis e se existir um mercado para os materiais reciclados (JACOBI; BESEN, 2011).

Solventes orgânicos podem ser reutilizados após técnicas de destilação, precedida de uma limpeza e sucedidos por uma análise de pureza (AFONSO et al., 2003). A destilação tem como finalidade a separação de misturas de líquidos voláteis e se baseia no fato de que cada substância tem um ponto de ebulição característico (LEVADA, 2008). Após a separação por destilação, o solvente pode ser lavado com água e ácidos inorgânicos, e as impurezas podem ser retiradas através de carvão ativo (AFONSO et al., 2003).

Segundo Afonso et al. (2003), pode-se fazer uso de técnicas como espectrofotometria UV-Visível, cromatografia gasosa, densidade e índice de refração para se verificar as condições dos compostos reciclados.

Um ponto fundamental para eficiência da reciclagem é a redução da diversidade de solventes usados. Portanto, a re-verificação de processos usuais de atendimento aos pacientes e de práticas em laboratórios de ensino devem ser revistos a fim de se verificar a possibilidade de diminuição da quantidade e diversidade de solventes utilizados. A redução dos resíduos gerados é uma necessidade econômica, social e legal, sendo uma tendência a adoção de políticas rígidas por entidades de diversos países a fim de apoiar a redução, a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados (BUTLER; HOOPER, 2005; JOHN; ZORDAN, 2001)

Para Palma e Di Vitta (2011) para uma reciclagem efetiva dos solventes usados é necessário uma segregação, isto é uma coleta específica para evitar dificuldades na purificação. A segregação de resíduos consiste na separação dos mesmos, de acordo com suas propriedades químicas, físicas e biológicas, com seu estado físico e seus tratamentos ou utilizações, permitindo o reúso, a reciclagem ou ainda tratamentos mais seguros e baratos (PALMA; DI VITTA, 2011). A segregação deve ser sempre efetuada no momento e no local de sua geração (CETESB, 2004).

A reciclagem e reutilização de um solvente por uma instituição que o gera mostram-se vantajosas no ponto de vista de fazer-se um gerenciamento completo dentro da própria instituição, garantindo que o impacto gerado por esses resíduos seja minimizado no transporte e na disposição final (PRADO, 2003). Sanseverino (2002) afirma que há a vantagem em termos de custos, uma vez que a não recuperação de solventes acarreta, geralmente, um maior custo em termos de tratamento de efluentes e desperdício de um material que poderia ser reaproveitado.

Estudos de Lincoln (2006) mostraram que a reciclagem de formol por meio do processo de destilação recupera de 80 a 90% de formol, e dependendo da eficiência, pode produzir até formol 100 % puro. Estudos de Levada (2008) mostraram que a recuperação e

reciclagem do xileno proporcionam grandes benefícios ao ambiente, tanto pela diminuição do volume de resíduo a ser descartado quanto pela economia na aquisição de novos produtos.

### 3.7 SAÚDE LABORAL DE PROFISSIONAIS DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE

Os resíduos de serviço de saúde apresentam riscos para a saúde de quem os manipula, mais especificamente para os profissionais da saúde e para os colaboradores que atuam nos serviços de higienização e limpeza das instituições de assistência à saúde (SCHNEIDER, 2004; UYSAL; TINMAZ, 2004; SILVA; HOPPE, 2005; DIAZ; SAVAGE; EGGERTH, 2005).

Um levantamento feito pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), há dez anos, constatou 35 milhões de casos anuais de doenças relacionadas ao trabalho por exposição a substâncias químicas com a ocorrência de 439.000 mortes causadas por: pneumoconioses (36.000 óbitos), doenças respiratórias crônicas (35.500 óbitos), doenças cardiovasculares (30.700 óbitos) e câncer (315.000 óbitos) (*INTERNATIONAL LABOR OFFICE*– ILO, 2004). A Organização Mundial da Saúde, por sua vez, estima que, a cada ano, a população mundial perca uma expectativa de vida saudável de 1 milhão e 400 anos, devido aos diversos tipos de câncer e 7,5 milhões de anos devidos às intoxicações agudas por produtos químicos (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*– WHO, 2002).

Os trabalhadores expõem-se às cargas químicas na execução do seu processo de trabalho na medida em que as cargas de trabalho constituem elementos que interagem entre si e com o corpo do trabalhador, gerando processos de desgastes (SILVA; KURCGANT; QUEIROZ, 1998). Em um estudo sobre a saúde dos trabalhadores de enfermagem verificou-se que foram detectadas 145 substâncias químicas as quais os trabalhadores referiram estarem expostos durante o exercício de suas atividades (COSTA; FELLI, 2005).

Um importante avanço, porém, na proteção do trabalhador de saúde foi a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde (NR 32), publicada em 2008 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2008). A norma tem por finalidade estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral. Portanto, é indispensável a utilização de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) por profissionais que manipulam produtos químicos em sua composição.

A respeito dos EPI's é importante ressaltar que existem no mercado produtos não aprovados pelos órgãos fiscalizadores, ou ainda, ineficientes para determinados fins. Portanto, é imprescindível a utilização de equipamentos de qualidade e específicos para cada tipo de uso. É extremamente recomendável que trabalhadores da área de saúde estejam sempre atualizados, quanto às normas e rotinas do serviço, assim como das medidas de biossegurança, já que são múltiplas as atividades com potencial de risco ao trabalhador (NUNES et al., 2012).

A Biossegurança, apesar de ter recebido algumas definições que restringem seu campo de ação, é considerada, na Saúde do Trabalhador, parte integrante da Segurança e da Higiene do Trabalho, que se preocupa com os trabalhadores da área de saúde e afins, em cujos ambientes de trabalho estão presentes não somente os fatores de riscos biológicos, mas outros que podem agravar diretamente a saúde ou podem ser desencadeadores de acidentes sérios (VIEIRA; LAPA, 2006).

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A seguir são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho, a qual se caracteriza como sendo de caráter experimental, por envolver análises laboratoriais, exploratória, no que tange as observações diretas e documental pela análise documental e registro situacional das condições de gerenciamento de resíduos (POLIT; BECK, 2011.).

O estudo foi desenvolvido em um hospital escola e em um laboratório universitário de Anatomia, localizados na cidade de Caxias do Sul.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES**

O hospital escola em questão opera em forma de convênio entre uma universidade comunitária e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Em funcionamento desde 1998, o hospital possui atualmente 219 leitos ativos, todos destinados a pacientes do Sistema único de Saúde (SUS), com previsão de ampliação de cerca de 120 leitos. O hospital escola atende os 49 municípios que compõe a 5ª Coordenadoria Regional de Saúde, totalizando uma população de mais de um milhão e meio de habitantes.

O laboratório universitário de anatomia, por sua vez, atende semanalmente cerca de 800 alunos em suas aulas práticas dos cursos de Biologia, Educação Física, Enfermagem, Farmácia, Fisioterapia, Medicina, Nutrição, Psicologia, Radiologia e Veterinária.

No laboratório em estudo existem cinco tanques, um com capacidade de armazenar 5.000 litros de formol e os outros quatro com capacidade de armazenar 2.300 litros de formol, cada um. É importante ressaltar que o tanque com capacidade maior recebe os cadáveres e peças anatômicas de animais enquanto que os quatro tanques menores recebem os cadáveres e peças anatômicas de humanos. Nos cinco tanques que estão em uso, o volume total de solução aquosa de formol para a conservação de cadáveres e peças anatômicas é de 14.200 litros.

### **4.2 ANÁLISE DO ATUAL PROCESSO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS NO HOSPITAL ESCOLA E NO LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE ANATOMIA**

A primeira etapa do trabalho envolveu o levantamento da geração de resíduos químicos no hospital escola e no laboratório de anatomia, em especial os compostos

glutaraldeído, xilenos e formaldeído, quantificando e caracterizando o local de geração, bem como o processo e o tratamento aplicado atualmente a cada substância.

Para tal, foram feitas observações diretas locais das condições de geração, a fim de diagnosticar a rotina estabelecida diariamente no gerenciamento, bem como levantamento de informações acerca das quantidades geradas e destinação dada aos resíduos junto ao Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

São também apresentados os custos atuais de destinação dos compostos glutaraldeído, xilenos e formaldeído pós-uso baseados nos preços processados pela empresa terceirizada que realiza atualmente a etapa de destinação de resíduos químicos líquidos da universidade em questão.

#### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS GLUTARALDEÍDO, XILENO E FORMALDEÍDO QUANTO AO GRAU DE PUREZA, EM RELAÇÃO A SUBSTÂNCIAS-PADRÃO

Para a análise cromatográfica foi coletada amostra mensais de glutaraldeído e xilol, pós uso, no hospital escola, entre abril e novembro de 2013. Totalizando, durante o período experimental, 8 amostras de glutaraldeído e 8 amostras de xilol. O glutaraldeído foi coletado no setor de Endoscopia e no Centro de Material Esterilizado (CME), e o xilol foi coletado no setor de Patologia.

As amostras mensais do formol foram coletadas em cada um dos cinco tanques no laboratório universitário de anatomia, totalizando 40 amostras ao longo do mesmo período experimental.

Como padrões para as análises cromatográficas dos compostos glutaraldeído, xilol e formol foram utilizados os próprios compostos adquiridos pelo hospital escola e pelo laboratório universitário, sem prévia utilização ou tratamento, obtidos junto aos setores analisados.

Todas as coletas dos compostos de glutaraldeído, xilol e formol foram em frascos de vidro com capacidade 20 mL.

Após filtração em leito de algodão extraído previamente por *Soxhlet* durante 4h com *n*-hexano, as amostras foram injetadas, em duplicata, em um cromatógrafo a gás Agilent, modelo 7890A, equipado com injetor automático para 16 posições, detector de ionização de chama e injetor *split-splitless*. A coluna capilar utilizada para a separação e identificação dos compostos de interesse tem as seguintes dimensões: 30 m x 0,2 mm (d.i.) x 0,25 µm

(espessura de fase apolar). As condições de análise cromatográfica estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 – Condições de análise cromatográfica dos compostos de interesse

<b>Parâmetro</b>	<b>Condição</b>
Temperatura inicial do forno	100 °C
Tempo inicial	10 min
Temperatura final do forno	100 °C
Temperatura do injetor	300 °C
Temperatura do detector	320 °C
Gás de arraste	He
Fluxo do gás de arraste (mL/Min)	1,0
Volume de injeção (µL)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os cálculos de degradação/inertização dos compostos de interesse foram baseados na comparação direta entre áreas médias dos picos cromatográficos dos padrões e dos compostos de interesse nas amostras.

#### 4.4 PROPOSTA DE ALTERNATIVAS QUANTO AO DESCARTE CONVENCIONAL E QUANTO AO USO DOS COMPOSTOS GLUTARALDEÍDO, XILENO E FORMALDEÍDO

Neste trabalho são apresentadas duas propostas: a revisão do método de descarte atual dos compostos glutaraldeído, xilol e formol e a substituição destes compostos por outros de menor impacto ambiental e à saúde, analisando vantagens e desvantagens das propostas.

As alternativas foram elencadas e analisadas com base na literatura, em estudos e em práticas realizadas em outras instituições, particularmente nos indexados nas bases de dados internacionais Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), PubMed (Mesh), Periódicos CAPES, coleção *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), *National Library of Medicine* (MEDLINE), *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), *National Research Council* (NRC), *National Cancer Institute* (NIC), *National Toxicology Program and Department of Health and Human Services*, *International Agency for Research on Cancer* (IARC), *Environmental Protection Agency* (EPA), *U.S. Bureau of Labor Statistic* (BLS), Instituto Nacional do Câncer (INCA) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 PUBLICAÇÕES**

A seguir são apresentados os resultados do trabalho, na forma de dois artigos. O primeiro (Gestão ambiental de resíduos em um Hospital Escola e em um Laboratório de Anatomia Humana de uma universidade) foi publicado na Revista SCIENTIA CUM INDUSTRIA Vol. 1, No 1 (2013). O segundo artigo (Gerenciamento de resíduos de glutaraldeído, xilenos e formaldeído em um hospital escola e em um laboratório universitário de anatomia) foi submetido à revista Química Nova em 27 de outubro de 2014 e ainda se encontra sob avaliação.

As demais publicações encontram-se no Apêndice I.

**5.1.1 Artigo I****Gestão ambiental de resíduos em um Hospital Escola e em um Laboratório de Anatomia Humana de uma universidade**

Kira Lusa Manfredini\*, Irajá do Nascimento Filho\*, Vania Elisabete Schneider\*

**Resumo**

As atividades científicas e profissionais desenvolvidas em um Hospital Escola e em um Laboratório de Anatomia Humana de uma universidade podem gerar, paralelamente, resíduos químicos de diversos graus de periculosidade, que necessitam de tratamento físico e/ou químico adequado, antes de serem enviados ao destino final. O Hospital Geral (HG) gera mensalmente 10 litros de xilenos e 50 litros de glutaraldeído para prestar a assistência a seus pacientes. Já o Laboratório de Anatomia Humana da Universidade de Caxias do Sul (LA-UCS) usa mais de 10 mil litros para a conservação de cadáveres em tanques. O estudo propõe a analisar o gerenciamento de resíduos químicos deste HG e do LA-UCS e propor técnicas de recuperação e reutilização dos compostos químicos formaldeído, xilenos e glutaraldeído, minimizando assim os impactos gerados pelo uso. Até o presente momento foram coletadas duas séries de amostras (em março e abril de 2013) de xilol, glutaraldeído e formol no HG e também no LA-UCS e pretende-se repetir as coletas com periodicidade mensal, nos próximos dois semestres. Os resultados parciais mostram que, comparando as relações de área e as áreas cromatográficas médias (em  $\mu V.s$ ) dos padrões cromatográficos com os compostos de interesse, houve um aumento no percentual do formol das amostras em relação ao formol padrão (121,84%) pode ser devido à contaminação do mesmo, com compostos orgânicos com tempo de retenção próximos ao composto de interesse; no xilol houve pouca degradação nas amostras, indicando que este composto pode ser reaproveitado nos procedimentos comuns das instituições de saúde; em relação ao glutaraldeído foi observada uma importante degradação pois o composto nas amostras representa apenas 61,88% da área do pico cromatográfico do padrão, portanto o reúso destes compostos pode exigir o emprego de métodos de purificação, tais como destilação simples e destilação fracionada.

**Palavras-chave**

Resíduos químicos, Gerenciamento, Reúso

**Environmental waste management in a School Hospital and in a Laboratory of Human Anatomy of a university****Abstract**

The scientific and professional activities developed in a Hospital School and a Laboratory of Human Anatomy of a university can generate parallel, chemical residues from various degrees of dangerousness, which may require physical treatment and / or suitable chemical, before being sent to final destination. The General Hospital (GH) generates monthly 10 L of xylenes and 50 L of glutaraldehyde to provide assistance to their patients. Already the Laboratory of Human Anatomy of University de Caxias do Sul (AL-UCS) uses more than 10,000 liters for preserving corpses in tanks. The present study aims to analyze the chemical waste management of the GH and the AL-UCS and propose techniques for recovery and reuse of chemicals formaldehyde, glutaraldehyde and xylenes, minimizing the impacts generated by the use, often indispensable and sometimes questionable, of such waste. So far two sets of samples were collected (in March and April 2013) of xylene, glutaraldehyde and formaldehyde in the GH and also at the AL-UCS and it is intended to repeat the collections with monthly periodicity, in the next two semesters. Partial results show that, comparing the relationship of area and the medium areas of the chromatographic (in  $\mu V. s$ ) of patterns with compounds of interest, an increase in the percentage of formaldehyde relative to the samples in standard formalin (121.84%) may be due to contamination with organic compounds with a retention time close to the compound of interest, the xylene was little degradation in the samples, indicating that this compound can be reused in the common procedures of healthcare institutions, with respect to glutaraldehyde significant degradation was observed for the compound in samples represents only 61.88% of the chromatographic peak area of the standard, therefore the reuse of these compounds may require the use of purification methods such as simple distillation and fractional distillation.

**Keywords**

Chemical residues, Management, Reuse

**I INTRODUÇÃO**

Quando não gerenciados ou gerenciados inadequadamente, os resíduos químicos passam a representar um problema em função das potenciais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, o que pode resultar em prejuízos a saúde humana e ambiental através da

poluição do solo, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do ar [1]. Dentre os resíduos químicos de maior geração em instituições de saúde, estão o formaldeído (ou formol), os isômeros xilenos (ou xilol) e o glutaraldeído [2].

O formaldeído é um reagente químico grandemente utilizado na produção de diversos produtos [3] [4]. É um

intermediário químico utilizado em vários campos das ciências da saúde [5] incluindo os produtos farmacêuticos, e também em produtos de limpeza, conservação de peças anatômica e cadáveres [6].

Embora muitos estudos demonstrem sua toxicidade para os seres humanos e ao meio ambiente e seu custo seja relativamente alto [5], o formaldeído é utilizado por grande parte dos estabelecimentos de saúde por ser um método tradicional de preservação de tecidos com resultados satisfatórios [7]. Assim, sua substituição tende a ser difícil, sendo importante o gerenciamento de sua utilização, de seu reuso, bem como o descarte ambientalmente seguro do mesmo.

Quando presente em água de lagos, o formol é decomposto em 30 horas, em condições aeróbias a 20°C, e em 48 horas em condições anaeróbias [8]. Para emissão no ar, a meia-vida é de menos de um dia [9]. Na atmosfera, o formaldeído geralmente se decompõe rapidamente para criar ácido fórmico e monóxido de carbono, que também podem ser substâncias nocivas [10].

Em 2004, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classificou o formaldeído como sendo carcinogênico para humanos (Grupo 1). A reação do formaldeído com ácido clorídrico forma o bis (clorometil) éter, produto que é reconhecidamente cancerígeno [11] [12].

O xilol, por sua vez, é constituído por uma mistura de 3 hidrocarbonetos aromáticos isômeros: ortoxileno (*o*-xileno), para-xileno (*p*-xileno) e o meta-xileno (*m*-xileno) sendo este último o mais abundante [13].

Os isômeros xilenos são produtos importantes nos procedimentos para diagnósticos histopatológicos e citológicos [14]. O xilol também é largamente utilizado como solvente para tintas, vernizes, indústrias de corantes e tinturas, preparados farmacêuticos, indústria plástica, produção de ácidos ftálicos, fibras sintéticas, couro, tecidos e papéis [15] [16]. Na indústria do petróleo é usado como aditivo para combustíveis com alta octanagem e como solvente em análises laboratoriais [17].

O contato do xilol com as membranas mucosas causa irritação grave e no sistema nervoso atua como narcótico com uma ação depressora. Em nível pulmonar a produção de um aldeído, na biotransformação do xilol, pode resultar numa ação deletéria em vários componentes celulares. O limite de tolerância em ambiente atmosférico do xilol é de 78 ppm ou 340 mg/m<sup>3</sup> [18].

Os isômeros xilenos possuem baixa solubilidade em água, mas são solúveis em etanol e outros solventes orgânicos, podendo contaminar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, uma vez que o etanol atua como cosolvente e aumentaria a presença desses compostos na água [19].

O glutaraldeído a 2% é o germicida mais utilizado para a desinfecção de alto nível em materiais semicríticos, nos serviços de endoscopia, no mundo [20] [21]. É utilizado desta forma por imersão que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas [22]. Estudos verificaram que o glutaraldeído é amplamente utilizado, como germicida, para a desinfecção de endoscópios pela maioria dos membros representantes da Sociedade Européia de Endoscopia Gastrointestinal (European Society Gastrointestinal Endoscopy - ESGE) [23].

Porém, estudos realizados identificaram que para os

profissionais da saúde expostos às substâncias químicas, o glutaraldeído é um dos mais prejudiciais à saúde [24].

Autores associam sintomas respiratórios, irritação dos olhos, nariz e náuseas, como sugestivos de doenças ocupacionais identificadas em profissionais de saúde expostos ao glutaraldeído, nos serviços de endoscopia [25] [26].

O glutaraldeído é considerado perigoso, porém não cancerígeno [27]. No meio ambiente, a substância em questão é considerada tóxica para organismos aquáticos [28].

O limite máximo do glutaraldeído, no ar, é de 0,2 ppm, por um período máximo de 10 minutos. Acima deste tempo e em concentração superior a de 0,2 ppm ou 0,7 mg/m<sup>3</sup> da substância na atmosfera é irritante para olhos, nariz ou garganta [22] [25] [29] [30].

A Figura 1 apresenta as estruturas químicas dos compostos de interesse.

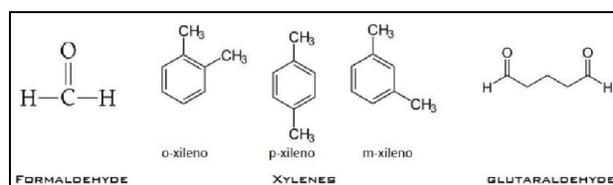


Figura 1 - Estruturas químicas dos compostos de interesse.  
Fonte: Merck & CO. (1996).

O Hospital Geral da Universidade de Caxias do Sul em questão gera mensalmente 10 litros de xilenos e 50 litros de glutaraldeído para prestar a assistência a seus pacientes. Já o Laboratório de Anatomia Humana da universidade usa mais de 10 mil litros para a conservação de cadáveres em tanques. Diante deste cenário, o estudo se propõe a analisar o gerenciamento de resíduos químicos deste Hospital e do Laboratório de Anatomia e propor técnicas de recuperação e reutilização dos compostos químicos formaldeído, xilenos e glutaraldeído, minimizando assim os impactos gerados pelo uso, muitas vezes indispensável, outras vezes questionável, desses resíduos. O gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde é uma questão antiga e relevante na área ambiental e sanitária. Desde 1960 havia a preocupação quanto à necessidade de cuidados especiais a serem dispensados a esses produtos [31]. Porém, o tema nunca foi tão atual.

Diante do exposto, e considerando, de um lado, os riscos potenciais do uso das substâncias químicas acima mencionadas, e, de outro, a necessidade da utilização desses compostos em atividades na área da saúde, é de grande relevância social a realização de estudos e pesquisas que permitam minimizar os efeitos dessas substâncias na saúde e no meio ambiente.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de xilol, glutaraldeído foram coletadas em frascos de vidro com capacidade de 20 mL, no Hospital Geral. E o formol foi coletado em frascos similares Laboratório de Anatomia da Universidade de Caxias do Sul. Até o momento foram coletadas duas séries de amostras (em março e abril de 2013) e pretende-se repetir as coletas com periodicidade mensal, nos próximos dois semestres.

Após filtração em leito de algodão extraído previamente por *Soxhlet* durante 4 h com n-hexano, as amostras foram injetadas em um cromatógrafo a gás Agilent, modelo 7890A, equipado com injetor automático para 16 posições, detector de ionização de chama e injetor split-splitless. A coluna capilar utilizada para a separação e identificação dos compostos de interesse tem as seguintes dimensões: 30 m x 0,2 mm (d.i.) x 0,25  $\mu$ m (espessura de fase apolar). As condições de análise cromatográfica estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Condições de análise cromatográfica dos compostos de interesse

Parâmetro	Condição
Temperatura inicial do forno (°C)	100
Tempo inicial (min)	10
Temperatura final do forno (°C)	100
Temperatura do injetor (°C)	300
Temperatura do detector (°C)	320
Gás de arraste	He
Fluxo do gás de arraste (mL/Min)	14
Volume de injeção ( $\mu$ L)	0,2

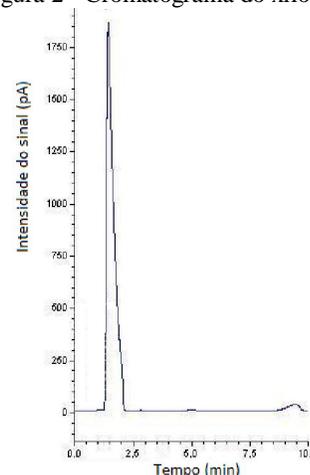
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os padrões para análise cromatográfica foram aqueles utilizados no Hospital e no Laboratório de Anatomia, sendo estas amostras comerciais. O padrão de xilol utilizado é da marca Med química, lote 11340113 e do glutaraldeído é da marca Glicolabor, lote R14103AR. Já o formol utilizado como padrão é da marca Simoquímica, lote: 00308, em diluição a 10%. Os cálculos de degradação/inertização dos compostos de interesse foram baseados na comparação direta entre áreas dos picos cromatográficos dos padrões e dos compostos de interesse nas amostras. De acordo com a literatura, este é um método validado e vem sendo utilizado por nosso grupo de pesquisa para identificação de analitos em amostras complexas [32-34].

### III. RESULTADOS PARCIAIS

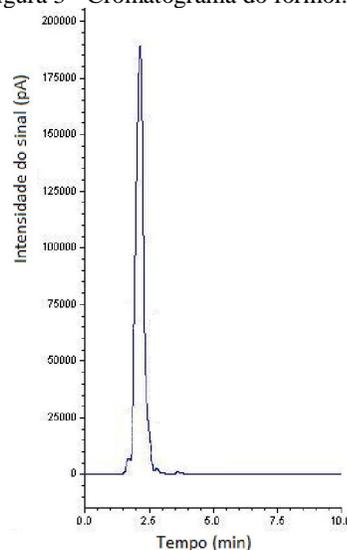
As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os cromatogramas dos compostos de interesse (xilol, formol e glutaraldeído, respectivamente). Os cromatogramas das amostras analisadas no período experimental (não apresentados) tiveram tempos de retenção e características de picos (*shape*) praticamente idênticos aos compostos-padrão.

Figura 2 - Cromatograma do xilol.



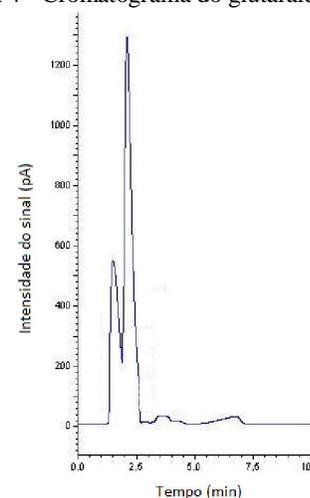
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3 - Cromatograma do formol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 - Cromatograma do glutaraldeído.



Fonte: elaborado pelo autor.

Como pode ser observado nas Figuras 2 e 3 xilol e formol apresentam perfis cromatográficos (forma do pico) e tempos de retenção bastante semelhantes (1,43 e 1,71 min. para formol e xilol, respectivamente). A presença de um pico duplo no cromatograma do glutaraldeído (Figura 4) pode ser devido à presença da dicetona conhecida como pentano-2,4-diona. As áreas relativas dos picos dos três compostos (em média superior a 94%) indicam que, embora não sejam padrões cromatográficos ideais, os mesmos podem ser usados como tal, sem prejuízo importante das análises qualitativa e quantitativa.

A Tabela 2 apresenta as relações de área entre as áreas cromatográficas médias (em  $\mu\text{V.s}$ ) dos padrões cromatográficos e os compostos de interesse.

Tabela 2 - Relação entre as áreas médias dos picos cromatográficos dos padrões e dos compostos de interesse (n=3)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Composto	O	A	%
Xilol padrão	-	31533810632	-
Formol padrão	-	174236888,7	-
Glutaraldeído padrão	-	222714667	-
Xilol amostra	H	29913146421	94,86
Formol amostra	LA	212294529,7	121,84
Glutaraldeído amostra	H	137819642	61,88

Legenda:

O = Origem (H = Hospital; LA = Laboratório de Anatomia)

A = Área média (em  $\mu\text{V.s}$ )

% = porcentagem em relação à área do padrão

De acordo com a Tabela 2, a degradação do xilol foi bastante baixa, em relação ao composto padrão (5,14%). Esse resultado sugere que esse composto pode ser reaproveitado nos procedimentos comuns das instituições de saúde, reduzindo os custos com seu descarte e indiretamente promovendo a preservação ambiental pela redução de transporte de cargas perigosas. Em relação ao glutaraldeído foi observada uma importante degradação, pois o composto nas amostras representa apenas 61,88% de pureza (38,12% de degradação em relação ao composto padrão). No caso do glutaraldeído, a reutilização deve ser precedida pelo emprego de métodos de purificação, tais como destilação simples e destilação fracionada. O elevado percentual do formol das amostras em relação ao formol padrão (121,84%) pode ser devido à contaminação por compostos orgânicos com tempo de retenção próximos ao composto de interesse (produtos de reações de degradação/polimerização ou hidratação).

## IV. CONCLUSÕES PARCIAIS

É perfeitamente possível promover o reúso de xilol, sem qualquer procedimento prévio de purificação, nas instituições de saúde, uma vez que o seu percentual de degradação, em relação ao padrão é de apenas 5,14%. Já com relação ao glutaraldeído se faz necessária a aplicação de técnicas de separação simples, antes de seu reúso, uma vez que seu percentual de degradação é bem maior (38,12%). Embora o percentual de pureza do formol tenha sido superior a 100%, esse resultado foi obviamente mascarado pela provável presença de produtos de degradação, polimerização e/ou hidratação desse composto. Nesse caso, tais produtos devem ser devidamente identificados e separados da mistura por aplicação de métodos de separação simples, antes do provável reúso.

De uma forma geral, é possível a reutilização dos compostos avaliados, dentro das próprias instituições de saúde, reduzindo, por exemplo, custos com aquisição e acondicionamento de grandes volumes dos mesmos. Além disso, a redução do transporte de cargas tóxicas e perigosas das instituições de origem até o destino final reduz, também os riscos de acidentes e danos ambientais de proporções incalculáveis.

## V. BIBLIOGRAFIA

- [1] Vanda Elisa Andres Felli. "Plano de gerenciamento de resíduos *Plano de gerenciamento de resíduos químicos hospitalares* In: 56º Congresso Brasileiro de Enfermagem, 2004, Gramado. Anais eletrônicos.. Gramado: ABES-Seção-RS, 2004. Disponível em: <http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrrsatva/bettina.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2012.
- [2] Taiza Florêncio Costa; Vanda Elisa Andres Felli. "Periculosidade dos Produtos e Resíduos Químicos da Atenção Hospitalar" *Cogitare Enferm* 17(2):322-30, Abr/Jun, 2012.
- [3] Nolwenn Noisel; Michèle Bouchard; Gaétan Carrier. "Evaluation of the Health Impact of Lowering the Formaldehyde Occupational Exposure Limit for Quebec Workers". *Regul Toxicol Pharmacol*, 48(2), p. 118-27, Jul, 2007.
- [4] Fakhr Eldin Suliman; Yoko Soma. "Identification of an artifact peak co-eluting with formaldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazone derivative by GC-MS and chemometrics." *Microchemical Journal* 72 27-33, 2002.
- [5] Henry Pitot; Yvonne Dragan. "Chemical Carcinogenesis". In: Curtis Klaassen (Ed). *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. United States of America: McGraw-Hill; 2001. p. 241-319.
- [6] Laura Gamiz-Gracia; Maria Luque De Castro, "Determination of formaldehyde in liquid, solid and semisolid pharmaceuticals and cosmetics by flow injection-pervaporation." *Analyst* v. 124, 1119-1121, 1999.
- [7] Jeanmarie Perrone. "Doctors, Nurses and Dentists." In: Michael Greenberg (Ed). *Occupational Industrial and Environmental Toxicology*. Philadelphia, United States of America: Mosby; 2003. p. 88-95.
- [8] World Health Organization – WHO. *Environmental Health Criteria 190 – Xylenes*. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1997.
- [9] Noemi da Silveira Pereira; Marcelo Zaiat. "Degradation of formaldehyde in anaerobic sequencing batch biofilm reactor." *Journal of Hazardous Materials*. Philadelphia, v.163, p. 777-782, 2009.
- [10] Daniel Costa, "Air Pollution". In: Curtis Klaassen (Ed.) Casarett & Doull's *Toxicology: The Basic Science of Poisons*. United States of America: McGraw-Hill, 2001. p. 979-1012.
- [11] Antônio Eduardo da Hora Machado, et al. "Solar photo-Fenton treatment of chip board production waste water". *Solar Energy*, 77, p. 583–589, 2004.
- [12] Jianjun Yang, et al. "A study of the photocatalytic oxidation of formaldehyde on Pt/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>". *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. Philadelphia, v. 137, p. 197–202, 2000.
- [13] Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. *FTT- Ficha de informação Tecnológica- Xileno*. São Paulo.

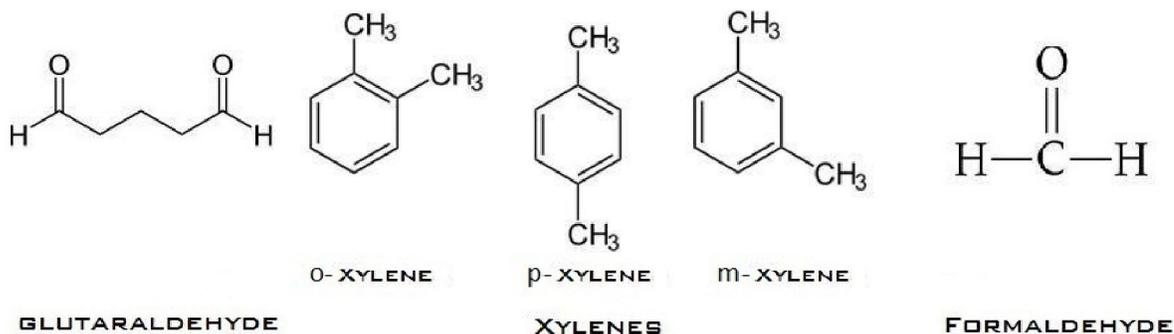
- Janeiro de 2012.
- [14] Luiz Junqueira; José Carneiro. *Histologia básica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004
- [15] Ciro Souza Moraes. "Avaliação da atividade funcional dos fagócitos em indivíduos expostos ocupacionalmente ou não ao xilol". *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 2, n. 2, p. 122-125, 2005.
- [16] Jam Langman. "Xylene: its toxicity, measurement of exposure levels, absorption, metabolism and clearance". *Pathology*, v. 26, n. 3, p. 301-309, 1994.
- [17] Ivana Ribeiro De Nardi. *Degradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em reator anaeróbico horizontal de leito fixo (RAHLE)*. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.
- [18] Karina Nunes Soares da Costa. et al. "Avaliação dos riscos associados ao uso do xilol em laboratórios de anatomia patológica e citologia". *Rev. Bras. Saúde Ocup.* v. 32, p. 50-56, 2007.
- [19] Rosimar Lima Brandão Silva. et al. "Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil". *Cad. Saúde Pública*, v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.
- [20] Ovidiu Fr il, Marcel Tan u. "Cleaning and Disinfection in Gastrointestinal Endoscopy: Current Status in România". *J Gastrointest Liver Dis.*, v. 15, n. 1, p. 89-93, 2006.
- [21] British Society Of Gastroenterology - BSG. *Guidelines for Decontamination of Equipment for Gastrointestinal Endoscopy*. Inglaterra (2005). Disponível em: <<http://www.bsg.org.uk/bsgdisp1.php?id=5ab3755137d1050e76b8&h=1&sh=1&i=1&b=1&m=00023>>. Acessado em 28 de fevereiro de 2008.
- [22] Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. *Informe Técnico nº 04/07*. Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde – Fundamentos para a utilização. [Internet]. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2007. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe\\_tecnic\\_o\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe_tecnic_o_04.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2012.
- [23] Joel Rey; Antoni Kruse, A. "Cleaning and Disinfection in Europe according to the Endoscopic Societies' Guidelines". *Endoscopy*, v. 35, n. 10, p. 878-881, 2003.
- [24] Rosicler Xelegati, et al. "Riscos ocupacionais químicos identificados por enfermeiros que trabalham em ambiente hospitalar." *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, v.14, n.2, 2006.
- [25] A. Vyas. et al. "Survey of symptoms, respiratory function, and immunology and their relation to glutaraldehyde and other occupational exposures among endoscopy nursing staff." *Occup. Environ. Méd.*, v. 57, p. 752-759, 2000.
- [26] Hiroshi Katagiri. et al. "Indoor Glutaraldehyde levels in the endoscope disinfecting room and subjective symptoms among workers." *Industrial Health*, v. 44, p. 225-229, 2006.
- [27] International Agency for Research on Cancer – IARC. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Volume 88 [Internet]. Lyon, France, 2006. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2011.
- [28] Christopher Morris Teaf. "Properties and Effects of Organic Solvents". In: Phillip L. Williams; Robert C. James; Stephen M. Roberts (Ed.) *Principles of Toxicology* – Environmental and Industrial Applications. United States of America: Wiley-Interscience; 2000. p. 367-408.
- [29] Carla Alvarado; Mark Reichelderfer. "Association for Professionals In Infection Control and Epidemiology (APIC)." Guideline for infection prevention and control in flexible endoscopy. AM. *J. Infect. Control*, n. 28, p.138-55, 2000.
- [30] Occupational Safety & Health Administration. "Best Practices for the Safe Use of Glutaraldehyde in Health Care." (2006). Disponível em: <<http://www.osha.gov/Publications/3258-08N-2006-English.html>> Acessado em 25 de março de 2013.
- [31] Angela Maria Magosso Takayanagui. "Trabalhadores de saúde e meio ambiente: ação educativa do enfermeiro na conscientização para gerenciamento de resíduos sólidos." 1993. 180 f. Tese (Doutorado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 1993.
- [32] Nathália C. Viecelli, et al.. "Quantitative Analysis of Plasticizers in a Wastewater Treatment Plant: Influence of the Suspended Solids Parameter". *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 6, 1150-1155, 2011.
- [33] Joice Cagliari; et al. "The environmental aspects of the evaporation of BTEX from gasoline with and without ethano". *International journal of environment and waste management*, 11, 148-157, 2013.
- [34] Eduardo R. Lovatel; et al. "The importance of the suspended solids parameter on the quantitative analysis of di-*n*-butyl phthalate in a wastewater treatment system". *Journal of Environmental Science and Health*, Part A, 46, 258-262, 2011.

**Kira Lusa Manfredini** Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (2009), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul e técnica do Instituto de Saneamento Ambiental. Atualmente é técnica no Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul. Tem experiência no Saneamento Ambiental, direcionado ao gerenciamento (caracterização, avaliação do sistema atual e proposta de gestão) de resíduos sólidos, avaliação de impactos ambientais e para Plano Ambientais Municipais e Licenciamento Ambientais. kmanfre@ucs.br

**Irajá do Nascimento Filho** Graduação em Licenciatura Plena Em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1984), mestrado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998) e doutorado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002). Atualmente é professor adjunto da Universidade de Caxias do Sul. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços e Química Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: gcmsd, spe, gc/msd, fenóis e landfill lechate. inascimf@ucs.br

**Vania Elisabete Schneider** Graduação em Licenciatura Plena (1989) e Bacharelado em Biologia (1989), pela Universidade de Caxias do Sul, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (1994) e doutorado em Eng de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005). Atualmente é professor titular da Universidade de Caxias do Sul, membro do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari Antas, revisora - Revista Panamericana de Salud Pública, sócio da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, parecerista ad hoc da Universidade Severino Sombra, revisora - Revista Biociências, consultor ad hoc da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do MS, suplente do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente-Caxias do Sul e consultora ad-hoc - Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Tem experiência na área de Enfermagem, com ênfase em Gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde, e Engenharia Ambiental atuando principalmente nos seguintes temas: gerenciamento de resíduos sólidos, resíduos sólidos de serviços de saúde, gestão ambiental, resíduos sólidos urbanos e resíduos do meio rural. veschnei@ucs.br

### 5.1.2 Artigo II



**The Graphical Abstract shows the chemical structures of the compounds of interest in this study (glutaraldehyde, xylenes and formaldehyde).**

## **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE GLUTARALDEÍDO, XILENOS E FORMALDEÍDO EM UM HOSPITAL ESCOLA E EM UM LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE ANATOMIA**

**Kira Lusa Manfredini\*, Irajá do Nascimento Filho e Vania Elisabete Schneider**

Instituto de Saneamento Ambiental, Universidade de Caxias do Sul, 95070-560 Caxias do Sul  
– RS, BRASIL

\*e-mail: kiramanfredini@hotmail.com

-----*marque uma alternativa, não apague o texto em azul*-----

( ) Manuscrito com material suplementar

(x) Manuscrito sem material suplementar

-----

## WASTE MANAGEMENT OF GLUTARALDEHYDE, XYLENES AND FORMALDEHYDE IN A HOSPITAL SCHOOL AND IN A UNIVERSITY ANATOMY LAB

The present work aims to contribute to finding solutions concerning the management of chemical waste in higher education and research institutions and hospitals, that should act as models of policies for environmental preservation and prevention of health risks, with sustainable and supported in the current regulations, contributing to the formation of citizens committed to environmental health and quality of life. The objective of this work was to propose improvements in the management system of the compounds glutaraldehyde, xylene and formaldehyde, after use, from activities of education and health care. The work involved the investigation of xylene and glutaraldehyde generated in the hospital school and the formaldehyde in the university anatomy lab, quantifying, identifying the generation and evaluating the processing for each residue. For chromatographic analysis eight monthly samples of glutaraldehyde and xylol and a sample of formaldehyde of each of the five tanks, totaling 16 samples in the hospital and 40 samples in the anatomy lab were collected. The degradation of glutaraldehyde, xylene and formaldehyde were 9.19, 1.52 and 59.38 %, respectively. As an alternative to conventional disposition of interesting compounds are suggested for recycling. Possible substitutes to glutaraldehyde, xylenes and formaldehyde and a proposed improvements in waste management.

Keywords: management; waste; chemical compounds.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos químicos gerados nas instituições de assistência à saúde e de ensino e pesquisa, quando não gerenciados ou gerenciados inadequadamente, passam a representar um problema em função das potenciais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, o que pode resultar em prejuízos à saúde humana e ambiental.<sup>1</sup> Dentre os resíduos químicos de maior geração nestas instituições estão o formaldeído (ou formol), os isômeros xilenos (ou xilol) e o glutaraldeído.<sup>2</sup>

O formaldeído é um reagente químico amplamente utilizado na produção de diversas substâncias.<sup>3,4</sup> É um intermediário químico utilizado em vários campos das ciências da saúde,<sup>5</sup> incluindo os produtos farmacêuticos e também em produtos de limpeza, conservação de peças anatômicas e cadáveres.<sup>6</sup>

Embora muitos estudos demonstrem sua toxicidade aos seres humanos e ao meio ambiente e seu custo seja relativamente alto,<sup>5</sup> o formaldeído é utilizado por grande parte dos estabelecimentos da área da saúde por ser um método tradicional de preservação de peças e tecidos com resultados satisfatórios.<sup>7</sup> Sua substituição, portanto, tende a ser difícil, impondo-se a necessidade do gerenciamento seguro do produto e dos resíduos resultantes da sua utilização.

Relativamente ao impacto ambiental decorrente do descarte do formol, verifica-se que quando presente em água de lagos, este é decomposto em 30 horas, em condições aeróbias a 20 °C, e em 48 horas em condições anaeróbias.<sup>8</sup> Para emissão no ar, a meia-vida é de menos de um dia,<sup>9</sup> uma vez que na atmosfera, o formaldeído geralmente se decompõe rapidamente para criar ácido fórmico e monóxido de carbono, que também são potencialmente perigosos à saúde humana e ambiental.<sup>10</sup>

Em relação ao impacto à saúde humana, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classificou o formaldeído como sendo carcinogênico (Grupo 1),<sup>11</sup> haja vista que, a reação do formaldeído com ácido clorídrico forma o bis (clorometil) éter, produto que é reconhecidamente cancerígeno.<sup>11,12</sup>

O xilol, por sua vez, é constituído por uma mistura de 3 hidrocarbonetos aromáticos isômeros: *orto*, *meta* e *para* xilenos sendo este último o mais abundante.<sup>13</sup> Os isômeros xilenos são produtos importantes nos procedimentos para diagnósticos histopatológicos e citológicos,<sup>14</sup> sendo ainda largamente utilizado como solvente para tintas e vernizes, nas indústrias de corantes e tinturas, preparados farmacêuticos, na indústria de polímeros, na produção de

ácidos ftálicos, fibras sintéticas, couro, tecidos e papéis.<sup>15,16</sup> Na indústria do petróleo é usado como aditivo para combustíveis com alta octanagem e como solvente em análises laboratoriais.<sup>17</sup>

Tratando-se do efeito dos xilenos sobre a saúde, o contato destes com as mucosas pode causar irritação grave e no sistema nervoso atua como narcótico com ação depressora.<sup>18</sup> Em nível pulmonar a produção de um aldeído, na biotransformação do xilol, pode resultar em ação deletéria de vários componentes celulares.

Em se tratando da questão ambiental, o limite de tolerância em ambiente atmosférico do xilol é de 78 ppm ou 340 mg/m<sup>3</sup>.<sup>18</sup> Os isômeros xilenos possuem baixa solubilidade em água, mas são solúveis em etanol e outros solventes orgânicos, podendo contaminar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, uma vez que o etanol pode atuar como cossolvente e aumentar a presença desses compostos na água.<sup>19</sup>

O glutaraldeído a 2 % (V/V em água) é o germicida mais utilizado para a desinfecção de alto nível em materiais semicríticos, nos serviços de endoscopia.<sup>20,21,22</sup> A desinfecção é realizada por imersão, a qual apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas.<sup>23</sup> Porém, estudos realizados identificaram que para os profissionais da saúde expostos às substâncias químicas, o glutaraldeído é uma das substâncias mais prejudiciais à saúde.<sup>24,25,26</sup>

O glutaraldeído é considerado perigoso, porém não cancerígeno.<sup>27</sup> No meio ambiente, a substância em questão é considerada tóxica para organismos aquáticos.<sup>28</sup> O limite máximo do glutaraldeído, no ar, é de 0,2 ppm, por um período máximo de 10 minutos. Acima deste tempo e em concentração superior a estabelecida, podem ocorrer irritações nos olhos, nariz ou garganta.<sup>23,25,29,30</sup>

O gerenciamento de resíduos oriundos das atividades da área da saúde é uma questão antiga e relevante tanto do ponto de vista ambiental quanto sanitário. A preocupação quanto à necessidade de cuidados especiais a serem dispensados a esses produtos acentua-se na década de 1960,<sup>31</sup> porém, o tema nunca foi tão atual.

O presente trabalho objetiva avaliar as condições de geração e o gerenciamento dos resíduos de glutaraldeído, xilenos e formaldeído em um hospital escola e em um laboratório de anatomia, ambos voltados ao ensino, pesquisa, extensão e à assistência à saúde em uma universidade. Além disto, buscou-se caracterizar os compostos glutaraldeído, xilenos e formaldeído, após o uso, oriundos de atividades de ensino e assistência à saúde, com vistas a propor melhorias no sistema de gerenciamento dos mesmos.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

O estudo foi desenvolvido em um hospital escola e em um laboratório universitário de Anatomia, da mesma universidade, localizados na cidade de Caxias do Sul.

O hospital escola possui atualmente 219 leitos ativos e atende quarenta e nove municípios que compõe a 5ª Coordenadoria Regional de Saúde, totalizando uma população de mais de um milhão e meio de habitantes.

O laboratório universitário de anatomia, por sua vez, atende semanalmente cerca de 800 alunos em suas aulas práticas dos cursos de Biologia, Educação Física, Enfermagem, Farmácia, Fisioterapia, Medicina, Nutrição, Psicologia, Radiologia e Veterinária.

No laboratório em estudo existem cinco tanques, um com capacidade de armazenar 5.000 litros de formol e os outros quatro com capacidade de armazenar 2.300 litros de formol, cada um. É importante ressaltar que o tanque com capacidade maior recebe os cadáveres e peças anatômicas de animais enquanto que os quatro tanques menores recebem os cadáveres e peças anatômicas de humanos. Nos cinco tanques que estão em uso, o volume total de solução aquosa de formol para a conservação de cadáveres e peças anatômicas é de 14.200 mil litros.

### **Análise do atual processo de gerenciamento dos resíduos químicos no hospital escola e no laboratório universitário de anatomia**

A primeira etapa do trabalho envolveu o levantamento da geração de resíduos químicos no hospital escola e no laboratório de anatomia, em especial os compostos glutaraldeído, xilenos e formaldeído, quantificando e caracterizando o local de geração, bem como o processo de tratamento aplicado atualmente a cada substância.

Para tal, foram feitas observações diretas locais das condições de geração, a fim de diagnosticar rotina estabelecida diariamente no gerenciamento desses resíduos.

### **Caracterização dos compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído quanto ao grau de pureza, em relação às substâncias-padrão**

Para a análise cromatográfica foi coletada amostra mensais de glutaraldeído e xilol, pós uso, no hospital escola, entre abril e novembro de 2013. Totalizando, durante o período experimental, 8 amostras de glutaraldeído e 8 amostras de xilol. O glutaraldeído foi coletado

no setor de Endoscopia e no Centro de Material Esterilizado (CME), e o xilol foi coletado no setor de Patologia.

As amostras mensais do formol foram coletadas em cada um dos cinco tanques no laboratório universitário de anatomia, totalizando 40 amostras ao longo do mesmo período experimental.

Como padrões para as análises cromatográficas dos compostos glutaraldeído, xilol e formol foram utilizados os próprios compostos adquiridos pelo hospital escola e pelo laboratório universitário, sem prévia utilização ou tratamento, obtidos junto aos setores analisados.

Todas as coletas dos compostos de glutaraldeído, xilol e formol foram em frascos de vidro com capacidade 20 mL.

Após filtração em leito de algodão extraído previamente por *Soxhlet* durante 4h com *n*-hexano, as amostras foram extraídas por LLE com diclorometano e secas em coluna de sulfato de sódio anidro. Após a extração, as amostras foram injetadas em um cromatógrafo a gás Agilent, modelo 7890A, equipado com injetor automático para 16 posições, detector de ionização de chama e injetor *split-splitless*. A coluna capilar utilizada para a separação e identificação dos compostos de interesse tem as seguintes dimensões: 30 m x 0,2 mm (d.i.) x 0,25  $\mu$ m (espessura de fase apolar). As condições de análise cromatográfica isotérmica utilizadas foram: temperatura inicial do forno: 100 °C/10 min, temperatura do injetor: 300 °C, temperatura do detector: 320 °C, gás de arraste: He (fluxo: 1 mL/min), volume de injeção: 0,2  $\mu$ L.

Os cálculos de degradação/inertização dos compostos de interesse foram baseados na comparação direta entre áreas médias dos picos cromatográficos dos padrões e dos compostos de interesse nas amostras.<sup>32-34</sup>

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Gerenciamento dos resíduos químicos no hospital escola**

O hospital escola gera mensalmente como resíduos líquidos 10 litros de xilenos e 50 litros de glutaraldeído para prestar a assistência a seus pacientes. A Tabela 1 apresenta os resíduos químicos gerados e o respectivo local de geração.

Tabela 1. Resíduos Químicos Gerados no Hospital Escola

Setor	Químico Utilizado	Finalidade	Geração (L/mês)
Laboratório de Patologia	Xilol	- Preparação histológica	10
	Formol	- Conservação de tecidos	120
Centro de Material Esterilizado	Glutaraldeído	Esterilização de coloscópio	10
Endoscopia	Glutaraldeído	Esterilização de endoscópios	40
Total gerado			180

Para garantir a qualidade dos reprocessamentos de endoscópios e coloscópios, os profissionais responsáveis realizam o controle de qualidade por meio de testes de pH e de concentração por meio de fitas indicadoras específicas para este fim. Alguns autores afirmam que uma das etapas fundamentais é o controle de qualidade do produto desinfetante, uma vez que pode haver a utilização deste fora das normas sanitárias e ainda ocorrer alterações de pH e concentração durante o uso que interferem na vida útil dos aparelhos.<sup>35-37</sup>

Os resíduos químicos líquidos do Hospital são descartados juntamente com os gerados pela universidade como um todo. A segregação é feita ainda na fonte geradora, após o uso ou perda de sua efetividade, e armazenados em bombonas específicas para este fim até a destinação final à empresa especializada.

### **Gerenciamento de resíduos de formaldeído no laboratório universitário de anatomia**

O laboratório de anatomia não descarta o formol há pelo menos 10 anos, não sendo possível precisar exatamente a data do último descarte, portanto não há uma geração constante deste resíduo pelo setor. É notável que a preservação de tecidos e cadáveres está notoriamente comprometida. Atualmente estes tanques são apenas completados com o volume necessário de formol para atingir uma concentração de 10 % (v/v), já que se trata de uma substância volátil e há grande perda por evaporação. Somado à evaporação, há ainda o escoamento do formol que ocorre a cada retirada de peças anatômicas e cadáveres, muito embora nas macas que acondicionam os cadáveres e peças anatômicas para as aulas práticas exista um balde acoplado que armazena o formol que escoar das mesmas, cujo o conteúdo deste balde é retornado aos tanques de acondicionamento. As águas residuárias da lavagem dos cadáveres e peças anatômicas não são coletadas e seguem diretamente pela rede de esgoto da instituição,

sendo que a estação de tratamento de efluentes funciona por processos biológicos. Neste sentido, o lançamento das águas de lavagem poderia vir a comprometer a estação de tratamento de efluentes pelo seu poder bactericida.<sup>38,39</sup>

Observa-se ainda que não são realizados testes de pH ou de concentração a fim de verificar se a solução nos tanques ainda possui as características recomendadas pela literatura para a conservação de cadáveres e peças anatômicas, apesar das perdas por evaporação, escoamento e ainda a diluição da solução de formol, uma vez que os cadáveres e peças anatômicas a serem lavados carregam consigo água ao voltarem a ser submergidos.

De acordo com Rodrigues,<sup>40</sup> a solução de formol tende a se tornar ácida ao longo do tempo, o que não é recomendável, pois deixa um precipitado pardo nos tecidos, especialmente quando os cadáveres e peças anatômicas estão armazenados por longo tempo. Ainda segundo este autor, deve ser utilizada uma solução tampão com 4,0 g de monohidrato ácido de fosfato sódico e 6,5 g de fosfato dissódico anidro por litro de solução conservante, para o controle do pH da solução.

Para a conservação ideal de cadáveres e peças anatômicas, outros autores recomendam que a solução de formol seja de 10 % a fim de evitar a deterioração dos tecidos e a conseqüentemente preservar os elementos úteis aos estudos.<sup>40,41,42</sup> Estas práticas, como já mencionado, não são observadas no laboratório em estudo.

#### *Custos atuais de destinação dos compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído pós-uso*

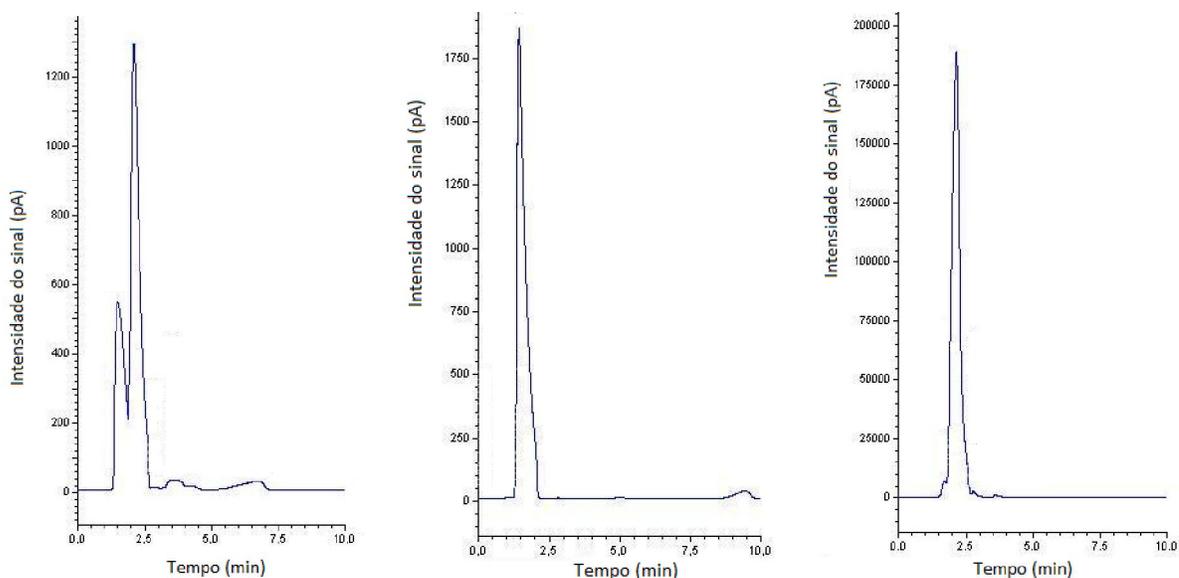
O Hospital Escola tem uma geração mensal de 10 L de xilol e 50 L de glutaraldeído a um custo estimado para destinação de R\$ 58,00 e R\$ 290,00, respectivamente. O custo total mensal para destinação d estes resíduos é de R\$ 348,00.

No Laboratório de Anatomia estão atualmente em uso 14.200 L de formaldeído, que em algum momento terão que ser destinados a um custo de R\$ 82.360,00.

A Universidade em estudo destina seus resíduos químicos líquidos exclusivamente a uma empresa terceirizada, devidamente licenciada, que realiza a incineração o coprocessamento e o tratamento físico-químico dos mesmos. A empresa localiza-se na cidade do Rio de Janeiro e os resíduos são enviados com a freqüência anual para destino final.

#### **Caracterização dos compostos glutaraldeído, xileno e formaldeído quanto ao grau de pureza (em relação a substâncias-padrão)**

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os cromatogramas dos compostos glutaraldeído, xilol e formol, tomados como padrões, antes de qualquer uso.



**Figura 1.** *Cromatograma do Glutaraldeído*      **Figura 2.** *Cromatograma do Xilol*      **Figura 3.** *Cromatograma do Formol*

A presença de um pico duplo no cromatograma do glutaraldeído (Figura 1) pode ser devido à presença da dicetona conhecida como pentano-2,4-diona. As áreas relativas dos picos dos três compostos (em média superior a 94%) indicam que, embora não sejam padrões cromatográficos ideais, os mesmos podem ser usados como tal, sem prejuízo importante das análises qualitativa e quantitativa. Como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, o xilol e o formol apresentam perfis cromatográficos (forma do pico e tempos de retenção) bastante semelhantes (1,43 e 1,71 min para formol e xilol, respectivamente).

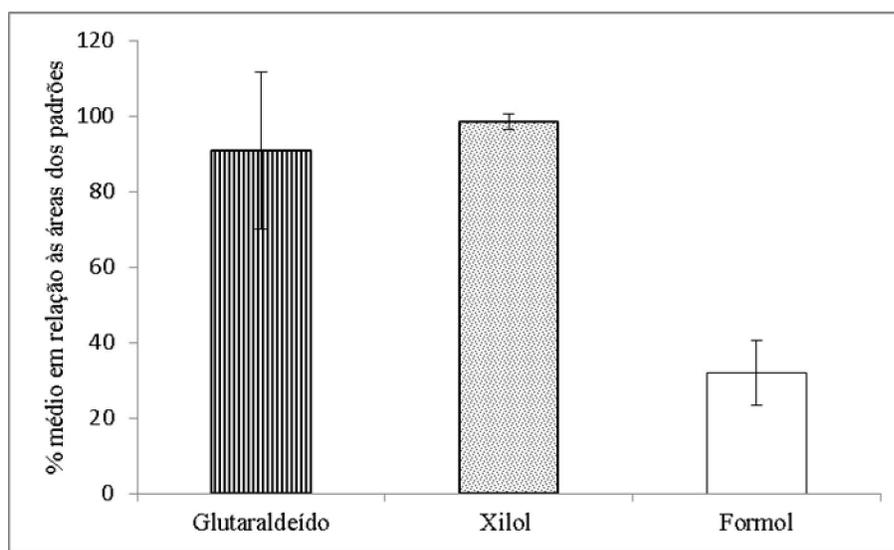
A Tabela 2 apresenta as relações entre as áreas cromatográficas médias (em pA – pico ampéres) dos padrões cromatográficos e os compostos de interesse.

**Tabela 2.** Relação entre as Áreas Médias dos Picos Cromatográficos dos Padrões e dos Compostos de Interesse (n=3)

Composto	Origem	Área média (pA)	Relação à área padrão (%)	Desvio padrão
Glutaraldeído padrão	-	222714667	-	-
Xilol padrão	-	31533810632	-	-

Formol padrão	-	174236888,7	-	-
Glutaraldeído amostra	Hospital escola	202254687,2	90,81	9,53
Xilol amostra	Hospital escola	31054391695	98,48	9,92
Formol amostra 1	Lab. de anatomia	55560261,88	31,89	5,65
Formol amostra 2	Lab. de anatomia	51485475,26	29,55	47,09
Formol amostra 3	Lab. de anatomia	51794910,05	29,73	30,5
Formol amostra 4	Lab. de anatomia	48709341,5	27,95	21,73
Formol amostra 5	Lab. de anatomia	80890877,95	40,62	81,63

A Figura 4 traz os resultados totais das análises (considerando todo período experimental).



**Figura 4.** *Resultados Totais das Análises (Considerando todo Período Experimental). As barras de erro representam o desvio-padrão percentual*

De acordo com a Tabela 2 e a Figura 4, a degradação do glutaraldeído foi bastante baixa, em relação ao composto padrão (9,19 %). Menor ainda é a degradação do xilol, em relação ao composto padrão (1,52 %). Esses resultados sugerem que esses dois compostos podem ser reaproveitados nos procedimentos comuns da instituição, reduzindo os custos com seu descarte e indiretamente promovendo a preservação ambiental pela redução de transporte de cargas perigosas.

Em relação ao formol, foi observada uma importante degradação, pois o composto nas amostras representa apenas de 31,89 % a 40,62 % de pureza, em relação ao padrão. A alta

degradação possivelmente deve-se ao fato de que este composto está em uso há pelo menos 10 anos.

### **Alternativas ao descarte convencional dos compostos de interesse**

Atualmente os resíduos químicos líquidos são segregados em função das análises físico-químicas e biológicas que lhe deram origem em categorias que levam em consideração a incompatibilidade dos mesmos, conforme Tabela 3, evitando assim a formação de novos produtos, impossibilitando a sua recuperação e tratamento. Os solventes são segregados em clorados e não clorados.<sup>43</sup>

**Tabela 3.** Segregação dos resíduos químicos líquidos.

<b>Nº</b>	<b>Substância</b>	<b>Nº</b>	<b>Substância</b>
001	Fe, Al, Cu	027	Brometo de Etídio
002	Zn, Pb, Mo, Ni	028	Comp.Org. Alifático
003	Co, Mn, Cd	020	Bromo
004	Mg, Na, K, Ca, SO <sub>4</sub>	030	Ferrocianeto de K
005	Bário	031	Selênio (Se)
006	Cianeto	032	Acrilamida
007	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>	033	Fenóis
008	Surfactantes	034	DAB
009	Mercúrio	036	Resíduos Classe I
010	(Cr <sup>6+</sup> )	038	Resíduo Oxidante
010*	Cr <sup>6+</sup> + Hg + Ag	040	Medicamentos vencidos
011	Solv. Não clorados	<i>041</i>	Formalina 10%, Eter e Fezes
012	Solv. Clorados	<i>052</i>	Piridina
013	Iodo (I)	<i>053</i>	Silício
014	Fluor (F)	<i>054</i>	Titânio
015	Cr <sup>3+</sup>	055	Comp. Halogenados Clorados
016	Prata (Ag)	056	Compostos Sulfurados
017	Óleos Minerais	057	Compostos Aromáticos
018	Ácidos	MK	Mistura de kits
019	Bases	FC	Fluído de Corte
020	Sol.Alcoólicas	MC	Meios de Cultura

021	Permanganatos	MM	Mistura de Metais
022	Óleos Vegetais	GAS	Gasolina
023	As, Sb, Sn	FD	Folin-Denis
024	Revelador Fotog.	MIST- 01	Butanol + Querosene + Água
025	Fixador Fotog.	MIST - 02	Biodiesel + Glicerina
026	Agrotóxicos	MIST - 03	Polieletrólito

Os resíduos químicos líquidos devidamente identificados e armazenados no setor gerador, são transportados até a Central de Triagem e Armazenamento de Resíduos da UCS para posteriormente serem encaminhados para tratamento e/ou destinação final adequada.

Analisando o atual sistema de gerenciamento de resíduos químicos da universidade, sugere-se a reciclagem de solventes orgânicos, sendo que o procedimento poderia ser feito de quatro formas alternativas, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Alternativas de formas de reciclagem dos solventes orgânicos na instituição.

<b>Alternativa</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Dentro da própria universidade, no programa de gerenciamento de resíduos da instituição com mão de obra de funcionários.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerenciamento completo dentro da própria instituição.<sup>44</sup></li> <li>- Impacto minimizado no transporte e na disposição final.<sup>44</sup></li> <li>- Menos oneroso que a destinação final.<sup>45</sup></li> <li>- Reaproveitamento de matéria-prima.<sup>45</sup></li> <li>- Alta recuperação de composto e diminuição do volume de resíduo a ser descartado.<sup>46,47</sup></li> </ul>	- Nova categorização dentro do programa de gerenciamento da universidade.
Dentro da própria universidade sendo implementada em alguma(s) disciplinas do curso de Química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerenciamento completo dentro da própria instituição.<sup>44</sup></li> <li>- Impacto minimizado no transporte e na disposição final.<sup>44</sup></li> <li>- Menos oneroso que a destinação final.<sup>45</sup></li> <li>- Reaproveitamento de matéria-prima.<sup>45</sup></li> <li>- Alta recuperação de composto e diminuição do volume de resíduo a ser descartado.<sup>46,47</sup></li> <li>- Despertar a consciência ética e ambiental em alunos.<sup>48</sup></li> </ul>	- Nova categorização dentro do programa de gerenciamento da universidade.
Desenvolvimento de empresas <i>spin-off</i> para purificação e comercialização dos resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivo a novas tecnologias.<sup>49</sup></li> <li>- Transferência de conhecimento.<sup>49</sup></li> </ul>	- Nova categorização dentro do programa de gerenciamento da universidade.

Destinação a empresa terceirizada especializada	- Tratamento por empresa especializada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nova categorização dentro do programa de gerenciamento da universidade.</li> <li>- Transporte da substância até a empresa de reciclagem.</li> <li>- Riscos com acidentes de transporte.</li> </ul>
---	--	---

Ao analisar a Tabela 4, percebe-se de maneira geral que há poucos aspectos negativos apresentados na reciclagem. A reciclagem é fundamental para o processo de gerenciamento de resíduos dentro de uma instituição uma vez que o resíduo pode se transformar facilmente em insumo, reduzindo assim o prejuízo ao meio ambiente.<sup>50</sup>

Das quatro formas propostas para se realizar a reciclagem, a que propõe que a reciclagem seja feita dentro da própria universidade sendo implementada em alguma(as) disciplina(s) do curso de Química se mostra a mais vantajosa. Estudos mostraram que esta prática promove a diminuição dos resíduos gerados na disciplina e a maior conscientização dos estudantes quanto ao seu papel enquanto químicos.<sup>48</sup>

Outra proposta interessante é a reciclagem por meio do desenvolvimento de empresas *spin-off* para purificação e comercialização dos resíduos. Estas empresas reciclariam as substâncias e poderiam comercializá-las para o mercado externo, transformando-se em uma fonte de recursos adicional para a instituição.

Na proposta do presente estudo, a empresa *spin-off* específica teria como produto principal o xilol e o formol reciclados. Além disso, o desenvolvimento de pesquisa para otimização do processo de reciclagem (principalmente no que diz respeito ao tempo e eficiência do processo), também poderá ser considerado um produto com alto valor agregado.

As substâncias recicladas poderão atender indústrias de curtimento de couros, farmacêuticas, de implementos agrícolas, de tintas, vernizes, corantes e tinturas, de polímeros, têxteis, alimentícias, de produção de combustível, de solventes, de celulose, cosméticas, de cigarro e casas funerárias, entre outras.

Uma desvantagem apresentada em todas as formas propostas de reciclagem dos solventes é a necessidade de alteração na categorização atual de substâncias químicas que ocorre no programa de gerenciamento de resíduos da universidade a fim de evitar dificuldades na purificação,<sup>51</sup> sendo então necessário criar uma categoria específica para cada solvente que se deseja reciclar.

O que precisa também ser levado em conta em relação à reciclagem de resíduos dentro da instituição é que o local onde esta reciclagem será feita seja preparado de forma a atender todas as normas ambientais e que se obedeça a um cronograma a fim de que os resíduos não fiquem muito tempo armazenados no local.

### Proposta substituição das substâncias de interesse

A Figura 5 apresenta algumas opções de substituição das substâncias de interesse disponíveis atualmente.



**Figura 5.** Fluxograma de *sugestão de substituição dos compostos de interesse*

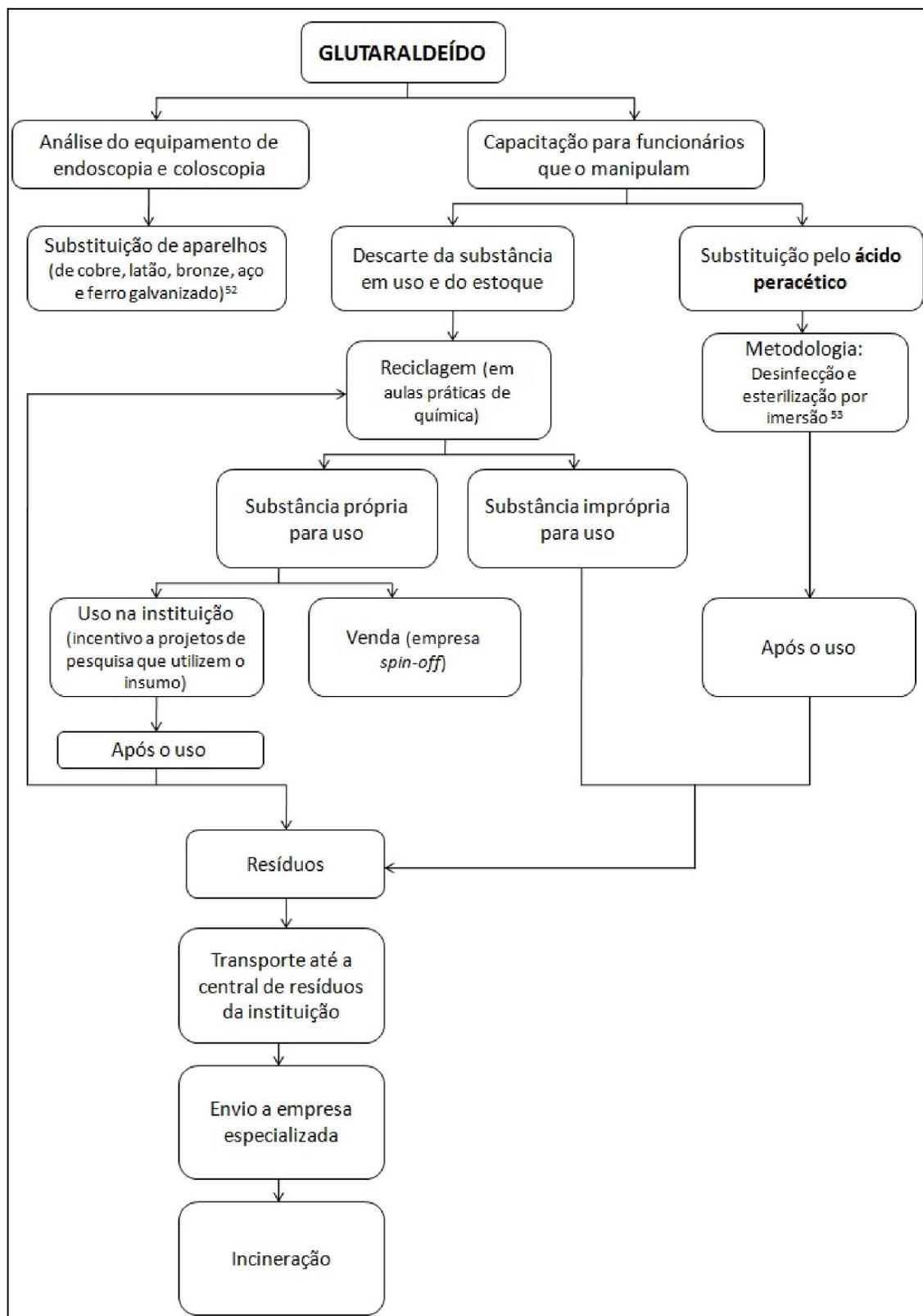
A Tabela 5 apresenta os substitutos aprestados ressaltando as vantagens e desvantagens apontadas pela literatura.

**Tabela 5.** Vantagens e desvantagens dos substitutos apresentados

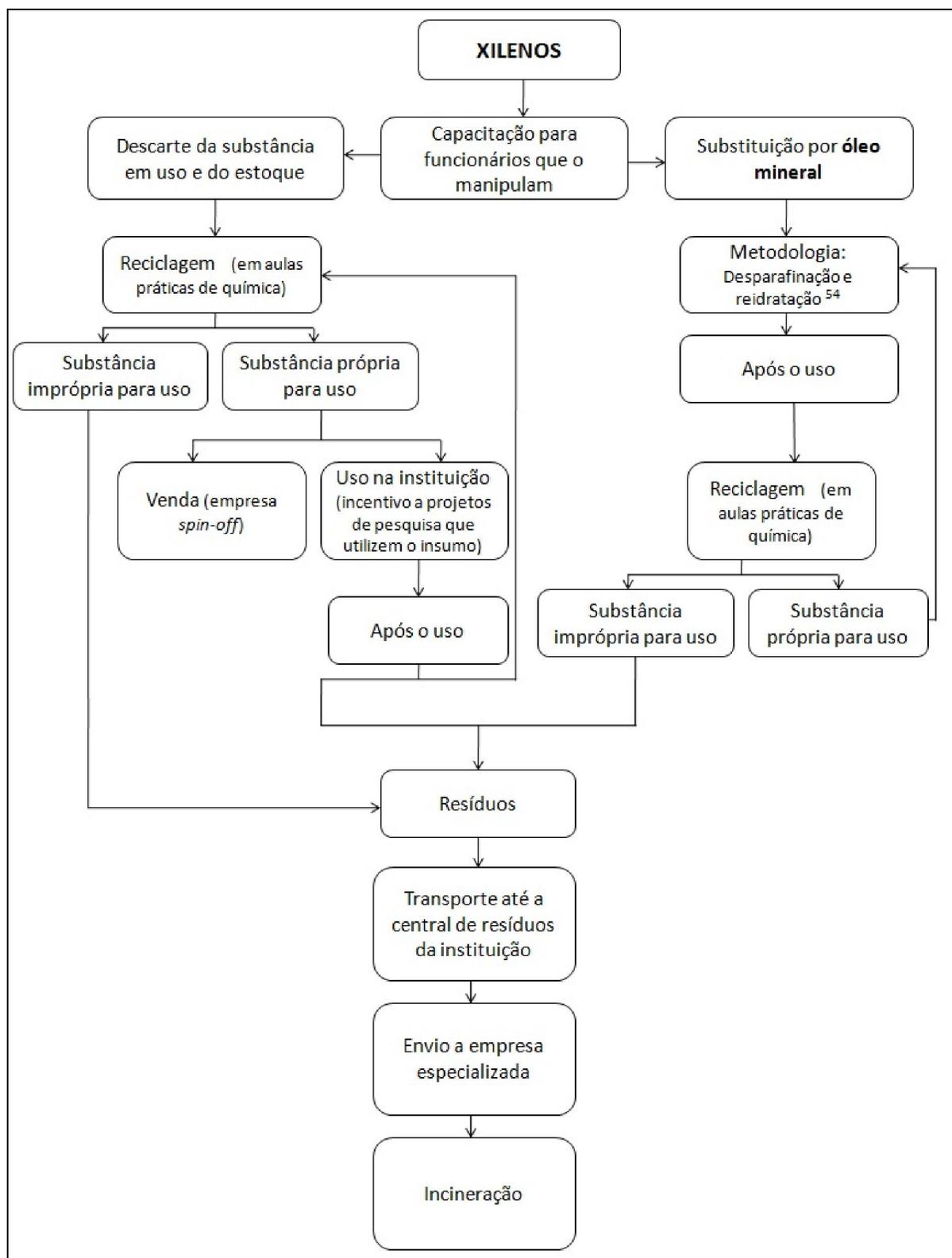
Substância		Vantagens	Desvantagens
Nova	Atual		
Ácido peracético	Glutaraldeído	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida ação esporicida, bactericida, virucida e fungicida.<sup>56,67</sup></li> <li>- Efetivo na presença de matéria orgânica.<sup>58</sup></li> <li>- Mais seguro do ponto de vista ocupacional.<sup>52,58,59</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O descarte necessita de atenção.<sup>60,61</sup></li> <li>- Corrosividade de cobre, latão, bronze, aço e ferro galvanizado em altas concentrações.<sup>52</sup></li> </ul>

Óleo Mineral	Xilenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dissolve facilmente e completamente a parafina.<sup>62</sup></li> <li>- Remoção eficiente da gordura dos tecidos.<sup>63</sup></li> <li>- Preparação mais rápida e menos onerosa.<sup>54</sup></li> <li>- Seguro do ponto de vista ocupacional.<sup>63</sup></li> <li>- Efeito menos prejudicial sobre o meio ambiente.<sup>63</sup></li> <li>- Fácil reciclagem.<sup>64</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de estudos quanto à qualidade das lâminas histológicas feitas a partir do óleo mineral em longo prazo.</li> </ul>
Glicerina	Formaldeído	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ação fungicida e bactericida eficiente.<sup>55</sup></li> <li>- Mantém a vitalidade celular, a hidratação e a cor.<sup>55,65,66</sup></li> <li>- Redução drástica no uso de formol.<sup>55</sup></li> <li>- Durabilidade do matérias produzido.<sup>38</sup></li> <li>- Efeito menos prejudicial sobre o meio ambiente.<sup>55</sup></li> <li>- Seguro do ponto de vista ocupacional.<sup>67</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto tempo de preparo da glicerinação e o grau de detalhamento de preparo.<sup>55</sup></li> <li>- Custo elevado.<sup>67,68</sup></li> </ul>

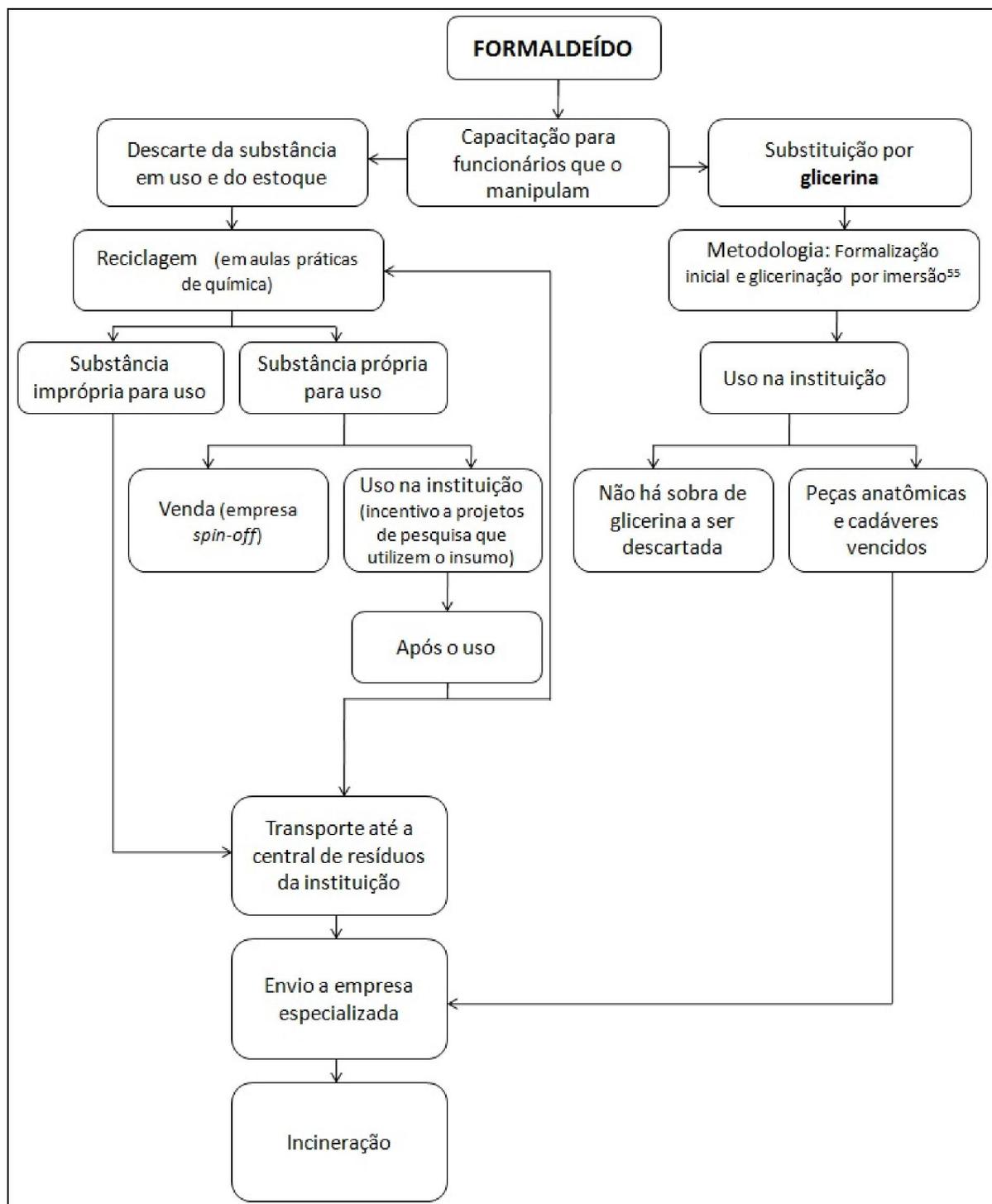
As Figuras 6, 7 e 8 detalham o gerenciamento sugerido para glutaraldeído, xilenos e formaldeído, respectivamente.



**Figuras 6.** Fluxograma do gerenciamento proposto do glutaraldeído



**Figuras 7.** Fluxograma do gerenciamento proposto dos xlenos



**Figura 8.** Fluxograma do gerenciamento proposto do formaldeído

O programa de capacitação de funcionários é um dos pontos iniciais do gerenciamento das três substâncias. A instituição em questão já desenvolve a capacitação em seus programas de

educação permanente sendo que esta prática de substituição deve ser introduzida nos programas já existentes, condição para o efetivo gerenciamento destas substâncias.

Outro ponto a ser observado é a reciclagem e/ou reuso das três substâncias químicas, sendo que a prática apontada é a recuperação e o reaproveitamento em disciplinas na área da química, uma vez que é a forma mais conveniente pois reduziria custos tanto com o tratamento quanto com a aquisição de substâncias para as práticas.

A etapa seguinte para glutaraldeído e xilenos é o incentivo a projetos de pesquisa que utilizem esta substância, ação que não ocorre hoje na instituição. A alternativa seria a destinação do glutaraldeído e dos xilenos reciclados para a venda por meio de empresas *spin-off*. No caso específico do formaldeído, este composto reciclado retornaria ao laboratório de anatomia para a formalização inicial de novas peças anatômicas e cadáveres. A universidade em questão recém implantou o curso de medicina veterinária, portanto quando houver as demandas para conservação de animais e peças anatômicas, estas poderiam utilizar o produto reciclado.

## **CONCLUSÕES**

Instituições geram grandes quantidades de resíduos, o que requer um gerenciamento adequado para a minimização dos riscos associados. Neste sentido, estudos a cerca do reaproveitamento, recuperação e reuso são essenciais para apontar formas econômicas e ambientalmente convenientes e aceitáveis bem como o uso racional destas.

As análises cromatográficas apontaram que os compostos glutaraldeído e xilol apresentam grau de pureza bastante elevado e podem ser reutilizados pela instituição, para aplicações que não exijam padrões de grau analítico, como por exemplo, alavancar projetos de pesquisa e desenvolvimento que utilizariam glutaraldeído e/ou xilol como insumos.

As alternativas propostas para substituição dos compostos glutaraldeído, xilol e formol mostram-se bastante vantajosas, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo. A substituição do glutaraldeído por ácido peracético é a orientação dada por diversos autores e organizações de saúde mundiais, por ser um desinfetante com eficácia microbiológica comprovada, apontado como atóxico e mantém suas propriedades em presença de matéria orgânica.

A substituição do xilol por óleo mineral refinado (OMR) mostra-se uma alternativa interessante uma vez que as vantagens apontadas são muito maiores e mais significativas do que a única desvantagem trazida. Estudos apontam os xilenos como sendo um produto muito perigoso para ser manipulado e seus resíduos altamente poluentes, enquanto que o OMR não

possui restrições ao uso por profissionais que o manipulam e seu impacto ao meio ambiente é relativamente inferior.

A glicerinação é um processo já em uso em muitos laboratórios universitários de anatomia. O uso do formol deve ser evitado ao máximo preservando a saúde laboral daqueles que o manipulam e dos estudantes em suas práticas. Em comparação com o formol, a glicerina apresenta um nível de contaminação ambiental muito inferior. Entretanto, o fato de o tempo de preparo de peças anatômicas e cadáveres serem mais demorados, mais detalhados e também mais caros, provavelmente explique porque este método ainda não ter sido implantado na grande maioria das instituições de ensino superior.

Em termos ambientais, a reciclagem dos compostos avaliados, implica diretamente na redução do volume de cargas tóxicas e perigosas que a instituição envia até o destino final. Desta forma, os riscos de acidentes e danos ambientais de proporções incalculáveis, podem ser substancialmente reduzidos.

O objetivo da reciclagem é duplo e se caracteriza pela economia dos gastos com recompra de solventes e alternativamente com a incineração, que além dos seus custos é um processo ambientalmente mais nocivo do que a reciclagem.

A participação dos estudantes nas diferentes etapas de reaproveitamento, recuperação e reúso é útil no que diz respeito à sensibilização para a reciclagem segura e ambientalmente aceitável. Os estudantes podem aprender formas de coletar separadamente e reutilizar os solventes. Ao mesmo tempo, eles perceberão quais os esforços que tem que ser feitos no trabalho, nas técnicas e o gasto de energia necessário para a concretização das diferentes etapas de reciclagem.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à universidade, ao hospital escola, ao laboratório de anatomia e ao CNPq.

**REFERÊNCIAS**

1. Felli, V. E. A.; *Anais eletrônicos do 56º Congresso Brasileiro de Enfermagem*, Gramado, 2004. Disponível em: <<http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrssatva/bettina.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.
2. Costa, T. F.; Felli, V. E. A.; *Cogitare Enfermagem* **2012**, 17, 322.
3. Noisel, N.; Bouchard, M.; Carrier, G.; *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **2007**, 48, 118.
4. Suliman, F. E.; Soma, Y.; *Microchemical Journal* **2002**, 72, 27.
5. Pitot, H.; Dragan, Y. Em *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*; Klaassen, C., ed.; McGraw-Hill: New York, 2001, cap. 8.
6. Gamiz-Gracia, L.; De Castro, M. L.; *Analyst* **1999**, 124, 1119.
7. Perrone, J. Em *Occupational Industrial and Environmental Toxicology*, Greenberg, M., ed.; Mosby: Philadelphia, 2003, cap. 3.
8. World Health Organization – WHO. *Environmental Health Criteria 190 – Xylenes*. International Programme on Chemical Safety: Geneva, 1997.
9. Pereira, N. S.; Zaiat, M.; *Journal of Hazardous Materials* **2009**, 163, 777.

10. Costa, D. Em *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*; Klaassen, C., ed.; McGraw-Hill: New York, 2001, cap. 28.
11. Machado, A. E. H.; Xavier, T. P.; Souza, D. R.; Miranda, J. A.; Duarte, E. T. F. M.; Ruggiero, R.; Oliveira, L.; Sattler, C.; *Solar Energy* **2004**, 77, 583.
12. Yang, J.; Li, D.; Zhang, Z.; Li, O. Wang, H.; *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* **2000**, 137, 197.
13. Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. *FIT- Ficha de informação Tecnológica- Xileno*. CETESB: São Paulo, 2012.
14. Junqueira, L.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 10 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004.
15. Moraes, C. S.; *Revista Eletrônica de Farmácia*, **2005**, 2, 122.
16. Langman, J.; *Pathology*, **1994**, 26, 301.
17. De Nardi, I. R.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil, 2002.
18. Costa, K. N. S.; Pinheiro, I. O.; Calazans, G. T.; Nascimento, M. S.; *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* **2007**, 32, 50.

19. Silva, R. L. B.; Barra, C. M.; Monteiro, T. C. N. Brilhante, O. M. *Cadernos de Saúde Pública* **2002**, 18, 1599.

20. Fril, O.; Tanu, M. *Journal of gastrointestinal and liver diseases* **2006**, 15, 89.

21. <http://www.bsg.org.uk/bsgdisp1.php?id=5ab3755137d1050e76b8&h=1&sh=1&i=1&b=1&m=00023>, acessada em 28 de fevereiro de 2008.

22. Rey, J.; Kruse, A. *Endoscopy* **2003**, 35, 878.

23. [http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe_tecnico_04.pdf), acessada em 02 ago. 2012.

24. Xelegati, R.; Robazzi, M. L. C.; Marziale, M. H. P.; Haas, V. J.; *Revista Latino-America de Enfermagem* **2006**, 14, 214.

25. Vyas, A.; Pickering, C. A.; Oldham, L. A.; Francis, H. C.; Fletcher, A. M.; Merrett, T.; Niven, R. M. *Occupational and Environmental Medicine* **2000**, 57, 752.

26. Katagiri, H.; Suzuki, T.; Aizawa, Y.; Kadowaki, T.; *Industrial Health* **2006**, 44, 225.

27. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>, acessada em 30 jul. 2011.

28. Teaf, C. M. Em *Principles of Toxicology – Environmental and Industrial Applications*, Williams, P. L.; James, R. C.; Roberts, S. M., eds.; Wiley-Interscience: New York, 2000, cap. 4.
29. Alvarado, C.; Reichelderfer, M.. *American Journal of Infection Control***2000**, 28, 138.
30. <http://www.osha.gov/Publications/3258-08N-2006-English.html>, Acessada em 25 de março de 2013.
31. Takayanagui, A. M. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 1993.
32. Vieceli, N. C.; Lovatel, E. R.; Cardoso, E. M.; Nascimento Filho, I. *Journal of the Brazilian Chemical Society***2011**, 6, 1150.
33. Fedrizzi, F.; Cagliari, J.; Teixeira, C. T.; Finotti, A. R. Nascimento Filho, I. *International journal of environment and waste management***2013**, 11, 148.
34. Lovatel, E. R.; Cardoso, E. M.; Vieceli, N. C.; Calábria L.; Nascimento Filho, I. *Journal of Environmental Science and Health***2011**, 46, 258.
35. Sociedade Brasileira de Enfermagem em Endoscopia Gastrointestinal – SOBEEG. *Manual de Reprocessamento de Limpeza e Desinfecção de Aparelhos e Acessórios Endoscópicos*, SOBEEG: Brasília, 2006.

36. [http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe_tecnico_04.pdf), acessada em: agosto 2012.
37. Padoveze, M. C.; Graziano, K. U. *Limpeza, desinfecção e esterilização*: aspectos gerais de artigos em serviços de saúde. São Paulo: APECIH; 2010.
38. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123062/AQG2ndEd\\_5\\_8](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123062/AQG2ndEd_5_8) Formaldehyde .pdf, acessada em 01 agosto 2012.
39. Oliveira, S. V. W. B.; Zaiat, M.; *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* **2004**, 1, 18.
40. Rodrigues, H. *Técnicas Anatômicas*. 4<sup>th</sup> ed., GM Gráfica e Editora: Vitória, ES, 2010. 269p.
41. <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.pdf>>. Acessada em agosto 2012.
42. Przybysz, C. H.; Scolin, E.; Forcato, A.; Araújo, K.; Costa, L. *Revista Saúde e Pesquisa* **2009**, 2, 3, 325.
43. De Conto, S. M.; Brustolin, I.; Pessin, N.; Schneider, V. E.; Beal, L. L. Em *Gestão de resíduos em universidades*, De Conto, S. M., ed, EDUCS: Caxias do Sul, 2010, p. 33-60.
44. Prado, A. G. S.; *Revista Química Nova* **2003**, 26, 5, 738.
45. Sanseverino, A. M.; *Revista Química Nova* **2000**, 23, 1, 102.

46. <http://www.lincoln.ne.gov/city/health/envIRON/pollu/>, acessada em maio de 2014.
47. Levada, J. C.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 2008.
48. Gerbase, A. E.; Gregório, J. R.; Calvete, T.; *Revista Química Nova* **2006**, 29, 2.
49. Huylebroeck, G. G. Em *Technology transfer: from invention to Innovation*, Inzelt, A.; Hilton J., eds.; Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 1999, cap. 2.
50. Amaral, S. T.; Machado, P. F. L.; Peralba, M. C. R.; Camara, M. R.; Santos, T.; Berleze, A. L.; Falcão, H. L.; Martinelli, M.; Gonçalves, R. S.; Oliveira, E. R.; Brasil, J. L.; Araújo, M. A.; Borges, A. C. A.; *Revista Química Nova* **2001**, 24, 3.
51. Palma, M. S. A.; Di Vitta, P. B. Em Manual de Biossegurança; Hirata, M. H., Hirata, R. D. C., Filho, J. M., eds.; Manole: Barueri., 2011, p. 67-106.
52. Müller, S.; Gruber, A. C.; Hoefel, H. H. K.; Barros, S. G. S. de.; *Arquivos de Gastroenterologia* **2001**, 38, 4.
53. São Paulo (Cidade). Secretaria da Saúde; *Uso do ácido peracético na prática clínica em saúde bucal, no âmbito da Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo*, São Paulo: SMS, 2011. 14p.

54. Premalatha, B. R., Patil, S.; Rao, R. S.; Indu, M.; *Journal of Contemporary Dental Practice* **2013**, 14, 2, 281.
55. Cury, F. S.; Censoni, J. B.; Ambrósio, C. E.; *Revista Pesquisa Veterinária Brasileira* **2013**, 33, 5.
56. McDonnell G, RUSSEL D.; *Clinical Microbiology Reviews* **1999**, 1, 147.
57. Psaltikidis, E. M; Quelhas, M. C. F. *Limpeza, desinfecção e esterilização de artigos em serviços de saúde*, Padoveze, M. C., Graziano, K. U., eds., APECIH- Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar : São Paulo, 2010. cap. 13, p. 265-304.
58. Carrara, D. Shirahige, C. A.; Braga, A. C. P. V.; Ishioka, S.; Sakai, P.; Takeiti, M. H.; Strabelli, T. M. V.; *Revista SOBECC* **2013**, 18, 4, 26.
59. Sociedade Brasileira de Enfermeiros de Centro Cirúrgico Recuperação, Anestésica e Centro de Material e Esterilização – SOBECC. *Práticas Recomendadas*. 5. Ed. SOBECC: São Paulo, 2009.
60. Daniel, L. A., coord., Projeto PROSAB. *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável*, ABES, RiMa: Rio de Janeiro, 2001. 155p.
61. Buschini, A. Carboni P, Furlini M, Poli P, Rossi C.; *Mutagenesis* **2004**, 19, 2, 157.

62. Lin, J.; Kennedy, S. H.; Svarovsky, T.; Rogers, J.; Kemnitz, J. W.; Xu, A.; Zondervan, K. T. *Analytical Biochemistry* **2009**, 395, 265.

63. Buesa, R. J.; *Journal of histotechnology* **2000**, 23, 2, 143.

64. Scapin, M. A.; *Tese de Doutorado*, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

65. Pigossi, N.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1864.

66. Leite, J. B. F.; Marques, A. F.; Gomes, O. M.; Pigossi, N.; *Revista Paulista de Medicina* **1979**, 93, 81.

67. Kimura, A. K. E.; Carvalho, W. L.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, Brasil, 2010.

68. KRUG, L.; Pappen, F.; Zimmermann, F.; Dezen, D.; Rauber, L.; Semmelmann, C.; Roman, L. I.; Barreta, M. H.; *Anais da I Mostra de Iniciação Científica*, Concórdia, Brasil, 2011.

## 5.2 RESULTADOS COMPLEMENTARES

### 5.2.1 Análises cromatográficas

As tabelas com todos os resultados das análises cromatográficas estão apresentadas no Apêndice I.

### 5.2.2 Proposta de alternativas quanto ao uso de substâncias - o ácido peracético, o óleo mineral e a glicerina em substituição ao glutaraldeído, xilenos e formaldeído

Como alternativa ao uso do glutaraldeído, diversos autores apontam o ácido peracético ( $\text{CH}_3\text{COOOH}$ ) como a melhor opção (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMEIROS DE CENTRO CIRÚRGICO RECUPERAÇÃO, ANESTÉSICA E CENTRO DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO - SOBECC, 2009; MÜLLER et al., 2001). O composto é resultante da mistura em equilíbrio de ácido acético, peróxido de hidrogênio e água, sendo decomposto ao final em ácido acético e água.

Apêndice I: Tabelas de resultados das

McDonnell e Russel (1999) afirmam que o ácido peracético (acetil hidroperóxido ou ácido peroxiacético) é considerado um biocida mais potente que o peróxido de hidrogênio, apresentando uma atividade esporicida, bactericida, virucida e fungicida em pequenas concentrações (menos que 0,3%). Possui rápida ação microbiocida, agindo pela desnaturação das proteínas, ruptura da parede celular e oxidação de proteínas, enzimas e outros metabólicos (PSALTIKIDIS; QUELHAS, 2010). O tempo de ação como desinfetante de alta atividade biocida é de 10 minutos de contato e como esterilizante é de 30 minutos de contato sendo que a solução em uso tem validade de até 28 dias e deve ter sua concentração validada, monitorada com fita teste específica para o ácido peracético semanalmente ou diariamente até por volta do 23º dia (SÃO PAULO, 2011).

O uso do ácido peracético tem sido proposto, recentemente, como alternativa ao glutaraldeído. Autores apontam com a principal vantagem do ácido peracético em comparação ao glutaraldeído é ser seguro no ponto de vista ocupacional (MÜLLER et al., 2001, SOBECC, 2009; CARRARA et al., 2013)

O ácido peracético é uma solução de amplo espectro de ação, sendo viruscida, bactericida, fungicida e esporicida a baixas concentrações (*WORKING PARTY OF THE BRITISH SOCIETY OF GASTROENTEROLOGY*, 1988; MCDONNELL; RUSSEL, 1999).

Carrara e colaboradores (2013) apontam que esta substância ainda tem a vantagem adicional de remover resíduos em microcompartimentos do instrumental de difícil acesso, ser efetivo na presença de matéria orgânica e esporicida mesmo em baixas temperaturas.

Lorena e colaboradores (2010) demonstram que o ácido peracético é atóxico à saúde e ao meio ambiente, porém, estudos de Daniel (2001) mostraram que efluentes com presença de ácido peracético indicaram elevada toxicidade para alguns organismos aquáticos (*Daphnia similis*, *Brachidanio rerio* e *Photobacterium phosphorium*). Em outro estudo (BUSCHINI et al., 2004) verificou-se que o ácido peracético foi capaz de induzir genotoxicidade em leucócitos humanos expostos a 1 hora de tratamento em concentrações iguais e superiores a 0,5 mg/L.

Outra desvantagem é que o ácido peracético apresenta corrosividade de metais em altas concentrações (MÜLLER et al., 2001). Os autores relatam que a corrosividade é específica para cobre, latão, bronze, aço e ferro galvanizado sendo então necessário verificar junto aos fabricantes a existência de um destes componentes no material que se deseja tratar. Hoefel (2000) também relatou que ainda são levantadas dúvidas quanto à ação corrosiva pelo ácido peracético nos instrumentos de endoscopia, principalmente pelo histórico ainda pequeno de uso desta solução.

O xileno tradicionalmente tem sido empregado para desparafinação e diafanização (clareamento) e agente de montagem para histologia (BUESA; PESHKOV DE 2009; CHEN et al., 2010). Está bem documentado, no entanto, que o xileno é perigoso para o meio ambiente e altamente tóxico para os seres humanos (KUM et al., 2007; CHATTERJEE et al., 2005.; SANDIKCI et al., 2009).

Os métodos histológicos livres de xilenos (*xylene-free*) vêm sendo desenvolvidos e estudados desde 1995 pelo Vrinnevi Hospital (FALKEHOLM, 1996). Estudos bastante avançados vêm apontando o óleo mineral refinado (OMR) como o melhor substituto aos xilenos nas práticas histológicas (BUESA, 2000; PREMALATHA et al., 2013).

O óleo mineral refinado proposto por Premalatha e colaboradores (2013) é o OMR comercialmente vendido como óleo de cabelo composto de 80% de óleo mineral e 20% de óleo de coco. Segundo os autores, o OMR, que é facilmente disponível, é um hidrocarboneto não perigoso, alifático incolor, inodoro, produzido a partir de destilados de petróleo.

A principal metodologia para tal processo de utilização de OMR é a proposta por Premalatha e colaboradores (2013) e é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Procedimento padronizado utilizando OMR

<b>Procedimento</b>	<b>Material Utilizado</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tempo (Min)</b>
Desparafinação e reidratação	Aplicação do OMR	90	2
	Aplicação do OMR	90	2
	Aplicação de água destilada	90	2
	Aplicação de água destilada	90	2
	Lavagem com água destilada	45	1
	Lavagem com água destilada	<b>Ambiente</b>	1
Coloração de núcleo	Harris Hematoxilina	<b>Ambiente</b>	15
	Mergulhar em água de torneira	-	-
	Mergulhar em álcool ácido 1%	-	-
	Lavagem com água de torneira		5.
Coloração do citoplasma	Aplicação de eosina	<b>Ambiente</b>	2
	Mergulhar em água de torneira	-	-
Desidratação	Secagem à sombra	-	10
Montagem	-	-	3
<b>Tempo total</b>	<b>45 min</b>		

Fonte: adaptado de Premalatha et al. (2013).

O uso de óleo mineral refinado (OMR) em substituição ao uso de xilenos apresenta algumas vantagens notáveis. Uma delas é a eficácia, já que o OMR se dissolve facilmente e completamente na parafina, tornando o processo de desparafinação mais rápido (LIN et al., 2009). De acordo com Lin e colaboradores (2009) o óleo mineral pode até mesmo ser usado para desparafinação em testes genômicos de alta qualidade como extração de DNA a partir de amostras de parafinas fixadas em formalina usando o PCR.

Outra vantagem técnica é que o óleo mineral tem uma densidade parecida com a gordura humana, o que promove a remoção da gordura dos tecidos mais rapidamente facilitando a preparação de lâminas histológicas (BUESA, 2000). Premalatha e colaboradores (2013) afirmam que devido a isto, não é necessário utilizar etanol, o que provoca uma drástica redução de custos. Em termos técnicos, a preparação é mais rápida com óleo mineral refinado (45 minutos) quando comparado com o método convencional (65 minutos) (PREMALATHA et al., 2013).

Nos estudos de Buesa (2000), o autor afirma que a fixação de tecidos com óleo mineral é tão eficiente quanto com xilol, sendo um método preferencial, pois é mais seguro para quem manipula o material e para o meio ambiente.

Em termos ambientais, há um grande ganho em usar o OMR, pois segundo Buesa (2000), quando comparado ao xilol, este óleo tem um efeito menos prejudicial sobre o meio ambiente, e, normalmente, não tem consequências negativas quando um grande derramamento ocorre.

O descarte do óleo mineral e suas misturas é iniciado com uma filtração para retirada de sólidos de parafinas que tenham ficado na mistura. O óleo passa por filtros de malha para eliminar os particulados remanescentes. No final, é obtido o óleo básico mineral re-refinado com as mesmas características de óleo básico virgem (SCAPIN, 2008).

Outro ponto de igual importância para o uso de óleo mineral refinado é a saúde de quem o manipula e prepara as lâminas histológicas. Enquanto o xilol possui uma tolerância máxima de exposição de 78 ppm (COSTA et al., 2007), não há limites de tolerância quanto à exposição ao óleo mineral (BUESA, 2000; PREMALATHA et al., 2013). Buesa (2000) inclusive afirma que não há necessidade de uso de EPI's por profissionais que manipulam o OMR.

Por outro lado, ainda não há estudos quanto à qualidade das lâminas histológicas feitas a partir do óleo mineral em longo prazo. Sabe-se que o xilol tem a vantagem de produzir lâminas com alta durabilidade (BUESA, 2000; PREMALATHA et al., 2013).

Com relação ao formaldeído, visto que suas propriedades mutagênicas e carcinogênicas são um fator preocupante (INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA, 2012) e que é substância extremamente agressiva ao meio ambiente (SULIMAN; SOMA, 2000; KLAASSEN, 1996; COSTA, 2001; EDWARDS, et al., 1999; EPA, 1993; KIEBER; MOPPER, 1990) é recomendável a utilização de técnicas de conservação de cadáveres e peças anatômicas mais modernas e menos impactantes à saúde e à natureza.

Segundo Leite e colaboradores (1979), os métodos de conservação para os diferentes tecidos animais podem ser classificados em duas grandes categorias: os que mantêm a vitalidade celular, como a glicerina, e os que não mantêm, como o formaldeído. Além disto, o formol mostra efeitos destrutivos tanto em tecidos de pequenas estruturas quanto ao DNA trazendo consequências na precisão de estudos morfológicos e em análises genéticas (CARVALHO, 2009).

Uma técnica bastante utilizada atualmente em laboratórios de anatomia de universidades (VERONEZ et al., 2009) é a glicerinação ou técnica de Giacomini (RODRIGUES, 2010). Segundo Pigossi (1964), a desidratação do material biológico pelo processo de glicerinação, não altera a concentração iônica das células mantendo a integridade celular, reduzindo assim, a antigenicidade dos tecidos conservados. Em outro estudo de Pigossi (1967), o autor aponta que a glicerina preserva a textura do tecido e aumenta a resistência à tração sem alterar o grau de elasticidade.

Cury, Censoni e Ambrósio, (2013) descreveram a metodologia de glicerinação, apresentada a seguir, para cadáveres já preservados no formol:

1. Lavagem constante apenas com água por um período de 48 horas para a total retirada do formol presente nas peças e nos cadáveres;
2. Secagem a sombra;
3. Imersão em peróxido de hidrogênio a 10% por 48 horas em um recipiente fechado, a fim de eliminar qualquer foco do fungo *Aspergillus flavus*;
4. Lavagem em água;
5. Secagem a sombra;
6. Imersão em álcool absoluto (99%) em um recipiente fechado, sendo medida com um alcoômetro a concentração do álcool uma vez por semana até que essa concentração chegue a 65% (o processo leva no mínimo dois meses e meio para ser concluído e faz com que as peças fiquem desidratadas quase por completo, processo essencial para o sucesso da técnica);
7. Secagem a sombra;
8. Imersão em glicerina durante dois meses;
9. Secagem em um escorredor por um período de no mínimo 8 horas, para que o excesso de glicerina seja retirado.

Para fazer a glicerinação em peças anatômicas e cadáveres novos são necessários dois passos adicionais: dissecação e formalização durante três meses para a prefixação do material a ser utilizado (CURY; CENSONI; AMBRÓSIO, 2013)

Monteiro, ainda no ano de 1960, já apontava que a glicerinação ou técnica de Giacomini permite uma melhor preservação, obtenção de peças anatômicas mais leves e esteticamente melhores, conservação média das peças semelhantes a da formalização e facilidade no manuseio das mesmas. Vantagens semelhantes foram apontadas por Silva e colaboradores (2008) em seus estudos. Cury, Censoni e Ambrósio (2013) afirmam que a glicerina passou a ser utilizada devido à sua ação fungicida e bactericida, deixando também a coloração das peças mais próximas do real, podendo inclusive trazer de volta a cor que foi removida pelo peróxido de hidrogênio, agindo como um reparador dos danos causados pelas substâncias anteriores, além de produzir peças com maior leveza devido à desidratação que a técnica causa, longo período de conservação e fácil visualização e identificação de estruturas detalhadas.

Dessa maneira, ao utilizar uma técnica assim, podemos obter a conservação de peças de estudo anatômico para diferentes finalidades, sendo possível estudar a dimensão dos órgãos tal como a relação de sintopia entre eles, mantendo a cor, formato e posição desejada

(RODRIGUES, 2010). Deve-se levar em consideração também a não necessidade de manter as peças anatômicas em soluções fixadoras como o formol para manutenção e conservação, a conveniência quanto ao peso das peças, já que estas perderam bastante água e o longo tempo de duração do material para estudo (MIRANDA-NETO 1990; TAYLOR; VAN DYKE 1995; DI DIO 2002; RODRIGUES, 2010).

Segundo Kremer, Schubert e Bonfíglio (2011) a formalização trás uma limitação considerável no estudo da anatomia, sendo um fator de desestímulo aos estudantes, professores e até mesmo aos funcionários de laboratório. Já a técnica do uso de glicerina apresenta melhores resultados em relação ao odor, devido à diminuição de vapores prejudiciais aos manipuladores e excelentes resultados estéticos e morfológicos, facilitando o manuseio de peças anatômicas por professores e alunos (KIMURA; CARVALHO, 2010).

Em termos ambientais, novamente se aponta a vantagem da glicerina em comparação com o formol. Cury, Censoni, e Ambrósio (2013) apontam que nível de contaminação ao meio ambiente da glicerina é muito inferior ao do formol.

Por último, porém não menos importante, a glicerinação também é vantajosa em relação à saúde do trabalhador, que assim, tem menor exposição a agentes altamente tóxicos, sendo a glicerina muito mais fácil de utilizar e manusear (KIMURA; CARVALHO, 2010). Uma vez que essa substância é inodora a preocupação quanto à irritação das mucosas não existe, além do fato de não ser uma substância cancerígena (CURY; CENSONI; AMBRÓSIO, 2013).

Em oposição às vantagens, o tempo de preparo da glicerinação e o grau de detalhamento de preparo são desvantagens apresentadas pela técnica. A formalização demora cerca de três meses enquanto que no processo de glicerinação as peças anatômicas precisam ficar submersas por longos períodos e em diferentes soluções, durando cerca de oito meses (CURY; CENSONI; AMBRÓSIO, 2013).

Outra desvantagem dessa técnica é o custo consideravelmente elevado. O comparativo das técnicas demonstrou que a glicerinação tem um custo quatro vezes e meia maior que a formalização convencional (KIMURA; CARVALHO, 2010). Krug et al. (2011) demonstram um valor ainda mais alto para a glicerinação quando comparada a formalização convencional: R\$ 0,52 para o litro de formol e R\$ 5,36 para o litro de glicerina (KRUG et al. 2011).

## 6 CONCLUSÃO

Instituições geram grandes quantidades resíduos o que requer um gerenciamento adequado para a minimização dos riscos associados. Neste sentido, estudos a cerca do reaproveitamento, recuperação e reúso são essenciais para apontar formas econômicas e ambientalmente convenientes e aceitáveis bem como o uso racional destas.

As análises cromatográficas apontaram que os compostos glutaraldeído e xilol apresentam grau de pureza bastante elevado e podem ser reutilizados pela instituição, para aplicações que não exijam padrões de grau analítico, como por exemplo, alavancar projetos de pesquisa e desenvolvimento que utilizariam glutaraldeído e/ou xilol como insumos.

As alternativas propostas para substituição dos compostos glutaraldeído, xilol e formol mostram-se bastante vantajosas, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo. A substituição do glutaraldeído por ácido peracético é a orientação dada por diversos autores e organizações de saúde mundiais, por ser um desinfetante com eficácia microbiológica comprovada, apontado como atóxico e mantém suas propriedades em presença de matéria orgânica.

A substituição do xilol por óleo mineral refinado (OMR) mostra-se uma alternativa interessante uma vez que as vantagens apontadas são muito maiores e mais significativas do que a única desvantagem trazida. Estudos apontam os xilenos como sendo um produto muito perigoso para ser manipulado e seus resíduos altamente poluentes, enquanto que o OMR não possui restrições ao uso por profissionais que o manipulam e seu impacto ao meio ambiente é relativamente inferior.

A glicerinação é um processo já em uso em muitos laboratórios universitários de anatomia. O uso do formol deve ser evitado ao máximo preservando a saúde laboral daqueles que o manipulam e dos estudantes em suas práticas. Em comparação com o formol, a glicerina apresenta um nível de contaminação ambiental muito inferior. Entretanto, o fato de o tempo de preparo de peças anatômicas e cadáveres serem mais demorados, mais detalhados e também mais caros, provavelmente explique porque este método ainda não ter sido implantado na grande maioria das instituições de ensino superior.

Em termos ambientais, a reciclagem dos compostos avaliados, implica diretamente na redução do volume de cargas tóxicas e perigosas que a instituição envia até o destino final. Desta forma, os riscos de acidentes e danos ambientais de proporções incalculáveis, podem ser substancialmente reduzidos.

O objetivo da reciclagem é duplo e se caracteriza pela economia dos gastos com recompra de solventes e alternativamente com a incineração, que além dos seus custos é um processo ambientalmente mais nocivo do que a reciclagem.

A participação dos estudantes nas diferentes etapas de reaproveitamento, recuperação e reúso é útil no que diz respeito a sensibilização para a reciclagem segura e ambientalmente aceitável. Os estudantes podem aprender formas de coletar separadamente e reutilizar os solventes. Ao mesmo tempo, eles perceberão quais os esforços que tem que ser feitos no trabalho, nas técnicas e o gasto de energia necessário para a concretização das diferentes etapas de reciclagem.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, diversas questões surgiram no sentido de aprofundar os estudos em outros aspectos não contemplados. Neste sentido, são elencadas abaixo algumas propostas que podem constituir em objetos de estudos futuros. Estas poderão trazer maiores contribuições tanto para o sistema de gerenciamento das instituições estudadas quanto para a proposição de modelos de gerenciamento para instituições correlatas, contribuindo ainda para o estado da arte no uso, manejo e descarte destas substâncias, bem como riscos à saúde humana e ambiental:

- Avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas apresentadas, levando em consideração os custos de aquisição, operação e implantação de equipamentos e sua vida útil, o impacto na central de resíduos, na necessidade de ampliação no quadro funcional, entre outros aspectos, no sentido de subsidiar a tomada de decisões dentro das próprias instituições e em outras universidades.

- Analisar a exposição as substâncias químicas continuada, no caso de técnicos e ocasional, no caso de alunos, verificando a presença de sintomas específicos e estudando os efeitos potenciais em longo prazo.

- Rever o uso de EPIs específicos para cada substância e os mapas de risco em salas de manipulação dos produtos, a fim de prevenir as implicações trabalhistas.

- Propor tratamento das águas residuárias da lavagem de peças e cadáveres submersos em formaldeído, considerando a capacidade do sistema proposto no tratamento do composto, em diferentes concentrações, aplicadas ao esgoto sanitário, diminuindo assim o impacto a estação de tratamento de efluentes.

- Ponderar e acompanhar os métodos recomendados, por meio da geração de índices e indicadores.

- Analisar o tempo de decaimento e a perda de efetividade do formaldeído, com a curva de decaimento, com objetivo de estabelecer o prazo de troca da substância e promover um controle de qualidade da solução.

- Utilizar-se de outros métodos, além da cromatografia gasosa, para revelar o atual estado das substâncias, como por exemplo, o carbono orgânico total.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, J. C. et al. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: Recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, v.26, n.4, p. 602-611, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Informe Técnico nº 04/07**. Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde – Fundamentos para a utilização. [Internet]. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2007. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe_tecnico_04.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Manual de Gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde**. Tecnologia em serviço de saúde. Editora ANVISA, 1ª edição, Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. Resolução – **RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2004.

\_\_\_\_\_. Resolução – **RDC nº 8, de 27 de fevereiro de 2009**. Dispõe sobre as medidas para redução da ocorrência de infecções por Micobactérias de Crescimento Rápido - MCR em serviços de saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2009.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATSDR. **Toxicological Profile for Xylenes** (Update). Atlanta, GA: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services; 2007.

ALMEIDA, J. R. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Thex, 2010, 566 p.

ALVARADO, C. J.; REICHELDERFER, M. Association for Professionals In Infection Control and Epidemiology (APIC). Guideline for infection prevention and control in flexible endoscopy. **AM. Journal of Infection Control**, n. 28, p. 138-55, 2000.

AMARAL, S. T. et al. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da universidade federal do Rio Grande do Sul. **Revista Química Nova**, v. 24, n. 3, 2001.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF MEDICAL INSTRUMENTATION – ANSI/AAMI. **American National Standard for the Safe use and handling of glutaraldehyde-based products in health care facilities**. Arlington, VA: Association for the Advancement of Medical Instrumentation, ST58, 1996.

ARAÚJO, S. M. V. G. **O desafio da aplicação da Lei dos Resíduos Sólidos**. Brasília: Câmara dos Deputados, (estudo técnico - Consultoria Legislativa), 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12.808** – Resíduos de Serviço de Saúde – Classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1993a.

- \_\_\_\_\_. **NBR 12.810** – Resíduos de serviço de saúde – Coleta. Rio de Janeiro, ABNT, 1993b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12.807** – Resíduos de serviço de saúde – Terminologia. Rio de Janeiro, ABNT, 2013a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12.809** – Resíduos de serviço de saúde – Manuseio. Rio de Janeiro, ABNT, 2013b.
- BALLANTYNE, B. **Toxicology of Glutaraldehyde**: Review of Studies and Human Health Effects. Union Carbide Corporation, Bound Brook, NJ, 1995.
- BDOUR, A. et al. Assessment of medical wastes management practice: a case study of the Northern Part of Jordan. **Waste Management**, v. 27, n. 6, p. 746-759, 2007.
- BEAUCHAMP, R. O. et al. A critical review of the toxicology of glutaraldehyde. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 22, p. 143-174. 1992.
- BERNARDES JÚNIOR, C. et al. **Avaliação do impacto ambiental provocado por locais de disposição de resíduos sólidos**. São Paulo: CETESB, 2003.
- BIGOLIN, F. T. et al. Avaliação de resíduos em laboratórios de ensino, pesquisa e extensão do Campus da UFSM. In: XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, 2006, Ijuí, **Anais...** Ijuí/RS: CRICTE, 2006. p. 101-109.
- BINSFELD, P. C. **Biossegurança em Biotecnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- BRAGA, L. O. et al. Resíduos Químicos Gerados em Serviços de Saúde: Um Despertar Necessário. **Revista Diálogos – Revista de Estudos Culturais e da Contemporaneidade**, n. 6, p. 207-220, 2012.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2012.
- BREITHERICK, L. (Ed). **Hazards in the Chemical Laboratory**. 4. ed. The Royal Society of Chemistry. London. 1986.
- BRITISH SOCIETY OF GASTROENTEROLOGY - BSG. **Guidelines for Decontamination of Equipment for Gastrointestinal Endoscopy**. Inglaterra, 2005. Disponível em:<<http://www.bsg.org.uk/bsgdisp1.php?id=5ab3755137d1050e76b8&h=1&sh=1&i=1&b=1&m=00023>>. Acesso em 28 de agosto de 2013.
- BUESA, R. J. Mineral oil: The best xylene substitute for tissue processing yet? **Journal of histotechnology**, v. 23, n. 2, p. 143-148, 2000.
- BUESA, R. J.; PESHKOV, M. V. Histology without xylene. **Annals of Diagnostic Pathology**, v. 13, p. 246-256, 2009.

BUSCHINI, A. et al. Sodium hypochlorite, chlorine dioxide and peracetic acid induced genotoxicity detected by the Comet assay and *Saccharomyces cerevisiae* D7 tests. **Mutagenesis**, vol. 19, nº 2, p.157-162, 2004.

BUTLER; J.; HOOPER, P. Dilemmas in optimizing the environmental benefit from recycling: A case study of glass container waste management in the UK. **Resources Conservation and Recycling**; New Jersey, v. 45, p. 33-55, 2005.

CAETANO, M. O.; GOMES, L. P. Proposta de plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde para o hospital Beneficência Portuguesa – Porto Alegre – RS. **Estudos Tecnológicos**, São Leopoldo, v. 2, n. 2, p. 99-112, 2006.

CALABRESE, E. J.; KENYON, E. M. Ar, tóxicos e análise de risco. **Lewis Publishers**, Chelsea, MI. 1991.

CARDOSO, R. S.; HOLANDA H. D.; CARDOSO, R.S. Gerenciamento de resíduos químicos gerados nos laboratórios do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. In: I SECITEAC – Semana de Ciência e Tecnologia, Esporte, Arte e Cultura, 2010, João Pessoa. **Anais do XIII Encontro de Iniciação a Docência e do XII Encontro de Extensão**. João Pessoa: Editora Universitária, 2010.

CARRARA, D. et al. A desinfecção de endoscópios com ácidoperacético por dez minutos é efetiva? **Revista SOBECC**, v. 18, n.4, p. 26-37, 2013.

CARVALHO, K. S. **Influência do formol utilizado para conservação de cadáveres na obtenção de DNA nuclear em tecido muscular**. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia Legal e Deontologia), Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas, Piracicaba, SP, 2009.

CAZARI, V. R. R. et al. Redução do uso do xilol na técnica de coloração hematoxilina e eosina. **Colloquium Vitae**, v. 5, n. 2, 2013.

CHATTERJEE, A., et al. The effect of occlusive and unocclusive exposure to xylene and benzene on skin irritation and molecular responses in hairless rats. **Archives of Toxicology**, v. 79, p.294-301, 2005.

CHEN, C. Y. et al. A novel xylene substitute for histotechnology and histochemistry. **Biotechnic & Histochemistry**, v.85, n. 4, p. 231-40, 2010.

COELHO, F.; et al. Modelo consolidado de gestão de resíduos e sua contribuição para a gestão ambiental na Unicamp. In: DE CONTO, S. M. (Org.). **Gestão de resíduos em universidades**. 1ed. Caxias de Sul - RS: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2010, v. 1, p. 113-141.

COELHO, M. **O formaldeído em ambiente laboral**: determinação do ácido fórmico em urina de trabalhadores de uma fábrica produtora de formaldeído. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Toxicologia Analítica, Clínica e Forense) – Universidade do Porto, Portugal, 2009.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **P4.262**: Gerenciamento de resíduos químicos provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde: procedimento, 2004.

\_\_\_\_\_. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. FIT- **Ficha de informação Tecnológica- Xileno**. São Paulo. Janeiro de 2012.

CONCISE INTERNATIONAL CHEMICAL ASSESSMENT – CICADS. **Document 40 - Formaldehyde**. United Nations Environment Programme – Inter Organization Programme for the Sound Management of Chemicals [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2002. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm> >. Acesso em: 01 ago. 2012.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 5**, de 31 de agosto de 1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Brasília, DF, 1993. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 358**, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente, abril de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf> >. Acesso em: 05 dez. 2013.

CORRÊA, F. A. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde: aspectos gerais e análise dos processos de gerenciamento pelas organizações militares de saúde do exército brasileiro. [2003?]. 18 p. [S. l.] [2003?].

COSTA, K. N. S. et al. Avaliação dos riscos associados ao uso do xilol em laboratórios de anatomia patológica e citologia. **Revista Brasileira de Saúde Ocup.** v. 32, p. 50-56, 2007.

COSTA, D. L. Air Pollution. In: KLAASSEN, C. D. (Ed.) **Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**. United States of America: McGraw-Hill, 2001. p. 979-1012.

COSTA, T. F.; FELLI, V. E. A. Exposição dos trabalhadores de enfermagem às cargas químicas em um hospital público universitário da cidade de São Paulo. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v. 13, n. 4, p. 501-508, 2005.

\_\_\_\_\_. Periculosidade dos Produtos e Resíduos Químicos da Atenção Hospitalar. **Cogitare Enfermagem**, v. 17, n. 2, p. 322-330, 2012.

CURY, F. S.; CENSONI, J. B.; AMBRÓSIO, C. E. Técnicas anatômicas no ensino da prática de anatomia animal. **Revista Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 5, 2013.

CUSSIOL, N. A. M. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde** / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2008. 88 p.

DA HORA MACHADO, A. E. et al. Solar photo-Fenton treatment of chip board production waste water. **Solar Energy**, v.77, p. 583–589, 2004.

DANIEL, L. A. (Coord.). Projeto PROSAB. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2001. 155p.

DAS, A. et al. Endoscope Reprocessing: Stand up and Take Notice. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 5, n. 4, 2007.

DI DIO, L. J. A. **Tratado de Anatomia Sistemica Aplicada**: princípios básicos e sistêmicos, esquelético, articular e muscular. 2ª ed. Atheneu, São Paulo, 2002.

DIAZ, L. F. et al. Characteristics of healthcare wastes. **Waste Management**, v. 28, n. 7, p. 1219-1226, 2008.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; EGGERTH, L. L. Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. **Waste Management**, v. 25, n. 6, p. 626-637, 2005.

DRUGDEX. **Ficha informacional do produto químico – Glutaraldeído**. 2007.

EDWARDS, F. G. et al. Ranking of toxics release inventory chemicals using a level III fugacity model and toxicity. **Water Science and technology**, v. 39, n. 10-11, p. 83-90, 1999.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Code of Federal Regulations. **Ambient Air Quality World Surveillance**, Final Rule Federal Register, v. 58, 1993.

\_\_\_\_\_. **Reducing Ethylene Oxide and Glutaraldehyde use**. Environmental Best Practices for Health Care Facilities. Nov. 2002.

\_\_\_\_\_. **Toxicological Review of Xylenes**. EPA 635/R-03/001. Washington, D.C., 2003.

FALKEHOLM, L. Going green: Using water, not xylene (Letter). **Lab Medicine**, v. 27, p. 638, 1996.

FELLI, V. E. A. Plano de gerenciamento de resíduos químicos hospitalares. In: 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENFERMAGEM, 2004, Gramado. **Anais eletrônicos..** Gramado: ABES - Seção/RS, 2004. Disponível em: <<http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrrsatva/bettina.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

FIGUEIREDO, P. J. M.; JACOVELLI, S. J. Projeto para montagem em máquinas ferramenta. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, Ano XLII, n. 488, p. 156-197, set. 2006.

FISHER, S. Healthcare waste management in the UK: the challenges facing healthcare waste producers in light of changes in legislation and increased pressures to manage waste more efficiently. **Waste Management**, v. 25, n. 6, p. 572-574, 2005.

FORMAGGIA, D. M. E. Resíduos de Serviços da Saúde. In: **Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços da Saúde**. CETESB, São Paulo (SP), 1995.

FORMALDEHYDE. **Medical Surveillance**. Disponível em:

<[www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=10078](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10078)  
Acesso em: 10 abr 2008.

FRATILA, O.; TANTAU M. Cleaning and Disinfection in Gastrointestinal Endoscopy: Current Status in România. **Journal of gastrointestinal and liver diseases**, v. 15, n. 1, p. 89-93, 2006.

GAMIZ-GRACIA. L.; CASTRO, M. D. L. Determination of formaldehyde in liquid, solid and semisolid pharmaceuticals and cosmetics by flow injection-pervaporation. **Analyst**, v. 124, p. 1119-1121, 1999.

GARDNER, R. A statistical analysis of data on exposure to xylene at selected workplaces in the U.K. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 40, n. 4, p. 411-22, 1996.

GERBASE, A. E. et al. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 1, 2005.

GOSSSELIN, R. E.; HODGE, H. C.; SMITH, R. P. **Clinical Toxicology of Commercial Products**. 5. ed. New York: Williams and Wilkins, Co. Baltimore. 1984.

HARVEY, S. C. Antimicrobial Drugs. In: GENNARO, A. R. (Ed.). **Remington's Pharmaceutical Sciences**, Easton, PA , Mack Publishing Company, p. 1163, 1990.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – HSE. **RR/445**. An evolution of chemical disinfecting agents used in endoscopy suites in the NHS. 2006. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr445.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2013.

HOEFEL, H. **Controle de infecções em instituições de saúde** [S.l.]: 2000. Disponível em: <<http://www.cih-com.1997br>> Acesso em: 13 abr. 2014.

INDUKERN. **Ficha de informações sobre produtos químicos – Formol**, 2008. Disponível em: <[www.indukern.com.br](http://www.indukern.com.br)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Formol ou Formaldeído: banco de dados**, 2012. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. **IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans**. Press release no.153. International Agency for Research on Cancer: Lyon, 2004.

\_\_\_\_\_. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Volume 88 [Internet]. Lyon, France, 2006. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf> >. Acesso em: 30 jul. 2013.

INTERNATIONAL LABOR OFFICE – ILO. **Safe work and safety culture**. The ILO report for world day for safety and health at work 2004. ILO, 2004. Disponível em: <[http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/worldday/products04/report04\\_eng.pdf](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/worldday/products04/report04_eng.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2014.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, 25, n. 71, 2011.

JACOBSON, G. A.; McLEAN, S. Biological monitoring of low level occupational xylene exposure and the role of recent exposure. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 47, n. 4, p. 331-6, 2003.

JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. Research & development methodology for recycling residues as building materials – a proposal. **Waste Management**. Amsterdam, v. 21, p. 213-219, 2001.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

JURAS, I. A .G. **Impacto a saúde e ao meio ambiente do aumento irregular de solventes na gasolina**. Brasília: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados; 2005.

KANDYALA, R., RAGHAVENDRA, S. P. C, RAJASEKHARAN, S. T. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology**, v. 14, n. 1, p. 1-5, 2010.

KATAGIRI, H. et al. Indoor Glutaraldehyde levels in the endoscope disinfecting room and subjective symptoms among workers. **Industrial Health**, v. 44, p. 225-229, 2006.

KIEBER, R. J.; MOPPER, K. Determination of picomolar concentrations of carbonyl compounds in natural waters, including seawater, by liquid chromatography. **Environmental Science & Technology**, v. 24, p. 1477-1481, 1990.

KIMURA, A. K. E.; CARVALHO, W. L. **Estudo da relação custo x benefício no emprego da técnica de glicerinação em comparação com a utilização da conservação por formol**. 2010. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Extensão em Higiene Ocupacional). Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP, 2010.

KLAASSEN, C. D. Nonmetallic Environmental Toxicants. In: HARDMAN, J. G.; LIMBIRD, L. E. (Ed.) **Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics**. United States of America: McGraw-Hill; 1996. p. 1673-96.

KOK, L. P.; BOON, M. E. **Microwave cookbook for microscopists**. Leiden, Coulomb Press, p. 193, 1992.

KREMER, R.; SCHUBERT, J. M.; BONFÍGLIO, N. S. Criodesidratação de vísceras do canal alimentar no preparo de peças anatômicas para estudo veterinário. **Revista PubVet**, Londrina, Ed. 160, v. 5, n. 13, p. 1-7, 2011.

KRUG, L., et al. Conservação de Peças Anatômicas com Glicerina Loira. In: I Mostra de Iniciação Científica – Instituto Federal Catarinense, 2011, Concórdia, SC, **Anais eletrônicos..** Concórdia: Instituto Federal Catarinense, p.1-6, 2011.

KUM, C., et al. Effects of xylene and formaldehyde inhalations on oxidative stress in adult and developing rats livers. **Experimental Animals**, v. 56, p. 35-42, 2007.

LANGMAN, J. M. Xylene: its toxicity, measurement of exposure levels, absorption, metabolism and clearance. **Pathology**, v. 26, n. 3, p. 301-309, 1994.

LEITE, J. B. F. et al. A glicerina e a preservação dos tecidos. **Revista Paulista de Medicina**, v. 93, p. 81-84, 1979.

LEITE, W. C. A., **Estudo da gestão de resíduos sólidos**: uma proposta de modelo tomando Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI – 5). 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

LEVADA, J. C. **Gestão e gerenciamento de resíduos químicos e aplicação da tecnologia de destilação na recuperação de solventes orgânicos**: estudo de caso da reciclagem do xileno. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências (Química analítica)) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

LIMA, J. D. **Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos No Brasil**. Rio de Janeiro: ABES, 2002. 267 p.

LIN, J. et al. High-quality genomic DNA extraction from formalin fixed and paraffin-embedded samples deparaffinized using mineral oil. **Analytical Biochemistry**, v. 395, p. 265-267, 2009.

LINCOLN. Departamento de Salud de Lincoln - Condado de Lancaster. **Recuperación de la formalina**. 2006. Disponível em <<http://www.lincoln.ne.gov/city/health/environ/pollu/>>. Acesso em: maio de 2014.

LORENA, N. O. S. et al. *Mycobacterium massiliense* BRA100 strain recovered from postsurgical infections: resistance to high concentrations of glutaraldehyde and alternative solutions for high level disinfection. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 25, n. 5, p. 455-459, 2010.

MALVEZZI, F.; BRONHARA, M. A. G. Diagnóstico sobre o Uso do Glutaraldeído em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. **Boletim Epidemiológico Paulista- BEPA**, Ano 1, n. 12, p. 14 - 17, 2004.

MARISCAL, A. et al. A fluorescent bioassay to detect residual formaldehyde from clinical materials sterilized with low-temperature steam and formaldehyde. **Biologicals**. London, v. 33, p. 191-196, 2005.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET – MSDS. **F5522 (Formaldehyde)**, Mallinckrodt/J.T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA, 2000.

McDONNELL G., RUSSEL D. Antiseptics and disinfectants activity, action and resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 1, p. 147-179, 1999.

McDOW, S. R.; TOLLERUD, D. J. Outdoor Air Pollution. In: GREENBERG, M. I (Ed.) **Occupational Industrial and Environmental Toxicology**. Philadelphia, United States of America: Mosby, 2003. p. 622-35.

MERCK & CO. **The Merck Index: an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals**.

New Jersey: Whitehouse Station, 1996.

METGUD, R., et al. Conventional xylene and xylene-free methods for routine histopathological preparation of tissue section. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 88, n. 5, p. 235-241, 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 32 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde**. Brasília. Ministério do Trabalho e Emprego, 2008.

MIRANDA-NETO, M. H. **Sobre a Utilização de Adesivo à Base de Polivinil Acetato (PVA) na Preparação de Ossos para Estudos**. Universidade de Marília, Marília, SP, p. 87-89, 1990.

MORAES, C. S. Avaliação da atividade funcional dos fagócitos em indivíduos expostos ocupacionalmente ou não ao xilol. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 2, n. 2, p. 122-125, 2005.

MÜLLER, S. et al. Manometria Esofágica: Limpeza e desinfecção do equipamento com glutaraldeído; Protocolo do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, RS. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 38, n. 4, 2001.

MUNITIS, M. C.; MICUCCI, H. A. Efluentes líquidos de establecimientos de salud: Estado actual y propuesta de gestión. **Acta bioquímica clínica latinoamericana**, v. 36, n. 1, p. 83-101, 2002.

NARDI, I. R. **Degradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF)**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM – NTP. **Toxicology and carcinogenesis studies of glutaraldehyde**. dec. 2000.

NEW ZEALAND NURSES ORGANIZATION. **The use and control of hazardous substances in the health sector**. Jun. 2004.

NOISEL, N.; BOUCHARD, M.; CARRIER, G. Evaluation of the Health Impact of Lowering the Formaldehyde Occupational Exposure Limit for Quebec Workers. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 48, n. 2, p. 118-27, Jul, 2007.

NUNES, T. S. P. et al. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: uma revisão de literatura. **Revista de pesquisa: cuidado é fundamental** (Ed. Supl.) p. 57-60, 2012.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION. **Best Practices for the Safe Use of Glutaraldehyde in Health Care**, 2006. Disponível em: <<http://www.osha.gov/Publications/3258-08N-2006-English.html>> Acesso: em 25 de março de 2013.

OFFICE FOR HUMAN RESEARCH PROTECTIONS – OHRP. Public Health Service –

**Toxicological Profile for Formaldehyde** [Internet]. Atlanta, Georgia: United States Department of Health and Human Services; 1999. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

OLIVEIRA, S. V. W. B.; ZAIAT, M. Gerenciamento de solução de formol em laboratórios de anatomia. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, v. 1, p. 18-25, 2004.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT; SCREENING INFORMATION DATA SETS – OECD/SIDS. **Initial Assessment Report - Formaldehyde** [Internet]. Paris, France, 2002. Disponível em <<http://www.inchem.org/documents/sids/sids/formaldehyde.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Critérios de Saúde Ambiental para formaldeído**. Volume 89. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça. 1989.

PALMA, M. S. A.; Di VITTA, P. B. Manuseio de produtos químicos e descarte de seus resíduos. In: HIRATA, M. H., HIRATA, R. D. C., FILHO, J.M., (Ed(s)). **Manual de Biossegurança**. Barueri: Manole,. p. 67-106, 2011.

PEREIRA, N. S.; ZAIAT, M. Degradation of formaldehyde in anaerobic sequencing batch biofilm reactor. **Journal of Hazardous Materials**, Philadelphia, v.163, p. 777-782, 2009.

PERRONE, J. Doctors, Nurses and Dentists. In: Greenberg, M. I. (Ed). **Occupational Industrial and Environmental Toxicology**. Philadelphia, United States of America: Mosby; 2003, p. 88-95.

PETERSEN, B. T. Gaining perspective on reprocessing of GI endoscopes. **Gastrointestinal Endoscopy**, v. 50, p. 287-291, 1999.

PIGOSSI, N. **Implantação de dura-máter homogênea conservada em glicerina – estudo experimental em cães**. 1964. 41f. Tese (Doutorado em medicina veterinária) – Faculdade de Medicina de São Paulo, Universidade de São Paulo, 1964.

PIGOSSI, N. **A glicerina na conservação de dura-máter: estudo experimental**. 1967. 83 f. Tese (Livre Docência). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1967.

PINA, C. D. S. **Avaliação da Exposição Profissional ao Formaldeído: Efeito Genotóxico**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Contaminação e Toxicologia Ambientais) – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Cidade do Porto, 2010.

PITOT, H.; DRAGAN, Y. Chemical Carcinogenesis. In: KLAASSEN C. D. (Ed). **Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**. United States of America: McGraw-Hill; 2001. p. 241-319.

POISINDEX. **Micromedex Healthcare Series**. 2007.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem: avaliação de evidências para a prática da enfermagem**. 7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PRADO, A. G. S. Química Verde, os desafios da química do novo milênio. **Revista Química**

**Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

PREMALATHA, B. R., et al. Mineral oil - a biofriendly substitute for xylene in deparaffinization: a novel method. **Journal of Contemporary Dental Practice**, v.14, n.2, p. 281-286, 2013.

PSALTIKIDIS, E. M; QUELHAS, M. C. F. Desinfecção de artigos. In: PADOVEZE, M. C., GRAZIANO, K. U. (Org.) **Limpeza, desinfecção e esterilização de artigos em serviços de saúde**. São Paulo: APECIH- Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar, 2010. cap. 13, p. 265-304.

RIBEIRO FILHO, V. O. Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. In: FERNANDES, A. T.; FERNANDES, M. O. V.; RIBEIRO FILHO, N. **Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde**, v. 2. São Paulo: Atheneu, 2000, 1157 p.

RODRIGUES, C. R. B. **Aspectos legais e ambientais do descarte de resíduos de medicamentos**. 2009, 110 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2009.

RODRIGUES, H. **Técnicas Anatômicas**. 4<sup>th</sup> ed. Vitória, ES: GM Gráfica e Editora, 2010, 269 p.

RODRIGUES, M. P. T. P. **Xilol**: efeitos imunológicos e hematológicos à exposição ocupacional em histotécnicos. 2005, 84 f. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais e Saúde), Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2005.

ROM, W. N. (Ed.) **Environmental and Occupational Medicine**. Boston: Little, Brown and Company. 1983.

RUTALA, W. A. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology – APIC. Guideline for selection and use of disinfectants. **American Journal of Infection Control**, v. 24, p. 313-342, 1996.

RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. Disinfection of endoscopes: review of new chemical sterilants used for high-level disinfection. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v. 20, p. 69-76, 1999.

SANCHEZ GOMEZ, J. Situación actual, perspectivas y consideraciones para el control de residuos hospitalarios en México. In: Seminario Internacional- Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, siglo XXI, 2002, México. **Anais...** 2002.

SANDIKCI, M. et al. Inhalation of formaldehyde and xylene induces apoptotic cell death in the lung tissue. **Toxicology and Industrial Health**, v. 24, p. 455-461, 2009.

SANSEVERINO, A. M. Síntese Orgânica Limpa. **Revista Química Nova** v. 23, n.1, p. 102-107, 2000.

SANTIAGO-SILVA, M. R. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Químicos**: Normas Gerais, Instituto de Química, Araraquara: UNESP, 2001.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria da Saúde. **Uso do ácido peracético na prática clínica em saúde bucal, no âmbito da Secretaria Municipal da Saúde de São Paulo** – SMS-SP/Secretaria da Saúde, Coordenação da Atenção Básica, Área Técnica de Saúde Bucal - São Paulo: SMS, 2011. 14p.

SAURABH, G. et al. Rules and management of biomedical waste at Vivekananda Polyclinic: a case study. **Waste Management**, v. 29, n. 2, p. 812-819, 2009.

SCAPIN, M. A. Estudo de remoção de elementos inorgânicos e degradação de compostos orgânicos por radiação gama em óleos lubrificantes usados. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SCHNEIDER, J. et al. Proposta de Gerenciamento de Resíduos Químicos do Laboratório de Ensino de Química do Departamento de Química – UFES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** 2008.

SCHNEIDER, V. E. **Sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde**: contribuição ao estudo das variáveis que interferem no processo de implantação, monitoramento e custos decorrentes. 2004. 242 f. Tese (Doutorado em Eng de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2004.

SCHNEIDER, V. E. et al. Avaliação do índice de geração de resíduos de serviço de saúde em um hospital escola. In: V Congresso Internacional de Resíduos Sólidos - Valorización y Gestión de los Residuos Solidos e Peligrosos Integral.. Lima/Peru: AIDIS/DIRSA/APIS. **Anais...** 2013. p. 1-6.

SCHNEIDER, V. E.; PAIZ, J. C.; STEDILE, N. L. R. Geração de resíduos em um hospital de ensino e pesquisa em saúde. In: III Congresso Internacional de Tecnologias Ambientais: ecoeficiência dos processos, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** - 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente: ecoeficiência dos processos. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul/Instituto de Saneamento Ambiental, 2012. p. 1-7.

SEVERO, E. A. **Análise do Gerenciamento Ambiental nos Hospitais de Caxias do Sul** – RS. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2010.

SILVA, R. L. B. et al. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.

SILVA, C. E.; HOPPE, A. E. Diagnóstico dos Resíduos de Serviços de Saúde no Interior do Rio Grande do Sul. **Revista engenharia sanitária ambiental**. Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 146-151, abr/jun. 2005.

SILVA, E, M., et al.; Estudo Analítico da Técnica de Glicerinação Empregada para Conservação de Peças Anatômicas. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, ano 3, Edição Especial, maio 2008.

SILVA, V. E. F. da; KURCGANT, P.; QUEIROZ, V. M. de. O desgaste do trabalhador de enfermagem: relação trabalho de enfermagem e saúde do trabalhador. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 51, n. 4, p. 603-614, 1998.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMAGEM EM ENDOSCOPIA GASTROINTESTINAL – SOBEEG. **Manual de Reprocessamento de Limpeza e Desinfecção de Aparelhos e Acessórios Endoscópicos**, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMEIROS DE CENTRO CIRÚRGICO RECUPERAÇÃO, ANESTÉSICA E CENTRO DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO – SOBECC. **Práticas Recomendadas**. 5. Ed. São Paulo: SOBECC, 2009.

STEFANO, F. D. et al. Glutaraldehyde: an occupational hazard in the hospital setting. **Allergy**, v. 54, p. 1105-1109, 1999.

SULIMAN, F. E. O.; SOMA, Y. The determination of carbonyl compounds in air using a robotic sampling preparation system integrated to a gas chromatograph with a nitrogen-phosphorus detector. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 2, p. 470-475, 2000.

\_\_\_\_\_. Identification of an artifact peak co-eluting with formaldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazine derivative by GC-MS and chemometrics. **Microchemical Journal**, v. 72, p. 27-33, 2002.

SURUDA, A. Morticians. In: GREENBERG, M. I. (Ed.) **Occupational Industrial and Environmental Toxicology**. Philadelphia, United States of America: Mosby; 2003. p. 274-283.

TAKAYANAGUI, A. M. M. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005. cap. 9, p. 323-374.

TANG, X. et al. Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects. **Environment International**. California, USA, n. 35, p. 1210-1224, 2010.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas nos Laboratórios de Ensino e Pesquisa no CENA/USP. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.

TAYLOR W. R.; VAN DYKE, G. C. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. **Cybium**, v. 9, n. 2, p. 107-119, 1995.

TEAF, C. M. Properties and Effects of Organic Solvents. In: Williams PL, James RC, Roberts SM, editors. **Principles of Toxicology** – Environmental and Industrial Applications. United States of America: Wiley-Interscience; 2000. p. 367-408.

TIPPLE, A. F. V et al. O uso do glutaraldeído em serviços de saúde e a segurança do trabalhador. **Revista de Enfermagem**. UERJ, n. 12, v. 2, p. 186-191, 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, São José do Rio Preto (SP), ano 1, n.2, out. 2003.

UNITED STATES PATENT. **Method for the continuous production of glutaraldehyde** - United States Patent Issued on May 6, 2003. Disponível em: < <http://www.patentstorm.us>>. Acesso em: 03 ago. 2013.

UYSAL, F.; TINMAZ, E. Medical waste management in Trachea region of Turkey: suggested remedial action. **Waste Management & Research**, v. 22, n. 5, p. 403-407, 2004.

VERONEZ, D. A. L. et al. Relatório Técnico da Análise histomorfológica comparativa dos diferentes procedimentos técnicos empregados para a conservação de cadáveres do Departamento de Anatomia da UFPR. Curitiba. Universidade Federal do Paraná. 2009, 20 p.

VESILIND, A. P.; MORGAN, S. M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Ed.2ª. Editora CENGAGE: São Paulo, 2011.

VIEIRA, I. I. F. et al. Efeitos da utilização do formaldeído em laboratórios de anatomia. **Revista Ciência e Saúde Nova Esperança**, v. 11, n. 1, p. 97-105, 2013.

VIEIRA, V. M.; LAPA, R. Riscos em laboratório: prevenção e controle. **Cadernos de Estudos Avançados**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 25-43, 2006.

VYAS, A. et al. Survey of symptoms, respiratory function, and immunology and their relation to glutaraldehyde and other occupational exposures among endoscopy nursing staff. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 57, p. 752-759, 2000.

WANG, T, et al. Selected properties of pH-sensitive, biodegradable quitosana-poly (vinyl alcohol) hydrogel. **Polymer International**, v.53, p. 911-918, 2004.

WINDHOLZ, M., (Ed). **The Merck Index**. 10th Ed. Merck and Co. Rahway, NJ. 1983.

WORKING PARTY OF THE BRITISH SOCIETY OF GASTROENTEROLOGY. **Cleaning and disinfection of equipment of gastrointestinal flexible endoscopy**: interim recommendations of a Working Party of the British Society of Gastroenterology, v. 29, p. 1134-1151, 1988.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Environmental Health Criteria 190** – Xylenes. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1997.

\_\_\_\_\_. **Formaldehyde**. Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark, 2001. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123062/AQG2ndEd\\_5\\_8Formaldehyde.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123062/AQG2ndEd_5_8Formaldehyde.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **The world health report 2002**. Reducing risks, promoting healthy life. WHO, 2002. Available from: <http://www.who.int/whr/2002/en/>. Access: 07 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. **Glutaraldehyde**. Regional Office for Europe. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 2004.

XELEGATI, R. et al. Riscos ocupacionais químicos identificados por enfermeiros que

trabalham em ambiente hospitalar. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 2, 2006.

YANG, J. et al. A study of the photocatalytic oxidation of formaldehyde on Pt/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. Philadelphia , v. 137, p. 197–202, 2000.

ZANCANARO Jr., **O.** Manuseio de produtos químicos e descarte de seus resíduos. In: HIRATA, M.H; MACINI FILHO, J. **Manual de Biossegurança**. Barueri/SP: Manole Ltda, 2002, p. 121-184.

## **APÊNDICES**

Apêndice I: Tabela de resultados das análises cromatográficas

Apêndice II: Produção científica resultante do trabalho





## **GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS NO HOSPITAL GERAL E NO LABORATÓRIO DE ANATOMIA HUMANA DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

*Kira Lusa Manfredini<sup>1\*</sup>; Irajá do Nascimento Filho<sup>2</sup>; Vania Elisabete Schneirder<sup>3</sup>.*

**Resumo** – As atividades científicas e profissionais desenvolvidas no Hospital Geral da Universidade de Caxias do Sul (HG-UCS) podem gerar, paralelamente, resíduos químicos de diversos graus de periculosidade, que podem necessitar de tratamento físico e/ou químico adequado, antes de serem enviados ao destino final. A Universidade de Caxias do Sul vem desenvolvendo desde 1999 o Programa de Gerenciamento Ambiental, fruto de ações desencadeadas desde 1987. Os resultados alcançados desde o início do Programa são satisfatórios: em 8 anos (2002-2010) 37.207 litros de resíduos químicos deixaram de contaminar o meio ambiente graças às ações de gestão ambiental da Universidade. Quanto à geração de resíduos químicos, nomeadamente, isômeros xileno (xilol), glutaraldeído e formol, está em curso uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais que visa avaliar o grau de degradação/inertização por absorção de água destes compostos. Particularmente em relação ao formol, usado no Laboratório de Anatomia Humana da UCS (LA-UCS) como conservante de peças anatômicas e cadáveres, esta pesquisa visa a identificação dos produtos de degradação do mesmo, de forma a implementar o seu reuso, reduzir os custos de descarte e evitar a contaminação terrestre, atmosférica e aquática que pode ser provocada por este composto.

**Palavras-Chave** – Resíduos químicos. Formol. Universidade de Caxias do Sul.

## **ENVIRONMENTAL WASTE MANAGEMENT IN GENERAL HOSPITAL AND LABORATORY OF HUMAN ANATOMY OF UNIVERSITY OF CAXIAS DO SUL**

**Abstract** – The scientific and professional activities developed at the General Hospital of the University of Caxias do Sul (UCS-HG) can generate parallel, chemical residues from various degrees of dangerousness, which may require physical treatment and / or suitable chemical, before being sent to final destination. The University of Caxias do Sul has been developing since 1999, the environmental management program, the result of triggered actions since 1987. The results achieved since the beginning of the program are satisfactory: in 8 years (2002-2010) 37,207 liters of chemical residue left to contaminate the environment thanks to the actions of environmental management at the University. As for chemical residues, namely, xylene isomers (xylene), glutaraldehyde and formaldehyde, is an ongoing dissertation at the Post-Graduate Engineering and Environmental Sciences which aims to assess the degree of degradation / blanketing by absorption of water of these compounds. Particularly in relation to formaldehyde, used in the Laboratory of Human Anatomy (UCS UCS-LA) as a preservative for anatomical specimens and cadavers, this research aims to identify the degradation products of the same, in order to implement its reuse,

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul e técnica do Instituto de Saneamento Ambiental. (klmanfre@ucs.br)

<sup>2</sup> Professor e pesquisador do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul. (inascimf@ucs.br)

<sup>3</sup> Professora e diretora do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul. (veschnei@ucs.br)

\* Autor Correspondente.

reduce costs disposal and avoid contamination terrestrial, air and water which may be caused by this compound.

**Keywords** – *Chemical residues. Formaldehyde. University of Caxias do Sul.*

## INTRODUÇÃO

Quando não gerenciados ou gerenciados inadequadamente, os resíduos químicos passam a representar um problema em função das potenciais características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, o que pode resultar em prejuízos a saúde humana e ambiental através da poluição do solo, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do ar. Dentre os resíduos químicos de maior geração em instituições de saúde, estão o formaldeído, os isômeros xilenos e o glutaraldeído.

Segundo Pitot e Dragan (2001), o formaldeído é um intermediário químico utilizado em vários campos das ciências da saúde. Embora muitos estudos demonstrem sua toxicidade para os seres humanos e ao meio ambiente e seu custo seja relativamente alto, Perrone (2003) relata que o formaldeído é utilizado por grande parte dos estabelecimentos de saúde por ser um método tradicional de preservação de tecidos com resultados satisfatórios. Assim, sua substituição tende a ser difícil, sendo importante o gerenciamento de sua utilização, de seu reuso, bem como o descarte ambientalmente seguro do mesmo.

Para Junqueira e Carneiro (2004), os isômeros xilenos, por sua vez, são produtos importantes nos procedimentos para diagnósticos histopatológicos e citológicos. Silva *et al.* (2002) realata que, normalmente, os isômeros xilenos possuem baixa solubilidade em água, mas são solúveis em etanol e outros solventes orgânicos, podendo contaminar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, uma vez que o etanol atuaria como cossolvente e aumentaria a presença desses compostos na água.

Já o glutaraldeído é utilizado em estabelecimentos de assistência à saúde, como um agente desinfetante bactericida por imersão que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2007), apesar do uso de esterilizante por imersão ser proibido pela própria Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Resolução n. 08/2009 (ANVISA, 2009). O glutaraldeído é considerado perigoso, porém não cancerígeno (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, IARC, 2006). Segundo Teaf (2000), no meio ambiente, a substância em questão é considerada tóxica para organismos aquáticos.

Para Felli (2004), as substâncias químicas constituem instrumentos de trabalho necessários na assistência à saúde, mas expõem os trabalhadores e o meio ambiente às cargas químicas. Segundo o autor, o uso de substâncias contendo princípios ativos com características de periculosidade é, muitas vezes, imprescindível na assistência ao paciente em ambiente hospitalar, na forma de substâncias químicas, de uso medicamentoso ou não.

Por outro lado, embora os produtos químicos desempenhem um papel importante e benéfico nas unidades de saúde como esterilizantes, desinfetantes, corantes, solventes, quimioterápicos e outros produtos farmacêuticos, é cada vez mais conhecido o potencial impacto adverso que tais substâncias podem causar à saúde humana e ao meio ambiente.

O Hospital Geral da Universidade de Caxias do Sul gera mensalmente 10 litros de xilenos e 50 litros de glutaraldeído para prestar a assistência a seus pacientes. Já o Laboratório de Anatomia Humana da Universidade de Caxias do Sul usa cerca de 5 mil litros para a conservação de cadáveres em tanques. Diante deste cenário, o estudo se propõe a analisar o gerenciamento de resíduos químicos do Hospital Geral e propor técnicas de recuperação e reutilização dos compostos químicos formaldeído, xilenos e glutaraldeído, minimizando assim os impactos gerados pelo uso,



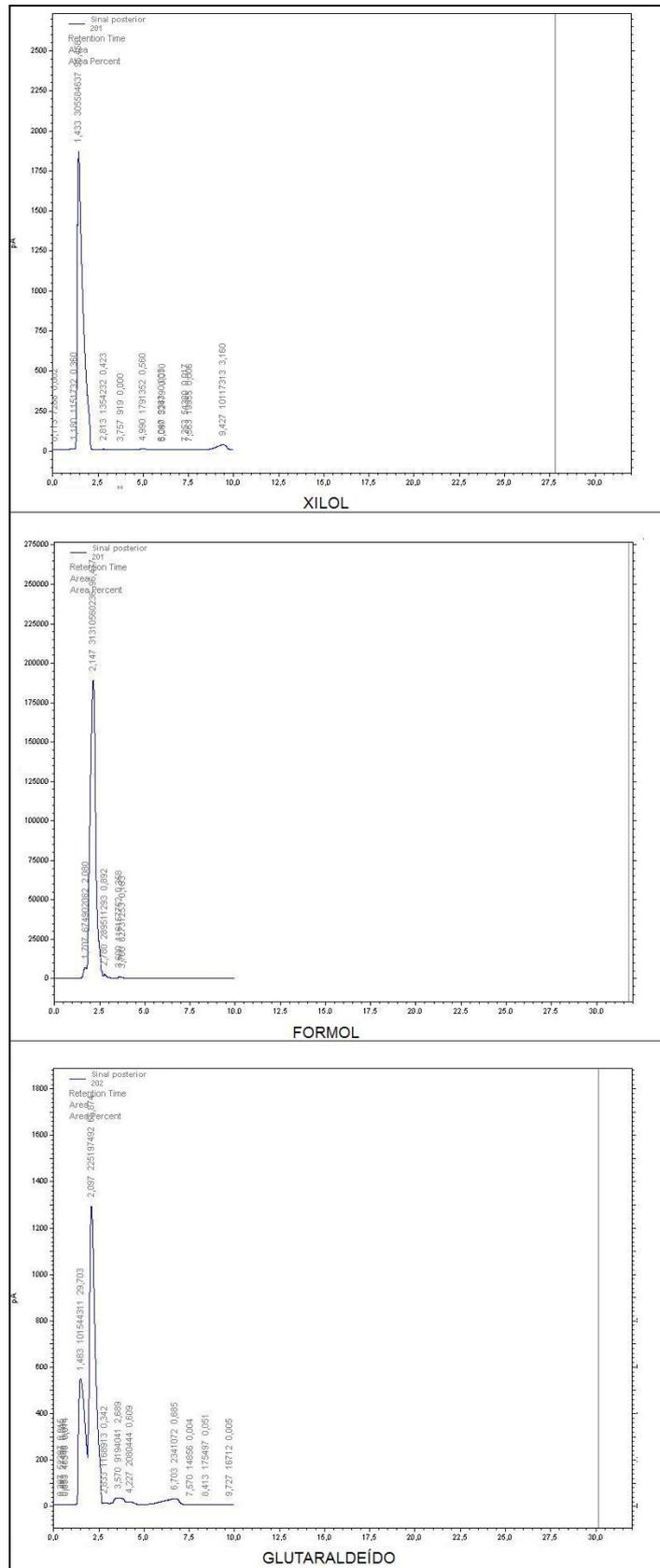


Figura 2 - Cromatogramas dos compostos de interesse nas amostras  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 2 apresenta as relações de área entre as áreas cromatográficas médias (em  $\mu\text{V.s}$ ) dos padrões cromatográficos e os compostos de interesse.

Tabela 2 - Relação entre as áreas médias dos picos cromatográficos dos padrões e dos compostos de interesse (n=3)

Composto	Origem	Área média(em $\mu\text{V.s}$ )	% em relação à área do padrão
Xilol padrão	-	31533810632	-
Formol padrão	-	174236888,7	-
Glutaraldeído padrão	-	222714667	-
Xilol amostra	HG-UCD	29913146421	94,86
Formol amostra	LA-UCS	212294529,7	121,84
Glutaraldeído amostra	HG-UCS	137819642	61,88

Fonte: Elaborado pelo autor.

## CONCLUSÕES PARCIAIS

O elevado percentual do formol das amostras em relação ao formol padrão (121,84%) pode ser devido à contaminação do mesmo, com compostos orgânicos com tempo de retenção próximos ao composto de interesse (produtos de reações de degradação/polimerização ou hidratação). Houve pouca degradação do xilol nas amostras, indicando que este composto pode ser reaproveitado nos procedimentos comuns das instituições de saúde, reduzindo o seu descarte e indiretamente promovendo a preservação de recursos hídricos. Em relação ao glutaraldeído foi observada uma importante degradação pois o composto nas amostras representa apenas 61,88% da área do pico cromatográfico do padrão. O reúso deste compostos pode exigir o emprego de métodos de purificação, tais como destilação simples e destilação fracionada.

As consequências do lançamento de efluentes químicos nos compartimentos aquáticos trás prejuízos aos ecossistemas ligados a este ambiente. Dentro deste quadro, pode-se dizer que um dos problemas mais graves relacionado à manipulação incoreta de produtos ou resíduos químicos refere-se aos danos ambientais. Para contornar essa situação, as legislações ambientais de todos os países do mundo, inclusive do Brasil, vêm evoluindo e se adaptando às novas realidades, visando coibir severamente os abusos (SANTIAGO-SIVLA, 2001). Para Schneider (2004), essas legislações vêm também incorporando novas exigências no monitoramento de emissões voláteis no ar e no lançamento de efluentes químicos nos corpos hídricos.

Por esse motivo, os produtos químicos, tão importantes para assistência a saúde, devem ser utilizados e descartados de forma sustentável, a fim de assegurar a proteção em longo prazo dos recursos hídricos disponíveis.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Informe Técnico nº 04/07. Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde – Fundamentos para a utilização.* [Internet]. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2007. Disponível em: <  
[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controle/alertas/informe_tecnico_04.pdf) >. Acesso em: 02 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. Resolução – RDC nº 08, de 27 de fevereiro de 2009. Dispõe sobre as medidas para redução da ocorrência de infecções por Micobactérias de Crescimento Rápido – MCR – em serviços de saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2009.

FELLI, V. E. A. *Plano de gerenciamento de resíduos químicos hospitalares*. In: 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENFERMAGEM, 2004, Gramado. Anais eletrônicos... Gramado: ABES-Seção-RS, 2004. Disponível em: <<http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrssatva/bettina.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2012.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Volume 88 [Internet]. Lyon, France, 2006. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2011.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

PERRONE, J. Doctors, Nurses and Dentists. In: GREENBERG, M. I. (Ed). *Occupational Industrial and Environmental Toxicology*. Philadelphia, United States of America: Mosby; 2003. p. 88-95.

PITOT, H.; DRAGAN, Y. Chemical Carcinogenesis. In: KLAASSEN C. D. (Ed). *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. United States of America: McGraw-Hill; 2001. p. 241-319.

SANTIAGO-SILVA, M. R. *Manual de Gerenciamento de Resíduos Químicos : Normas Gerais*. Instituto de Química, Araraquara: Unesp, 2001.

SCHNEIDER, V. E. *Sistemas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde: contribuição ao estudo das variáveis que interferem no processo de implantação, monitoramento e custos decorrentes*. 2004. 242 f. Tese (Doutorado em Eng. de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SILVA, R. L. B. *et al.* Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.

TEAF, C. M. Properties and Effects of Organic Solvents. In: WILLIAMS, P. L.; JAMES, R. C.; ROBERTS, S. M. (Ed.) *Principles of Toxicology – Environmental and Industrial Applications*. United States of America: Wiley-Interscience; 2000. p. 367-408.



# USE OF FORMALDEHYDE, XYLENES AND GLUTARALDEHYDE IN HEALTH CARE INSTITUTIONS

K.L. MANFREDINI, I. NASCIMENTO FILHO AND V.E. SCHNEIDER

*Institute of Environmental Sanitation, University of Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, bairro Petrópolis, CEP 95070-560RS -Brazil*

**SUMMARY:** The chemical residues may represent a problem mainly because their potential characteristics of flammability, corrosiveness, reactivity and toxicity, which can result in damage to human and environmental health through pollution of soil, surface and groundwater and air. The General Hospital of the University of Caxias do Sul (GH-UCS) generates monthly 10 L of xylenes and 50 L of glutaraldehyde to provide assistance to their patients. Already the Human Anatomy Laboratory of the University of Caxias do Sul (AL-UCS) uses about 5000 litres for preserving corpses in tanks. Given this scenario, the present study aims to analyze the chemical waste management of the GH and the AL-UCS and propose techniques for recovery and reuse of chemicals formaldehyde, glutaraldehyde and xylenes, minimizing the impacts generated by the use, often indispensable and sometimes questionable, of such waste.

## 1. INTRODUCTION

When unmanaged or managed improperly, chemical residues may represent a problem mainly because their potential characteristics of flammability, corrosiveness, reactivity and toxicity, which can result in damage to human and environmental health through pollution of soil, surface and groundwater and air.

Formaldehyde, the isomers xylenes and the glutaraldehyde are, among others, the chemical residues of greatest generation in health care institutions.

When unmanaged or managed improperly, chemical residues may represent a problem mainly because their potential characteristics of flammability, corrosiveness, reactivity and toxicity, which can result in damage to human and environmental health through pollution of soil, surface and groundwater and air.

Formaldehyde, the isomers xylenes and the glutaraldehyde are, among others, the chemical residues of greatest generation in health care institutions.

Formaldehyde is a chemical used in several fields of Health Sciences (Pitot; Dragan, 2001). Although many studies have demonstrated their toxicity to humans and the environment and their relatively high cost, the formaldehyde is used by most health care institutions as a traditional method of tissue preservation with satisfactory results (Perrone, 2003). In this way, their replacement tends to be difficult, and the correct management of their use, reuse, and environmentally safe disposal is of crescent interest.

The xylenes isomers are important products in histopathological and cytological diagnostics procedures (Junqueira; Castro, 2004). Normally the isomers xylenes have low solubility in water but are soluble in ethanol and other organic solvents, and can contaminate surface and underground water resources (Silva et al., 2002).

The glutaraldehyde is used in health care establishments as a bactericidal disinfectant agent by immersion with quick and effective action against gram-positive and gram-negative bacteria (Agência Nacional do Câncer - ANVISA, 2007). Glutaraldehyde is considered dangerous, but not carcinogenic (International Agency for Research on Cancer, IARC, 2006). Glutaraldehyde may also be toxic to aquatic organisms (Teaf, 2000).

According to Felli (2004), the chemical substances are instruments of work needed in health care, but can expose workers and the environment to chemical loads. According to the author, the use of substances containing active ingredients with characteristics of dangerousness is often essential in patient care in hospitals, in the form of chemical substances.

On the other hand, although the chemicals play an important role and beneficial health units as sterilising, disinfectants, dyes, solvents, chemotherapy drugs and other pharmaceuticals, is known the potential adverse impact that such substances can cause to human health and the environment.

The General Hospital of the University of Caxias do Sul (GH-UCS) generates monthly 10 L of xylenes and 50 L of glutaraldehyde to provide assistance to their patients. Already the Human Anatomy Laboratory of the University of Caxias do Sul (AL-UCS) uses about 5000 litres for preserving corpses in tanks. Given this scenario, the present study aims to analyze the chemical waste management of the GH and the AL-UCS and propose techniques for recovery and reuse of chemicals formaldehyde, glutaraldehyde and xylenes, minimizing the impacts generated by the use, often indispensable and sometimes questionable, of such waste. The Figure 1 presents the chemical structures of the compounds of interest.

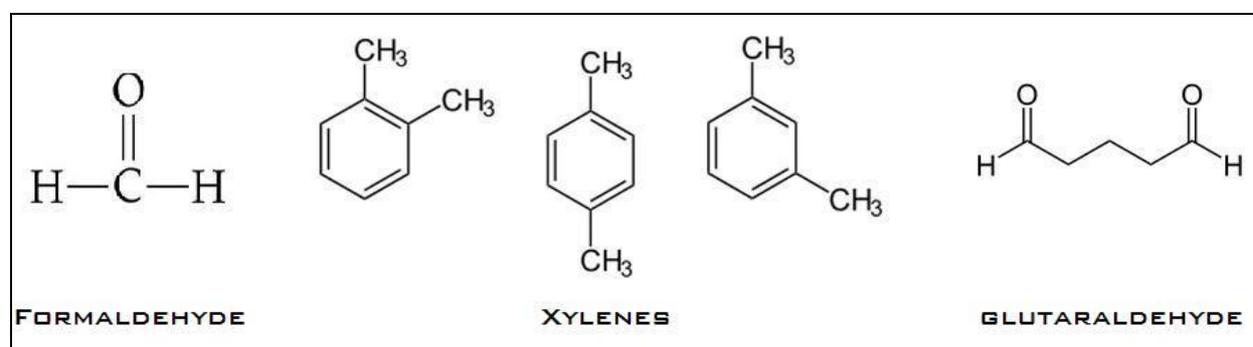


Figure 1. Chemical structures of the compounds of interest.

As for waste chemical, namely, xylene isomers (xylene), glutaraldehyde and formaldehyde, is an ongoing dissertation at the Post-Graduate Engineering and Environmental Sciences which aims to assess the degree of degradation / blanketing by absorption of water of these compounds.

## 2. METHODOLOGY

Samples of xylene, glutaraldehyde and formaldehyde were collected in glass bottles with capacity of 20 mL, in HG-UCS and LA-UCS. So far two sets of samples were collected (in March and April 2013) and it is intended to repeat the collections with monthly periodicity, in

the next two semesters.

After filtration in cotton bed previously extracted by Soxhlet during 4 hours with n-hexane, the samples were injected into a gas chromatograph, model Agilent 7890A, equipped with automatic gun for 16 positions, flame ionization detector and split-splitless injector. The capillary column used for separation and identification of the compounds of interest has the following dimensions: 30 m x 0.2 mm (diameter) x 0.25  $\mu\text{m}$  (thickness of apolar phase). Chromatographic analysis conditions are listed in table 1.

Table 1. Chromatographic analysis conditions of compounds of interest.

<i>Parameter</i>	<i>Condition</i>
Oven initial temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	100
Initial time (min)	10
Oven final temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	100
Injector temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	300
Detector temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	320
Gas drag	He
flow of gas drag (mL/Min)	14
Injection volume ( $\mu\text{L}$ )	0.2

Patterns for chromatographic analysis were those used in GH-UCS and AL-UCS without prior treatment. The calculations of degradation / inerting of the compounds of interest were based on direct comparison of the chromatographic peak areas of patterns and compounds of interest in the sample.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 2 presents the chromatograms of interesting compounds (xylenes, formaldehyde and glutaraldehyde).

Table 2 presents the area between the chromatographic medium areas (in  $\mu\text{V} \cdot \text{s}$ ) of the chromatographic patterns and compounds of interest.

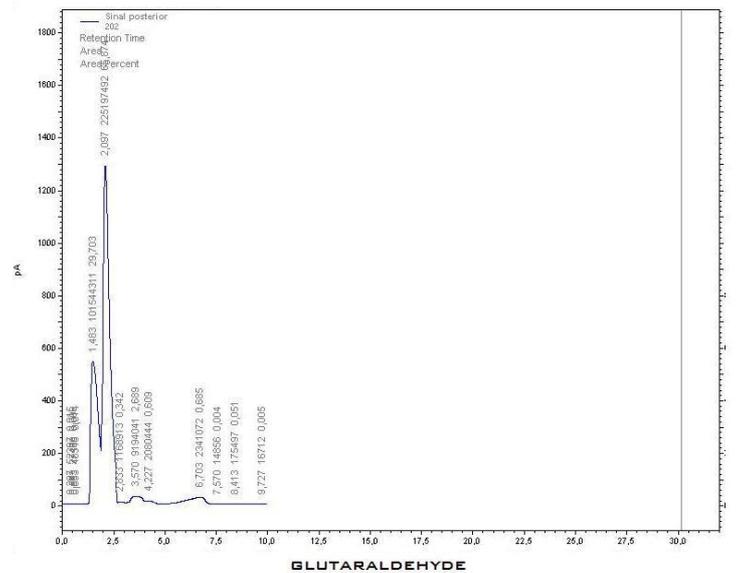
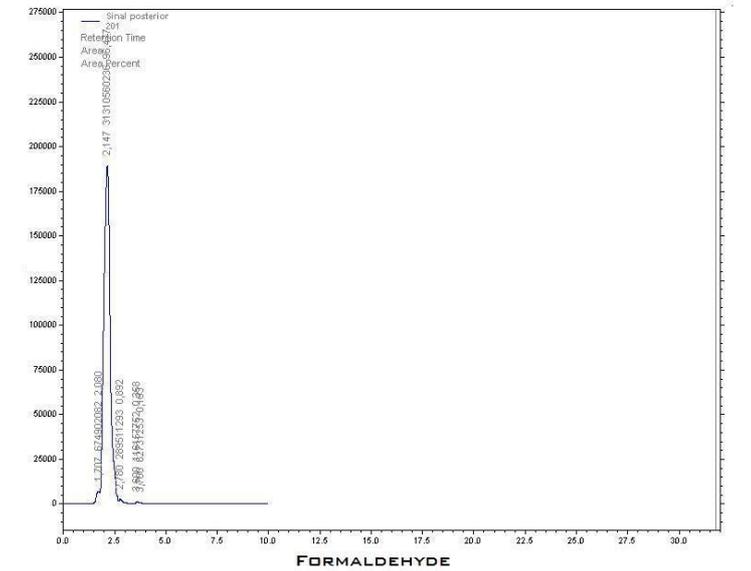
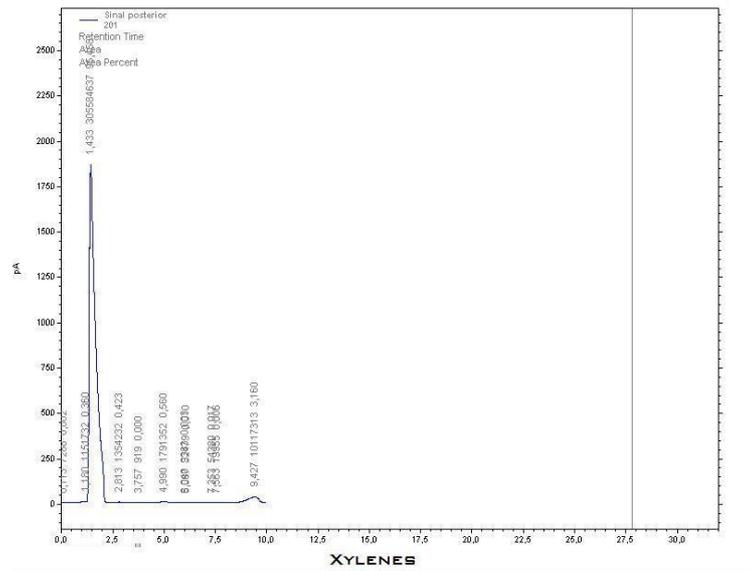


Figure 2. Chromatograms of the compounds of interest.

Table 2. Relationship between the medium areas of the chromatographic peaks of patterns and compounds of interest (n = 3).

<i>Compound</i>	<i>Origin</i>	<i>Médiun area(in μV.s)</i>	<i>% in relation to the area of the pattern</i>
Xylene - Pattern	-	31533810632	-
Formaldeyde - Pattern	-	174236888,7	-
Glutaraldeyde - Pattern	-	222714667	-
Xylene - Sample	GH-UCS	29913146421	94.86
Formaldeyde - Sample	AL-UCS	212294529,7	121.84
Glutaraldeyde - Sample	GH-UCS	137819642	61.88

#### 4. PARTIAL CONCLUSION

The high percentage of formaldehyde of samples in relation to pattern formaldehyde (121.84%) may be due to contamination with organic compounds with a retention time close to the compound of interest (products of degradation/polymerization or hydration reactions). There was little degradation of xylene in the samples, indicating that this compound can be reused in the common procedures of healthcare institutions, reducing their disposal and indirectly promoting the preservation of water resources. In relation to glutaraldehyde was observed an important degradation because the compound in the samples is only 61.88% of the peak chromatographic area of the pattern. The reuse of this compounds may require the use of purification methods, such as simple distillation and fractional distillation.

#### REFERENCES

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Technical report No. 04/07. Glutaraldehyde in health care establishments – grounds for use. [Internet]. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2007. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/servicos/controle/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicos/controle/alertas/informe_tecnico_04.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2012.
- \_\_\_\_\_. Resolution – RDC No 08, 02/27/2009. On the measures for reduction in the occurrence of infections by fast-growing Mycobacteria- MCR – in the healthcare services. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2009.
- Felli, V.E.A. Hospital chemical waste management plan. In: 56° BRAZILIAN CONGRESS OF NURSING, 2004, Gramado. Electronic proceedings... Gramado: ABES-Seção-RS, 2004. Available in: <<http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrssatva/bettina.pdf>>. Access in: 08/01/2012.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. Monographs on the *Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Vol. 88 [Internet]. Lyon, France, 2006. Available in: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88-6.pdf>>. Access in: 04/30/2011.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Basic histology. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- Perrone, J. Doctors, Nurses and Dentists. In: GREENBERG, M.I. (Ed). Occupational Industrial and Environmental Toxicology. Philadelphia, United States of America: Mosby; 2003. p. 88-95.

- Pitot, H.; Dragan, Y. Chemical Carcinogenesis. In: KLAASSEN C. D. (Ed). Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. United States of America: McGraw-Hill; 2001. p. 241-319.
- Silva, R. L. B. *et al.* Study of shallow wells contamination by organic fuels and the possible consequences to public health in the municipality of Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. Cad. Saúde Pública. v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.
- Teaf, C.M. Properties and Effects of Organic Solvents. In: Williams, P.L.; James, R.C.; ROBERTS, S. M. (Ed.) Principles of Toxicology – Environmental and Industrial Applications. United States of America: Wiley-Interscience; 2000. p. 367-408.



# USE OF FORMALDEHYDE, XYLENES AND GLUTARALDEHYDE IN HEALTH CARE INSTITUTIONS

SCHNEIDER, V. E. \*, MANFREDINI, K. L. \*, NASCIMENTO FILHO, I.\*

*\* Institute of Environmental Sanitation, University of Caxias do Sul, Francisco Getúlio Vargas Street, , 1130, Caxias do Sul RS -Brazil, e-mails: veschnei@ucs.br, kmanfre@ucs.br, inascimf@ucs.br*

**SUMMARY:** The scientific and professional activities developed in a Hospital School and a Laboratory of Human Anatomy of a university can generate parallel, chemical residues from various degrees of dangerousness, which may require physical treatment and / or suitable chemical, before being sent to final destination. The General Hospital (GH) generates monthly 10 L of xylenes and 50 L of glutaraldehyde to provide ass instance to their patients. Already the Laboratory of Human Anatomy of University de Caxias do Sul (AL-UCS) uses more than 10,000 liters for preserving corpses in tanks. The present study aims to analyze the chemical waste management of the GH and the AL-UCS and propose techniques for recovery and reuse of chemicals formaldehyde, glutaraldehyde and xylenes, minimizing the impacts generated by the use, often indispensable and sometimes questionable, of such waste. So far two sets of samples were collected of xylene, glutaraldehyde and formaldehyde in the GH and also at the AL-UCS and it is intended to repeat the collections with monthly periodicity, in the next two semesters.

## 1. INTRODUCTION

When unmanaged or managed inappropriately, chemical residues will represent a problem in terms of potential characteristics of ignitability, corrosivity, reactivity and toxicity, which can result in damage to human health and environmental through pollution of soil, surface water resources and groundwater and the air (Felli, 2004). Among the chemical residues of greatest generation in healthcare institutions, are the formaldehyde, the isomers xylenes and the glutaraldehyde (Costa, Felli, 2012).

The formaldehyde is a chemical reagent greatly used in the production of various products (Noisel, Bouchard, & al. 2007; Suliman, Soma, 2002). It is a chemical intermediate used in many fields of health sciences (Pitot, Dragan, 2001) including the pharmaceutical products, and also in cleaning products, conservation of anatomical parts and cadavers (Gamiz-Gracia, Castro, 1999).

When present in water of lakes, the formaldehyde is decomposed in 30 hours, under aerobic conditions at 20 °C, and in 48 hours under anaerobic conditions (WHO, 1997). For emissions to air, the half-life is less than a day (Pereira, Zaiat, 2009). In the atmosphere, the formaldehyde usually decomposes quickly to create formic acid and carbon monoxide, which can also be harmful substances (Costa, 2001). The xylol, in turn, is composed of a mixture of

three aromatic hydrocarbon isomers: orthoxylene (o-xylene), para-xylene (p-xylene) and meta-xylene (m-xylene) the latter being the most abundant (CETESB, 2012).]

The isomers xylenes have low solubility in water, but are soluble in ethanol and other organic solvents, can contaminate the surface and underground water, since the ethanol would act as cosolvente and increase the presence of these compounds in water (Silva, Barra, & al. 2002).

The glutaraldehyde at 2% is the germicide more used for the high-level disinfection in semi-critical materials in endoscopy services in the world (Fratila, Tantau, 2006; BSG, 2008). It is used in this way by immersion it has quick and effective action against gram-positive and gram-negative bacteria (Anvisa, 2012). Studies have verified that the glutaraldehyde is widely used, as germicide, for the disinfection of endoscopes by the majority of members of European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE, 2003).

However, studies have identified that health professionals exposed to chemicals, the glutaraldehyde is one of the most detrimental to health (Xelegati, 2006.).

Figure 1 shows the chemical structures of the compounds of interest.

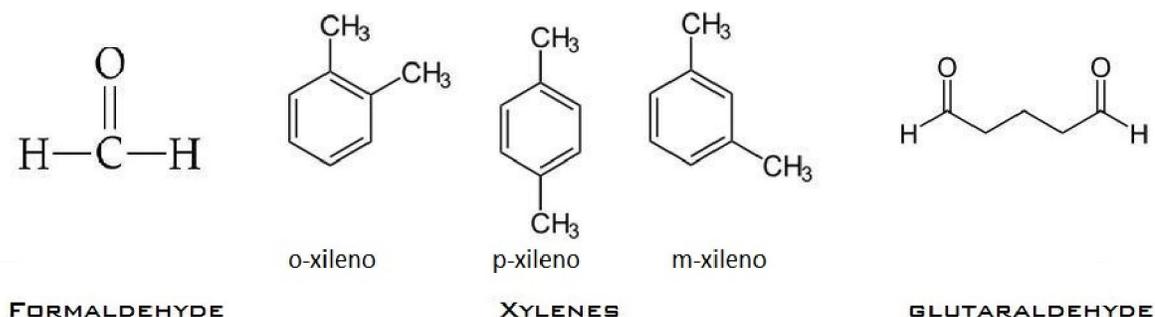


Figure 1. Chemical structures of the compounds of interest (Merck & CO, 1996).

The General Hospital of the University of Caxias do Sul (GH-UCS) generates monthly 10 liters of xylenes and 50 liters of glutaraldehyde to provide assistance to their patients. Already the Human Anatomy Laboratory of the University of Caxias do Sul (AL-UCS) uses about 5000 liters for preserving corpses in tank. Given this scenario, the present study aims to analyze the chemical waste management of the GH and the AL-UCS and propose techniques for recovery and reuse of chemicals formaldehyde, glutaraldehyde and xylenes, minimizing the impacts generated by the use, often indispensable and sometimes questionable, of such waste.

## 2. METHODS

Samples of xylene, glutaraldehyde and formaldehyde were collected in glass bottles with capacity of 20 mL, in HG-UCS and LA-UCS. So far two sets of samples were collected (in March and April 2013) and it is intended to repeat the collections with monthly periodicity, in the next two semesters.

After filtration in cotton bed previously extracted the samples were injected into a gas chromatograph, model Agilent 7890A, equipped with automatic gun for 16 positions, flame ionization detector and split-splitless injector. The capillary column used for separation and identification of the compounds of interest has the following dimensions.

The conditions of the chromatographic analysis are shown in Table 1.

Table 1. Conditions for Chromatographic analysis of the compounds of interest

Parameter	Condition
Initial oven temperature (°C)	100
Initial time (min)	10
Final Oven temperature (°C)	100
Injector temperature (°C)	300
Detector temperature (°C)	320
Carrier gas	He
Flow of the carrier gas (ml / min)	14
Injection volume (µL)	0,2

The standards for chromatographic analysis were those used in the Hospital and in the Anatomy Laboratory, being these commercial samples. The standards of xylene used is the brand Med Química, lot 11340113 and the glutaraldehyde is the brand Glicolabor, lot R14103AR. Already the formaldehyde used as default and mark Simoquímica, lot: 00308, in dilution to 10%. The calculations of degradation / inerting of the compounds of interest were based on direct comparison of the chromatographic peak areas of standards and compounds of interest in the sample. According to the literature, this is a validated method and has been used by our research group for identification of analytes in complex samples (Viecelli, Lovatel, & al. 2011; Fedrizzi, Cagliari, & al. 2013; Lovatel, Cardoso, & al. 2011).

### 3. RESULTS

Figures 2, 3 and 4 show the chromatograms of interesting compounds (xylene, formaldehyde and glutaraldehyde, respectively). The chromatograms of analyzed samples during the experimental period (not shown) had retention times and peak characteristics substantially identical to standard compounds.

Figure 2. Xylene chromatogram.

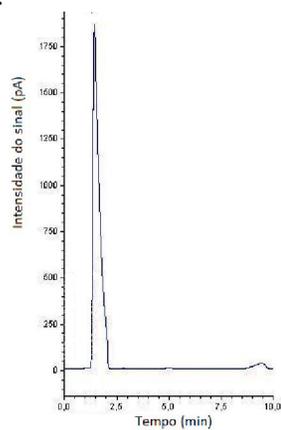


Figure 3. Formaldehyde chromatogram.

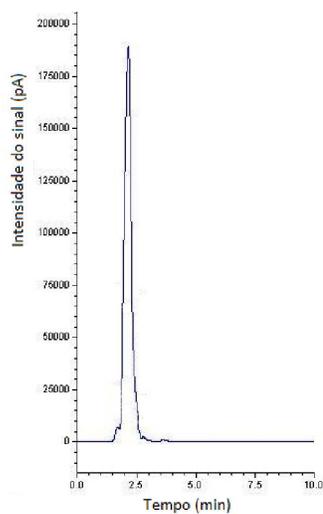


Figure 4. Glutaraldehyde chromatogram.

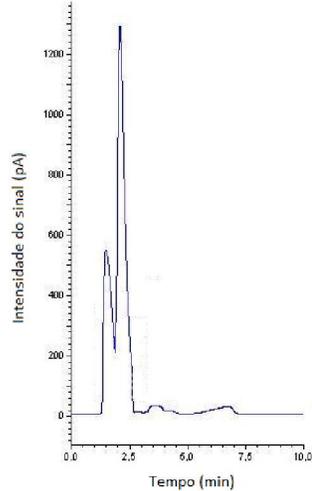


Table 2 shows the relationships between the mean area (in  $\mu\text{V}\cdot\text{s}$ ) areas of the

chromatographic chromatographic patterns and compounds of interest.

Table 2 - Relationship between the average areas of the chromatographic peaks of the standards and the compounds of interest (n = 3)

Compound	Origin	Area	%
Xylene standard	-	31533810632	-
Formaldehyde standard	-	174236888,7	-
Glutaraldehyde standard	-	222714667	-
Xylene sample	General Hospital	29913146421	94,86
Formaldehyde sample	Anatomy Laboratory	212294529,7	121,84
Glutaraldehyde sample	General Hospital	137819642	61,88

The high percentage of formaldehyde of samples in relation to pattern formaldehyde (121.84%) may be due to contamination with organic compounds with a retention time close to the compound of interest (products of degradation/polymerization or hydration reactions). There was little degradation of xylene in the samples, indicating that this compound can be reused in the common procedures of healthcare institutions, reducing their disposal and indirectly promoting the preservation of water resources. In relation to glutaraldehyde was observed an important degradation because the compound in the samples is only 61.88% of the peak chromatographic area of the pattern. The reuse of this compounds may require the use of purification methods, such as simple distillation and fractional distillation.

#### 4 CONCLUSIONS

It is perfectly possible to promote the reuse of xylene, without prior purification procedure, in healthcare institutions, since the percentage of degradation, in relation to the pattern, is only 5.14%. As for the glutaraldehyde is necessary to apply simple techniques separation, before their reuse, since its percentage of degradation is much higher (38.12%). Although the percentage purity of formaldehyde has been more than 100%, this result was obviously masked by the probable presence of degradation products, polymerization and/or hydration of the compound. In this case, such products must be properly identified and separated from the mixture by application of separation methods simple, before the probable reuse.

In general, it is possible to reuse the compounds evaluated, within the healthcare institutions, reducing, for example, acquisition costs and packaging of large volumes of the same. Moreover, the reduction in the transport of loads toxic and dangerous institutions of origin to the final destination also reduces the risk of accidents and environmental damage of incalculable proportions.

## REFERENCES

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. *Informe Técnico nº 04/07*. Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde – Fundamentos para a utilização. [Internet]. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2007. Available in: <[http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe\\_tecnico\\_04.pdf](http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/control/alertas/informe_tecnico_04.pdf)>. Accessed in: August, 02, 2012.
- British Society Of Gastroenterology - BSG. *Guidelines for Decontamination of Equipament for Gastrointestinal Endoscopy*. Inglaterra (2005). Available in: <<http://www.bsg.org.uk/bsgdisp1.php?id=5ab3755137d1050e76b8&h=1&sh=1&i=1&b=1&m=00023>>. Accessed in: Feb., 28, 2008.
- Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. *FIT- Ficha de informação Tecnológica- Xileno*. São Paulo. Janeiro de 2012.
- Costa, D. Air Pollution. In: Curtis Klaassen (Ed.) Casarett & Doull's *Toxicology*. The Basic Science of Poisons. United States of America: McGraw-Hill, 2001. p. 979-1012.
- Costa, T.F., Felli, V.E.A. Periculosidade dos Produtos e Resíduos Químicos da Atenção Hospitalar. *Cogitare Enferm*. 17(2):322-30, Apr/June, 2012.
- Fedrizzi, F., Cagliari, J. & al. The environmental aspects of the evaporation of BTEX from gasoline with and without ethanol. *International journal of environment and waste management*, 11, 148-157, 2013.
- Felli, V.E.A. Plano de gerenciamento de resíduos químicos hospitalares. *In*: 56º Congresso Brasileiro de Enfermagem, 2004, Gramado. Anais *eletrônicos*.. Gramado: ABES-Seção-RS, 2004. Available in: <<http://www.bettina.ufpa.br/documentos/pgrssatva/bettina.pdf>>. Accessed in: August 01, 2012.
- Fratila, O., Tantau M. Cleaning and Disinfection in Gastrointestinal Endoscopy: Current Status in România. *J Gastrointest Liver Dis*, v. 15, n. 1, p. 89-93, 2006.
- Gamiz-Gracia. L., Castro, M.D.L. Determination of formaldehyde in liquid, solid and semisolid pharmaceuticals and cosmetics by flow injection-pervaporation. *Analyst*, v. 124, 1119-1121, 1999.
- Lovatel, E.R. & al. The importance of the suspended solids parameter on the quantitative analysis of di-*n*-butyl phthalate in a wastewater treatment system. *Journal of Environmental Science and Health*, Part A, 46, 258-262, 2011.
- Noisel, N., Bouchard, M. & al. Evaluation of the Health Impact of Lowering the Formaldehyde Occupational Exposure Limit for Quebec Workers. *Regul Toxicol Pharmacol*, 48(2), p. 118-27, July, 2007.
- Pereira, N.S., Zaiat, M. Degradation of formaldehyde in anaerobic sequencing batch biofilm reactor. *Journal of Hazardous Materials*, Philadelphia, v.163, p. 777-782, 2009.
- Pitot, H., Dragan, Y. Chemical Carcinogenesis. *In*: Curtis Klaassen (Ed). Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. United States of America: McGraw-Hill; 2001. p. 241-319.
- Rey, J., Kruse, A. Cleaning and Disinfection in Europe according to the Endoscopic Societie's Guidelines. *Endoscopy*, v. 35, n. 10, p. 878-881, 2003.
- Silva, R.L.B., Barra, C.M. & al. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis

orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.

Suliman, F.E.O., Soma, Y. Identification of an artifact peak co-eluting with formaldehyde-2,4-dinitrophenylhydrazone derivative by GC-MS and chemometrics. *Microchemical Journal*, 72 27-33, 2002.

Viecelli, N.C., Lovatel, E.R. & al. Quantitative Analysis of Plasticizers in a Wastewater Treatment Plant: Influence of the Suspended Solids Parameter. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 6, 1150-1155, 2011.

World Health Organization – WHO. *Environmental Health Criteria 190 – Xylenes*. International Programme on Chemical Safety, Geneva, 1997.

Xelegati, R. et al. Riscos ocupacionais químicos identificados por enfermeiros que trabalham em ambiente hospitalar. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, v.14, n.2, 2006.



Tabela 7 – Cromatograma dos compostos padrões

<b>Padrões</b>					
	<b>TR (minutos)</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>
<b>Formol</b>	1,433	305584637	148945641	174236888,7	120705964,1
<b>Xilol</b>	1,707	31310560236	31757061028	31533810632	315723737,8
<b>Glutaraldeído</b>	2,097	225197492	220231842	222714667	3511244,788

TR = Tempo de retenção

DP = Desvio Padrão

Tabela 8 – Cromatograma das amostras

(continua)

<b>Amostras</b>						
<b>Glutaraldeído Hospital Escola</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
<b>5/4/2013</b>	163982261	165848414	165084826,3	978167,2397	74,12391315	0,592524014
<b>10/5/2013</b>	129825306	138202587	137819642	7809908,063	61,88170894	5,666759795
<b>19/6/2013</b>	215491817	194221396	204856606,5	15040458,93	91,98164147	7,34194478
<b>18/7/2013</b>	207640065	199457644	203548854,5	5785845,376	91,39445428	2,842484862
<b>13/8/2013</b>	437793874	382143311	409968592,5	39350890,47	184,0779496	9,598513446
<b>25/9/2013</b>	29706186	188368536	109037361	112191223,6	48,95832074	102,8924605
<b>31/10/2013</b>	199083001	195948917	197515959	2216132,049	88,68565401	1,122001513
<b>29/11/2013</b>	191646446	188764865	190205655,5	2037585,466	85,40329115	1,071253881
<b>Média</b>	-	-	-	-	90,81336667	9,529604749
<b>Xilol Hospital Escola</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
<b>5/4/2013</b>	32098574454	26531701575	29913146421	2969909187	94,86	9,928441311
<b>10/5/2013</b>	30899618982	30951359682	31230789183	529427305,2	99,04	1,6952095
<b>19/6/2013</b>	30986289980	30906379144	30946334562	56505494,02	98,14	0,18259188
<b>18/7/2013</b>	30518895832	30936359682	30727627757	295191519,2	97,44	0,960671359
<b>13/8/2013</b>	30277301246	30932051504	30604676375	462978347,4	97,05	1,51276995
<b>25/9/2013</b>	31902271196	31978471792	31940371494	53881958,16	101,29	0,168695465
<b>31/10/2013</b>	30188710161	31284891395	30736800778	775117184	97,47	2,521788749
<b>29/11/2013</b>	32878609584	31792164391	32335386988	768232763,4	102,54	2,375826718
<b>Média</b>	-	-	-	-	98,48	9,923692205
<b>Formol Tanque 1 - Laboratório de Anatomia</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
<b>10/5/2013</b>	98110630	87393377	91494486,67	5784368,913	52,51154756	6,322095597
<b>19/6/2013</b>	55223964	51505526	53364745	2629332,725	30,62769624	4,927096954
<b>18/7/2013</b>	50484253	45634369	48059311	3429385,864	27,58274173	7,135736641
<b>13/8/2013</b>	59027111	48808240	53917675,5	7225832,98	30,94504035	13,4016033
<b>25/9/2013</b>	72810872	47081883	59946377,5	18193142,59	34,40510099	30,3490275
<b>31/10/2013</b>	54514550	37580651	46047600,5	11974074,81	26,42815815	26,00368898
<b>29/11/2013</b>	35850868	36332406	36091637	340498,7852	20,71411931	0,943428488
<b>Média</b>	-	-	-	-	31,88777205	5,646925894

Tabela 8 – Cromatograma das amostras						
(continuação)						
<b>Formol Tanque 2 - Laboratório de Anatomia</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
10/5/2013	97350879	125774632	112687491,3	14344773,46	64,67487579	12,72969457
19/6/2013	41698119	48162776	44930447,5	4571202,803	25,78698911	10,17395343
18/7/2013	46758146	47907489	47332817,5	812708,2292	27,16578439	1,717007928
13/8/2013	47531562	41981405	44756483,5	3924553,651	25,68714573	8,768681863
25/9/2013	32599348	30883382	31741365	1213371,195	18,21736215	3,822681208
31/10/2013	55821903	30035582	42928742,5	18233682,44	24,638148	42,47429899
29/11/2013	37879425	34162534	36020979,5	2628238,831	20,67356676	7,296411334
<b>Média</b>	-	-	-	-	29,54912456	47,08830996
<b>Formol Tanque 3 - Laboratório de Anatomia</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
10/5/2013	111722803	119277802	115568794,3	5342191,025	66,3285457	4,62252034
19/6/2013	48434995	41618369	45026682	4820082,469	25,8422211	10,70494706
18/7/2013	51454971	39382103	45418537	8536806,831	26,06711894	18,79586485
13/8/2013	49098896	47090031	48094463,5	1420482,064	27,60291685	2,953525127
25/9/2013	26653631	28443744	27548687,5	1265801,041	15,81105339	4,594778032
31/10/2013	51454971	39382103	45418537	8536806,831	26,06711894	18,79586485
29/11/2013	37393831	33583507	35488669	2694305,939	20,36805712	7,592017438
<b>Média</b>	-	-	-	-	29,72671886	30,49601091
<b>Formol Tanque 4 - Laboratório de Anatomia</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
10/5/2013	101804787	99272281	106289343	10040856,99	61,00277835	9,446720347
19/6/2013	39990587	37592541	38791564	1695674,588	22,26369186	4,371245738
18/7/2013	39382103	44226647	41804375	3425609,914	23,99283832	8,194381364
13/8/2013	40005538	43012679	41509108,5	2126369,793	23,82337565	5,122658303
25/9/2013	28864018	26170610	27517314	1904527,061	15,79304716	6,921195366
31/10/2013	58371929	49523748	53947838,5	6256608,786	30,96235184	11,59751523
29/11/2013	29041338	33170357	31105847,5	2919657,335	17,85261878	9,386200889
<b>Média</b>	-	-	-	-	27,95581457	21,73117347
<b>Formol Tanque 5 - Laboratório de Anatomia</b>						
<b>Data</b>	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
5/4/2013	404329616	148330802	212294529,7	169368098,8	121,8424705	79,77977531
10/5/2013	81232809	94772236	85314310	8216354,435	48,96455088	9,63068732
19/5/2013	53906355	57169238	55537796,5	2307206,696	31,87487846	4,154300028
18/6/2013	55042327	58964992	57003659,5	2773743,022	32,71618309	4,865903428
13/8/2013	48639062	45096440	46867751	2505012,039	26,89886818	5,34485224
25/9/2013	29688786	29706186	29697486	12303,65799	17,04431606	0,041429965
31/10/2013	36427997	42935468	39681732,5	4601476,872	22,7745874	11,59595759
29/11/2013	39461944	40215817	39838880,5	533068,7105	22,86477956	1,338061471
<b>Média</b>	-	-	-	-	40,62257927	81,6291842
<b>Média formol - Laboratório de Anatomia</b>						
	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>% do padrão</b>	<b>DP %</b>
<b>Média</b>	-	-	-	-	31,94840186	37,31832089