

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**MANEJO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS QUÍMICOS EM
UNIVERSIDADES – ESTUDO DE CASO DO DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA DA UFSCAR**

MARIA LUCIA PASSARELLI SASSIOTTO

São Carlos

2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**MANEJO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS QUÍMICOS EM
UNIVERSIDADES – ESTUDO DE CASO DO DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA DA UFSCAR**

MARIA LUCIA PASSARELLI SASSIOTTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

São Carlos

2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S252mr

Sassiotto, Maria Lucia Passarelli.

Manejo de resíduos de laboratórios químicos em universidades – estudo de caso do departamento de química da UFSCar / Maria Lucia Passarelli Sassiotto. -- São Carlos : UFSCar, 2005.
151 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Resíduos perigosos. 2. Laboratórios químicos – medidas de segurança. 3. Gerenciamento de resíduos. 4. Resíduos gerados em universidades. 5. Minimização de resíduos químicos. I. Título.

CDD: 628.42 (20^a)

Aos meus pais

*Que me ensinaram a caminhar e a ser
cidadã*

A minha irmã

Que me escutou no meu silêncio

A todos aqueles, e são muitos,

*Que se juntaram a mim, em pontos
diferentes da minha caminhada,
firmaram o passo e sorriram comigo
na alegria e seguraram-me as mãos
na tristeza.*

*Olhando para esses tesouros,
percebo a extensão da minha riqueza
e agradeço a Deus por isso.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela ajuda, força e sustento em toda a minha vida.

Ao Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador pela orientação, ensinamentos, discussões, correções e amizade que tanto me ajudaram a concluir este trabalho.

A Profa. Dra. Ana Marta Ribeiro Machado e todos integrantes da UGR, principalmente as ex-alunas Emili Cristina Corneto e Juliana Navarro dos Santos, pelos dados fornecidos, paciência e amizade.

A Profa. Dra. Leny Borghesan Albertini Alberguini e o Prof. Dr. João Batista Baumgartner (in memoriam) pela amizade, discussões, referências e orientação que tanto contribuíram para este trabalho.

Aos professores e técnicos das instituições visitas (UNICAMP, UNAERP, UNESP - Araraquara, EMBRAPA - São Carlos, USP - São Carlos) pela atenção.

Ao Prof. Dr. João Sergio Cordeiro pela amizade, atenção em minha qualificação e ajuda durante o trabalho.

Aos meus Pais, Jorge e Solange, pelo apoio, amor, força e incentivo a realização dos meus sonhos.

A minha irmã, Fernanda, pelo apoio, alegrias, incentivo e ajuda.

As minhas irmãs de república, Évelin e Stephanie, pela paciência e amizade.

Aos meus irmãos e irmãs da Universidade, Química 99 e amigos da Engenharia Urbana (especialmente a Juliana), pela alegria, paciência e amizade.

Ao meu namorado, João, pela ajuda, amor, paciência e atenção durante esta etapa da minha vida.

A CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE QUADROS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iv
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
APRESENTAÇÃO	xi
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	4
2.1 Objetivos Gerais.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO 3: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Fontes geradoras de Resíduos Potencialmente Perigosos nas Universidades.....	7
3.2 Resíduos Sólidos: Definição e Classificação.....	9
3.2.1 Legislação Brasileira Relacionada a Resíduos Perigosos.....	16
3.3 Problemas e Experiências nas Universidades.....	16
3.3.1 A Evolução do Gerenciamento de Resíduos.....	56
3.4 Métodos de Manejo dos resíduos de laboratórios químicos.....	57

CAPÍTULO 4: MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
4.1 Questionários.....	70
4.1.1 Questionário para entrevista com Responsáveis de Outras Instituições.....	71
4.1.2 Questionário para entrevista com Responsáveis pelos Laboratórios do Departamento de Química da UFSCar.....	72
CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
5.1 Experiências das Instituições Visitadas.....	73
5.2 Objeto De Estudo – DQ/UFSCar.....	80
5.2.1 Estrutura da UFSCar.....	80
5.2.2 O Problema dos Resíduos Químicos do Departamento de Química (DQ).....	82
5.2.3 O Passivo de Resíduos do DQ.....	85
5.2.4 O Ativo de Resíduos do DQ.....	98
5.3 Proposta para a Gestão dos Resíduos do DQ-UFSCar.....	105
5.3.1 Gestão do Passivo.....	106
5.3.2 Gestão do Ativo.....	111
5.3.2.1 Normas Técnicas para segregação, tratamento, descarte e armazenamento dos resíduos antes da disposição final.....	117
5.3.2.2 O recipiente para acondicionamento dos resíduos.....	125

5.3.2.3 Rotulagem.....	126
CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	136
CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
ANEXOS	
Anexo 1 – Legislação Brasileira Relacionada a Resíduos Perigosos.	A1.1
Anexo 2 – Produtos Químicos Incompatíveis.	A2.1
Anexo 3 – Questionário para Entrevista com Responsáveis de Laboratórios de Outras Instituições Visitadas.	A3.1
Anexo 4 – Questionário para Entrevista com Responsáveis dos Laboratórios do Departamento de Química da UFSCar.	A4.1
Anexo 5 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI).	A5.1
Anexo 6 – Lista de Compostos Comuns em Laboratórios que Podem ser Descartados no Lixo Comum ou Rede de Esgoto.	A6.1
Anexo 7 – Recipientes Adequados para Armazenagem de Produtos Químicos.	A7.1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resíduos gerados em uma universidade	07
Figura 2: Resíduos de laboratórios químicos de Universidade	09
Figura 3: Diagrama de Hommel (Fonte: ALBERGUINI et al., 2003)	40
Figura 4: Fluxograma para o tratamento de cromo VI (baseado em LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)	61
Figura 5 e 6: vista geral Planta Piloto – IQ – UNICAMP	73
Figura 7 e 8: vista geral Planta Piloto - IQ – UNICAMP	74
Figura 9: vista geral resíduos para incineração – IQ-UNICAMP	74
Figura 10: Vista geral – Laboratório de tratamento de resíduos – IQ-UNESP	74
Figura 11 e 12: Vista geral – LRQ – USP – São Carlo (fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)	75
Figura 13 e 14: Vista interna – LRQ – USP – São Carlos (fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)	75
Figura 15 e 16: Vista geral – Laboratório de tratamento de resíduos – Embrapa	76
Figura 17: Lavador de gases – Embrapa	76
Figura 18: Vista geral – Laboratório de Tratamento de resíduos – UNAERP	76
Figura 19: Vista da Unidade de Gestão de Resíduos (UGR)	80
Figura 20: Prédio de estocagem de resíduos químicos	80
Figura 21: Laboratório de caracterização e processamento de resíduos	81

Figura 22: Estocagem de resíduos radioativos	81
Figura 23 e 24: Vista interna do Laboratório de caracterização e processamento de resíduos - UGR	81
Figura 25: Prédio de estocagem de resíduos químicos - atual	81
Figura 26: Organograma dos laboratórios do DQ - UFSCar	84
Figura 27: Gráfico da porcentagem dos resíduos em maior quantidade armazenados no DQ – Análise Global	95
Figura 28: Gráfico da porcentagem dos resíduos gerados em maior quantidade por mês no DQ – Análise Global das quantidades estimadas até julho de 2004	103
Figura 29: Gestão do Passivo	109
Figura 30: Gestão do Ativo - primeiros passos	116
Figura 31: Diagrama de Hommel	127
Figura 32: Etiqueta padronizada a ser preenchida (fornecida pela UGR) (fonte: MACHADO e SALVADOR, 2005)	129
Figura 33: Preenchimento correto da etiqueta a ser colocada em cada frasco de resíduos gerados (fonte: MACHADO e SALVADOR, 2005)	130
Figura A5.1: Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) (Fonte: www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/epi.gif)	A5.1
Figura A5.2: Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) (Fonte: www.jmarcante.com.br/ images/produtos2.jpg)	A5.6

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não-identificados (Fonte: JARDIM, 1998).	28
Quadro 2 Comparativo entre instituições entrevistadas.	79
Quadro 3 Principais resíduos estocados nos laboratórios (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004).	87
Quadro 4 Quantidade dos principais resíduos estocados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004).	91
Quadro 4 (Continuação) - quantidade dos principais resíduos estocados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO, 2004).	93
Quadro 5 Principais resíduos gerados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004).	99
Quadro A2.1 Produtos Químicos Incompatíveis. Os códigos entre chaves indicam a classificação em {1} ácido, {2} base, {3} oxidante, {4} redutor, {5} metal ou liga, {6} hidrolisável (materiais que reagem com água).	A2.1
Quadro A5.1 Tipos de luvas para o manuseio de substâncias químicas.	A5.3
Quadro A5.2 Filtros de Máscaras para proteção respiratória e seus agentes contaminantes.	A5.4
Quadro A7.1 Frascos compatíveis com Substâncias Orgânicas	A7.3
Quadro A7.2 Frascos compatíveis com Substâncias Inorgânicas	A7.6
Quadro A7.3 Frascos compatíveis com Metais	A7.9

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADN (ou DNA) – ácido desoxiribonucléico

ARN (ou RNA) – ácido ribonucléico

C.A.A.A.S. -Conselho para Assuntos Assistenciais da Área da Saúde

CADRI – Certificado de Aprovação de Destino de Resíduo Industrial, emitido pela CETESB

CCT - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

CEMA - Coordenadoria Especial para o Meio Ambiente (UFSCar)

CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura USP – Piracicaba

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CETREL - Central de Tratamento de Efluentes Líquidos - Pólo Petroquímico de Camaçari

CLAE - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (em inglês *HPLC*)

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CONAMA – conselho nacional do Meio Ambiente

CTR – Comissão Técnica de Resíduos

DCB – Departamento de Ciências Biológicas

DCS – Departamento de Ciências da Saúde

DEMa – Departamento de Engenharia de Materiais

DEQ – Departamento de Engenharia Química

DF – Departamento de Física

DMSO - Dimetilsulfóxido

DQ – Departamento de Química

DQUI - Departamento de Química

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos

EHS - Environmental Health and Safety

EPA - Environmental Protection Agency

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FISPQ - Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

GAIA – Laboratório Grupo de Análise Instrumental Aplicada

GERESOL – Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos

HMM – Hazardous Materials Management (Gerenciamento de Materiais Perigosos)

HSWA - Hazardous and Solid Waste Amendments

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

IFSC – Instituto de Física de São Carlos

IQ – Instituto de Química

IQSC - Instituto de Química de São Carlos

LABBES - Laboratório de Análise, Bioanálise, Biossensores, Eletroquímica e Sensores

LEA - Laboratório de Ensino de Química Analítica

LEFQ - Laboratório de Ensino de Química Físico-Química

LEG - Laboratório de Ensino de Química Geral 1 e 2

LEI - Laboratório de Ensino de Química Inorgânica

LEO - Laboratório de Ensino de Química Orgânica

LERCI - Laboratório de Estruturas e Reatividade de Compostos Inorgânicos

LFQ1 - Laboratório de Eletroquímica

LFQ2 - Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica (LAPE)

LFQ3 - Laboratório de Polímeros e Análise Térmica

LI1 - Espectrometria de Massa

LI2 - Ressonância Magnética

LIEC - Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica

LIEC1 - Laboratório de Síntese e Processo Cerâmico

LIEC2 - Laboratório de Medidas Elétricas (eletroquímica)

LQA1 - Laboratório de Alimentos

LQA2 - Laboratório de Biogeoquímica Ambiental

LQA3 - Laboratório Grupo de Análise Instrumental Aplicada (GAIA) 1, 4 e 5

LQA4 - Laboratório de Análise, Bioanálise, Biossensores, Eletroquímica e Sensores (LABBE) 1 e 2

LQI1 - Laboratório de Síntese Inorgânica, Catálises, Cinética e Luminescência

LQI2 - Laboratório de Inorgânica 3 e 4

LQI3 - Laboratório de Estruturas e Reatividade de Compostos Inorgânicos (LERCI)

LQI4 - Laboratório de Sólidos e Superfície

LQO1 - Laboratório de Bio-Orgânica e Pesquisa em Orgânica 1 e 2

LQO2 - Laboratório de Produtos Naturais

LQO3 - Laboratório de Síntese Orgânica e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE ou HPLC)

LQO4 - Laboratório de Síntese de Produtos Naturais

LRQ - Laboratório de Resíduos Químicos

LTR - Laboratório de Tratamento de Resíduos -CENA/USP

MSDS - Material Safety Data Sheet

NAIT - Instituto de Tecnologia do Norte de Alberta

NBR – Norma Brasileira

NFPA - National Fire Protection Association

NR – Norma Regulamentatoria

PAGERS – Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

PCB's - bifenilas policloradas

PGRP – Programa de Gerenciamento de Resíduos Perigosos - UFSCar

PGRQ - Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos – USP - Campus de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e, Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos CENA – USP - Campus Piracicaba

RU – Restaurante Universitário

UCS - Universidade de Caxias do Sul

UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus de Itapetinga

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UGR - Unidade de Gestão de Resíduos

UNAERP - Universidade de Ribeirão Preto

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency

USP - Universidade de São Paulo

UV – ultravioleta visível

RESUMO

SASSIOTTO, Maria Lucia Passarelli. *Manejo de Resíduos de Laboratórios Químicos em Universidades – Estudo de Caso do Departamento de Química da UFSCar*. São Carlos, 2005, 134p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

As universidades têm um papel fundamental na formação do cidadão, ou seja, são centros de ciência, de tecnologia e de conhecimento que afetam toda a sociedade. Entretanto, as universidades, através das suas atividades de pesquisa, ensino e extensão, acabam gerando resíduos potencialmente perigosos, como os de laboratórios químicos. Porém elas não podem mais postergar a solução deste problema.

Este trabalho de pesquisa foi elaborado com o objetivo de apresentar um estudo sobre o manejo dos resíduos químicos potencialmente perigosos em campi universitários, com estudo de caso do Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos.

Através de visitas a outras instituições para conhecer suas experiências em gerenciamento de resíduos químicos e, com base no levantamento do passivo e do ativo de resíduos de laboratórios químicos do DQ, pode-se elaborar propostas para a gestão destes resíduos.

Estas propostas são baseadas na prevenção e no controle corretivo. O enfoque preventivo, prioritário, visa a levantamento de técnicas e ações para redução nas fontes geradoras (laboratórios químicos de ensino e de pesquisa). O controle corretivo visa o tratamento e posterior disposição dos resíduos gerados. Como conclusões, objetiva-se subsidiar a implantação de um programa de gestão dos resíduos perigosos na UFSCar, visando reduzir seus impactos ambientais.

Palavras-chave: Resíduos de laboratórios químicos; resíduos perigosos, gerenciamento de resíduos de laboratórios químicos, resíduos em Universidades.

ABSTRACT

SASSIOTTO, Maria Lucia Passarelli. *Manejo de Resíduos de Laboratórios Químicos em Universidades – Estudo de Caso do Departamento de Química da UFSCar*. São Carlos, 2005, 134p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

The universities have a basic role in a formation of a citizen, in other words, they are centers of science, technology and knowledge that affect all the society. However, the universities, through their activities of research, learning and extension, ending up by generating wastes potentially hazardous, such as the chemical laboratories. However they cannot more delay anymore the solution of this problem. This research task was elaborated with the aim of presenting a study about the chemical wastes handling potentially hazardous in the universities *campi*, with the study of the Chemistry Department (CD) of the Universidade Federal de São Carlos. Through visits to other institutions in order to know their experiences with the management of chemical wastes and, on the basis of the survey of passive and active of the wastes in the chemical laboratories of CD, proposals to the management to these problems can be elaborated. These proposals are based on the prevention and in the corrective control. The preventive focus, primary, aims the survey of techniques and actions to reduce the generating sources (chemical laboratories of education and research). The corrective control aims the treatment and posterior disposal of the generated wastes. As conclusions, it is aimed to subsidize the implantation of a program of management of the hazardous wastes in the UFSCar, aiming to reduce their environment impacts.

KEY-WORDS: Laboratory waste, hazardous waste, laboratory waste management, university waste.

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho constitui-se na dissertação de mestrado defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar, sendo intitulada *Manejo de Resíduos de Laboratórios Químicos em Universidades – Estudo de Caso do Departamento de Química da UFSCar*.

A dissertação está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo discorre brevemente sobre a problemática dos problemas ambientais relacionados a gestão dos resíduos produzidos pela atividade humana. Onde, dentro deste contexto social estão universidades.

O segundo capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos dos quais tratam o trabalho.

O terceiro capítulo apresenta a revisão da literatura consultada sobre a gestão e os problemas dos resíduos perigosos, o problema dos resíduos nas universidades e as soluções encontradas, a evolução do gerenciamento de resíduos e, os métodos mais comuns de manejo dos resíduos de laboratórios químicos.

O capítulo quatro aborda os materiais e métodos utilizados na pesquisa, como os questionários utilizados.

No quinto capítulo são apresentados os resultados e a discussão sobre o trabalho, ou seja, o relato e os dados levantados sobre as instituições visitadas, a caracterização do objeto de estudo - DQ/UFSCar, a apresentação do problema dos resíduos (passivo e ativo) no DQ/UFSCar e as soluções propostas.

O sexto capítulo apresenta as conclusões e recomendação e, finalmente, no sétimo capítulo são apresentadas as referências bibliográficas consultadas.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O crescente aumento da população mundial e brasileira tem feito com que problemas como o aumento da miséria, da poluição e da escassez de recursos ambientais se agravem cada vez mais. A falta de harmonia entre os sistemas econômico e ecológico tem levado toda a sociedade a repensar e questionar o modelo de desenvolvimento vigente. É na tentativa de conciliar o desenvolvimento econômico às qualidades ambiental e de vida, que surge o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual, propõe a racionalização do uso dos recursos naturais de maneira a atender às necessidades da geração presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

O gerenciamento dos resíduos gerados por todas as atividades humanas, sejam estes resíduos perigosos ou não, é exigido por toda sociedade e pela legislação. Porém, a cobrança maior recai sobre os geradores de grandes quantidades de resíduos perigosos. A maioria das pessoas não dá importância ou nem mesmo tem conhecimento dos geradores de pequenas quantidades de resíduos perigosos, como estabelecimentos comerciais, clínicas, escolas, laboratórios e universidades.

Atualmente, nos Estados Unidos de acordo com a USEPA (1995) citado por ARAÚJO (2004), as HSWA consideram como geradores de pequena quantidade aqueles que produzem (carga poluidora) menos

que 100 Kg de resíduos perigosos por mês ou menos de 1 Kg de resíduos altamente perigosos. No Brasil, os pequenos geradores acabam seguindo as legislações nacionais e internacionais para grandes geradores, pois não há legislação específica que os caracterize e oriente o pequeno gerador, o que influencia na implantação de um programa de gerenciamento nesses locais.

Neste contexto, estão inseridas as universidades que, considerando o seu papel, têm produzido tecnologia, novos conhecimentos e formado profissionais e cidadãos, muitas vezes, sem um questionamento ou uma consciência do impacto que eles geram nas organizações, nos sistemas produtivos, e, conseqüentemente, na sociedade e no meio ambiente. De acordo com as HSWA, os laboratórios acadêmicos de escolas, faculdades e universidades estão inseridos na categoria de geradores de pequena quantidade de resíduos (USEPA, 1995).

No Brasil, a preocupação mais efetiva com a gestão de resíduos em instituições acadêmicas começou no fim da década de 80 e início da década de 90, a partir das experiências com coleta seletiva, seguida pelo gerenciamento dos resíduos químicos, dos resíduos de serviço de saúde e dos resíduos radioativos (ARAÚJO, 2004). Apesar disto, o gerenciamento de resíduos nas universidades ainda é um assunto pouco estudado no Brasil e na América Latina.

Acompanhando as tendências mundiais na busca da sustentabilidade ambiental e no intuito de cumprir a legislação vigente (principalmente a Lei de Crimes Ambientais, nº 9605/98), as universidades brasileiras vêm desenvolvendo, pouco a pouco, programas próprios de gerenciamento de resíduos.

Na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, assim como em outras universidades brasileiras, o manejo de resíduos químicos é uma atividade que ainda está sendo desenvolvida. Apesar de pouco volumosos ou gerados em pequenas quantidades em relação aos resíduos industriais, os resíduos químicos das universidades possuem uma grande diversidade, a maioria perigosos que podem causar impactos significativos ao meio ambiente.

No Capítulo 21 da Agenda 21, são citados os esforços que os governos, instituições e indústrias devem realizar na área de resíduos sólidos (CNUMAD, 2005). Portanto a escolha do tema e realização da pesquisa se deve a sua relevância no cenário ambiental mundial, onde objetiva-se fornecer subsídios para a minimização dos impactos produzidos por esses resíduos, e a gestão ambiental da universidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo o estudo do manejo de resíduos de laboratórios químicos, potencialmente perigosos em campi universitários, enfocando ações preventivas de minimização (redução, reúso e reciclagem) dos resíduos e o seu tratamento, particularmente nas fontes geradoras (laboratórios químicos de ensino e pesquisa), tendo como objeto de estudo o Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos.

2.2 Objetivos Específicos

Neste trabalho pretende-se fazer inicialmente um levantamento dos resíduos perigosos gerados e das atividades geradoras, nos laboratórios químicos do DQ, para então classificá-los e determinar os procedimentos aplicáveis para o tratamento, armazenamento e disposição final.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A rápida industrialização de vários países nas últimas décadas tem resultado em uma árdua tarefa para encontrar meios para o gerenciamento dos resíduos gerados. Alguns destes resíduos são extremamente perigosos, os quais, se não tiverem gerenciamento apropriado, podem criar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente (POLPRASERT, 1996; SAXENA e JOTSHI, 1996).

Uma série de acidentes ambientais ocorridos devido a contaminação do solo, água, poluição do ar, incêndios, explosões e envenenamento por resíduos químicos perigosos tem sido noticiados no decorrer das décadas em muitas partes do mundo, como por exemplo, o envenenamento por efluente industrial contendo mercúrio ocorrido em 1956 na Baía de Minamata, sudoeste do Japão; o vazamento de gases letais em Bhopal, Índia em 1984; a descoberta de sítios contaminados em Paulínia, Cubatão (desde 1990); a denuncia desde 1994 da contaminação do solo por chumbo usado em fabrica de baterias automotivas em Bauru; o rompimento em 2003 de uma barragem de armazenamento de produtos químicos utilizados na fabricação de papel em Cataguazes, Minas Gerais, entre outros acidentes em todo o mundo (GREENPEACE , 2004). A CETESB (2005) divulgou a existência, em 2002, de 255 áreas contaminadas no Estado de São Paulo, em 2003 o número de áreas contaminadas subiu para 727 áreas, em 2004 estas áreas totalizavam 1.336 áreas

contaminadas e em maio de 2005 a lista foi novamente atualizada, totalizando 1.504 áreas contaminadas. Neste último ano os postos de combustíveis destacam-se na lista com 73% do total dos registros, seguidos das atividades industriais com 16%, das atividades comerciais com 6%, das instalações para destinação de resíduos com 4% e dos casos de acidentes e fonte de contaminação de origem desconhecida com 1%. De acordo com a CETESB (2005) o aumento do número de áreas contaminadas nos últimos anos deve-se a ações de licenciamento e controle sobre os postos de combustíveis, as fontes industriais, comerciais, de tratamento e disposição de resíduos e ao atendimento aos casos de acidentes.

Nestes acidentes e contaminações, além das conseqüências prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem, eles também têm estimulado os governantes por todas as partes do mundo a formular e impor legislações controlando a disposição e mais recentemente, a geração de resíduos perigosos (POLPRASERT, 1996).

Apesar de classificadas como pequenos geradores, as Universidades também geram grande diversidade de resíduos químicos perigosos/tóxicos os quais também demandam adequada gestão e gerenciamento para se evitar danos ao meio ambiente e a vida humana.

3.1 Fontes Geradoras de Resíduos Potencialmente Perigosos nas Universidades

Os resíduos químicos perigosos são gerados em indústrias, pequenos negócios, residências, hospitais, universidades, laboratórios de pesquisa e de testes e na indústria agrícola (POLPRASERT, 1996).

Nas universidades, os diferentes departamentos/setores produzem diferentes tipos de resíduos. A Figura 1 mostra esquematicamente as fontes geradoras de diversos tipos de resíduos.

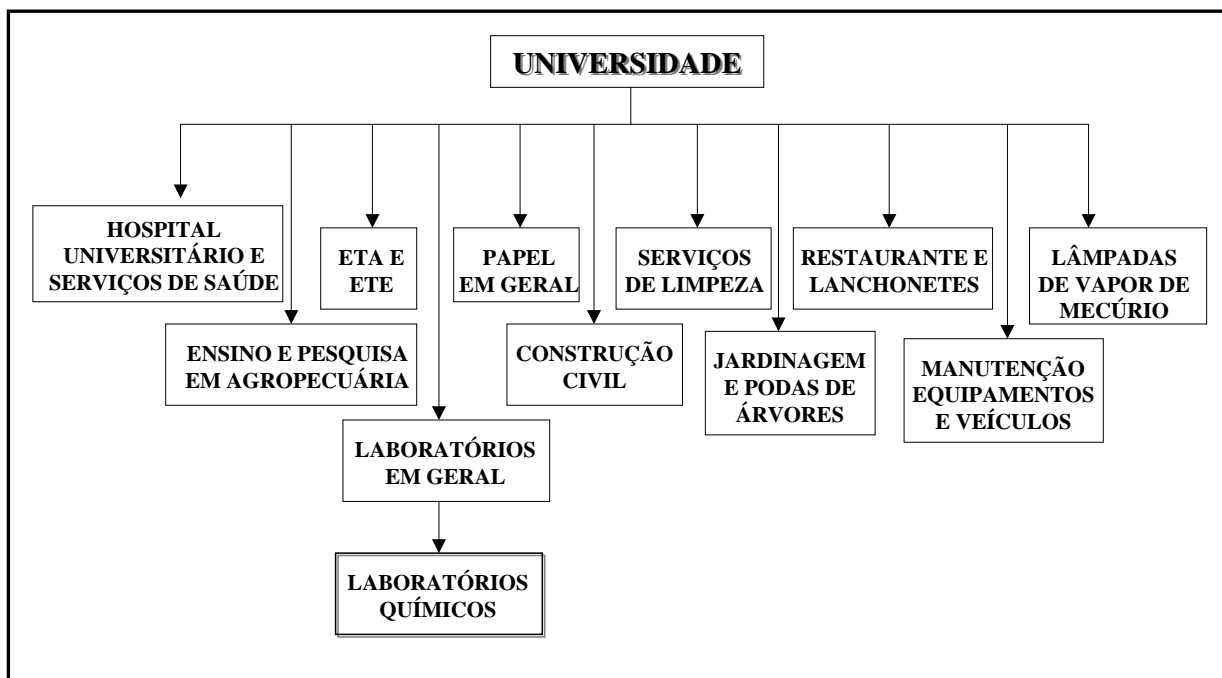


Figura 1: Resíduos gerados em uma universidade (fonte: SASSIOTTO, 2004)

Tem-se nas universidades restos de alimentos do restaurante universitário (R.U.) e das lanchonetes, embalagens e papéis sujos. Tem-se também uma grande quantidade de papel, lâmpadas (vários

tipos, incluindo vapor de mercúrio), equipamentos quebrados ou obsoletos, resíduos da limpeza de sanitários e salas de aula. Obras dentro da universidade que também geram entulho (resíduos da construção civil), além dos resíduos das podas de árvores e manutenção dos jardins. Manutenção de equipamentos e veículos geram resíduos como óleo de motor e peças quebradas. Além destes resíduos acima, ainda existem outros tipos, pois um campus universitário é praticamente uma cidade, que pode possuir também estações de tratamento de água e esgoto, havendo então, o lodo resultante destas estações. No serviço de saúde tem-se descarte de seringas, papéis, embalagens de medicamentos, gazes entre outros. Nos laboratórios químicos existem resíduos como solventes, compostos orgânicos, inorgânicos, radioativos e metais pesados.

Nos laboratórios químicos dos diversos departamentos (Química, Engenharias, Materiais, Biologia, Saneamento entre outros), pode-se ter uma série de resíduos, conforme mostrado na Figura 2. Os compostos resultantes e excedentes dos experimentos acabam ficando guardados por muito tempo sem rotulagem, tornando-se assim um passivo ambiental. A água resultante da lavagem de pisos, bancadas, equipamentos, vidraria e capelas também é um resíduo impregnado de substâncias químicas. Produtos químicos com data de validade vencida e frascos vazios são também, resíduos muito problemáticos.

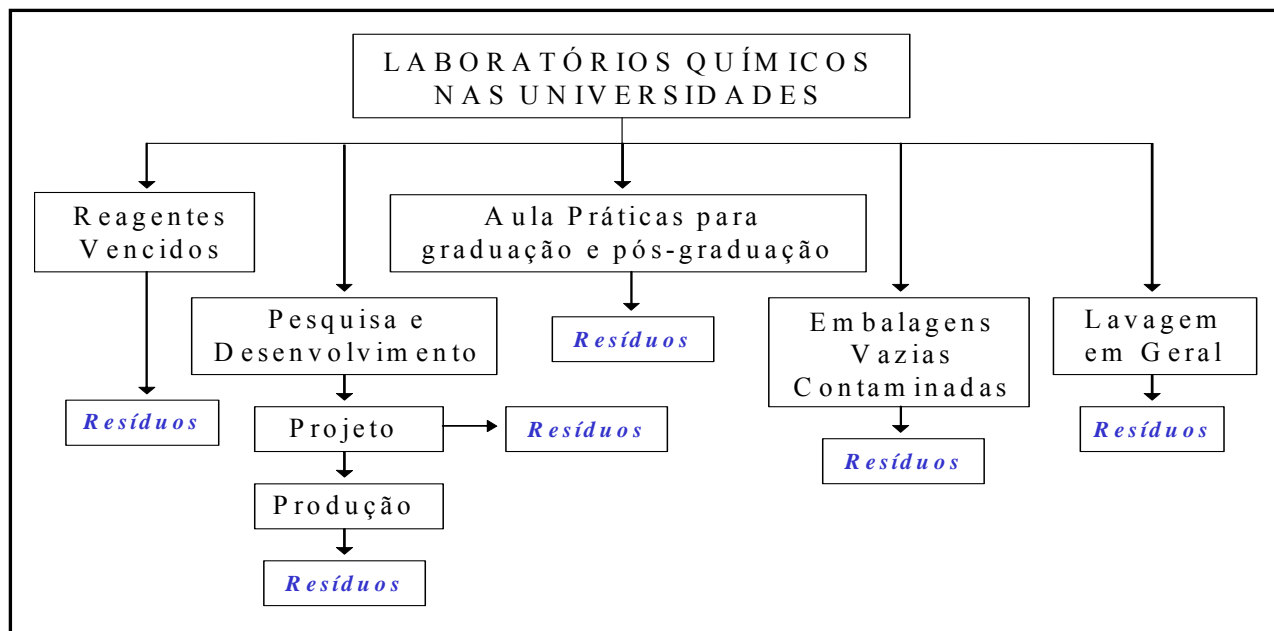


Figura 2: Resíduos de laboratórios químicos de Universidade

3.2 Resíduos Sólidos: Definição e Classificação

Os resíduos gerados através da atividade humana são os principais responsáveis pela degradação ambiental e da saúde humana. Para que se realize um tratamento eficiente, com possível aproveitamento e disposição final adequada destes resíduos, faz-se necessária a sua caracterização.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (1993):

Considerando a necessidade de definir procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos(...), definem-se:

Resíduos Sólidos: conforme a NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – (ABNT, 2004) - "São definidos como Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível".

Os resíduos químicos, como os resíduos sólidos, podem ser classificados de várias formas, usualmente são classificados segundo sua origem, e dentro desta classificação temos os resíduos perigosos, como os industriais, os de serviço de saúde e os radioativos (LEITE 1997):

a) **INDUSTRIAIS:** correspondem aos resíduos gerados nos diversos tipos de indústrias de processamento. Em função da periculosidade oferecida por alguns desses resíduos, o seguinte agrupamento é proposto pela ABNT-NBR 10.004 (2004):

- “Resíduos Classe I (perigosos): pelas suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública.”
- “Resíduos Classe II (não perigosos): subdividem-se em Classe II A - Não inertes e Classe II B - Inertes”.

b) RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE: são os produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos entre outros.

c) RESÍDUOS RADIOATIVOS (lixo atômico): são resíduos provenientes das fontes radioativas. Seu controle é de competência exclusiva da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Para se definir um melhor manuseio dos resíduos perigosos, é de grande importância a identificação dos mesmos. Geralmente, os resíduos perigosos podem ser identificados baseando-se nas suas características e em uma lista de especificações da legislação. Os resíduos podem ser considerados perigosos se exibirem uma ou mais das características abaixo (POLPRASERT, 1996; SAXENA e JOTSHI, 1996; ABNT-NBR 10.004, 2004):

- Inflamabilidade: Estes resíduos podem causar incêndios sobre certas condições. De acordo com a legislação brasileira (ABNT-NBR 10.004, 2004), um resíduo sólido é caracterizado como

inflamável se apresentar qualquer uma das seguintes características:

- a. “ser líquido e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme a ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 245 de álcool em volume;
 - b. não ser líquido e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosamente e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
 - c. ser oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;
 - d. ser um gás comprimido inflamável, conforme a legislação federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes).”
- Corrosividade: resíduos corrosivos incluem aqueles que são ácidos ou bases muito fortes e aqueles que são capazes de corroer metais. De acordo com ABNT-NBR 10.004 (2004), um resíduo é caracterizado como corrosivo se apresentar uma das seguintes propriedades:

- a. “ser aquoso e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;
 - b. ser líquido ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COMPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55 °C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.”
- Reatividade: resíduos reativos podem criar explosões, gases tóxicos e vapores quando misturados a água. De acordo com a legislação brasileira (ABNT-NBR 10.004, 2004), um resíduo é caracterizado como reativo se apresentar uma das seguintes propriedades:
- a. “ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
 - b. reagir violentamente com a água;
 - c. formar misturas potencialmente explosivas com a água;
 - d. gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
 - e. possuir em sua constituição os íons CN^- ou S^{2-} em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de

HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H₂S liberável por quilograma de resíduo, de acordo com ensaio no USEPA – SW 846;

- f. ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- g. ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25 °C e 0,1 MPa (1atm);
- h. ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.”

- Toxicidade: resíduos tóxicos são fatais quando ingeridos ou absorvidos. A toxicidade pode ser crônica ou aguda. Estes resíduos podem ser cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos para o homem e outras formas de vida. Dentro deste item, de acordo com ABNT-NBR 10.004 (2004), para a avaliação da toxicidade de um resíduo devem ser considerados os seguintes fatores:
 - a. “natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
 - b. concentração do constituinte no resíduo;

- c. potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente. Sob condições impróprias de manuseio;
 - d. persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
 - e. potencial que o constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
 - f. extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
 - g. efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo.”
- Patogenicidade: De acordo com a ABNT-NBR 10.004 (2004) “um resíduo é caracterizado com patogênico se contiver ou houver suspeita de conter microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxiribonucléico (ADN ou DNA) ou ácido ribonucléico (ARN ou RNA) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais. Os

resíduos de serviço de saúde deverão ser classificados conforme a ABNT NBR 12808. os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.”

Os resíduos químicos perigosos mais comuns são compostos orgânicos tóxicos, compostos inorgânicos e metais pesados (POLPRASERT, 1996).

3.2.1 Legislação Brasileira Relacionada a Resíduos Perigosos

Quanto aos resíduos perigosos, o Brasil conta com uma legislação vigente e rigorosa, porém devido a falta de fiscalizadas em certos locais ela não é aplicada. No Anexo 1 estão listadas as principais leis, resoluções e normas relacionadas com os resíduos perigosos (baseado em UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2002; CETESB, 2005 e ABNT, 2005).

3.3 Problemas e Experiências nas Universidades

O gerenciamento de resíduos perigosos exige o emprego das melhores técnicas na busca da melhor solução para a questão (ASHBROOK, 1999). Coordenar o gerenciamento de resíduos em uma

universidade pode ser muito complexo devido a uma série de fatores, (IZZU, 2000):

- Muitas faculdades e universidades são descentralizadas, pois muitos departamentos acadêmicos e administrativos funcionam independentes uns dos outros.
- A maioria dos laboratórios de pesquisa têm mão-de-obra com elevada rotatividade, ou seja, os estudantes de graduação e de pós-graduação normalmente estão na universidade em tempo limitado.
- Os processos e os tipos de resíduos freqüentemente mudam com a mudança da pesquisa.
- Existe uma grande diversidade de resíduos e volumes reduzidos em uma universidade.
- Para muitas universidades, não há nenhuma central de diagnóstico do problema ou de estocagem química, e a falta de planejamento o que leva ao desperdício.
- Falta de responsabilidade profissional pela parte do aluno.

Além dos problemas acima citados, a ausência de um órgão gestor, a falta de consciência e visão de professores e pesquisadores, o descarte inadequado dos resíduos (descaso com o meio ambiente), a falta de estrutura e fiscalização de órgãos governamentais levaram muitas universidades a poluir e degradar o meio ambiente, promovendo também um desperdício de material e recursos,

conseqüências da falta ou do mau gerenciamento dos produtos sintetizados ou manipulados.

Segundo PITT (2002), no caso dos resíduos químicos, particularmente, um adequado gerenciamento requer o conhecimento do comportamento das substâncias químicas e das pessoas que com elas lidam. Uma substância química se torna um resíduo, quando informações são perdidas e as pessoas que lidam com elas estão desinteressadas ou possuem pouco ou nenhum conhecimento de química.

Os resíduos químicos, freqüentemente podem se transformar em resíduos desconhecidos, ou seja, eles são misturados a resíduos comuns e descartados diretamente na rede de esgoto (PITT, 2002).

Apesar dos problemas, a preocupação com materiais e resíduos potencialmente perigosos vem acontecendo em alguns países há mais de duas décadas e no Brasil começou a ser discutido por volta de 1990. KATZ (1982) questiona cerca de quinze procedimentos contidos em manuais usados em laboratórios de química propondo métodos alternativos para esses procedimentos. A determinação da solubilidade de uma substância com benzeno é um dos exemplos, e sendo este conhecido agente carcinogênico, o autor sugere a sua substituição por outros solventes menos perigosos como ciclohexano ou éter de petróleo. Além disso, KATZ (1982) ressalta a importância de se ensinar práticas seguras para os estudantes.

De acordo com ASHBROOK e REINHARDT (1985), as instituições acadêmicas geram cerca de 1% dos resíduos perigosos nos EUA. No entanto, os totais individuais das instituições podem ser surpreendentemente maiores. Além disso, os resíduos perigosos gerados em instituições acadêmicas são muito heterogêneos. Como exemplo, os autores citam uma lista preparada pela Universidade de Minnesota em 1981, que enumera 1350 substâncias químicas freqüentemente usadas que podem ser designadas como resíduos perigosos.

ASHBROOK e REINHARDT (1985) citam em seu trabalho, como exemplo de um problema para as instituições acadêmicas, o aumento de custo de disposição de resíduos perigosos na Universidade de Illinois. Por estes e outros problemas gerados pelos resíduos perigosos é que os autores acreditam que qualquer instituição acadêmica, independente do tamanho, deveria desenvolver um programa de gerenciamento de seus resíduos químicos.

Universidades em todo o mundo estão buscando caminhar para a sustentabilidade em seus *campi*. ARMOUR, BROWNE e WEIR (1985) e ARMOUR (1988) citam a experiência da Universidade de Alberta no Canadá, onde em 1983 um grupo já desenvolvia e testava métodos para o tratamento de alguns resíduos químicos perigosos ou tóxicos mais comumente usados. O principal ideal nesta experiência foi o de converter esses resíduos em produtos que poderiam ser dispostos no

lixo comum sem riscos ao meio ambiente. Segundo ARMOUR, BROWNE e WEIR (1985) para responder questões em relação ao manejo dos resíduos químicos do tipo “Como eu deveria descartar ou dispor isto?”, os membros do Comitê de Segurança do Departamento de Química da Universidade de Alberta prepararam um manual com diversos métodos para a disposição adequada de mais de duzentos compostos químicos.

Ressaltando também a importância da educação, SIMPSON (1987) cita a experiência do Instituto de Tecnologia do Norte de Alberta (NAIT) no Canadá. No NAIT duas disciplinas ministradas aos estudantes no curso de Química Tecnológica orientam especificamente como a química segura pode ser útil. Com essas duas disciplinas o número de acidentes diminuiu e o número de questionamentos dos estudantes aumentou, mostrando assim um maior interesse por parte de todos. ARMOUR (1987) afirma que é muito importante que os estudantes de química aprendam como lidar com as substâncias químicas com segurança. Além disso, a autora ressalta a importância de se assumir as devidas responsabilidades (estudantes, professores, assistentes e técnicos dos laboratórios) buscando substituir ou mesmo diminuir a quantidade de substâncias perigosas usadas.

Um dos principais propósitos da maioria dos autores no gerenciamento dos resíduos químicos perigosos nas instituições de ensino é buscar maneiras de se incluir aspectos de proteção ambiental

em aulas experimentais. Estes aspectos voltados para a responsabilidade ambiental, farão com que se crie uma consciência nos alunos, futuros profissionais, a respeito da geração de resíduos perigosos e tóxicos tanto para o meio ambiente como para o próprio homem, onde o gerador é responsável pela minimização e tratamento dos resíduos gerados.

WALTON (1987) ressalta a grande importância deste tipo de ensino em laboratório. O autor cita a experiência da Universidade do Estado de Ohio, nos Estados Unidos, na qual se recupera cromo, na forma de hidróxido ($\text{Cr}(\text{OH})_3$), das soluções usadas pelos alunos de graduação em análises por espectrometria. Cada um dos 150 estudantes (ao ano) gera 200ml de solução de $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 0,020M, totalizando 30L de solução de $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 0,020M anualmente. Os próprios estudantes concentram suas soluções para redução de volume, o qual pode ser armazenado até determinada quantidade para o posterior tratamento ou pode ser tratado pelos próprios estudantes por precipitação na forma de hidróxido (WALTON, 1987).

ARMOUR (1988), dentre outros autores, afirma que as aulas práticas nos laboratórios de química geram quantidades de resíduos químicos que devem ser reciclados ou dispostos com segurança e com métodos ambientalmente corretos, apesar da pequena quantidade. A autora propõe as seguintes regras gerais para o gerenciamento de resíduos químicos de laboratórios escolares:

- Planejar antes: antes de se começar um experimento, deve-se planejar a reciclagem ou disposição adequada de todos os materiais excedentes ou resíduos do experimento.
- Reúso e reciclagem: quando possível, os experimentos devem ser planejados para que os produtos possam ser usados como matérias-primas em outros experimentos ou reciclados para o uso no mesmo experimento em uma próxima vez.
- Segregar os resíduos e rotulagem clara: antes da disposição correta, é necessário segregar apropriadamente os resíduos em embalagens claramente rotuladas de acordo com as exigências do receptor.
- Dispor os resíduos logo após a coleta: os resíduos não devem ser acumulados. Acumular resíduos não rotulados é especialmente perigoso e isto pode dificultar muito a sua disposição segura.

GANNAWAY (1990) cita a experiência de algumas faculdades localizadas em Delaware, Distrito de Columbia, Maryland, Nova Jersey, Pensilvânia, Virginia e Oeste da Virginia nos EUA. Mencionando outros artigos, a autora ressalta a dificuldade de se implantar normas e regulamentos, como da EPA, para o gerenciamento dos resíduos perigosos, tanto em grandes universidades como também em pequenos colégios e faculdades. Isto se deve à grande

complexidade e dificuldade para se compreender estas normas (GANNAWAY, 1990).

Um primeiro passo a ser dado por estes estabelecimentos de menor porte no manejo de resíduos e outras substâncias químicas perigosas, segundo GANNAWAY (1990), foi o de fazer um inventário das substâncias químicas que possuía e guardá-las em local adequado. Os problemas mais comuns encontrados foram com relação a recipientes sem rotulagem e desconhecidos, materiais explosivos, metais pesados, solventes orgânicos e sais de mercúrio. A disposição dos resíduos e o manejo de materiais perigosos não estão restritos aos departamentos de química das faculdades, mas sim, se estende a outros departamentos, como o de biologia.

Preocupada com a segurança de seus trabalhadores, professores, alunos, visitantes e, com a responsabilidade ambiental relacionada a seus procedimentos de gerenciamento dos resíduos, a Universidade de Kentucky, USA (UNIVERSITY OF KENTUCKY, 1995) tem destinado o seu gerenciamento dos resíduos perigosos, biológicos e a mistura deles, ao departamento de Gerenciamento de Materiais Perigosos (HMM). Este departamento possui pessoal que tem treinamento técnico e experiência no manuseio de uma grande variedade de resíduos produzidos na universidade. Além disso, a universidade formulou um manual que contém procedimentos para o gerenciamento e disposição de resíduos, reduzindo ou eliminando os acidentes e

lançamentos de materiais perigosos (UNIVERSITY OF KENTUCKY, 1995).

A preocupação de algumas universidades com seus resíduos perigosos pode ser verificada também na Northwestern University (Estados Unidos), na Princeton University (Estados Unidos), na Universidad Nacional (Costa Rica) entre muitas outras.

Na Northwestern University o gerenciamento dos resíduos perigosos tem sido bem sucedido e reduziu custos de disposição, pois, sua idéia básica é de que: quanto menor a quantidade de resíduos, menores serão os custos para sua disposição (KURTZ, 1999).

Segundo IZZO (2000), a geração de resíduos perigosos na Princeton University, que possui aproximadamente 500 laboratórios de pesquisa em 12 departamentos, vem continuamente decrescendo há cinco anos, devido a um número de programas iniciados por ambos, o Environmental Health and Safety (EHS) e os específicos departamentos acadêmico e administrativo. Os custos de disposição diminuíram 60% e durante a última inspeção em agosto de 1999, a quantidade de resíduos diminuiu, com sucesso, em mais de 50%.

Já na Universidad Nacional da Costa Rica, os objetivos principais são, além de elaborar um sistema de gestão ambiental na universidade, estabelecer estratégias para o desenvolvimento de um sistema de manejo de águas residuais e de uma planta de resíduos na universidade (MOLINA, 2002).

Na Universidade de Harvard (HARVARD UNIVERSITY, 2005), o gerenciamento adequado de resíduos perigosos é baseado em:

- identificar corretamente os resíduos perigosos;
- armazenar os resíduos perigosos em um recipiente corretamente etiquetado e fechado;
- separar adequadamente os recipientes dos resíduos de modo a evitar derramamentos;
- executar inspeção visual semanalmente das áreas de armazenamento dos resíduos; e
- assegurar a remoção oportuna dos resíduos destas áreas de acordo com a legislação.

No Brasil, têm-se várias universidades, departamentos e laboratórios preocupados com a minimização de seus resíduos, como por exemplo, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade de Caxias do Sul (UCS), a Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual Paulista (UNESP), entre outras.

De acordo com JARDIM (1998), na maioria das universidades (em especial os Institutos e Departamentos de Química), a gestão dos resíduos gerados em suas atividades rotineiras é inexistente, e devido à falta de ação dos órgãos fiscalizadores, o descarte inadequado

continua a ser praticado. Em seu trabalho, ele apresenta as linhas básicas que devem ser seguidas para a implementação de um programa de gestão de resíduos. A implementação de um programa de gestão de resíduos é algo que exige, antes de tudo, mudança de atitudes e por isto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer realimentação contínua. Assim, as premissas e condições imprescindíveis para sustentar um programa deste tipo são quatro (JARDIM, 1998):

1. O apoio institucional irrestrito ao Programa;
2. Deixar claro o papel da universidade na formação do profissional;
3. Priorizar o lado humano do Programa frente ao tecnológico;
4. Divulgar as metas estipuladas dentro das várias fases do Programa;
5. Reavaliar continuamente os resultados obtidos e as metas estipuladas.

Além disso, a divulgação interna e externa do programa de gestão de resíduos é fundamental para a conscientização e difusão das idéias e atitudes que o sustentarão e trabalhando-se com metas pouco ambiciosas e reais, deve-se sempre reavaliar os êxitos ou insucessos obtidos, estimar custos para toda a universidade, redirecionando-as se preciso for para que o programa seja factível.

Ao ser implementado, inicialmente um programa de gerenciamento de resíduos deve contemplar dois tipos de resíduos: o ativo, gerado continuamente, fruto das atividades rotineiras dentro da unidade geradora, e o passivo, que compreende todo aquele resíduo estocado, via de regra não-caracterizado, aguardando destinação final (JARDIM, 1998). A Quadro 1 traz uma série de testes simples que podem ser usados na caracterização preliminar do passivo ambiental.

JARDIM (1998) também ressalta que após a implementação do programa, com a rotulagem e identificação de todos os reagentes usados sendo feita em rotina, o passivo tende a ser cada vez menor e de mais fácil manejo.

Quadro 1: Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não-identificados¹. (fonte: JARDIM, 1998)

<i>Teste a ser realizado</i>	<i>Procedimento a ser seguido</i>
Reatividade com água	Adicione uma gota de água e observe se há formação de chama, geração de gás, ou qualquer outra reação violenta.
Presença de cianetos	Adicione 1 gota de cloroamina-T e uma gota de ácido barbitúrico/piridina em 3 gotas de resíduos. A cor vermelha indica teste positivo.
Presença de sulfetos	Na amostra acidulada com HCl, o papel embebido em acetato de chumbo fica enegrecido quando na presença de sulfetos.
pH	Usar papel indicador ou pHmetro.
Resíduo oxidante	A oxidação de um sal de Mn(II), de cor rosa claro, para uma coloração escura indica resíduo oxidante.
Resíduo redutor	Observa-se a possível descoloração de um papel umedecido em 2,6-dicloro-indofenol ou azul de metileno.
Inflamabilidade	Enfie um palito de cerâmica no resíduo, deixe escorrer o excesso e coloque-o na chama.
Presença de halogênios	Coloque um fio de cobre limpo e previamente aquecido ao rubro no resíduo. Leve à chama e observe a coloração: o verde indica a presença de halogênios.
Solubilidade em água	Após o ensaio de reatividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente.

¹ Testes realizados após um pequena alíquota (~1g) que seja representativa do resíduos.

Independente de quais das atividades geradoras de resíduos (ensino ou pesquisa) serão abordadas, um programa de gerenciamento deve sempre adotar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo é responsável pelo mesmo, e praticar sempre a seguinte hierarquia de atividades (JARDIM, 1998):

1. Prevenção na geração de resíduos (perigosos ou não);
2. Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados;
3. Segregar e concentrar correntes de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora;
4. Reúso interno ou externo;
5. Reciclar o componente material ou energético dos resíduos;
6. Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento; e
7. Tratar e dispor os resíduos de maneira segura.

Além disso, o monitoramento ambiental da disposição dos resíduos deve ser feito de forma sistêmica.

Ao longo dos seus 35 anos de atividades, as unidades de ensino, pesquisa e extensão da UNICAMP acumularam uma série de resíduos biológicos, químicos e radioativos de diferentes graus de risco. Preocupada com a imagem negativa que estes resíduos podem causar à instituição, a UNICAMP formou um Grupo de Trabalho para o

gerenciamento destes resíduos. Este Grupo de Trabalho formulou um Programa Gestor de Resíduos Radioativos, Biológicos e Químicos (em vigor desde 10/2004) que tem como objetivo primordial definir normas e procedimentos no âmbito da universidade, de maneira a garantir que as pesquisas desenvolvidas não venham a degradar o meio ambiente através da emissão indevida de resíduos poluentes (UNICAMP, 2004).

Além da experiência acima, JARDIM (1998) cita como exemplo de gestão dos resíduos químicos o Instituto de Química da UNICAMP, que, através de sua Comissão de Segurança, já vem desenvolvendo um trabalho consistente de controle dos resíduos, no qual são geradas cinco correntes: (a) Clorados; (b) acetatos e aldeídos; (c) ésteres e éteres; (d) hidrocarbonetos e (e) álcoois e cetonas. Destes, o que sobraram após o reciclo e reúso, são enviados para uma empresa para incineração. Normalmente, quem determina o número e a natureza das correntes de resíduos dentro de uma unidade geradora é o destinatário final destes resíduos, que é quase sempre um incinerador ou aterro Classe I. Assim, antes de se decidir pela segregação interna dos resíduos, é importante ter em mente qual será o seu destino final. Além disso, o Laboratório de Química Ambiental vêm praticando um programa de gerenciamento de seus resíduos baseado em experiências adotadas em outros países e adaptadas para a nossa realidade. O laboratório também desenvolveu uma série de procedimentos de baixo

custo para tratar resíduos aquosos contaminados com compostos orgânicos potencialmente tóxicos. Basicamente explora-se o uso de processos oxidativos avançados (H_2O_2 , UV, Ozônio, Reagente de Fenton, Fotocatálise heterogênea e algumas de suas combinações), com ou sem luz solar, com excelentes resultados, e que poderiam ser utilizados por outras fontes geradoras (JARDIM, 1998).

Em relação aos resíduos sólidos e de serviço de saúde, a UNICAMP deu início no ano de 1989 a um projeto piloto para separação dos resíduos em uma das enfermarias do Hospital das Clínicas, visando a minimização de resíduos na área de saúde, mas devido à falta de envolvimento dos geradores dos resíduos e o ineficiente treinamento, o programa não progrediu. Em 1995 foi proposta a criação de um Grupo Técnico formado por profissionais da UNICAMP e Prefeitura Municipal de Campinas, assessorado pela Medicina Preventiva e Social da UNICAMP para elaboração de um plano de ação para enfrentamento do problema. Várias oficinas de trabalho foram feitas, muitos outros profissionais foram envolvidos e foi apresentado ao C.A.A.A.S. (Conselho para Assuntos Assistenciais da Área da Saúde – UNICAMP) o Plano Operacional do Projeto, onde propunha-se, de forma sustentada, medidas efetivas para melhoria do manejo dos resíduos da área de saúde da UNICAMP, desde a geração até o destino final, priorizando num primeiro momento os resíduos sólidos. As operações previstas no plano operacional foram iniciadas,

sendo a normatização de todas as ações do gerenciamento integrado do lixo hospitalar, da produção ao destino final, aquela que gerou a idéia e a elaboração dos protocolos para os resíduos identificados, com a segregação dos resíduos sólidos na origem. Os protocolos visam facilitar a identificação e classificação dos resíduos sólidos hospitalares, segundo a normatização vigente, indicando as formas de descarte, manuseio e acondicionamento, coleta, transporte e depósito em abrigos externos adequados (UNICAMP, 2004).

Segundo AMARAL et al. (2001), o Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), consciente da problemática da geração de resíduos nos laboratórios, vem desde 1994 desenvolvendo atividades de coleta seletiva e tratamento de resíduos dos laboratórios de pesquisa e graduação. No âmbito dos laboratórios de ensino de graduação, algumas disciplinas já realizaram diversas atividades visando tanto a recuperação de resíduos, como a síntese de reagentes para utilização em outros laboratórios de ensino ou em laboratórios de pesquisa, etc. No entanto, estas ações tinham um caráter restrito e isolado, na medida em que eram realizados dentro de um setor ou departamento. Em 1998, o Instituto de Química começou a desenvolver um programa institucional. O projeto apresentado “Ensino e a Química Limpa”, tinha como meta a formação de um profissional em química preocupado com a preservação do meio ambiente e com o desenvolvimento e utilização de tecnologias limpas.

Dentro deste projeto, previu-se a criação de um “Programa em Química Limpa” onde destacava-se a atividade “Fluxo de Resíduos e Produtos”.

O Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul é dividido em três departamentos: Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química, sendo que o Departamento de Química Inorgânica engloba três setores: Química Geral, Química Inorgânica e Química Analítica (Qualitativa e Quantitativa). Estes três Departamentos iniciaram um programa de intercâmbio de resíduos envolvendo seus laboratórios de graduação. Os estudantes estão sendo constantemente alertados para a necessidade de um descarte consciente, cuidadoso e adequado, a fim de que seja evitada qualquer contaminação indesejada dos resíduos. O objetivo é que se tenha sempre em mente: “os resíduos de hoje podem ser o reagente de amanhã e o prejuízo ao meio ambiente pode ser reduzido” (AMARAL et al. 2001).

A principal meta do trabalho foi tornar úteis os resíduos gerados nos laboratórios de graduação e, desta forma, minimizar a quantidade daqueles que necessitam um descarte definitivo. Muitos destes resíduos são recuperados como produtos puros e vários experimentos novos estão sendo desenvolvidos e testados, a fim de implementar o aproveitamento daqueles que usualmente eram diretamente descartados (AMARAL et al. 2001).

Segundo AMARAL et al. (2001), para obter uma melhor organização, foram propostos rótulos padronizados que permitam uma fácil identificação dos resíduos, independente dos mesmos serem recuperáveis ou não. Três tipos de rótulos foram propostos em função da convenção de nomenclatura adotada no Instituto de Química:

- 1º) Rótulos de Insumos: Convencionou-se como sendo “Insumo” o produto originado de qualquer processo de recuperação ou de algum processo de síntese. Estes rótulos são identificados por uma barra verde na parte superior.
- 2º) Rótulos de Resíduos: convencionou-se como sendo “Resíduo” todo e qualquer resíduo que pode ser reaproveitado, sem tratamento prévio, em algum outro experimento. Estes rótulos são identificados por uma barra amarela na parte superior.
- 3º) Rótulos de Rejeito: convencionou-se como sendo “Rejeito” todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado. Estes rótulos são identificados por uma barra vermelha na parte superior.

Todos os rótulos contêm na sua parte inferior informações adicionais: nome do técnico responsável pelo acondicionamento, data deste procedimento, logotipo do Departamento de origem e um número de referência que corresponde ao número da ficha deste resíduo no programa de cadastramento (AMARAL et al. 2001).

Com a finalidade de tornar disponível a maior quantidade de informação possível sobre os resíduos gerados nos laboratórios de graduação dos três departamentos, foi desenvolvido um programa de computador denominado “Sistema de Reutilização de Resíduos”. O programa apresenta-se sob forma de fichas que contém informações sobre o resíduo em questão e que podem ser facilmente acessadas pelo número de referência existente no rótulo. Os autores afirmam que a atividade – Fluxo de Resíduos e Produtos – está sendo implantada com sucesso no Instituto de Química da UFRGS. O seu impacto pode ser avaliado pelo comportamento dos estudantes, que demonstram entusiasmo por estarem contribuindo para a redução de danos ao meio ambiente e, principalmente, pelos próprios professores e funcionários por estarem conseguindo viabilizar uma proposta antiga da Instituição (AMARAL et al. 2001).

Segundo CUNHA (2001), os resíduos químicos gerados nos laboratórios do Departamento de Química (DQUI) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) vinham sendo coletados e acumulados, há vários anos, por muitos de seus integrantes, preocupados com o meio ambiente. Surgiu então, da mobilização de um grupo de professores conscientizados para o problema, o programa de gerenciamento de resíduos.

Basicamente havia três alternativas para o destino final dos resíduos químicos do DQUI: o aterramento controlado (na Cidade

Industrial de Curitiba), a incineração (em São Paulo ou Rio de Janeiro) e o co-processamento em fornos de cimento (na Região Metropolitana de Curitiba). De acordo com o autor o co-processamento foi escolhido, foi o mais versátil e efetivo método de tratamento para o tipo de resíduo gerado nos laboratórios da instituição e tem sido feito como cortesia pela Companhia Cimenteira Rio Branco do grupo Votoran, localizada em Rio Branco do Sul na Região Metropolitana de Curitiba (CUNHA, 2001).

O co-processamento consiste em adicionar-se resíduos químicos, combustíveis ou não, na forma de sólidos, líquidos ou pastas, ao forno de cimento durante a formação do clínquer. Os líquidos combustíveis são misturados e queimados com o combustível auxiliar do forno, os sólidos e pastosos são adicionados em bocas de lobo que levam ao interior da parte alta do forno, e os aquosos são adicionados junto com a água de resfriamento dos gases do forno. No Paraná o co-processamento é licenciado para tratar ácidos e bases; solventes halogenados e não halogenados; cianetos e arsenatos; sais de quase todos os metais, exceto de mercúrio, cádmio e tálio. Também é vetado o tratamento de agrotóxicos, materiais radioativos, explosivos, materiais infecciosos e bifenilas policloradas (PCB's). O programa do DQUI foi então montado em jornadas anuais com cinco etapas: 1) Coleta e tratamento, 2) Armazenamento; 3) Licenciamento (para

transporte e co-processamento), 4) Transporte e 5) Co-processamento (CUNHA, 2001).

De acordo com CUNHA (2001), a primeira etapa do programa de gestão é realizada dentro de cada um dos 28 laboratórios e consiste em quatro fases: coleta, neutralização, teste de incompatibilidade e mistura em bombonas. Os coordenadores do programa fornecem o treinamento necessário. A mistura de vários resíduos em um mesmo frasco requer o conhecimento da possível incompatibilidade entre eles conforme mostrado no quadro do Anexo 2.

A segunda etapa consiste em armazenar as bombonas e baldes de resíduos em um depósito com acesso restrito, sendo que os conteúdos descritos nas fichas são verificados e a acidez do conteúdo das bombonas é conferida. Na terceira etapa, os coordenadores do programa recolhem todas as fichas de resíduos e preparam uma lista unificada que é encaminhada à cimenteira para fazer um plano de co-processamento, que é encaminhado para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) para licenciamento. Uma vez obtida a licença os resíduos são transportados para a cimenteira, quarta etapa do programa. O co-processamento dos resíduos é a quinta etapa, que marca o fim de uma jornada anual.

A classificação de substâncias e resíduos não identificados pode ser feita com o método estabelecido por JARDIM (1998). Como resíduos especiais encontram-se os materiais proibidos para co-

processamento tais como agrotóxicos, sais de cádmio, mercúrio e tálio e materiais passíveis de recuperação tais como sais de chumbo, irídio e rutênio (CUNHA, 2001).

Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) o programa de gerenciamento de seus resíduos sólidos, chamado Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PAGERS), é desenvolvido pelo Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos - GERESOL e pela Comissão Técnica de Resíduos - CTR desde 1998 com o objetivo de estabelecer diretrizes básicas para o gerenciamento de resíduos sólidos produzidos na UFMG e que alicercem uma nova política ambiental da Instituição (UFMG, 2002).

Na Universidade de Caxias do Sul as ações de gerenciamento de resíduos sólidos foram desencadeadas em 1995, através de um projeto de pesquisa. Estas ações foram intensificadas a partir de 1999, no sentido de implantar um amplo programa institucional de adequação ambiental, que constitui no licenciamento ambiental da Cidade Universitária, Campi e Núcleo (UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, 2002).

No Campus da Universidade de São Paulo em São Carlos, segundo ALBERGUINI et al. (2003), a grande motivação para tratar resíduos químicos veio do interesse por parte de professores do Instituto de Química de São Carlos (IQSC), que armazenavam os

resíduos gerados em seus laboratórios de pesquisa à espera de tratamento adequado.

Os resíduos químicos provenientes dos 88 laboratórios com atividades químicas de todos os departamentos no Campus da de São Carlos são tratados e recuperados desde fevereiro de 1998. O laboratório responsável pelo tratamento é denominado Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ). Depois da construção de um abrigo provisório para estocar todos resíduos químicos Classe I, irregularmente armazenados em tambores sem as devidas normas de segurança, iniciou-se a identificação e rotulagem do passivo ambiental, definindo-se os critérios para o gerenciamento do montante existente e também do que seria recebido. Segundo ALBERGUINI et al. (2003), o processo de rotulagem utilizado foi o do “Diagrama de Hommel” ou “Diamante do Perigo”, modificado para utilização em resíduos químicos (Figura 3). Assim, o resíduo foi classificado de acordo com seu grau de risco à saúde, inflamabilidade, reatividade e periculosidade específica.

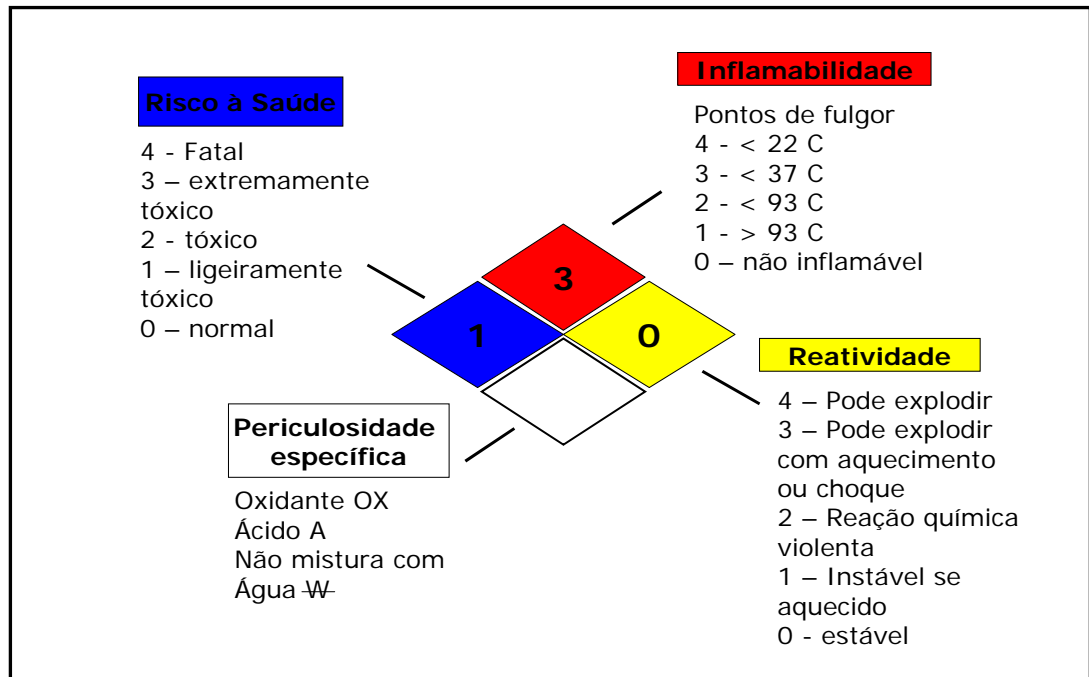


Figura 3: Diagrama de Hommel (Fonte: ALBERGUINI et al., 2003)

De acordo com ALBERGUINI et al. (2003), de 1992 a 1996 foi desenvolvido um trabalho cujos objetivos foram identificar e quantificar os resíduos de natureza química produzidos pelas atividades de ensino e pesquisa nos laboratórios do IQSC, e também dar início às soluções para os problemas gerados pelos mesmos. Na avaliação dos resíduos químicos foi verificado que 45% deles eram recuperáveis por destilação, 15% por descarte após diluição, 17% necessitavam tratamento mais específico e 15% não eram descartáveis.

As atividades do LRQ foram iniciadas em 1998 com o tratamento de 3000 L que estavam armazenados no abrigo de resíduos

químicos, objetivando minimizá-los a partir de processos de recuperação. O tratamento dos passivos ambientais ocorreu de fevereiro de 1998 a fevereiro de 1999. Os processos utilizados para o tratamento compreenderam a recuperação de solventes orgânicos, a precipitação de soluções contendo sais metálicos, a neutralização de soluções e o descarte adequado de resíduos (ALBERGUINI et al., 2003).

A fração não recuperável, em torno de 500 L foi, então, encaminhada para incineração, após a contratação de uma firma credenciada junto à CETESB para transporte e disposição de resíduos químicos. Após a incineração, houve o envio da certificação da disposição correta do produto (ALBERGUINI et al., 2003).

Segundo ALBERGUINI et al. (2003), O LRQ implantou, em 1999, o Programa de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos. Este programa baseia-se nos seguintes procedimentos:

- a) “envio de memorando ao LRQ solicitando a retirada dos resíduos químicos;
- b) rotulagem in situ dos frascos;
- c) acondicionamento dos resíduos para transporte seguro;
- d) transporte dos resíduos ao Entrepasto de Armazenamento (antigo abrigo de resíduos químicos);
- e) disposição adequada dos resíduos no Entrepasto de Armazenamento;

- f) tratamento dos resíduos;
- g) análise química para reutilização do produto químico recuperado e
- h) disposição adequada dos resíduos não descartáveis”.

No Campus de São Carlos optou-se por um único laboratório de tratamento de resíduos químicos, para se otimizar o trabalho, tornando mais econômico e funcional o gerenciamento dos resíduos. O apoio local do LRQ aos laboratórios geradores de resíduos químicos concretiza-se na forma de palestras nas unidades, orientação na rotulagem, segregação ou separação e coleta. Com esse apoio, foram realizadas 195 retiradas de material, de fevereiro de 1999 a fevereiro de 2002. O volume de material coletado nesse período foi de 12 t, sendo 55% do IQSC, 32% da EESC e 13% do IFSC, com uma média de 300 L/mês. Há cerca de 80 laboratórios com atividades químicas no Campus (ALBERGUINI et al. 2003).

O programa possui também características práticas, como a associação com o ensino, que permite aos alunos serem colocados em contato com problemas reais na área de química. Possibilita, ainda, a formação de uma ética adequada com relação à hierarquia de resíduos, desde o manuseio dos produtos químicos por meio do conhecimento dos itens de segurança dos mesmos, utilizando sistemas de rotulagem internacional (ALBERGUINI et al. 2003).

Segundo LASSALI e GIOVANI (2003), a partir de abril de 2002, começou a ser implantado no campus de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ), o qual tem como objetivo incorporar um conjunto de ações que visam reduzir a geração de resíduos e traçar diretrizes para o manejo e disposição de materiais tóxicos de forma a minimizar os seus impactos ambientais.

O programa de gerenciamento de resíduos químicos da USP – Ribeirão Preto está baseado na Responsabilidade Objetiva, ou seja, o gerador do resíduo (faculdade, departamento, laboratório) é o responsável pela identificação, descarte dos resíduos não perigosos e pela armazenagem correta dos perigosos até a etapa de transporte para um entreposto central do Campus (LASSALI e GIOVANI, 2003).

O programa possui as seguintes ações: a) Criação de uma comissão de gerenciamento de resíduos químicos; b) Disseminação da política de gerenciamento nas diferentes unidades, orientando a segregação, rotulagem e armazenamento temporário dos resíduos; c) Promoção de encontros de sensibilização visando a adoção da política dos 3 R's (reduzir, reciclar e reutilizar); d) Promover treinamento da comunidade universitária através da realização de cursos com profissionais especializados, distribuição de cartilhas e folhetos explicativos; e) Construção de um laboratório central denominado como Laboratório de Resíduos Químicos, LRQ, destinado a promover

recuperação dos resíduos, pesquisa na área de tratamento de poluentes e disposição final do material não aproveitável; f) Avaliação periódica dos resultados obtidos. Além disso, todos os recipientes contendo resíduos devem ser identificados adequadamente utilizando etiquetas padronizadas pelo LRQ (LASSALI E GIOVANI, 2003).

Segundo VITTA et al. (2003) em 1992 foi firmado um contrato entre o IQ – USP – campus São Paulo e a Hoechst (hoje Aventis Pharma) Brasil (Suzano) para a incineração dos resíduos líquidos orgânicos (solventes orgânicos) gerados no IQ – USP. Assim, após obter permissão da CETESB, foram lá incinerados cerca de 3000 Kg de resíduos líquidos. No entanto uma melhor alternativa seria a recuperação de solventes visando a reutilização.

O IQ – USP – campus São Paulo editou em 1995 um Manual de Segurança, o qual era um documento oficial para os laboratórios de ensino e pesquisa, que também contemplava aspectos de radioproteção e biossegurança. Então, no final de 2001, a Comissão de Segurança do IQ começou a implementar um Programa de Gerenciamento de Resíduos no IQ – USP – campus São Paulo. Inicialmente, com base em alguns levantamentos de resíduos anteriores e com levantamentos atuais dos maiores geradores, foram tomados como pontos iniciais a redução da quantidade de resíduos gerados na forma de solventes e a diminuição do resíduo passivo (VITTA et al, 2003).

De acordo com VITTA et al. (2003), depois de 2002, para se evitar que os frascos de reagentes com conteúdo desconhecido voltassem a se acumular, implantou-se as seguintes medidas: i) uniformização dos rótulos nos reagentes guardados no Almoxarifado de Drogas; ii) informatização do Almoxarifado de Drogas; iii) controle periódico de rótulos e estado das embalagens; iv) uniformização de rótulos em frascos de reagentes estocados em laboratórios de pesquisa e didáticos e v) normatização do descarte de resíduos, efetuado por alunos de iniciação científica, pós-graduação, pós-doutorandos e docentes em processo de aposentadoria, quando da conclusão de seus trabalhos.

Segundo VITTA et al. (2003), ainda há muitos desafios para o bom desenvolvimento do Programa de Gerenciamento de Resíduos do IQ – USP – campus São Paulo. As ações propostas envolvem o chamado Programa de Diminuição de Resíduos, focalizando em três frentes igualmente importantes: os laboratórios didáticos, os de pesquisa e os de infra-estrutura de apoio. O programa conta também com um laboratório para o tratamento e para a destinação de resíduos e contempla tanto resíduos ativos quanto passivos.

Na Embrapa Pecuária Sudeste, de acordo com NOGUEIRA, ALMEIDA e GONZALEZ (2003) a implantação de procedimentos que visa a minimização dos resíduos provenientes de análises químicas vêm sendo desenvolvida desde 1990, com a introdução em rotina de

diferentes métodos, em fluxo ou em batelada, que empregam menores quantidades de reagentes por amostra. Entretanto, o número crescente de amostras para análise das atividades de pesquisas tem tido como consequência uma quantidade cada vez maior de resíduos de diferentes características.

Segundo NOGUEIRA, ALMEIDA e GONZALEZ (2003), o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Embrapa Pecuária Sudeste está sendo implantado tomando por base as seguintes atividades:

- inventário e classificação dos resíduos em função de suas características físicas e químicas;
- separação dos resíduos diretamente na fonte em que são gerados, prevenindo-se a mistura de resíduos perigosos com sólidos, evitando o aumento do perigo e do volume final de despejos;
- transferência de poluentes de uma fonte a outra (e.g., coleta de emissões de orgânicos de uma capela em um filtro de carbono que deverá ser tratado ou descartado);
- concentração dos resíduos com o objetivo de reduzir o volume;
- outros tratamentos (por exemplo, neutralização); e
- descarte adequado e legal.

O estabelecimento dessas atividades tem como objetivos a redução de custos para o descarte e o manuseio dos resíduos, o aumento da eficiência e da produtividade, e a melhoria da segurança

do ambiente de trabalho, com diminuição da exposição dos trabalhadores aos produtos potencialmente perigosos e melhoria na qualidade ambiental (NOGUEIRA, ALMEIDA e GONZALEZ, 2003).

Seguindo então os protocolos estabelecidos, de acordo com NOGUEIRA, ALMEIDA e GONZALEZ (2003), como etapa inicial, os laboratórios foram adaptados visando a segurança e o tratamento e recuperação de resíduos. Paralelamente, foram realizados o levantamento do passivo e a catalogação dos resíduos gerados (coleta e identificação dos ativos desde 10/2002) nas determinações de rotina nos laboratórios em atividade na Unidade, assim como as alternativas existentes para o tratamento desses resíduos. Os seguintes procedimentos foram estabelecidos para esta etapa:

- caracterização dos resíduos gerados nas análises;
- seleção dos resíduos ou dos laboratórios-alvo;
- identificação e seleção das opções mais eficientes de minimização, tratamento e/ou descarte;
- implantação de sistemas para tratamento, neutralização e lavagem de gases gerados nas capelas.

Após a avaliação e racionalização, as soluções foram enviadas ao laboratório de tratamento de resíduos para serem processadas e a partir do levantamento das análises e do volume gerado pelos laboratórios, priorizou-se alguns tratamentos mais urgentes e

necessários. As necessidades imediatas foram então definidas, sendo priorizadas a neutralização de resíduos de digestão e o tratamento de solução sulfocrômica gerada pela determinação de matéria orgânica de solo e do brometo de etídio utilizado no laboratório de biotecnologia. (NOGUEIRA, ALMEIDA e GONZALEZ, 2003).

Segundo aqueles autores, a implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Embrapa Pecuária Sudeste está de acordo com as determinações da legislação ambiental brasileira e internacional.

Nos últimos anos alguns trabalhos relacionados com o gerenciamento dos resíduos no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) em Piracicaba, de acordo com TAVARES et al (2003), vêm sendo desenvolvidos, mas a partir de 2001, um amplo Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) e Águas Servidas começou a ser implantado no CENA/USP.

TAVARES et al (2003) destacam dentre as atividades desenvolvidas durante o primeiro ano de implantação do PGRQ-CENA/USP, as seguintes:

- a) identificação e caracterização de cerca de 3000 L de resíduos;
- b) levantamento do ativo gerado nos laboratórios;
- c) desenvolvimento de procedimentos para tratamento de algumas soluções residuais (Br, Cr, Ag e Cu);

- d) construção de uma unidade produtora de água deionizada (100Lh-1), empregando resinas de troca-iônica como alternativa para substituir o uso de destiladores nos laboratórios da instituição;
- e) elaboração de uma página Intranet contendo informações úteis para a implantação do programa (banco de resíduos, normas de segurança, práticas de gerenciamento, entre outras) e solicitação de serviço para retirada de resíduos;
- f) instalação de lavadores de gases para neutralização de vapores ácidos ou inorgânicos como forma de prevenção da poluição do ar;
- g) realização de seminários internos para capacitação dos funcionários”.

A caracterização inicial do passivo serviu para se determinar as outras etapas do PGRQ-CENA/USP. Alguns volumes separados foram enviados ao Laboratório de Tratamento de Resíduos (LTR-CENA/USP) e grande parte encaminhada para incineração na Basf S.A., após a obtenção do CADRI. Para os resíduos ativos, devido a sua variedade no decorrer do tempo, foi realizado um detalhado levantamento contando com o auxílio dos laboratórios participantes do PGRQ. Esse levantamento permitiu identificar alguns resíduos que mereceram atenção imediata, como soluções residuais contendo cromo, prata (BENDASSOLLI et al, 2003a; e BENDASSOLLI et al, 2003b) e outros metais pesados, solventes orgânicos diversos,

soluções fenólicas e gel de brometo de etídio, e propor metodologias para o tratamento que estão sendo empregadas em rotina na instituição (TAVARES et al, 2003).

Na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus de Itapetinga, Segundo VELOSO, RODRIGUES E BONOMO (2003) o projeto “Gerenciamento de Resíduos de Laboratório” tem como principal objetivo a capacitação e a conscientização dos profissionais que trabalham em laboratórios de pesquisa, ou em outros tipos de laboratórios e da comunidade universitária, sobre a importância para o meio ambiente do tratamento e do descarte controlado dos resíduos de laboratório. Além disso, outro objetivo do projeto é a realização de um levantamento e análise dos resíduos gerados pelos laboratórios da região, visando a implantação de um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e descarte adequados desses resíduos, em função do grau de risco que cada um apresenta.

Para implementação do projeto, de acordo com VELOSO, RODRIGUES E BONOMO (2003), foi necessário realizar um estudo da quantidade de resíduos gerados pelos laboratórios e a classificação destes segundo seu grau de risco e compatibilidade. Após esse levantamento, foi iniciada a fase de sensibilização e treinamento dos profissionais envolvidos em atividades laboratoriais. Com os profissionais capacitados, começou a etapa de recolhimento dos resíduos nos laboratórios, da seguinte forma:

- a) classificação dos resíduos segundo o seu grau de risco e compatibilidade;
- b) inativação dos resíduos seguindo os métodos específicos para cada tipo de substância presente;
- c) armazenamento adequado em recipientes de tamanho e material adequado (bombonas). Os recipientes coletores devem ter alta vedação, serem confeccionados de material estável e em alguns casos serem combustíveis. Esses recipientes são classificados segundo o tipo de resíduo armazenado (solventes orgânicos, soluções salinas, etc.);
- d) Depois de armazenados nas bombonas os resíduos devem ser alocados em local ventilado, principalmente quando contiverem solventes orgânicos;
- e) Todos os resíduos armazenados deverão seguir para órgão competente dentro do estado da Bahia, CETREL (Central de Tratamento de Efluentes Líquidos), que está localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari, para que sejam descartados de forma adequada.”

Para VELOSO, RODRIGUES E BONOMO (2003), através das palestras de sensibilização, têm-se conseguido conscientizar os pesquisadores, professores, estudantes e outros profissionais que trabalham diretamente nos laboratórios, no que diz respeito ao

descarte adequado dos resíduos, o que é considerado o resultado mais importante do projeto. Outro fato importante a ser destacado é a construção de um local apropriado para tratamento e armazenamento dos resíduos gerados dentro dos laboratórios da UESB, Campus de Itapetinga, mostrando que a instituição começa a se preocupar com esse tipo de questão ambiental.

No Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ/UFRJ), de acordo com AFONSO et al (2003), a consciência da necessidade de instruir o futuro profissional de química acerca dos problemas relativos ao meio ambiente, foi a principal motivação para o gerenciamento dos resíduos. Estes problemas relativos ao meio ambiente incluíam a questão da geração, tratamento e outros assuntos correlatos.

O IQ/UFRJ tomou diversas medidas nesse sentido: entre elas, em 1998, criou a disciplina “Tratamento de Resíduos Químicos de Laboratórios” e no ano seguinte, criou uma comissão de segurança multidepartamental e eliminou o passivo de cerca de 30 anos (AFONSO et al, 2003).

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, segundo DEMAMAN (2004), com objetivo de recuperar e reutilizar os resíduos de laboratórios, minimizando assim os rejeitos, começou o seu programa de

gerenciamento de resíduos de laboratórios, com a realização de cursos para alunos, professores e funcionários.

Apesar da existência de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) no campus, para os descartes na pia, muitos desses compostos poderiam causar acidentes e também serem recuperados (economia financeira). Para tanto, a Universidade implantou um controle na solicitação de material para experimentos e um programa para diminuição (redução de escala) ou substituição de reagentes utilizados. Esta proposta foi implementada em 2002, juntamente com a padronização dos rótulos de identificação. Os resíduos não foram mais descartados sem critério o que contribuiu para a melhoria no rendimento da ETE (DEMAMAN, 2004).

Na Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), campus Ribeirão Preto, segundo PEREIRA, OLIVEIRA, MARTINEZ, et al. (2004), em 2000 uma equipe de professores e pesquisadores elaborou um programa de gerenciamento de resíduos químicos produzidos nas atividades de ensino, pesquisa e extensão onde, o principal objetivo era implantar metodologias para o tratamento, recuperação e destinação final adequada dos resíduos químicos. Este programa envolveu principalmente o provimento de informações para análise físico-químicas dos resíduos, tratamento para reprocessamento, recuperação ou disposição final, análise físico-química dos produtos obtidos; definição de estratégias para redução e descarte dos resíduos,

além de informar e conscientizar os docentes, pesquisadores, discentes e técnicos sobre as atividades do programa.

Como parte deste programa de gerenciamento de resíduos químicos da UNAERP, de acordo com FRATTINI, MENDES, MARTINEZ, et al. (2004) foi desenvolvido um sistema informatizado baseado no levantamento das informações fornecidas pela equipe do projeto levando em consideração a necessidade de se controlar o material retirado dos laboratórios, o seu armazenamento, o seu tratamento, a sua re-utilização (se possível) e seu descarte. Atualmente, o sistema está implantado em fase de testes no Laboratório de Tratamento de Resíduos Químicos da UNAERP aonde vem demonstrando resultados satisfatórios.

Tomando como modelos as universidades de países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Reino Unido, onde a conscientização e o preparo de alunos e funcionários é maior, as universidades brasileiras estão buscando o melhor caminho para não somente cumprir a legislação ambiental vigente, mas também ter a solução dos problemas ambientais da instituição.

Uma comunicação clara, eficiente e cuidadosa com a comunidade é de vital importância para qualquer programa de gestão e minimização de resíduos. Portanto, a educação ambiental é a chave principal para o sucesso dos programas de gestão e minimização, proporcionando incentivo à segregação para reciclagem e

reaproveitamento de materiais, além de tentar fazer surgir nas pessoas uma nova visão e comportamento relativos ao problema ambiental.

Um dos princípios básico da educação ambiental sobre os resíduos é o conceito dos três “Rs”: reduzir, reutilizar e reciclar (LEITE, 1997), assim definidos:

Reduzir: estimular o cidadão a reduzir a quantidade de resíduos que gera, através do reordenamento dos materiais usados no seu cotidiano, combatendo o desperdício.

Reutilizar: reaproveitar os mesmos objetos.

Reciclar: contribuir com os programas de coleta seletiva, separando e entregando os materiais recicláveis, quando não for possível reduzi-los ou reutilizá-los.

Nos laboratórios químicos, todos que lá trabalham devem conhecer a situação em que se encontram como geradores de resíduos; depois disso, eles devem estar conscientes da situação e de como proceder. Assim, poderá ocorrer uma mobilização e uma efetiva participação de alunos, professores, técnicos e o corpo administrativo, para ações de prevenção e correção.

3.3.1 A Evolução do Gerenciamento de Resíduos

Alguns anos atrás, uma das maiores dificuldades em se implantar um plano de gestão era encontrar fontes de referência. Como fazer, de onde começar, o que fazer, eram perguntas frequentes. Hoje em dia, com uma maior preocupação e consciência sobre o assunto, pode-se encontrar relatos muitos valiosos das experiências de várias instituições e ainda técnicas para tratamento de resíduos. Verificou-se visões diferentes sobre a responsabilidade do gerador e sobre o que fazer com o passivo. Além disso, encontrou-se diferenças no rigor da legislação e da fiscalização de estado para estado. O Brasil vem evoluindo muito no decorrer dos últimos anos; porém, algumas partes do país, principalmente as regiões mais pobres, ainda estão longe de alcançar países como Canadá, Reino Unido, Espanha, Alemanha, e Estados Unidos. Isso se deve ao fato de que o Brasil apresenta contrastes muito grandes também em relação à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos. Estados como São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul possuem muito mais recursos e desenvolvem muito mais trabalhos nessas áreas do que estados no centro, norte e nordeste do país. Portanto, para todo o país ter acesso a informações e conhecimentos no gerenciamento de resíduos, é necessário começar pela distribuição igualitário, de recursos financeiros, informações e recursos humanos.

3.4 Métodos de Manejo dos Resíduos de Laboratórios Químicos

O manejo de resíduos tem início e é economicamente mais viável nas fontes geradoras, ou seja, na bancada dos laboratórios químicos de ensino e pesquisa, onde os resíduos químicos perigosos são misturados a resíduos não perigosos e são, irresponsavelmente, despejados diretamente na pia.

De acordo com CHEREMISINOFF (1988), citado por SAXENA e JOTSHI (1996), técnicas alternativas para o gerenciamento de resíduos perigosos são:

- Redução do volume para a disposição
- Detoxificação
- Procedimentos para a recuperação de materiais/energia.

A redução do volume diminui a magnitude do problema, afetando diretamente métodos de detoxificação, como a combustão ou o tratamento térmico, que tornam os resíduos ambientalmente adequados para sua disposição. A reutilização de materiais e energia é claramente o meio mais atrativo e econômico para a redução de resíduos.

No manejo de resíduos químicos perigosos, pode ser necessário processá-los antes da sua disposição, reúso ou posterior tratamento, através de processos físicos ou químicos ou a combinação destes. Estes processos ajudam a reduzir o volume do resíduo e preparam para um subsequente tratamento e disposição. Como exemplos de

processos físicos tem-se: sedimentação, separação, destilação, filtração, floculação e osmose reversa. Como processos de tratamento químico tem-se: neutralização, oxidação, redução, precipitação e solidificação (POLPRASERT, 1996; SAXENA e JOTSHI, 1996).

A seguir encontra-se uma relação de métodos para tratamento de resíduos químicos de laboratórios mais comumente gerados (baseado em CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA, 2004 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2002):

Resíduos Ácidos:

- Soluções concentradas - diluir até obtenção de solução com 50% de H₂O e ajustar o pH entre 6 e 8.
- Soluções diluídas - Ajustar o pH entre 6 e 8.
- Sólidos ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água. Ajustar o pH entre 6 e 8.

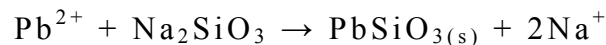
Resíduos Básicos:

- Soluções concentradas - Diluir até obtenção de solução com 50% de H₂O. Ajustar o pH entre 6 e 8.
- Soluções diluídas - Ajustar o pH.
- Sólidas ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água e ajustar o pH.

Soluções Residuais Contendo Metais Pesados:

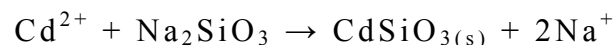
1. Sais de Chumbo

Solução 0,1% de metasilicato de sódio (adicionar sob agitação em solução contendo sais de chumbo) ajustar o pH em torno de 7,0 com H_2SO_4 2 mol.L⁻¹, deixar a solução em repouso por uma noite. Filtrar (ou evaporar em capela) e coletar o material sólido, testando o sobrenadante. Disposição final.



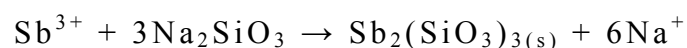
2. Sais de Cádmio

Solução 0,1% de metasilicato de sódio (sob agitação em solução contendo sais de cádmio) ajustar o pH em torno de 7,0 com H_2SO_4 2 mol.L⁻¹. Aquecimento a 80°C por 15 minutos, deixar a solução em repouso por uma noite. Filtrar (ou evaporar em capela) e coletar o material sólido, testando o sobrenadante. Disposição final adequada.



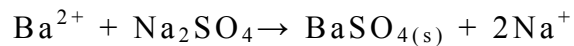
3. Sais de Antimônio

Solução 0,1% de metasilicato de sódio (sob agitação em solução contendo sais de antimônio) ajustar pH em torno de 7,0 com H_2SO_4 2 mol.L⁻¹. Aquecimento a 80°C por 15 minutos, deixar a solução em repouso por uma noite. Filtrar (ou evaporar em capela) e coletar o material sólido, testando o sobrenadante. Disposição final adequada.



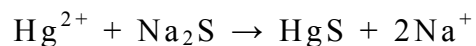
4. Sais de Bário

Adição sob agitação, solução 10% (m/v) de sulfato de sódio. Deixar em repouso, verificar se precipitação foi quantitativa. Filtrar ou evaporar em capela. Disposição final adequada.



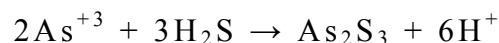
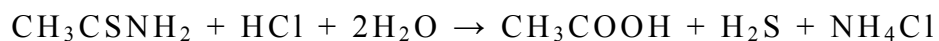
5. Mercúrio - Sais Solúveis

Ajuste pH em 10 com solução 10% de NaOH, adicionar solução 20% de sulfeto de sódio, sob agitação, até não observar precipitação. Testar o sobrenadante. Filtrar e dispor do precipitado em depósito adequado.



6. Sais de Arsênio

Adicionar solução de HCl na solução contendo arsênio, aquece-se à ebulição, adicionar solução 1% de tioacetamida (sob agitação e ebulição por 20 minutos). Testar no líquido sobrenadante (CH_3CSNH_2 - precipitação). Neutralizar com solução de NaOH filtrar o precipitado, o sobrenadante é descartado (fator dil. 50) disposição do sólido em aterro.



7. Sais de Cromo (vide Figura 4)

O $\text{Cr}(\text{OH})_6$ é solúvel e o $\text{Cr}(\text{OH})_3$ é insolúvel. Reduzir Cr^{+6} a Cr^{+3} com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ou Sulfato ferroso/Sulfeto de sódio.

a) Tiosulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Ajustar o pH abaixo de 3 com solução 3 mol.L^{-1} de H_2SO_4 . Adicionar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sob agitação e deixar reagir por algum tempo. Elevar o pH a 9,5 com NaOH ou Ca(OH)_2 , deixar em repouso por 1 semana e realizar decantação. Testar o líquido sobrenadante, neutralizar líquido sobrenadante e descartar sólido em depósito adequado.

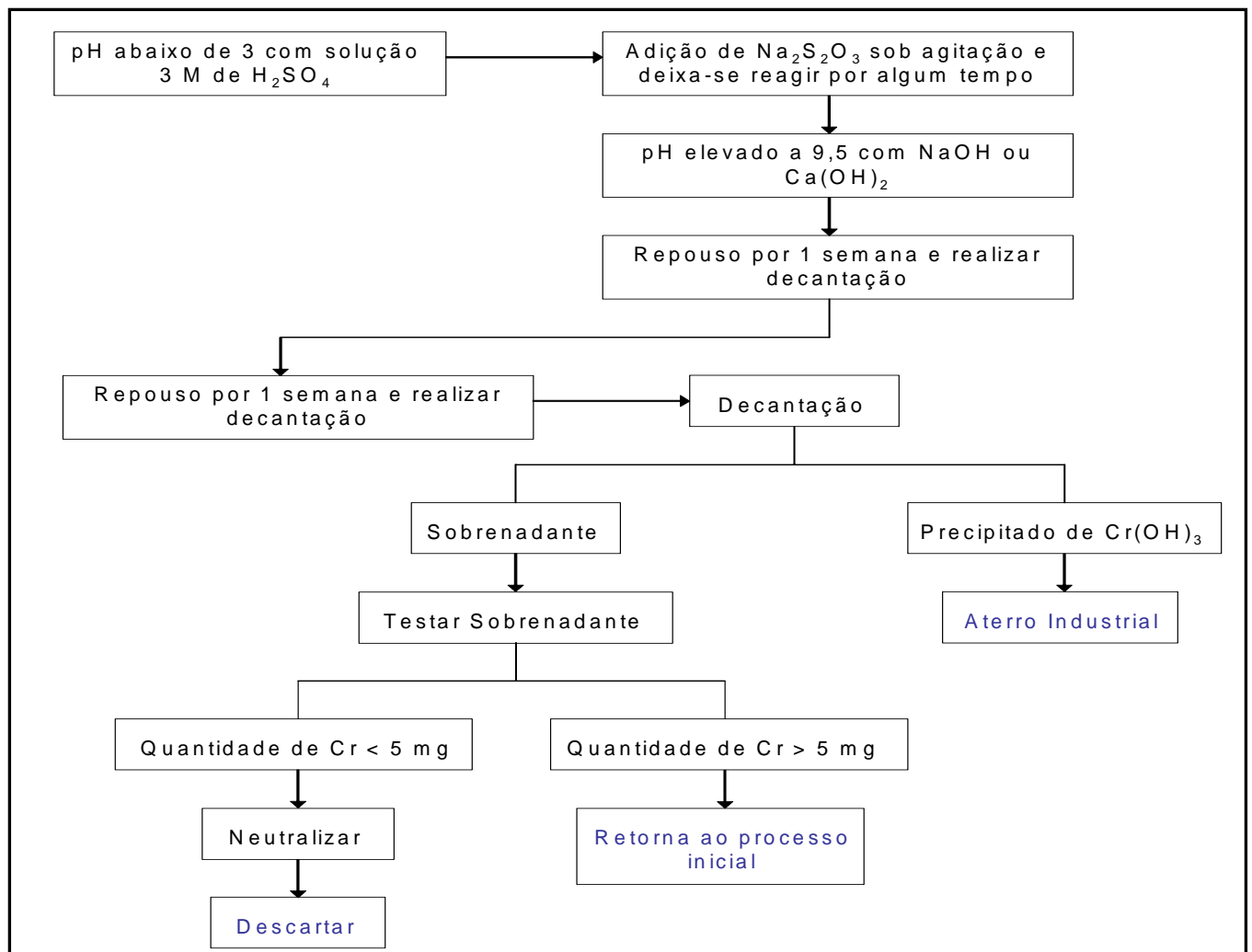


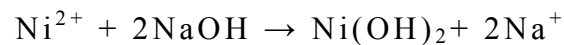
Figura 4: Fluxograma para o tratamento de Cromo VI (baseado em LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)

b) Sulfato ferroso e Sulfeto de Sódio

Ajustar o pH na faixa de 7,5 a 8,5, adicionar sulfato ferroso e sulfeto de sódio sob agitação e deixar reagir por algum tempo. Ajustar pH a 9,5 com NaOH e deixar em repouso por uma noite. Filtrar ou decantar, testar o sobrenadante, neutralizar líquido sobrenadante e descartar sólido em depósito adequado.

8. Sais de Níquel

Precipitar com hidróxido na faixa de pH de 7 a 8. Testar o sobrenadante com solução 1% de dimetilglioxima em 1-propanol, cor vermelha indica presença de Ni.

**9. Sais de Selênio**

Ajustar o pH do resíduo contendo sais de Se(II) ou Se (IV) em 7. Adicionar solução de sulfeto de sódio 1 mol.L^{-1} e ajustar o pH novamente a 7 com solução de H_2SO_4 . Separar o precipitado com filtração ou decantação. Testar 1 alíquota do sobrenadante com algumas gotas de Na_2S .

Brometo de Etídio:

Tratamento:

1. Diluir a solução, para que a concentração de brometo de etídio não ultrapasse $0,5 \text{ mg mL}^{-1}$. Para cada 100 mL de brometo de etídio em água adicionar 20 mL de solução 5% (m/v) de ácido hipofosforoso e 12 mL de solução $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ de NaNO_2 , agitar por 20 horas. Neutralizar com NaHCO_3 e descartar.

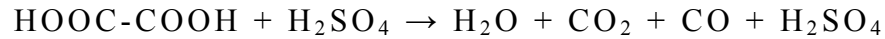
2. Diluir a solução em água, se necessário, até que a concentração de brometo de etídio não exceda $0,4 \text{ mg.mL}^{-1}$. Adicionar H_2O_2 até que a concentração de H_2O_2 na solução a ser descontaminada atinja 1% (m/v). Passar ar contendo $300\text{-}400 \text{ mg.mL}^{-1}$ de O_3 (gerador de O_3), com uma taxa de 2 L.min^{-1} . A solução vermelha se tornará amarela, tempo de 2 horas de reação. Destruir O_3 residual com NaOH .

Peróxidos (H_2O_2 , Na_2O_2 , $(\text{CH}_3)_3\text{COOH}$):

Para o tratamento, adicionar 5 mL de H_2O_2 30% para 100 mL de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 10%(m/v) com agitação a temperatura ambiente (testar a destruição com KI/HCl).

Ácido Oxálico, Oxalato de Sódio e Cloreto de Oxalila:

Adicionar 5 g de amostra e 25 mL de ácido concentrado em balão de fundo redondo (100 mL). Aquecer a $80\text{-}100^\circ\text{C}$ por 30 minutos.



O cloreto de oxalila pode ser convertido a ácido oxálico:

Adicionar 1 mL do sal a 3 mL de água gelada. Aguardar 1 hora.

Permanganato de Potássio:

Na capela, adicionar 5 g de KMnO_4 em 200 mL de solução 1 mol.L^{-1} de NaOH e adicionar 10 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. A cor púrpura da mistura deve desaparecer, se não, adicionar mais $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Após agitação por 30 minutos, diluir com 200 mL de água, filtrar e descartar.

Hipocloritos (NaOCl ; Ca(OCl)_2 ; $(\text{CH}_3)_3\text{COCl}$):

Adicionar 5 mL ou 5 g de hipoclorito para 100 mL de 10% (m/v) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ e agitar a mistura. Quando todo hipoclorito dissolver na solução, testar a completa destruição do oxidante (KI/HCl/amido).

Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH):

Para cada 5 mg de PAH adicione 2 mL de acetona e assegurar que o PAH foi completamente dissolvido, incluindo algum PAH que possa ter ficado aderido na parede do reservatório. Para cada 5 mg de PAH adicionar 10 mL de solução 0,3 mol.L^{-1} de KMnO_4 em solução 3 mol.L^{-1} de H_2O_2 (recentemente preparado) e agitar a mistura por cerca

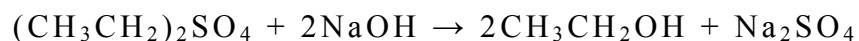
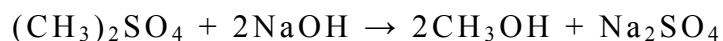
de 60 minutos. A cor púrpura deve ser mantida durante este tempo de reação. Se isso não ocorrer adicionar mais KMnO_4 até que a cor púrpura permaneça por 1 hora. Ao final da reação descolorir com NaHSO_3 adicionando base forte (KOH 10M), diluir com água, filtrar e remover MnO_2 .

Amida Sódica:

Adicionar 5g de NaNH_2 em 25 mL de tolueno vagorosamente e cautelosamente adicionar 30 mL de etanol absoluto com agitação. A NaNH_2 é convertida em NH_3 e $\text{C}_2\text{H}_5\text{NaO}$. Quando a reação se completa, diluir a mistura com 50 mL de H_2O , separando o precipitado e descartando o restante. Lavar os aparatos contaminados com etanol.

Dimetilsulfato e Dietilsulfato:

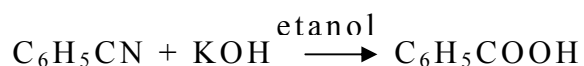
Para o tratamento, adicionar 100 mL de amostra e 500 mL de NaOH 20% em um balão de fundo redondo de 1 L. Deixar em refluxo em banho maria por 4 horas sob agitação. Resfriar, neutralizar o produto e descartar na pia.



Nitrilas Orgânicas:

Tratamento:

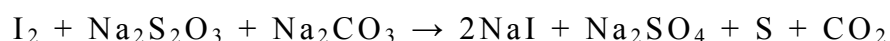
Deixar 1 g de amostra em refluxo por 6 horas em 30 mL de KOH alcoólico a 10%. A solução resultante é neutralizada com HCl e pode ser descartada na pia.

**Azidas Orgânicas:**

Adicionar lentamente a azida (1g) a uma solução contendo 6 g de Sn em 100 mL de HCl concentrado (sob agitação). Continuar agitando por 30 minutos. Cuidadosamente, transferir a solução para um balde com água gelada. Remover e lavar o Sn residual com água. Adicionar ao balde 10g de KMnO_4 até a dissolução deste. Aguardar a decomposição da anilina durante uma noite. Adicionar metabissulfito de sódio para reduzir o excesso de permanganato e o dióxido de manganês. Neutralizar o resíduo com NaOH ou cal.

Iodo:

Adicionar 5g de iodo a uma solução aquosa (300 mL) contendo tiosulfato de sódio (1g). Agitar a mistura até a dissolução de todo o iodo e descoloração da solução. Neutralizar o resíduo com carbonato de sódio e descartar na pia.



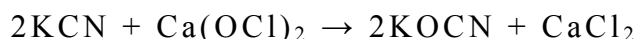
Bromo:

Na capela, adicionar 5 g de bromo a 1 L de água. Em seguida, adicionar cerca de 120 mL de uma solução de bissulfito de sódio recém-preparada, até o desaparecimento de toda a coloração. Neutralizar a solução com carbonato de sódio e descartar na pia.

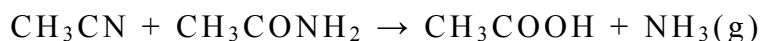
**Resíduos Contendo Cianetos:**

Reações com solução contendo no máximo 2% de cianeto (m/v). Utilizar solução de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 65% em meio básico (solução 100 g.L^{-1} de NaOH) evitar a formação de HCN.

Testar com solução recém-preparada de sulfato ferroso 5% (2 gotas). Ferver durante 30 segundos (alíquota de 1 mL). Precipitado azul escuro indica CN.

**Resíduos Aquosos: Água + Acetonitrila:**

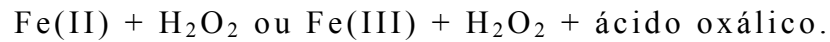
a) Hidrólise básica:



Deixar em refluxo por 6 horas com excesso de base, que ao reagir gera amônia e ácido acético, que pode ser incinerado sem problemas.

A queima da acetonitrila gera cianeto. Já a hidrólise gera ácido acético.

b) Reagente de Fenton ou Ferrioxalato:



A oxidação do composto orgânico gera CO_2 , CO e H_2O .

Compostos de Enxofre (R-SH , Na_2S , $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$, $\text{C}_6\text{H}_6\text{S}$):

Adicionar 600 mL de uma solução 5,25% (m/v) e 200 mL de solução 1 mol.L^{-1} de NaOH a temperatura ambiente e adicionar 0,05 mol de $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$ (4,7g; 4,5 mL) ou dissulfeto de carbono (CS_2) (3,8 g; 3mL) ou 0,1 mol de tiofenol (11 g; 10,25 mL) ou sulfito de sódio (7,8 g) em tempo acima de 1 hora. Checar a completa destruição e descartar.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Através de um levantamento bibliográfico realizado em meios digitais (sites como PROBE, PERIÓDICOS CAPES, SCIELO, WEB OF SCIENCE, entre outros), resumos de congressos, periódicos impressos, bibliotecas, e informações de outros profissionais, é que se obteve dados nacionais e internacionais, sobre experiências de outras instituições e também dos principais problemas e as principais técnicas utilizadas para o gerenciamento dos resíduos químicos de laboratórios.

Como parte deste trabalho, realizou-se visitas a outras instituições de ensino (estaduais e particulares) e de pesquisa, as quais já possuem programas de gerenciamento de resíduos químicos já implantados e se localizam em São Carlos ou cidades próximas da região. As visitas foram agendadas previamente com os responsáveis por cada instituição.

Nas visitas a estas instituições foi realizada uma entrevista com os responsáveis pelos programas de gerenciamento de resíduos e laboratórios através de um questionário, previamente formulado com base também em um levantamento bibliográfico (anexo 3).

Depois do levantamento bibliográfico, foi feito um reconhecimento do Departamento de Química (DQ) da UFSCar onde identificou-se quais os laboratórios que trabalham com produtos químicos perigosos. Em seguida, realizou-se entrevistas, por meio de

questionário, com os responsáveis (técnicos, professores, pesquisadores) dos laboratórios para levantar dados sobre os produtos mais utilizados, formas de utilização, quantidades, armazenamento, resíduos gerados e disposição (anexo 4).

4.1 Questionários

Existem diversos instrumentos de coleta de dados, um dos mais comuns talvez seja o questionário. Tanto nas entrevistas como nos questionários dá-se um grande peso aos relatórios verbais dos entrevistados para a obtenção de informações sobre os estímulos ou experiências a que estão expostos e para o conhecimento de seus comportamentos. Conforme o tipo de pergunta, os questionários podem ser classificados em três categorias, ou seja, os questionários com perguntas fechadas; os questionários com perguntas abertas; e os questionários que combinam ambos os tipos de perguntas (RICHARDSON, 1985).

Neste trabalho foram formulados dois tipos de questionários para entrevistar a dois públicos-alvo diferentes, ou seja, entrevistas com responsáveis por outras instituições e entrevistas com os responsáveis dos laboratórios de pesquisa e ensino do Departamento de Química da UFSCar. Em ambos questionários foram utilizadas questões abertas e fechadas.

4.1.1 Questionário para entrevista com responsáveis de outras instituições.

Devido a localização/distância e através de informações coletadas de artigos e comunicação pessoal decidiu-se visitar as seguintes instituições: Universidade de São Paulo campus de São Carlos (LRQ-HU-USP), a Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos; o Universidade de Campinas (IQ-UNICAMP); Universidade Estadual Paulista campus de Araraquara (IQ-UNESP – Araraquara) e Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), para levantar suas experiências.

Nas visitas, os aspectos de maior interesse foram: se a instituição visitada possui algum plano para o manejo e/ou gerenciamento de seus resíduos químicos; se possui algum lugar para onde os resíduos são levados e então determinados os procedimentos de tratamento e destinação final; e quais os principais resíduos gerados e recuperados.

O questionário utilizado em todas as entrevista com os responsáveis pelos programas de gerenciamento de resíduos químicos das instituições visitadas foi previamente formulado de modo a se obter da melhor forma os dados relevantes para a pesquisa (anexo 3).

4.1.2 Questionário para entrevista com os responsáveis pelos laboratórios do departamento de química da UFSCar.

No caso de estudo, a UFSCar, o maior interesse está localiza na quantidade e variedade dos resíduos gerados pelos laboratórios do Departamento de Química (devido à viabilidade de tempo). É necessário saber quantas pessoas, entre pesquisadores, alunos de pós-graduação, alunos graduação e de iniciação científica estão utilizando cada laboratórios e quais os principais resíduos gerados.

Para a formulação deste questionário (anexo 4) utilizou-se como referência dois outros questionários. Um deles foi idealizado com base na experiência de universidades estrangeiras, em especial a Universidade de Waterloo, no seu projeto Watgreen. O outro questionário utilizado como referência foi de PEDROZO (2000).

Os questionários foram aplicados no período de janeiro a março de 2004 pelas estagiárias da Coordenadoria Especial para o Meio Ambiente (CEMA-UFSCar) (CORNETO e SANTOS, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experiências das Instituições Visitadas

As instituições visitadas apresentam um número bem distinto de laboratórios geradores de resíduos químicos, ou seja, algumas bem maiores com cerca de 100 laboratórios (LRQ-HU-USP-SÃO CARLOS E IQ-UNICAMP), outras com uma quantidade mediana de cerca de 43 laboratórios (UNAERP e IQ-UNESP) e uma com poucos laboratórios (Embrapa) cerca de 6 laboratórios. Todas as instituições possuem um programa já implantado de gerenciamento de seus resíduos químicos. O passivo existente já foi eliminado (tratamento, aterro industrial ou incineração). Percebeu-se duas linhas bem diferenciadas quanto à responsabilidade do gerador, ou seja, IQ-UNICAMP (Figuras 5 a 9) e IQ-UNESP (Figura 10) possuem uma filosofia em que o gerador é responsável não só pela segregação, identificação e acondicionamento correto, mas também são responsáveis pelo tratamento e transporte até o local de estocagem para posterior disposição final (aterro industrial ou incineração).



Figuras 5 e 6: Vista geral Planta Piloto – IQ – UNICAMP



Figuras 7 e 8: Vista geral Planta Piloto - IQ – UNICAMP



Figura 9: Vista geral - resíduos para incineração – IQ-UNICAMP



Figura 10: Vista geral – Laboratório de tratamento de resíduos – IQ – UNESP

Já nas instituições USP – São Carlos (Figura 11 a 14), Embrapa (Figura 15 a 17) e UNAERP (Figura 18), os resíduos gerados, identificados, segregados e acondicionados pelos laboratórios são coletados e tratados em um laboratório específico para este fim, que também dá destinação final aos não recuperáveis.



Figuras 11 e 12: Vista geral externa – LRQ – USP – São Carlos (fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)



Figura 13 e 14: Vista interna – LRQ – USP – São Carlos (fonte: LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – USP – campus São Carlos)



Figuras 15 e 16: Vista geral – Laboratório de tratamento de resíduos – Embrapa



Figura 17: Lavador de gases – Embrapa

Figura 18: Vista geral – Laboratório de Tratamento de resíduos – UNAERP



No IQ-UNICAMP a responsabilidade do tratamento do resíduo é totalmente compartilhada com o gerador. O gerador conta com a estrutura de um laboratório central (Planta Piloto) e um apoio técnico que fornece procedimentos e treinamento para os técnicos dos laboratórios tratarem os seus resíduos. Cada um é responsável pelo tratamento de seus resíduos. Esse laboratório central também recupera os solventes segregados nos laboratórios e os devolve à comunidade.

O IQ-UNESP conta com um laboratório específico de recuperação de solventes que recebe solventes (previamente segregados para que não sejam formadas misturas azeotrópicas) de todos os laboratórios do IQ. Além disso, o IQ-UNESP é o único que conta com outro laboratório, para tratamento de resíduos, o qual é um espaço para utilização pelos próprios geradores dos resíduos, porém este laboratório não conta com um profissional especializado, cuja função é receber o resíduo e providenciar um tratamento adequado sem a intervenção do gerador neste processo.

Diferentemente do IQ-UNICAMP e do IQ-UNESP, as outras instituições contam com um laboratório central e pessoal especializado que recebe e providencia o adequado tratamento e destinação de todos os resíduos recebidos.

Todas tiveram praticamente as mesmas dificuldades, tais como: segregação na fonte, conscientização treinamento e resistência da comunidade.

Com os devidos EPI's, equipamentos para combate a incêndio e com o auxílio de especialistas, como bombeiros, engenheiros e técnico em segurança e medicina do trabalho, todas as instituições adotaram procedimentos de segurança específicos para o transporte dos resíduos, como treinamentos do corpo técnico e motoristas, e outras situações de emergência. Além disso, a maioria das instituições (exceto a UNICAMP) possui uma política e/ou ações no

sentido de minimizar os resíduos, principalmente nas aulas experimentais da graduação.

Os resíduos gerados em maior quantidade, comuns entre todas as instituições, foram: ácidos, bases, metais pesados e solventes. Já os resíduos recuperados em maior quantidade, comuns a todos, foram os solventes orgânicos e os metais pesados. O quadro a seguir apresenta um comparativo entre as instituições.

As visitas foram muito proveitosas, devido à possibilidade de conhecer duas maneiras de trabalho distintas quanto à responsabilidade do gerador. Com base nestas observações e na estrutura da UFSCar podemos propor a maneira mais prática e efetiva para o gerenciamento dos resíduos químicos da UFSCar.

Quadro 2: Comparativo entre instituições entrevistadas

	Número de Laboratórios	Responsabilidade pelo tratamento dos resíduos	Passivo	Resíduos gerados em maior quantidade	Resíduos recuperados em maior quantidade	Dificuldades na implantação do programa de gerenciamento
IQ-UNICAMP	101	Responsabilidade do tratamento é totalmente compartilhada com o gerador	Possuía	Sais, Solventes, Metais pesados	Solventes, Metais pesados	Grande resistência da comunidade em mudar hábitos
USP –São Carlos	90	Centralizada no LRQ (recebe e trata)	Possuía	Ácidos, Bases, Metais pesados, solventes	Solventes orgânicos	Segregação do material na fonte
IQ-UNESP	36	Responsabilidade do tratamento é totalmente compartilhada com o gerador	Possuía	Solventes, Metais pesados	Solventes	Falta de recursos financeiros e falta de participação de alguns docentes
UNAERP	43	Centralizada no Lab. resíduos (recebe e trata)	Possuía	Solventes, outros (reveladores e fixadores)	Ácidos, Bases, Solventes e Metais pesados	Conscientização e treinamento.
EMBRAPA São Carlos	6	Centralizada no Lab. resíduos (recebe e trata)	Possuía	Ácidos, Bases, Metais pesados	Solventes	Pouco material para pesquisa sobre o assunto

5.2. Objeto de Estudo – DQ/UFSCar

5.2.1 Estrutura da UFSCar

Preocupada com a destinação adequada de seus resíduos químicos, a UFSCar, através de sua Coordenadoria Especial para o Meio Ambiente (CEMA), começou a desenvolver ações para o manejo desses resíduos. Uma das primeiras ações foi a implantação da Unidade de Gestão de Resíduos (UGR) (Figuras 19 a 25), para dentre outras atividades, receber, estocar, caracterizar, processar e destinar de forma adequada os resíduos perigosos gerados. A Unidade possui um laboratório em fase final de instalação de equipamentos, adquiridos com financiamento do Projeto de Auxílio à Infraestrutura de Pesquisa - Fase V, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).



Figura 19: Vista da Unidade de Gestão de Resíduos (UGR).



Figura 20: Prédio de estocagem de resíduos químicos.



Figura 21: Laboratório de caracterização e processamento de resíduos



Figura 22: Estocagem de resíduos radioativos



Figura 23 e 24: Vista interna do Laboratório de caracterização e processamento de resíduos - UGR



Figura 25: Prédio de estocagem de resíduos químicos - atual

MORAES (2003), através de estágio realizado na CEMA, desenvolveu um trabalho de caracterização preliminar das águas residuárias dos principais laboratórios químicos da UFSCar, coletando e analisando amostras em sete pontos, nos seguintes departamentos da Universidade: Química (DQ), Ciências Biológicas (CB), Engenharia Química (DEQ), Engenharia de Materiais (DEMa), Física (DF) e Ciências da Saúde (DCS). De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, verificou-se a existência de pontos problemáticos, onde os valores encontrados para a concentração de alguns contaminantes foram elevados, indicando, portanto, a necessidade de medidas preventivas junto às fontes geradoras de resíduos naqueles departamentos.

5.2.2 O Problema dos Resíduos Químicos do DQ/UFSCar

O DQ é uma das unidades do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET) da Universidade Federal de São Carlos, onde as principais atividades desenvolvidas são: ensino (graduação e pós-graduação), pesquisa (nas diversas áreas da Química e em Ensino de Química) e extensão.

O DQ dispõe de diversos laboratórios de pesquisa ensino, instrumentação e áreas de apoio (oficinas mecânicas e de vidraria). Hoje, o DQ possui 43 laboratórios, dentre os quais, 32 integrados no prédio do DQ e 11 integrados ao LIEC (prédio anexo ao DQ).

Do total de laboratórios do DQ, identificou-se 32 laboratórios geradores de resíduos químicos. A Figura 26 mostra todos os laboratórios do DQ, divididos por grupos de Ensino e Pesquisa. Desses 32 laboratórios, 20 possuem passivo armazenado, pois alguns grupos de pesquisas possuem 3 laboratórios e armazenam os resíduos gerados em um único deles (CORNETO e SANTOS, 2004).

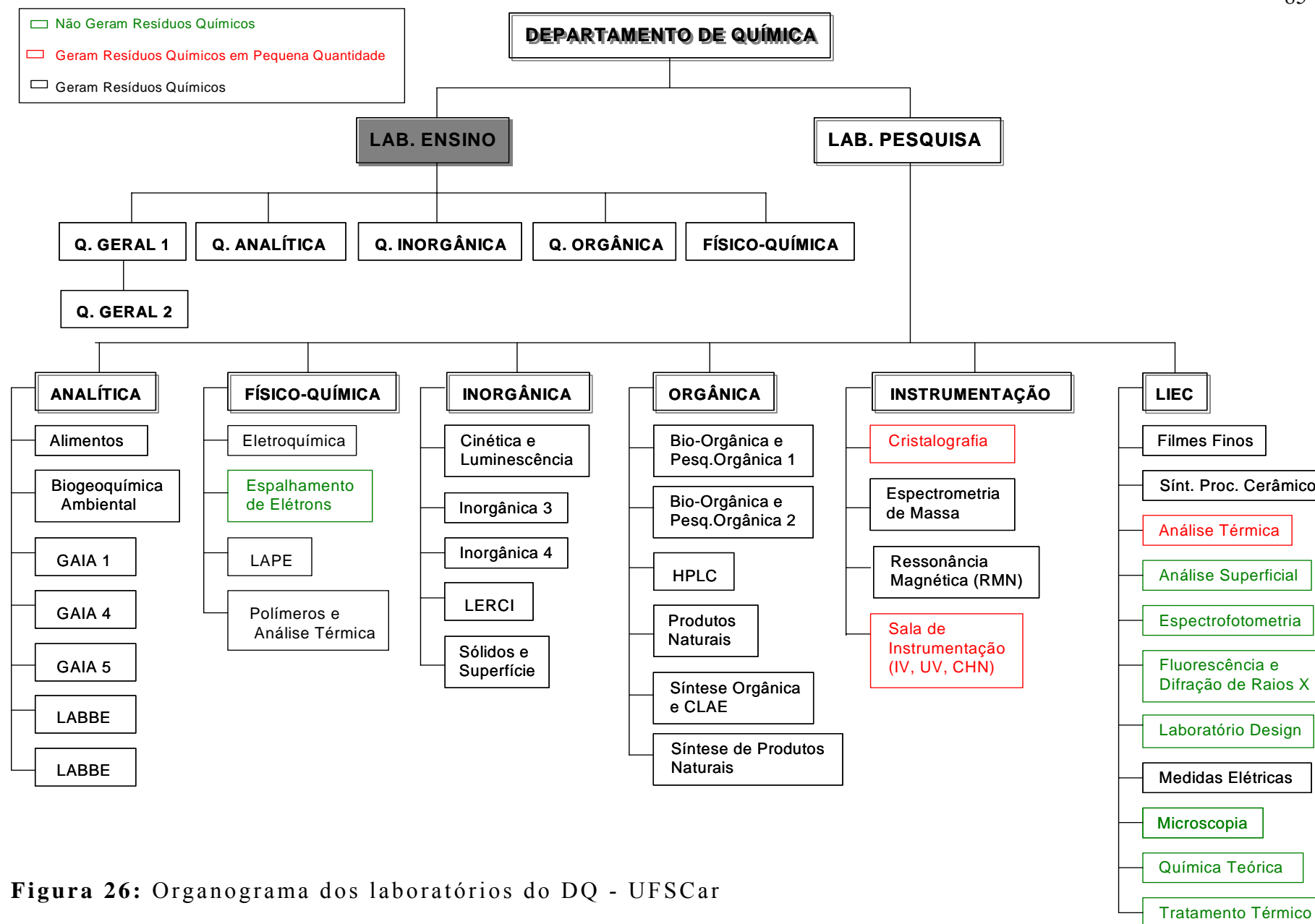


Figura 26: Organograma dos laboratórios do DQ - UFSCar

5.2.3 O Passivo de Resíduos do DQ

Trabalhando-se em conjunto com CORNETO e SANTOS (2004), esta autora tabulou os dados obtidos para conhecimento dos principais e mais volumosos resíduos estocados no DQ (Quadros 3e 4 e Tabelas 1 e 2).

Legenda :

ENSINO

LEG	Laboratório de Ensino de Química Geral 1 e 2
LEA	Laboratório de Ensino de Química Analítica
LEI	Laboratório de Ensino de Química Inorgânica
LEO	Laboratório de Ensino de Química Orgânica
LEFQ	Laboratório de Ensino de Química Físico-Química

ANALÍTICA

LQA1	Laboratório de Alimentos
LQA2	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental
LQA3	Laboratório Grupo de Análise Instrumental Aplicada (GAIA) 1, 4 e 5
LQA4	Laboratório de Análise, Bioanálise, Biossensores, Eletroquímica e Sensores (LABBE) 1 e 2

FÍSICO-QUÍMICA

LFQ1	Laboratório de Eletroquímica
LFQ2	Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica (LAPE)

LFQ3 Laboratório de Polímeros e Análise Térmica

INORGÂNICA

LQI1 Laboratório de Síntese Inorgânica, Catálises,
Cinética e Luminescência

LQI2 Laboratório de Inorgânica 3 e 4

LQI3 Laboratório de Estruturas e Reatividade de
Compostos Inorgânicos (LERCI)

LQI4 Laboratório de Sólidos e Superfície

ORGÂNICA

LQO1 Laboratório de Bio-Orgânica e Pesquisa em Orgânica
1 e 2

LQO2 Laboratório de Produtos Naturais

LQO3 Laboratório de Síntese Orgânica e Cromatografia
Líquida de Alta Eficiência (CLAE ou HPLC)

LQO4 Laboratório de Síntese de Produtos Naturais

INSTRUMENTAÇÃO

LI1 Espectrometria de Massa

LI2 Ressonância Magnética

LIEC (Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica)

LIEC1 Laboratório de Síntese e Processo Cerâmico

LIEC2 Laboratório de Medidas Elétricas (eletroquímica)

Quadro 3 Principais resíduos estocados nos laboratórios (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004).

LABORATÓRIO	PRINCIPAIS RESÍDUOS ESTOCADOS	QUANTIDADE	TOTAL APROXIMADO (Fev/04)
LEG	Quantidade não estimada	-	-
LEA	Quantidade não estimada	-	-
LEI	- Níquel + manganês + vanádio + cobalto + cobre + cromo + ligantes e complexos + hidróxido amônio + acetilacetato + sais acetato de sódio	5,00 L	75,00 L
	- Chumbo + estanho + cobre + manganês + zinco + titânio + antimônio + cromo	2,50 L	
	- Solução cobre + vanádio + cromo + cobalto + bário + níquel + etilenodiamina	5,00 L	
	- Cobalto + manganês + ferro + complexos	5,00 L	
LEO	- Ácido sulfúrico + contaminantes	1 L	6,00 L
	- Fenol + água + etanol + clorofórmio	1 L	
LEFQ	- Soluções não identificadas	24,00 L	60,00 L
	- Ácido acético + tetracloreto carbono	5,00 L	
	- Ácido sulfúrico	5,00 L	
LQA1	Não há resíduo armazenado	-	-
LQA2	- Resíduos não identificados	10,00 L	25,00 L
	- Resíduo de análise SVA/NaOH 0,5 M	10,00 L	

LQA3	Não há resíduo armazenado	-	-
LQA4	- Solução de metais (diversos)	20,00 L	40,00 L
	- Soluções Fenólicas	20,00 L	
LFQ1	- Xilol + acetona	21,00 L	55,00 L
	- Solução de níquel	7,50 L	
	- Solvente + óleo	4,00 L	
	- CrO ₃	2,00 L	
LFQ2	- Solução metal pesado	50,00 L	170,00 L
	- Ácido sulfúrico + CrO ₃ 2,5M	20,00 L	
	- Solução chumbo	30,00 L	
	- Fenol	4,00 L	
LFQ3	- Acetona	0,80 L	1,00 L
	- Descarte (mistura de resíduos)	0,15 L	
LQI1	- Dimetilsulfóxido – DMSO	12,00 L	45,00 L
	- Acetonitrila	5,00 L	
	- Resíduos não identificados	8,00	
LQI2	Não há resíduos armazenados	-	-
LQI3	- Solução alcoólica de KOH + metais + vanádio + rutênio + orgânicos	20,00 L	50,00 L
	- Hexano – cauda de destilação	8,00 L	
	- Porfirina + Mn + Fe + Ru + Co + solvente orgânico	6,50 L	
LQI4	- Solvente não-clorado	2,00 L	6,50 L

	- Resíduos não identificados	2,00 L	
LQ01	- Solventes (clorados + não-clorados)	150,00 L	160,00 L
	- Solventes (clorados + não-clorados)	5,00 L	
	- Solução de prata e outros metais	5,00 L	
LQ02	- Solventes orgânicos mistos (clorados + não-clorados)	180,00 L	210,00 L + grande Quantidade de sílica
	- Sílica de cromatografia	grande quantidade	
LQ03	- Solventes diversos	60,00 L	70,00 L
	- Lixo (tampão, fosfato com acetonitrila)	4,00 L	
LQ04	- Produtos de reações	1,00 Kg + 1,00 L	26,00 L + 5,00 Kg
	- Cromo	8,00 L	
	- Sulfeto com KMnO_4	6,00 L	
LI1	Quantidade não-estimada	-	-
LI2	Acetona	1,00 L	3,00 L
	Metanol	1,00 L	
	Diclorometano	1,00 L	
LIEC1	- Resíduos não identificados	60,00 L	110,00 L
	- Sulfocrômica	6,00 L	
	- Hidróxido de amônio	3,00 L	
	- Álcool 2-propanol	2,50 L	
	- Nióbio	2,50 L	
LIEC2	- cromo	25,00 L	

	- Resíduo não identificado	15,00 L	135,00 L
	- polianilina	9,00 L	
	- Óleo usado de bomba	6,00 L	
	- Cobalto	3,00 L	
	- Anilina + ácido	5,00 L	
	- Carbonato de polipropileno	2,00 L	
DEPÓSITO DQ	Solventes Orgânicos	7500,00	7500,00 L
TOTAL DO DEPARTAMENTO			8741,50 L + grande quantidade de sílica

Quadro 4 Quantidade dos principais resíduos estocados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004)

Laboratório/ Resíduos	1. Ácido Inorgâ- nico	2. Ácido Orgânico	3. Álcool/ cetona	4. Agente Oxidante	5. Anilina	6. Bases	7. Cianeto	8. Chumbo	9. Cromo (II e III - solução)	10. Cromo (VI – sulfoctr ômica)	11. Fenol
LEI	-	-	-	1,00 L	-	-	0,70 L	0,70 L		4,00 L	-
LEO	1,00 L	-	-	0,50 L	-	-	-	-	-	-	-
LEFQ	9,00 L	5,00 L	-	-	-	-	-	4,00 L	-	0,50 L	3,00 L
LQA2	-	-	-	-	-	-	-	0,50 Kg	-	-	-
LQA4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,00 L
LFQ1	-	1,00 L	-	-	-	1,00 L	0,50 Kg 2,50 L	2,00 L	2,00 L	1,00 L	-
LFQ2	3,00 L	1,50 L	-	0,10 L	0,30 L	3,00 L	-	30,00 L	2,00 L	24,00 L	4,00 L
LFQ3	-	-	1,00 L	-	-	-	-	-	-	-	-
LQI1	-	0,20 L	4,00 L	-	-	-	-	1,00 L	3,00 L	0,50 L	-
LQI3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LQI4	1,00 L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LQO1	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00 L	-	-

LQO2	1,00 L	-	-	-	-	1,00 L	-	-	-	-	-
LQO3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50 L	-	-
LQO4	-	-	-	6,50 L	-	-	-	-	8,00 L	-	-
LI2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LIEC1	3,00 L	-	-	-	-	3,00 L	-	2,00 L	-	7,00 L	-
LIEC2	1,00 L	3,00 L	-	-	23,00 L	-	-	3,00 L	-	25,00 L	-
Depósito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE CADA RESÍDUO	19,00 L	10,70 L	5,00 L	8,10 L	23,30 L	8,00 L	3,20 L + 0,50 Kg	43,20 L	21,50 L	62,00 L	27,00 L

Quadro 4 (Continuação) Quantidade dos principais resíduos estocados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004)

Laboratório/ Resíduos	12. Metais (Ni,Co, Fe, Ti, Sn,Mn, etc - solv. aq.)	13. Metais (Ni, Co, Fe, Ti, Sn, Mn, etc – solv. org.)	14. Mercúrio (solvente aquoso)	15. Prata (solu- ção)	16. Produt o reacio- nal/ análise	17. Sal Inorgâ- nico	18. Solv. org. + aceto- nitrila	19. Solv. org. + políme- ros	20. Solv. org. haloge- nados	21. Solv. org. não- haloge- nado	22. Xilol + acetona	23. Outros (não- identi- ficado)
LEI	40,00 L	10,00 L	1,00 L	0,50 L	-	0,25 Kg	0,50 L	-	-	3,50 L	-	0,50 L
LEO	-	-	-	-	2,50 L	-	0,50 L	-	-	-	-	1,00 L
LEFQ	3,50 L	-	0,50 L	5,00 L	-	-	-	-	6,00 L	2,00 L	-	26,00 L
LQA2	-	-	1,00 L	-	15,00 L	-	-	-	-	-	-	10,00 L
LQA4	20,00 L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LFQ1	10,00 L	-	-	3,00 L	-	0,30Kg	-	-	1,00 L	0,50 L	21,00 L	8,00 L
LFQ2	20,00 L	-	-	-	-	-	5,00 L	-	-	-	-	60,00
LFQ3	-	-	-	-	0,10 L	-	-	0,20 L	-	-	-	-
LQI1	0,30 L	-	-	-	-	0,15Kg	6,00 L	-	2,50 L	5,00 L	-	20,00L
LQI3	6,00 L	27,50 L	-	-	-	5,00Kg	-	-	-	8,00 L	-	2,50 L
LQI4	-	-	-	-	0,50 L	-	0,20 L	-	1,00 L	2,00 L	-	2,00 L

LQO1	-	-	-	5,00L	-	-	-	-	150,00 L	-	-	1,00 L
LQO2	-	-	-	-	-	-	-	-	182,00 L	2,00 L	-	sílica
LQO3	-	-	-	-	-	-	12,00 L	-	5,00 L	45,00 L	-	5,00 L
LQO4	-	-	-	-	1,00 L + 1,00 Kg	-	-	-	-	5,00 L	-	6,00 L 4,00 Kg
LI2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00 L	2,00 L	-	-
LIEC1	16,00 L	4,00 L	-	-	-	1,00 Kg	-	6,00 L	1,00 L	6,00 L	-	75,00 L
LIEC2	9,00 L	-	1,50 L	-	-	-	-	20,00 L	-	10,00 L	-	15,00 L
Depósito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7500 L	-	sílica
TOTAL DE CADA RESÍDUO	124,80 L	41,50 L	4,00 L	13,50 L	19,10 L + 1,00Kg	6,70 Kg	24,20 L	26,20 L	349,50 L	7591 L	21,00 L	232,00 L + grande quantidade de sílica

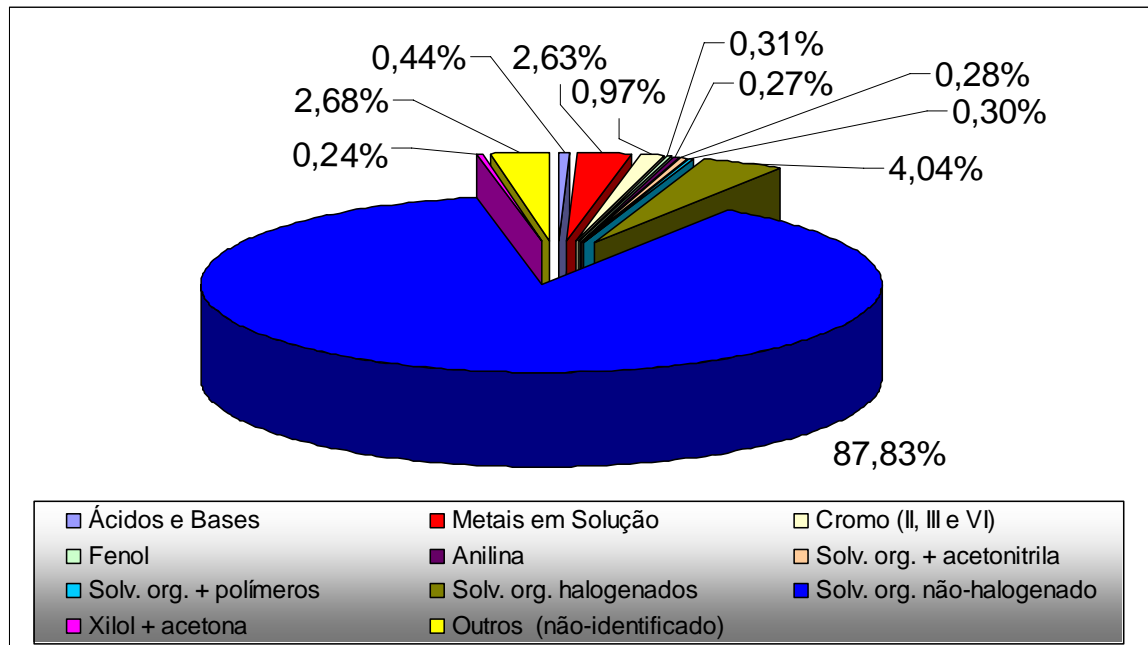


Figura 27: Gráfico da porcentagem dos resíduos em maior quantidade armazenados no DQ – Análise Global.

Os dados foram coletados através de entrevistas realizadas com um responsável de cada laboratório visitado (CORNETO e SANTOS, 2004; e SASSIOTTO, et al., 2004). Foi possível constatar que os solventes orgânicos e a sílica de coluna cromatográfica (recuperada por três vezes e depois descartada) são praticamente os únicos resíduos recuperados (a grande maioria nos laboratórios de orgânica). Os demais resíduos são em sua grande maioria descartados inadequadamente.

Dentre os laboratórios de ensino, o que apresentou maior variedade em resíduos foi o LEI (Laboratório de Ensino de Química Inorgânica). A maioria destes resíduos está em pequena quantidade

(cerca de mL), porém alguns estão em maiores quantidades, como solução de vários metais como estrôncio, bário, cobalto, níquel, ferro, manganês, dentre outros, que somam mais de 32 L. O LEO (Laboratório de Ensino de Química Orgânica) apesar da grande variedade, as quantidades são poucas de cada insumo ou mistura (mL ou no máximo de 1 L). O LEFQ (Laboratório de Ensino de Físico-Química), possui resíduos perigosos ou tóxicos, como o caso de solução aquosa de fenol, de chumbo, além de soluções de ácido que pode ser neutralizado e descartado na rede de esgoto. Os resíduos deste último estão armazenados em local inadequada, no exterior do prédio onde se localiza o laboratório, sem qualquer proteção física (os frascos estão sujeitos à ação do sol e chuva). Os LQG (Laboratórios de Ensino de Química Geral 1 e 2), tem feito há 2 anos, a segregação correta dos resíduos gerados nas aulas experimentais, pioneiro dos laboratórios de ensino e sob os cuidados do técnico.

Dentre os laboratórios de pesquisa, apenas o laboratório LQA3 (Laboratórios GAIA 1, 4 e 5) e o LQA4 (LABBES) estão preocupados com seus resíduos. O LQA3 possuem um sistema de gerenciamento de resíduos em conjunto com a Embrapa já em funcionamento, e o LQA4 encontrou-se somente grande quantidade de solução Fenólica em processo de destruição (20 L) e solução de metais em processo de precipitação (20 L).

Muitos laboratórios tentam separar os solventes clorados dos não clorado. São deixadas a disposição nos laboratórios duas bombas de cinco litros cada para descarte destes solventes, mas este trabalho acaba sendo perdido, pois as bombas de solventes dos laboratórios são descartadas em tambores de 200 L, misturando-se assim clorados com não clorados, os quais são armazenados no depósito, a maioria a céu aberto, sendo que muitos estão deteriorados, corroídos e alguns se encontram “dilatados”. (CORNETO e SANTOS, 2004).

De um total de 20 laboratórios geradores de resíduos químicos (são 32 laboratório que geram resíduos no DQ, entretanto alguns grupos de pesquisa armazenam resíduos em único laboratório como no caso do grupo de pesquisa possuir mais de um laboratório, como o LABBES, GAIA e Produtos Naturais), o LQO4 (Laboratório de Síntese de Produtos Naturais) foi onde se encontrou a maior variedade de resíduos, sendo a maioria, produtos orgânicos de reação de síntese ou extração em pequenas quantidades (mg e ml) e, resíduos desconhecidos (frascos com cerca de 1Kg ou 1L dispostos no almoxarifado) e, o LQO1 e LQO2 (Laboratório de Bio-Orgânica 1 e 2, e Laboratório de Produtos Naturais) apesar da pequena variedade tem os maiores volumes de solventes clorados e não -clorados (CORNETO e SANTOS, 2004).

Portanto, nos laboratórios de pesquisa, a maioria dos resíduos é composta de solventes, tanto clorados como não-clorados, em sua

maioria contaminados, e uma grande quantidade e variedade de soluções de metais diversos.

5.2.4 O Ativo de Resíduos do DQ

O levantamento do ativo foi feito mediante a entrega de formulários aos alunos, de modo que cada gerador de resíduo respondesse e o devolvesse respondido com um prazo de entrega determinado. Infelizmente, não houve colaboração por parte de todos os alunos e professores, devido ao não cumprimentos dos prazos de entrega dos formulários e da falta de clareza e veracidade ao estimar o montante gerado por determinado tempo.

Foram coletados dados de cerca de 70 % do total de laboratórios do DQ. Esses dados foram tabulados para o conhecimento dos principais e mais volumosos resíduos gerados no DQ (Quadro 5).

Quadro 5 Principais resíduos gerados nos laboratórios do DQ (baseado em CORNETO e SANTOS, 2004)

LABORATÓRIO	Nº DE ALUNOS E TÉCNICOS	PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS	QUANTIDADE	TOTAL APROXIMADO (Jul/04)
LEG	-	Quantidade não-estimada	-	-
LEA	-	Quantidade não-estimada	-	-
LEI	-	Quantidade não-estimada	-	-
LEO	-	Quantidade não-estimada	-	-
LEFQ	-	Quantidade não-estimada	-	-
LQA1	-	Quantidade não-estimada	-	-
LQA2	6	- Água + Hidróxido de sódio 0,5M + impurezas	23,00 L/mês	30,00 L/mês
		-Água + prata + cobre + chumbo + cádmio + zinco + níquel	5,00 L/ mês	
LQA3	13	- Digeridos de amostras em meio ácido	2,00 L/mês	6,00 L/mês
		- Suspensões de argila em meio ácido	2,00 L/mês	
		- Soluções padrões de metais	1,00 L/mês	
LQA4	16	- Ferrocianeto de potássio + peróxido de hidrogênio + carboidratos em	15,00 L/mês	40,00 L/mês

		solução		
		- Ácido clorídrico	4,00 L/mês	
		- Surfactantes	4,00 L/mês	
LFQ1	10	- Óxido mercurioso + ácido Sulfúrico + ácido Nítrico + prata	0,15 L/mês	2,00 L/mês
		- ácido nítrico	0,10 L/mês	
		- ácido sulfúrico	0,10 L/mês	
LFQ2	16	- ácido nítrico	2,00 L/mês	10,00 L/mês
		- Anilina + persulfato de amônio + ácido sulfúrico + água	2,00 L/mês	
		Chumbo + ferro + cobalto + fluor	1,00 L/mês	
		HBF ₄ + chumbo (II) + antimônio (III)	1,20 L/mês	
LFQ3	3	- Acetona	1,00 L/mês	1,05 L/mês
		- ácido sulfúrico + ácido nítrico	0,05 L/ mês	
LQI1	19	- complexos de cobre + solvente orgânico	2,00 L/mês	4,50 L/mês
		- etanol	0,80 L/mês	
LQI2	-	Quantidade não-estimada	-	-
LQI3	10	- Diclorometano	6,00 L/mês	18,00 L/mês
		- Acetona	5,00 L/mês	
		- Éter etílico	4,00 L/mês	
		- cloreto de amônio	40 mg/mês	
LQI4		- Etanol	1,00 L/mês	

	5	- diclorometano	0,50 L/mês	2,50 L/mês
		- Metanol	0,50 L/mês	
LQO1	5	- Hexano	35,00 L/mês	87,00 L/mês
		- Acetato de etila	20,00 L/mês	
		- Diclorometano	10,00 L/mês	
		- Éter etílico	10,00 L/mês	
		- Metanol	6,00 L/mês	
LQO2	38	- solventes misturados	32,00 L/mês	100,00 L/mês
		- hexano, diclorometano, acetato de etila, metanol	20,00 L/mês	
		Acetonitrila + isopropanol + n- butanol	12,00 L/mês	
		- solventes clorados	9,50 L/mês	
		- solventes não- clorados	8,00 L/mês	
		- sílica	8,00 Kg/mês	
LQO3	10	- acetonitrila + água	79,00 L/mês	220,00 L/mês
		Metanol + etanol + acetonitrila + água	32,00 L/mês	
		Metanol + etanol + acetonitrila + isopropanol	32,00 L/mês	
		- água + metanol	28,00 L/mês	
		- água + metanol + acetonitrila	24,00 L/mês	
LQO4		- solvente (hexano/acetato)	16,00 L/mês	

	15	- acetato de etila	10,00 L/mês	38,00 L/mês
		- Hexano	7,00 L/mês	
		- clorofórmio	4,00 L/mês	
		- sílica	1,70 Kg/mês	
LI1	-	Quantidade não-estimada	-	-
LI2	-	Quantidade não-estimada	-	-
LIEC1	36	- ácido fosfórico	14,40 L/mês	20,00 L/mês
		- ácido sulfúrico	1,30 L/mês	
		- ácido oxálico	1,30 L/mês	
LIEC2	51	- ácido nítrico	4,00 L/ mês	12,00 L/mês
		- sulfocrômica em solução	4,00 L/mês	
		- hidróxido de amonio	2,00 L/mês	
TOTAL DO DEPARTAMENTO				591,05 L/mês + grande quantidade de sílica

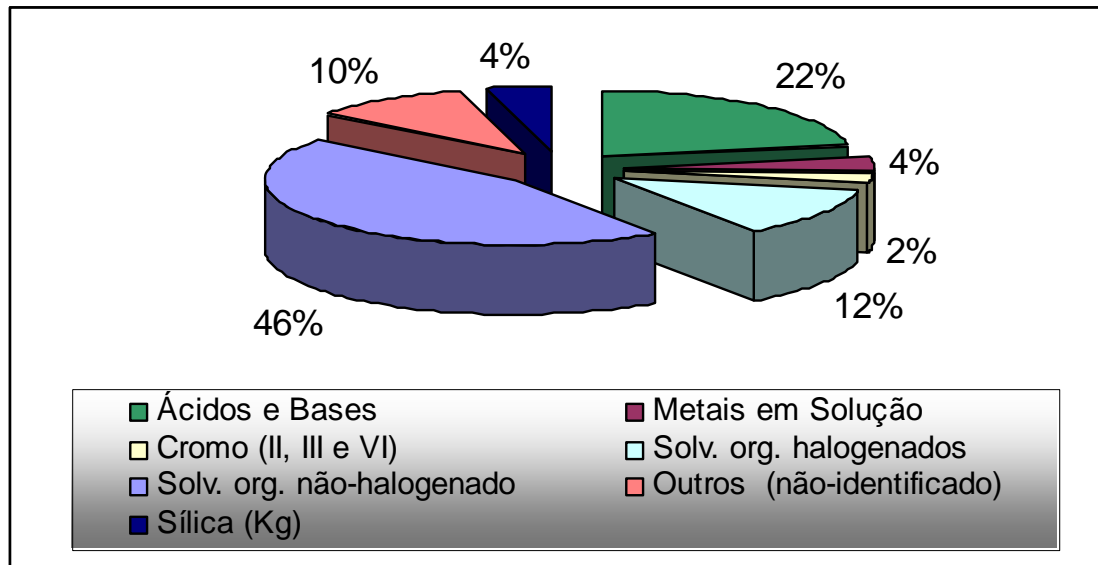


Figura 28: Gráfico da porcentagem dos resíduos gerados em maior quantidade por mês no DQ – Análise Global das quantidades estimadas até julho de 2004.

Foram encontradas algumas dificuldades, tanto no levantamento dos dados do “passivo” como do “ativo”, devido a fatores como:

- Ausência total de rótulos ou qualquer outro indicativo do produto;
- Rótulos deteriorados pelo tempo e ilegíveis;
- Misturas complexas incluindo mais de uma fase (sólido/líquido);
- Falta de comprometimento do corpo técnico;
- Preenchimento incorreto e/ou não devolução dos questionários.

Para tentar sanar estas dificuldades, é necessário realizar uma reunião diretamente com os geradores e responsáveis, para saber qual

é a melhor opção para coleta de dados e efetiva implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos.

Nos laboratórios que não devolveram o questionário respondido, a quantidade gerada de resíduos não pode ser estimada, o que dificultou a totalização do fluxo de resíduo gerado por mês no DQ.

Os maiores geradores em volume foram os laboratórios de química orgânica, LQO1, LQO2 e LQO3, gerando grande quantidade de solventes clorados e não-clorados e os menores geradores em volume, porém maiores geradores em variedade (várias soluções de metais e sais de metais) foram os laboratórios de química analítica, físico-química, inorgânica e LIEC.

5.3 Proposta para Gestão dos Resíduos do DQ/UFSCar

Um sistema de gerenciamento integrado de resíduos perigosos consiste no completo uso de práticas administrativas de resíduos, como manejo seguro e efetivo fluxo de resíduos permitindo que as etapas de coleta, rotulagem, caracterização, armazenamento, recuperação e/ou disposição final se cumpram com o mínimo de impactos sobre a saúde pública e o meio ambiente. Este sistema deverá conter alguns, ou todos os componentes: redução de resíduos (incluindo reuso dos produtos); reciclagem de materiais; tratamento ou recuperação e disposição final (aterros industriais classe 1 ou incineração). Assim, um bom entendimento da geração do resíduo e uma rotulagem adequada são condições fundamentais para o gerenciamento desses resíduos. A gestão dos resíduos (passivo e ativo) gerados pelos laboratórios químicos de ensino e pesquisa do DQ/UFSCar é uma das áreas do Programa de Gestão de Resíduos Perigosos (PGRP) da Universidade, dividido em : I – Área de Resíduos Químicos Agressivos; II – Área de Resíduos Biológicos; III – Área de Resíduos Radioativos, líquidos ou sólidos (MACHADO, 2005).

5.3.1 Gestão do Passivo

O DQ foi escolhido como primeiro departamento a ser implantado o Programa de Gerenciamento dos Resíduos Perigosos (PGRP) por este ser o mais problemático e com maior volume de resíduos estocados. O PGRP começa a ser implantado com a eliminação do “passivo”. Primeiramente é necessário se conhecer todas as espécies e suas respectivas quantidades armazenadas em laboratórios e qualquer outra área do departamento. Este levantamento já foi realizado através de visitas previamente agendadas a todos os departamentos da Universidade (item 5.2.3 O Passivo de Resíduos do DQ). Para a realização dessas entrevistas foi encaminhado aos chefes de departamento um ofício solicitando a comunicação aos professores e funcionários do departamento, para levantamento do passivo e ativo ambiental. Com os dados coletados pôde-se subdividir em grupos de resíduos separados de acordo com suas características principais:

Biológicos;

Químicos;

Radioativos;

Misturas.

Outra etapa de grande importância é estabelecer dentro destes grupos de resíduos, considerados como de geração contínua (ativo), as principais correntes de resíduos. Essa identificação permite trabalhar

a discriminação dos resíduos na fonte geradora e ao mesmo tempo facilitar eventuais processos locais de passivação e disposição final desses resíduos (MACHADO, 2005).

Ao longo dos seus 35 anos de atividades, de ensino, pesquisa e extensão do UFSCar acumularam-se uma série de resíduos biológicos, químicos e radioativos de diferentes graus de risco. A grande maioria desses resíduos perdeu a rastreabilidade ao longo do tempo. Essa falta de rastreabilidade dificulta e onera excessivamente qualquer ação local que tenha como objetivo identificar e eventualmente, reaproveitar esses resíduos. Para estes resíduos desconhecidos armazenados há algum tempo, pode-se tentar determinar a sua espécie e classificá-lo em classes. Para isto, são necessários os devidos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) listados no anexo 5. Com os devidos equipamentos de segurança, deve-se coletar amostras (cerca de 10 mL) para análise para determinação de sua espécie e classificação em classes, de acordo com JARDIM (1998). Caso a Universidade ou Instituição não possua os devidos equipamentos, este trabalho de caracterização deve ser realizado por empresas especializadas com pessoal treinado. Existem muitas empresas cadastradas pela CETESB para a realização deste trabalho.

Os resíduos que estavam armazenados em condições adequadas devem ser recolhidos pela UGR passando por tratamento interno para minimização do volume e riscos. No entanto, a grande parte do

resíduo, devido a falta de rastreabilidade e identificação, deverá ser enviado à incineração ou dispostos em aterro industrial classe I.

Para a disposição final de todo o “passivo”, resíduos identificados ou não pelo laboratório da Unidade de Gestão de Resíduos (UGR) ou empresa especializada, deve-se proceder de acordo com a legislação para o transporte, acondicionamento, e disposição final, ou seja, deve-se informar junto a CETESB os procedimentos e documentos necessários (vide legislação relacionada no anexo 1) para obtenção do CADRI (Certificado de Aprovação de Destino de Resíduo Industrial). Posteriormente deve-se realizar contato e levantamento de custos com empresas especializadas para a remoção, re-acondicionamento, transporte e incineração de resíduos químicos perigosos. Em todas as instituições deve-se realizar uma licitação pública para contratação de uma empresa terceirizada para serviço de incineração – Eliminação do passivo ambiental da universidade que deverá ser feita assim que for obtido o CADRI.

Após todo o processo para disposição do “passivo”, seja em aterro classe I ou incineração, deve-se exigir documentos da empresa contratada certificando a destinação adequada. É de grande importância o arquivamento e organização de todos os documentos.

Um esquema de todo o processo para a gestão do passivo é apresentado na Figura 29. Deve-se proceder da mesma maneira, quanto ao passivo, para os outros departamentos.

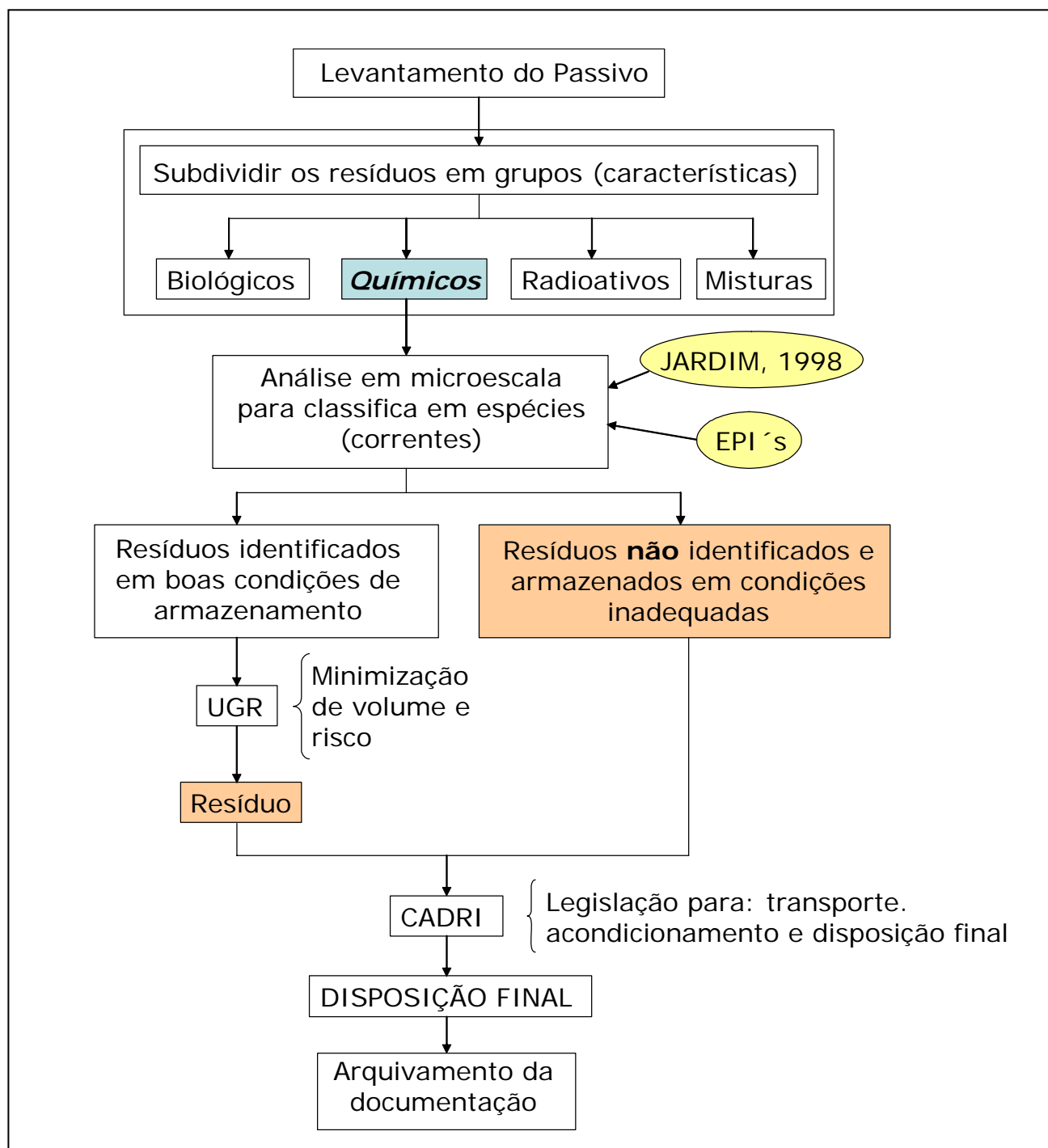


Figura 29: Gestão do Passivo

Paralelamente a este processo, deve-se realizar uma campanha informativa para conhecimento e conscientização dos professores,

alunos, técnicos e pesquisadores da importância da minimização, segregação e identificação adequadas dos resíduos, pois só assim evitaremos um novo acúmulo de resíduos desconhecidos. Esta campanha pode ser realizada através da distribuição de folhetos informativos divulgados em todo o campus e palestras nos departamentos a fim de apresentar os objetivos do programa de gerenciamento de resíduos e a necessidade de segregação adequada dos resíduos gerados.

Além disso, para a segregação e identificação adequadas dos resíduos, deve-se distribuir em cada laboratório cartazes e informativos que devem ser afixados em local visível informando as classes que devem ser separadas e o que deve conter nas etiquetas para a identificação (os frascos para coleta e as etiquetas serão fornecidos pela UGR, porém, em um primeiro momento os frascos podem ser de responsabilidade do laboratório gerador).

5.3.2 Gestão do Ativo

A gestão dos resíduos perigosos de uma universidade é um problema de grande relevância, ou seja, se levarmos em consideração o custo x benefício do programa, o qual inclui o treinamento e a imagem da instituição, poderemos perceber claramente a sua importância.

Uma das metas principais da gestão de resíduos laboratoriais na UFSCar é o trabalho em conjunto com os departamentos, laboratórios e seus responsáveis, bem como alunos de graduação e pós-graduação; conscientizando-os assim, da necessidade de se desenvolver pesquisas e rotinas dos laboratórios com responsabilidade e destinação correta dos resíduos gerados.

Para a implantação do PGRP deve-se criar um grupo gestor ou designar uma pessoa especializada, a qual deverá orientar todas as ações sobre a metodologia de implantação.

Após esta etapa, se faz necessário a criação de premissas deste programa para uma completa e funcional filosofia do gerenciamento, que abrange: de quem é a responsabilidade do programa (gerador, laboratório de tratamento ou co-responsabilidade); compartilhamento dos custos do programa; implementação paralela de ações para a minimização da geração contínua dos resíduos; incorporar ao sistema experiências já conhecidas; valorização de todas as ações a serem realizadas visando a gestão dos resíduos; as melhorias que,

certamente existirão, não devem ser empecilhos para a implantação do sistema, e deverá se valorizar a interação entre os grupos de áreas específicas (como segurança, transporte) a serem criados.

Um dos primeiros passos do PGRP é estabelecer normas específicas para que as etapas de segregação, identificação, coleta e armazenamento de resíduos químicos, biológicos e radioativos sólidos e líquidos se cumpram adequadamente (MACHADO e SALVADOR, 2005). Estas normas foram desenvolvidas com base no inventário do ativo, realizado nos laboratórios da UFSCar (item 5.2.4 O Ativo de Resíduos do DQ), o qual indicou a necessidade urgente de serem implantadas estratégias de:

- Redução na fonte: como a aquisição racional de produtos químicos e o planejamento de experimentos, como forma de evitar a geração e o uso de materiais perigosos.
- Reaproveitamento: esta estratégia está sendo viabilizada através do desenvolvimento de um banco de reagentes para possibilitar o intercâmbio interno dos resíduos e através do processo de destilação para reciclar solventes usados.
- Tratamento interno: esta sendo realizado no laboratório da UGR, já tendo passado pelo tratamento as cerca de 300 Kg de resíduos recolhidos nos laboratórios, tornando passíveis de descarte no meio ambiente (MACHADO, 2005);

- Armazenamento provisório: os resíduos radioativos devem ser armazenados em condições apropriadas, de acordo com as normas do CNEM, aguardando o tempo de decaimento.
- Disposição final: na impossibilidade de ser recuperado o material residual será enviado para incineração ou aterro industrial classe I.

As normas específicas do PGRP para o gerenciamento dos resíduos gerados pelos laboratórios químicos devem abranger os seguintes procedimentos:

1. as ações para minimização da geração ou da periculosidade dos resíduos nos laboratórios;
2. a segregação correta dos resíduos por classe química;
3. a identificação correta do resíduo (ficha de caracterização de resíduos);
4. a rotulagem dos frascos para armazenamento dos resíduos levando em conta a incompatibilidade;
5. as recomendação para o tratamento e/ou destruição de resíduos no laboratório e,
6. local adequado para armazenamento provisório dos resíduos;
7. a requisição on-line (pelo gerador) para a retirada dos resíduos (pela UGR) e banco de dados para se ganhar tempo e não haver informação perdida;
8. o tratamento e a destinação final feita através UGR.

Portanto o PGRP se estrutura nos seguintes itens (MACHADO e SALVADOR, 2005):

1) Minimização

Ações que visem minimizar na fonte geradora ou mesmo eliminar a geração de resíduos perigosos devem ser implementadas. Essas ações vão contribuir para diminuir o custo financeiro do tratamento e disposição dos resíduos para as unidades e, por conseguinte, para a Universidade, a exemplo:

- Substituição dos compostos perigosos ou mudança de processos devem ser adotadas sempre que possível;
- Procedimentos de reutilização, recuperação e tratamento;
- Redução na quantidade/freqüência de utilização de substâncias/materiais perigosos.

2) Segregação de resíduos perigosos

Deverão ser definidas categorias de resíduos considerando-se, além das peculiaridades do inventário, as características físico-químicas, periculosidade, compatibilidade e destinação final dos resíduos.

Caso o laboratório possua um grande número de frascos pequenos contendo o mesmo resíduo, deverá ser realizado o acondicionamento desses em um mesmo recipiente de volume maior.

3) Ficha de Caracterização de Resíduo

As Fichas de Caracterização de Resíduos deverão acompanhar os frascos contendo um maior número de informações sobre o conteúdo

de cada frasco ou bombona. Estas Fichas serão fornecidas pela UGR juntamente com o rótulo padrão.

4) Rotulagem

Deverão ser seguidas as orientações da UGR de modo que todas as identificações estejam padronizadas para melhor execução dos trabalhos de recuperação e disposição. O rótulo padrão para identificação e o apoio técnico para classificação dos resíduos serão fornecidos pela UGR, através de solicitação via e-mail ou telefone.

5) Tratamento e/ou destruição de resíduos no laboratório

O tratamento de resíduos químicos poderá ser realizado no próprio laboratório de origem desde que sejam seguidas as recomendações da UGR e Comissão de Resíduos do Departamento.

6) Armazenamento

O armazenamento provisório do resíduo deverá ser feito no próprio laboratório aguardando retirada pela UGR em data determinada.

7) Formulário de solicitação de recolhimento

O responsável pelo laboratório deve elaborar uma solicitação de coleta, encaminhada a UGR, contendo o levantamento com os resíduos existentes (composição e quantidade) naquele local. Não existe um formulário padrão para recolhimento de resíduos podendo ser elaborado pelo próprio gerador a relação dos resíduos a serem coletados ou on-line para se evitar perder informações e tempo

8) Destinação final efetuada pela UGR

A destinação final ficará a cargo da UGR que obedecerá, como já citado, as normas da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 (antiga CONAMA N° 020/1996) e a ABNT NBR 10.004:2004.

A Figura 30 mostra esquematicamente os primeiros passos essenciais para a gestão do ativo.

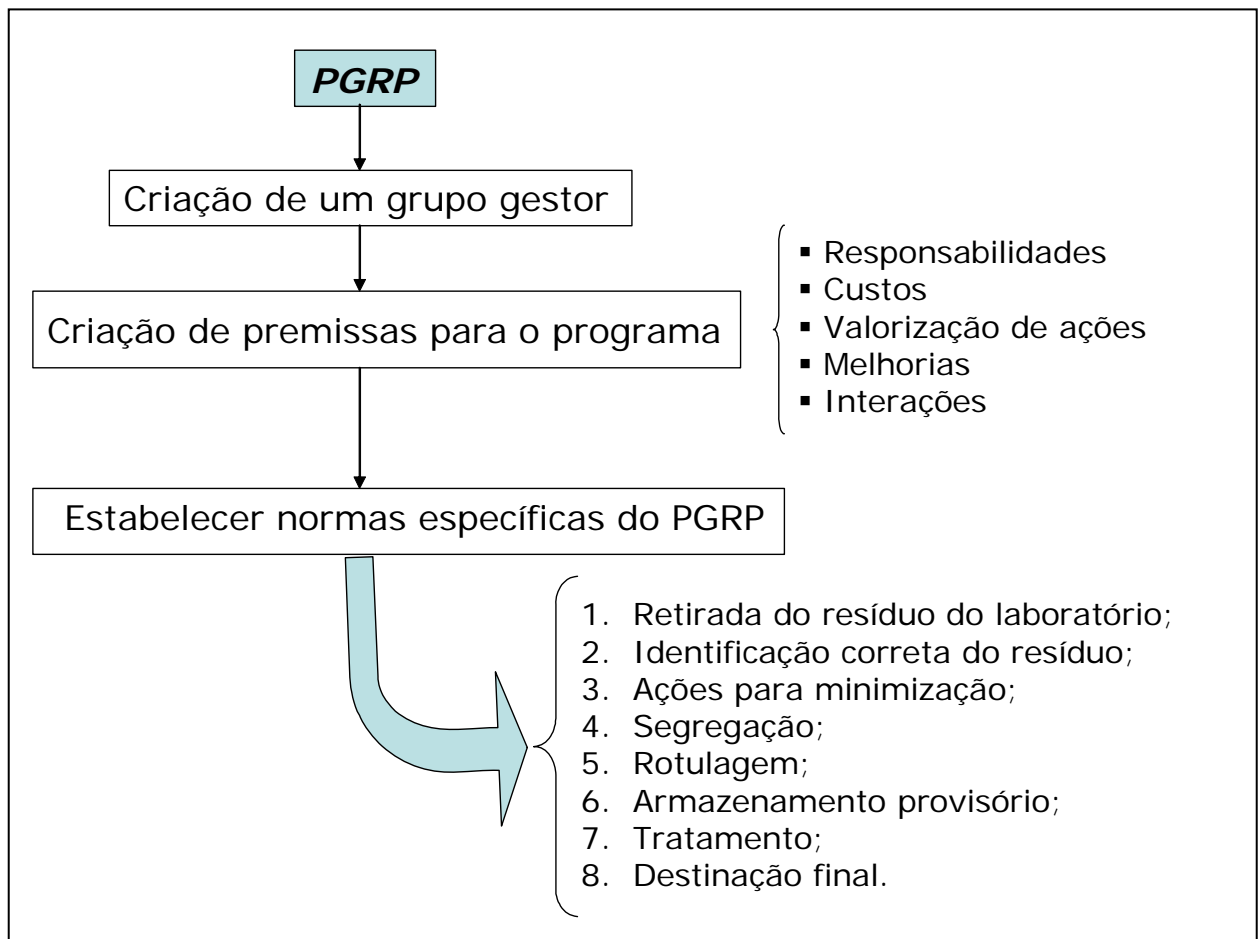


Figura 30: Gestão do Ativo – primeiros passos

5.3.2.1 Normas técnicas para segregação, tratamento, descarte e armazenamento dos resíduos antes da disposição final.

Com base nos dados coletados sobre as correntes de resíduos químicos gerados no DQ, podemos fixar normas técnicas que orientem a comunidade da UFSCar quanto aos procedimentos adequados para segregação, identificação, transporte e coleta de resíduos químicos: sólidos e líquidos. Suas aplicações visam aumentar a eficácia das etapas iniciais no sistema de gestão de resíduos químicos. Os tópicos foram fundamentados na ABNT NBR 10.004:2004, CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, nas normas de segurança para manipulação de resíduos e na capacidade de tratamento destes pela Unidade de Gestão de Resíduos – UGR (baseado em LRQ-USP-Ribeirão Preto e, MACHADO e SALVADOR, 2005):

I. Resíduos que podem ser descartados diretamente na pia ou no lixo:

Segundo as normas da ABNT (NBR 12809 e 10004), o resíduo que não for classificado como perigoso pode ser tratado como lixo comum e, portanto, pode ser descartado no lixo ou no esgoto urbano. Entretanto, no caso de resíduos químicos toda atenção e cuidado devem ser tomados. A melhor opção é nunca descartar em lixo ou rede de esgoto, verificar se existe a possibilidade de doação, reciclagem ou recuperação. Se a opção de descarte na rede de esgoto ou no lixo

comum for a mais adequada, algumas regras devem ser seguidas rigorosamente:

I.1. Compostos solúveis em água (pelo menos 0,1g ou 0,1mL/3 mL) e com baixa toxicidade podem ser descartados na rede de esgoto somente após diluição (100 vezes) e sob água corrente. Para os compostos orgânicos é preciso que também sejam facilmente biodegradáveis. Quantidade máxima recomendável: 100 g ou 100 mL/dia. No anexo 6 estão listados os compostos mais comuns em laboratórios que podem ser descartados no lixo com ou rede de esgoto.

I.2. Misturas contendo compostos pouco solúveis em água, em concentrações inferiores a 2% podem ser descartados em pia.

I.3. Toxinas podem ser muito perigosas em concentrações baixas e, portanto recomenda-se a sua destruição química antes do descarte.

I.4. Compostos com ponto de ebulição inferior a 50 °C não devem ser descartados na pia, mesmo que extremamente solúveis em água e pouco tóxicos. Lembrar que substâncias inflamáveis podem ser um perigo potencial de incêndio ou explosão.

I.5. O pH de soluções aquosas deve estar na faixa 6,0 – 8,0. Submeter as soluções que estejam fora desta faixa de pH a uma neutralização; somente após este cuidado descarte o resíduo.

I.6. Gases nocivos ou mal cheirosos ou substâncias capazes de criar incômodo público não podem ser descartados como resíduos não perigosos.

O descarte do resíduo químico somente poderá ser efetuado se o composto se enquadrar em todas as seis regras descritas. A não obediência de pelo menos uma das regras inviabilizará o descarte em lixo comum ou esgoto.

II. A coleta e segregação dos resíduos químicos dentro do laboratório gerador:

II.1 De maneira geral deve-se adotar seguintes os itens para coleta dos resíduos:

a. Em relação à segregação e coleta dos resíduos químicos na fonte, essa atividade deve ser diária e de responsabilidade dos laboratórios, sendo, preferencialmente, realizadas imediatamente após o término de um experimento ou procedimento de rotina. A responsabilidade pela coleta e segregação dos resíduos é de quem o gerou. Além disso, separar os resíduos não perigosos daqueles considerados perigosos (os quais deverão ser enviado a UGR) e avaliar se os resíduos não perigosos poderão ser reutilizados, reciclados ou doados também são responsabilidade do gerador.

b. Evitar combinações químicas. Se misturar for inevitável, ser prudente e consultar tabelas de incompatibilidade química (anexo 2). Lembrar que quanto mais complexa for a mistura,

mais difícil a aplicação da política dos 3R's (**R**eduzir + **R**eutilizar + **R**eciclar) e maior será o custo final de descarte.

c. Os resíduos não perigosos ou perigosos que possam ser submetidos a tratamento/destruição no laboratório que o gerou não deverão ser acumulados, estes devem ser enviados ao UGR. Fazer o tratamento químico e descartar logo após o término do experimento que o gerou. Somente poderão ser enviados a UGR resíduos químicos para recuperação ou para destruição/tratamento no caso do laboratório gerador não dispor de infra-estrutura

d. Dentro dos laboratórios geradores, a segregação de resíduos químicos deve ser adotada como regra a separação nos seguintes grupos, evitando-se a máximo as misturas complexas:

(Caberá ao pesquisador gerador segregá-los em compostos binários ou no máximo ternários)*

1. Solventes não halogenados*: Todos os solventes que possam ser utilizados ou recuperados e também misturas desses solventes tais como: Álcoois e cetonas (etanol, metanol, acetona, butanol, etc.), Acetonitrila (pura ou mistura com água ou com outros solventes não halogenados), Hidrocarbonetos (pentano, hexano, tolueno e derivados, etc.), Ésteres e éteres (acetato de etila, éter etílico, etc.);

2. Halogenados*: Todos os solventes e misturas contendo solventes halogenados (clorofórmio, diclorometano, tetracloreto de carbono, tricloroetano, bromofórmio, tetraiodocarbono, etc.). Se durante o

processo de segregação ocorrer qualquer contaminação dos solventes não halogenados com algum solvente halogenado, essa mistura deverá, então, ser considerada halogenada;

3. Fenol;
4. Resíduos de pesticidas e herbicidas;
5. Soluções aquosas sem metais pesados;
6. Soluções aquosas contaminadas com solventes orgânicos;
7. Soluções aquosas com metais pesados;
8. Soluções contendo mercúrio;
9. Soluções contendo prata;
10. Sólidos*: com metais pesados (tálio e cádmio);
11. Sólidos*: com os demais metais pesados;
12. Peróxidos orgânicos;
13. Outros sais;
14. Aminas;
15. Ácidos e bases;
16. Oxidantes;
17. Redutores;
18. Óleos especiais: Todos os óleos utilizados em equipamentos elétricos que estejam contaminados com policloreto de bifenila (PCB's como o Ascarel) deverão ser segregados, identificados, estocados e mantidos em local apropriado;

19. Misturas: As combinações que não foram classificadas nos itens acima descritos deverão ser segregadas e identificadas para tratamento e/ou disposição final;

20. Outros: Materiais diversos tais como tintas, vernizes, resinas diversas, óleos de bomba de vácuo (exceção àqueles contaminados com PCB's), fluídos hidráulicos, etc. também devem ser segregados e identificados para tratamento e/ou disposição final.

Quando o recipiente coletor estiver cheio, deve-se retirá-lo do laboratório de origem, de modo que:

- Resíduos químicos destinados a descarte final deverão ser encaminhados para um depósito provisório na UGR.
- Resíduos químicos destinados à recuperação ou tratamento químico deverão ser encaminhados a UGR.

II.2 Para a segregação correta dos resíduos, deve-se adotar os seguintes os itens:

a. Solventes orgânicos e soluções de compostos orgânicos: evitar misturar aleatoriamente os solventes. Além de ser uma prática perigosa, dificulta medidas de recuperação e purificação, e em geral aumenta o custo de descarte final para as amostras não recuperáveis.

Para o descarte (incineração) deve-se separar em diferentes recipientes adotando a seguinte corrente:

- Solventes não halogenados, < 5% água;
- Solventes não halogenados, > 5% água;
- Solventes halogenados, < 5% água;
- Solventes halogenados, > 5% água;
- Solventes contendo pesticidas.

Misturas de acetonitrila e água ou solução tampão, de uso comum em cromatografia, deverão ser segregados em recipientes próprios para posterior tratamento, antes do descarte.

Para recuperação, sempre que um solvente estiver sendo produzido como resíduo em grande quantidade e sua recuperação for viável, ele deverá ser segregado em um recipiente próprio.

Separar em diferentes recipientes para a recuperação adota-se as seguintes correntes:

- Solventes halogenados: clorofórmio, diclorometano, tricloroetano, etc, (não misturar tetracloreto de carbono);
- Acetatos e aldeídos;
- Ésteres;
- Éteres;
- Hidrocarbonetos: pentano, hexano,
- Tolueno e derivados;
- Álcoois e cetonas: etanol, metanol, acetona, butanol, isopropanol, etc.

b. Resíduos sólidos de orgânicos perigosos: deverão ser segregados e identificados para tratamento e/ou disposição final em:

- Sólidos orgânicos com ou sem metais pesados;
- Peróxidos orgânicos;
- Sais, mistura.

c. Resíduos aquosos com metais pesados: O metal deverá ser precipitado no local de sua geração. O resíduo líquido aquoso poderá ser descartado na pia, somente após análise para verificação da eficiência do procedimento de precipitação e acerto de pH. O precipitado deverá ser empacotado e armazenado em depósitos do departamento de origem. Somente deverão ser encaminhados a UGR metais para recuperação.

Soluções contendo metais pesados com contaminação orgânica deverão ser segregadas e identificadas para tratamento e/ou disposição final. O metal deverá ser precipitado e o resíduo orgânico ou orgânico/aquoso deverá ser tratado de acordo com sua classe:

- Resíduos de metais preciosos ou recicláveis: sais ou soluções contendo prata, ouro, platina, irídio, rutênio, etc.
- Resíduos contendo metais ou ligas (exceto hidrolizáveis): ferro, estanho, bronze, latão, zinco, solda, papel alumínio.

d. Outros Materiais diversos: tais como tintas, vernizes, resinas diversas, óleos de bomba de vácuo (exceção àqueles contaminados com PCB's), fluídos hidráulicos, etc. Segregar e identificar para tratamento na UGR e/ou disposição final .

5.3.2.2 O recipiente para acondicionamento dos resíduos.

Cada tipo de resíduo ou mistura de resíduos deverá ter o seu recipiente apropriado e devidamente rotulado independente de estar ou não cheio. Não adotar recipiente com volume máximo superior a 20 L.

Escolher um recipiente quimicamente compatível com o resíduo. Não usar recipiente metálico para estocar ácidos (ex: ácido pícrico e soluções). Não usar recipiente de vidro para estocar base ou ácido fluorídrico.

Adotar a utilização de uma bandeja plástica para acomodar os recipientes que contenham resíduos durante o armazenamento temporário em laboratórios ou mesmo nos depósitos. Esta prática aumenta a segurança no caso de quebra ou vazamento do recipiente principal durante a armazenagem.

Adotar um recipiente para soluções contendo metais pesados, outro para misturas de solventes não halogenados, outro para

solventes halogenados e assim sucessivamente. Sempre armazená-los considerando regras de incompatibilidade química.

A quantidade de resíduos químicos líquidos nos recipientes não deve exceder a 80% de sua capacidade total. Recipientes muito cheios aumentam o risco de acidentes durante o manuseio.

Para empacotamento de resíduos sólidos: Se possível mantê-los em seu recipiente original. Neste caso substituir o rótulo original pelo modelo adotado como padrão pela UGR. Na ausência do frasco original, condicionar o resíduo em saco plástico de alta resistência (verificar compatibilidade no Anexo 7). Usar dois sacos plásticos para este condicionamento se necessário. Após vedar o saco condicione-o em uma caixa de papelão. Vedar a caixa com fita adesiva apropriada e rotular com o rótulo padronizado.

OBS: Adotar os rótulos numerados (fornecidos pelo UGR) apenas para resíduos a serem destinados a UGR, em outros casos imprimir os rótulos a partir da página de internet do laboratório.

5.3.2.3 Rotulagem

A simbologia adotada de risco é a da National Fire Protection Association (NFPA) (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2005), dos EUA, também conhecida como Diagrama de Hommel. Nesta simbologia, cada um dos losangos expressa um tipo

de risco, aos quais serão atribuídos graus de risco variando entre 0 e 4.

Os códigos NFPA nos sites recomendados referem-se às substâncias puras. Na rotulagem dos resíduos deverão ser utilizados os códigos das substâncias com características de: danos à saúde (azul), inflamabilidade (vermelho), reatividade (amarelo) e riscos específicos (branco) (MACHADO e SALVADOR, 2005). O Diagrama de Hommel ou Diamante do Perigo possui sinais de fácil reconhecimento e entendimento do grau de periculosidade das substâncias. Seus campos são preenchidos conforme descrito abaixo (Figura 31):

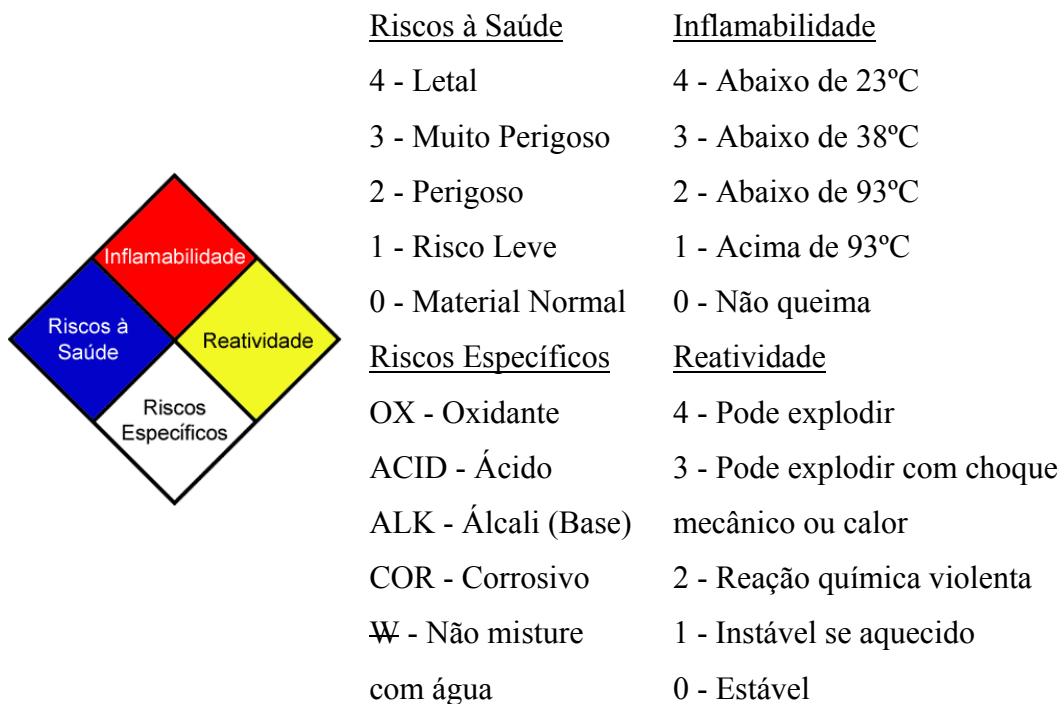


Figura 31: Diagrama de Hommel

Para o preenchimento do Diagrama pode-se consultar sites de universidade internacionais ou livros que contenham fichas MSDS (Material Safety Data Sheet), ou também chamados de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico), onde a classificação de cada produto químico pode ser encontrada. Um site que possui um grande número de fichas MSDS é o www.siri.org, onde os produtos químicos podem ser consultados através de uma busca (www.siri.org/msds/index.php) por seus respectivos nomes em inglês, idioma nativo do site.

Outros sites onde os códigos NFPA para centenas de substâncias (puras) podem ser encontrados são: www.jtbaker.com (entrar em MSDS e buscar a substância, logo no início da MSDS aparecerão os códigos) e <http://www.orcbs.msu.edu>.

Rótulo Padrão

Além do Diagrama de Hommel, o rótulo deve estar totalmente preenchido. Deve-se completar a etiqueta com a composição do resíduo gerado (principal e secundários), deve-se descrever todos os demais materiais contidos nos frascos, mesmo os que apresentam concentrações muito baixas (traços de elementos) e inclusive água. Informações como o nome do responsável, procedência do material e data, são de grande importância para uma precisa caracterização do

material. Todos os recipientes contendo resíduos devem ser identificados adequadamente utilizando etiquetas, cujo modelo é mostrado na Figura 32.

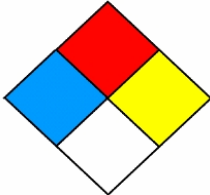
	UNIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – UGR CEMA / UFSCar				
	Departamento e Laboratório:				
	Responsável:		Ramal:		
	e-mail:				
	Controle Ficha:		Controle UGR:		
Composição do resíduo:					
Nome do gerador:			Data:		
Quantidade estimada:			Data da Coleta:		
Solvente Orgânico Halogenado	Solvente Orgânico Não Halogenado	Compostos Orgânicos	Compostos Inorgânicos	Solução contendo METAIS	Outros Compostos

Figura 32: Etiqueta padronizada a ser preenchida (fornecida pela UGR) (fonte: MACHADO e SALVADOR, 2005).

Para maior clareza, a Figura 33 mostra o preenchimento correto da etiqueta a ser colocada em cada frasco de resíduos gerado.

OBS: é imprescindível que todas as informações estejam preenchidas; o preenchimento deve ser feito com caneta esferográfica azul ou preta; nunca usar caneta hidrocolor ou pincel atômico.

Tal controle é de organização e determinação da fonte geradora, e deverá ser o mesmo código colocado na Ficha do Inventário deste resíduo.

	UNIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – UGR CEMA / UFSCar	
	Departamento e Laboratório: <i>DQ- Laboratório de Eletroquímica</i>	
	Responsável: <i>Prof. Augusto Mendes</i>	
	Controle Ficha: <i>001</i> Controle UGR: _____	
Composição do resíduo: <i>Hexano + Ácido acético glacial</i>		
Nome do gerador: <i>Carlos, Pedro, Paulo</i> Data: <i>xx/xx/xxxx</i>		
Quantidade Final de resíduo: <i>3 litros</i> Data da Coleta: <i>xx/xx/xxxx</i>		
Solvente Orgânico Halogenado	Solvente Orgânico Não Halogenado	Compostos Orgânicos
Compostos Inorgânicos	Solução contendo METAIS	Outros Compostos

Para preenchimento da UGR (controle interno da organização do depósito)

Data em que o resíduo foi gerado

Assinalar o grupo ao qual o resíduo pertence.

Pessoa que gerou ou pessoas que geraram o resíduo

Resíduo de maior periculosidade, por menor que seja sua quantidade e concentração. O DIAGRAMA DE HOMMEL deverá ser preenchido conforme as suas classificações. No exemplo, temos:

ÁC. ACÉTICO Inflamabilidade 3 Risco à saúde 2 Reatividade 0	HEXANO Inflamabilidade 3 Risco à saúde 3 Reatividade 2
--	---

Figura 33: Preenchimento correto da etiqueta a ser colocada em cada frasco de resíduos gerados (fonte: MACHADO e SALVADOR, 2005).

Regras gerais para realizar corretamente uma rotulagem e identificação em produtos ou resíduos:

1. A etiqueta deve ser colocada no frasco antes de se inserir o resíduo químico para evitar erros;
2. Fórmulas e abreviações não serão permitidas;

3. O Diagrama deverá ser completamente preenchido, ou seja, os 3 itens (risco à saúde, inflamabilidade e reatividade) - consultar as fichas MSDS;

4. É imprescindível que todas as informações do rótulo estejam preenchidas, de acordo com, instruções sobre a rotulagem adequada, Figura 33;

5. A classificação do resíduo deverá priorizar o produto mais perigoso do frasco, mesmo que este esteja em menor quantidade;

6. Não omita nenhuma informação, pois correremos o risco de graves acidentes;

7. Cada frasco ou bombona de resíduo, destinado à UGR, deverá ser acompanhado da respectiva Fichas de Caracterização de Resíduos. A qual deverá ser preenchida no ato do acondicionamento do resíduo;

8. Frascos sem rótulo, desacompanhados das Fichas de Caracterização de Resíduos Ativos, ou com informações parciais ou inadequadamente preenchidas, não serão recolhidos pela UGR;

9. A UGR não fornecerá frascos, ficando a cargo do laboratório providenciar o recipiente adequado;

10. Os frascos para resíduos jamais deverão ser rotulados apenas com informações vagas, tais como: “Resíduos” ou “lixo”. Mesmo para aqueles que não serão destinados ao depósito da UGR, deverá ser adotada a rotulagem explicitada anteriormente;

11. Ao utilizar frascos de reagentes para os resíduos, tomar o cuidado de retirar completamente o rótulo antigo, para evitar confusões na identificação precisa do seu conteúdo;

12. Frascos destinados a resíduos orgânicos e inorgânicos deverão ser armazenados em locais diferentes, para evitar acidentes no momento do descarte;

13. O gerador dos resíduos preencherá o rótulo, afixará no frasco e também deverá impermeabilizá-lo, com papel contact transparente, para melhor preservação durante o armazenamento;

14. Para qualquer esclarecimento sobre a utilização correta dos códigos NFPA, consulte o representante do seu Departamento junto à Comissão de Resíduos ou a UGR. Frascos sem rótulos, ou inadequadamente preenchidos ou com informações parciais não serão aceitos pela UGR.

Além de devidamente rotulado, o frasco deverá vir acompanhado por uma ficha de caracterização do resíduo padronizada pela UGR, tipo inventário, anexado a ele, contendo as informações necessárias sobre seu conteúdo. Esta ficha deverá conter um relato das adições de novas porções de resíduos no recipiente. Os relatos deverão conter informações sobre a natureza e composição do resíduo adicionado (especificar soluto, solvente, conteúdo de água se for o caso, etc),

data da adição, o nome de quem realizou a adição e quantidades. Esta ficha tem o intuito de aumentar a rastreabilidade de cada resíduos.

Outra parte do PGRP é a organização, arquivamento e facilidade de acesso dos dados recebidos, por exemplo, com as informações contidas nos formulários de registro é possível formado um cadastro de resíduos que servirá para controle e reaproveitamento do mesmo, ou seja, o gerenciamento propriamente dito. Dentro deste contexto, um item importante é o desenvolvimento de um programa informatizado de gerenciamento de resíduos, o qual prevê a implantação de um sistema computacional com as seguintes funções:

- formulário de registro de resíduos;
- solicitação de coletas, tratamento e reutilização de resíduos;
- banco de dados de reagentes para intercâmbio;
- banco de dados de métodos de tratamento;
- controle de entrada e saída de resíduos na UGR e nos laboratórios;
- controle de estoque de resíduos na UGR e nos laboratórios.

O software de gestão irá representar através de um modelo computacional o processo de organização, e monitorar de forma eletrônica o fluxo e a situação das informações envolvidas nestes processos. Este sistema, deverá funcionar conectado à Intranet do campus ou via Internet, no qual o gerador deverá solicitar a coleta,

verificar a disponibilidade de resíduos ou reagentes, já cadastrados no banco de reagentes, procurar formas de tratamento do resíduo, suas formas de acondicionamento e embalagens utilizadas para tal armazenamento (MACHADO,2005).

Através da implantação e a consolidação desse sistema a UGR poderá acompanhar os ativos (resíduos gerados no dia a dia das pesquisas) e os passivos (resíduos em armazenamento provisório ou definitivo), fazendo a programação da coleta e destinação final.

Um componente importante para que todas as etapas acima citadas funcionem efetivamente é a participação ativa e consciente dos alunos, pesquisadores, professores e corpo administrativo de todos departamentos. Para que um programa de gerenciamento de resíduos seja mais facilmente aceito pelos usuários é necessário que os mesmos compreendem a sua finalidade e sejam treinados e estimulados a participar. É essencial oferecer cursos e seminários internos, abertos a toda a comunidade universitária sobre:

- Normas ambientais;
- Classificação dos resíduos perigosos;
- Gerenciamento de resíduos laboratoriais;
- Normas de segregação e rotulagem;
- Técnicas básicas de tratamento;
- Noções de toxicologia e radioproteção.

Além disso, para alunos de pós-graduação e graduação de todos os cursos deve-se criar uma disciplina obrigatória sobre segurança e gerenciamento de resíduos químicos, ministrada por professores do próprio departamento/programa de pós-graduação.

Por fim, este programa deve ser continuamente aplicado, melhorado e monitorado, através de indicadores como qualidade dos efluentes, do solo, da flora das imediações, o custo com o processo e reagentes e, o benefício obtido (imagem da instituição, volume e qualidade das pesquisas com relevância para o caso).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste trabalho permitem a formulação das conclusões abaixo:

1. A UFSCar e todas as universidades brasileiras, seja ela pública ou particular, não podem mais ignorar a geração de resíduos perigosos e a falta de um programa de gestão dos mesmos em seus *campi*.
2. A falta de um programa de gestão dos resíduos perigosos (PGRP) se deve, na maioria das vezes, a falta de comprometimento, apoio e consciência ambiental de alunos, professores, técnicos, pesquisadores e corpo administrativo; aliado a falta de recursos.
3. No país, as universidades que possuem um PGRP são na maioria, públicas e estão localizados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do sul.
4. Em um primeiro momento, a partir do levantamento dos resíduos do Departamento de Química (DQ/UFSCar) encontrou-se um grande volume de solventes orgânicos e grande variedade de produtos de reação e compostos inorgânicos e metálicos, totalizando cerca de 400 tipos de

resíduos (passivo). Além disso, encontrou-se grande quantidade de solução sulfocrômica.

5. Muitos dos resíduos estão em locais impróprios no DQ/UFSCar, ou seja, estão em uma área do almoxarifado do Departamento expostos a céu aberto, ou estão nos próprios laboratórios. Várias dos recipientes onde estão armazenados os resíduos no almoxarifado estão sem nenhuma informação, tornando o resíduo totalmente desconhecido.
6. Em volume, um somatório geral do passivo fornece um valor próximo a 10.000 L de resíduos (somando-se tanto resíduos líquidos como sólidos), o que é uma quantidade muito significativa devido a toxicidade dos resíduos que a compõem, apresentando assim, grande risco ao meio ambiente e a todos a seu redor.
7. A complexidade dos problemas relacionados aos resíduos produzidos diariamente no DQ/UFSCar (ativo) soma quase 600 L/mês, indicando a necessidade de implantação de um sistema integrado de gestão dos resíduos gerados em atividades de ensino, pesquisa e extensão. Como os processos geradores de resíduos são dinâmicos (a cada nova pesquisa ele é alterado) é importante identificar as variáveis que os determinam, no sentido de melhor

controlar a execução de um plano para o gerenciamento dos mesmos.

A partir ainda dos resultados obtidos e do conhecimento das experiências existentes em outras instituições, recomenda-se:

- A questão ambiental deve permear todas as atividades da universidade.
- A adoção de um PGRP integrado de modo que toda a comunidade acadêmica desenvolva uma visão crítica da situação atual, avaliando o impacto ambiental dos resíduos produzidos em suas atividades acadêmicas e minimizando tais impactos.
- Para a implantação deste PGRP na UFSCar e em qualquer universidade é necessário que este contemple elementos básicos para a sua criação, destacando-se, entre outros itens: a atribuição de responsabilidades; o levantamento qualitativo e quantitativo dos resíduos produzidos; a segregação correta dos mesmos; o estabelecimento de regras internas para a manipulação desses resíduos, envolvendo o acondicionamento, frequência de coleta, e etiquetas de identificação dentre outros; a

avaliação e escolha das melhores opções de tratamento, disposição final e armazenamento local adequado, obedecendo às exigências legais.

- Portanto, o PGRP deve fornecer suporte para o controle de estoques e aquisição de insumos; a diminuição na produção de resíduos (alternativa de menor custo); a substituição de reagentes; a identificação e classificação dos resíduos gerados; a correta segregação, acondicionamento e armazenamento em local adequado; ao tratamento de resíduos e efluentes; e a existência de treinamento periódico do corpo funcional para a disposição rotineira e emergencial.
- Como suporte para o PGRP, as leis e normas, principalmente a ABNT-NBR-10.004, deveriam ser mais acessíveis, principalmente aos pequenos geradores.
- Além disso, os PGRP de universidades deveriam atender não somente a seus campi, mas se expandir, subsidiar e apoiar outras instituições menores, como Corpo de Bombeiros, Escolas de Ensino Fundamental e Médio, Escolas Técnicas, entre outros.

- O êxito da gestão dos resíduos perigosos e todos os outros resíduos gerados em uma instituição de ensino superior e de pesquisa, ou seja, a sustentabilidade do campus, depende da conscientização, do envolvimento e da participação de toda a comunidade acadêmica. Portanto, conscientizando alunos, professores, funcionários e corpo administrativo dos departamentos dentro da instituição, os mesmo irão transmitir esta consciência ambiental para seus amigos e sua comunidade, propagando assim, a necessidade de uma melhor utilização e preservação dos recursos naturais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALBERGUINI, L.B. et al. Laboratório de resíduos químicos do campus USP, São Carlos: resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário, **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

AMARAL, S.T. et al. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

ARAÚJO, V.A. de. **Gestão de resíduos especiais em universidades: estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos**. 2004. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ARMOUR, M. A.; BROWNE, L. M.; WEIR, G. L. Tested disposal methods for chemical wastes from academic laboratories. **Journal of Chemical Education**, v.62, n. 3, p. A93-A95, 1985.

ARMOUR, M. A. Safety in the school laboratory. **Canadian Chemical News**, September, p.21-23, 1987.

ARMOUR, M. A. Chemical waste management and disposal. **Journal of Chemical Education**, v.65, n. 3, p. A64-A68, 1988.

ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. Hazardous wastes in academia. **Environmental Science & Technology**, v. 19, n. 12, p. 1150 - 1155, 1985.

ASHBROOK, P.C.; REINHARDT, A. Laboratory-scale treatment as a waste minimization technique. **Chemical Health & Safety**, março/abril, p.40, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. **Norma NBR 10.004. Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. **Pesquisa de Normas Técnicas**. Disponível em <<http://www.abntdigital.com.br>> acesso em 05/2005.

BENDASSOLLI, J. A. et al. Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP. **Química Nova**, v.26, n. 4, p. 612-617, 2003a.

BENDASSOLLI, J. A. et al. Procedimentos para recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos. **Química Nova**, v.26, n. 4, p. 578-581, 2003b.

BIOSSEGURANCA HOSPITALAR. **Equipamentos de Proteção Individual [EPI]** Disponível em <<http://www.biossegurancahospitalar.com.br/files/CAM7GPA3.doc>> acesso em 05/2005.

CARVALHO, P.R. **Boas Práticas Químicas em Biossegurança**. Rio de Janeiro: Interciência, 1999. 132 p.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA [CENA] – USP – Piracicaba. **Laboratório de tratamento de resíduos**. Disponível <<http://www.cena.usp.br/residuos/index.htm>> acesso em 05/2004.

CHEREMISINOFF, P.N. **Pollution Engineering**. p.80.1988.

[CNUMAD] CONFERENCIA DAS NACOES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21-**. capitulo 21: manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/agenda21/ag21.htm>> acesso em 05/2005

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB]. **Áreas contaminadas e Legislação Ambiental**. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br>> acesso em 05/2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE [CONAMA]. **Resolução Conama N° 5**, de 05/08/1993: define os procedimentos mínimos para o gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos de serviço de saúde, portos e aeroportos. [on line]. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/pot/conama/res/res93/res0593.html>> acesso em 04/2003.

CORNETO, E.C.; SANTOS, J.N. **Inventário de resíduos químicos do passivo e do ativo (parcial) do Departamento de Química – UFSCar**. Relatório de estágio apresentado a Coordenadoria Especial para o Meio ambiente (CEMA), São Carlos, abril de 2004. 60p.

CUNHA, C.J. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

DEMAMAN, A. S. et al. Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. **Química Nova**, v.27, n. 4, p. 674-677, 2004.

FRATTINI, C. A. G.; MENDES, T. do P.; MARTINEZ, M. S. et al. Sistema informatizado de gerenciamento de resíduos químicos da Universidade de Ribeirão Preto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Livro de Resumos**. ICTR, NISAM, São Paulo; 2004.

GANNAWAY, S. P. Chemical handling and waste disposal issues at liberal arts colleges. **Journal of Chemical Education**, v.67, n. 7, p. A183-A184, 1990.

GREENPEACE. **Crimes ambientais corporativos** : relatório sobre os principais casos de contaminação química no Brasil. Disponível em <<http://www.greenpeace.org.br/biblioteca/toxicos.php>> acesso em 04/2005

HARVARD UNIVERSITY. **Hazardous waste**: program areas - environmental affairs. Disponível em <http://www.uos.harvard.edu/ehs/env_pro_haz.shtml> acesso em 06/2005.

IZZO, R. M. Waste minimization and pollution prevention in university laboratories, **Chemical Health & Safety**, p. 29 – 33, maio/junho. 2000.

JACOVETTI, C.A, GRANZIOL, S.R, BORGES, M.T.M, BORGES, M.S. **Manual técnico para disposição final de resíduos dos laboratórios da UFSCAR**. São Paulo, Araras: UFSCar. p.2-5. 1999.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.

KATZ, D. A. identifying and dealing with hazardous materials and procedures in the general chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v.59, n. 4, p. A127-A130, 1982.

KURTZ, L. M. Cost-control techniques for hazardous waste management, **Chemical Health & Safety**. p. 28 – 31. jan./ fev. 1999.

LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS (LRQ) – USP – *campus* São Carlos. **O Laboratório**, disponível em <<http://www.sc.usp.br/residuos>> acesso em 08/2003.

LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS (LRQ) – USP – *campus* Ribeirão Preto – Prefeitura do Campus Administrativo de Ribeirão Preto. **O Laboratório**, disponível em <<http://www.pcarp.usp.br/lrq>> acesso em 08/2003.

LASSALI, T. A. F.; GIOVANI, W. F. de. Implantação de uma política de gerenciamento de resíduos químicos no campus de Ribeirão Preto – USP. In: FÓRUM DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PAULISTAS, 2003, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Instituto de Ciência e

Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, 2003. p. 32-43.

LEITE, W. C. A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos**: uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI-5) como referência. 1997. 270 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

MACHADO, A. M. R., **Primeiro Relatório de Atividades Realizadas na UGR**. Coordenadoria Especial para o Meio ambiente (CEMA): Unidade de Gestão de Resíduos (UGR), UFSCar, São Carlos. março de 2005. 15p.

MACHADO, A. M. R.; SALVADOR, N.N. B., **Normas Gerais – 01/2005** : Procedimentos para Segregação, Identificação, Acondicionamento e Coleta de Resíduos Químicos, Biológicos e Radioativos Líquidos e Sólidos. Coordenadoria Especial para o Meio ambiente (CEMA): Unidade de Gestão de Resíduos (UGR), UFSCar, São Carlos. maio de 2005. 40p.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 207 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora nº 6** (NR 6) – Equipamento de Proteção Individual - EPI e **Norma Regulamentadora nº 15** (NR 15) – Atividades e Operações Insalubre. Disponível em <<http://www.mte.gov.br>> acesso em 05/2005.

MOLINA, V. S. et al. **Gestión ambiental y universidad: el manejo de las aguas residuales**. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28., 2002, Cancún. **Resumos...** Cancún, 2002. p.1-8.

MORAES, R. S. **Caracterização preliminar das águas residuárias da Universidade Federal de São Carlos**. 2003. Relatório de Estágio, Departamento de Engenharia Civil/CEMA, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003. 23p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION [NFPA]. **Pesquisa National Fire Codes - NFPA 704: Standard for the Identification of the Fire Hazards of Materials for Emergency Response**. Disponível em <<http://www.nfpa.org/>> acesso em 05/2005.

NOGUEIRA, A. R. A.; ALMEIDA, L. C.; GONZALEZ, M. H. Gerenciamento de resíduos dos laboratórios da Embrapa Pecuária Sudeste. In: FÓRUM DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PAULISTAS, 2003, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, 2003. p. 220-231.

PEDROZO, M. F. M. **Disposição de resíduos gerados em laboratório: avaliação dos procedimentos adotados por três instituições públicas**. 2000. 140 p. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PEREIRA, P. S.; OLIVEIRA, L. R. A. de; MARTINEZ, M. S. et al. Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos na Universidade de

Ribeirão Preto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Florianópolis. **Livro de Resumos**. ICTR, NISAM, São Paulo; 2004.

PITT, M. **Chemical residues management in the universities**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESIDUES MANAGEMENT IN THE UNIVERSITIES, 2002, Rio Grande do Sul. **Abstracts...** Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, 2002. p.1-5.

POLPRASERT, C. et al. Hazardous waste generation and processing. **Resources, conservation and recycling**, v.16, p. 213-226, Apr. 1996.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1985. 287p.

ROMANO, L.N. **Metodologia de projeto para embalagem**. 1996. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SASSIOTTO, M. L. P. **Manejo de resíduos de laboratórios químicos em universidades – estudo de caso da UFSCar**. 2004. Exame de Qualificação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPG-EU/UFSCar), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004. 71 p.

SASSIOTTO, M. L. P., SALVADOR, N. N., CORNETO, E. C., SOUZA, K. E. Preliminar diagnostic of chemical laboratory waste in the Universidade Federal de São Carlos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NAS UNIVERSIDADES, 2., 2004, Santa Maria. **Abstracts...** Rio Grande do Sul, 2004.

SAXENA, S.C.; JOTSHI, C.K. Management and combustion of hazardous wastes. **Progress in energy and combustion science**, v.22, p. 402-425, 1996.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**; 4. ed. São Paulo: EPU, 1987. v.2.

SIMPSON, K. A. Safety course for chemical technologists. **Journal of Chemical Education**, v.64, n. 1, p. A6-A14, 1987.

TAVARES, G. A. et al. Atividades desenvolvidas na implantação do programa de gerenciamento de resíduos químicos do CENA/USP. In: FÓRUM DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PAULISTAS, 2003, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, 2003. p. 271-285.

THOMAS, S. T. **Facility manager's guide to pollution prevention and waste minimization**, Washington: BNA books, 1995.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL [UCS]. **Instituto de Saneamento Ambiental**: histórico. Disponível em: <<http://www.ucs.br>>. Acesso em: 11/ 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA [UNESP]. **Segurança Química**. Disponível <<http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao>>. Acesso em 11/2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [UNICAMP]. **Programa de Gerenciamento de Resíduos**. Disponível em: <<http://www.cgu.rei.unicamp.br/residuos/index.html>> e **Programa de Gestão de Resíduos Sólidos** : área de saúde – UNICAMP disponível em <<http://www.hc.unicamp.br/residuos>>. Acesso em: 12/ 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS [UFMG]. **Programa de administração e gerenciamento de resíduos sólidos – Geresol**. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/proex/geresol/>>. Acesso em: 11/2002.

UNIVERSITY OF KENTUCKY. **Hazardous waste manual**. Mar. Lexington, 1995. 23p.

[USEPA] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Background Document for the CESQG Rule (1995)**. Disponível em <<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/sqg/back/bkgrdpdf.pdf>> acesso em 09/2003.

VELOSO, C. M.; RODRIGUES, L. B.; BONOMO, R. C. **Gerenciamento de resíduos de laboratório**. Disponível em: <www.prac.ufpb/anais/anais/meioambiente/gerencimanto>. Acesso em: 11/ 2003.

VITTA, P. B. et al. Gerenciamento de resíduos químicos no Instituto de Química da Universidade de São Paulo: Progressos. In: FÓRUM DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PAULISTAS, 2003, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, 2003. p. 197-207.

WALTON, W. A. Chemical wastes in academic labs. **Journal of Chemical Education**, v.64, n. 3, p. A69-A71, 1987.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

ARCHETI, E.A.M.E. **Gestão ambiental e oportunidades de minimização de resíduos industriais em curtumes na cidade de Franca-SP.** 2001. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil da UFSCAR, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

ARMOUR, M. A. **Hazardous laboratory chemicals disposal guide,** CRC press: Boca Raton, 1991.

DUPAS, M.A. **Pesquisando e normalizando:** noções básicas e recomendações úteis para a elaboração de trabalhos científicos. São Carlos: EdUFSCar, 2003. 73p.

FODDY, W. **Construting questions for interviews and questionnaires:** theory and practice in social research. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

HIGGINS, T. **Hazardous waste minimization handbook,** Michigan: Lewis Publishers, 1989. 228p.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental:** fundamentos e prática. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1

Legislação Brasileira Relacionada a Resíduos Perigosos

Constituição

Constituição Federal: Título VIII, CAPÍTULO VI, Do Meio Ambiente, 1988: assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Constituição Estadual: CAPÍTULO IV: Do Meio Ambiente, dos Recursos Naturais e do Saneamento; SEÇÃO I: Do Meio Ambiente, 5 de outubro 1989: O Estado e os Municípios providenciarão, com a participação da coletividade, a preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, artificial e do trabalho, atendidas as peculiaridades regionais e locais e em harmonia com o desenvolvimento social e econômico.

Leis Federais

Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências.

Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. (Lei de Crimes Ambientais).

Lei: Nº 9966, de 28 de abril de 2000 - Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

Leis Estaduais

Lei nº 997, de 31 de maio de 1976 – Dispõe sobre o controle da poluição do Meio Ambiente.

Lei Nº 10.888, de 20 de setembro de 2001 - Projeto de lei nº 521, de 1998 - Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências.

Resoluções

Resolução CONAMA nº06 de 15 de junho de 1988: Disciplina que no processo de licenciamento ambiental de atividades industriais, os resíduos gerados ou existentes deverão ser objeto de controle específico.

Resolução CONAMA nº05 de 05 de agosto de 1993: Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.

Resolução CONAMA nº023 de 12 de dezembro de 1996: Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos.

Resolução CONAMA nº 257 de 30 de junho de 1999: Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequados.

Resolução CONAMA nº 263 de 12 de novembro de 1999: Modifica o Artigo 6º da Resolução nº 257 de 30 de junho de 1999.

Resolução CONAMA nº 264 de 26 de agosto de 2000: Aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

Resolução CONAMA nº 283 de 12 de julho de 2001: Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.

Resolução CONAMA nº 313 de 29 de outubro de 2002: Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Resolução CONAMA nº 314 de 29 de outubro de 2002: Dispõe sobre o registro de produtos destinados à remediação e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 316 de 29 de outubro de 2002: Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

Resolução CONAMA nº 330, de 25 de abril de 2003: Institui a Câmara Técnica de Saúde, Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos, com a finalidade de propor normas de tratamento de esgotos sanitários e de coleta e disposição de lixo, normas e padrões para o controle das atividades de saneamento básico e resíduos pós-consumo, bem como normas e critérios para o licenciamento ambiental de atividades potencial ou efetivamente poluidoras.

Resolução CONAMA nº 334 de 3 de abril de 2003: Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Importante: A Resolução CONAMA Nº. 357, de 17 de março de 2005 em seu art. 50, revoga a Resolução CONAMA Nº. 20, de 18 de junho de 1986.

Resolução CONAMA 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.

Norma ABNT

NBR 8.418,NB 842/83 - Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - procedimento.

NBR 10.157,NB 1025/87 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - procedimento.

NBR 10.703/89 - Degradação do Solo - Terminologia.

NBR 11.174,NB 1.264/90 - Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes.

NBR 11.175,NB 1.265/90 - Incineração de resíduos sólidos perigosos, padrões de desempenho - procedimento.

NBR 12.235,NB 1.183/92 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.

NBR 12.235/92 – Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos – Procedimento.

NBR 12.809/93 - Manuseio de resíduos de serviço de saúde

NBR 13.894/97 - Tratamento no solo (landfarming) - procedimento.

NBR 13.895/97 - Construção de poços de monitoramento e amostragem - procedimento.

NBR 13.896/97 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação - procedimento.

NBR 14.283/99 - Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico - Procedimento.

NBR 13.221/03 - Transporte de resíduos - Procedimento.

NBR 10.004,CB 155/04 - Resíduos Sólidos - Classificação.

NBR 10.005,MB 2616/04 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.

NBR 10.006,NB 1.067/04 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

NBR 10.007,NB 1.068/04 - Amostragem de Resíduos Sólidos - Procedimento.

Normas CETESB

Norma Cetesb L10.101 (1988): Resíduos Sólidos Industriais: Método de Ensaio. Fixa as condições exigíveis para tratamento de

resíduos sólidos industriais no solo. Aplica-se, na íntegra, ao tratamento no solo de resíduos classe I (ver NBR 10 004) e borras oleosas em geral.

Norma Cetesb L5.510 (1982): Lixiviação de Resíduos Industriais: Método de Ensaio.

Norma Cetesb 01.012 (1985): Projeto e Operação de Aterros Industriais para Resíduos Perigosos - Procedimento.

Norma Cetesb L6.350 (1990): Prescreve o método respirométrico de Bartha para determinação da taxa de biodegradação da matéria orgânica contida em resíduos a serem tratados em solos.

Norma Cetesb L1.030 (1989): Membranas Impermeabilizantes e Resíduos - Determinação da Compatibilidade - Método de Ensaio.

Norma Cetesb L1.022 (1994): Fixa as condições básicas necessárias para a utilização de produtos biotecnológicos no ambiente destinados ao tratamento de efluentes líquidos, resíduos sólidos e recuperação de locais contaminados.

Norma Cetesb E15.011:- Sistema de Incineração de Resíduos de Serviço de Saúde - Procedimento.

Norma Cetesb P4.240 (1981): Fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros industriais.

ANEXO 2

Produtos Químicos Incompatíveis

O Quadro A2.1 apresenta os produtos químicos incompatíveis (Fonte: Tabela construída com base em ARMOUR, 1991 e de Tabelas Merck[®] para laboratório; citado por CUNHA, 2001).

Quadro A2.1 Produtos Químicos Incompatíveis. Os códigos entre chaves indicam a classificação em {1} ácido, {2} base, {3} oxidante, {4} redutor, {5} metal ou liga, {6} hidrolisável (materiais que reagem com água).

SUBSTÂNCIA	INCOMPATÍVEL COM
acetileno	cloro{3}, bromo {3}, flúor {3}, cobre{5}, prata{5}, mercúrio{5}
acetona	ácido nítrico {1}, ácido sulfúrico {1}
ácido acético {1}	óxido de cromo (vi){1}, ácido nítrico{1}, álcoois, etilenoglicol, ácido perclórico{1}, peróxidos{3}, permanganatos{3}
ácido cianídrico{1}	ácido nítrico{1}, álcalis{2}
ácido fluorídrico{1}	amoníaco{2} e gás amônia
ácido nítrico concentrado{1}	ácido acético{1}, anilina{2}, óxido de cromo(vi){3}, ácido cianídrico, sulfeto de hidrogênio, cobre{5}, bronze{5}, acetona, álcool, líquidos e gases inflamáveis.
ácido oxálico{1}	prata{5} e mercúrio{5}
ácido perclórico {1}	anidrido acético{6}{1}, ácido acético{1}, bismuto e suas ligas{5}, álcoois, papel, madeira, graxas e óleos
ácido sulfúrico{1}	cloratos{3}, percloratos{3}, permanganatos{3}
alquil alumínio{6}	água

amoníaco e gás amônia {2}	mercúrio{5}, cloro{3}, bromo{5}, iodo{3}, hipoclorito de cálcio {3}, ácido fluorídrico{1}, ácido nítrico{1}{3} e peróxido de hidrogênio{3}
arseniatos	agentes redutores{4} (geram arsina)
azidas	ácidos (geram azida de hidrogênio){1}
bromo{3}	amoníaco{2}, acetileno, butadieno, butano, metano, propano, hidrogênio, benzina, benzeno, metais em pó{5}, carbeto de sódio{6}
cal (óxido de cálcio){2}	água e ácidos (exotérmica){1}
carvão ativado{4}	hipoclorito de cálcio{3}, oxidantes {3}
cianetos	ácidos{1} (geram ácido cianídrico)
cloratos{3}	sais de amônio, ácidos{1}, metais em pó{5}, enxofre, substâncias orgânicas inflamáveis ou em pó.
cloro{3}	amônia{2}, acetileno, butadieno, butano, metano, propano, hidrogênio, benzina, benzeno, metais em pó{5}, carbeto de sódio{6}
cobre{5}	acetileno, peróxido de hidrogênio{3}
dióxido de cloro{3}	amônia{2}, metano, fosfina{4}, sulfeto de hidrogênio
flúor{3}	oxida quase tudo, guarde-o em separado
fósforo (branco){4}	álcalis{2} (geram fosfina), ar, oxigênio{3}, enxofre, compostos com oxigênio
hidrazina{4}	peróxido de hidrogênio{3}, ácido nítrico{1}{3}, outros oxidantes{3}
hidrocarbonetos	flúor{3}, cloro{3}, bromo{3}, óxido de cromo(vi){3}{1}, peróxido de sódio{3}

hidroperóxido de cumeno{3}	ácidos orgânicos{1} e inorgânicos{1}
hipocloritos{3}	ácidos{1} (geram cloro e ácido hipocloroso)
iodo{3}	acetileno, amoníaco{2}, gás amônia{2}, hidrogênio
líquidos inflamáveis	nitrato de amônio, óxido de cromo(vi){1}{3}, peróxido de hidrogênio{3}, ácido nítrico{1}{3}, peróxido de sódio{3}, halogênios{3}
mercúrio{5}	acetileno, amônia{2}, amoníaco{2}
metais alcalinos{5}{6}	água, hidrocarbonetos halogenados, dióxido de carbono, halogênios{3}
nitrato de amônio	ácidos{1}, metais em pó{5}, líquidos inflamáveis, cloratos{3}, nitritos{3}, enxofre, substâncias orgânicas inflamáveis ou em pó
nitratos	ácido sulfúrico{1}{3} (gera dióxido de nitrogênio)
nitritos	ácidos{1} (geram fumos nitrosos), nitrato de amônio, sais de amônio
nitroparafinas	bases inorgânicas{2}, aminas {2}
óxido de cromo (vi) (ácido crômico){1}{3}	ácido acético{1}, naftaleno, cânfora, glicerina, benzina, álcoois, líquidos inflamáveis
oxigênio (gás puro) {3}	óleos, graxas, hidrogênio, substâncias inflamáveis
perclorato de potássio {3}	sais de amônio, ácidos {1}, metais em pó{5}, enxôfre, substâncias orgânicas inflamáveis ou em pó
permanganato de potássio{3}	glicerina, etilenoglicol, benzaldeído, ácido sulfúrico{1}{3}
peróxido de hidrogênio {3}	cobre{5}, cromo{5}, ferro{5}, metais{5}, sais metálicos, álcoois, acetona, substâncias orgânicas,

	anilina{2}, nitrometano, substâncias inflamáveis sólidas ou líquidas
peróxido de sódio{3}	substâncias oxidáveis{3}, metanol, etanol, ácido acético glacial{1}, anidrido acético{1}{6}, disulfeto de carbono, glicerina, etilenoglicol, acetato de etila, acetato de metila, furfural, benzaldeído
peróxidos orgânicos{3}	ácidos orgânicos{1} ou inorgânicos{1}
prata{5}	acetileno, ácido oxálico{1}{4}, ácido tartárico{1}, sais de amônio
selenetos{4}	redutores{4} (geram seleneto de hidrogênio)
sulfeto de hidrogênio	ácido nítrico fumegante{1}{3}, gases oxidantes{3}
sulfetos{4}	ácidos{1} (geram sulfeto de hidrogênio)
teluretos	redutores{4} (geram telureto de hidrogênio)

ANEXO 3

Questionário para Entrevista com Responsáveis de
Laboratórios de Outras Instituições Visitadas

QUESTIONÁRIO PARA VISITAS A OUTRAS INSTITUIÇÕES

Nome da Instituição:

Nome do Responsável entrevistado:

Número de Laboratórios: Ensino: _____

Pesquisa: _____

Outro: _____

Existe uma Comissão responsável pelo manejo dos resíduos perigosos ?

Sim

Não

Possui algum plano de manejo ou gerenciamento de seus resíduos biológicos perigosos?

Sim

Não

Possui algum plano de manejo ou gerenciamento de seus resíduos químicos ?

Sim

Não

Se possuir, qual é a conduta adotada, ou seja, o que ele busca e quando teve início?

Quais os fatores que levaram a implantação do plano acima citado?

Quais as principais dificuldades encontradas para a implantação deste plano citado?

A instituição possui algum passivo ambiental antes da implantação do programa de gerenciamento dos resíduos químicos?

Sim Não ainda tem

Em que quantidade e quais os procedimentos tomados?

Características do programa de gerenciamento dos resíduos químicos:

1. Existe um local/laboratório único para o recebimento dos resíduos de todos os outros laboratórios da instituição?

Sim Não

2. Se possuir, de quantos laboratórios recebe resíduos?

3. Como e por quem é realizada a identificação e classificação dos resíduos gerados?

4. Como e por quem é realizada segregação e acondicionamento dos resíduos gerados?

5. Como é realizado o registro dos procedimentos realizados? Este registro é arquivado por quanto tempo?

6. Como e por quem os resíduos são transportados da fonte geradora até ao local de armazenamento?

7. Foram adotados procedimentos de segurança específicos para este transporte e outras situações de emergência?

8. Foi adotada alguma política para a minimização dos resíduos?

Sim

Não

9. Quais os resíduos gerados em maior quantidade

Ácidos

Solventes

Bases

Metais pesados

Sais

Outros

10. Quais os resíduos recuperados em maior quantidade?

Ácidos

Solventes

Bases

Metais pesados

Sais

Outros

11. Preencher a tabela na folha a seguir com os principais resíduos/locais geradores, seu tratamento, a eficiência do tratamento, o local de armazenamento, medidas para a minimização e disposição final adotados:

ANEXO 4

Questionário para Entrevista com Responsáveis dos
Laboratórios do Departamento de Química da UFSCar

QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL
PELO LABORATÓRIO NO DQ/UFSCAR

Nome do Laboratório: _____

Tipo de Laboratório:

Graduação

Pesquisa

Nome do(s) Professor(s) Responsável(is) pelo

Laboratório: _____

Breve descrição dos projetos em andamento no laboratório em
questão:

Qual o número de pessoas trabalhando, atualmente, no laboratório,
em termos de alunos:

Graduação: _____

Doutorado: _____

Iniciação Científica: _____

Pós-doutorado: _____

Mestrado: _____

Técnicos: _____

Quais as atividades rotineiras desenvolvidas no laboratório?

Solicitar detalhes das reações envolvidas.

Existe algum plano de manejo ou gerenciamento dos resíduos gerados ?

Sim

Não

Quais os principais resíduos gerados e como eles são descartados atualmente?

Quais os produtos perigosos manuseados?

Existe algum plano de redução ou substituição de produtos perigosos utilizados e seus resíduos?

O laboratório possui algum passivo ambiental?

Sim

Não

Em que quantidade?

Existem técnicas de química em escala reduzida sendo implementadas? Se sim, quais?

Os resíduos gerados são segregados e identificados corretamente?

Os resíduos de laboratório são armazenados?

Sim

Não

Se sim, quais resíduos estão armazenados e como é realizado esse armazenamento?

É realizado algum tipo de tratamento dos resíduos gerados?

Existem produtos estocados não rotulados ou com prazo de validade vencido?

Já ocorreram acidentes nesse laboratório? (vazamentos, quebra de recipientes, princípios de incêndio ou qualquer outras ocorrências que colocassem em risco as pessoas trabalhando nesse ambiente)

Preencher a tabela na folha a seguir com os principais resíduos/locais geradores, seu tratamento, a eficiência do tratamento, o local de armazenamento, medidas para a minimização e disposição final adotados:

ANEXO 5

Equipamentos de Proteção Individual (EPI)



Figura A5.1: Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) (Fonte: www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/epi.gif)

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) tem seu uso regulamentado, pelo Ministério do trabalho e Emprego (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005), em sua Norma Regulamentadora nº6 (NR nº6). Esta Norma define que equipamento de proteção

individual é todo dispositivo de uso individual, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador. Ela preconiza que a empresa está obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, equipamento de proteção individual adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento (CARVALHO, 1999).

Os equipamentos abaixo listados serão utilizados obrigatoriamente quanto da execução de qualquer atividade que envolva o manuseio de reagentes químicos e soluções, movimentação e transporte de materiais perigosos e também quanto da circulação em áreas externas que são consideradas áreas de risco (CARVALHO, 1999).

5.1 Aventais de borracha

Aventais de borracha protegem o corpo do pessoal envolvido na manipulação de grandes volumes de soluções ou quando o trabalho a ser executado é reconhecidamente perigoso. Para o pessoal responsável pela lavagem, limpeza de vidrarias e equipamentos, os aventais devem ser de uso obrigatório.

5.2 Botas de borracha

Para aqueles que trabalham em áreas úmidas, é necessário a utilização de botas de borracha. Em algumas situações emergenciais, como o derrame de líquidos ou qualquer material perigoso, é importante que o responsável pela tarefa de limpeza esteja com seus pés devidamente protegidos.

5.3 Calçados

Pés desprotegidos (sandálias) ou pouco protegidos (sapatos de pano) acarretam problemas sérios e podem gerar situações perigosas. O sapato deverá ser compatível com o tipo de atividade desenvolvida.

5.4 Óculos de Proteção

Oferecem proteção somente para os olhos. Precisam ser de qualidade comprovada, a fim de oferecer ao usuário visão transparente, sem distorções e opacidade.

5.5 Luvas

As luvas precisam ser de material resistente e compatíveis com as substâncias que serão manuseadas. A tabela abaixo mostra

os tipos de luvas adequados para o manuseio de substâncias químicas.

Quadro A5.1: Tipos de luvas para o manuseio de substâncias químicas.(B – Bom; E – Excelente; NR – Não Recomendado).

Substância	Borracha Natural	Neoprene	PVC	PVA	Borracha Butadieno
Acetaldeído	E	E	NR	NR	NR
Ácido Acético	E	E	NR	NR	B
Acetona	E	B	NR	NR	NR
Benzeno	NR	NR	NR	E	NR
Butanol	E	E	NR	NR	E
Dissulfeto de Carbono	NR	NR	NR	E	B
Tetracloroeto de Carbono	NR	NR	NR	E	B
Clorofórmio	NR	NR	NR	E	B
Formaldeído	E	E	E	NR	E
Ácido clorídrico	B	E	E	NR	E
Metil Etil Cetona	B	NR	NR	NR	NR
Fenol	E	E	B	B	NR
Tolueno	NR	NR	NR	B	NR
Xileno	NR	NR	NR	E	B

Referência: Job-Fitted Gloves and Protective Clothing-Edmont: Becton Dickison and Company citado por CARVALHO, 1999.

5.6 Máscaras faciais

Oferecem melhor proteção pois, além dos olhos, protegem toda face contra os perigos dos respingos de substâncias potencialmente corrosivas e tóxicas.

5.7 Máscaras de proteção respiratória

Antes da utilização de uma máscara protetora, é preciso que primeiramente se conheça as fontes geradores de riscos ambientais. Para cada atividade, um equipamento e filtro específico é necessário (Tabela.A5.2)

Quadro A5.2: Filtros de Máscaras para proteção respiratória e seus agentes contaminantes.

Tipos de filtros	Contaminantes
Branco	Gases e ácidos
Amarelo	Vapores orgânicos e gases ácidos
Verde	Amônia
Marrom	Vapores orgânicos, gases ácidos e amônia
Vermelho	Universal, serve para gases industriais, monóxido de carbono, fumo e fumaças
Branco com listras verdes	Vapores de ácido cianídrico
Branco com listras amarelas	Cloro
Azul	Monóxido de carbono

(fonte: CARVALHO, 1999)

5.8 Gabinetes de segurança química (“capelas”)

São equipamentos importantes que devem estar presentes em todos os laboratórios que utilizam substâncias químicas. Os gabinetes de segurança devem possuir um bom sistema de exaustão, ser de material resistente e, principalmente, compatível com as atividades realizadas, além de ter a tubulação extratora de vapores afixada na parte externa do prédio, a uma altura suficiente para que os vapores gerados sejam lançados o mais longe possível.

Portanto, os equipamentos de proteção individual, mais necessários e freqüentemente usados são os que conferem (BIOSSEGURANCA HOSPITALAR, 2005):



Figura A5.2: Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) (Fonte: www.jmarcante.com.br/images/produtos2.jpg)

Proteção à cabeça:

- Protetores faciais destinados à proteção dos olhos e da face contra lesões ocasionadas por partículas, respingos, vapores de produtos químicos e radiações luminosas intensas;
- óculos de segurança para trabalhos que possam causar ferimentos nos olhos, provenientes de impacto de partículas;
- óculos de segurança, contra respingos, para trabalhos que possam causar irritação nos olhos e outras lesões decorrentes da ação de líquidos agressivos;
- óculos de segurança para trabalhos que possam causar irritação nos olhos, provenientes de poeiras e
- óculos de segurança para trabalhos que possam causar irritação nos olhos e outras lesões decorrentes da ação de radiações perigosas.

Proteção para os membros superiores:

- Luvas e/ou mangas de proteção e/ou cremes protetores devem ser usados em trabalhos em que haja perigo de lesão provocada por:

- a) Materiais ou objetos escoriantes, abrasivos ou perfurocortantes;
- b) Produtos químicos corrosivos, cáusticos, tóxicos, alergênicos, oleosos, graxos, solventes orgânicos e derivados de petróleo;
- c) Materiais ou objetos aquecidos;
- d) Choque elétrico;
- e) Radiações perigosas;
- f) Frio e
- g) Agentes biológicos.

Proteção para os membros inferiores:

- a) Calçados impermeáveis para trabalhos realizados em lugares úmidos, lamacentos ou encharcados;
- b) calçados impermeáveis e resistentes a agentes químicos agressivos;
- c) Calçados de proteção contra agentes biológicos agressivos e
- d) Calçados de proteção contra riscos de origem elétrica.

Proteção do tronco:

Aventais, capas e outras vestimentas especiais de proteção para trabalhos em haja perigo de lesões provocadas por:

- a) Riscos de origem radioativa;

- b) Riscos de origem biológica e
- c) Riscos de origem química.

Proteção respiratória:

Para exposição a agentes ambientais em concentrações prejudiciais à saúde do trabalhador, de acordo com os limites estabelecidos na NR15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2005):

- a) Respiradores contra poeiras, para trabalhos que impliquem produção de poeiras;
- b) Respiradores e máscaras de filtro químico para exposição a agentes químicos prejudiciais à saúde;
- c) Aparelhos de isolamento (autônomo ou de adução de ar), para locais de trabalho onde o teor de oxigênio seja inferior a 18% em volume.

ANEXO 6

Listas de Compostos Comuns em Laboratórios que Podem ser Descartados no Lixo Comum ou Rede de Esgoto

Compostos Orgânicos:

- açúcares, amido, aminoácidos e sais de ocorrência natural
ácido cítrico e seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH₄); ácido láctico e
seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH₄)

Inorgânicos:

- Sulfatos, fosfatos, carbonatos: Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, NH₄
- Óxidos: B, Mg, Ca, Sr, Al, Si, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn
- Cloretos: Na, K, Mg
- Fluoretos: Ca
- Boratos: Na, K, Mg, Ca

NÃO DEVEM SER DESCARTADOS NO LIXO COMUM OU NA REDE DE ESGÔTO.

- a) Hidrocarboneto Halogenado;
- b) composto inflamável em água;
- c) explosivos como azidas e peróxidos;
- d) polímeros que se solubilizam em água formando gel;
- e) materiais que possuem reatividade com a água;
- f) produtos químicos malcheirosos; e
- g) nitrocompostos;

ANEXO 7

Recipientes Adequados para Armazenagem de Produtos
Químicos

EMBALAGENS E RECIPIENTES

(ROMANO, 1996 e JACOVETTI et. Al, 1999 citado por MACHADO e SALVADOR, 2005)

RECIPIENTE COLETOR	UTILIZAÇÃO
A	Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênicos. Utilizar frascos de vidro.
B	Solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênicos. Utilizar frascos de vidro.
C	Resíduos sólidos de produtos orgânicos. Utilizar frascos de plástico.
D	Soluções salinas e de ácidos e bases fracas neutralizados, mantendo o pH entre 5 e 8. Utilizar frascos de vidro e plástico.
E	Resíduos inorgânicos tóxicos, por exemplo, sais de metais pesados e suas soluções. Estes devem ser descartados em frascos resistentes à rompimento, de preferência de plástico e fechado firmemente.
F	Compostos combustíveis tóxicos. Utilizar frascos resistentes ao rompimento com alta vedação e indicação clara de seu conteúdo.
G	Mercúrio e resíduos de seus sais inorgânicos. Utilizar frascos de vidro com alta vedação, evitando a emissão de vapores para o ambiente.
H	Resíduos de sais metálicos regeneráveis, cada metal deve de ser recolhido separadamente. Utilizar frascos

	de vidro com alta vedação.
I	Sólidos inorgânicos. Recipientes plásticos resistentes ao rompimento.
J	Material radioativo. Utilizar recipientes adequados de acordo com a emissão das partículas alfa, beta ou gama, seguir corretamente a legislação do IPEN e normas do CNEN.

COMPATIBILIDADE DE FRASCOS E REAGENTES

Quadro A7.1: Frascos compatíveis com Substâncias Orgânicas

ESPECIFICAÇÕES	TIPO DE RECIPIENTE COLETOR
Solventes orgânicos isentos de halogênios	A
Solventes orgânicos contendo halogênios	B
Reagentes orgânicos relativamente inertes, do ponto de vista químico.	A
Reagentes orgânicos relativamente inertes, do ponto de vista químico, se contiver halogênios.	B
Reagentes orgânicos relativamente inertes, do ponto de vista químico, se contiver resíduos sólidos.	C
Soluções aquosas de ácidos orgânicos.(após neutralizados cuidadosamente com Bicarbonato de Sódio ou Hidróxido de Sódio).	D
Bases orgânicas e aminas na forma associada (para evitar odores, neutralizar cuidadosamente com Ácido Clorídrico/Ácido Sulfúrico diluídos).	A/B
Nitrilos e mercaptanas (Oxidar por agitação durante uma noite, com solução de Hipoclorito de Sódio).	A/B
Nitrilos e mercaptanas – fase aquosa e	D

orgânica (eliminar o excesso de oxidantes com Tiosulfato de Sódio)	
Aldeídos Hidrossolúveis e derivados (transformar em seus derivados de bissulfito utilizando solução concentrada de Hidrogenosulfito de Sódio)	A/B
Compostos organometálicos – fase aquosa (dispersos geralmente em solventes orgânicos sensíveis à hidrólise, são gotejados cuidadosamente sob agitação em n-butanol na capela. Agita-se durante uma noite, adicionando um excesso de água)	A
Compostos organometálicos – fase orgânica	D
Produtos carcinogênicos e compostos combustíveis classificados como “muito tóxicos” ou “tóxicos”.	F
Peróxidos orgânicos identificáveis em soluções aquosas (dissolvidos e desativados com reagentes específicos) – Resíduos orgânicos	A
Peróxidos orgânicos identificáveis em soluções aquosas (dissolvidos e desativados com reagentes específicos) – após reação.	B
Peróxidos orgânicos identificáveis em soluções aquosas (dissolvidos e desativados com reagentes específicos) – soluções aquosas.	D

Halogêneos de ácido (transformá-los em ésteres metílicos. Usar excesso de metanol para acelerar a reação e algumas gotas de Ácido Clorídrico, neutralizando logo em seguida com solução de Hidróxido de Potássio

B

Quadro A7.2: Frascos compatíveis com Substâncias Inorgânicas

ESPECIFICAÇÕES	TIPO DE RECIPIENTE COLETOR
Ácidos Inorgânicos (diluídos em processo normal ou em alguns casos sob agitação em capela adicionando-se cuidadosamente água e neutralizando com Hidróxido de Sódio/Hidróxido de Potássio)	D
Bases Inorgânicas (são diluídas/neutralizadas com Ácido Sulfúrico ou Ácido Clorídrico)	D
Sais Inorgânicos	I
Solução contendo Sais Inorgânicos	D
Soluções e sólidos que contenhas metais pesados (sais de Tálcio e suas soluções devem-se tomar cuidados especiais) – a partir de soluções salinas de Tálcio, pode-se precipitar o Óxido de Tálcio (III) com Hidróxido de Sódio, mantendo o pH na faixa de 6 e 7.	E
Compostos inorgânicos de Selênio / fase aquosa (recupera-se o Selênio elementar oxidando seus sais primeiramente com Ácido Nítrico concentrado, adicione em seguida Hidrogenosulfito de sódio, precipitando o Selênio elementar).	E
Berílio carcinogênico e seus sais	E
Compostos de Urânio e de Tório (respeita-se	J

a legislação em vigor do IPEN e CNEN).	
Resíduo inorgânico de Mercúrio	G
Cianetos (oxida-se os produtos derivados isentos de perigo em solução de Hipoclorito de Sódio, durante uma noite, destruindo o excesso de oxidantes com Tiosulfato de Sódio)	D
Peróxidos Inorgânicos oxidantes como o Bromo e Iodo (são reduzidos com solução de Tiosulfato)	D
Ácido Fluorídrico e as soluções de fluoretos inorgânicos (precipita-se com Carbonato de Cálcio, separando o precipitado) – fase sólida	I
Ácido Fluorídrico e as soluções de fluoretos inorgânicos (precipita-se com Carbonato de Cálcio, separando o precipitado) – fase líquida	D
Resíduos de halogêneos inorgânicos líquidos e reativos, sensíveis a hidrólise. (agita-se em capela com água contendo ferro durante uma noite, neutraliza-se com Hidróxido de Sódio).	E
Fósforo e seus compostos (são facilmente inflamáveis, desativa-se em atmosfera de gás protetor) – fase sólida	I
Fósforo e seus compostos (adiciona-se 100 ml de solução de Hipoclorito de sódio à 5%, que contenha 5 ml de uma solução de	D

Hidróxido de Sódio à 50%, gota a gota em um banho de gelo, precipitando os produtos da oxidação e separando por sucção).

Quadro A7.3: Frascos compatíveis com Metais

ESPECIFICAÇÕES	TIPO DE RECIPIENTE COLETOR
Metais alcalinos e amidos de metais alcalinos (são decompostos em solução de 2-propanol, acelerando a reação com metanol, não esfriar com água, gelo ou gelo seco, deixar em repouso por uma noite, diluir com água e neutralizar com Ácido Sulfúrico).	A
Resíduos que contenham metais preciosos – sólidos	H
Resíduos que contenham metais preciosos – solução	D
Alquilos de Alumínio (sensíveis à Hidrólise)	F

Recipientes adequados para armazenagem de produtos

químicos:

Vidros

São de baixo custo, higiênicas, resistentes ao tempo, calor, ácidos e álcalis. Uma embalagem de vidro bem vedada garante proteção total a qualquer agente externo, com exceção da luz. Por isso, é praticamente insubstituível para alguns produtos ou quando o tempo de armazenagem é muito longo. O inconveniente de permitir a passagem de luz e outras radiações (raios X, ultravioleta, infravermelho), responsáveis pela alteração do produto embalado, é contornado, em parte, pelo emprego de vidros coloridos, obtidos com adição de pigmentos ou matérias-primas impuras. Não se deformam e podem resistir a pressões internas. Suas principais desvantagens são o peso elevado e a fragilidade.

Metais

- Lata de folha-de- flandres

Resiste a altas temperaturas, o que permite a esterilização do produto e sua conservação à vácuo. Oferecem resistência a golpes, corrosão e impermeabilidade, além de fechamento hermético. Não resistem aos produtos ácidos.

São convenientes para embalagem de produtos não-agressivos, como tintas, óleos vegetais e combustíveis, graxas, ceras, produtos de beleza, talco, pós diversos e vários produtos secos.

- Alumínio

O outro metal largamente usado em embalagem é o alumínio. “O alumínio (Al) é obtido através da eletrólise da alumina pura, proveniente do tratamento da bauxita. As impurezas do alumínio são as da bauxita, isto é, o Si e o Fe. De um modo geral, o alumínio, quanto mais puro mais resistente à corrosão”.

Existem, no mercado, três tipos principais de alumínio:

- a) Al 99% - empregado normalmente em carroçaria de ônibus e construção civil;
- b) Al 99,5% - é o mais usado em embalagens, pois apresenta boa resistência à corrosão (biscnagas, latas, folhas finas, etc) ; e
- c) Al 99,8% - empregado na indústria química, onde se deseja excelente resistência à corrosão.

Resistência à corrosão - o alumínio não está sujeito aos fenômenos eletroquímicos da corrosão, como a folha-de-flandres. No caso de embalagem de alimentos, o alumínio tem a vantagem de formar sais incolores e inofensivos.

O aço inoxidável é incompatível com:

- Ácido Bromídrico,

- Ácido Clorídrico,
- Ácido Cloracético,
- Ácido Fluorídrico,
- Ácido Hidrofluorsilício,
- Ácido Sulfúrico 75% e soluções mais diluídas,
- Biclureto de Etileno,
- Bromo,
- Cloreto de Alumínio,
- Cloreto de Cobre,
- Cloreto Férrico,
- Cloreto de Estanho,
- Soluções de Sais Ferrosos

Plásticos

Sujeitos à deterioração: os plásticos se deterioram ante a exposição ao ar ou à luz solar. Não são muito resistentes. Os plásticos empenam, racham e estão sujeitos a se deformarem por fluência.

- Polietileno de baixa densidade (PEBD)

Propriedades: o polietileno é resistente a maioria dos solventes, mas em temperaturas acima de 60°C ele é atacado por alguns hidrocarbonetos aromáticos, óleos e gorduras que levam o recipiente a tornar-se pegajoso por fora, tornando-se necessário checá-lo cuidadosamente antes de usá-lo com este tipo de produtos. O polietileno não é afetado por ácidos e alcalinos, com a possível

exceção do ácido nítrico concentrado quente. O polietileno é uma boa barreira para a umidade, mas ele permite a passagem de gases um tanto facilmente.

- Polietileno de alta densidade (PEAD)

Propriedades: a maioria dos solventes não atacará o polietileno, que por sua vez também não é afetado por ácidos fortes e alcalinos com exceção do ácido nítrico concentrado quente.

- Polipropileno (PP)

Desenvolvimento mais recente da família do polietileno apresenta propriedades similares ao mesmo, mas com menor densidade e maior resistência ao calor. Propriedades: tem boa resistência a ácidos fortes e álcalis, não sendo afetado pela maioria dos solventes a temperatura ambiente, exceto os hidrocarbonetos clorados. Resiste a óleos e graxas e não rompe sob qualquer condição. O PP tem razoável barreira a umidade e gases.

- Poliestireno

Tem, contudo, limitada resistência a quente e à exposição ao tempo, é frágil e sujeito ao ataque de solventes orgânicos. Há uma leve tendência de encolher com o tempo e sob luz forte desbota. Quando o poliestireno está em contato com alguns solventes, ou seus gases, ele trincará e tornar-se-á escuro. Estireno é resistente à ácidos e alcalinos, exceto ácidos oxidantes fortes. Não é afetado por baixos álcoois, ésteres, cetona e hidrocarbonetos aromáticos e clorados.

