

Universidade Estadual de Campinas

Instituto de Química

Departamento de Química Analítica

Metodologia de monitoração de efluentes de
laboratórios: aplicação no Instituto de Química da
Unicamp

Dissertação de Mestrado

Aluno: Jamil da Silva

Orientador: Prof^ª Dr^ª Anne Hélène Fostier

Campinas, 2005

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE QUÍMICA
DA UNICAMP**

Si38m Silva, Jamil da.
 Metodologia de monitoração de efluentes de
 laboratórios: aplicação no Instituto de Química da
 Unicamp / Jamil da Silva. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientadora: Anne Hélène Fostier.

Dissertação – Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Química.

1. Monitoração de efluentes. 2. Efluentes de
laboratório. I. Fostier, Anne Hélène. II. Instituto de
Química. III. Título.

Título em inglês: Methodology for monitoring effluents from laboratories: application in the Chemistry Institute of Unicamp

Palavras-chave em inglês: Waste monitoring, Laboratory waste

Área de concentração: Química Analítica

Titulação: Mestre em Analítica

Banca examinadora: Anne Hélène Fostier, Marco Tadeu Grassi, Jarbas José Rodrigues Rohwedder

Data de defesa: 03/03/2005

“(...) todos os sistemas de pensamento não são meios para um fim, são o próprio fim, e as pessoas são o meio. São apenas hospedeiras do preconceito”.

“O amor é só uma palavra a que as pessoas se agarram como numa palha frágil. O que é amor? Tente imaginar o que se pode querer dizer com essa palavra. Só pequenas emoções disparatadas. Nenhuma realmente grande”.

“Acho que muitas vezes a explicação de uma catástrofe é tão simples que ninguém pensa nela. Diante da violência e das conseqüências complexas de uma catástrofe, as pessoas tendem a lhes atribuir uma causa complicada demais. E na verdade são sempre os fatos mais inofensivos (...) que são realmente complexos. (...) quanto maior a catástrofe, tanto mais simples seu motivo”.

Trechos do livro *Fênix*, de Henning Boëtius, sobre o dirigível *Hindenburg* que explodiu em *Lakehurst*, nos arredores de Nova York, em maio de 1937.

Dedicatória

Ao garoto mais perspicaz,
esperto e adorável que me alegra tanto:
Pedro Murilo Poly

AGRADECIMENTOS

A Deus pela ajuda quando era necessário ser ponderado e calmo.

À professora Anne Hélène pela orientação e oportunidade em trabalhar no projeto.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de S. Paulo) pelo apoio financeiro.

Aos funcionários do Instituto de Química (oficinas, biblioteca, xerox, almoxarifado, segurança, limpeza) pela disposição em ajudar.

Aos amigos de graduação Fernanda e Evandro (EBA, vó Eva...) pelo contato, amizade. Talvez eles nem imaginassem como eram bons os fins de semana na casa deles.

Aos amigos do laboratório D-205 (Éder, Francieli, Gabi, Gustavo, Janaína, Jonas, Kleber, Marcelo, Marcelo *Fofinho*, Paula, Raquel, Regiane Favaron, Regiane Gregório, Silvane e Socorro) e da casa L-3 (Carlinhos, Evandro, Gustavo Robello, Robson, Beto e Léia) pelo bom convívio.

Aos professores da graduação (Adelaide de Almeida, Adalgisa R. de Andrade, Pedro Nowosad, Robert L. Zimmerman, Antonio Cláudio Tedesco, Elia Tfouni, Maurício G. Constantino, Munir S. Skaf, Paulo Olivi, Pietro Ciancaglini, Richard J. Ward, Yassuko Iamamoto, Wagner F. de Giovanni) por tornarem o curso em Ribeirão menos maçante.

Aos professores de pós-graduação (Dalmo Mandelli, Carol Hollingworth Collins, Lauro T. Kubota, M^a do Carmo Gonçalves, M^a Izabel M. S. Bueno, Solange Cadore, Nivaldo Baccan) pela contribuição à minha formação.

À Molina pela amizade e ajuda durante as coletas.

Aos técnicos, professores e alunos dos laboratórios monitorados pela prestatividade em ajudar e no empréstimo de reagentes, especialmente o Gustavo Robello.

Aos meus pais José Carlos e Tereza e minha irmã Jaqueline pelo apoio incondicional, sempre.

Aos professores, coordenadores e diretores das escolas onde lecionei,

especialmente a Juliana e a Andréia por entenderem meus atrasos e faltas. E também aos alunos do Anglo pelas boas conversas e baladas: Dani Lokinha, Lu Franci, Marília, Kelly e Gustavo, pra citar alguns.

À Bete e à Comissão de Segurança pela ajuda durante as coletas fornecendo material, tirando dúvidas.

Às técnicas do laboratório D-205 (Luciane e Vera) e à prof^a. Susanne Rath pela amizade.

À prof^a Carol Collins pela revisão do *abstract*.

Ao professor Luis M. Aleixo (*in memoriam*) pelo agradável convívio no laboratório, pelas saudosas conversas sobre política, futebol ou qualquer outro assunto.

Aos *hermanos* Mónica, Berta, David e Carmen pela amizade e intercâmbioportunhol.

E por fim, a todos os meus amigos, que, apesar da distância em alguns casos, sempre mantiveram contato e me ajudaram de alguma forma: Igor Mantovani, Igor Pereira, William, Paulo de Jesus, Paulo Andrino, Lec, Adriano Esteves, Fabrício, Fábio Milan, Érica, Vânia, Marília, Paulinho, Orliney, Serginho, André Foca, Nicolas, Fabete.

Curriculum Vitae

Nome: Jamil da Silva

Endereço: R: Orlando de Oliveira, 409, V. Carol, 18075-470, Sorocaba/SP.

Email: jams1000@yahoo.com

Formação Acadêmica:

Mestrado em Química – Área: Química Analítica

Título: “Metodologia de monitoração de efluentes de laboratório: aplicação no Instituto de Química da Unicamp”

Instituição: Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade de Campinas

Início: 08/2002 – Término: 03/2005

Graduação - Curso: Química – Habilitação: Bacharelado com Atribuições Tecnológicas e Licenciatura

Instituição: Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Apresentação de trabalhos em eventos de natureza técnico-científica:

Monitoramento de efluentes nos laboratórios do Instituto de Química (IQ) da Unicamp. 1º Fórum das Universidades Públicas Paulistas, São Pedro/SP, Brasil, 18 – 20/05/2003; apresentação em painel; livro de resumos, s/n, 264 p.

Batch and continuous monitoring of chemistry laboratory wastewater. 1st International Symposium on Residue Management in Universities, UFSM, Santa Maria/RS, Brasil, 06 – 08/11/2002; apresentação oral e apresentação em painel; livro de resumos, 168 p.

Monitoração de efluentes de laboratórios de ensino do Instituto de Química/Unicamp. 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas/MG, Brasil, 30/05 a 02/06/2005; apresentação oral e apresentação em

painel; livro de resumos (AB – 018).

Seminários proferidos:

“Resultados de monitoramento de efluentes de laboratório no Instituto de Química”, dia 04/02/2004 para alunos de pós-graduação, Instituto de Química, Unicamp.

“Resultados do monitoramento da rede de esgoto do Instituto de Química”, dia 12/4/2004, apresentada aos alunos de graduação de Química e Farmácia, Instituto de Química, Unicamp.

Formação Complementar:

Iniciação Científica – Laboratório de Síntese Orgânica, Depto de Química, FFCLRP/USP, 08/1996-07/1997. Estudo da Síntese de Anulenos pela reação de Diels-Alder – Orientador: Maurício Gomes Constantino

Iniciação Científica – Laboratório de Síntese Orgânica, Depto de Química, FFCLRP/USP, 08/1997-12/1997. Síntese e Determinação Estrutural de Ciclopentanos Substituídos – Orientador: Maurício Gomes Constantino

Participação do mini-curso “Uso de equipamento e a combate a princípio de incêndio”, realizada no dia 02/04/2004, Instituto de Química, Unicamp.

Participação das atividades teóricas e experimentais, num total de 12 horas, desenvolvidas no III Simpósio de Profissionais do Ensino de Química, Instituto de Química, Unicamp, entre os dias 12 e 13/09/2003

Experiência Profissional:

Professor do Ensino Fundamental e Médio: Secretaria Estadual de Educação de São Paulo desde 02/1999; Colégio Cidade de Itapetininga desde 04/2000.

RESUMO

Metodologia de monitoração de efluentes de laboratórios: aplicação no Instituto de Química da Unicamp

Autor: Jamil da Silva

Orientador: Prof^ª Dr^ª Anne Hélène Fostier

Palavras-chave: monitoração de efluentes, efluentes de laboratório

O Instituto de Química (IQ) da Unicamp possui um total de 64 laboratórios de pesquisa, 7 laboratórios de ensino, uma Central Analítica e uma Planta Piloto. Sabe-se que os laboratórios de ensino de Química Analítica (QA) são os mais críticos em potencial tóxico dos resíduos gerados, devido, sobretudo, aos metais pesados. Quanto aos laboratórios de pesquisa de Química Orgânica (QO), 93% dos resíduos gerados constituem materiais passíveis de incineração ou reciclagem. O trabalho apresentado teve como objetivo geral estabelecer uma metodologia de monitoração para os efluentes de laboratório do IQ da Unicamp. Como objetivos específicos foram estabelecidos e comparados dois métodos de monitoração, um em contínuo (on-line) e um em batelada, para avaliar a qualidade dos efluentes de laboratórios de ensino e pesquisa – de química analítica e de química orgânica; estabeleceu-se uma metodologia de monitoração dos efluentes através da utilização de três parâmetros indicadores da qualidade do efluente: pH, ORP (do inglês *oxidation reduction potential*, potencial de óxi-redução) e condutância; foi realizado ainda um estudo sistemático para correlacionar os parâmetros medidos com os reagentes descartados na pia. A partir dos resultados obtidos, podem-se obter subsídios que enfatizem a importância de uma política de sensibilização quanto ao descarte de resíduos com elevado potencial tóxico na pia, o que ainda é comum em alguns laboratórios, como se observou, mesmo com a existência de galões para descarte dos resíduos.

ABSTRACT

Methodology for monitoring effluents from laboratories: application in the Chemistry Institute of Unicamp

Author: Jamil da Silva

Advisor: Anne H el ene Fostier

Keywords: waste monitoring, laboratory waste

The Chemistry Institute of the State University from Campinas (Unicamp) possesses a total of 64 research laboratories, 7 teaching laboratories, an Analytical Center office and a Plant Pilot. It is known that the teaching laboratories of Analytical Chemistry are the most critical in generating toxic wastes, especially heavy metals. From the research laboratories of Organic Chemistry, 93 % of the generated residues constitute materials that may be general ted led incinerated or recycled. The present work had as general objective to establish a methodology of monitoring the effluents of the laboratories of the Chemistry Institute of Unicamp and as specific objectives to establish and compare two methods of monitoring, one in continuous (on-line) and one batch-wise, to evaluate the quality of effluents from the teaching and research laboratories of analytical and organic chemistry. A methodology of monitoring of the effluents through the use of three quality parameters of the effluent was established, using pH, redox potential (ORP) and conductance. A systematic study was carried out to correlate the parameters measured with reagents discarded in the sinks. From the results, information that was obtained emphasize the importance of sensitization of the problems that arise from discarding toxic residues in the sink, which still common in the some laboratories, as was observed, even through containers are present for discarding such residues.

SUMÁRIO

Índice de Tabelas	xix
Índice de Figuras	xxi
Abreviações	xxv
Capítulo 1: Introdução	1
1.1 - Resíduos: definição e classificação	2
1.2 - Resíduos em universidades	3
1.3 - Gerenciamento de resíduos em universidades	6
1.4 - Legislação e normas	11
1.5 – ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) da Unicamp	14
1.6 – Gerenciamento de resíduos e a monitoração dos efluentes no IQ da Unicamp	16
Capítulo 2: Objetivos	19
2 – Objetivos	20
Capítulo 3: Monitoração de efluentes	21
3.1 - Introdução	22
3.2 – Escolha dos parâmetros de monitoração	22
3.2.1 - pH	24
3.2.2 – Potencial de óxi-redução (ORP)	25
3.2.3 – Condutância elétrica	26
Capítulo 4: Material e Métodos	28
4.1 - Estabelecimento dos padrões de pH, ORP e condutância	29
4.2 - Sistema de monitoração em batelada	30
4.3 - Sistema de monitoração em contínuo	31
4.4 - Características do laboratório de pesquisa de química orgânica	34

4.5 - Características dos experimentos de laboratório da disciplina de química analítica	35
4.6 - Características dos experimentos de laboratório da disciplina de química orgânica	36
4.7 - Periculosidade, manuseio e descarte dos reagentes utilizados	37
Capítulo 5: Resultados	39
5.1 – Limites para condutância e ORP na emissão de efluentes	40
5.2 – Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica empregando equipamento da empresa EMEC	41
5.3 - Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica empregando equipamento da marca Analion®	44
5.4 - Monitoração em batelada do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica	45
5.5 - Monitoração em batelada do efluente do laboratório de ensino de química analítica	47
5.5.1 - Monitoração da aula 1: Preparação e padronização de solução de permanganato de potássio 0,06 mol L ⁻¹	49
5.5.2 - Monitoração da aula 2: Determinação de H ₂ O ₂ em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)	54
5.5.3 - Monitoração da aula 3: Preparação e padronização de solução de tiosulfato de sódio. Determinação de cloro ativo (hipoclorito) em água sanitária	56
5.5.4 - Monitoração da aula 4: Preparação de solução de dicromato de potássio 0,05 mol L ⁻¹ . Determinação de ferro em medicamento	59
5.5.5 - Monitoração da aula 5: Titulação de cálcio com solução de EDTA 0,01 mol L ⁻¹ . Determinação de Ca ²⁺ em água mineral com solução padrão de EDTA 0,01 mol L ⁻¹	62
5.5.6 - Monitoração da aula 6: Titulação de cloreto com solução de nitrato de prata 0,1 mol L ⁻¹ (método de Mohr)	64

5.5.7 - Monitoração da aula 7: Determinação gravimétrica de chumbo por precipitação em solução homogênea (PSH)	65
5.5.8 - Galões previstos para descarte de reagentes	67
5.6 - Monitoração em batelada dos efluentes do laboratório de ensino de química orgânica	67
5.6.1 - Monitoração da aula 1: Extração do óleo essencial da casca de laranja	68
5.6.2 - Monitoração da aula 2: Nitração do fenol	69
5.6.3 - Monitoração da aula 3: Síntese do ciclohexeno via desidratação do ciclohexanol	71
5.6.4 - Monitoração da aula 4: Síntese da ciclohexanona	73
5.6.5 - Monitoração da aula 5: Síntese e purificação por recristalização da acetanilida. Ponto de fusão	74
5.6.6 - Monitoração das aulas 6 e 7: Extrações com solventes reativos e caracterização de alcanos, alcenos, aromáticos e álcoois	76
5.6.7 - Galões previstos para descarte de reagentes	78
5.7 - Monitoração em contínuo (Analion [®]) dos efluentes do laboratório de ensino de química orgânica	78
5.7.1 – Monitoração da aula 8: Síntese do AAS	78
Capítulo 6: Discussão e Conclusões	81
6.1 – Implementação de um sistema de monitoração de efluentes:	82
6.2 – Escolha dos parâmetros de monitoração	83
6.3 – Comparação entre monitoração em contínuo e em batelada	84
6.4 – Conclusões	86
Capítulo 7: Referências bibliográficas	88
7 – Referências bibliográficas	89

Anexos:

Anexo I: MSDS/FISPQ (Ficha Individual de Segurança dos Produtos Químicos utilizados nos laboratórios de ensino monitorados)	101
Anexo II: Ementas das disciplinas experimentais monitoradas no Instituto de Química da Unicamp	147
Anexo III: Tratamento de Acetonitrila. Procedimentos fornecidos pela Comissão de Segurança do IQ da Unicamp destinados ao tratamento do solvente acetonitrila antes do envio à Planta Piloto para recuperação	152

Índice de Tabelas

Tabela 1.1: Quantidade, em L, de solventes, clorados e não clorados, incinerados nos últimos 8 anos pelo IQ da Unicamp	18
Tabela 5.1: Simulações realizadas com detergente (marca Ypê) em água de torneira	41
Tabela 5.2: Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica	42

Índice de Figuras

Figura 4.1: Foto da caixa sifonada (porta-eletrodos) utilizada na monitoração em contínuo	32
Figura 4.2: Foto do dispositivo utilizado na monitoração em contínuo (caixa sifonada dentro da caixa de inspeção dos efluentes de laboratório)	32
Figura 4.3: Foto do equipamento EMEC	33
Figura 4.4: Foto do equipamento Analion [®]	34
Figura 5.1: pH do efluente do laboratório de química orgânica monitorado em contínuo (a) entre os dias 08 e 12/08/2002 com intervalo de 23 min entre as medidas e (b) no dia 07/08/2002 com intervalo de 1 min entre as medidas	43
Figura 5.2: Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de química orgânica com o equipamento Analion [®] . Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	44
Figura 5.3: pH do efluente do laboratório de química orgânica monitorado em batelada	46
Figura 5.4: Monitoração em batelada do efluente do laboratório de química orgânica: (a) valores de ORP e (b) valores de condutância	47
Figura 5.5: Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância das 148 amostras coletadas no laboratório de química analítica.	48
Figura 5.6: Efluente do experimento de preparação e padronização de KMnO ₄ : (a) valores de pH e (b) valores de ORP	50
Figura 5.7: Relação entre ORP e concentração para: (a) H ₂ SO ₄ 2,2 mol L ⁻¹ e (b) permanganato de potássio	51
Figura 5.8: Relação entre ORP e a concentração de ácido sulfúrico 2,2 mol L ⁻¹ misturado a diferentes concentrações de permanganato de potássio	52
Figura 5.9: Variação de ORP em função da concentração para oxalato de sódio	52
Figura 5.10: Valores de condutância para o efluente do experimento de preparação e padronização de KMnO ₄	53

Figura 5.11: Valores de condutância em função de (a) concentração de H^+ ($mol L^{-1}$) e (b) concentração de $KMnO_4$ ($mol L^{-1}$)	54
Figura 5.12: Efluente do experimento para determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%): (a) valores de pH e (b) valores de ORP	55
Figura 5.13: Correlação entre ORP e pH para o experimento de determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)	55
Figura 5.14: Valores de condutância do efluente do experimento para determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)	56
Figura 5.15: Efluente do experimento para preparação e padronização de solução de tiosulfato de sódio e determinação de cloro ativo (hipoclorito) em água sanitária: (a) valores de pH, (b) ORP e (c) condutância	57
Figura 5.16: Variação do pH em função da concentração (a) para o tiosulfato de sódio e (b) para o iodato de potássio	58
Figura 5.17: Variação do ORP a diferentes concentrações para o tiosulfato de sódio	58
Figura 5.18: Efluente do experimento para preparação de solução de dicromato de potássio $0,05 mol L^{-1}$ e determinação de ferro em medicamento (a) valores de pH, (b) ORP e (c) condutância	59
Figura 5.19: Relação entre ORP e concentração para: (a) dicromato de potássio e (b) ácido sulfúrico/ácido fosfórico 1:1	60
Figura 5.20: Relação entre ORP e a concentração de ácido sulfúrico/ácido fosfórico 1:1 misturado a diferentes concentrações de dicromato de potássio	60
Figura 5.21: Efluente do experimento para preparação de solução de dicromato de potássio $0,05 mol L^{-1}$ e determinação de ferro em medicamento: (a) valores de condutância e (b) relação entre condutância e pH	61
Figura 5.22: Efluente do experimento para titulação de cálcio com solução de EDTA $0,01 mol L^{-1}$ e determinação de Ca^{2+} em água mineral: (a) valores de pH e (b) ORP	62
Figura 5.23: Valores de concentração de EDTA em função do ORP	63

Figura 5.24: Valores de condutância do efluente do experimento para titulação de cálcio com solução de EDTA 0,01 mol L ⁻¹ e determinação de Ca ²⁺ em água mineral	63
Figura 5.25: Efluente do experimento para titulação de cloreto com solução de nitrato de prata 0,1 mol L ⁻¹ : (a) valores de pH e (b) ORP	64
Figura 5.26: Valores de concentração em função do ORP para nitrato de prata	65
Figura 5.27: Efluente do experimento para titulação de cloreto com solução de nitrato de prata 0,1 mol L ⁻¹ . Valores de condutância	65
Figura 5.28: Efluente do experimento para determinação gravimétrica de Pb por PSH: (a) valores de pH, (b) ORP e (c) condutância	66
Figura 5.29: Efluente do experimento de extração de óleo essencial da casca de laranja: valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	68
Figura 5.30: Efluente do experimento de reação de nitração do fenol. Valores de: (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	70
Figura 5.31: Efluente do experimento de desidratação do ciclohexanol e preparação do ciclohexeno. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	72
Figura 5.32: Efluente do experimento de síntese de ciclohexanona. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	73
Figura 5.33: Efluente do experimento de síntese de acetanilida. Valores de (a) pH e (b) ORP	75
Figura 5.34: Relação entre a concentração de anidrido acético e pH	75
Figura 5.35: Efluente do experimento de síntese de acetanilida. Valores de condutância	76
Figura 5.36: Efluente do experimento de extração com soluções reativas e caracterização de alcanos, alcenos, aromáticos e álcoois. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	77
Figura 5.37: Efluente do experimento de síntese do AAS. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância	79

Lista de abreviações:

- AAR – Association of American Railroads (Associação dos Ferrovários Americanos)
- AAS – Ácido Acetil-Salicílico
- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
- ACS – American Chemical Society (Sociedade Americana de Química)
- Analion® – Indústria e Comércio de Aparelhos e Sensores
- CADRI - Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais
- CCZ – Centro de Controle de Zoonoses
- CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura
- CESET – Centro Superior de Educação Tecnológica da Unicamp
- Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CG/DEM – Cromatografia à Gás com Detector de Espectrometria de Massas
- CGU – Coordenadoria Geral da Universidade
- CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
- COD – Carbono Orgânico Dissolvido
- COT – Carbono Orgânico Total
- Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- EDTA – Ácido etilenodiaminotetraacético
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EMEC – Electronic Metering Equipment Control (empresa)
- EPA – U. S. Environmental Protection Agency (Agência Americana de Proteção Ambiental)
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
- Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
- FISPQ – Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IQ – Instituto de Química
LD₅₀ – Lethal Dose (dose letal para 50% dos indivíduos)
LIE – Laboratório de Isótopos Estáveis
mcS - microSiemens
MEFS – Micro Extração por Fase Sólida
MMA – Ministério do Meio Ambiente
mPmB – Muito persistente e muito bioacumulativo
MSDS – Material Safety Data Sheet
NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
OD – Oxigênio Dissolvido
OIW - Oil-in-water monitoring club (Clube de monitoração óleo-na-água)
ORP – Oxidation Reduction Potential (Potencial de óxi-redução)
PBT – Persistente, bioacumulativo e tóxico
PGRQ – Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos
pH – Potencial hidrogeniônico
POP – Poluente Orgânico Persistente
PROSAB – Programa de Pesquisa de Saneamento Básico
PSH – Precipitação em Solução Homogênea
PVC – Policloreto de vinila
RSSS – Resíduos sólidos de serviços de saúde
SEMA – Secretaria do Meio Ambiente
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SS – Sólidos em Suspensão
THF – Tetrahidrofurano
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
Unaerp – Universidade de Ribeirão Preto
Unesp – Universidade Estadual Paulista

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

UV/VIS – Ultravioleta/Visível

VOC – Volatile Organics Compounds (compostos orgânicos voláteis)

1. Introdução

1.1 - Resíduos - definição e classificação:

Nos últimos anos têm-se falado com certa frequência sobre resíduos, seu descarte, acúmulo e destino final, no Brasil e no mundo (Jardim, 1998; Bahadir & Bollmeier, 2002).

Resíduo pode ser definido como aquilo que resta, que remanesce; produto parcial; matéria insolúvel que se deposita num filtro ou da qual se retirou um líquido; cinzas ou partículas que restam do objeto calcinado; qualquer substância que sobra de uma operação industrial e que pode ainda ser aproveitada industrialmente ou não; parte de um corpo impróprio para consumo ou utilização; parte líquida ou sólida que não se evapora quando cessa a destilação; resto dos princípios fertilizantes de uma estrumeação ou de outro tipo de adubação após a colheita (Houaiss, 2001). Ou ainda como material considerado sem utilidade por seu possuidor e pode se tornar perigoso através da interação com outros materiais (Unesp, 2002). Entretanto há quem considere resíduo como todo material que pode ser reaproveitado (Berleze *et al.*, 2001).

Os resíduos podem ser classificados em função da sua origem (domésticos, industriais, químicos); do seu estado físico (líquido, sólido, gasoso), de sua natureza (químicos, radioativos, biológicos). A NBR (Norma Brasileira de Regulamentação) 10004 classifica como perigosos os resíduos químicos que pelas suas características de inflamabilidade, reatividade, corrosividade ou toxicidade podem apresentar risco à saúde pública e/ou efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma perigosa (ABNT, 1987). Essa norma classifica ainda os resíduos em inertes ou não inertes, baseados em testes de biodegradabilidade, lixiviação e solubilidade.

O descarte inadequado de produtos químicos, além de trazer riscos ao meio ambiente de maneira geral, pode também acarretar acidentes com seres humanos. Acidentes com produtos químicos ocorrem tanto em locais de trabalho – laboratórios e indústrias – bem como em ambientes domésticos. Dados obtidos pelo Centro de Informações Toxicológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Campos, 2000), no período de 1995 a 1999, mostram que de 10

a 15% dos casos de intoxicação domiciliar ocorrem com produtos químicos comumente utilizados, como perfumes, água sanitária, removedores de esmalte, entre outros. Para agravar, 45% dessas contaminações ocorrem com crianças menores de 4 anos.

Deve-se considerar ainda que o descarte de produtos químicos tóxicos irá degradar um ambiente aquático e, conseqüentemente se a água for consumida pela população, mesmo recebendo tratamento, poderá causar doenças (Moraes & Jordão, 2002). O Conama, em seu artigo 21 da Resolução 20/86, estabelece condições para o lançamento de efluentes nos corpos de água.

Segundo a Constituição Federal do Brasil, “todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e de preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Constituição Federal, 1988).

Devido, principalmente, ao crescimento populacional e desenvolvimento industrial, a geração de resíduos no mundo aumentou consideravelmente (Bendassolli *et al.*, 2001).

1.2 - Resíduos em Universidades

A geração de resíduos químicos em instituições de ensino e de pesquisa no Brasil sempre foi um assunto pouco discutido. A gestão de resíduos gerados é, na maioria das vezes, inexistente pela ausência de um órgão fiscalizador. Com a preocupação da sociedade em relação à questão ambiental, as universidades não podem ignorar sua posição de geradoras de resíduos (Jardim, 1998).

Apesar da química ser uma das ciências básicas mais presentes no nosso cotidiano (indústria alimentícia, farmacêutica, têxtil, etc), ainda é vista de maneira muito negativa pela sociedade em geral (Coelho, 2000). Uma das razões é justamente esta, a de geradora de poluição.

De acordo com o código de conduta da ACS (*American Chemical*

Society), “os químicos têm a responsabilidade profissional de servir ao interesse público e ao bem estar, através dos seus conhecimentos científicos. Os químicos deverão ter cuidados com a saúde e o bem-estar dos companheiros de trabalho, consumidores e da comunidade; deverão compreender e antecipar as conseqüências ambientais do seu trabalho. Os químicos têm a responsabilidade de evitar a poluição e proteger o meio ambiente” (Prado apud ACS, 2003).

Em laboratórios químicos, os resíduos perigosos mais usuais compreendem os solventes orgânicos, os sub-produtos de reações, os reagentes contaminados, degradados ou fora dos prazos de validade, as soluções-padrão, as fases móveis de cromatografia (Unesp, 2002) e metais pesados (Micaroni, 2001). Resíduos de metais pesados (densidade superior a 5 g cm⁻³) (SEMA, 1988), por não integrarem o ciclo metabólico dos organismos vivos, podem se acumular nesses organismos e, por conseqüência, sua concentração aumentar (Rupp, 1996), por isso são qualificados como substâncias bio-acumulativas (Neves, 1980).

Entre os solventes, a acetonitrila, solvente de razoável polaridade e boa miscibilidade em água, é um dos mais utilizados, sobretudo em análises por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) (Ferreira *et al.*, 2001). Entretanto, acetonitrila não pode ser incinerada, pois como conseqüência ocorre o lançamento de cianeto na atmosfera. No IQ há metodologias estabelecidas para tratamento de acetonitrila (consultar Anexo III). Na literatura são descritos procedimentos para a reciclagem de solventes utilizados na cromatografia, incluindo acetonitrila (Stepnowski *et al.*, 2001). Esse solvente pode ainda ser destruído através de POA (Processos Oxidativos Avançados) (Micaroni, 2001), evitando o descarte incorreto ou armazenamento. A oxidação completa da acetonitrila não lança cianeto na atmosfera:



Um resíduo químico é considerado de risco quando listado em

publicações de órgãos de controle, nacionais ou internacionais, ou se enquadra numa das categorias a seguir (Ibilce, 2005):

- resíduos tóxicos são aqueles onde pelo menos um de seus componentes está em concentração igual ou maior que os valores estabelecidos por normas nacionais ou internacionais de resíduos tóxicos. Se o componente tóxico não estiver contido nas normas, mas o valor de LD₅₀ for abaixo de 500 mg kg⁻¹ é considerado como tóxico. Exemplos: acrilamida, brometo de etídio (acima de 10µg mL⁻¹), benzidina, tetracloreto de carbono, resíduos de metais pesados, arsênico, cianeto, azida sódica, etc.

- resíduo inflamável: No caso de líquidos, aqueles que têm ponto de fulgor abaixo de 60°C. No caso de sólidos, aqueles que possam causar incêndio por atrito ou absorção de umidade, ou podem sofrer mudanças químicas espontaneamente, levando a incêndio intenso e persistente. Gases comprimidos inflamáveis ou oxidantes também devem ser incluídos nesta categoria. Ex: hexano, xilol, acetona, benzeno, éter dietílico.

- resíduos reativos ou soluções aquosas de materiais instáveis que sofram mudanças violentas sem detonação, possam reagir violentamente com a água formando misturas potencialmente explosivas ou que possam gerar gases perigosos ou possivelmente letais; ainda se incluem nesta classificação materiais detonantes ou explosivos (UFPR, 2004). Ex: ácido pícrico seco, peróxidos, azidas de metais pesados, nitrato, perclorato ou picrato de amônio, etc.

- resíduo corrosivo: Soluções aquosas que têm pH menor do que 2 ou maior do que 12,5. Exemplos: ácido nítrico, clorídrico ou sulfúrico, solução de hidróxido de amônio, sódio ou potássio, etc. No caso de resíduos reativos ou corrosivos verificar instruções específicas quanto à compatibilidade do resíduo com o material da embalagem.

Devido à incompatibilidade ou toxicidade, alguns resíduos não devem ser

misturados a quaisquer outros em nenhuma circunstância. Estes devem ter recipientes especiais para seu descarte. Pode-se citar: ácido nítrico em concentrações superiores a 40%, ácido perclórico, peróxido de hidrogênio em concentração superior a 52% em peso, resíduos de amianto, etc. A preocupação em diminuir o nível de poluição ou de toxicidade dos produtos químicos deve existir sempre, tornando-os inócuos para permitir o recolhimento e eliminação segura (Cupido, 2004).

Quem manuseia resíduos nem sempre sabe que eles têm os mesmos riscos dos reagentes, pois geralmente as pessoas têm poucas informações (Pitt, 2002). Alguns reagentes podem ser reutilizados (Bahadir & Bollmeier, 2002) ou reciclados e a geração cada vez menor de resíduos e efluentes tóxicos é fundamental (Prado, 2003) para diminuir os riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

O Desenvolvimento Sustentável - progresso industrial que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações a satisfazerem suas próprias necessidades – também deve ser almejado. Algumas instituições de ensino superior já implementaram programas de desenvolvimento sustentável, como a Universidade de Michigan, nos Estados Unidos da América (Shriberg, 2002; Shriberg, 2002) e o Miriam College, em Quezon, nas Filipinas (Segovia & Galang, 2002).

1.3 – Gerenciamento de resíduos em universidades

O gerenciamento de resíduos em universidades visa principalmente minimizar o impacto ambiental causado pelo descarte de rejeitos tóxicos, reduzir os riscos na manipulação e armazenamento dos mesmos e evitar o acúmulo de resíduos passivos, mesmo sabendo que o descarte adequado desses resíduos não é fácil (Baader *et al.*, 2001). Não basta armazenar; na verdade, deve-se

prevenir acúmulo e reduzir quantidades de resíduos produzidos em laboratórios de universidades (Amaral *et al.*, 2001).

No Brasil, esse gerenciamento foi ou vem sendo implementado em várias instituições de ensino e pesquisa, como a Unicamp (Micaroni, 2001), a UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) (Afonso *et al.*, 2003), o CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) na USP de Piracicaba (Bendassolli *et al.*, 2003), a UFPR (Universidade Federal do Paraná) (Cunha, 2001), o campus de Ribeirão Preto da USP (Abreu & Iamamoto, 2003), o campus de São Carlos da USP (Alberguini *et al.*, 2003), o campus de São Paulo da USP (Baader *et al.*, 2001), a UFRGS (Amaral *et al.*, 2001), o campus de Araraquara da Unesp (Universidade Estadual Paulista) (Unesp, 2002), a Unaerp (Universidade de Ribeirão Preto), a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), o CCZ (Centro de Controle de Zoonoses) da Prefeitura de São Paulo, o IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) e o Centro de Pesquisa Pecuária Sudeste da Embrapa (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária).

Com relação à minimização dos impactos ambientais, a mudança de atitudes é primordial (Amaral *et al.*, 2001). Com essa finalidade, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos, no Brasil e no mundo, a saber:

- a implantação de disciplinas para alunos de graduação, de tratamento de resíduos, como *Tratamento de Resíduos Químicos de Laboratórios de Ensino e Pesquisa* (Abreu & Iamamoto, 2003), na USP (Universidade de São Paulo) de Ribeirão Preto, ou projeto no qual os próprios alunos tratam os resíduos por eles gerados em disciplina de Química Geral Experimental no Instituto de Química (IQ) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) (Micaroni, 2001), ou ainda a inclusão da disciplina QG-362, *Química com Segurança*, também no IQ da Unicamp, dividida em dois blocos: o primeiro que trata de assuntos envolvendo segurança em laboratório, como toxicologia, tratamento e descarte de resíduos – incluindo cianeto e solventes usados em cromatografia (Ferreira *et al.*, 2000); e o segundo, experimental, e inclui uso de EPI (Equipamentos de Proteção Individual), combate a incêndio e técnicas de primeiros socorros (Ferreira *et al.*, 2000).

O projeto 'química limpa' na UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) que inclui a introdução de conceitos, no 1º semestre da graduação, como resíduos, insumos, rejeitos, reaproveitamento, custos (Amaral *et al.*, 2000) e toxicidade (Gonçalves & Schifino, 2000). O programa 'Ensino e a Química Limpa' visa ainda o cadastramento de todos os resíduos gerados nos cursos de graduação, facilitando assim a recuperação e reutilização dos mesmos (Falcão *et al.*, 2000), ou também chamado de intercâmbio de resíduos (Amaral *et al.*, 2000). Ou ainda, também na UFRGS, a coleta seletiva de resíduos nas aulas de química orgânica experimental – pensando inclusive na 'inertização' desses resíduos. Além do volume gerado semanalmente, a diversidade dos resíduos era grande, incluindo metais de grande toxicidade, como mercúrio e cromo (Oliveira *et al.*, 2000). Além disso, visão interdisciplinar é uma ferramenta indispensável para despertar no estudante de graduação a importância da preservação ambiental com responsabilidade e atitude ética (Menezes & Faria, 2003; Alberguini *et al.*, 2003);

- divulgação de conceitos como química limpa (Prado, 2003; Lenardão *et al.*, 2003) e desenvolvimento sustentável, ou química sustentável (Segovia & Galang, 2002; Shriberg, 2002). O desenvolvimento sustentável é importante, pois além do aspecto econômico, como a diminuição de gastos com armazenamento e tratamento de resíduos, o aspecto ambiental deve, também, ser levado em consideração (Prado, 2003).

- a segregação e posterior recuperação de produtos químicos (Schneider & Wiskamp, 1994), como a prata, presente em fotografias, geralmente incinerada e as cinzas distribuídas no meio ambiente ou descartadas diretamente no solo (Murphy *et al.*, 1991), constituindo uma futura fonte potencial de poluição (Martins & Abrão, 2000). O cromo, na sua forma trivalente (Cr^{3+}), é reconhecido como elemento essencial no metabolismo de carboidratos e lipídios, entretanto, no estado hexavalente (Cr^{6+}), é classificado como mutagênico e carcinogênico em animais. Por isso, se descartado indevidamente pode se tornar um problema ambiental (Ferreira, 2002). E ainda a recuperação de solventes orgânicos –

depois de previamente separados em halogenados e não-halogenados – através de destilação (Reis *et al.*, 2000; Unicamp, 2004). Os halogenados não podem ser incinerados devido ao lançamento de substâncias de alta toxicidade na atmosfera, como HF, Cl₂ (Altino, 1998), dioxinas ou furanos (Assunção & Pesquero, 1999);

- rotas sintéticas que previnem poluição (Lenardão *et al.*, 2003) ou otimização da síntese, utilizando uma visão integral da mesma para que se reduza o desperdício (Schneider & Wiskamp, 1994);

- a alteração dos compostos utilizados em alguns experimentos de graduação (Micaroni, 2001), substituindo experimentos críticos, evitando o uso de cádmio, mercúrio, arsênio, cromo, cobalto e níquel nos experimentos de química analítica (Schneider & Wiskamp, 1994) e ainda a proibição do uso de solução sulfocrômica (Unicamp, 2004);

- utilização de micro-escala (Brooks *et al.*, 1995; Micaroni, 2000) aliada à busca de experimentos alternativos, de potencial tóxico reduzido;

- a eliminação segura de produtos químicos altamente reativos, como sódio, lítio, magnésio, borohidreto de sódio, hidreto de lítio, hidreto de potássio, hidreto de sódio, considerando suas respectivas incompatibilidades (Lunn & Sansone, 1994);

- a precipitação de sais inorgânicos e posterior incorporação do lodo formado em blocos de concreto (Reis *et al.*, 2000);

- reciclagem total de resíduos de solventes utilizados em CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), especialmente metanol (Stepnowski *et al.*, 2001) e acetonitrila (Ferreira *et al.*, 2000);

- cadastramento de reagentes não utilizados pelos laboratórios, disponibilizado na internet, para posterior doação (Unicamp, 2004);

- quantificação de resíduos radioativos gerados em pesquisas com

isótopos. No LIE (Laboratório de Isótopos Estáveis) do CENA, único da América do Sul a produzir e sintetizar compostos enriquecidos em isótopos estáveis de nitrogênio (^{15}N) e enxofre (^{34}S), já foram realizadas as determinações das concentrações e volumes gerados de NH_3 (aq), NaOH , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e Na_2SO_4 . Da mesma forma foi possível quantificar a geração de H_2S , SO_2 , HCl , CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, LiBr , LiOBr , CuO , Ag° e Cr_2O_3 (Bendassoli *et al.*, 2000).

o uso de tecnologias alternativas como a destruição fotocatalítica, utilizando óxido de titânio e energia solar (Giglio *et al.*, 1995), como já realizado com o azul de metileno (Nogueira & Jardim, 1993) ou acetonitrila (Micaroni, 2001).

- eliminação dos resíduos passivos, os quais correspondem a resíduos que ficam armazenados sem tratamento por muito tempo. Nos dias atuais não há o interesse de manter passivo ambiental nos laboratórios – como fez a Unicamp - tampouco em depósitos espalhados pela universidade (Jardim, 1998).

Nos laboratórios do IQ da Unesp instituiu-se a obrigatoriedade de incluir em todos os projetos de pesquisa a serem desenvolvidos, no todo ou em parte, uma descrição detalhada do tratamento/destinação que será dado aos resíduos químicos gerados em tais projetos (Unesp, 2002). Um dos requisitos para a Fapesp conceder qualquer financiamento (bolsas de graduação ou pós-graduação, projetos de pesquisa) é que haja um parecer favorável da comissão de ética ambiental no caso de pesquisas que envolvam riscos ambientais (resíduos químicos) (Fapesp, 2005).

Há resíduos que podem ser descartados na pia, sem problemas. Para isso devem ser observadas a toxicidade, a inflamabilidade, reatividade e concentração (Unesp, 2002). Dentre os orgânicos é preciso que sejam ainda facilmente biodegradáveis. Como exemplo de materiais que podem ser descartados na pia têm-se os compostos solúveis em água (0,1 ou 0,1 mL/3 mL de água), desde que não tenham ponto de ebulição $<50^\circ\text{C}$ e misturas contendo substâncias pouco solúveis em água em concentrações abaixo de 2% (Silva, 2002). A preocupação com o descarte na água deve existir sempre, pois, a poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características físicas, químicas e biológicas das águas, interferindo na sua qualidade e impossibilitando seu uso para consumo humano (Fellenberg, 1980). Alguns sais inorgânicos, sobretudo de metais alcalinos e alcalinos terrosos, podem ser

descartados até no lixo (Unesp, 2002).

Há várias universidades que também implementaram seu sistema de gerenciamento de resíduos ou mantêm um escritório responsável pelo meio ambiente, saúde e segurança. Nos EUA vale destacar a Universidade do Arizona (*The University of Arizona*, 2004), Universidade de Utah (*University of Utah*, 2004), Universidade da Virgínia (*University of Virginia*, 2004), Universidade Cornell, no Estado de Nova York (*Cornell University*, 2004), Universidade de Michigan (*University of Michigan*, 2004), etc.

1.4 – Legislação e normas:

A gestão de resíduos no Brasil é orientada a partir de normas estabelecidas por diferentes órgãos, dependendo inicialmente do tipo de resíduo. Assim, o gerenciamento dos rejeitos resultantes de atividades envolvendo materiais e equipamentos emissores de radiações ionizantes, por exemplo, são regulamentados e controlados pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear); resíduos biológicos pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e outros resíduos, em geral, pelo Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

Na legislação é possível encontrar a definição para resíduo de agrotóxico (MS, 2005) e normas que incluem transporte, armazenamento e destino final para esses resíduos (Milaré, 1991), tratamento e destinação final de resíduos sólidos de serviços de saúde (RSSS) (Conama, 2001), resíduos sólidos industriais (Fênix Ambiental *apud* NBR, 2005), resolução sobre disposição final de resíduos sólidos urbanos (Conama, 2002), mas nenhuma definição específica para resíduos químicos de laboratório, tampouco uma legislação específica para resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa.

Devido à ausência de legislação específica, são utilizadas algumas normas para classificação, descarte e tratamento de resíduos da legislação que

abrange outros tipos de resíduos. A NBR 10004, por exemplo, classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados. A classificação proposta baseia-se fundamentalmente nas características dos resíduos, em listagem de resíduos reconhecidamente perigosos e em listagens de padrões de concentração de poluentes.

Ainda, segunda esta norma, os resíduos são classificados, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas.

No estado de São Paulo, a destinação dos resíduos químicos perigosos depende da aprovação da Cetesb (Cetesb, 2005). Essa aprovação é formalizada por meio de CADRI (Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais). O gerador deverá submeter a solicitação do CADRI com informações de caracterização qualitativa, estimativa de geração anual de cada resíduo e a destinação pretendida.

Entre as formas de tratamento e destinação de resíduos químicos perigosos citam-se:

- a) tratamento externo para recuperação;
- b) tratamento para descarte;
- c) incineração;

Quando há dúvidas quanto à classificação de resíduos sólidos perigosos através de listagens específicas (MMA, 2005), deverão ser analisados conjuntamente os seguintes fatores:

- Natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
- Concentração do constituinte no resíduo;
- Potencial que o constituinte tem de migrar do resíduo para o ambiente sob condições impróprias de manipulação;
- Persistência do constituinte ou de qualquer produto tóxico de sua degradação tem em degradar-se em constituintes não perigosos considerando-se a velocidade em que ocorre a degradação;
- Extensão em que o constituinte ou os produtos de sua

degradação é capaz de bioacumular-se nos ecossistemas.

A Cetesb disponibiliza em seu *site* (Cetesb, 2005) um ‘manual de produtos perigosos’ que permite a consulta completa de 879 produtos químicos perigosos.

Para eliminação ou destinação dos resíduos, alguns procedimentos devem ser observados. Com relação ao lançamento de efluentes nos corpos de água deve ser consultada a resolução nº 20/86 do Conama, em seu artigo 21, que dispõe sobre a classificação dos corpos de águas superficiais do Território Nacional, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes.

A Comissão das Comunidades Europeias tem um regulamento relativo ao registro, à avaliação, à autorização e à restrição de produtos químicos. O objetivo deste regulamento é avaliar os riscos decorrentes das substâncias e controlá-los de forma adequada. A avaliação da segurança do produto consiste em três fases, a primeira que define os perfis de exposição, a segunda aprofunda a avaliação dos riscos pelo fornecedor e a terceira caracteriza os riscos. Neste mesmo regulamento há um anexo com critérios de identificação das substâncias PBT (persistentes, bioacumulativas e tóxicas), POP (poluentes orgânicos persistentes) ou mPmB (muito persistentes e muito bioacumulativa). São estabelecidos ainda princípios para rotulagem, fabricação e utilização de artigos perigosos (Comissão das Comunidades Europeias, 2003).

Segundo a Constituição Estadual Paulista (Milaré, 1991), a população deve ser informada sobre níveis de poluição, situações de risco de acidentes e presença de substâncias potencialmente nocivas à saúde. E segundo a Constituição Federal, deve-se “controlar (...) o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” a ainda “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino (...) para a preservação do meio ambiente”.

1.5 – ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) da Unicamp

Uma ETE será instalada na Unicamp e utilizará a moderna tecnologia de sistema compacto, com 6400m² apenas. O processo utilizado chama-se “lodo ativado por batelada”, onde depois de formado, com uma aceleração da decomposição, o lodo é tratado química e biologicamente para desinfecção (Unicamp, 2004).

Será uma unidade de tratamento de esgoto destinada à oxidação biológica da matéria orgânica remanescente de decantadores. Os filtros biológicos ou leitos bacterianos são constituídos de cascalho de pedra, ou ainda enchimentos plásticos, onde o despejo que percola pela mesma forma um húmus constituído por um grande número de microorganismos (bactérias, fungos, protozoários, etc.), que são colônias de consistência gelatinosa (Acqua Engenharia, 2004). Existindo matéria orgânica e oxigênio os microorganismos se desenvolvem e são responsáveis pela depuração, através de dois princípios: adsorção (retenção de partículas sólidas do esgoto à superfície gelatinosa) e nutrição seguida de respiração (a matéria orgânica solúvel e insolúvel é transformada em CO₂ e sais minerais).

O processo de lodo ativado é bastante usado no tratamento de efluentes sanitários. O lodo ativado é o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias e outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido. Um lodo de boa qualidade tem 98,5 % de água e 1,5 % de sólidos. O processo consiste em misturar o lodo ativado e o esgoto afluente, misturando-os e aerando-os nos tanques de aeração. Posteriormente ocorre a separação do esgoto tratado e o lodo por sedimentação em decantadores (Acqua, 2004).

Devido à quantidade e diversidade de reagentes utilizados pelo IQ da Unicamp, este Instituto se caracteriza como um poluidor em potencial dos efluentes nesta Universidade, mais talvez que outros institutos. Sendo assim, a monitoração dos resíduos químicos nos efluentes se faz necessária para que não

haja contaminação do lodo ativado gerado na ETE, visto que o lodo poderá ser posteriormente utilizado em reciclagem agrícola em substituição à adubação química (Gonçalves *et al.*, 1999).

A capacidade de certos microorganismos para degradar alguns compostos orgânicos é limitada. Além disso, variações de pH, ou da concentração de poluentes podem inibir ou paralisar o metabolismo (Bertazzoli & Pelegrini, 2002). O tratamento biológico pode ainda, ser inútil quando houver a presença de resíduos que contêm substâncias tóxicas ao processo (pouco biodegradáveis ou não biodegradáveis), como polímeros sintéticos (Angelis *et al.*, 1998) ou compostos aromáticos existentes em pesticidas, por exemplo, (Higarashi & Jardim, 2002).

Os despejos tóxicos podem acarretar inúmeros problemas na operação de uma ETE por lodo ativado (CESET, 2004). Alguns são destacados:

- Formação de espuma negra no tanque de aeração, devido à falta de aeração, condição anaeróbica do esgoto ou lançamento de despejos com elevada toxicidade;
- Formação de espuma branca intensa e agrupada, devido ao lançamento de despejos não-biodegradáveis;
- Entumescimento do lodo, devido ao despejo de carga excessiva de sólidos;

Vale lembrar que após o início de operação da ETE da Unicamp, novos limites de lançamento serão estabelecidos com base na legislação e restrições da ETE (CGU, 2004). Enquanto isso são adotadas as especificações do artigo 21 da Resolução 20 do Conama, de 1986.

1.6 – Gerenciamento de resíduos e a monitoração dos efluentes no IQ da Unicamp

O IQ da Unicamp possui um total de 64 laboratórios de pesquisa e 7

laboratórios de Ensino, uma Planta Piloto e uma Central Analítica. Sabe-se que as disciplinas experimentais de Química Analítica são as mais críticas em termos de potencial tóxico do resíduo gerado (Micaroni, 2001) e que as misturas acetonitrila/água e hexano/acetato de etila são os resíduos orgânicos gerados em maior quantidade no Instituto (Ferreira *et al.*, 2000).

O IQ da Unicamp já dispõe de um sistema de segregação e disposição final de uma série de resíduos gerados localmente desde 1995. Dentro da Unicamp, o IQ se apresenta como um dos potenciais contaminadores de efluentes e geradores de resíduos, em quantidades similares às de uma indústria (em torno de 6,5 t/ano), e que também apresentam alta periculosidade e grande variedade. Esta última característica torna difícil o tratamento dos efluentes já contaminados, e, classifica as universidades como poluidoras em potencial (Afonso, 2003). Por este e outros motivos, é mais sábia a atitude de prevenir a geração de resíduos e segregar individualmente, ao invés de enfrentar o desafio de tratar posteriormente uma complexa mistura de compostos.

Um outro ponto importante para a concepção do sistema de gerenciamento de resíduos é a forma de descarte de resíduos líquidos. A prática mais comum e, na maioria das vezes a mais inadequada, é o descarte nas pias dos laboratórios (Micaroni, 2001). Como o sistema atual de esgoto da Universidade não recebe qualquer tratamento, esses resíduos são despejados *in natura* nos mananciais aquíferos que circundam o campus.

O Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ), implementado no IQ a partir de 1995 e coordenado pela Comissão de Segurança Interna do Instituto tem conseguido equacionar parcialmente o destino final destes resíduos, especialmente com o reaproveitamento de solventes orgânicos. O PGRQ conta também com uma série de ações destinadas a informar e sensibilizar a comunidade do IQ (alunos, técnicos, docentes) sobre o gerenciamento dos resíduos químicos. Entre essas medidas podem ser citadas aulas, palestras e

normas sobre o tratamento correto dos resíduos.

No sentido de aprimorar tal programa, foi criado em 2001 o Projeto Institucional de Tratamento de Resíduos Químicos (FAPESP nº 2001/01215-3). Esse projeto teve como objetivo ampliar e modernizar a infra-estrutura de Tratamento de Resíduos Químicos do IQ da Unicamp. Isto foi feito através de várias frentes como:

- melhoria dos sistemas de coleta e armazenamento dos resíduos;
- implementação de um sistema institucional de reciclagem de solventes, através da Planta Piloto;
- implementação de um sistema para tratamento de resíduos de cianeto gerados nos laboratórios de pesquisa e ensino;
- implementação de um sistema de redução de volume de resíduos sólidos por secagem;
- criação de uma sistemática para descarte dos metais pesados após redução de volume;
- diminuição do consumo de água nos laboratórios de ensino e na planta piloto e diminuição do consumo de energia elétrica na planta piloto;
- implementação de um sistema de minimização na geração de resíduos nos laboratórios de ensino do IQ;
- desenvolvimento de novos processos para destruição de resíduos;
- eliminação do estoque de resíduos passivos (cerca de 11 t).

No IQ da Unicamp há uma norma da Coordenadoria de Pós-Graduação, onde, após a defesa – do mestrado ou doutorado – o aluno e o orientador declaram à Comissão de Segurança do Instituto que destinaram (tratando e/ou descartando) de forma adequada todos os resíduos gerados durante o período do seu trabalho (IQ/Unicamp, 2004), evitando o acúmulo de resíduos, especialmente aqueles sem identificação.

Graças ao PGRQ e à formação - de pessoal técnico, alunos de graduação e pós-graduação – através de cursos e palestras, sabe-se que uma

parte considerável dos resíduos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa no IQ têm sido descartada corretamente; uma parte desses solventes vem sendo destilada e reaproveitada e outra parte vem sendo incinerada desde 1996 (tabela 1.1) (Comissão de Segurança, 2004).

Tabela 1.1: Quantidade, em L, de solventes, clorados e não clorados, incinerados nos últimos 8 anos pelo IQ da Unicamp

Ano	Solventes clorados (L)	Solventes não clorados (L)
1996	1400	2000
1997	1000	1850
1998	400	1540
1999	400	2300
2000	400	4000
2001	1260	4900
2002	1280	4880
2003*	740	2100

Fonte: Comissão de Segurança do IQ da Unicamp

* Referente ao 1º semestre

Os dados apresentados na tabela 1.1 demonstram que uma quantidade significativa de resíduos químicos encontra uma destinação final adequada. Não se pode afirmar, entretanto, que a prática de lançamento de produtos perigosos nas pias dos laboratórios foi completamente eliminada. Tal prática, caso seja verificada, além de ser ambientalmente inaceitável, poderia também prejudicar o funcionamento da futura ETE, justificando assim a monitoração da qualidade dos efluentes de laboratório.

2. Objetivos

2. Objetivos:

O trabalho apresentado teve como objetivo geral estabelecer uma metodologia de monitoração para os efluentes de laboratório do IQ da Unicamp. E como objetivos específicos:

1. Estabelecer uma metodologia de monitoração dos efluentes através da utilização de três parâmetros indicadores da qualidade do efluente: pH, ORP (do inglês *oxidation reduction potential*, potencial de óxi-redução) e condutância.
2. Estabelecer e comparar dois métodos de monitoração: em contínuo (on-line) e em batelada.
3. Avaliar a qualidade dos efluentes de laboratórios de ensino e pesquisa – de química analítica e de química orgânica.
4. Correlacionar os parâmetros medidos com os reagentes descartados na pia.
5. A partir dos resultados obtidos, obter subsídios que enfatizem a importância de uma política de sensibilização quanto ao descarte de resíduos químicos na pia.

3. Monitoração de efluentes

3.1 – Introdução

Define-se como poluição qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal, interferindo na composição da fauna e da flora do meio. A poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características das águas, as quais interferem na sua qualidade, impossibilitando seu uso para consumo humano (Fellenberg, 1980).

Ao longo das décadas de 1970 e 1980 a sociedade começou a se despertar às ameaças a que estaria sujeita se não mudasse de comportamento quanto ao mau uso de seus recursos hídricos (Rodriguez, 1998). No Brasil, estima-se que 65% das internações hospitalares ocorrem devido ao consumo de água contaminada, acarretando principalmente diarreia e hepatite (Veja, 1999). Como agravante, cerca de 84% do esgoto não tratado são despejados nos rios (IBGE, 2000). Há muitos compostos orgânicos encontrados em água de rio com atividade carcinogênica (Gobato & Lanças, 2001).

Apesar do volume de esgoto doméstico lançado ser maior que de efluentes industriais, esses últimos também podem trazer problemas se lançados sem tratamento. Os graves problemas ambientais gerados pelo aumento considerável dos descartes de efluentes industriais, contaminados com metais pesados, nos rios e mares, aliados às leis ambientais cada vez mais rigorosas (Cetesb, 2005) estimularam as pesquisas com relação ao tratamento de água ou efluentes, visando principalmente à obtenção de métodos de baixo custo e mais eficientes.

A monitoração de efluentes, sobretudo industriais, vem se tornando prática comum. Isto ocorre, principalmente para verificar a eficiência dos processos de tratamento ou para atender à legislação.

3.2 – Escolha dos parâmetros de monitoração:

São vários os parâmetros que podem ser utilizados para monitorar a

qualidade de um efluente como temperatura, pH, ORP, turbidez, condutância, entre outros. Esses parâmetros são divididos em três grupos (Cecile *et al.*, 1998):

- diretos: são aqueles aplicados em regulamentações; pode-se citar como exemplo de parâmetro direto a concentração.

- indiretos: em substituição aos parâmetros diretos quando há uma perfeita correlação entre eles; como exemplo de parâmetro indireto pode-se usar a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) ou a DQO (Demanda Química de Oxigênio) em substituição ao COT (carbono orgânico total); ou ainda SS (Sólidos em Suspensão) podem ser usados em substituição a turbidimetria.

- globais: são indicadores, sem correlação com os parâmetros prévios, e dão informações qualitativas acerca das variações ocorridas. Como exemplos, podem-se usar pH, ORP e condutância.

O Conama estabelece no capítulo IV da Resolução 20/86 condições e padrões de lançamentos de efluentes. Dentre esses parâmetros, pode-se citar:

- pH;
- temperatura;
- materiais sedimentáveis;
- vazão;
- óleos e graxas;
- materiais flutuantes;
- parâmetros inorgânicos: arsênio total, bário total, boro total, cádmio total, chumbo total, cianeto total, cobre dissolvido, cromo total, estanho total, ferro dissolvido, fluoreto total, manganês dissolvido, mercúrio total, níquel total, nitrogênio amoniacal total, prata total, selênio total, sulfeto, zinco total, entre outros;
- parâmetros orgânicos: clorofórmio, dicloroetano, fenóis totais, tetracloreto de carbono, tricloroetano, entre outros.

A escolha dos parâmetros é fundamental para se monitorar a qualidade dos efluentes. Os parâmetros diretos e indiretos apesar de serem baratos em termos de investimento e manutenção, e fáceis de serem determinados em laboratório, não foram escolhidos, pois necessitam de um bom conhecimento do

sistema. Como os efluentes de laboratórios universitários são de composição complexa, sobretudo os de pesquisa, devido ao uso de diferentes reagentes diariamente, seria muito difícil a determinação da concentração de diferentes reagentes se fossem descartados ao mesmo tempo. Condutância e pH já foram utilizados como parâmetros de monitoração na indústria (Angelis *et al.*, 1998).

A monitoração em contínuo (on-line) consiste em determinar os parâmetros escolhidos em tempo real. Medidas on-line foram utilizadas e são descritas na literatura. Como exemplo pode-se citar a determinação de poluentes orgânicos usando COT e DQO, entre outros (OIW, 2001). A monitoração com medidas em tempo real de um digestor anaeróbico, com estimativa da demanda química de oxigênio, também já foi realizada (Aubrun *et al.*, 2001). Medidas de monitoração on-line também já foram utilizadas em sistema integrado de tratamento de esgoto, fazendo uso de medidas de COD (carbono orgânico dissolvido) e COT (Häck & Lorenz, 2002).

ORP já foi utilizado como parâmetro para estimar a quantidade de nitrogênio em água residual (Spérandio & Queinnec, 2004). pH, ORP e condutância já foram utilizados em monitoração on-line para o tratamento de efluentes (Vanrolleghem & Lee, 2003), entretanto o uso dos três parâmetros para avaliar a qualidade dos efluentes em uma universidade é pioneiro.

3.2.1 – pH

A definição operacional de pH, isto é, o modo no qual a medida é feita, endossada pelo *National Institute of Standards and Technology* (NITS) e pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) está baseada na calibração direta do medidor com tampões-padrão cuidadosamente prescritos seguido de determinação potenciométrica de pH de soluções desconhecidas (Skoog *et al.*, 2002).

pH pode ser definido como o logaritmo negativo da concentração de H^+ (Harris, 2001).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Considerando a autoprotólise da água $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ e sabendo que a constante de autoprotólise, K_w , é igual a $1,0 \times 10^{-14}$, tem-se:

$$K_w = [\text{H}^+].[\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

Como K_w varia com a temperatura, em água pura, a 25°C , com $[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$, $\text{pH} = -\log (1,0 \times 10^{-7}) = 7,00$. Se a concentração de OH^- é $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, então $[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1}$ e, portanto o $\text{pH} = 11$.

Uma solução é ácida se $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$. Uma solução é básica se $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$. A 25°C , uma solução ácida possui pH abaixo de 7, e uma solução básica possui pH acima de 7.

3.2.2 – Potencial de óxi-redução (ORP):

Em uma reação química do tipo redox, as espécies reduzida e oxidada formam o chamado par redox (Atkins & Jones, 2002). A redução é acompanhada pelo ganho de elétrons e a oxidação pela perda de elétrons.

Uma célula galvânica consiste de dois eletrodos e um eletrólito, um meio condutor iônico, dentro da célula. Como existem muitas células galvânicas e com isso, muitos potenciais de células, é mais simples imaginar cada eletrodo fazendo uma contribuição característica, chamada de potencial padrão de eletrodo (Baccan *et al.*, 1995), que mede a tendência de uma substância em ser reduzida ou oxidada.

Cada semi-reação tem um potencial em Volts, medido em relação a um padrão de referência, que produz potenciais constantes e reprodutíveis, como o eletrodo padrão de hidrogênio.

O potencial de uma célula eletroquímica é a diferença entre o potencial do cátodo e o do ânodo, ou seja, uma medida da energia de um elétron do eletrodo (Skoog *et al.*, 2002). Mede-se o potencial do par redox e potenciais com sinal

negativo indicam substâncias de caráter redutor e potenciais com sinal positivo são substâncias de caráter oxidante.

Eletrodos metálicos como platina, ouro, paládio ou de outros materiais inertes servem como eletrodos indicadores para sistemas de oxidação/redução.

3.2.3. – Condutância elétrica:

A lei de Ohm estabelece que a corrente I (em ampère) que flui num condutor é diretamente proporcional à força eletromotriz aplicada E (em volt) e inversamente proporcional à resistência R (em Ohm) do condutor:

$$I = E/R$$

A recíproca da resistência é chamada condutância, medida em ohm^{-1} ou S (Siemens). A resistência de um material homogêneo de comprimento L e área A é dada por:

$$R = \rho \cdot L/A$$

Onde ρ é a resistividade, propriedade característica do material.

A recíproca da resistividade é a condutividade, κ , medida no Sistema Internacional em $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$. A condutividade de uma solução eletrolítica, a qualquer temperatura, depende somente dos íons presentes e da sua concentração. Quando uma solução de um eletrólito forte é diluída, a condutividade decresce porque menos íons estão presentes por cm^3 da solução que carrega a corrente.

Se toda a solução for colocada entre dois eletrodos com afastamento de 1cm em um frasco que contenha toda a solução, a condutância diminuirá a medida que a solução for diluída. Isto se deve fortemente à diminuição dos efeitos inter-iônicos (no caso de eletrólitos fortes) e a um aumento do grau de dissociação (no caso de eletrólitos fracos).

A condutividade molar, Λ , de um eletrólito é definida como a condutividade devido a um mol:

$$\Lambda = 1000 \kappa/C$$

Onde C é a concentração da solução em mol L⁻¹.

No caso de eletrólitos fortes, a condutividade molar aumenta à medida que a diluição é aumentada, mas parece aproximar-se de um valor limite conhecido como condutividade molar à diluição infinita (Mendham *et al.*, 2002).

De acordo com a lei de diluição de Ostwald, eletrólitos fracos não se dissociam completamente e possuem condutividade menor do que eletrólitos fortes. Com o aumento da concentração o equilíbrio de dissociação é deslocado na direção das moléculas não dissociadas. A lei de diluição de Ostwald é válida para eletrólitos fracos, permitindo desta forma calcular a constante de dissociação.

Esse parâmetro não determina, especificamente, quais íons estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de lançamentos de resíduos iônicos. A condutância da água doce varia entre 30 e 2000 μS (FCTH, 2004).

4. Material e métodos

4.1 - Estabelecimento dos padrões de pH, ORP e condutância:

A escolha dos parâmetros globais - pH, ORP e condutância - ocorreu, pelo fato de além de serem determinados facilmente em laboratório, pois equipamentos para essas medidas são comuns em qualquer laboratório, também é possível realizar a monitoração em contínuo ou em batelada dos efluentes. Entretanto, nos laboratórios de química orgânica, em um eventual descarte de solventes orgânicos, não se espera alterações na condutância.

Os resultados da monitoração dos três parâmetros foram analisados calculando-se a frequência do número de medidas que excederam os valores máximos permitidos.

Para pH, foram observados valores entre 5 e 9, limites estabelecidos pelo artigo 21 da Resolução 20/86 do Conama.

Para o ORP, através do teste T, os limites foram definidos pelo intervalo de confiança (95%) da média de 15 coletas (os valores variaram entre 91,3 a 799 mV) da água de torneira realizadas entre os dias 01/04/2002 e 12/08/2002 em horários diferentes em uma das pias do laboratório D-205 no IQ da Unicamp.

Para a condutância utilizou-se como referência o valor de uma solução de detergente 2 g L⁻¹ de duas marcas diferentes: Ypê lava-louças neutro e *Good Clean*. O valor de 2 g L⁻¹ foi utilizado, pois, segundo o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, elaborado pela Cetesb em 2002, esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg L⁻¹ de detergentes e, indústrias de detergentes lançam efluentes com cerca de 2000 mg L⁻¹ do princípio ativo. Sendo assim, acredita-se que os efluentes dos laboratórios do IQ da Unicamp, tenham, no máximo, a mesma concentração de detergente que uma indústria de detergentes.

4.2 – Sistema de monitoração em batelada:

O procedimento usual consiste em coletar amostras e determinar em laboratório, com uso de padrões, os parâmetros escolhidos. É importante que as coletas e medidas sejam realizadas sempre da mesma maneira, para diminuir as incertezas. Para a monitoração em batelada no laboratório de pesquisa, os efluentes foram coletados durante 15 períodos de cerca de 1h cada um, entre os dias 15 de abril e 12 de agosto de 2002. As coletas sempre ocorreram em período diurno e em dias úteis e os parâmetros de interesse foram determinados em laboratório logo após a coleta. Um galão de 10 L foi colocado na saída da caixa de inspeção e uma alíquota de 100 mL foi coletada todas as vezes que o volume de 10 L era completado. As amostras foram coletadas com intervalo de tempo variando de 2 a 5 min, dependendo da vazão.

No laboratório de ensino, foram monitoradas sete aulas de 4 h cada entre os dias 04 de outubro e 29 de novembro de 2002. A coleta, realizada geralmente na metade final da aula, levava em média 90 min. O galão utilizado tinha 5 L, 10 L ou 20 L, dependendo da vazão; era retirada uma alíquota de 100 mL do galão depois do volume ser completado.

Os equipamentos utilizados para as medidas foram:

- pH/Íon Analyser OP-271 da marca Radelkis[®] com eletrodo de vidro (Ag/AgCl) com dupla junção (ponte salina) para medidas de pH e eletrodo de anel de platina com eletrodo de referência combinado (Ag/AgCl), junção anular de difusão (gel selado) para medidas de ORP.

- Condutivímetro da marca Micronal[®] B331.

Os eletrodos foram calibrados diariamente. Para eletrodos de pH, utilizaram-se soluções tampão pH $7,00 \pm 0,02$ (fosfato de sódio e fosfato de potássio) à 25°C e pH $4,00 \pm 0,02$ (biftalato ácido de potássio) à 25°C da Analyser[®]. Para o eletrodo de ORP utilizou-se solução padrão redox 220 ± 5 mV da Analion[®] (sulfato ferroso amoniacal). Para o eletrodo de condutância utilizou-se padrão de condutividade $1413 \mu\text{S cm}^{-1}$ (cloreto de potássio) à 25°C da Analyser[®]. As

soluções tampão são armazenadas sob refrigeração e retiradas cerca de 1 h antes das coletas, já que o pH do tampão depende da temperatura (Harris, 2001).

4.3 – Sistema de monitoração em contínuo:

Para a monitoração em contínuo, os eletrodos foram colocados em uma caixa sifonada de cerca de 15 cm de altura e 1 L de capacidade (figura 4.1), confeccionado em PVC com tampa de acrílico, e recebendo o efluente da caixa de inspeção (figura 4.2). O condutivímetro e os potenciômetros foram ligados a um computador para o registro das medidas; o intervalo entre duas medidas consecutivas variou entre 30 s e 23 min.

A calibração dos equipamentos foi realizada diariamente, utilizando os mesmos padrões da monitoração em batelada, conforme especificações dos fabricantes.

Os equipamentos utilizados para as medidas foram:

- pHmetro, ORP e condutivímetro, modelo CCS, marca EMEC. A capacidade de medida do equipamento é pH= 0 – 14 ($\pm 0,01$), ORP = 0 - 1999 mV (± 1), Condutância = 0 - 9,99 mS.

- pHmetro AN 2000 microprocessado e eletrodo de vidro com referência combinado (Ag/AgCl), junção anular de difusão (gel selado) para medidas de pH e eletrodo de anel de platina com eletrodo de referência combinado (Ag/AgCl), junção anular de difusão (gel selado) para medidas de ORP, marca Analion[®].

- Condutivímetro modelo C 708, marca Analion[®] com eletrodo em vidro borossilicato e platina.

- Software pHMetro An2000(xp)\AN2000II.exe (Analion, 2000).

Assim como os eletrodos eram calibrados diariamente, o porta-eletrodos também necessitava ser limpo com a mesma freqüência, devido a resíduos que eventualmente ficavam aderidos à superfície do mesmo.



Figura 4.1: foto da caixa sifonada (porta-eletrodos) utilizada na monitoração em contínuo



Figura 4.2: foto do dispositivo utilizado na monitoração em contínuo (caixa sifonada dentro da caixa de inspeção dos efluentes de laboratório)

O equipamento EMEC (figura 4.3) foi o primeiro a ser adquirido para a monitoração em contínuo. Depois de ter ficado cerca de dois meses em teste (entre julho e agosto de 2002) na caixa de inspeção de efluentes do laboratório de pesquisa de química orgânica monitorado, foi devolvido ao fabricante devido a algumas limitações:

O equipamento EMEC era compacto (360 x 260 x 180 mm), pesava cerca de 3,7 kg (EMEC, 2002; EMEC, 2004) e foi instalado em um compartimento de madeira, em área coberta, a cerca de 4 m da caixa de inspeção.



Figura 4.3: foto do equipamento EMEC

Devido a problemas do equipamento EMEC foi adquirido outro equipamento, da empresa Analion[®] (figura 4.4). O equipamento Analion[®] foi utilizado para monitorar o laboratório de pesquisa de química orgânica (o mesmo laboratório antes monitorado com o equipamento EMEC) e também para monitorar o laboratório de ensino de química orgânica.

O equipamento Analion[®] é composto por um pHmetro, um leitor para

ORP, um condutivímetro analógico que serve como interface e outro digital, conectados a um computador. Esse equipamento apresentava dimensões maiores que àquele adquirido anteriormente.

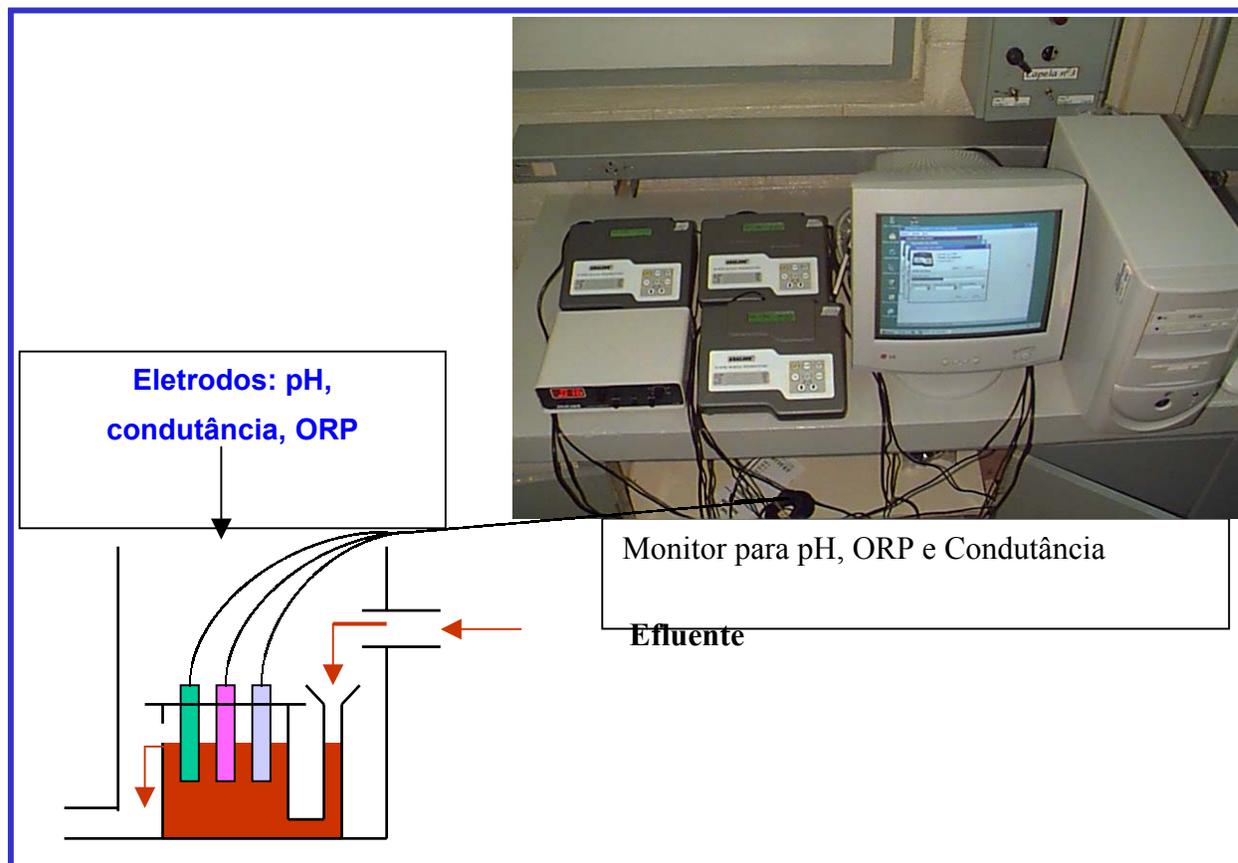


Figura 4.4: foto do equipamento Analion®

4.4 - Características do laboratório de pesquisa de química orgânica:

O laboratório tem cerca de 35 alunos orientados por três professores. As linhas de pesquisa se baseiam no uso ou desenvolvimento de metodologias aplicadas à síntese de produtos naturais com atividade biológica, como fármacos.

Os principais reagentes utilizados pelo laboratório são solventes, sobretudo os halogenados, como clorofórmio e diclorometano. E ainda etanol, acetona, trietilamina, THF (tetrahidrofurano), hexano, tolueno, acetato de etila, éter

etílico, entre outros.

São ainda utilizados alguns sais, como sulfato de sódio, sulfato de magnésio e cloreto de magnésio. Vale destacar também o uso de organometálicos, especialmente a base de paládio, bismuto e ósmio, e hidretos, como de cálcio e sódio.

4.5 – Características dos experimentos de laboratório da disciplina de química analítica:

A disciplina QA-213 (Química II) é oferecida a alunos do curso de graduação em Engenharia de Alimentos. A ementa da disciplina é: *Introdução à análise qualitativa. Fenômenos de equilíbrio. Técnicas gerais de análise qualitativa. Separação e classificação de cátions e ânions. Introdução à análise quantitativa. Amostragem. Tratamento dos dados analíticos. Técnicas gerais de análise quantitativa. Volumetria (de neutralização, de óxido-redução, de complexação).*

Os reagentes utilizados durante as aulas monitoradas foram: permanganato de potássio, oxalato de sódio, ácido sulfúrico, água oxigenada 20 volumes, tiosulfato de sódio, hipoclorito de sódio (água sanitária), iodato de potássio, dicromato de potássio, ácido fosfórico, EDTA, nitrato de prata, cromato de potássio, nitrato de cromo, iodeto de potássio e bromato de potássio.

Sete aulas foram monitoradas:

Aula 1: Preparação e padronização de solução de permanganato de potássio $0,06 \text{ mol.L}^{-1}$.

Aula 2: Determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%).

Aula 3: Determinação de cloro ativo (hipoclorito) em água sanitária.

Aula 4: Preparação de solução de dicromato de potássio $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$.

Aula 5: Titulação de cálcio com solução de EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

Aula 6: Titulação de cloreto com solução de nitrato de prata $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

(método de Mohr).

Aula 7: Determinação gravimétrica de chumbo por PSH (Precipitação em Solução homogênea).

4.6 – Características dos experimentos de laboratório da disciplina de química orgânica:

A disciplina QO-422 é oferecida a alunos dos cursos de Engenharia Química. A ementa da disciplina é:

Segurança no laboratório;

Técnicas de laboratório usadas em Química Orgânica: recristalização, ponto de fusão, destilação, extração com solventes;

Diferenciação entre hidrocarbonetos;

Obtenção de Alceno;

Obtenção de éter simétrico;

Obtenção de Haleto de alquila;

Obtenção de éster;

Reações de caracterização;

Condensação aldólica;

Polímeros;

Introdução à cromatografia;

Introdução à espectroscopia de absorção.

Os reagentes utilizados nestes experimentos foram: ácido salicílico, anidrido acético, ácido fosfórico concentrado, diclorometano (cloreto de metileno), sulfato de sódio anidro, fenol, ácido nítrico concentrado, carvão ativo, clorofórmio, metanol, Celite[®], hexano, acetato de etila, ciclohexanol, cloreto de sódio, bicarbonato de sódio 10%, sulfato de magnésio anidro, ciclohexeno, água de bromo (Br₂ 1%), tetracloreto de carbono, permanganato de potássio 0,5%, ácido sulfúrico 1 mol L⁻¹, ácido sulfúrico concentrado, dicromato de sódio, ácido oxálico, benzaldeído e 2,4 dinitro-fenil-hidrazina.

Foram monitoradas oito aulas:

Aula 1: Extração do óleo essencial da casca de laranja.

Aula 2: Reação de nitração do fenol.

Aula 3: Reação de desidratação do ciclohexanol. Preparação do ciclohexeno.

Aula 4: Síntese da ciclohexanona.

Aula 5: Síntese da acetanilida.

Aula 6: Experimento com soluções reativas

Aula 7: Reação de identificação de alcanos, alcenos e aromáticos.

Aula 8: Síntese do AAS (ácido acetil-salicílico).

4.7 - Periculosidade, manuseio e descarte dos reagentes utilizados:

São apresentadas no Anexo I informações sobre periculosidade e riscos no manuseio e descarte dos reagentes químicos utilizados nos experimentos monitorados. As informações foram obtidas nos *websites* das empresas que fornecem estes reagentes. São as Fichas de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ), em português, ou *Material Safety Data Sheet* (MSDS), em inglês.

Estas informações incluem a identificação do produto, composição, identificação quanto a riscos, medidas de primeiros socorros, medidas em caso de incêndio, medidas a serem tomadas no local em que ocorreu o acidente, manejo e armazenagem, uso de equipamento de proteção individual, propriedades físicas e químicas do produto, estabilidade e reatividade - incluindo incompatibilidade com outros reagentes, informações toxicológicas e ecológicas, considerações quanto à disposição, informações sobre transporte e regulamentação.

A consulta dessas fichas é importante por não existir uma padronização para o descarte de todos os reagentes.

O *site* do Departamento de Química da UFPR (UFPR, 2004), através de

seu Sistema de Segurança, divulga uma lista com substâncias inflamáveis, toxicologia química, produtos perigosos.

Algumas dessas informações também são encontradas em livros à venda no mercado. Alguns são bastante específicos, como o que inclui 3900 substâncias listadas pela EPA (*U.S. Environmental Protection Agency*) como tóxicas (AAR, 1987) ou o que inclui as 220 substâncias mais comumente envolvidas em acidentes no Canadá (Environment Canada, 1984).

Segundo o MTE (Ministério do Trabalho e Emprego), os limites de tolerância a um determinado reagente químico, ou seja, a intensidade máxima relacionada à natureza e ao tempo de exposição ao agente, não deve causar danos a quem trabalha em laboratório (MTE, 2004).

Segundo Singley deve-se saber diferenciar sempre entre os termos 'perigo' (*hazard* em inglês) e 'risco' (*risk* em inglês). Normalmente usados como sinônimos quando as pessoas falam sobre toxicidade, perigo é definido como o potencial a produzir dano, prejudicial, que faz mal. A magnitude desse dano se iguala à gravidade das conseqüências esperadas. O risco mede a magnitude do perigo acontecer pela probabilidade dele ocorrer (Crosby, 1998). Em outras palavras, perigo é qualitativo e risco é quantitativo.

5. Resultados

5.1 – Limites para condutância e ORP na emissão de efluentes

Para o pH, a legislação brasileira apresenta limites para emissão de efluentes em corpos d'água (CONAMA, resolução 20/86), entretanto para ORP e para condutância, não há limites estabelecidos. Várias substâncias susceptíveis de modificar significativamente estes parâmetros podem estar presentes na água de torneira em concentração variável. É por exemplo o caso do cobre e ferro provenientes das tubulações, ou ainda do cloro residual proveniente do tratamento para desinfecção da água. Com a finalidade de se detectar variações anormais de condutância e de ORP no efluente, calculou-se o valor médio da condutância e do ORP da água de torneira em 15 amostras coletadas em 15 dias diferentes. A torneira era deixada aberta durante alguns minutos antes de se realizar a coleta para evitar coletar água que estivesse há algum tempo na tubulação e, portanto, apresentar maiores concentrações de alguns elementos constituintes das tubulações.

A água de torneira foi utilizada como referência, pois caso nenhum reagente fosse descartado indevidamente na pia, o efluente seria composto apenas por água de torneira. No entanto, o detergente utilizado com frequência pela maioria dos laboratórios influencia diretamente na condutância e no ORP, devido à sua composição química, que inclui sais inorgânicos como sulfato de sódio e sulfato de magnésio e tensoativos. Os tensoativos são moléculas anfifílicas caracterizadas por possuírem ambas as regiões estruturais hidrofílica e hidrofóbica, que dinamicamente se associam espontaneamente em solução aquosa a partir de uma determinada concentração, denominada concentração micelar crítica (CMC). Geralmente, em solução aquosa, as moléculas do tensoativo agregam-se formando uma esfera com caudas hidrofóbicas voltadas para o seu interior e os grupos hidrofílicos, ou carregados, voltados para fora (Moraes & Rezende, 2004). Acima da CMC, as moléculas do tensoativo formam grandes agregados moleculares de dimensões coloidais (as micelas), que podem seqüestrar várias espécies químicas presentes no meio, por exemplo, íons metálicos como cobre e ferro, e, portanto influenciar diretamente no valor de ORP.

Assim, mediu-se o pH, ORP e a condutância de uma solução de detergente, em diferentes concentrações, de duas marcas diferentes. Na tabela

5.1 estão os dados dos parâmetros medidos do detergente da marca *Ypê*. Por ser mais viscoso que o detergente da marca *Good Clean*, o detergente *Ypê* apresenta uma quantidade de cloreto de sódio maior e com isso, os valores de condutância também são maiores. Considerando que a concentração de 2 g L⁻¹ deve corresponder, aproximadamente, a um máximo do que pode ser encontrado em um efluente de laboratório (vide capítulo 4.3), a condutância máxima do efluente deveria ser de 298 µS. As medidas com os detergentes foram realizadas entre os dias 11 e 18/08/2004, em triplicata.

Para o ORP, calculou-se o valor médio de ORP da água de torneira das 15 amostras coletadas com intervalo de confiança da média com 95% de probabilidade (teste T). Assim, se o efluente for composto exclusivamente por água de torneira, foi sugerido que o ORP poderia variar entre 171 e 393 mV.

Tabela 5.1: Simulações realizadas com detergente (marca Ypê) em água de torneira

Concentração (g L⁻¹)	pH	ORP (mV)	Condutância (µS)
0	8,18 ± 0,11	218,2 ± 41,5	234 ± 6
0,5	7,93 ± 0,06	192,8 ± 7,3	239 ± 2
1	7,77 ± 0,03	183,0 ± 7,0	251 ± 1
2	7,67 ± 0,03	182,1 ± 9,8	285 ± 13
3	7,55 ± 0,05	185,0 ± 1,3	292 ± 5
4	7,46 ± 0,03	188,8 ± 0,8	306 ± 4
5	7,39 ± 0,04	189,8 ± 1,0	325 ± 6

5.2 – Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica empregando equipamento da empresa EMEC

Na tabela 5.2 estão os valores da monitoração em contínuo com equipamento da empresa EMEC realizado em diferentes dias, horários e intervalos entre as medidas.

Tabela 5.2: Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica:

Intervalo (min)	Hora	Dia	Nº total de medidas	Nº de medidas com pH < 5,0 ou pH > 9,0		Freqüência (%) pH <5 ou >9
1	09:13 – 13:23	07/08	250	0	18	7,2
1	13:06 – 16:03	14/08	172	0	10	5,8
1	14:29 – 17:02	30/07	157	8	0	5,1
1	10:23 – 14:13	12/08	230	4	0	1,7
2	14:17 – 18:25	06/08	125	1	0	0,8
3	08:03 – 13:30	06/08	108	0	0	0
3	20:15 – 23:57	02-05/8	75	0	0	0
4	18:27 – 08:50	06-07/8	221	0	0	0
5	13:28 – 09:48	07-08/8	245	1	1	0,8
10	00:01 – 14:33	31/07	89	0	0	0
10	00:03 – 10:03	02/28	61	0	0	0
10	10:23 – 17:23	02-05/8	48	1	0	2,1
15	19:18 – 09:33		250	1	1	0,8
23	11:22 – 10:23	08-12/8	251	0	2	0,8

■ : Monitoração em período noturno

Os resultados da tabela 5.2 mostram que os valores de pH foram excedidos com uma freqüência maior quando o intervalo de tempo entre duas medidas diminui.

Para as medidas de pH do efluente do laboratório de orgânica com o monitoramento em contínuo e intervalo entre as medidas de 23 min (figura 5.1 a), a freqüência de valores excedidos foi de 0,8%.

Para o intervalo entre as medidas de 1 min (figura 5.1 b), a freqüência de valores excedidos foi de 7,2%, ou seja, durante cerca de 17 min, os valores ficaram fora dos limites estabelecidos. Entretanto, neste caso, deve ser notado que o perfil dos valores de pH registrados (brusco aumento de pH até 12, seguido de um lento retorno até pH 8), pode ser ligado ao tempo de residência do efluente na caixa sifonada, na qual foi colocado o eletrodo. Desta maneira, pode ter ocorrido um único lançamento de uma solução com pH > 12, a qual permaneceu durante aproximadamente 17 minutos na caixa sifonada, sendo lentamente diluída

pelo aporte de água na mesma. Desta maneira, para a monitoração em contínuo, parece mais adequado avaliar o número de descartes em função do número de picos acima do limite estabelecido, do que pela freqüência de valores registrados acima deste limite.

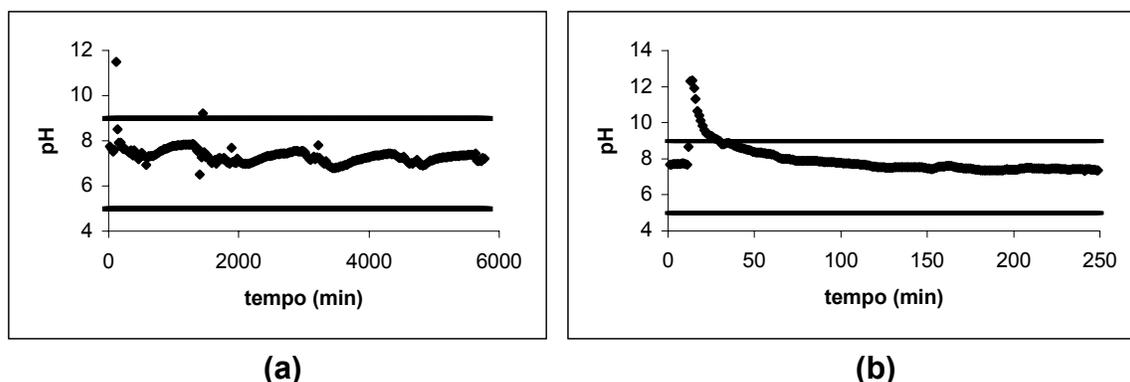


Figura 5.1: pH do efluente do laboratório de química orgânica monitorado em contínuo: (a) entre os dias 08 e 12/08/2002 com intervalo de 23 min entre as medidas e (b) no dia 07/08/2002 com intervalo de 1 min entre as medidas

Não há valores de ORP e condutância para a monitoração em contínuo, pois o equipamento da EMEC se mostrou ineficaz, apresentando as seguintes limitações:

- não fornecia valores de ORP negativos, portanto nem sempre era possível detectar o descarte de substâncias de caráter redutor, que diminuem o valor de ORP;

- os valores de condutância eram fornecidos apenas em miliSiemens (mS) e não em microSiemens (μ S). Com isso, o descarte de pequenas quantidades de substâncias condutoras e/ou o descarte de substâncias que apresentam condutância baixa em água dificilmente seriam percebidos;

- capacidade de armazenamento de apenas 255 dados, impedindo a realização de monitorações mais longas, como em fins de semana;

- *software* não compatível com algum programa de tratamento de dados, como Excel ou Origin. Devido a isso, os dados tinham de ser re-digítados em laboratório, aumentando o tempo.

5.3 – Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica empregando equipamento da marca Analion®:

O mesmo laboratório de pesquisa orgânica monitorado anteriormente pelo equipamento da EMEC voltou a ser monitorado, desta vez com o equipamento Analion®, em 5 dias e horários alternados entre os dias 07/02/2004 e 18/02/2004. A freqüência entre as medidas variou entre 30 s e 2 min.

Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se nas figuras 5.2a, 5.2b e 5.2c, respectivamente.

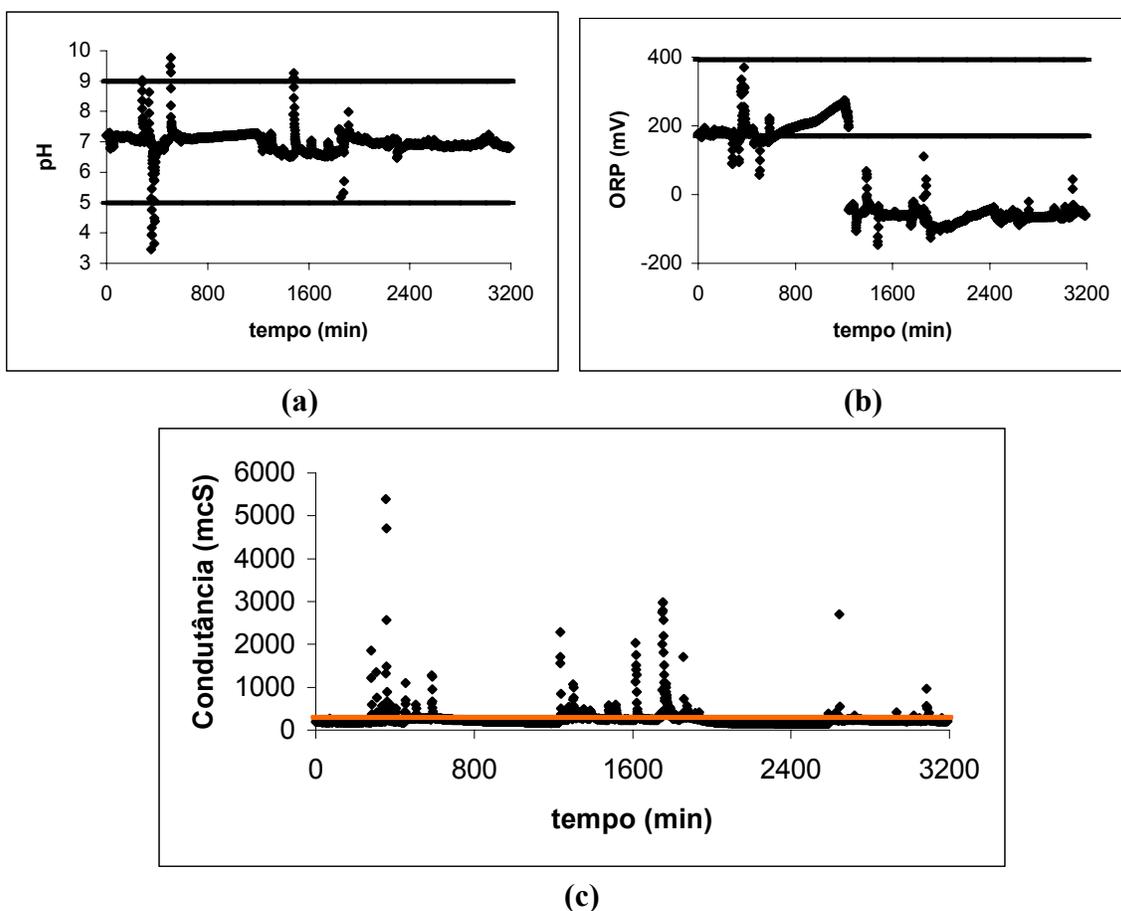


Figura 5.2: Monitoração em contínuo do efluente do laboratório de pesquisa de química orgânica com o equipamento Analion®. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Cerca de 0,5% dos valores de pH (figura 5.2a) encontram-se fora dos limites permitidos, alternando o descarte de efluente com pH ácido (8 das cerca de

3200 medidas) e efluente com pH alcalino (7 das medidas). Entretanto, devido ao tempo de residência do efluente na caixa sifonada, deve também ser considerado que uma sucessão de medidas de pH fora dos limites pode corresponder a um único evento de lançamento de uma solução com valor de pH fora dos limites. Desta maneira, entre os dias 07/02/2004 e 18/02/2004, teria ocorrido três eventos de lançamento indevido na pia do laboratório monitorado.

Para os valores de ORP (figura 5.2b), todos os valores que estão fora dos limites permitidos, cerca de 69%, encontram-se abaixo de 171 mV, caracterizando um efluente de caráter redutor.

Quanto aos valores de condutância (figura 5.2c) há cerca de 10% dos valores fora do limite permitidos. Assim como já mencionado, o número de descartes na pia durante o período de monitoração pode ser melhor avaliado pelo número de picos acima do limite estabelecido. No caso da figura 5.2c foram detectados pelo menos 12 descartes. A condutância poderia ter aumentado devido ao descarte de algum ácido, base ou sais, esses utilizados com freqüência pelos laboratórios para retirar água de solventes.

5.4 Monitoração em batelada do efluente do laboratório de pesquisa de síntese orgânica

Os valores de pH da monitoração em batelada do laboratório de pesquisa de química orgânica, com intervalo entre as medidas de 2 a 5 min, encontram-se na figura 5.3. A freqüência de valores que excedeu os limites máximos permitidos foi de 0,8%. Na Figura 5.3, observa-se que após a aparição de um ponto a pH 4, houve um aumento progressivo dos valores de pH nas três amostras seguintes. Este perfil tende a indicar que um resíduo com pH inferior ou igual a 4 foi lançado na pia e lentamente diluído pela água da torneira, sendo recolhido em vários galões em concentrações decrescentes.

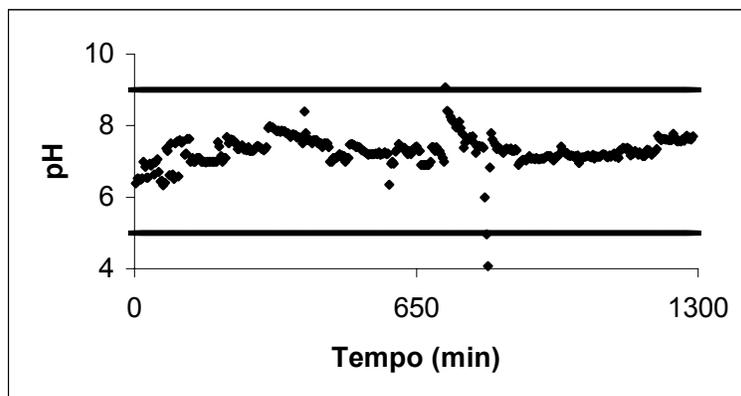


Figura 5.3: pH do efluente do laboratório de química orgânica monitorado em batelada

A monitoração do ORP, por amostragem em batelada, forneceu valores entre $-235,3$ e $467,4$ mV (figura 5.4a), o que corresponde a mais de 75% dos valores fora dos limites permitidos. Os valores mostram uma alta frequência de resíduos com caráter redutor. O descarte de hidretos utilizados, por exemplo, para remover água de solventes pode estar ocorrendo de forma indevida na pia.

Alguns produtos químicos altamente redutores podem ser degradados permitindo que reajam com a água de forma controlada e, posteriormente, descartados em pia. Entre estes produtos incluem o hidreto de lítio e o LiAlH_4 (hidreto de lítio alumínio). No caso do LiAlH_4 , depois da adição de água deve ser adicionada solução de hidróxido de sódio 15% com agitação em banho de gelo (Lunn & Sansone, 1994). Outros podem ser reagidos com álcool. Este procedimento pode ser usado para hidreto de potássio e hidreto de sódio que reagem com butanol. Borohidreto de sódio é relativamente estável em água. Deve-se diluir até que sua concentração não exceda 3%. Adicionar então ácido acético em atmosfera de nitrogênio. Hidreto de sódio ou hidreto de potássio devem ser degradados com iso-octano seco sob atmosfera de nitrogênio e em seguida álcool n-butyl e por fim água fria (Lunn & Sansone, 1994).

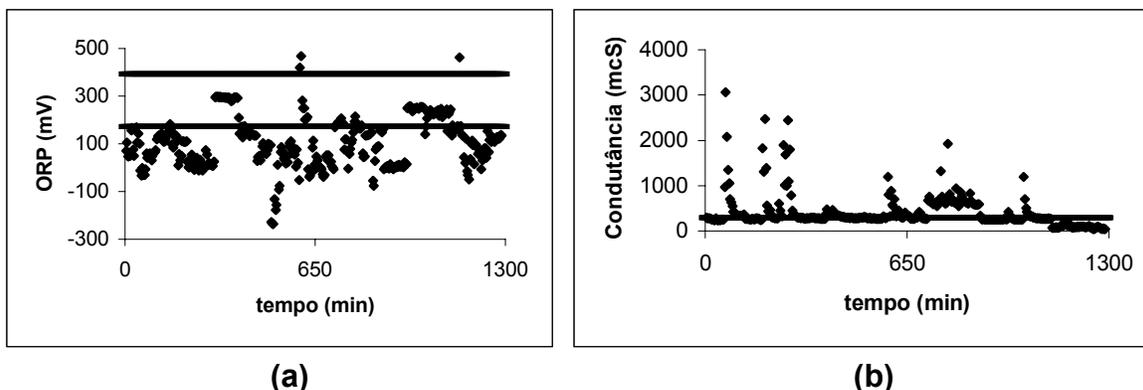


Figura 5.4: Monitoração em batelada do efluente do laboratório de química orgânica: (a) valores de ORP e (b) valores de condutância

Os valores de condutância do efluente (figura 5.4 b), através da monitoração em batelada, variaram entre 36,2 e 3060 μS , ou seja, cerca de 42% dos valores estavam fora dos limites permitidos, sugerindo que, além dos hidretos que eventualmente podem ter sido descartados, alguns sais, como, por exemplo, sulfato de magnésio, utilizados com freqüência pelos laboratórios de química orgânica podem ter sido descartados indevidamente, aumentando assim a condutância do efluente. Assim como na monitoração em contínuo, o perfil de picos no registro da condutância se deve provavelmente a um efeito de diluição, mostrando que no período monitorado, o lançamento de soluções com alta condutividade deve ter ocorrido pelo menos seis vezes.

5.5 – Monitoração em batelada do efluente do laboratório de ensino de química analítica:

Monitorou-se o laboratório de ensino de química analítica durante sete aulas práticas, entre os dias 04 de outubro e 29 de novembro de 2002 (a caixa de inspeção correspondia a um dos dois conjuntos de bancadas do laboratório). Eram 69 alunos ao todo.

Para coleta do efluente, utilizaram-se galões de 5, 10 ou 20 L, dependendo da vazão no momento da coleta. No total coletaram-se 148 amostras. Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se respectivamente nas figuras 5.5 a, 5.5 b e 5.5 c.

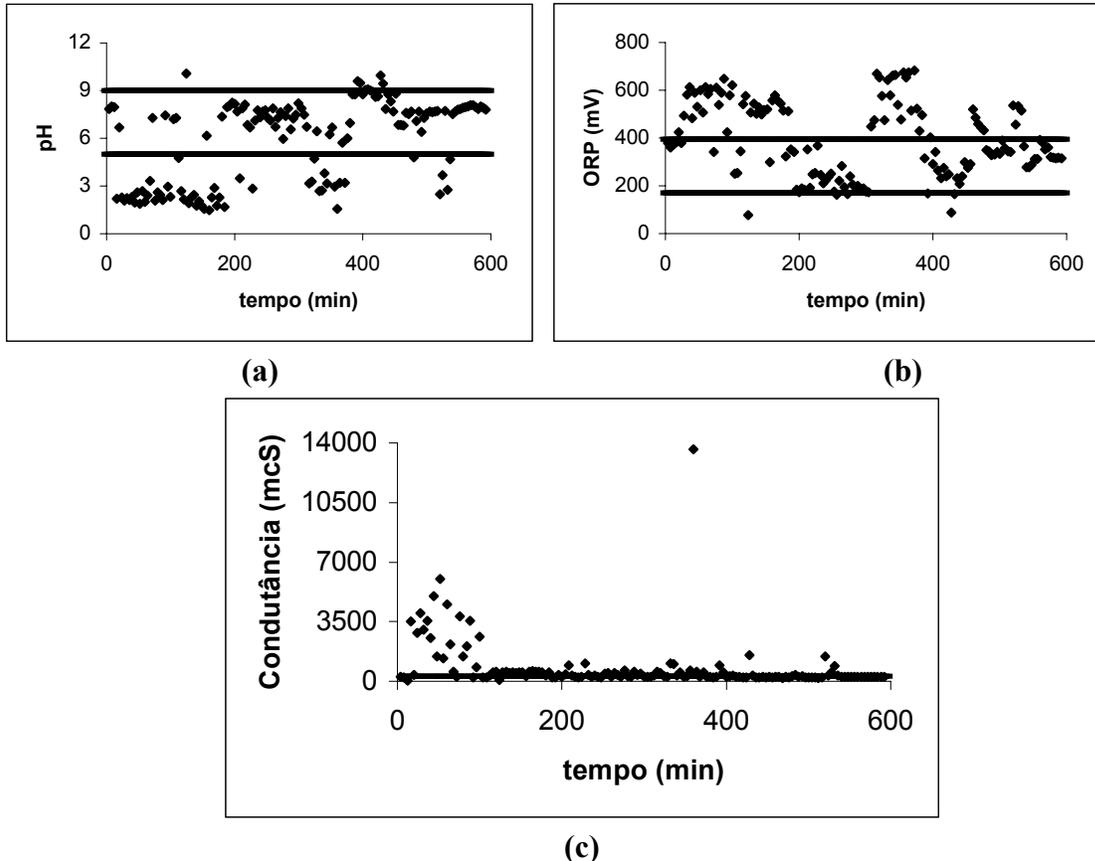


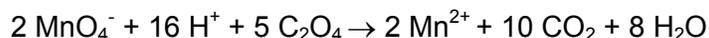
Figura 5.5: valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância das 148 amostras de efluente coletadas no laboratório de química analítica

Há uma frequência grande de valores de pH abaixo dos limites permitidos (figura 5.5a), sobretudo nas primeiras coletas, indicando o descarte de substâncias ácidas. Quanto aos valores de ORP (figura 5.5b), há uma frequência de valores acima dos limites estabelecidos, indicando o descarte de substâncias de caráter oxidante. Para a condutância (figura 5.5c), a maioria dos valores acima do estabelecido também se encontra nas primeiras coletas, indicando o descarte de substâncias condutoras.

Cada uma das aulas monitorada será apresentada e discutida separadamente.

5.5.1- Monitoração da aula 1: Preparação e padronização de solução de permanganato de potássio 0,06 mol L⁻¹

Na 1ª aula monitorada foi realizado o experimento de preparação e padronização da solução de permanganato de potássio 0,06 mol L⁻¹. A padronização foi realizada com oxalato de sódio e ácido sulfúrico 2,2 mol L⁻¹ (1:8 v/v). A reação envolvida na padronização é:

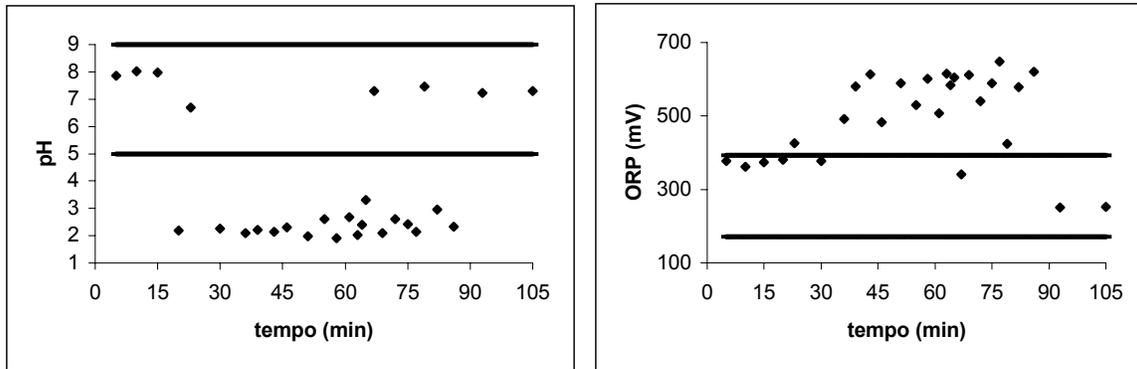


A monitoração foi realizada durante cerca de 105 min. Coletaram-se 27 amostras a uma vazão média de 2,6 L min⁻¹. Ao todo 19 medidas de pH, cerca de 70%, estavam fora dos limites permitidos (figura 5.6a). Somando os volumes de todos os galões que apresentaram pH inferior a 5, calculou-se que o despejo indevido de soluções nas pias resultou na formação de aproximadamente 190 L de efluentes com valor médio de pH igual a 2. Este valor corresponde à metade do volume resultante de despejos indevidos nas pias, já que as amostras foram coletadas em uma caixa de efluentes onde só eram lançados os efluentes de duas das quatro bancadas. Portanto, foi possível estimar que apenas nesta aula, cerca de 380 L de efluente com pH da ordem de 2 a 3, foram lançados na rede de esgoto.

Efluentes com pH ácido devem ser neutralizados com NaOH. Se o pH tivesse alcalino deveria ser neutralizado com ácido (H₂SO₄, por exemplo) até pH estar entre 5 e 9.

Os valores de ORP (figura 5.6b) acima dos limites permitidos mostram que substância(s) oxidante(s) foi (ram) descartada(s) na pia. Neste caso, cerca de 70% dos valores também estavam fora dos limites.

Substâncias oxidantes como permanganato de potássio, antes de serem descartadas, devem ser reduzidas com solução de metabissulfito de sódio. Outras substâncias oxidantes que se pode adotar o mesmo procedimento são bromo, peróxido de hidrogênio (30%) e hipoclorito de sódio (Lunn & Sansone, 1994).



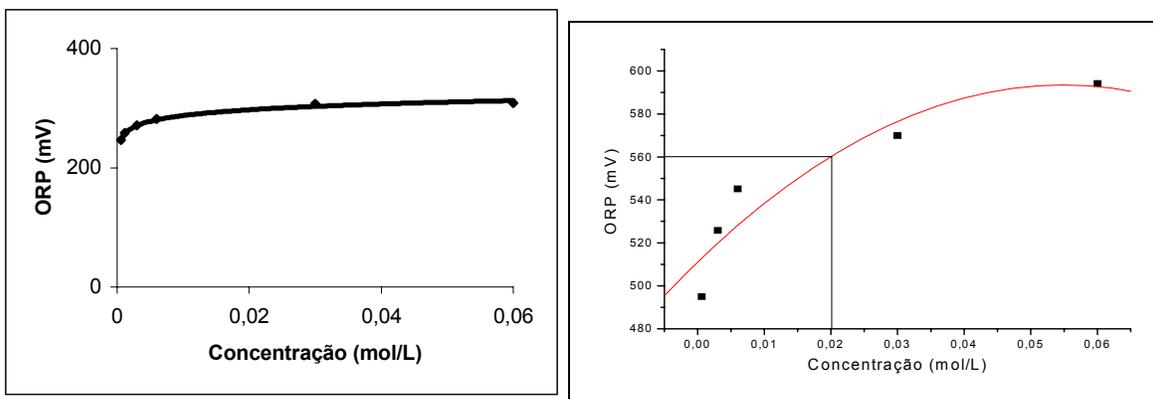
(a)

(b)

Figura 5.6: efluente do experimento de preparação e padronização de KMnO_4 : (a) valores de pH e (b) valores de ORP

O permanganato de potássio e o ácido sulfúrico são as substâncias que mais devem ter influenciado nos valores de ORP encontrados fora dos limites permitidos. O permanganato de potássio é uma substância conhecida por seu caráter oxidante. A média dos valores fora dos limites permitidos foi de 559,7 mV. Na figura 5.7a é mostrada a relação entre ORP e a concentração de ácido sulfúrico sem adição de permanganato de potássio. É possível observar que o ORP não ultrapassa 400 mV quando ácido sulfúrico é descartado isoladamente. Na figura 5.7b, observa-se que os valores de ORP quando é descartado apenas KMnO_4 não ultrapassam 600 mV. A partir da figura 5.7b, estimou-se que a concentração de permanganato de potássio – caso fosse a única substância descartada - era cerca de $10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. O ORP do efluente poderia ser corrigido adicionando-se solução de hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} e metabissulfito de sódio (Lunn & Sansone, 1994).

Ácido sulfúrico é mais oxidante a quente que a frio. Com isso, caso seja descartado incorretamente na pia ainda quente (a titulação deveria ser feita a uma temperatura acima de 60°C), os valores de ORP seriam ultrapassados mais facilmente do que se fosse descartado a temperatura ambiente.



(a) **(b)**
Figura 5.7: relação entre ORP e a concentração para: (a) H_2SO_4 2,2 mol L⁻¹ e (b) permanganato de potássio

Foram feitas simulações de duas ou mais substâncias sendo descartadas ao mesmo tempo e, em seguida, medidos pH, ORP e condutância. Ácido sulfúrico 2,2 mol L⁻¹ foi misturado a permanganato de potássio em cinco diferentes concentrações (0,0006; 0,003; 0,006; 0,03; 0,06 mol L⁻¹). Essas simulações tinham como objetivo observar eventuais alterações nos parâmetros após a mistura dos reagentes.

Como era esperado, com relação ao pH não houve alteração. Ao adicionar KMnO_4 , independente da concentração, ao ácido sulfúrico, o pH permaneceu inferior a 2.

No entanto, se for lançado ácido sulfúrico e permanganato de potássio juntos, o efeito oxidante é potencializado. Neste caso, o ORP ultrapassa 1000 mV (figura 5.8), mesmo em uma concentração 100 vezes inferior ($6 \cdot 10^{-4}$ mol L⁻¹) àquela preparada durante a aula.

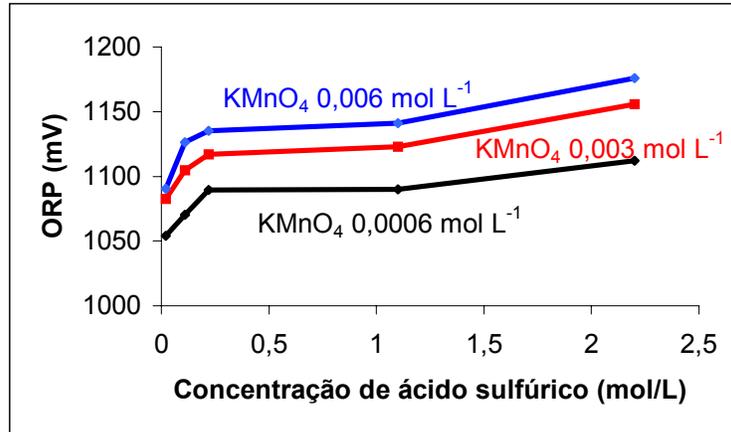


Figura 5.8: relação entre ORP e a concentração de ácido sulfúrico 2,2 mol L⁻¹ misturado a diferentes concentrações de permanganato de potássio

Apesar do oxalato de sódio ter caráter redutor (diminuição do ORP em relação ao aumento da concentração) (figura 5.9), esta substância não deve ter sido descartada na pia por ser toda consumida na reação.

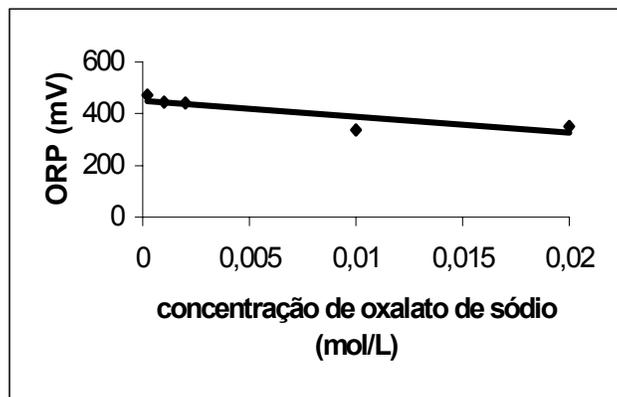


Figura 5.9: variação de ORP em função da concentração para oxalato de sódio

Quanto aos valores de condutância (figura 5.10) a média dos valores fora do limite permitido foi de 3138,8 μS . Das 27 medidas, 17 estão fora do limite, cerca de 63%.

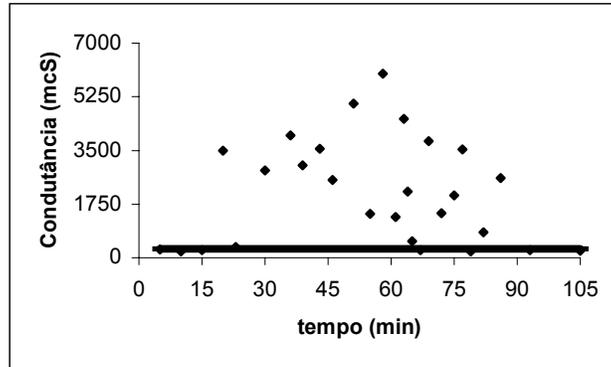


Figura 5.10: Valores de condutância para o efluente do experimento de preparação e padronização de KMnO_4

Ácido sulfúrico e permanganato de potássio também são substâncias susceptíveis de influenciar fortemente o valor da condutância. O despejo de H_2SO_4 (figura 5.11a) faz com que a condutância do efluente aumente. Por ser uma substância que libera muitos íons em solução, ao descartar H_2SO_4 , aumentam os valores de condutância. O despejo de permanganato de potássio também pôde ser evidenciado através da cor do efluente. Os valores de condutância aumentam com o aumento da concentração de permanganato de potássio, por ser uma substância que libera íons em solução facilmente (figura 5.11b).

Sendo assim, durante mais de 66 min foram descartados na pia soluções de permanganato de potássio e/ou ácido sulfúrico. No entanto, as concentrações dessas substâncias devem ter sido inferiores a $6 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ para o permanganato de potássio e $0,022 \text{ mol L}^{-1}$ para o ácido sulfúrico. Isto porque ao simular o descarte de permanganato de potássio misturado ao ácido sulfúrico, a condutância sempre ultrapassou 20 mS, mesmo utilizando as soluções mais diluídas: concentração de $6 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ para o permanganato de potássio e concentração de $2,2 \text{ mol L}^{-1}$ para o ácido sulfúrico.

Observando-se os valores de b na equação da reta $y = a + bx$, nas figuras 5.11a e 5.11b, nota-se um valor maior na figura 5.11a. Isto implica em uma sensibilidade maior para o descarte de H^+ . Este resultado era teoricamente esperado, pois os íons H^+ , por serem menores, se movimentam mais em água que os íons K^+ , contribuindo mais para o aumento da condutância.

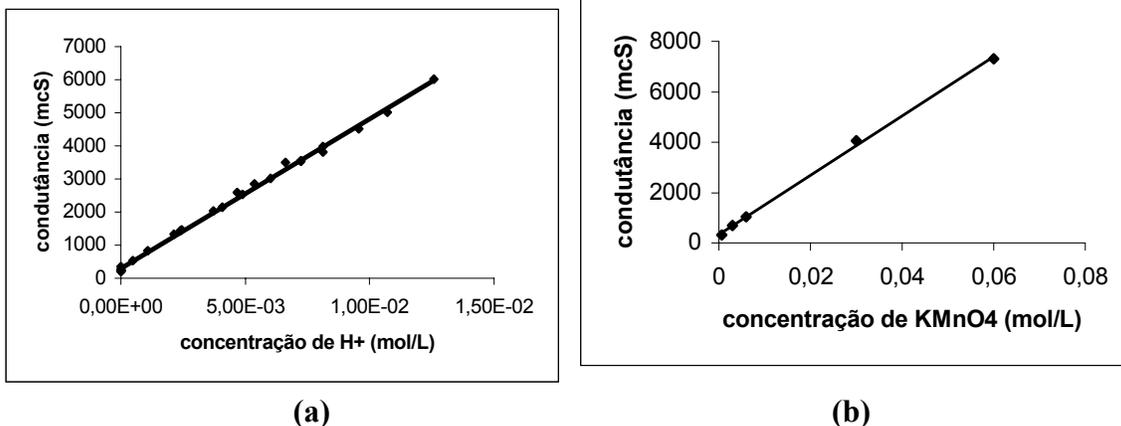


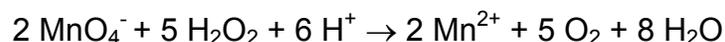
Figura 5.11: Valores de condutância em função de: (a) concentração de H⁺ (mol L⁻¹) e (b) concentração de KMnO₄ (mol L⁻¹)

Vale enfatizar que, para levar a uma condutância de 4000 μS, a concentração de H⁺ deve ser cerca de 8.10⁻³ mol L⁻¹ e a concentração de K⁺ ser de 3.10⁻² mol L⁻¹. Ou seja, deve ser lançada em água uma quantidade de K⁺ muito maior para se obter a mesma condutância.

Os efluentes só poderão ser lançados nos corpos de água desde que obedeçam algumas condições estabelecidas pelo Conama (resolução 20/86). Caso Mn²⁺, um dos produtos desta reação, fosse descartado na pia, isso só poderia ocorrer se estivesse em concentração inferior a 1 mg L⁻¹ (1,8.10⁻⁵ mol L⁻¹).

5.5.2 - Monitoração da aula 2: Determinação de H₂O₂ em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)

Na 2^a aula monitorada foi realizado o experimento para determinação de H₂O₂ (água oxigenada) 20 vol. e os reagentes utilizados foram: permanganato de potássio, água oxigenada comercial 20 volumes e H₂SO₄ 2,2 mol L⁻¹. A reação envolvida no experimento foi:



Coletaram-se 19 amostras em 82 min. Dezessete medidas de pH estavam fora dos limites permitidos (figura 5.12a) ou cerca de 89,5%. Isto significa que o descarte de solução de H₂SO₄ resultou na geração de cerca de 170 L de efluente

com pH da ordem de 3. Vale ressaltar que esses 170 L correspondem a apenas metade do que deve ter sido gerado, uma vez que a caixa de inspeção onde foi realizada a monitoração recebia somente os efluentes gerados pela metade dos alunos presentes no laboratório.

Das 19 medidas de ORP, 16 estão fora dos limites sugeridos, ou seja, cerca de 84% (figura 5.12b). Tanto a água oxigenada comercial como o permanganato de potássio e o ácido sulfúrico utilizados na titulação são substâncias oxidantes, portanto essas substâncias podem ter sido descartadas indevidamente.

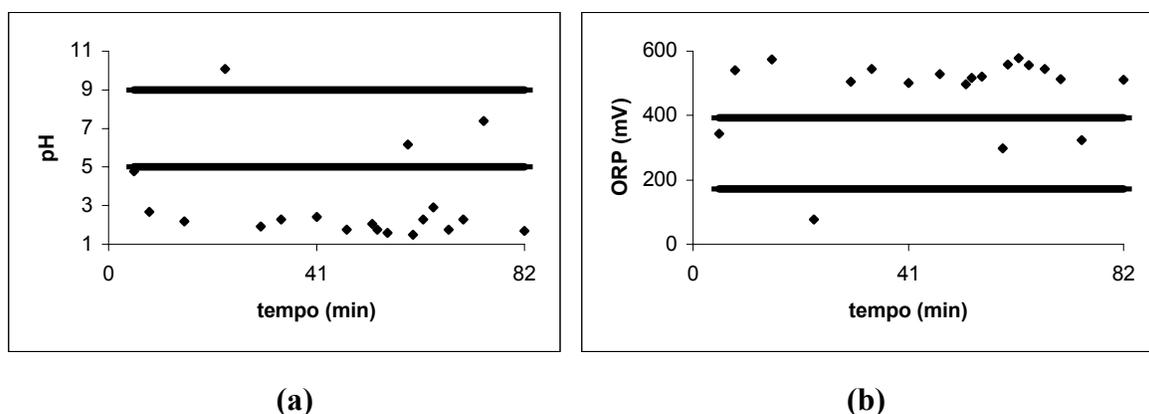


Figura 5.12: efluente do experimento para determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%): (a) valores de pH e (b) valores de ORP

A relação entre os valores de ORP e de pH obtidos durante o monitoramento, mostrada na figura 5.13, sugere também a adição de H_2SO_4 ao efluente.

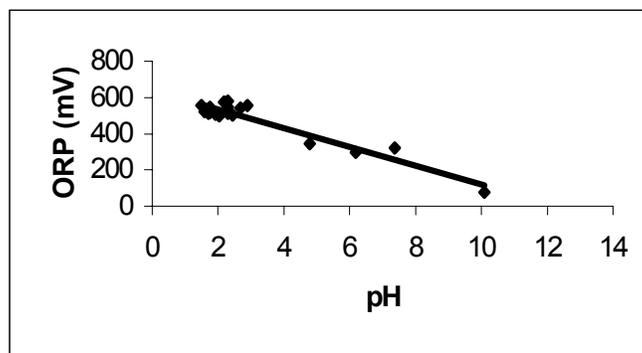


Figura 5.13: correlação entre ORP e pH para o experimento de determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)

Quinze valores de condutância (figura 5.14) ficaram fora do limite estabelecido, ou seja, cerca de 79%. Foi despejado efluente a uma condutância média de 5211,8 μS .

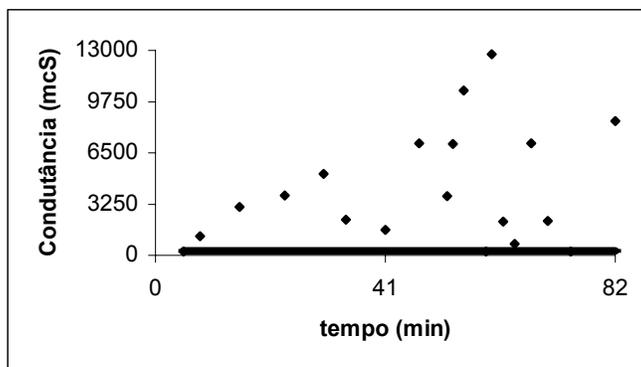
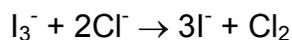
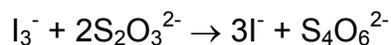
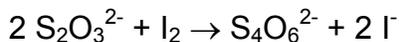
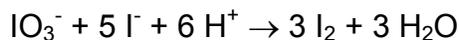


Figura 5.14: valores de condutância do efluente do experimento para determinação de H_2O_2 em água oxigenada 20 volumes comercial (3%)

5.5.3 - Monitoração da aula 3: Preparação e padronização de solução de tiosulfato de sódio. Determinação de cloro ativo (hipoclorito) em água sanitária

Na 3ª aula monitorada, realizou-se o experimento de preparação e padronização de solução de tiosulfato de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Foram utilizados tiosulfato de sódio, iodato de potássio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e ácido clorídrico 1 mol L^{-1}

As reações que ocorrem neste experimento são:



Coletaram-se 30 amostras durante 125 min. Duas medidas de pH, realizadas em amostras provenientes de galões de 10 L, ficaram fora dos limites permitidos (figura 5.15 a), ou seja, 20 L de efluentes com pH da ordem de 3 foram gerados em razão de descarte indevido de HCl.

Duas medidas de ORP também estavam fora dos limites estabelecidos (figura 5.15b). Em duas ocasiões, tiosulfato de sódio, substância redutora usada na titulação da água sanitária, pode ter sido lançada no efluente.

Quanto aos valores de condutância, 16 das 30 amostras coletas estão fora do limite estabelecido (figura 5.15 c), ou seja, durante mais de 1h foi lançado efluente com substâncias que elevaram a condutância: hipoclorito de sódio e em menor quantidade, ácido clorídrico.

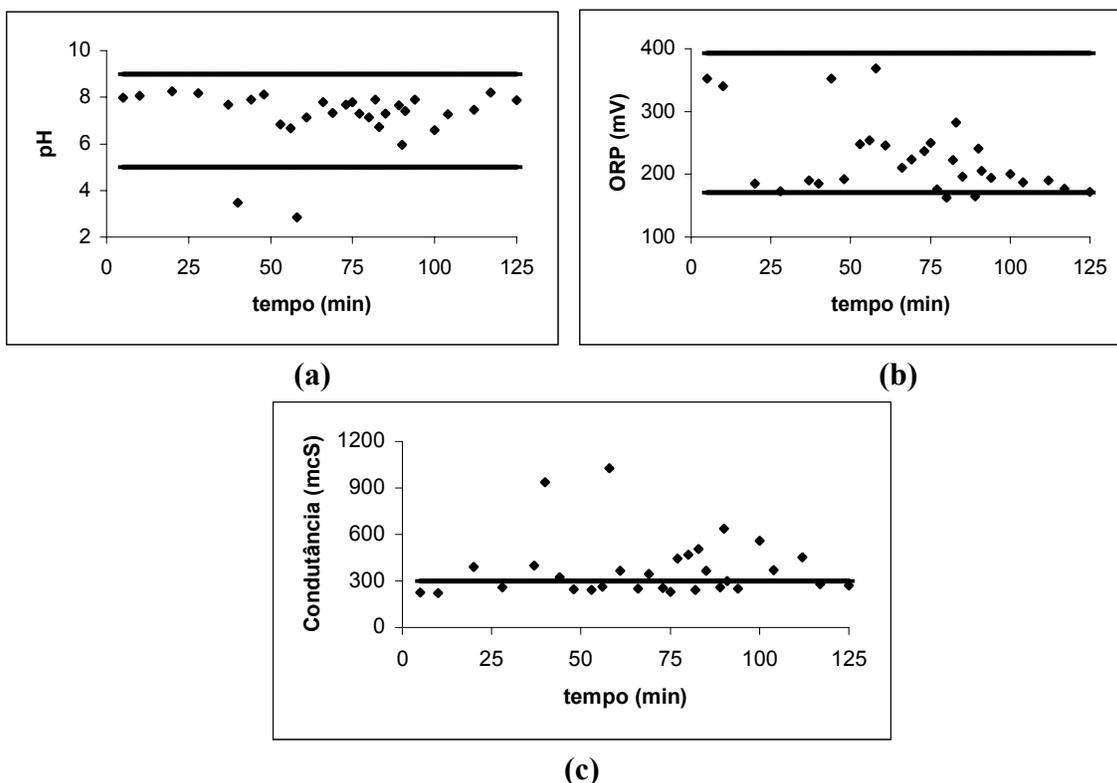


Figura 5.15: efluente do experimento para preparação e padronização de solução de tiosulfato de sódio e determinação de cloro ativo (hipoclorito) em água sanitária: (a) valores de pH, (b)ORP e (c) condutância

Quando ocorre a neutralização de alguns ácidos em certos experimentos, as medidas de pH se mostram, normalmente, dentro dos limites permitidos. Entretanto, os valores de condutância ficam fora do limite permitido, devido à formação de sais que são bons condutores.

Como o descarte dos sais tiosulfato de sódio e iodato de potássio praticamente não alteram o pH (figuras 5.16a, 5.16b), os dois valores de pH

encontrados fora dos limites permitidos, devem mesmo ter ocorrido devido ao descarte de HCl ao efluente.

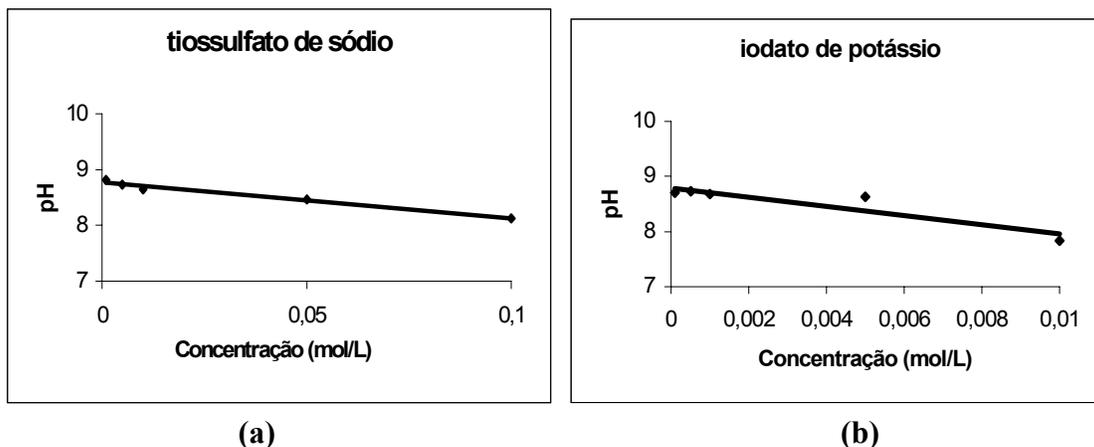


Figura 5.16: variação do pH em função da concentração: (a) para o tiosulfato de sódio e (b) para o iodato de potássio

Entretanto, devido aos valores de ORP fora dos limites, tiosulfato de sódio, substância redutora, também deve ter sido descartado. Estimou-se que a concentração do tiosulfato de sódio no efluente era de $0,0373 \text{ mol.L}^{-1}$ (figura 5.17).

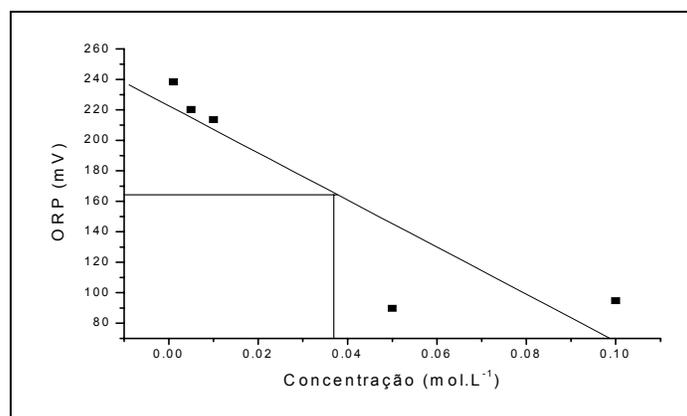
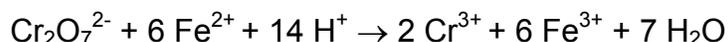


Figura 5.17: variação do ORP a diferentes concentrações para o tiosulfato de sódio

5.5.4 – Monitoração da aula 4: Preparação de solução de dicromato de potássio 0,05 mol L⁻¹. Determinação de ferro em medicamento

Na 4ª aula monitorada realizou-se o experimento para preparação de solução de dicromato de potássio 0,05 mol L⁻¹. Utilizou-se, além do dicromato de potássio, uma mistura de H₃PO₄/H₂SO₄ e indicador difenilamina.



Foram coletadas ao todo 19 amostras durante 75 min. Onze medidas de pH estão fora dos limites permitidos (figura 5.18a), ou seja, cerca de 58%. Cerca de 380 L de efluente com pH médio igual a 3 foram gerados, em razão do lançamento indevido de soluções contendo H₃PO₄/H₂SO₄.

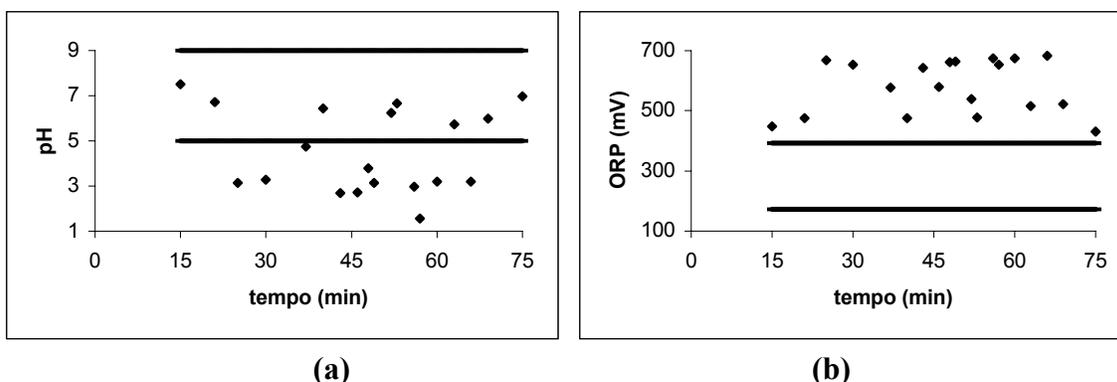


Figura 5.18: efluente do experimento para preparação de solução de dicromato de potássio 0,05mol L⁻¹ e determinação de ferro em medicamento: (a) valores de pH e (b) ORP

Todas as medidas de ORP estão fora dos limites estabelecidos (figura 5.18b), ou seja, durante 75 min pode ter sido descartado dicromato de potássio e/ou ácido sulfúrico/ácido fosfórico, resultando num efluente com um ORP médio de 579,8 mV.

Na figura 5.19a tem-se a relação entre o ORP e a concentração de dicromato de potássio. É possível observar que o ORP não ultrapassa 510 mV, mesmo se o descarte ocorresse em uma concentração de dicromato de potássio igual a 0,06 mol L⁻¹. Enquanto na figura 5.19 b, tem-se a relação entre a

concentração de ácido sulfúrico/ácido fosfórico 1:1 e o ORP. Neste caso, o ORP não ultrapassa 300 mV.

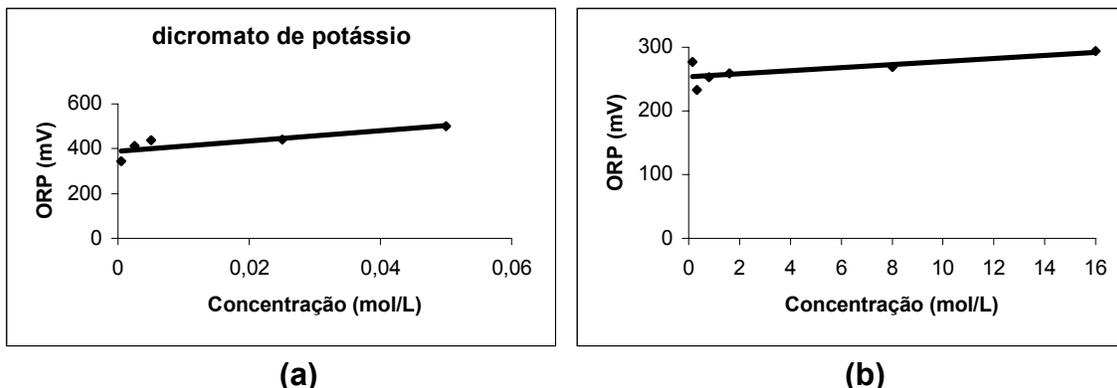


Figura 5.19: relação entre ORP e concentração para: (a) dicromato de potássio e (b) ácido sulfúrico/ácido fosfórico 1:1

Entretanto, ao misturar dicromato de potássio aos ácidos sulfúrico e fosfórico e descartá-los juntos, o efeito oxidante é potencializado (figura 5.20). Neste caso, é possível observar que o ORP é aumentado para mais de 700 mV .

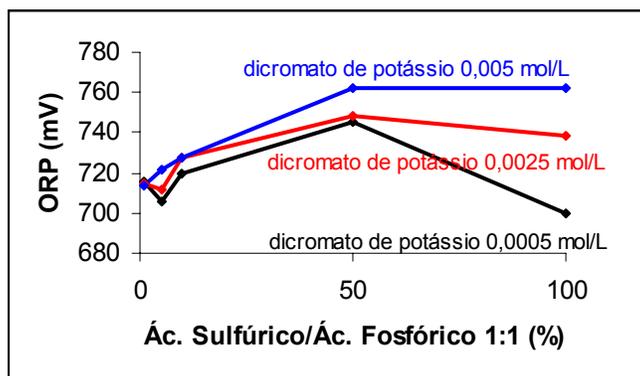


Figura 5.20: relação entre ORP e a concentração de ácido sulfúrico/ácido fosfórico 1:1 misturado a diferentes concentrações de dicromato de potássio

Substâncias oxidantes como iodatos, peróxidos, cromatos, dicromatos, permanganatos podem ser reduzidos com hipossulfito de sódio. O excesso de hipossulfito deve ser destruído com H_2O_2 , diluído a 3 % e pode então ser descartado na pia (Unesp, 2002).

Sais de Cr (III) são utilizados em curtumes (ABQTIC, 2004), tingimento têxtil, indústrias de cerâmica e vidro, fotografias, inibidores de corrosão, fertilizantes (Facens, 2004), enquanto Cr (VI) é utilizado em indústrias de galvanoplastia, corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel (MMA, 2004), além do

uso bastante difundido em síntese orgânica (Baptistella & Sousa, 2000). Ao lançar dicromato de potássio no efluente, está se descartando a forma mais tóxica do cromo, a hexavalente (Cieslak-Golonka, 1996). Em baixos teores é necessário ao metabolismo humano (MMA, 2004), devido a sua interação com a insulina, e, parece ser necessário também para a prevenção de diabetes e arteriosclerose (Oliveira & Pasqual, 2001), mas em grandes concentrações torna-se prejudicial à saúde humana. Na literatura encontra-se um estudo mostrando a contaminação por cromo de águas de rios provenientes de curtumes em Minas Gerais (Jordão *et al.*, 1999).

Segundo o Conama (Resolução 20/86), o cromo só pode ser lançado nos corpos de água se estiver em concentração inferior a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (aproximadamente $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$), no caso do Cr^{+6} e, em concentração inferior a $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ para o Cr^{+3} (aproximadamente $4 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$).

Para a condutância, 11 das 19 coletas estavam fora do limite permitido (figura 5.21a), enquanto uma delas foi de $13610 \mu\text{S}$, bem acima do limite estabelecido ($298 \mu\text{S}$).

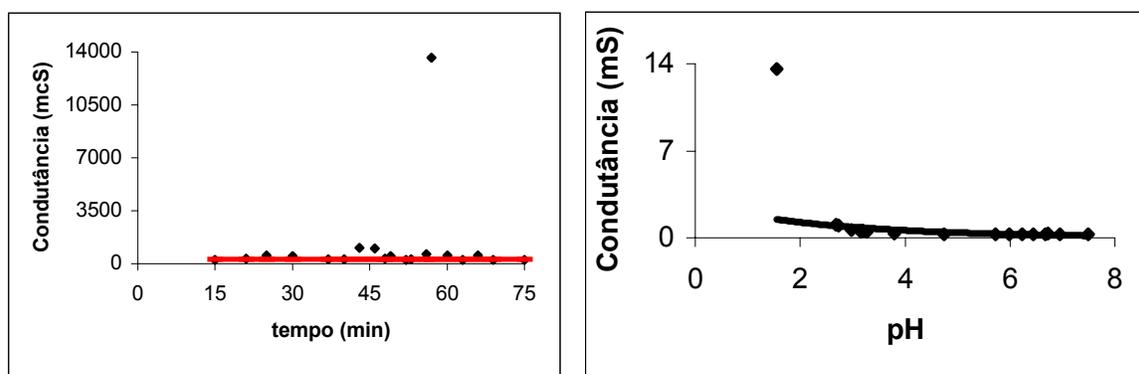


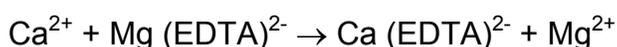
Figura 5.21: efluente do experimento para preparação de solução de dicromato de potássio $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e determinação de ferro em medicamento: (a) valores de condutância e (b) relação entre condutância e pH

A condutância teve um pequeno aumento com a diminuição do pH (figura 5.21b). Na coleta feita aos 57 min, onde o pH atingiu seu valor mais baixo (1,55), a condutância atingiu seu valor mais alto ($13610 \mu\text{S}$), supostamente devido ao descarte da mistura $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$.

Ao simular o descarte do dicromato de potássio misturado aos ácidos, observou-se também que a condutância sempre excedia 20 mS, independente da concentração dos reagentes.

5.5.5 – Monitoração da aula 5: Titulação de cálcio com solução de EDTA 0,01 mol L⁻¹. Determinação de Ca²⁺ em água mineral com solução padrão de EDTA 0,01 mol L⁻¹

Na 5ª aula monitorada realizou-se o experimento para determinação de Ca²⁺ com solução de EDTA 0,01 mol.L⁻¹. A reação que ocorre é:



Os reagentes utilizados foram, além do EDTA, solução tampão pH 10, solução Mg-EDTA e indicador negro de eriocromo-T. Durante 79 min foram coletadas 19 amostras, sendo que sete valores de pH (figura 5.22 a) ficaram fora dos limites permitidos, ou seja, cerca de 37%. Cerca de 70 L de efluente com pH médio de 9,4 foram gerados, provavelmente devido ao descarte de solução tampão pH = 10 usada na titulação.

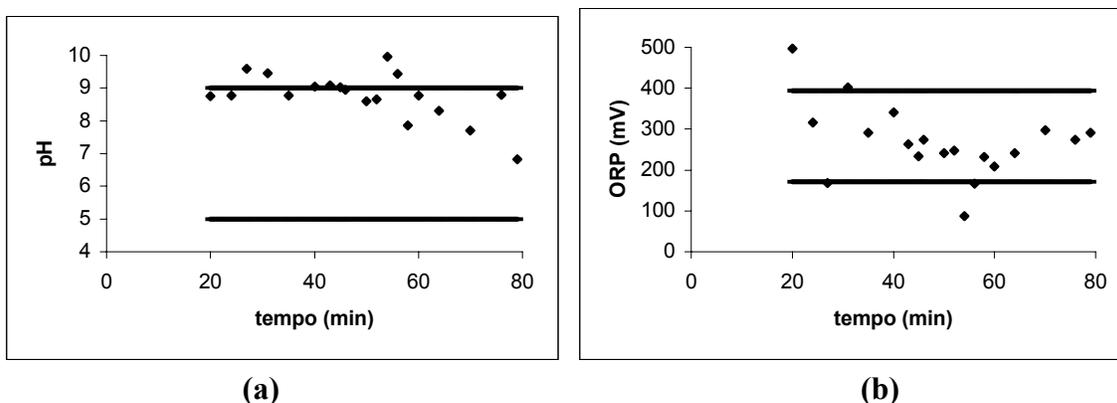


Figura 5.22: efluente do experimento para titulação de cálcio com solução de EDTA 0,01mol L⁻¹ e determinação de Ca²⁺ em água mineral: (a) valores de pH e (b) ORP

Cinco dos 19 valores de ORP (figura 5.22b), ou seja, pouco mais de 26% estavam fora dos limites estabelecidos. Durante mais de 20 min foi descartada solução ora oxidante, ora redutora. O caráter oxidante se deve provavelmente

ao descarte de EDTA de concentração aproximadamente igual a $0,0006 \text{ mol L}^{-1}$ (figura 5.23). O ORP de caráter redutor se deve provavelmente ao descarte de tampão de pH 10 (normalmente é usado algum sal de amônio – carbonato, cloreto, borato ou fosfato).

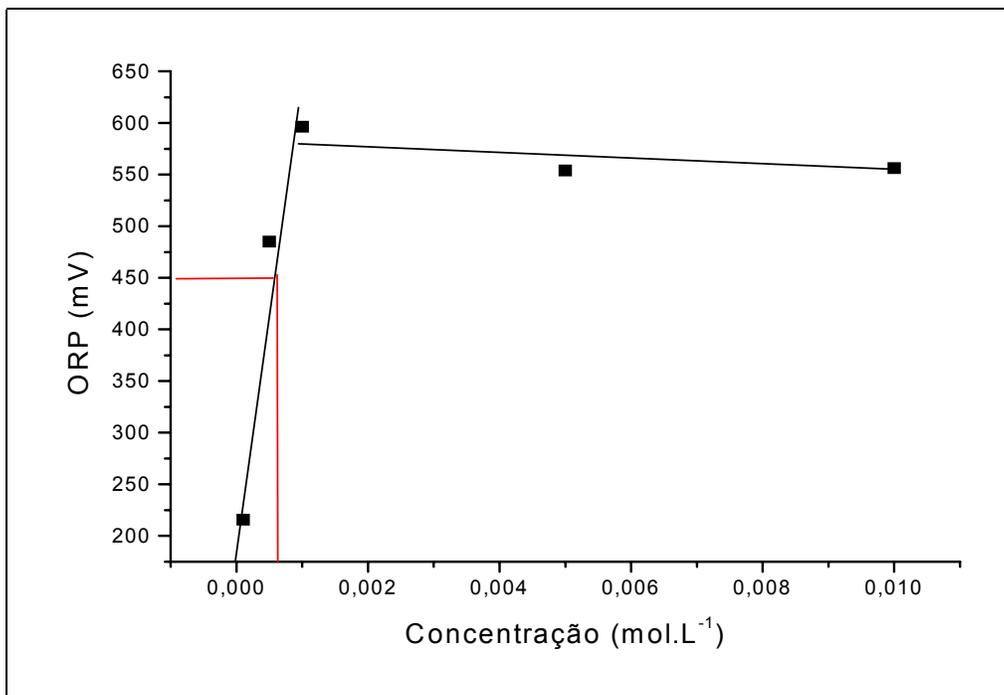


Figura 5.23: valores de concentração de EDTA em função do ORP

Três pontos estão fora do limite estabelecido para a condutividade, ou cerca de 16 % dos eventos (figura 5.24).

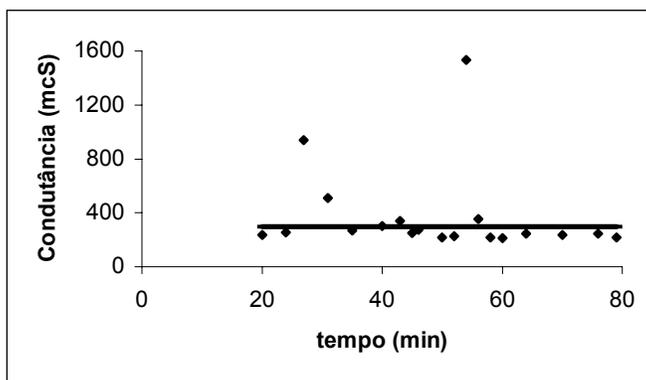
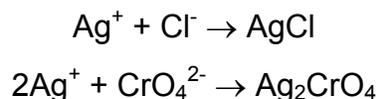


Figura 5.24: valores de condutância do efluente do experimento para titulação de cálcio com solução de EDTA $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e determinação de Ca^{2+} em água mineral

5.5.6 – Monitoração da aula 6: Titulação de cloreto com solução de nitrato de prata $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (método de Mohr)

Na 6ª aula monitorada realizou-se o experimento para determinação de cloreto com solução de nitrato de prata. As reações que ocorrem são:



Foram utilizados, além do AgNO_3 , cromato de potássio. Quatro das 19 medidas de pH estão fora dos limites permitidos, ou seja, cerca de 21% das medidas (figura 5.25a).

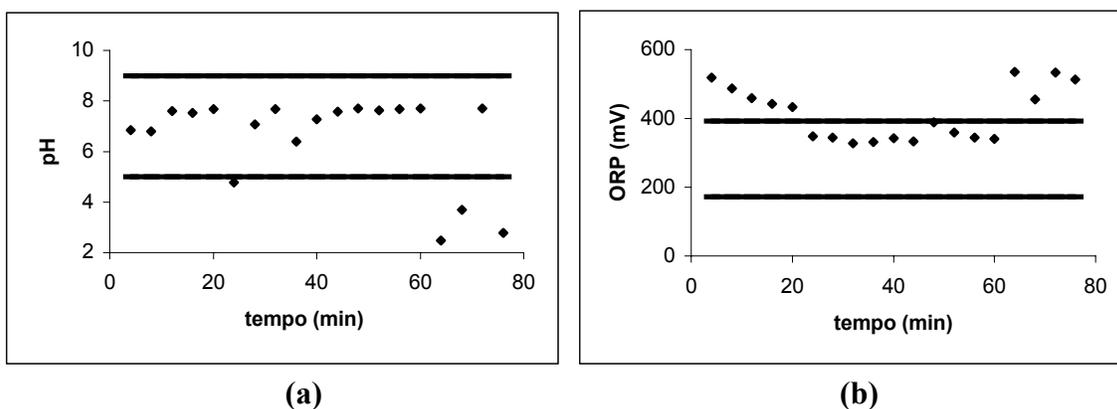


Figura 5.25: efluente do experimento para titulação de cloreto com solução de nitrato de prata $0,1 \text{ mol L}^{-1}$: (a) valores de pH e (b) ORP

Esses valores correspondem à geração de 40 L de efluente com pH médio igual a 3.

Nove coletas das 19 mostraram valores de ORP acima dos limites, ou seja, cerca de 47%. A média dos valores fora dos limites ficou em 486,57 mV (fig. 5.25b).

Através da relação entre a concentração de AgNO_3 e o ORP, observa-se que a concentração do sal no efluente tinha uma concentração aproximada de $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (figura 5.26).

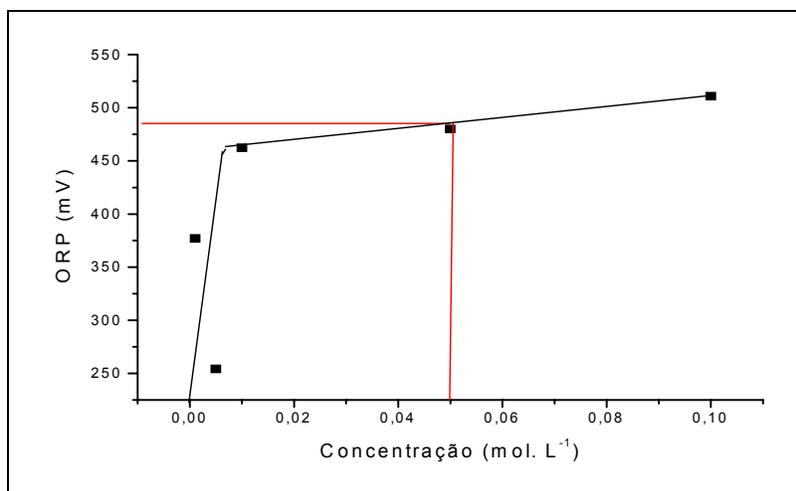


Figura 5.26: valores de concentração em função do ORP para nitrato de prata

O sal cromato de potássio também pode ter sido descartado e influenciado os valores de ORP, devido ao seu caráter oxidante.

Uma das 19 medidas de condutância (figura 5.27) ficou acima do limite estabelecido, ou seja, 5,27%. O valor medido foi de 1450 μ S.

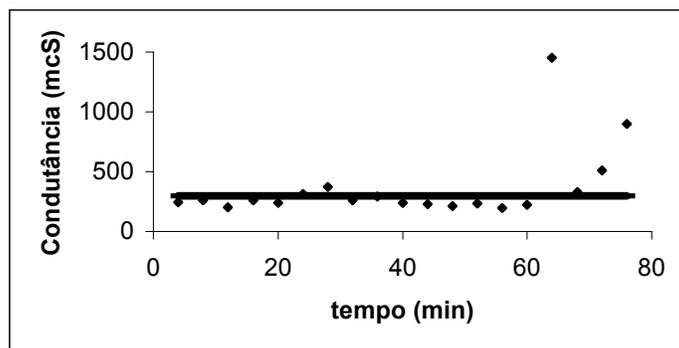


Figura 5.27: efluente do experimento para titulação de cloreto com solução de nitrato de prata 0,1mol L⁻¹. Valores de condutância

5.5.7- Monitoração da aula 7: Determinação gravimétrica de chumbo por precipitação em solução homogênea (PSH)

Na 7ª aula monitorada realizou-se o experimento para determinação gravimétrica de chumbo por precipitação em solução homogênea. Foram utilizados os seguintes reagentes: tampão acetato, nitrato crômico, bromato de potássio e uma amostra de chumbo. Foram coletadas 15 amostras durante

70 min. Uma única medida de pH (figura 5.28a), ou cerca de 10L estava fora dos limites permitidos. O valor de pH = 4,69 se deve provavelmente ao descarte de tampão acetato ou nitrato de cromo durante a precipitação, substâncias que se descartadas em água, mesmo em baixas concentrações, diminuem o valor do pH.

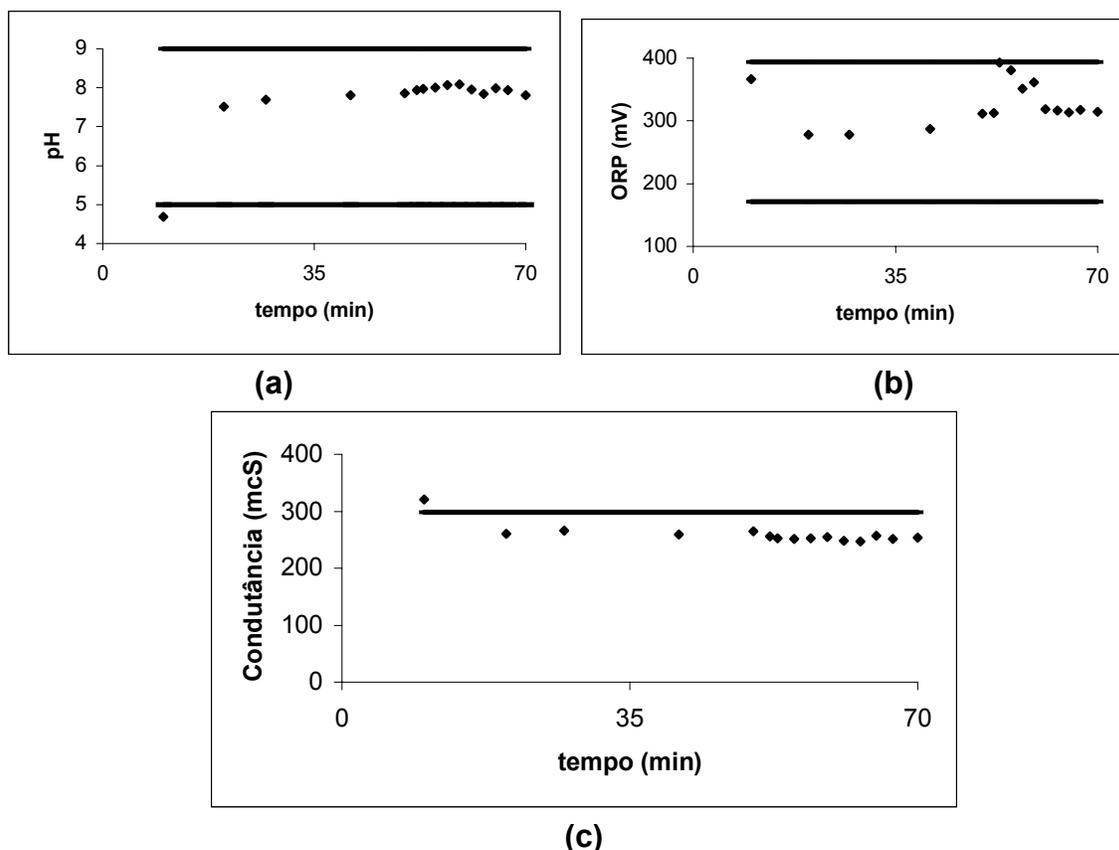


Figura 5.28: efluente do experimento para determinação gravimétrica de Pb por PSH: (a) valores de pH, (b) ORP e (c) condutância

Nenhuma amostra teve os valores de ORP (figura 5.28b) fora dos limites estabelecidos e uma única amostra ficou com o valor de condutância acima do limite (figura 5.28c).

Pelo fato de poucas amostras terem os valores fora dos limites permitidos não significa dizer que nada foi descartado incorretamente na pia. Os parâmetros podem não ter se mostrados suficientes para monitorar esta aula. Durante a lavagem da vidraria também costuma ocorrer descarte, porém nesta aula a vidraria utilizada não foi lavada pelos alunos no término da aula.

5.5.8 – Galões previstos para descarte de reagentes

Para evitar o descarte de alguns reagentes na pia, como soluções de metais pesados, ácidos, bases, substâncias oxidantes, substâncias redutoras, substâncias de toxicidade elevada, entre outros, há galões de descarte para esses reagentes nas bancadas, colocados pelos técnicos dos laboratórios monitorados em cada aula.

Algumas vezes os galões eram muito específicos, como foram observados galões de descarte para chumbo, descarte para CrO_4^{2-} , descarte para permanganato de potássio, dicromato de potássio. Outros eram mais genéricos, escrito apenas nos galões 'resíduos de titulação', ou ainda 'metais pesados'.

Se em todas as aulas sempre havia galões de descartes para resíduos, não há justificativa do descarte dessas substâncias na pia. Com a monitoração foi observado, em algumas aulas, que o descarte na pia ocorreu em vários momentos da aula.

5.6 – Monitoração em batelada dos efluentes do laboratório de ensino de química orgânica:

Foram monitoradas oito aulas das disciplinas Química Orgânica II (para Engenharia Química) e Química Orgânica II (para Engenharia Química Noturno) durante o segundo semestre de 2003, 1º semestre de 2003 e 1º semestre de 2004.

Como os efluentes de laboratórios de química orgânica podem ter resíduos bastante voláteis, existe a importância das análises de pH, ORP e condutância serem realizadas imediatamente após as coletas.

5.6.1 – Monitoração da aula 1: Extração do óleo essencial da

casca de laranja

No experimento de extração de óleo da casca de laranja foram utilizados sulfato de sódio anidro e cloreto de metileno.

Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se na figura 5.29a, 5.29b e 5.29c, respectivamente.

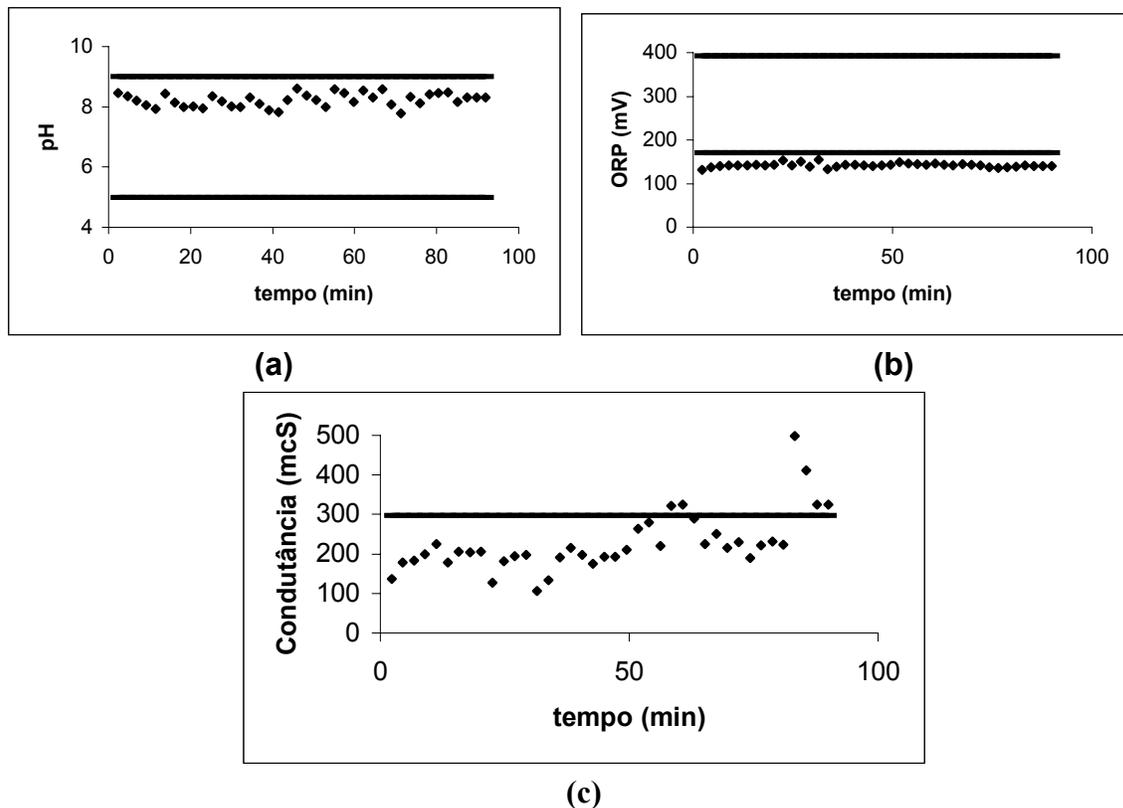


Figura 5.29: Efluente do experimento de extração de óleo essencial da casca de laranja: valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Nenhum valor de pH se encontra fora dos limites permitidos (figura 5.29a).

Quanto aos valores de ORP, durante toda a monitoração, os valores estiveram abaixo dos limites estabelecidos (figura 5.29b), sugerindo o descarte de substância de caráter redutor.

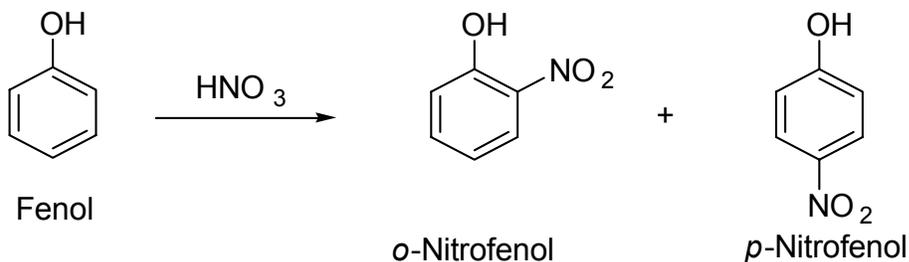
Dentre os valores de condutância, 5 das 39 coletas apresentavam valores acima do limite (figura 5.29c). Sulfato de sódio utilizado no experimento pode ter sido descartado na pia indevidamente, aumentando assim a condutância em alguns momentos.

Cloro de metileno pode ter sido descartado indevidamente nos efluentes. Sua detecção é difícil, pois praticamente não acarreta mudanças nos parâmetros escolhidos para a monitoração. É considerada espécie de vida longa e está ainda na lista dos dez compostos mais tóxicos que estão sendo continuamente substituídos nos EUA (Clemings, 1994). Estudos visando à destruição dos VOC (do inglês *volatile organic compounds*, compostos orgânicos voláteis), incluindo o diclorometano, por fotocatalise são descritos na literatura, como fizeram Alberici & Jardim (1997).

5.6.2 – Monitoração da aula 2: Nitração do fenol

No experimento de reação de nitração do fenol, os reagentes utilizados foram: ácido nítrico concentrado, carvão ativo, clorofórmio, Celite® e a mistura de solventes hexano/acetato de etila ou diclorometano/metanol.

A reação que ocorre é:



Os valores de pH, ORP e condutância se encontram na figura 5.30a, 5.30b e 5.30c, respectivamente.

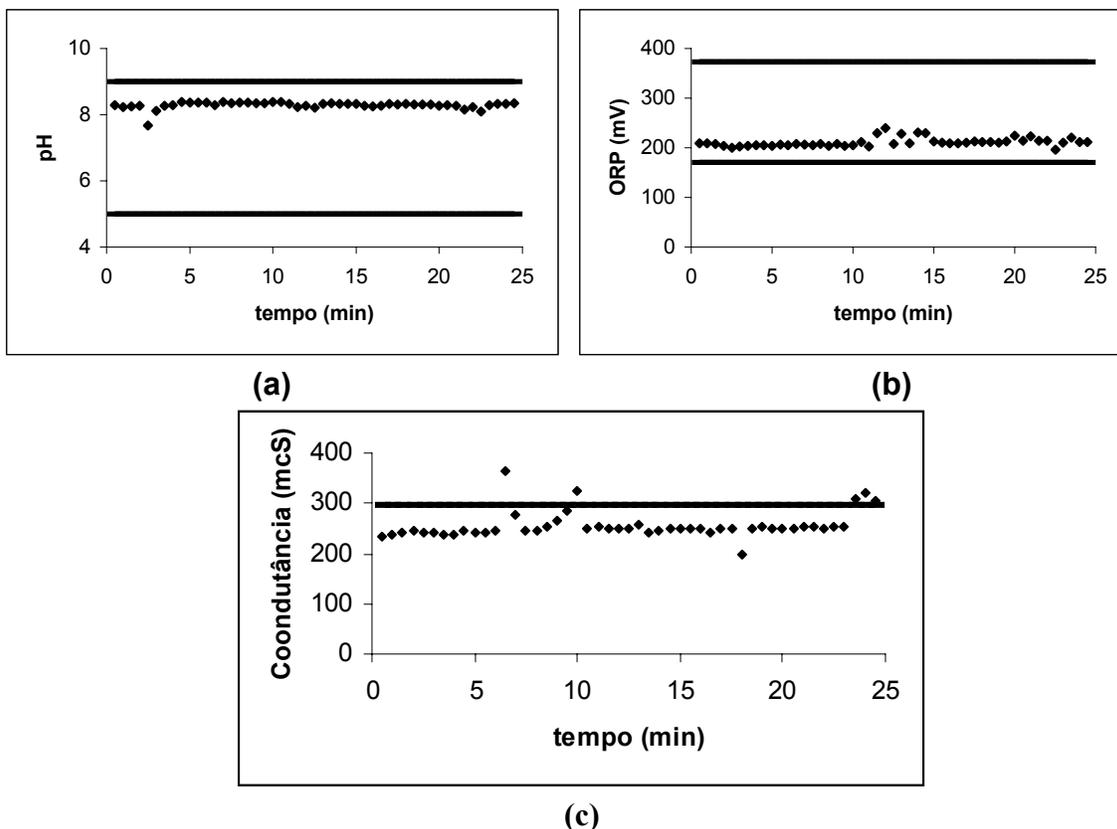


Figura 5.30: Efluente do experimento de reação de nitração do fenol. Valores de: (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Ao observar os dados da figura 5.30 a, nenhum valor de pH ficou fora dos padrões permitidos, assim como na aula anterior monitorada. Mas, com isso, não se pode dizer que nenhum reagente foi descartado incorretamente na pia.

Os valores de ORP também estão todos dentro dos valores estabelecidos (figura 5.30b).

Quanto aos valores de condutância, 5 das 49 coletas apresentaram valores acima do limite (figura 5.30c), indicando eventualmente o descarte de Celite[®] ou fenol indevidamente na pia. Apesar da pequena alteração, fenol e Celite[®] podem ter sido descartados na pia, pois são substâncias que aumentam o valor da condutância.

Os solventes orgânicos (acetato de etila, metanol, hexano, diclorometano) utilizados no experimento praticamente não alteram a condutância. Quanto ao ORP, esses solventes, se lançados à água, causam pequenas variações e, portanto não seriam detectados através desse parâmetro. Esses solventes alteram

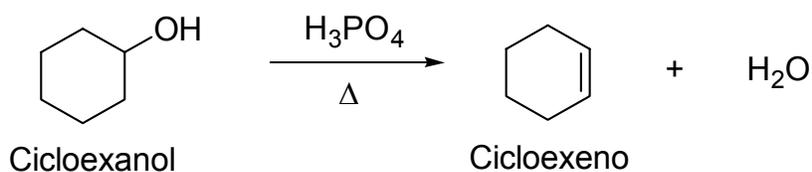
o pH da água quando descartados, mas não o suficiente para ficar fora dos limites permitidos.

Quanto aos outros reagentes utilizados no experimento (fenol, ácido nítrico, carvão ativo e Celite[®]), é mais facilmente perceptível, caso ocorra, o descarte de HNO₃. Ácido nítrico, por ser uma substância fortemente oxidante, ao ser descartada incorretamente, eleva o valor de ORP e também o da condutância, por ser fortemente ionizável em água. A diminuição do pH pelo descarte de HNO₃ também seria facilmente observada.

Compostos fenólicos são poluentes perigosos devido a sua alta toxicidade e persistência no ambiente (Rosatto, 2001). Há vários trabalhos na literatura que propõem a destruição fotocatalítica de compostos orgânicos, incluindo fenóis (Nogueira *et al.*, 1999), compostos orgânicos voláteis, como metanol (Alberici, 1996) ou clorofórmio (Kondo & Jardim, 1991).

5.6.3 – Monitoração da aula 3: Síntese do ciclohexeno via desidratação do ciclohexanol

No experimento de reação de desidratação do ciclohexanol e preparação do ciclohexeno foram utilizados: ácido fosfórico concentrado, cloreto de sódio, bicarbonato de sódio 10%, sulfato de magnésio e sulfato de sódio anidro, diclorometano. E nos testes do ciclohexeno foram utilizados água de bromo (1%), tetracloreto de carbono, permanganato de potássio 0,5%, ácido sulfúrico 1 mol L⁻¹, ácido sulfúrico concentrado. A reação que ocorre é:



Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se na figura 5.31a, 5.31b e 5.31c, respectivamente.

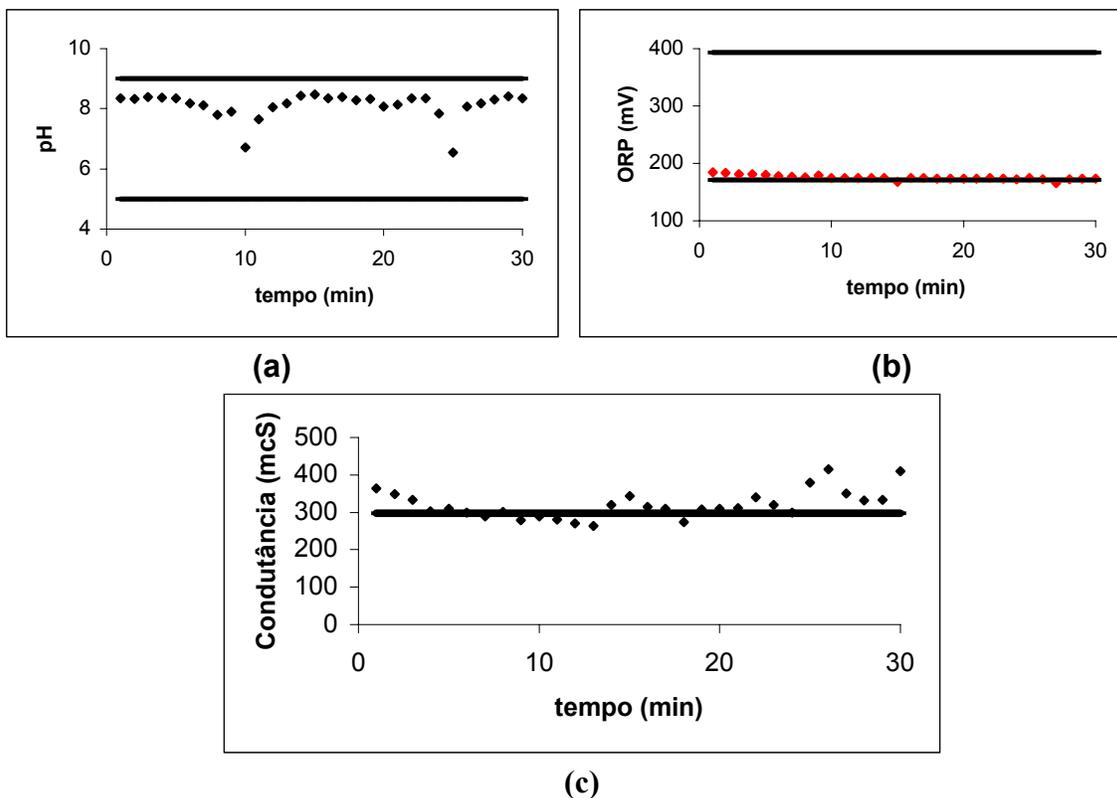


Figura 5.31: Efluente do experimento de desidratação do ciclohexanol e preparação do ciclohexeno. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Todos os valores de pH se encontram dentro dos valores permitidos (figura 5.31a). Portanto, ácido fosfórico concentrado não deve ter sido descartado indevidamente, pois se isto ocorresse, o pH diminuiria sensivelmente.

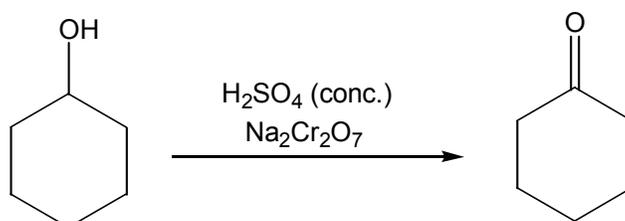
Vinte e três dos trinta valores de condutância se encontram fora do limite permitido (figura 5.31c), sugerindo o descarte de algum dos sais utilizados no experimento (sulfato de magnésio, sulfato de sódio, bicarbonato de sódio ou cloreto de sódio), mesmo em pequena quantidade.

Quanto aos valores de ORP (figura 5.31b), somente duas das 30 medidas, estão levemente abaixo do limite estabelecido. Isto pode ter ocorrido devido a oscilações nos valores de ORP da água fornecida pela distribuidora na cidade de Campinas (SANASA), o que vinha acontecendo ultimamente.

5.6.4 – Monitoração da aula 4: Síntese da ciclohexanona

No experimento de reação de síntese da ciclohexanona foram utilizados dicromato de sódio, ácido sulfúrico concentrado, ciclohexanol, ácido oxálico, sulfato de sódio anidro, benzaldeído e 2,4-dinitro-fenil-hidrazina.

A reação que ocorre é:



Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se nas figuras 5.32a, 5.32b e 5.32c, respectivamente.

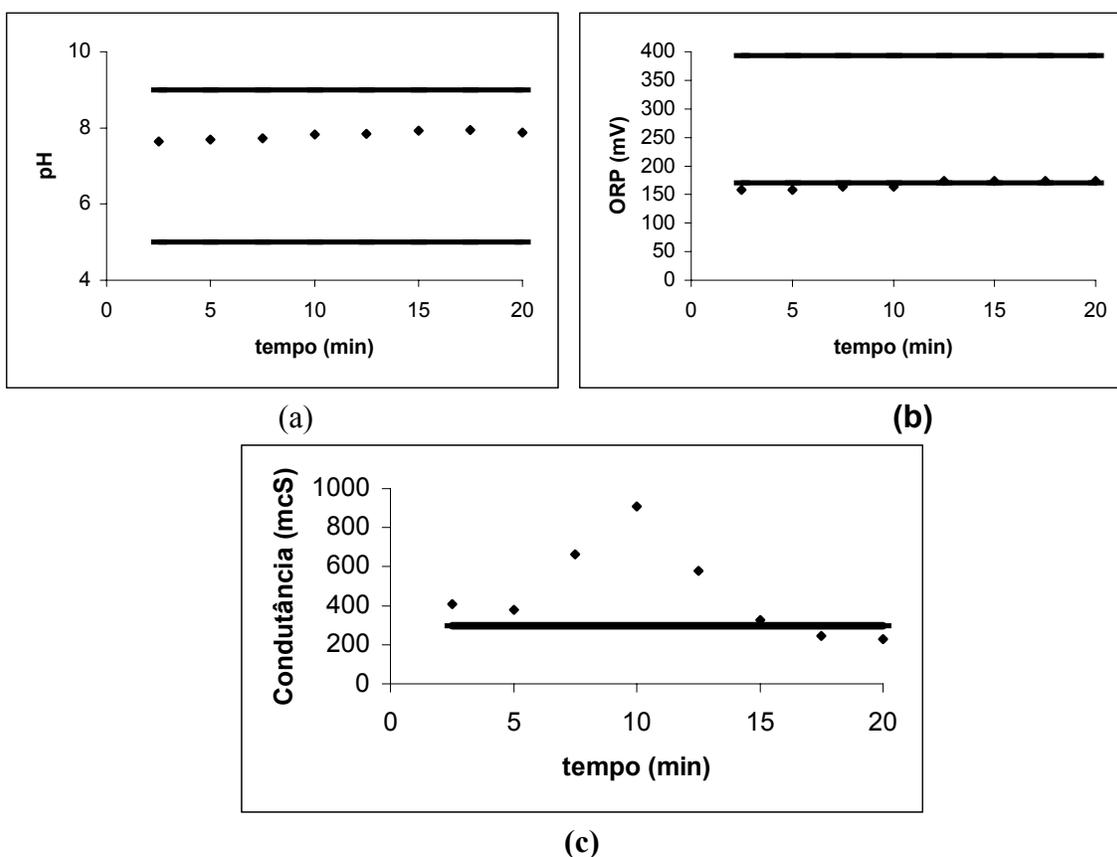


Figura 5.32: Efluente do experimento de síntese de ciclohexanona. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Os valores de pH estão todos dentro dos limites permitidos (figura 5.32a). Assim é possível dizer que ácido sulfúrico ou ácido oxálico não devem ter sido descartados indevidamente.

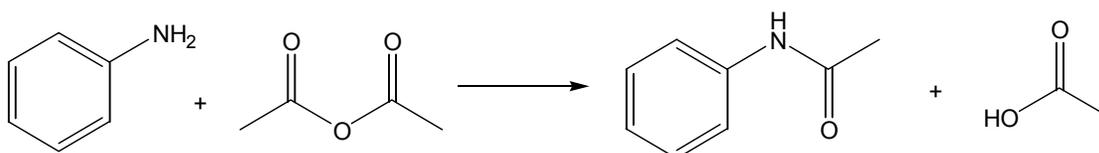
Quanto aos valores de ORP, 4 das 8 coletas estavam levemente abaixo do limite (figura 5.32b). Pode ter sido descartado algum reagente indevidamente na pia, talvez algum dos reagentes orgânicos utilizados na aula, ou ainda, sulfato de sódio anidro.

Seis dos oito valores de condutância se encontram acima do limite estabelecido (figura 5.32c). Sulfato de sódio pode ter sido a substância descartada na pia, aumentando o valor da condutância em algumas coletas.

5.6.5 – Monitoração da aula 5: Síntese e purificação por recristalização da acetanilida. Ponto de fusão

No experimento de síntese da acetanilida foram utilizados os seguintes reagentes: anidrido acético, anilina e carvão ativo.

A reação que ocorre no experimento é:



Os valores de pH e ORP encontram-se nas figuras 5.33a e 5.33b, respectivamente.

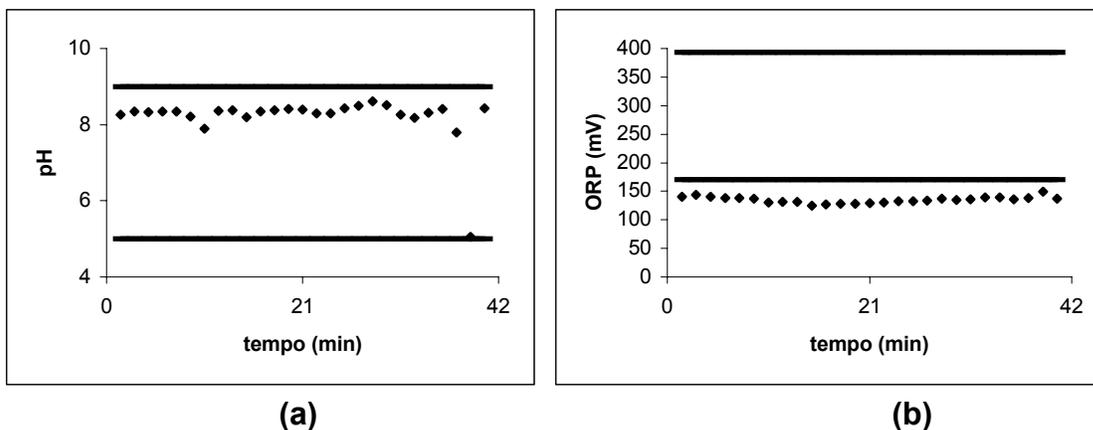


Figura 5.33: Efluente do experimento de síntese de acetanilida. Valores de (a) pH e (b) ORP

Não há valores de pH fora dos limites permitidos (figura 5.33a), indicando que anidrido acético não deve ter sido descartado, pois haveria uma diminuição do pH caso isso tivesse ocorrido (figura 5.34).

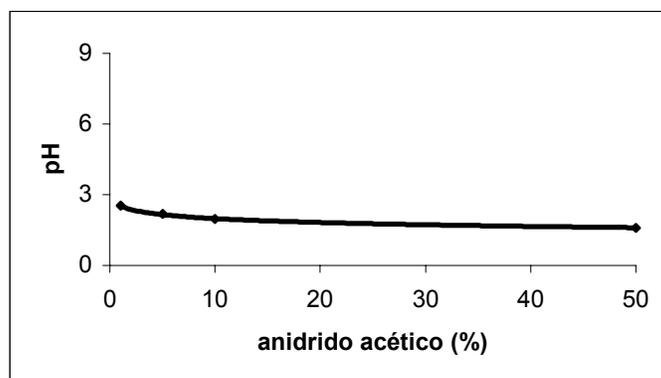


Figura 5.34: Relação entre a concentração de anidrido acético e pH

Quanto aos valores de ORP, todos estão fora dos limites permitidos (figura 5.33b). Isso indica que substância de caráter redutor pode ter sido descartada indevidamente na pia, podendo ser anilina ou acetanilida.

Os valores de condutância para o experimento encontram-se na figura 5.35.

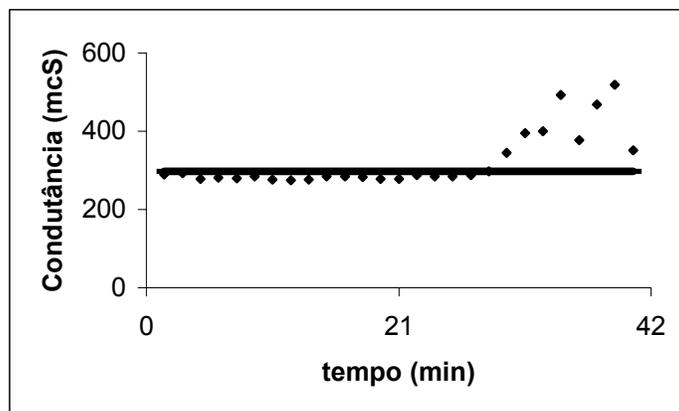


Figura 5.35: Efluente do experimento de síntese de acetanilida. Valores de condutância

Das 27 coletas de condutância, oito estavam fora do limite permitido (figura 5.35), cerca de 30%. Isso ocorreu no final da aula. Esse aumento pode ter ocorrido devido ao descarte do produto sintetizado – a acetanilida – no fim da aula.

5.6.6 – Monitoração das aulas 6 e 7: Extrações com solventes reativos e caracterização de alcanos, alcenos, aromáticos e álcoois

Na 6ª aula monitorada foi realizado o experimento de extração com soluções reativas. Foram utilizados os seguintes reagentes: fenantreno, β -naftol, ácido cinâmico, éter etílico, ácido clorídrico, sulfato de sódio, bicarbonato de sódio 10% e hidróxido de sódio. Na 7ª aula monitorada foi realizado o experimento que visava demonstrar a reatividade de alguns hidrocarbonetos (ciclohexano, ciclohexeno, benzeno) frente a diversos reagentes.(bromo, permanganato de sódio, ácido sulfúrico concentrado).

Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se nas figuras 5.36a, 5.36b e 5.36c, respectivamente.

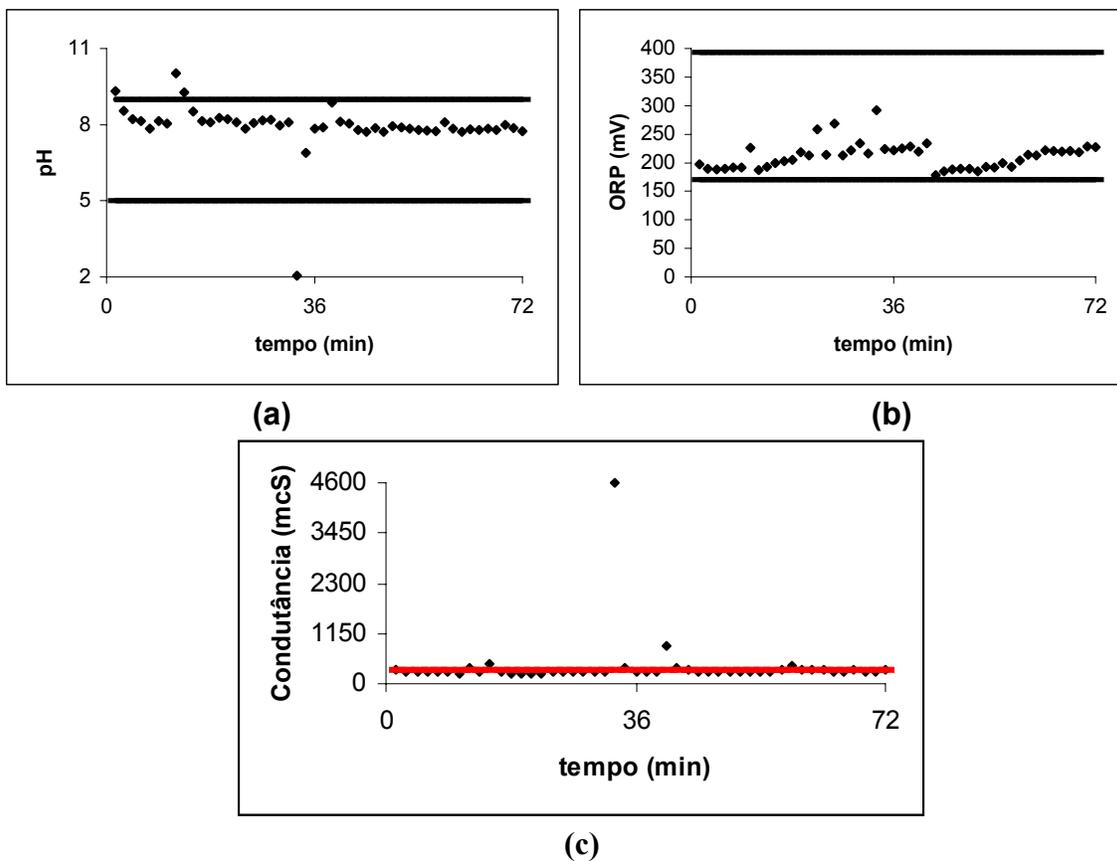


Figura 5.36: Efluente do experimento de extração com soluções reativas e caracterização de alcanos, alcenos, aromáticos e álcoois. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Quatro das 28 medidas de pH se encontram fora dos limites permitidos (figura 5.36a). Um dos valores está muito abaixo do limite (pH = 2,06) sugerindo que ácido clorídrico ou ácido cinâmico utilizados no experimento podem ter sido descartados indevidamente.

Dentre os valores de condutância, 15 das 48 coletas apresentavam valores de condutância acima do limite permitido (figura 5.36 c), ou seja, cerca de 31 %. Substâncias condutoras utilizadas no experimento (ácido clorídrico, hidróxido de sódio, entre outras) podem ter sido descartados indevidamente, apesar de não ter sido observadas alterações nas medidas de ORP (figura 5.36b).

5.6.7 - Galões previstos para descarte de reagentes

No laboratório de ensino de química orgânica também havia galões para descarte de solventes, ácidos, substâncias oxidantes e alguns metais. Diferente dos galões encontrados no laboratório de ensino de química analítica monitorado, onde os resíduos dos galões eram tratados em cada aula, os galões do laboratório de ensino de química orgânica ficavam sobre as bancadas durante o semestre todo.

Na aula 4, por exemplo, os galões eram para descarte de solventes clorados, solventes não-clorados, ácidos e compostos fenólicos. Na aula 5 havia galões novamente para descarte de solventes clorados, solventes não-clorados e ácido fosfórico.

Assim como foi observado nas aulas de química analítica, nas aulas de química orgânica monitoradas, os galões para descarte de resíduos também estavam disponíveis no laboratório. Com a monitoração, também se observou neste caso, que em alguns eventos descartaram-se reagentes indevidamente na pia.

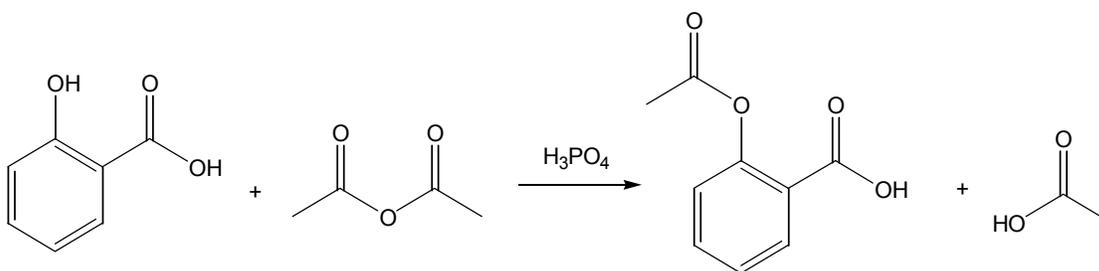
5.7 – Monitoração em contínuo (Analion[®]) dos efluentes do laboratório de ensino de química orgânica:

Monitorou-se o laboratório de ensino de química orgânica durante uma aula no dia 13 de maio de 2003. No 1º semestre de 2003 haviam 59 alunos matriculados nesta disciplina.

5.7.1 – Monitoração da aula 8: Síntese do AAS

No experimento de síntese do AAS (ácido acetil-salicílico) foram utilizados os reagentes: ácido salicílico, anidrido acético e ácido fosfórico concentrado.

A reação que ocorre é:



Os valores de pH, ORP e condutância encontram-se na figura 5.37a, 5.37b e 5.37c, respectivamente.

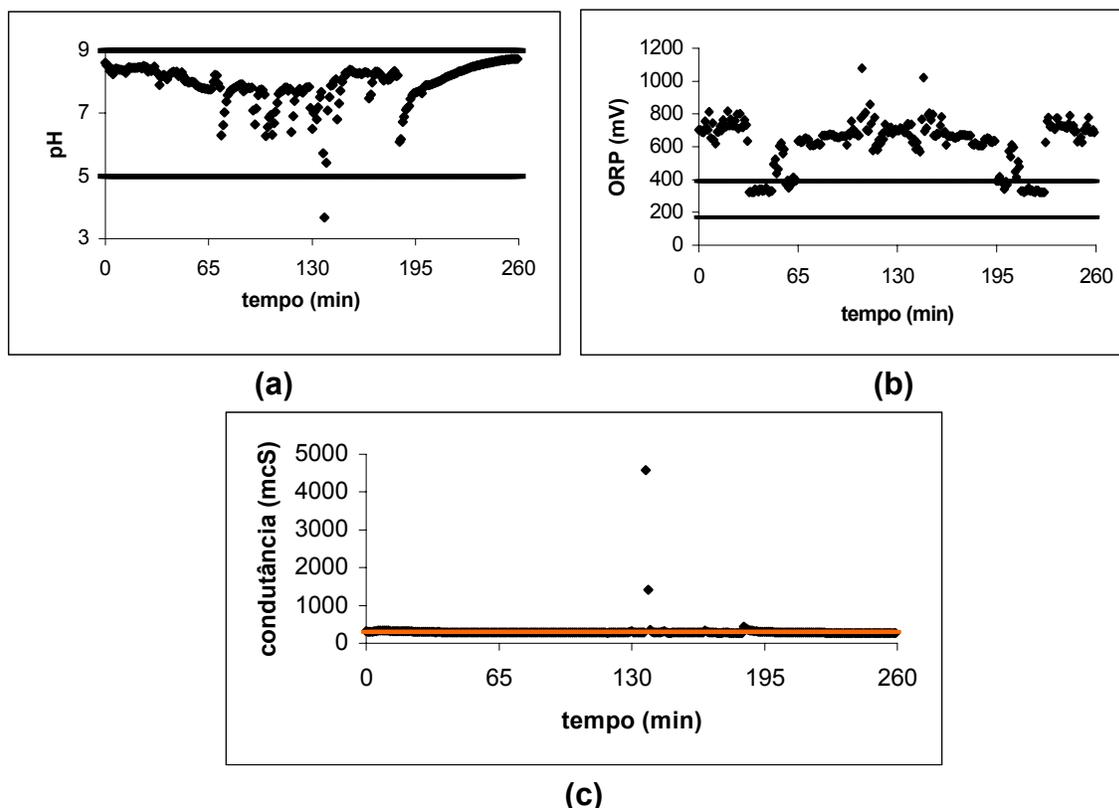


Figura 5.37: Efluente do experimento de síntese do AAS. Valores de (a) pH, (b) ORP e (c) condutância

Apenas um dos 260 valores estava abaixo do limite permitido para pH (figura 5.37a). Todos os valores de condutância encontrados estão por volta de 298 μS , o limite estabelecido, ou pouco acima deste valor, com exceção de dois valores que estão bem acima (figura 5.37c).

Quanto aos valores de ORP (figura 5.37b), 222 dos 260 estão acima do limite estabelecido, ou cerca de 85% dos valores, indicando o descarte de

substâncias de caráter oxidante no efluente. As três substâncias utilizadas no experimento, se descartadas indevidamente, além de alterar o ORP, alterariam também o pH, o que praticamente não ocorreu. Alguma outra substância pode ter sido descartada indevidamente no efluente.

A condutância tem a maioria dos pontos por volta de 300 μS , com exceção de duas coletas, onde há valores bem acima do estabelecido. A aspirina, como é conhecido nas farmácias o AAS é o medicamento mais conhecido e vendido no mundo (Rossetti, 2004). Pouco solúvel em água, é biodegradável (MSDS).

A monitoração de fármacos no meio ambiente já foi realizada em diversos países do mundo, inclusive no Brasil (Bila & Dezotti, 2003).

6. Discussão e Conclusões

6.1 - Implementação de um sistema de monitoração de efluentes:

Na implementação de um sistema de monitoração, a escolha dos pontos de amostragem aparece como uma das etapas de maior dificuldade. Neste estudo, tanto a localização das caixas de esgoto, quanto a identificação da origem do(s) efluente(s) chegando nelas, constituíram um obstáculo devido à falta de informação (plantas de rede hidráulica/saneamento de difícil acesso, rede modificada ao longo dos anos e sem “memória” das modificações, etc.). O difícil acesso a várias caixas e/ou a profundidade que não permitia posicionamento dos equipamentos de coleta ou medida, limitaram também as possibilidades de escolha dos pontos de monitoração. Na implementação de um sistema de monitoração em contínuo, deve-se ainda levar em conta as possibilidades de ligação entre o módulo de medidas (eletrodos) e o módulo de estocagem de dados (computador), o qual deve ficar localizado em local abrigado e seguro.

Os eletrodos devem ser limpos periodicamente, segundo o fabricante (Analion[®]). Após uso prolongado, filmes ou depósitos aderentes, sobretudo devido ao acúmulo de matéria orgânica, podem se formar sobre o bulbo do eletrodo, apesar da manutenção periódica. Esses depósitos interferem na resposta do eletrodo (dificultando ou impossibilitando a calibração) e aumentam o tempo de estabilização, entretanto eletrodos de Pt são utilizados como eletrodos indicadores para sistema de oxidação/redução pelo fato da Pt ser um metal inerte, resistente a ataques químicos e de fácil manutenção. Nesse estudo, a manutenção dos eletrodos (limpeza e calibração) foi realizada diariamente em ambos os sistemas. No caso da monitoração em batelada, o tempo diário de uso dos eletrodos foi relativamente curto (~ 1 hora) e, portanto, uma manutenção diária pode ser considerada suficiente. No sistema em contínuo, a exposição permanente dos eletrodos ao efluente poderia eventualmente alterar a confiabilidade das medidas ao longo do dia e esta variável precisaria, portanto, ser melhor avaliada.

6.2 - Escolha dos parâmetros de monitoração

No que diz respeito às informações fornecidas pelos parâmetros escolhidos, o pH se mostrou eficiente, uma vez que reflete diretamente a concentração de íons H^+ e OH^- , e que os valores limites de pH para lançamento de efluentes são legalmente definidos (Resolução 20/86, artigo 21, Conama). Por outro lado, o nível de informação fornecido pelos dados de ORP e de condutância mostrou-se mais limitado, uma vez que muitas espécies químicas são susceptíveis de modificar estes parâmetros, enquanto que nem todas apresentam um risco elevado e que, em parte por esta razão, estes parâmetros não tem padrões legalmente definidos.

Experimentos misturando vários reagentes foram realizados com o objetivo de simular os resíduos gerados e verificar como estes resíduos alteram os valores dos parâmetros, principalmente ORP e condutância. Os resultados foram pouco conclusivos devido à complexidade das interações físico-químicas que podem ocorrer entre os reagentes depois de lançados na rede de esgoto. Entretanto, a variação destes dois parâmetros fornece informações valiosas sobre frequência e intensidade de descarte de substâncias químicas, permitindo assim que sejam identificados os laboratórios nos quais a prática de “descarte em pia” é freqüente e onde ações de informação/monitoração/fiscalização devem ser reforçadas.

Ao considerar os três parâmetros escolhidos neste estudo, deve-se mencionar também que algumas substâncias de alto potencial tóxico (principalmente dentro dos compostos orgânicos) apresentam baixa capacidade de modificar significativamente qualquer um destes parâmetros, mostrando, portanto as limitações dos parâmetros escolhidos. Assim, os parâmetros utilizados são melhores para espécies inorgânicas que para espécies orgânicas.

6.3 - Comparação entre monitoração em contínuo e em batelada

Uma das principais diferenças nos resultados obtidos com os dois sistemas de medidas diz respeito à diluição que o resíduo pode ter sofrido entre o ponto de lançamento e o ponto de medida.

No sistema em contínuo, observou-se que o registro de um alto valor (de pH, ORP ou condutância) era geralmente seguido por uma sucessão de valores com lento decréscimo (Fig. 5.1). Tal perfil se deve provavelmente a um processo de diluição gradativo do efluente dentro do porta-eletrodos, sendo que a taxa de diluição deve ser diretamente relacionada com o tempo de residência da solução dentro do porta-eletrodos. O tempo de residência corresponde à razão entre o volume do porta-eletrodos e a vazão (considerando iguais as vazões de entrada e de saída). Nesse estudo, o porta-eletrodos tinha um volume constante de 1 L e, portanto, o tempo de residência dependia somente da vazão do efluente. Por outro lado, quando se utiliza uma alta frequência de medidas (curto intervalo de tempo entre duas medidas), o número de pontos com valores acima dos limites aumenta. Desta maneira, para um único descarte de resíduo, o número de medidas fora do padrão pode variar em função da vazão do efluente e da frequência das medidas. Assim, para avaliação do número de descartes na pia, parece mais adequado considerar somente o número de picos com valores fora dos padrões estabelecidos, ao invés do número absoluto de valores fora dos limites estabelecidos.

Embora não foi possível realizar um estudo sistemático para determinar qual seria a melhor frequência de medida no sistema em contínuo, pode-se considerar adequada uma frequência entre 30 s e 2 min. A Figura 5.2 mostra que com este intervalo de tempo, eventos de descarte foram claramente visualizados na forma de picos. Por outro lado, uma alta frequência de medidas permite registrar os valores dos parâmetros antes que o resíduo sofra uma grande diluição na caixa sifonada, assegurando desta maneira que os valores registrados sejam mais próximos dos valores no momento do descarte na pia.

No sistema em batelada, os resíduos lançados são coletados em galões e, portanto, sofrem maior diluição no momento da medida que quando se utiliza o sistema em contínuo. Além do mais, um mesmo galão de coleta pode integrar vários eventos de descarte. Estas diferenças entre os dois sistemas de monitoração

poderiam explicar porque na monitoração do efluente do laboratório de química orgânica em batelada somente um pico de pH fora do limite foi registrado em 1300 min (Fig. 5.3), enquanto que na monitoração em contínuo, para o mesmo tempo de monitoração, foram registrados pelo menos três eventos deste tipo para um mesmo intervalo de tempo (Fig.5.2a). Entretanto, nesta comparação ilustrativa, deve também ser levado em conta o fato que as monitorações foram realizadas em dias diferentes e que, portanto, pode ter também ocorrido menos lançamentos de resíduos ácidos/básicos durante a monitoração em batelada.

Apesar destas limitações em relação ao sistema em contínuo, o sistema em batelada mostrou-se altamente eficiente para detectar lançamentos de resíduos indevidos durante as aulas de química analítica monitoradas. Na aula 1 e 2, por exemplo, observou-se que a maioria das amostras coletadas apresentava um pH entre 1 e 3 (Fig.5.6a e 5.12a). Embora o sistema não permita avaliar o volume de resíduos descartados na pia, nem os seus valores de pH iniciais, somando todos os volumes de efluente coletados com pH abaixo de 5, foi possível calcular que um alto volume de efluente com pH abaixo do limite permitido foi gerado dentro da rede de esgoto (da ordem de 380 L na aula 1 e de 340 L na aula 2).

Outro ponto a ser levado em consideração na comparação dos dois sistemas de monitoração é o custo, o qual inclui aquisição dos equipamentos e manutenção. O custo dos equipamentos necessários para a monitoração em batelada pode ser considerado relativamente baixo, considerando inclusive que condutivímetros e potenciômetros são equipamentos comuns em laboratórios de química, porém um sistema em batelada, tal como foi apresentado neste estudo, necessita de uma grande disponibilidade de mão de obra para realizar as amostragens, as análises, a aquisição dos dados em computador e o tratamento dos mesmos, uma vez que uma baixa frequência de amostragem limitaria a representatividade. Embora o sistema de monitoração em contínuo da marca Analion[®] também era constituído de um condutivímetro e de potenciômetros, o custo de aquisição do sistema foi significativamente mais elevado que o sistema em batelada devido, principalmente, à necessidade de um módulo de estocagem de dados (computador ou “*datalog*”), interface entre eletrodos e módulo de estocagem de dados e programa computacional (“*software*”) de estocagem e

aquisição de dados. Porém, o custo da mão de obra deve também ser levado em consideração. Enquanto o sistema em contínuo necessita de mão de obra apenas para manutenção diária dos eletrodos e tratamento dos dados, o sistema em batelada necessita também de mão de obra para coleta e análise das amostras. Deve ser notado também, que em nosso estudo, a aquisição de um equipamento de monitoração em contínuo não foi tarefa simples, uma vez que devia responder a necessidades específicas e que não foi encontrado no mercado equipamento comercial para este tipo de estudo. Desta forma, o equipamento da Analion[®] teve de ser adaptado pela empresa às nossas necessidades, fato que sem dúvida se refletiu no custo do equipamento.

Pode também ser observado que um sistema em contínuo permite uma monitoração em tempo integral, incluindo períodos noturnos e de fins de semana, durante os quais a atividade dos laboratórios é reduzida, mas quando também podem ocorrer lançamentos indesejáveis. Um outro ponto positivo do sistema de monitoração em contínuo é a facilidade e rapidez da aquisição e do tratamento dos dados, permitindo assim uma rápida divulgação dos dados e decisão de ação em caso de necessidade, enquanto na monitoração em batelada as análises de pH, ORP e condutância costumam levar algumas horas.

6.4 – Conclusões:

O estudo realizado permitiu concluir que o descarte indevido de resíduos químicos na pia dos laboratórios continua sendo praticado, pelo menos em alguns laboratórios, mesmo após o conjunto de medidas adotadas para informar e sensibilizar a comunidade do IQ.

Os resultados mostraram também que, pelo menos em alguns casos, os efluentes poderiam ser assimilados a efluentes industriais não tratados devido a suas características e a sua quantidade (centenas de litros lançados na rede de esgotos com pH fora dos limites estabelecidos pelo artigo 21 da norma 20/86 do Conama, por exemplo). Essa situação é considerada preocupante para o IQ que já

tem implementada uma política de gerenciamento de resíduos químicos.

Por estas razões, a monitoração da qualidade dos efluentes de laboratório deve ser considerada como sendo uma ferramenta complementar num programa de gerenciamento de resíduos químicos, uma vez que ela pode auxiliar na detecção de práticas indevidas de descarte de resíduos e, conseqüentemente, na avaliação da eficiência do programa de gerenciamento de resíduos químicos da instituição.

Embora os resultados deste estudo permitiram obter informações valiosas quanto à pratica de descarte em alguns laboratórios do Instituto de Química, deve-se ressaltar que muitos obstáculos foram encontrados na fase de implementação, tais como a aquisição de um sistema de monitoração em continuo adaptado às nossas necessidades ou ainda acesso à rede de esgoto. Este ponto ilustra parte das dificuldades que poderiam ser encontradas na eventualidade da implementação de uma rotina de monitoração dentro do Instituto de Química.

Por outro lado, os resultados mostraram que tanto o sistema em batelada quanto o sistema em continuo apresentam vantagens e desvantagens e que estudos complementares são necessários antes de se concluir qual dos dois sistema poderia ser mais interessante para implementação de uma rotina de monitoração. Como exemplo pode-se citar:

- estudos complementares sobre a relação entre os três parâmetros escolhidos (pH, ORP e condutância) e a composição dos efluentes;
- freqüência de manutenção dos eletrodos no sistema em continuo (limpeza e calibração);
- influencia da configuração do sistema de monitoração em continuo sobre os dados obtidos (distância entre ponto de lançamento do resíduo e ponto de medida, volume e desenho da caixa sifonada, vazão dos efluentes, etc.);
- avaliação de outros parâmetros de monitoração. A monitoração da concentração de carbono orgânico dissolvido poderia, por exemplo, ser um bom indicador da presença de solventes orgânicos nos efluentes de laboratório. Entretanto, uma monitoração em continuo deste parâmetro parece ainda ser difícil em razão da limitação dos equipamentos disponíveis.

7. Referências bibliográficas

7. Referências bibliográficas

- AAR (Association of American Railroads), disponível em www.aar.org em 20/06/2004
- AAR, *Emergency handling of hazardous materials in surface transportation, Hazardous Materials Systems*, Washington, **1987**, 800p.
- ABQTIC (Associação Brasileira dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro); “Aspectos ecológicos dos recurtentes”, trabalho apresentado pela Bayer S/A aos associados da ABQTIC, disponível em www.abqticnews.com/pesquisas.php em 20/06/2004
- Abreu, D.G.; lamamoto, Y.; “Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química: formação profissional com responsabilidade ambiental”, *Química Nova*, **2003**, 26, 582-584
- ACD (Advanced Chemistry Development), disponível em www.acdlabs.com/products/phys_chem_lab/logd/bcf.html em 20/06/2004
- Acqua Engenharia; “Poluição de corpos d’água”; disponível em www.acquagds.com.br/PDBEAR1.pdf em 20/06/2004
- Afonso, J.C.; Noronha, L.A. ; Felipe, R.P.; Freidinger, N.; “Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final”, *Química Nova* , **2003**, 26, 602-611
- Aguiar, M. R. M. P. de; Novaes, A. C.; Guarino, A. W. S.; “Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos”; *Química Nova*, **2002**, 25, 1145-1154
- Alberguini, L.B.; Silva, L.C.; Rezende, M.O.O.; “Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos – resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos em um campus universitário”, *Química Nova*, **2003**, 26, 291-295
- Alberici, R. M.; “Fotodegradação do fenol e fenóis clorados catalisada por TiO₂”: *Dissertação de Mestrado*, **1992**, Unicamp, Campinas/SP
- Alberici, R. M.; “Destrução de compostos orgânicos voláteis em fase gasosa por catálise heterogênea”, *Tese de Doutorado*, **1996**, Unicamp, Campinas/SP
- Alberici, R. M.; Jardim, W. F.; “Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide”; *Applied Catalysis B Environmental*, **1997**, 14, 55-68
- Altino, F.; “O que está sendo feito com os resíduos industriais?”; *Revista*

Saneamento Ambiental, 54, **1998**, 16-24

- Amaral, S.T.; Machado, P.F.L.; Peralba, M.C.R.; Câmara, M.R.; Oliveira, E. R. de; Martinelli, M.; Gonçalves, R. S.; Berleze, A. L.; Santos, T. dos; Falcão, H. L.; Brasil, J. L.; Borges, A. C. A.; “Intercâmbio de resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 17

- Amaral, S.T.; Machado, P.F.L.; Peralba, M.C.R.; Câmara, M.R.; Santos, T.; Berleze, A.L.; Falcão, H.L.; Martinelli, M.; Gonçalves, R.S.; Oliveira, E. R.; Brasil, J.L.; Araújo, M.A.; Borges, A.C.A.; “Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul”, *Química Nova*, **2001**, 24, 419-423

- Amaral, S. T.; Martine, E. M. A.; Machado, P. F. L.; Gregório, J. R.; Berleze, A. L.; Santos, T. dos; “Projeto ‘química limpa’ – atitudes do setor de química geral nas aulas de laboratório de graduação no instituto de química da UFRGS”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 15

- Analion®, Aparelhos e Sensores Indústria e Comércio LTDA., Manual do Usuário, Eletrodos pH, ORP, condutividade

- Angelis, D. F. de; Corso, C. R.; Bidoia, E. D.; Moraes, P. B.; Domingos, R. N.; Rocha-Filho, R. C.; “Eletrólise de resíduos poluidores. 1-Efluente de uma indústria liofilizadora de condimentos”, *Química Nova*, **1998**, 21, 20-24

- Assunção, J. V.; Pesquero, C. R.; “Dioxins and furans: origins and risks”; *Revista de Saúde Pública*, **1999**, 33, 523-530

- Atkins, P.; Jones, L.; “*Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*”; Artmed Editora S.A., **2002**

- Aubrun, C.; Theilliol, D.; Harmand, J.; Steyer, J. P.; “Software sensor design for COD estimation in an anaerobic fluidized bed reactor”, *Water Science & Technology*, **2001**, 43, 115–120

- Baader, J. W.; Indriunas, A.; Faria, D. L. A. de; Baptista, M.; “Implementação de um programa de gerenciamento de resíduos no instituto de química da USP”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 9

- Baccan, N.; Andrade, J. C. de; Godinho, O. E. S.; Barone, J. S.; *Química Analítica Quantitativa Elementar*; Editora da Unicamp, Campinas, 2ª. edição, **1995**.

- Bahadir, M.; Bollmeier, M.. “Waste origin, its management and its disposal at the technical University of Braunschweig”; Conferência proferida no 1st International Symposium on Residue Management in Universities; *Livro de Resumos do 1st*

Symposium International on Residue Management in University, **2002**, 23-24

- Baptistella, L. H. B.; Sousa, I. M. O.; “Nova metodologia para minimizar os riscos usando Cr (VI) como oxidante”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 18

- Bendassoli, J. A.; Ignoto, R. F.; Maximo, E.; Motatti, J.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, C. R.; Bonassi, J. A.; “Reciclagem e reuso de produtos químicos no laboratório de produção de isótopos estáveis do CENA/USP”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 20

- Bendassoli, J.A.; Máximo, E.; Tavares, G.A.; Ignoto, R.F., “Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP”, *Química Nova*, **2003**, 26, 612-617

- Berleze, A. L.; Santos, T. dos; Falcão, H. L.; Amaral, S. T.; “Desenvolvimento de rótulos padronizados para caracterização dos resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da universidade federal do Rio Grande do Sul”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 10

- Bertazzoli, R.; Pelegrini, R.; “Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico”; *Química Nova*, **2002**, 25, 477-482

- Bertolo, Prof.; disponível em www.bertolo.pro.br/Biofisica/Fluidos/mec_flu.htm, consulta ao site em 01/03/2005

- Bila, D. M.; Dezotti, M.; “Fármacos no meio ambiente”; *Química Nova*, **2003**, 26, 523-530

- Brooks, D. W.; Epp, D.; Brooks, H. B.; “Small-scale potentiometry and silver one-pot reactions”, *Journal of Chemical Education*, **1995**, 72, A 162

- Campos, S. D. de; Nascimento, M. da G.; Debacher, N. T.; Grando, M.; Benato, V. S.; “Incidência de intoxicações por produtos químicos no estado de Santa Catarina”, *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 7

- Cecile, J.L.; “Needs and uses of continuous monitoring equipment for waste water treatment”. *Monitoring of Water Quality*, F. Colin & P. Quevauviller Editors, **1998**, 237-244

- Centro de Vigilância Sanitária, disponível em www.cvs.saúde.sp.gov.br/pvol1.html, consulta ao site em 01/03/2005

- CEPIS-OPS-OMS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y

Ciencias del Ambiente – Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud), disponível em www.cepis.ops-oms.org/bvsana/e/fulltext/perfiles/brasil.pdf em 20/01/2005 *apud* IBGE, Censo 2000.

- CESET (Centro Superior de Educação Tecnológica), disponível em www.ceset.unicamp.br/~cassianac/ST614/FILTROS%20BIOL%D3GICOS%20E%20LODO%20ATIVADO.doc em

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, disponível em www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/produto_consulta_completa.asp em 20/01/2005

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, disponível em www.ambiente.sp.gov.br/leis_internet/leis_principal.htm em 19/01/2005

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, disponível em www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/cetesb/outros_documentos.asp#2 em 20/01/2005

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, disponível em www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp em 20/06/2004

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; “Relatório de Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo”, São Paulo, **2002**, p.24

- CGU/Unicamp (Coordenadoria Geral da Universidade), disponível em www.cgu.unicamp.br/residuos/Gerenciamento_de_residuos_v1.pdf

- Cieslak-Golonka, M.; “Toxic and mutagenic effects of chromium (VI): a review”; *Polyhedron*, **1996**, 15, 3667-3689

- Clemings, R.; Air Pollution in “The 1994 Information Please Environmental Almanac compiled by World Resources Institute”, Houghton Mifflin Company, Nova York, p. 105-116

- Coelho, F.; “P1: Segurança em química”; palestra proferida no *I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 2

- Coelho, R. F.; “P3: aspectos básicos de proteção radiológica em laboratórios de pesquisa que utilizam material radioativo”; palestra proferida no *I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 4

- Comissão das Comunidades Europeias, Regulamento do Parlamento europeu e do conselho relativo ao registro, à avaliação, à autorização e à restrição de produtos químicos, Bruxelas, **2003**

- Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente); Legislação Federal, Resolução 283 de 18/06/1986, Brasil
- Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente); Legislação Federal, Resolução 20 de 12/07/2001, Brasil
- Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente); Legislação Federal, Resolução 308 de 21/03/2002, Brasil
- Conexão Atibaia, disponível em www.conexaoatibaia.com/colunas/061203/meioambiente.asp em 20/06/2004
- Constituição da República Federativa do Brasil, art. 225, **1988**
- Constituição da República Federativa do Brasil, art. 225, § 1º, incisos V e VI, **1988**
- Coutrim, M. X.; Carvalho, L. R. F. de; Arcuri, A. S. A.; “Avaliação dos métodos analíticos para a determinação de metabólitos do benzeno como potenciais biomarcadores de exposição humana ao benzeno no ar”, *Química Nova*, **2000**, 23, 653
- Cornell University, disponível em www.cornell.edu em 20/06/2004
- Crosby, D. G.; *Environmental Toxicology and chemistry*; Oxford University Press, **1998**, Nova York
- Cunha, C.J.; “O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do depto de química da UFPR”; *Química Nova*, **2001**, 24, 424-427
- Cupido, Prof.; disponível em www.profcupido.hpg.ig.com.br/residuos_de_laboratorio.htm, adaptado de publicação da Michigan State University e de publicações da SIGMA-ALDRICH em (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3), em 20/06/2004
- Diniz, M. C. T.; Filho, O. F.; Aquino, E. V. de; Rohwedder, J. J. R.; “Determination of phosphate in natural water employing a monosegmented flow system with simultaneous multiple injection”; *Talanta*, **2004**, 62, 469-475
- Environment Canada, *Manual for spills of hazardous materials, Environmental protection service*, Canadá , **1984**
- Facens (Faculdade de Engenharia de Sorocaba), disponível em www.facens.br/site/alunos/download/saneament/gamaral_qualidade_água1.doc em 20/06/2004
- Falcão, H. L.; Santos, T. dos; Berleze, A. L.; Amaral, S. T.; “Desenvolvimento

de um programa de cadastramento para os resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul'; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 12

- FAPESP, projeto de pesquisa # 01/00970-2, *Programa de Infra-estrutura para Tratamento de Resíduos Químicos*

- FCTH (Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica), disponível em www.fctr.br em 20/06/2004

- Fellenberg, G.; *Introdução aos problemas da poluição ambiental*, Ed. Pedagógica e Universitária LTDA., São Paulo, **1980**

- Fênix Ambiental Consultoria e Treinamento S/S LTDA apud NBR 10004, disponível em site www.fenix-ambiental.com.br/Residuos%20Solidos.pdf em 20/01/2005

- Ferreira, A.D.Q.; "O impacto do cromo nos sistemas biológicos". *Química Nova*, **2002**, 25, 572-578

- Ferreira, E.F.; Silva, M.A.V. da; Coelho, F.; "Tratamento e descarte de solventes gerados na rotina dos equipamentos de cromatografia líquida de alta eficiência"; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 22

- Ferreira, E.F.; Silva, M.A.V. da; Coelho, F.; "Tratamento e descarte em grande escala de resíduos contendo cianeto"; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 21

- FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico), disponível em www.fispq.com.br em 20/06/2004

- Gobato, E. A. A. F.; Lanças, F. M.; "Comparação entre injeção na coluna (*on column*) e *headspace* dinâmico na determinação de benzeno, tolueno e xilenos (BTX) em amostras de água"; *Química Nova*, **2001**, 24, 176-179

- Gonçalves, R. F.; Costa, A. N. da; Krohling, B.; Rodrigues, C.; Teles, C. R.; Nascimento, C. G. do; Passamani, F. R. F.; Oliveira, F. F. de; Lima, M. R. P.; "Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas", PROSAB, ABES, Rio de Janeiro, **1999**, 95 p.

- Gonçalves, R. S.; Schifino, J.; "Implementação da disciplina de segurança em laboratório químico para alunos ingressos do curso de química, *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 13

- Häck, M.; Lorenz, U.; "Online load measurement in combined sewer systems - possibilities of an integrated management of waste water transportation and

- treatment”; *Water Science & Technology*, **2002**, 45, 421–428
- Harris, D.C.; *Análise Química Quantitativa*, LTC Editora, 5ª ed., **2001**, 862 p.
 - Higarashi, M. M.; Jardim, W. F.; “Remediation of pesticide contaminated soil using TiO₂ mediated by solar light”; *Catalysis Today*, **2002**, 76, 201-207
 - Houaiss, Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, de Antônio Houaiss, Mauro de Salles Villar e Francisco Manoel de Mello Franco. Objetiva, **2001**, LXXXIII + 2925 p.
 - Household & Cosméticos; “Ésteres de glicóis em produtos de limpeza”; consulta ao site www.freedom.inf.br/artigos_tecnicos/20020409/87_88.asp em 20/06/2004
 - IQ/Unicamp, Coordenadoria de Pós-Graduação, Normas e Formulários para *download*, disponível em www.iqm.unicamp.br/cpg/residuos.doc em 20/06/2004
 - Jardim, W. de F.; *Cartilha para a implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos*, disponível em www.quimica.ufpr.br/~sbqamb/cartilha.htm em 20/06/2004
 - Jardim, W. de F.; “Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa”, *Química Nova*, **1998**, 21, 671-673
 - Jordão, C. P.; Silva, A. C. da; Pereira, J. L.; Brune, W.; “Contaminação por crômio de águas de rios provenientes de curtumes em Minas Gerais”; *Química Nova*, **1999**, 22, 47-52
 - Kondo, M. M.; Jardim, W. F.; “Photodegradation of chloroform and urea using Ag-loaded titanium dioxide as catalyst”; *Water Research*, **1991**, 25, 823-827
 - Lanças, F.M.; *Cromatografia em fase gasosa*, Acta, São Carlos/SP, **1993**
 - Lenardão, E.J.; Freitag, R.A.; Dabdoub, M.J.; Batista, A.C.F; Silveira, C.C.; “*Green chemistry* – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa”; *Química Nova*, **2003**, 26, 123-129
 - Lunn, G.; Sansone, E. B.; “Safe disposal of highly reactive chemicals”; *Journal of Chemical Education*, **1994**, 71, 972
 - Marques, P. H. C.; Oliveira, H. T. de; Machado, E. C.; “Limnological study of Piraquara river (Upper Iguaçu basin): spatiotemporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning”; *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **2003**, 46, 383-394
 - Martins, E. A. J.; Abrão, A.; “Remoção e recuperação de prata e seus sais de

filmes e papéis fotográficos”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 8

- Mendham, J.; Denney, R. C.; Barnes, J. D.; Thomas, M.; Vogel – *Análise Química Química Quantitativa*, 6ª ed, LTC editora, 2002

- Menezes, H.C.; Faria, A.G.; “Utilizando o monitoramento ambiental para o ensino da química. Pedagogia de projeto”; *Química Nova*, **2003**, 26, 287-290

- Micaroni, R.C.C.M; Filho, E. R. P.; Arruda, M. A. Z.; Bueno, M. I. M. S.; Jardim, W. F.; “Tratamento de resíduos contendo prata e cromo gerados em um experimento de química analítica”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 19

- Micaroni, R.C.C.M; *Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da UNICAMP; Tese de doutorado*, Campinas, Brasil, **2001**

- Micaroni, R.C.C.M; “P4: microescala e alteração de experimentos como instrumentos de minimização de resíduos químicos de laboratórios de ensino”; palestra proferida no *I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 5

- Milaré, E.; “Legislação ambiental do Brasil”; ed. APMP, **1991**, 636p. *apud* Constituição Estadual de São Paulo, Art. 193, inciso V

- Milaré, E.; “Legislação ambiental do Brasil”; ed. APMP, **1991**, 636p. *apud* Lei Federal Nº 7802 de 11 de julho de 1989

- MMA (Ministério do Meio Ambiente), disponível em diwww.mma.gov.br/ascom/imprensa/abril2000/informma16.html em 20/01/2005

- MMA (Ministério do Meio Ambiente), disponível em www.mma.gov.br/port/conama/processos/98E7BD03/GerenciamentoResiduosQuimicos.pdf em 20/01/2005

- MMA (Ministério do Meio Ambiente), disponível em www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/zoneamen/anexo2.pdf em 20/06/2004

- Moraes, D. S. L.; Jordão, B. Q.; “Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana”; *Revista de Saúde Pública*, **2002**, 36, 3

- Moraes, S. L.; Rezende, M. O. O.; “Determinação da concentração micelar crítica de ácidos húmicos por medidas de condutividade e espectroscopia”, *Química Nova*, **2004**, 27, 701-705

- MS (Ministério da Saúde), Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, Departamento Técnico-Normativo, disponível em www.andef.com.br/legislacao/port03a.htm em 20/01/2005
- MSDS - Material Safety Data Sheet, disponível em <http://hazard.com/msds> em 20/06/2004
- MSDS - Material Safety Data Sheet, disponível em www.jtbaker.com em 20/06/2004
- MSDS - Material Safety Data Sheet, disponível em www.msds.com em 20/06/2004
- MTE (Ministério do Trabalho e Emprego), disponível em www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Download/NR_15.pdf em 20/06/2004
- Mühlen, C.; Caramão, E. B.; Pizzolato, T. M.; “Implementação de metodologia para análise de traços de solventes orgânicos voláteis em atmosferas de laboratórios, utilizando MEFS e CG/DEM, *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 14
- Murphy, J. A.; Ackerman, A. H.; Heeren, J. K.; “Recovery of silver from and some uses for waste silver chloride”, *Journal of Chemical Education*, **1991**, 68, 602
- Neves, P. J.; “A utilização de matéria orgânica morta como absorvente para metais pesados”; *Dissertação de Mestrado*, Rio de Janeiro, **1980**
- Nogueira, R. F. P.; Jardim, W. F.; “TiO₂-fixed-bed reactor for water decontamination using solar light”, *Journal of Chemical Education*, **1993**, 70, 854
- Nogueira, R. F. P.; Alberici, R. M.; Mendes, M. A.; Jardim, W. F.; Eberlin, M. N.; “Photocatalytic degradation of phenol and trichloroethylene: on-line and real time monitoring via membrane introduction mass spectrometry”; *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **1999**, 38, 1754-1758
- OIW (Oil-in-Water monitoring club); “Oil pollution detection and monitoring seminar”, Glasgow, Scotland, **2001**
- Oliveira, E. R. de; Petzhold, C. L.; Machado, R. B.; Falcão, H. L.; “Uma experiência de coleta seletiva de resíduos nas aulas de química orgânica experimental I”; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 16
- Oliveira, S. de; Pasqual, A.; “Avaliação da qualidade da água subterrânea a jusante do depósito de resíduos sólidos municipais de Botucatu/SP”, artigo retirado do site

www.botucatu.sp.gov.br/artigos/artigos/ARTIGINT.PRN.pdf em 20/06/2004

- Osorio, V. K. L.; Oliveira, W. de; "Polifosfatos em detergentes em pó comerciais"; *Química Nova*, **2001**, 24, 700-708

- Pitt, M.J.; "Chemical residue management in the universities"; *Livro de Resumos do 1st Symposium International on Residue Management in University*, **2002**, 25-26

- Porto, R. La L.; *Hidrologia ambiental*; São Paulo, Edusp, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3), **1991**, 411 p.

- Prado, A.G.S.; "Química verde, os desafios da química do novo milênio"; *Química Nova*, **2003**, 26, 738-744

- Prado, A.G.S.; "Química verde, os desafios da química do novo milênio"; *Química Nova*, **2003**, 26, 738-744 *apud* American Chemistry Society

- RCN Homepage, disponível em <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/A/AmesTest.html> em (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 3) sobre test Ames

- Reis, L. F. M.; Melo, E. S. de; Kuamoto, P. M.; "Tratamento de resíduos químicos – uma experiência do instituto de química – UFRGS"; *Livro de resumos do I Encontro Nacional em Química*, Campinas/SP, **2000**, 11

- Rodriguez, A. F.; "Os caminhos das águas"; *Agroanalysis*, **1998**, 18: 22-6

- Rosatto, S.S.; Freire, R.S.; Duran, N.; Kubota, L.T.; "Biossensores amperométricos para determinação de compostos fenólicos em amostras de interesse ambiental"; *Química Nova*, **2001**, 24, 77-86

- Rossetti, Dicionário Rossetti de Química, disponível em www.rossetti.eti.br/dicuser/index2.asp em 20/06/2004

- Rubin, E. S.; Davidson, C. I.; *Introduction to engineering & the environment*; McGraw-Hill Higher Education, 1st ed., **2001**, 330

- Rupp, M. T. C.; "*Utilização de Zeólitas no Tratamento de Efluentes Inorgânicos*" Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, **1996**

- Schneider, J.; Wiskamp, V.; "Environmental protection in practical chemistry courses"; *Journal of Chemical Education*, **1994**, 71, 587

- SEMA – Secretaria do Meio Ambiente; *Glossário de Engenharia Ambiental*, Brasília, **1988**, 118p.

- Segovia, V.M.; Galang, A.P.; “Sustainable development in higher education in the Philippines: the case of Miriam College”; *Higher Education Policy*, **2002**, 15, 187-195
- Shriberg, M.; “Institucional assessment tools for sustainability in higher education: strengths, weaknesses, and implications for practice and theory”; *Higher Education Policy*, **2002**, 15, 153-167
- Shriberg, M.; “Toward sustainable management: the University of Michigan Housing Division’s approach”; *Journal of Cleaner Production*, **2002**, 10, 41-45
- Silva, M. S. da; “Segurança e Prevenção de Acidentes – segurança química em laboratórios”; curso ministrado na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto entre os dias 06 e 27 de junho de 2002, disponível em www.rbi.fmrp.usp.br/seguranca/segquim/segquim4.ppt, consulta realizada em 20/06/2004
- Singley, J. A.; “Hazard versus risk”; *Chemical health and safety*, 11, **2004**, 14-16
- Skoog, D. A.; Holler, F. James, Nielman, T. A.; *Princípios de Análise Instrumental*, 5ª ed., **2002**
- Souza, A. D. G. de; Tundisi, J. G.; “Water quality in watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a case study”; *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **2003**, 46, 711-721
- Spérandio, M.; Queinnec, I.; “Online estimation of wastewater nitrifiable nitrogen, nitrification and denitrification rates, using-ORP and DO dynamics”; *Water Science & Technology*, **2004**, 49, 31-38
- Stepnowski, P.; Blotevogel, K. -H.; Ganczarek, P. Fischer, U.; Jastorff, B.; “Total recycling of chromatographic solvents – applied management of methanol and acetonitrile waste”, *Resources, Conservation and Recycling*, **2001**, 35 (3), 163-175
- The University of Arizona, disponível em www.arizona.edu em 20/06/2004
- UFPR (Universidade Federal do Paraná), disponível em <http://bohr.quimica.ufpr.br/~ssta/ssta1.html> em 20/06/2004
- UFPR (Universidade Federal do Paraná), disponível em www.quimicaufpr.br/~ssta/elimina.html
- Unesp (Universidade Estadual Paulista), disponível em www.iq.unesp.br/normas-rq/normas-rq.htm em 20/06/2004
- Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), disponível em http://lqes.iqm.unicamp.br/institucional/o_laboratorio/olaboratorio_normas_seguranca.html em 20/06/2004

- Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), disponível em www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/fatos/n6/fatos_melhoria.html em 20/06/2004
- University of Michigan, disponível em www.umich.edu em 20/06/2004
- University of Utah, disponível em www.utah.edu em 20/06/2004
- University of Virginia, disponível em www.virginia.edu em 20/06/2004
- Valente, J. P. S.; Padilha, P. M.; Silva, A. M. M.; “Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP”; *Eclética Química*, **1997**, 22, 49-66
- Vanrolleghem, P. A.; Lee, D. S.; “On-line monitoring equipment for wastewater treatment process: state of the art”; *Water Science and Technology*, **2003**, 47(2), 1-34
- Ziolli, R. L.; Jardim, W. F.; “Mecanismo de fotodegradação de compostos orgânicos catalisada por TiO₂”, *Química Nova*, **1998**, 21, 319-325
- Zhu, L.; Tay, C. B.; Lee, H. K.; “Liquid-liquid-liquid microextraction of aromatic amines from water samples combined with high-performance liquid chromatography”, *Journal of Chromatography A*, **2002**, 963, 231-237

Anexo I:

1- Permanganato de potássio

O contato de permanganato de potássio, poderoso oxidante, com outros materiais pode causar fogo.

Nos olhos pode causar irritação e possíveis queimaduras; e ainda conjuntivite química e danos à córnea.

Na pele, pode ser prejudicial se for absorvido. Causa irritação e possíveis queimaduras, erupções na pele (suaves), e pele fria e úmida com cianose ou cor pálida. O contato com a pele pode causar manchas marrons na área, e possível endurecimento de uma camada exterior da pele.

Pode ser nocivo se ingerido e trazer danos graves e permanentes no trato digestivo. Pode causar irritação grave no trato gastrointestinal, com náuseas, vômitos e possíveis queimaduras. E também trazer danos ao rim e fígado. Pode causar perfuração do trato digestivo. Efeitos no sistema nervoso central. Pode formar metemoglobinemia, que em concentração suficiente, pode causar cianose (descoloração azulada da pele devido à oxigenação deficiente do sangue). Em caso de ingestão, o vômito não deve ser induzido.

Em doses elevadas, manganês pode aumentar a anemia por concorrer na absorção de ferro. Manganês é geralmente venenoso ao sistema nervoso central, e permanganato de potássio apresenta esta propriedade. A aspiração pode levar a um edema pulmonar. Causa irritação no trato respiratório com possíveis queimaduras. Pode afetar o sistema nervoso central.

O contato repetido ou prolongado com a pele pode causar ressecamento e dermatites. Os efeitos podem ser retardados. Experimentos em laboratório mostram que apresenta efeitos mutagênicos. A toxicidade pelo manganês é crônica através da inalação, podendo resultar em 'manganismo', doença do sistema nervoso central que envolve desordens psíquicas e neurológicas. Pode causar danos no rim e efeitos reprodutivos adversos.

Deve-se minimizar o acúmulo e evitar o contato com materiais combustíveis, como roupas. Apresenta incompatibilidade com os seguintes materiais: agentes redutores fortes, peróxidos, alumínio, zinco, chumbo,

cobre, ligas de cobre, materiais orgânicos, ácido sulfúrico, glicerol, fósforo, combustíveis orgânicos, nitrato de amônio, dimetilformamida, etilenoglicol, hidroxilamina, antimônio, sais de antimônio, ácidos, enxofre, ácido acético, anidrido acético, arsenitos, brometos, iodetos, ácido clorídrico, sais de ferro, sais de mercúrio, hipofosfitos, sulfitos, álcoois, borracha, carvão vegetal. Gera como produtos de decomposição gases fumegantes e tóxicos, oxigênio, óxido de potássio e óxido de manganês.

LD₅₀ = 1090 mg/kg

Causa sérios danos ao sistema reprodutor.

Prejudicial à vida aquática mesmo em pequenas concentrações, pode causar efeitos adversos ao meio ambiente. Os resíduos gerados são classificados como resíduos perigosos. É também classificado com poluente do ar perigoso.

2- Oxalato de sódio

Veneno, perigoso e corrosivo, pode causar queimaduras. Pode ser fatal se ingerido e prejudicial se inalado; pode ainda afetar os rins.

A inalação de poeira é corrosiva às membranas das mucosas. Oxalatos podem ser absorvidos até os pulmões. Sintomas de envenenamento incluem o sistema nervoso, câibras e depressão do sistema nervoso central.

Se ingerido, a dose letal para adultos é estimada em 15 – 30g em algumas horas ou minutos. Pode acarretar ação corrosiva da mucosa intestinal, seguida de dor e vômito, por isso, não se deve estimular o vômito ao ser ingerido. A redução acentuada do soro cálcico pode causar disfunção do cérebro. Pode se depositar nos rins.

Na pele podem aparecer sintomas de vermelhidão, dor e queimaduras.

O contato com os olhos pode causar visão manchada/nublada, vermelhidão, dor e queimaduras graves.

A exposição crônica pode trazer falência do sistema nervoso ou circulatório. São mais susceptíveis aos efeitos da substância pessoas com

problemas respiratórios, na pele, nos olhos e nos rins.

Pode causar fumaça irritante se aquecido até se decompor. É incompatível com ácidos fortes e oxidantes fortes.

Requer análises apropriadas para ser descartado.

3 - Ácido sulfúrico

É corrosivo se inalado, ingerido, em contato com a pele ou com os olhos. Os sintomas podem incluir ainda irritação no nariz e garganta, respiração dificultosa, edema pulmonar, danos nas mucosas e no trato respiratório.

Se ingerido, os sintomas incluem queimaduras graves na boca, garganta e estômago. Se a pele estiver úmida, poderá ocorrer um colapso circulatório, respiração superficial e escassez de urina. Pode ainda causar vômito, diarreia e levar à morte. Não deve ser induzido o vômito. Os efeitos são menos severos que da exposição em concentrações mais elevadas do ácido, tanto em caso de ingestão, queimaduras na pele ou olhos.

Em contato com a pele pode causar vermelhidão, dor e queimaduras. A região afetada pode ser neutralizada com uma solução de bicarbonato de sódio 2%.

Com os olhos, os efeitos incluem visão manchada, vermelhidão, dor e queimaduras. Soluções concentradas podem causar cegueira.

A exposição durante um longo tempo à mistura ou vapores do ácido pode causar danos aos dentes e ainda levar ao câncer. Pessoas com problemas nos olhos ou respiratórios são mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Apesar de não ser combustível, em presença de fortes oxidantes, causa o aquecimento da reação; com agentes redutores ou combustíveis pode causar faíscas.

Deve ser evitado o contato com metais, pois haverá geração de hidrogênio, gás inflamável e explosivo. Por ser um forte oxidante, na reação com

agentes redutores, há aquecimento, que pode causar faíscas. Reage com água; por isso, quando houver diluição não adicionar água ao ácido e sempre ácido à água.

Forma fumaça tóxica de óxidos de enxofre ao ser aquecido. Reage com carbonatos gerando dióxido de carbono e com cianeto e sulfeto formando cianeto de hidrogênio e sulfeto de hidrogênio, respectivamente. É incompatível com clorato de potássio, perclorato de potássio, permanganato de potássio, sódio, lítio, bases, material orgânico, halogênios, óxidos e hidretos, metais, oxidantes fortes e agentes redutores e muitas outras substâncias reativas. Manter em lugar com exaustão e distante da luz do Sol e de reagentes incompatíveis.

A exposição limite é de 1 mg/ m^{-3} de ar.

LD₅₀ para ingestão oral 2140 mg kg^{-1} , inalação 510 mg m^{-3} de ar. A *International Agency for Research on Cancer* (IARC) classifica vapores de ácido inorgânico forte contendo ácido sulfúrico como carcinogênico (dependendo do nível de exposição); mas somente misturas contendo ácido sulfúrico e não ácido sulfúrico concentrado ou soluções de ácido sulfúrico.

Quando lançado ao solo pode lixiviar sedimentos. Pode ser tóxico à vida aquática.

4 - Água oxigenada 20 volumes (6%)

Nos olhos produz irritação, caracterizada por queimação, vermelhidão, inflamação e possível ferimento da córnea. Os vapores podem causar irritação nos olhos.

Na pele também pode causar irritação.

Se ingerido, pode causar irritação no trato digestivo.

E quando inalado, pode causar irritação no trato respiratório.

Em caso de incêndio, use apenas água para apagar o fogo. Evite calor, faísca, chamas e a luz do sol direta. Deve ser usada exaustão adequada.

É incompatível com os seguintes materiais: ácidos minerais (HCl, H₃PO₄,

HF), ácidos orgânicos (acético, benzóico, fórmico, metanóico, oxálico), álcoois e glicóis (metanol, etanol, etilenoglicol), aldeídos (acetaldeído, acroleína, formaldeído), amidas (dimetilformamida, dietiltoluamida), aminas alifáticas e aromáticas (dimetilamina, piridina, propilamina), azo, diazo e hidrazinas (hidrazina, metil-hidrazina), carbamatos (carbanolato, carbofurano), cianetos (de potássio, de sódio), ditiocarbamatos, ésteres (butilacetato, propilformato), éteres (dioxano, THF), hidrocarbonetos aromáticos (benzeno, tolueno), halogenados orgânicos (dibromoetano, hexaclorobenzeno, isocianatos (metilisocianato), cetonas (acetona, acetofenona), mercaptanas e outros sulfetos orgânicos (metil mercaptano, dissulfeto de carbono), metais (césio, potássio e sódio), metal pulverizado (háfênio, níquel), metal não pulverizado (ferro, bronze), nitrilas (acetonitrila), nitritos (de sódio e de potássio), nitro compostos (nitrobenzeno, nitroglicerina, ácido pícrico), hidrocarbonetos alifáticos insaturados (ciclopentano, etileno), hidrocarbonetos alifáticos saturados (butano, heptano), peróxidos (acetil peróxido, butil peróxido), fenóis e cresóis (cresol, fenol, resorcinol), organofosfatos e fosfotioatos e sulfetos.

Limite de exposição: $1,4 \text{ mg m}^{-3}$.

Tóxico para alguns peixes.

5 - Tiosulfato de sódio

Se inalado pode causar irritação no trato respiratório. Os sintomas incluem dificuldade pra respirar e tosse.

Por ingestão, o nível de toxicidade é pequeno. Se a quantidade for grande pode ocorrer diarreia. Caso isso ocorra, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Se o contato com a pele for prolongado, podem ocorrer irritações.

Se houver contato com os olhos, também podem ocorrer irritações.

Decompõe-se em óxidos de enxofre e sulfeto de hidrogênio. É incompatível com nitrato de sódio, halogênios e agentes oxidantes. Reage com ácidos liberando dióxido de enxofre.

6 - Iodato de potássio

Se ocorrer inalação pode haver irritação do trato respiratório, com sintomas como tosse e respiração curta.

Se houver ingestão, podem ocorrer dores abdominais, vômitos e diarreia. Em caso de acidentes, o vômito deve ser imediatamente induzido. Experimentos com animais ainda sugerem danos nos rins e células sanguíneas. Ingestões repetidas podem causar disfunção renal ou até hemólise. O sistema nervoso central também pode ser afetado. Pessoas com problemas renais ou hepáticos podem ser mais susceptíveis ao efeito dessa substância.

Em contato com a pele há possibilidade de irritação ou vermelhidão.

O contato com os olhos pode causar irritação mecânica.

Apesar de não ser combustível, realça a combustão de outras substâncias. Poderoso agente oxidante pode lançar oxigênio gasoso quando aquecido. Pode explodir se exposto a choques mecânicos ou atrito ou causar explosões com combustíveis, materiais inflamáveis ou metais pulverizados. Em caso de fogo, pode-se pulverizar água para resfriar. Deve ainda ser armazenado em atmosfera inerte ou não-inflamável para se evitar fogo ou explosão por descarga eletrostática. Um sistema de exaustão é normalmente indicado para manter a emissão a mais baixa possível.

É um poderoso oxidante em meio ácido. Se aquecido pode produzir vapores tóxicos de iodo. Reage violentamente com combustíveis e materiais redutores. É incompatível com alumínio, compostos orgânicos, carbono, peróxido de hidrogênio e sulfetos.

7 - Iodeto de potássio

Se inalado pode causar irritação no trato respiratório. Os sintomas podem incluir tosse e respiração curta.

A ingestão de grandes quantidades pode causar irritação no trato gastrointestinal. Caso haja ingestão, o vômito deve ser induzido imediatamente. A ingestão crônica pode produzir o 'iodismo', caracterizado pela pele *rachada*, nariz escorrendo, irritação das mucosas. Fraqueza, anemia, perda de peso e depressão geral podem também ocorrer.

Com a pele o contato pode causar irritação com vermelhidão e dor.

Os mesmos sintomas para os olhos.

O frasco deve ser mantido fechado sob proteção da luz, em local seco, resfriado e ventilado. Sempre deve ser inspecionada a cor do iodeto de potássio antes de usá-lo.

Decompõe-se em óxidos do metal e halogênio, possivelmente livre, ou halogênio iônico.

A incompatibilidade existe com sais de diazônio, peroxidocarbonato diisopropil, oxidantes, trifluoreto de cloro e bromo, perclorato de flúor, cloreto de mercúrio, clorato de potássio, sais metálicos ácido tartárico e outros.

8 – Ácido clorídrico < 2 N

Líquido perigoso, seu vapor pode causar queimaduras severas em todo corpo. Pode ser fatal se engolido ou inalado. A inalação pode causar tosse, inflamação crônica no nariz, boca e trato respiratório superior, e em casos severos edema pulmonar, falência circulatória e morte.

A ingestão de ácido clorídrico pode causar dor imediata e queimaduras na boca, garganta, esôfago e trato gastrointestinal. Pode causar náusea, vômito e diarreia e em casos severos, a morte. Não induzir o vômito.

O contato com a pele pode causar vermelhidão, dor e queimaduras severas. Soluções concentradas causam úlceras graves e descoloração da pele.

Os vapores causam irritação e podem causar danos. O contato pode causar graves queimaduras e danos permanentes.

A exposição crônica a vapores concentrados pode causar erosões nos dentes. Pessoas com problemas respiratórios, na pele ou olhos são mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Quando aquecido à decomposição, produz gases tóxicos de cloreto de hidrogênio. A decomposição oxidativa produz vapores tóxicos de cloro e gás hidrogênio explosivo.

É incompatível com ácidos minerais fortes, bases fortes, metais, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, carbonatos - e outros materiais alcalinos, cianetos, sulfetos, sulfitos e formaldeído.

9 – Amido

Se inalado, a poeira causa incômodo, tosse e espirros. É incompatível com oxidantes fortes, aquecimento e chama.

10 – Hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio libera cloro gasoso em contato com algum tipo de ácido ou solução ácida. Este produto é um gás tóxico e os dados sobre limites de exposição, contidos neste item, dizem respeito ao produto cloro. Somente nesta situação - contato com ácidos ou soluções contendo ácidos - há a liberação de cloro. No manuseio normal do produto não há esta liberação.

Os limites de exposição no Brasil segundo a NR-15 são:

- LT - MP (Limite de Tolerância – Média Ponderada): 0,8 mg kg⁻¹ ou 2,3 mg m⁻³ de cloro (Cl₂);
- LT – Teto (Limite de Tolerância – Valor Teto): Não disponível;
- VM (Valor Máximo): 2,4 mg kg⁻¹ ou 4,6 mg m⁻³ de cloro (Cl₂).

Se inalado, é um irritante forte às membranas das mucosas. Contato prolongado pode causar irritação crônica, edema pulmonar e depressão do sistema nervoso central.

Fortemente irritante para os olhos. Exposição ao vapor pode causar ressecamento, conjuntivite química e queimadura dos olhos. O contato do líquido com os olhos pode causar úlcera na córnea. A gravidade dos efeitos depende da concentração do produto e de quanto tempo após a exposição, os olhos foram lavados.

Contato com a pele pode causar queimaduras e destruição de tecidos.

Pode produzir graves queimaduras na boca, garganta, esôfago e no sistema gastrintestinal.

Nenhum efeito crônico é conhecido.

Descartar os resíduos conforme recomendação dos órgãos ambientais.

É incompatível com ácidos, agentes redutores, amônia, calor, éter, metais e orgânicos.

Os organismos aquáticos tornam-se estressados quando o pH aumenta. Algumas espécies não resistem a pH superior a 10.

Quando necessário, o hipoclorito de sódio pode ser neutralizado com agentes redutores tais como tiosulfato de sódio, bissulfito de sódio, sulfito de sódio ou água oxigenada. A solução resultante da neutralização deve ser diluída com grande quantidade de água antes de ser descartada. O descarte deve ser feito de acordo com a regulamentação aplicável (federal, estadual ou municipal).

Forte agente oxidante: Evitar misturar o hipoclorito de sódio com ácidos (ácido muriático, vinagre, etc) ou material orgânico (removedores, tintas, etc), pois o contato pode liberar gás cloro, o qual provoca irritação nos olhos, pulmões e membranas das mucosas.

11- Dicromato de potássio

Em caso de inalação é corrosivo. Poderoso destruidor dos tecidos das mucosas e do trato respiratório superior. Pode causar úlcera e perfuração do septo nasal. Os sintomas podem incluir dor de garganta, tosse, respiração curta e com dificuldade. Pode produzir sensibilização pulmonar ou asma alérgica. Exposições prolongadas podem produzir edema pulmonar.

Em caso de ingestão, também é corrosivo. Se engolido, pode causar queimaduras graves na boca, garganta e estômago, levando à morte. O vômito não deve ser induzido. Pode causar úlceras na garganta, vômito e diarreia. E ainda violentas gastroenterites, colapso vascular periférico, vertigem, ânsia intensa, câibras musculares, choques, coma, hemorragia, febre, danos ao fígado e falência renal aguda.

Em contato com a pele também é corrosivo. Os sintomas incluem vermelhidão, dor e queimaduras graves podem ocorrer. Poeira e soluções concentradas podem causar irritações fortes. Contato com pele rachada pode causar úlcera e absorção, podendo levar a um envenenamento sistêmico e ainda afetar as funções renais e hepáticas.

Se houver contato com os olhos também é corrosivo. Pode causar visão manchada, vermelhidão, dor e sérias queimaduras. Pode causar ferimento na córnea a cegueira.

A exposição crônica pode causar úlcera e perfuração do septo nasal, irritação respiratória, danos no fígado e rim e úlceras na pele. A princípio, as úlceras não provocam dor, mas podem penetrar nos ossos e produzir os chamados *chrome holes*. É um carcinogênico humano.

Os danos podem ser agravados em pessoas com problemas na pele, alergias ou sensibilidade conhecida ao cromo.

Apesar de não ser combustível, o contato com combustíveis ou agentes redutores pode causar faíscas; a decomposição libera oxigênio. O contato com substâncias oxidantes pode causar combustão extremamente violenta. Evite fumar, comer e beber no local onde o produto é armazenado.

Para compostos de Cr (VI) dissolvidos em água é considerado carcinogênico se ultrapassar $0,05 \text{ mg m}^{-3}$. Para evitar a contaminação da área é indicada exaustão.

Se aquecido pode se decompor em óxidos de cromo. É incompatível com agentes redutores, acetona e ácido sulfúrico, boro e silicone, etilenoglicol, ouro, hidrazina, hidroxilamina, alguns combustíveis e outros materiais oxidáveis (madeira, papel, enxofre, alumínio ou plástico). Pode ainda causar danos ao sistema reprodutor.

Pode lixiviar sedimentos em contato com o solo. Esse material pode ser bioacumulativo em contato com a água.

12 - Ácido fosfórico

A inalação não acarreta perigo a menos que se forme uma névoa ou se for aquecido a altas temperaturas. A inalação da névoa ou vapor pode causar irritação no nariz, garganta, e trato respiratório superior. A exposição severa pode levar a uma pneumonia química.

Em caso de ingestão é corrosivo. Pode causar úlcera na garganta, dor abdominal, náusea e queimaduras graves na boca, garganta e estômago. A exposição severa pode levar a um choque, colapso circulatório e à morte. Se ingerido, o vômito não deve ser induzido.

Em caso de contato com a pele é corrosivo e pode causar vermelhidão, dor e queimaduras graves.

Em contato com os olhos é corrosivo. Pode causar vermelhidão, dor, visão embaçada, queimaduras e danos permanentes.

Pessoas com problemas na pele, olhos ou alguma disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos dessa substância.

Não é considerado inflamável. O contato com metais forma hidrogênio, gás inflamável e explosivo. Em caso de acidente, deve ser neutralizado com material alcalino (soda, cal). Nunca deve ser adicionada água ao ácido e sim ácido

à água, lentamente. O limite de exposição permitido é de 1 mg m^{-3} de ar. Um sistema de exaustão é indicado.

A substância pode ser super resfriada sem cristalização. Quando aquecido pode se decompor em óxidos de fósforo. Libera hidrogênio quando reage com cloretos e aço inoxidável. Pode reagir violentamente com tetrahidroborato de sódio. Reage exotermicamente com aldeídos, amidas, aminas, álcoois e glicóis, azo compostos, carbamatos, ésteres, fenóis e cresóis, cetonas, organofosfatos, epóxidos, explosivos, materiais combustíveis, haletos insaturados e peróxidos orgânicos. Forma gases inflamáveis com cianetos, sulfetos, fluoretos, peróxidos orgânicos e halogenados orgânicos. Misturas com nitrometano são explosivas. Quando lançado ao solo pode causar lixiviação, e, na água, a acidez pode ser reduzida pela adição de água mineral.

13 - Difenilamina

Se inalado pode causar irritação nas mucosas. A inalação de poeira pode causar envenenamento sistêmico. Pode causar ainda metemoglobinemia.

A ingestão pode causar anorexia, dor de cabeça, fadiga, anorexia, cianose, vômito, diarreia, emaciação, hipotermia, irritação na bexiga, rins, coração e danos no fígado. Em caso de ingestão, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Em contato com a pele pode causar irritação. Na forma líquida pode ser absorvido pela pele. Em contato com pele pode causar vermelhidão, dor e danos na córnea.

A exposição prolongada ou repetida da inalação ou absorção pela pele, na forma líquida, pode causar danos ao sistema nervoso, fígado, rins e medula óssea. Pode causar ainda diminuição de peso, anemia, fraqueza e irritabilidade.

Pode se incendiar rapidamente quando exposto ao aquecimento ou à chama. O contato com hexacloromelamina ou tricloromelamina pode causar reação explosiva. Em caso de incêndio, o mesmo pode ser controlado com um spray de água, pó químico, espuma de álcool ou dióxido de carbono. Deve ser

protegido da luz, separado de materiais oxidantes, não fumar próximo e armazenado em temperaturas inferiores a 65°C para evitar descoloração. Exposto à luz também descolore. O limite de exposição é de 10 mg m⁻³.

O aquecimento pode causar a decomposição em monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. É incompatível com hexacloromelamina, tricloromelamina e agentes oxidantes.

14 - EDTA

Causa irritação suave. Os sintomas podem incluir tosse ou espirro. Entre 24-48h, a doença causada é caracterizada por calafrio, febre, dores musculares, secura na boca e garganta e dor de cabeça.

Tem baixa toxicidade se ingerido; grandes quantidades podem causar refluxo gástrico devido ao desequilíbrio osmótico através do seqüestro de íons metálicos. O vômito deve ser induzido imediatamente em caso de acidente.

Em contato com a pele, também apresenta irritação suave. Os sintomas podem incluir vermelhidão ou inflamação, se o contato for prolongado. Evite contato com as roupas.

Nos olhos não apresenta efeitos adversos, mas a poeira pode causar irritação mecânica.

Se aquecido pode se decompor em monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxido de nitrogênio. É incompatível com cobre, alumínio e agentes oxidantes.

15 - Tampão acetato (pH=10)

A inalação é de toxicidade mediana para humanos.

Em contato com a pele pode ser absorvido.

Se ingerido é corrosivo. Crônico, em altas concentrações pode ser fatal. Pessoas com problemas pulmonares são mais susceptíveis ao efeito do reagente. Em caso de ingestão, deve ser dada água ao paciente.

Mantenha distante de produtos oxidantes. Reage violentamente com acroleína, alumínio, CSHC_2 , CS_2O , cloratos, ClF_3 , cromo, FeO , F_2 , manganês, KHC_2 , clorato de potássio, Rb_2C_2 , sódio, Na_2C_2 .

16 - Negro de eriocromo-T

As propriedades toxicológicas deste produto são desconhecidas, portanto evite exposição desnecessária. Caso ocorra ingestão deve ser dada grande quantidade de água à vítima. Não respire a substância. A pele, caso haja contato, deve ser lavada com água e sabão. Os olhos devem ser lavados com água corrente e um médico procurado se uma irritação ocorrer.

Se aquecido pode produzir monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. É incompatível com oxidantes fortes.

17- Nitrato de prata

Se inalado é um destruidor poderoso dos tecidos das mucosas e trato respiratório superior. Os sintomas podem incluir sensação de ardência, tosse, respiração ofegante, laringite, dor de cabeça, náusea e vômito. Pode ainda ser absorvido pelo corpo. Depósitos de poeira no pulmão podem levar a uma pneumonia.

Se ingerido é corrosivo. Engolido causa graves queimaduras na boca, garganta e estômago. Pode causar dor de garganta, vômito e diarreia. Venenoso, os sintomas incluem dor e queimação na boca, manchas pretas na pele e membranas da mucosa, garganta e abdômen. Acarreta ainda, salivação, vômito de material preto, diarreia, colapso, choque, coma e morte. Não deve ser induzido

o vômito.

Em contato com os olhos também é corrosivo. Os sintomas incluem vermelhidão, e dores fortes podem ocorrer. Pode causar visão embaçada e queimaduras graves.

Ingestões repetidas podem acarretar uma descoloração azulada da pele, da conjuntiva e das mucosas. Inalações repetidas podem causar doenças no pulmão. Pessoas com problemas nos olhos ou pele e problemas respiratórios podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Este material oxidante pode aumentar a combustão de materiais combustíveis adjacentes. Reage com amônia para formar compostos que são sensíveis a choques mecânicos e podem explodir. Em caso de incêndio não usar dióxido de carbono ou pó químico. Também deve ser protegido da luz e de chamas.

O limite de exposição é de $0,01 \text{ mg m}^{-3}$, tanto para prata metálica como para compostos solúveis de prata.

Se exposto à luz, descolore. Decompõe-se em óxidos de nitrogênio. É incompatível com amônia, álcalis, sais de antimônio, arsenitos, brometos, carbonatos, cloretos, iodetos, tiocianatos, sais de ferro, fosfatos, ácido tânico e tartaratos. É investigado como mutagênico, cancerígeno e causador de efeitos no sistema reprodutor.

18 - Cromato de potássio

A ingestão pode causar queimaduras graves na boca, garganta, estômago e levar à morte. Pode causar ainda dor de garganta, vômito, diarreia, violentas gastroenterites, colapso vascular periférico, vertigem, ânsia intensa, câibras musculares, choque, coma, hemorragia, febre, danos no fígado e falência renal aguda. Em caso de ingestão, o vômito não deve ser induzido.

Em contato com a pele, os sintomas são de vermelhidão, dor e queimaduras graves podem ocorrer. Poeira e soluções concentradas podem causar irritações. O contato com pele rachada pode causar úlceras (úlceras

de cromo) e absorção que pode levar a um envenenamento sistêmico, afetando as funções dos rins e fígado. Pode causar ainda sensibilidade na pele.

O contato com olhos pode causar ainda visão embaçada, vermelhidão, dor e queimaduras graves nos tecidos, ferimento na córnea ou cegueira.

A exposição repetida ou prolongada pode causar úlcera ou perfuração do septo nasal, irritação respiratória, danos nos rins e fígado e úlcera na pele. A princípio, as úlceras podem causar dor, mas podem penetrar nos ossos produzindo os *chrome holes*. Conhecido carcinogênico humano. Pessoas com problemas de pele, asma, alergia e sensibilidade ao ácido crômico ou cromatos são mais susceptíveis aos efeitos desse reagente.

Não é combustível, mas por ser um oxidante forte, há aquecimento ao reagir com um agente redutor ou combustível gerando faíscas. Lança oxigênio ao se decompor, aumentando a combustão. Em contato com substâncias oxidantes pode causar uma combustão violenta. Torna-se um possível explosivo ao sofrer atrito, ao ser aquecido ou exposto a hidrazina. Em caso de incêndio, apagar com grande quantidade de água.

O limite permitido para exposição é de 0.1 mg m^{-3} de ar para cromatos e ácido crômico. Para compostos de Cr (VI) solúveis em água, o limite de exposição é de 0.05 mg m^{-3} .

Se aquecido pode se decompor em óxidos de cromo. É incompatível com agentes redutores, hidrazina, materiais inflamáveis, alguns combustíveis - como papel, madeira ou plástico – enxofre e alumínio.

$LD_{50} = 180 \text{ mg kg}^{-1}$. Investigado como mutagênico, causador de tumores e danos no efeito reprodutivo.

Na água, esse material não se evapora facilmente e pode ser bioacumulativo e tóxico à vida aquática.

19 - Nitrato de cromo

Causa irritação nos olhos. Pode causar conjuntivite e tornar a córnea opaca permanentemente.

Na pele pode causar sensibilidade e reação alérgica, a qual pode se tornar evidente pela exposição desse material. Pode causar graves irritações e possíveis queimaduras.

A ingestão causa irritação gastrointestinal com náusea, vômito e diarreia. Exposições acima do limite podem causar metemoglobinemia. Metemoglobinemia é caracterizada por vertigem, sonolência, dor de cabeça, fraqueza, respiração curta, cianose (com pele azulada devido à oxigenação deficiente do sangue), batimento rápido no coração e sangue da cor marrom chocolate. Pode causar náusea, vômito e diarreia, com a possibilidade de sangue.

A inalação causa irritação do trato respiratório. Pode causar metemoglobinemia, cianose, convulsões, taquicardia, dispnéia e morte. Pode acarretar numa alergia. Pode causar edema pulmonar agudo, asfixia, pneumonia química e obstrução das vias respiratórias superiores.

O efeito crônico pode causar metemoglobinemia, inconsciência e possibilidade de morte.

20 – Bromato de potássio

A inalação pode causar irritação no trato respiratório. Os sintomas podem incluir tosse e respiração curta.

A ingestão pode causar irritação no trato gastrointestinal. Os sintomas podem incluir náusea, vômito e diarreia. Pode causar dor abdominal, redução na saída urinária, pressão sanguínea baixa, metemoglobinemia, convulsões, danos no rim e fígado e coma. Cianose pode ocorrer como último sintoma. A falência renal pode levar a morte dentro de uma a duas semanas. A dose letal estimada é de 4 g e o vômito deve ser induzido imediatamente.

O contato com a pele causa irritação. Os sintomas incluem vermelhidão, ardência e dor. Na presença de umidade é vagarosamente absorvido em amostras tóxicas. A exposição prolongada pode causar queimaduras.

O contato com os olhos causa irritação com vermelhidão e dor. Pode causar danos nos olhos.

A exposição crônica pode causar danos nos rins.

Indivíduos com desordens pré-existentes na pele, problemas nos olhos, fígados lesados, rins ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Não-combustível, entretanto, por ser um oxidante, pode causar fogo em presença de agentes redutores ou combustíveis. E ainda pode ser explosivo se o material combustível estiver muito finamente dividido. Pode ser inflamável por fricção.

Contêineres fechados com a substância podem se romper quando aquecidos. É sensível ao impacto mecânico.

Quando aquecido, se decompõe em oxigênio e fumaça tóxica de bromo. É incompatível com ácidos, agentes redutores, materiais orgânicos, alumínio, arsênio, hidreto de cálcio, carbono, cobre, metais pulverizados, sulfetos de metal, iodeto de fósforo, fósforo, acetato de chumbo, selênio e enxofre. Deve-se evitar aquecimento, fogo, umidade, poeira, fontes de inflamabilidade e choque.

21 – Ácido salicílico

A inalação da poeira pode causar irritação devido ao caráter ácido. Tosse, espirro e respiração curta podem ocorrer.

A ingestão de amostras de tamanho considerável pode causar 'salicismo' evidenciado por dor abdominal, vômito, dificuldade de respiração e distúrbios mentais. Fatalidades por falência respiratória ou cardiovascular são conhecidas. A dose letal para um adulto é entre 20 e 30 gramas. Em caso de ingestão, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Na pele causa irritações leves, podem causar rachaduras na pele de indivíduos sensíveis. Absorção de grande quantidade da amostra pode acarretar os mesmos sintomas da ingestão.

O contato com os olhos causa severas irritações em testes realizados com animais.

A exposição crônica causa distúrbios no sistema nervoso central com respiração rápida, confusão e até mesmo convulsões podem ocorrer. Rins e pâncreas podem ser afetados por ingestão prolongada.

Pessoas com desordens na pele, problemas nos olhos ou disfunção renal podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Em presença de sólidos orgânicos, é possível se incendiar com elevação da temperatura ou por uma fonte de ignição. Poeira fina dispersa no ar em concentração suficiente e na presença de uma fonte de ignição é um explosivo em potencial.

Se lançado ao fogo, se decompõe em gases tóxicos e vapores. Quando é aquecido rapidamente à pressão atmosférica se decompõe em fenol e monóxido de carbono.

É incompatível com sais de ferro, acetato de chumbo, iodo e éter.

Deve-se evitar umidade, luz, aquecimento e substâncias incompatíveis.

No solo e na água é biodegradável e no ar é degradado por reação fotoquímica com produção de radical hidroxila.

22 – Anidrido acético

Em caso de inalação, os vapores são corrosivos às membranas das mucosas e ao trato respiratório superior. A exposição aos vapores pode causar irritação no nariz, garganta e tosse. Exposição a altas concentrações pode resultar em danos aos pulmões. Sintomas de edema pulmonar são relatados com frequência e são agravados por esforço físico.

Em caso de ingestão é corrosivo. Causa queimaduras e dor no estômago, seguidos de náusea e vômito. Não deve ser induzido o vômito caso haja ingestão.

Em contato com a pele também é corrosivo. Não causa queimaduras graves, mas pode causar freqüentemente reações (retardadas) de queima. Se a pele não for lavada, se torna avermelhada e mais tarde branca e enrugada. O contato contínuo pode causar dermatite.

Em contato com os olhos é corrosivo. O contato com o líquido ou vapor pode produzir uma sensação de queima e os olhos lacrimejam. Vermelhidão, dor e visão embaçada podem se seguir levando a danos permanentes aos olhos. A aparência de queimação nos olhos pode vir somente mais tarde. Em concentrações acima de $0,36 \text{ mg m}^{-3}$ no ar, as irritações já são sentidas.

A exposição prolongada e repetida pode causar irritação na pele e irritação crônica nos olhos.

Pessoas com problemas na pele, irritação nos olhos ou disfunção respiratória são mais susceptíveis aos efeitos da substância.

É um líquido inflamável. Acima do ponto de ebulição, as misturas ar-vapor podem ser explosivas, dependendo da concentração. Contêineres fechados com o produto podem se romper se aquecidos. Pode reagir violentamente com a água num processo exotérmico. Materiais combustíveis podem causar aquecimento suficiente para ignição. É sensível à descarga estática.

Quando aquecido à decomposição emite fumaça tóxica de ácido acético e monóxido de carbono. Reage violentamente com água produzindo ácido acético e muito calor.

É incompatível com água, ácidos minerais, materiais oxidantes, álcoois e aminas. O contato com bases fortes pode causar reações violentas e respingos.

23 – Ácido acetil-salicílico

Em caso de inalação, causa irritação no trato respiratório. Uma alergia pode se desenvolver se houver exposição.

Em caso de ingestão de doses elevadas pode haver queimaduras leves na boca e estômago, anorexia, náusea, vômito, sede intensa, diarreia, vertigem, irritação, confusão, coma, efeitos teratogênicos e falência respiratória. A dose letal está entre 20 e 30 gramas para adultos.

Na pele pode causar irritação.

Nos olhos causa irritação. O contato pode causar dores severas e danos nos olhos.

A ingestão repetida pode causar tinnitus (zumbido nos ouvidos), sangramento anormal (gástrico ou retinal), úlcera gástrica, baixo peso, deterioração mental, e erupções na pele. Em indivíduos susceptíveis, pode causar danos nos rins e fígado. Se ingerido, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Indivíduos com histórico de asma ou alergia à aspirina por estar exposto a um risco maior por esta substância.

Na presença de sólidos orgânicos é possível gerar fogo por elevação da temperatura ou por contato. Poeira fina dispersa em concentração suficiente (mínimo 40 g m^{-3}) e na presença de uma fonte de ignição pode causar explosão.

Decompõe-se em ácido acético e ácido salicílico na presença de ar úmido. Dióxido de carbono e monóxido de carbono podem se formar quando aquecidos à decomposição.

É incompatível com oxidantes fortes, hidróxidos, água fervida, antipirina, aminopirina, metamina, fenol, fenil salicilato e bicarbonato de sódio.

24 – Diclorometano

Se inalado, causa irritação no trato respiratório. Tem um forte efeito narcótico, com sintomas de confusão mental, intolerância à luz, fadiga, náusea, vômito e dor de cabeça. Acarreta a formação de monóxido de carbono no sangue que afeta o sistema cardiovascular e o sistema nervoso central. A exposição contínua pode aumentar a intolerância à luz, cambaleios/vacilo, inconsciência e até a morte. A exposição pode fazer os sintomas de angina piores.

A ingestão pode causar irritação do trato gastrointestinal com vômito. Se o vômito resultar em aspiração, uma pneumonia química se segue. A absorção pelo trato gastrointestinal pode produzir sintomas como depressão no sistema nervoso central, da intolerância à luz a inconsciência. O vômito não deve ser induzido.

O contato com a pele causa irritação, vermelhidão e dor. O contato prolongado pode causar queimaduras. A pele fica oleosa e ainda a substância pode ser absorvida pela pele.

Os vapores podem causar irritação nos olhos. O contato pode produzir dor, inflamação e danos temporais.

A exposição crônica pode causar dor de cabeça, confusão mental, depressão, efeitos no fígado, rins, bronquite, perda de apetite, náusea, falta de equilíbrio e distúrbios visuais. Pode causar dermatite se o contato com a pele for prolongado. Em humanos pode causar câncer.

Pessoas com desordens na pele, problemas nos olhos, danos no fígado, rins, disfunção respiratória ou cardiovascular são mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Forma vapores inflamáveis com o ar em temperatura acima de 100 °C. Em contato com uma porcentagem grande de oxigênio, os vapores podem formar misturas inflamáveis. Contêineres fechados com a substância podem se romper quando aquecidos.

Suspeito de ser carcinogênico em humanos.

Ao ser aquecido à decomposição emite fumaça altamente tóxica de fosgênio. Decompõe em uma chama, ou superfície quente, para formar gás tóxico fosgênio e mistura corrosiva de ácido clorídrico. Dióxido de carbono e monóxido de carbono podem se formar quando aquecidos à decomposição.

É incompatível com oxidantes fortes, alcalinos fortes, plásticos, ácido nítrico, borracha, água + aquecimento e metais quimicamente ativos - como alumínio e magnésio pulverizados, sódio, potássio e lítio. Evite contato direto com arcos elétricos e chamas. No estado líquido pode atacar algumas formas de plástico, borracha e revestimentos.

É investigado como mutagênico, causador de tumores e de danos no sistema reprodutor. É ligado a abortos espontâneos em humanos.

25 – Fenol

A inalação - respirando vapor, poeira ou névoa - resulta em distúrbios digestivos (vômito, dificuldade em engolir, diarreia e diminuição do apetite). Com irritação, ocorre a possibilidade de queimaduras no trato respiratório.

É venenoso caso seja ingerido. Os sintomas podem incluir dolorosas queimaduras na boca e garganta, dor abdominal, náusea, vômito, dor de cabeça, vertigem, fraqueza muscular, efeitos no sistema nervoso central, aumento dos batimentos cardíacos, respiração irregular, coma e possibilidade de morte. Exposição aguda é associada com danos no fígado e rins. A ingestão de 1 g pode ser letal a humanos. Um antídoto para o fenol é o óleo de rícino ou qualquer outro óleo vegetal e o polietileno glicol 300. Em caso de ingestão, deve-se estar pronto para induzir o vômito.

Em contato com a pele é corrosivo. Devido ao seu poder de penetrar na pele rapidamente - particularmente no estado líquido - causa ferimentos graves com um envenenamento sistêmico a seguir, que pode ser fatal. Fenol é um poderoso corrosivo do tecido humano que causa queimaduras químicas graves. Devido a sua propriedade anestésica, as queimaduras na pele podem não causar dor. Descoloração e queimaduras podem ocorrer, mas podem ser disfarçados por uma diminuição na sensação de dor.

É corrosivo também em contato com os olhos. Queimaduras nos olhos com vermelhidão, dor e visão embaçada podem ocorrer. Pode causar danos graves e cegueira.

A exposição crônica pode causar sintomas descritos por envenenamento agudo, tanto nos olhos como descoloração da pele. Pessoas com disfunções pré-existentes na pele, olhos, sistema nervoso, fígado, rins e pulmões podem ser mais susceptíveis ao efeito desta substância.

O contato com oxidantes fortes pode causar fogo. Acima do ponto de ebulição a mistura vapor-ar é explosiva e contêineres fechados com a substância podem se romper ao serem aquecidos.

O aquecimento pode contribuir para a instabilidade do produto. Dióxido de carbono e monóxido de carbono podem se formar quando aquecidos à decomposição. Se lançado ao fogo, gases tóxicos e vapores se desprenderão.

É incompatível com oxidantes, cloreto de alumínio e nitrobenzeno, hipoclorito de cálcio, butadieno, halogênios, formaldeído, ácidos minerais oxidantes, isocianatos, nitrito de sódio e muitos outros materiais. Fenol líquido aquecido pode atacar magnésio, alumínio, chumbo e zinco metálicos.

Investigado como mutagênico, cancerígeno e causador de danos ao aparelho reprodutor.

É tóxico à vida aquática.

26 – Carvão ativo

Em caso de inalação, nenhum efeito adverso é esperado. Pode ocorrer leve irritação no trato respiratório.

Em caso de ingestão também não é esperado nenhum efeito adverso. Pode ocorrer irritação leve no trato gastrointestinal.

Em caso de contato com a pele, também não é esperado nenhum perigo. Pode causar leve irritação e vermelhidão.

Em caso de contato com os olhos também não se espera nenhum efeito adverso. Pode causar irritação leve e possivelmente vermelhidão.

A inalação prolongada de poeira pode causar desordem pulmonar.

Na presença de sólidos orgânicos, o fogo é possível por elevação da temperatura ou por uma fonte de ignição. O carvão ativado é difícil inflamar-se e tende a queimar-se lentamente sem produção de fumaça ou chama. O contato com oxidantes fortes como oxigênio líquido ou ozônio pode acarretar uma rápida

combustão.

Numa concentração acima de $0,140 \text{ g L}^{-1}$, poeira fina dispersa no ar e na presença de uma fonte de ignição pode causar explosão.

Na presença de fogo pode se decompor em dióxido de carbono e monóxido de carbono.

É incompatível também com outros oxidantes fortes, com cloro, permanganato e ácidos fortes.

27 – Clorofórmio

Em caso de inalação, atua como um anestésico relativamente potente. Irrita o trato respiratório e causa efeitos no sistema nervoso central, incluindo dor de cabeça, vertigem e sonolência. A exposição a altas concentrações pode resultar em inconsciência e até a morte. Pode causar ferimentos no fígado e desordens no sangue. A exposição prolongada pode levar à morte por batimentos irregulares no coração ou desordens nos rins ou fígado.

A ingestão causa queimaduras graves na boca e garganta, dores no peito e vômito. Grandes quantidades podem causar sintomas similares à inalação. Não deve ser induzido o vômito em caso de ingestão.

O contato com a pele causa irritação causando vermelhidão e dor. Remove a oleosidade natural. Pode ser absorvido pela pele.

Em contato com os olhos, os vapores causam irritação e dor. Se for espirrado nos olhos pode causar irritação grave e possíveis danos.

A exposição prolongada ou repetida aos vapores pode causar danos no sistema nervoso, no coração, fígado e rins. O contato com o líquido pode causar irritação crônica da pele com rachadura e ressecamento, e conseqüentemente dermatite. É suspeito de ser carcinogênico a humanos.

Indivíduos com desordens na pele ou olhos, danos nos rins, fígado, ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância. Os efeitos nos rins e fígados podem aparecer atrasados.

Quando exposto ao aquecimento pega fogo rapidamente. Contêineres fechados com o produto podem se romper quando aquecidos.

O pH diminui na exposição prolongada à luz e ao ar devido à formação de HCl. Se aquecido à decomposição, pode produzir monóxido de carbono, dióxido de carbono, cloreto de hidrogênio e fósforo.

É incompatível com alcalinos fortes e metais quimicamente ativos - como alumínio e magnésio pulverizados, sódio, potássio - acetona, fluoretos, metanol, metóxido de sódio (NaOCH_3), tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4), terc-butóxido, triisopropilfosfina. Evitar luz, aquecimento e ar.

28 – Celite® (carbonato de cálcio)

Em caso de inalação, causa secura e irritação no trato respiratório. Os sintomas podem incluir tosse, dor de garganta, dificuldade para respirar (dispnéia). A inalação excessiva pode causar decaimento da função pulmonar, danos nos pulmões e silicose. Silicose aguda é caracterizada por dispnéia, febre, tosse e diminuição de peso. Sintomas respiratórios graves podem levar à morte.

Em caso de ingestão não são esperados efeitos adversos. Entretanto deve ser administrada grande quantidade de água ao indivíduo que ingeriu a substância.

Em contato com a pele causa irritação com ressecamento e abrasão.

Em contato com os olhos causa irritação, vermelhidão e dor.

A inalação prolongada pode produzir silicose. Os sintomas crônicos incluem tosse, dispnéia, aumentando a susceptibilidade à tuberculose e doenças torácicas não específicas. Os danos progressivos respiratórios e cardiopulmonares podem ser fatais. A inalação crônica de cristais pode causar câncer de pulmão. Indivíduos com problemas respiratórios ou cardiopulmonares pré-existentes podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

É incompatível com fluoreto de hidrogênio, fluoreto, difluoreto de oxigênio, trifluoreto de cloro, ácidos fortes, bases fortes e oxidantes. Deve-se evitar aquecimento extremo. Seu efeito cancerígeno é investigado.

Se lançado ao meio ambiente não é esperada sua degradação.

29 – Hexano

Em caso de inalação, os vapores irritam o trato respiratório. A exposição excessiva pode causar intolerância à luz, náusea, dor de cabeça e visão embaçada. Pode haver ainda fraqueza muscular, adormecimento das extremidades, inconsciência e morte.

A ingestão pode produzir dor abdominal, náusea. Não se deve induzir o vômito em caso de ingestão.

A aspiração brusca pode produzir danos graves nos pulmões.

Em caso de contato com a pele, pode causar vermelhidão e irritação, com secura e rachaduras.

Os vapores podem causar irritação nos olhos. Se espirrado nos olhos pode causar vermelhidão e dor.

O contato repetido ou prolongado com a pele pode produzir irritação e dermatite. A inalação crônica pode causar desordem no nervo periférico e efeitos no sistema nervoso central.

Indivíduos com desordem na pele, problemas nos olhos ou disfunção respiratória são mais susceptíveis aos efeitos da substância. Pode afetar o desenvolvimento de fetos. É investigado como mutagênico e causador de danos ao sistema reprodutor.

O líquido ou vapor é extremamente inflamável. O contato com material oxidante pode causar combustão violenta. Explode quando misturado com N_2O_4 . Sensível à descarga estática. Pode ser instável se aquecido. Quando aquecido à decomposição pode produzir fumaça ácida.

É incompatível com oxidantes fortes.

30 – Acetato de etila

A inalação pode causar irritação grave nas mucosas e trato respiratório superior. Os sintomas podem incluir sensação de queimação, tosse, dificuldades para respirar, laringite, dor de cabeça, náusea e vômito. Altas concentrações podem causar danos aos pulmões. Há irritação no nariz, garganta. A exposição a altas concentrações tem um efeito narcótico e pode causar danos aos rins e fígado.

A ingestão pode causar irritação no trato gastrointestinal. Os sintomas podem incluir náusea, vômito e diarreia.

Na pele causa irritação. Os sintomas incluem vermelhidão, ardência e dor. O contato repetido ou prolongado com a pele pode causar secura e rachaduras com a possibilidade de dermatite.

O contato com olhos causa irritação, vermelhidão e dor.

A exposição crônica pode causar anemia com leucocitose e danos aos rins e fígado.

Pessoas com desordens na pele, olhos, rins, fígado ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

O líquido e o vapor são inflamáveis. Na presença de oxidantes fortes pode pegar fogo. Acima do ponto de ebulição a mistura ar-vapor pode se explodir. Contêineres fechados com a substância podem se romper ao serem aquecidos. Sensível à descarga estática.

Ao ser aquecido pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono. Deve-se evitar aquecimento, chama e outras fontes de ignição. O contato com nitratos, oxidantes fortes, álcalis fortes ou ácidos fortes pode causar fogo e explosão. Pode atacar alguns tipos de plásticos, borrachas e revestimentos. É investigado como mutagênico.

32 – Etanol

Em caso de inalação causa irritação às vias respiratórias. Em altas concentrações, causa problemas no sistema nervoso central, dor de cabeça, inconsciência e coma. Pode causar efeitos narcóticos.

Em caso de ingestão, causa irritações gástricas, vômito e diarreia. Pode causar inconsciência, coma e morte. Caso haja ingestão, o vômito deve ser induzido.

O contato com a pele causa dermatoses e irritações moderadas.

O contato com os olhos causa severa irritação nos olhos. Pode causar conjuntivite e problemas na córnea.

A exposição crônica a concentrações elevadas pode provocar irritação nas vias respiratórias, olhos, dor de cabeça, vertigens, náuseas e sonolência, podendo causar, em alguns casos, a perda total da consciência. Causa efeitos mutagênicos e em fetos.

Pessoas com desordens de pele, olhos, fígado, rim, problemas de respiração crônica ou problemas no sistema nervoso central podem ser mais suscetíveis aos efeitos dessa substância.

É um líquido inflamável. Reage ativamente com substâncias oxidantes. Pode formar misturas explosivas com o ar. Decompõe-se em monóxido e dióxido de carbono e gases tóxicos.

É incompatível com substâncias oxidantes, ácido permangânico, nitrato de prata, óxido fosforoso, brometo de acetila, difluoreto de dissulfurila, metais alcalinos, amônia, hidrazina, peróxidos. Manter longe do calor, chamas, fontes de ignição e substâncias oxidantes e incompatíveis.

32 – Ciclohexanol

Em caso de inalação, os vapores podem ser irritantes. Pode causar náuseas e tremores. Altas concentrações podem ter um efeito narcótico.

A ingestão causa vômito e boca 'amarrada'. Grandes doses podem causar depressão nervosa com convulsão. Caso haja ingestão, deve-se tomar bastante água.

Na pele pode causar irritações leves, semelhantes à gasolina. O contato repetido ou prolongado com a pele pode causar dermatite. Baseado em estudos realizados com animais pode causar ferimentos nos rins, fígado e vasculares.

Os vapores podem causar irritação nos olhos. Se houver espirro nos olhos, pode causar irritação grave e dor.

Pessoas com desordens na pele ou danos nos rins, fígado ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

É combustível e há perigo de fogo quando exposto a aquecimento ou chama. Acima do ponto de ebulição uma mistura explosiva ar-vapor pode se formar. É higroscópico e se aquecido pode ser instável, se decompondo em monóxido de carbono e dióxido de carbono. É incompatível com oxidantes fortes, ácido nítrico, óxido de cromo e peróxido de hidrogênio. Deve-se evitar aquecimento, chama, fontes de ignição e temperaturas acima de 77 °F (25° C).

É investigado como mutagênico e causador de danos no sistema reprodutor.

33 – Ciclohexeno

Se inalado, pode causar irritação no trato respiratório. Os sintomas podem incluir tosse, dor de garganta, dores no peito. Altas concentrações têm um efeito narcótico. Altas concentrações no ar causam uma deficiência de oxigênio com risco de inconsciência. A aspiração pode produzir danos aos pulmões.

A ingestão pode produzir dores abdominais, náusea. O vômito não deve ser induzido em caso de ingestão.

O contato com a pele ou com os olhos pode causar irritação com vermelhidão e dor.

A exposição crônica pode causar efeitos na pele.

É um líquido extremamente inflamável. Acima do ponto de ebulição a mistura explosiva ar-vapor pode ser formada. O contato com oxidantes também pode gerar misturas explosivas. É sensível à descarga estática.

Se auto-oxida no ar - a temperatura ambiente – e forma peróxido, sobretudo em destilações a vácuo. Quando aquecidos podem se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono.

É incompatível com oxidantes fortes. Deve-se evitar aquecimento, chama, fontes de ignição, ar.

34 – Bicarbonato de sódio

Altas concentrações da poeira pode podem causar tosse e espirro.

A ingestão de uma dose muito grande pode levar a distúrbios gastrintestinais. Caso ocorra ingestão, deve-se tomar muita água.

Em contato com a pele nenhum efeito adverso é esperado.

Em contato com os olhos pode causar irritação leve, vermelhidão e dor.

Decompõe-se em dióxido de carbono. Reage com ácidos para formar dióxido de carbono, fosfato ácido de amônio ou uma liga sódio-potássio.

35 – Sulfato de magnésio

A poeira pode causar uma ligeira irritação em caso de inalação. Dor de garganta e tosse podem ocorrer.

Sais de magnésio são absorvidos lentamente ao serem ingeridos, causando dor abdominal, vômito e diarreia. Entretanto, a eliminação é bloqueada pelo intestino ou outras razões; depressão do sistema nervoso central, falta de reflexos e hipocalcemia (deficiência de cálcio no sangue) podem ocorrer.

Em contato com a pele, não são esperados efeitos adversos, mas irritação leve pode ocorrer.

Em contato com os olhos, também não se espera a ocorrência de efeitos adversos, no entanto a poeira pode causar irritação mecânica.

Pode se decompor em óxidos de enxofre e o metal contido.

É incompatível com etóxi-etil álcool, arsenatos, fosfatos, tartaratos, chumbo, bário, estrôncio e cálcio.

36 – Água de bromo (1%)

Água de bromo causa irritação grave nos olhos e o contato prolongado com a pele pode causar vermelhidão, necrose superficial e irritação nas membranas das mucosas. Se a pele estiver molhada ou úmida, pode resultar em queimaduras graves.

O contato com soluções diluídas (0,1% ou menos) não é irritante aos olhos e pele.

Em caso de ingestão deve administrar pão embebido no leite, óleo de oliva/óleo frio. A dose letal de bromo é de cerca de 14 mg kg^{-1} . Não deve ser induzido o vômito.

Pessoas com desordem na pele, problemas nos olhos ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Emite fumaça de bromo e brometo sob decomposição térmica. Brometo de hidrogênio é um subproduto de muitas reações de bromo. Devem-se evitar materiais orgânicos, agentes prontamente oxidantes, combustíveis e agentes redutores fortes.

É tóxico à vida aquática e pode causar efeitos adversos à camada de ozônio.

37 – Tetracloreto de carbono

A inalação tem um efeito narcótico. Os sintomas incluem dor de cabeça, vertigem, náusea e visão turva. A exposição seguida a altas concentrações pode

deixar a vítima inconsciente; e se a exposição continuar, pode levar a falência respiratória e à morte.

Em caso de ingestão podem ocorrer dores abdominais, vômito, diarreia, distúrbios visuais, vertigem e inconsciência. Uma desordem gastrointestinal pode se arruinar e ocorrer danos nos rins e fígados. A morte pode ocorrer imediatamente ou se prolongar para até uma semana. Se houver ingestão, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Pode ser absorvido pela pele com sintomas semelhantes aos da ingestão. Uma dermatite pode ocorrer se o contato for prolongado ou repetido. Remove a oleosidade da pele, tornando-a vermelha, quebradiça e seca.

O contato do líquido ou vapor com os olhos acarreta irritações graves. Os sintomas incluem queimadura e irritação intensa.

A exposição crônica afeta o sistema nervoso. Os efeitos incluem danos ao coração, rins e fígado. A exposição repetida ou prolongada pode causar irritação na pele, danos ao nervo óptico com possibilidade de cegueira e diminuição na audição. Sintomas de urina escurecida e cirrose têm sido reportados.

Pessoas com desordem na pele, problemas nos olhos, danos nos rins, fígado ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Sob fogo pode se decompor em monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido clorídrico e fosgênio. Reagem violentamente com gás flúor, metais alcalinos e alumínio. Incompatível com metais ativos como sódio, potássio. Ataca algumas formas de plástico, borracha e revestimento.

Investigado como mutagênico, causador de tumores e de danos ao sistema reprodutor.

38 – Ciclohexanona

Em caso de inalação causa irritação no trato respiratório. Os sintomas podem incluir tosse e dificuldade para respirar. Em altas concentrações tem efeito narcótico. Os efeitos da irritação impedem a exposição que causa efeitos sistêmicos.

A ingestão pode produzir dor abdominal, náusea.

A aspiração pode produzir danos no pulmão. Os sintomas esperados são semelhantes à inalação do produto.

Causa irritação na pele. Os sintomas incluem vermelhidão, coceira e dor. Pode ser absorvido pela pele com efeitos sistêmicos.

Os vapores podem causar irritação nos olhos. O contato pode causar ferimento na córnea.

A exposição prolongada ou repetida pode causar rachadura na pele ou dermatite. Danos nos rins e fígado podem ocorrer.

Pessoas com desordem na pele, olhos, sistema nervoso ou disfunção nos rins, fígado ou pulmões são mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Acima do ponto de ebulição a mistura ar-vapor pode ser explosiva, dependendo da concentração. O contato com oxidantes fortes pode causar fogo. Contêineres fechados com a substância podem se romper ao serem aquecidos. É sensível à descarga estática. Quando aquecido pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono. Pode causar ignição espontânea e reação violenta. Pode atacar plásticos, resinas e borracha.

É confirmado como carcinogênico animal, mas em humanos é desconhecido.

Quando aquecido pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono. Pode causar ignição.

39 – Dicromato de sódio

É corrosivo se inalado. Destrói os tecidos das mucosas e do trato respiratório superior. Pode causar úlcera e perfuração do septo nasal. Os sintomas podem incluir dor de garganta, tosse, dificuldade em respirar. Pode produzir sensibilidade pulmonar ou asma alérgica. A exposição elevada pode produzir edema pulmonar.

Se ingerido é corrosivo. Se engolido pode causar queimaduras graves na boca, garganta e estômago e conduzir à morte. Pode causar dor de garganta, vômito, diarreia. Pode causar ainda gastroenterite violenta, colapso vascular periférico, vertigem, sede intensa, câibras, choque, coma, sangramento anormal, febre, danos no fígado e falência renal aguda. O vômito não deve ser induzido e deve-se fornecer água, caso haja ingestão.

Em contato com a pele também é corrosivo. Podem ocorrer sintomas de vermelhidão, dor e queimaduras graves. Poeira também pode causar irritação grave. O contato com a pele quebradiça pode causar úlceras (úlceras de cromo) e absorção que pode causar envenenamento sistêmico, afetando as funções dos rins e fígado. Pode causar sensibilidade na pele.

Em contato com os olhos é corrosivo. Pode causar visão embaçada, vermelhidão, dor e queimaduras graves. Pode causar ferimento na córnea ou cegueira.

A exposição repetida ou prolongada pode causar úlcera e perfuração do septo nasal, irritação respiratória, danos nos rins e fígado e úlceras na pele. As úlceras ocorrem a princípio sem dor, mas podem penetrar nos ossos produzindo os 'buracos de cromo'. Conhecido como carcinogênico humano.

Pessoas com desordem na pele, asma, alergia, ou sensibilidade conhecida ao ácido crômico ou cromatos podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

Deve ser evitado o contato com substâncias redutoras ou combustíveis, pois pode causar ignição. Oxidantes fortes ao sofrerem choques, serem expostos ao aquecimento, chama ou fricção podem explodir. Também é

incompatível com hidrazina, anidrido acético, etanol, trinitrotolueno, hidroxilamina, ácidos fortes, materiais oxidantes, especialmente na presença de solução de ácidos fortes, qualquer combustível ou outro material facilmente oxidável (papel, enxofre, alumínio, plástico, madeira). Se aquecido pode se decompor em óxidos de cromo.

Esse material pode ser acumulativo por algum tempo. E também é tóxico à vida aquática.

40 – Ácido oxálico

É prejudicial se inalado. Pode causar irritação grave e queimadura no nariz, garganta e trato respiratório.

É tóxico se ingerido. Pode causar queimadura, náusea, graves gastroenterites, vômito, choques e convulsões. Pode causar danos renais, sendo evidenciado por sangue na urina. A dose fatal estimada está entre 5 e 15 g. Em caso de ingestão, o vômito não deve ser induzido.

Em contato com a pele pode causar irritação grave, com possibilidade de queimadura. Pode ser absorvido pela pele.

É irritante aos olhos. Pode produzir efeitos corrosivos.

A exposição crônica pode causar inflamação do trato respiratório superior. O contato prolongado com a pele pode causar dermatite, cianose dos dedos e possivelmente úlcera. Pode afetar os rins.

Pessoas com desordem na pele, olhos, disfunção renal ou respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

É combustível em temperaturas abaixo de 101° C. Reage explosivamente com materiais oxidantes e com alguns compostos de prata. Quando aquecido pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono. Pode formar também ácido fórmico.

É incompatível com álcalis, cloritos, hipocloritos, agentes oxidantes, álcool furfuril e compostos de prata. Investigado como causador de danos ao sistema reprodutor.

41 – Benzaldeído

Pode causar irritação nos olhos, vermelhidão e dor.

Na pele também pode causar irritação, vermelhidão e dor. Pode ser nocivo se absorvido pela pele, o que ocorre com facilidade.

Se ingerido também é nocivo. Pode causar irritação no trato digestivo, causar efeito narcótico com possibilidade de coma e depressão no sistema nervoso central. Pode causar dor de cabeça, náusea, fadiga, vertigem e convulsões. Se inalado pode causar irritação no trato respiratório. Pode causar asma e dificuldade em respirar.

O contato prolongado ou repetido com a pele pode causar dermatite. A exposição crônica pode causar degeneração muscular e mudanças no miocárdio.

Se aquecido pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono. É incompatível com agentes oxidantes fortes, agentes redutores fortes, bases, alumínio, ouro, peróxidos, fenóis, oxigênio.

Devem-se evitar altas temperaturas, luz, fontes de ignição, exposição ao ar.

42 – 2,4 dinitro-fenilhidrazina

Pode ser nocivo se inalado. Se absorvido pelo corpo pode causar cianose. O mesmo ocorre se for ingerido. Se ingerido, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Em contato com a pele causa irritação. Os sintomas incluem vermelhidão, coceira e dor. Pode causar reações alérgicas. A absorção pelo corpo pode causar cianose.

Nos olhos causa irritação, vermelhidão e dor.

Longas exposições podem afetar a habilidade do sangue em transportar o oxigênio – metemoglobinemia - resultando na descoloração azulada dos lábios e língua.

É um sólido inflamável e pode explodir quando aquecido. Classificado como explosivo quando seco, é sensível a impactos mecânicos e descargas estáticas. É instável a temperaturas acima de 160°C. O aquecimento pode acarretar a decomposição em monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio.

É suspeito de ser carcinogênico humano e investigado como mutagênico.

É incompatível com agentes oxidantes ou aquecimento. Deve-se evitar chama, fontes de ignição, choques.

43 – Anilina

É tóxica caso seja inalada. Afeta a habilidade do sangue em transportar oxigênio. Os sintomas podem incluir descoloração azulada da boca e língua, dor de cabeça grave, náusea, confusão, vertigem, choque, paralisia respiratória e morte.

Se ingerida também é tóxica. A dose letal pode ser tão pouco como 1g. Os sintomas da ingestão são semelhantes aos da inalação. Se ingerida, o vômito deve ser induzido imediatamente.

Em contato com a pele pode ser absorvida. Sintomas também semelhantes à inalação. Pode causar irritação na pele. O contato local pode causar dermatite.

Os vapores podem ser irritantes aos olhos. Pode causar ardência, visão embaçada. Espirros podem causar danos às córneas.

Anilina é tóxica ao sangue podendo causar anemia e se converter em metemoglobinemia, resultando em cianose. A exposição repetida ou a grandes quantidades pode causar diminuição no apetite, anemia, perda de peso, efeitos no sistema nervoso, rins, fígado e danos à medula óssea. A exposição ainda pode causar reação alérgica na pele.

Pessoas com desordem na pele, problemas nos olhos, disfunção renal ou no fígado podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância. É reportado ainda um estudo que mostra um risco adicional do câncer na bexiga em

trabalhadores expostos à anilina em combinação com corantes e intermediários.

Líquido ou vapor são combustíveis. É inflamável quando exposta ao aquecimento ou chama. O contato com oxidantes fortes pode causar fogo ou explosão. Contêineres com a substância podem se romper ao se aquecerem. Descolore se exposta à luz.

Se aquecida pode produzir monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. É incompatível com oxidantes fortes, albumina, soluções de ouro, zinco, alumínio, diisocianato de tolueno e álcalis. Incendeia-se espontaneamente na presença de ácido nítrico fumegante e com sódio.

44 – Ácido acético

A inalação de vapores concentrados pode causar vários danos ao revestimento interno do nariz, garganta e pulmão. Respiração com dificuldade pode ocorrer. Nenhum odor ou grau de irritação são adequados para indicar a concentração do vapor.

Se ingerido pode causar danos graves levando à morte. Os sintomas incluem dor de garganta, vômito e diarreia. A ingestão de menos de 1 mL pode causar perfuração no esôfago. Em caso de ingestão, não deve ser induzido o vômito.

O contato com soluções concentradas pode causar danos graves na pele. Os efeitos podem incluir vermelhidão, dor e queimadura. Concentrações elevadas do vapor podem causar sensibilidade na pele.

O contato com concentrações elevadas pode causar danos graves nos olhos seguidos de perda de visão. A exposição aos vapores pode causar lacrimejamento e irritação nos olhos.

A exposição prolongada ou repetida pode causar escurecimento da pele, erosão nos dentes e inflamação crônica do nariz, garganta e brônquios.

Pessoas com desordem na pele, problemas nos olhos ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

O vapor e o líquido são inflamáveis. Acima do ponto de

ebulição, as misturas ar-vapor são explosivas, dependendo da concentração. O contato com fortes oxidantes pode produzir fogo. Reações com metais podem gerar gás hidrogênio, que forma uma mistura explosiva com o ar. O aquecimento e a luz podem contribuir à instabilidade. Ao ser misturado com água se aquece e libera vapores tóxicos. Ao se congelar, contrai ligeiramente, e com isso, o recipiente pode se estourar.

Pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono e pode também liberar vapores tóxicos e irritantes.

É incompatível com ácido crômico, ácido nítrico, etilenoglicol, ácido perclórico, tricloreto de fósforo, oxidantes, peróxido de sódio, bases fortes, metais (exceto alumínio), carbonatos, hidróxidos, óxidos e fosfato.

É investigado como mutagênico e danoso ao sistema reprodutor.

45 – Acetanilida

Em caso da inalação da poeira ou vapor, pode causar irritação no trato respiratório e nas membranas das mucosas. Pode causar erupção na pele.

Se ingerido, é altamente tóxico ao homem. Alguns gramas podem produzir envenenamento com colapso circulatório, extremidades frias, palidez e falta de pulso. A cianose é o efeito proeminente. Se ingerido, o vômito deve ser induzido imediatamente e não deve ser feita respiração boca-a-boca.

Causa irritação na pele. Os sintomas incluem vermelhidão, coceira e dor.

O contato com os olhos causa irritação, vermelhidão e dor.

A exposição a grandes quantidades pode afetar a habilidade do sangue em transportar oxigênio (metemoglobinemia), resultando na descoloração azulada na língua e lábios (cianose). Pode resultar em danos na formação do sangue, com anemia.

Sólido combustível. Tem um perigo moderado quando exposto à chama ou fogo. Acima do ponto de ebulição misturas de ar-vapor podem ser formadas. É volátil a 95° C. Se aquecido, decompõe-se em monóxido de carbono, dióxido

de carbono, óxidos de nitrogênio. É incompatível com cáusticos, bases fortes e oxidantes fortes. Investigado como mutagênico.

46 - Éter etílico

É irritante se inalado. Pode ocorrer anestesia geral. A exposição contínua pode levar à falência respiratória ou morte. Os sintomas incluem irritação do nariz e garganta, vômito, irritação irregular, seguido de vertigem, sonolência e inconsciência.

Em caso de ingestão ocorre irritação da mucosa. 1 ou 2 g podem ser fatal. Devido à volatilidade, o estômago se torna dilatado, podendo causar arrotos. Outros sintomas incluem vômitos, inconsciência e coma. Não se deve induzir o vômito.

O contato com a pele causa irritação da mucosa por efeito de ressecamento. Se a exposição for prolongada, pode causar dermatite. Pode ser absorvido pela pele.

O contato com os olhos pode causar irritação, vermelhidão e dor. A exposição prolongada a altas concentrações do vapor pode causar danos aos olhos.

A exposição repetida pode viciar. A exposição prolongada pode causar dor de cabeça, sonolência, excitação e distúrbios físicos. Exposições elevadas repetidas podem causar danos ao fígado, sangue e sistema reprodutor. Efeitos teratogênicos são possíveis.

Líquido altamente inflamável. Os contêineres com o produto podem explodir se ficar envolvidos em fogo. Acima do ponto de ebulição, a mistura ar-vapor pode ser explosiva. Pode formar peróxido explosivo depois da exposição ao ar ou luz. Pode explodir ainda, em contato com ácido nítrico. É sensível ao impacto mecânico e à descarga estática. O aquecimento leva à instabilidade. Pode se decompor em monóxido de carbono e dióxido de carbono.

Pessoas com desordem na pele ou olhos, insuficiência hepática, renal ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância. O

consumo de bebida alcoólica pode realçar os efeitos desta substância.

47 – Fenantreno

É prejudicial se ingerido. O material é irritante às membranas das mucosas e trato respiratório superior. Se ingerido, deve-se lavar a boca do indivíduo.

Pode causar sensibilização se houver contato com a pele. Evite, portanto, o contato com a pele e olhos.

Pode ser prejudicial se inalado.

Causa foto-sensibilidade. A exposição à luz pode resultar em reações alérgicas e lesões dermatológicas. Queimaduras do Sol podem ser responsáveis por edemas e lesões. Evite o contato prolongado.

Há possíveis riscos de efeitos irreversíveis e de ser mutagênico.

É incompatível com agentes oxidantes fortes. Pode se decompor em dióxido de carbono e monóxido de carbono.

48 – β -naftol

A inalação da poeira causa irritação no trato respiratório superior.

A ingestão causa irritação no trato gastrointestinal. Os sintomas podem incluir náusea, vômito e diarreia. Em caso de ingestão, o vômito deve ser induzido imediatamente.

O contato com a pele causa irritação. Os sintomas incluem vermelhidão, ardência e dor.

O contato com os olhos causa irritação, vermelhidão e dor.

O produto pode se decompor em dióxido de carbono e monóxido de carbono, quando aquecido. É incompatível com oxidantes fortes, bases fortes, fenol, cloretos ácidos e anidridos ácidos. Deve-se evitar ainda aquecimento, chama, fontes de ignição e luz.

É investigado como mutagênico.

49 – Ácido cinâmico

É irritante à pele e às membranas das mucosas. E ainda aos olhos e sistema respiratório.

Devem-se evitar agentes oxidantes e bases. O produto se decompõe em monóxido de carbono e dióxido de carbono.

50 – Hidróxido de sódio

Em caso de inalação é um irritante severo. Os efeitos da inalação da poeira ou mistura mudam de irritação média para sérios danos ao trato respiratório, dependendo da exposição. Os sintomas podem incluir espirro, dor de garganta ou nariz escorrendo. Pneumonia grave pode ocorrer.

Em caso de ingestão é corrosivo. Se engolido pode causar queimaduras graves na boca, garganta e estômago. Lesões graves dos tecidos podem ocorrer e resultar em morte. Os sintomas podem incluir sangramento, vômito, diarreia e queda de pressão sanguínea. Os danos podem aparecer dias depois da exposição. Em caso de ingestão, não deve ser induzido o vômito.

Em contato com a pele é corrosivo. O contato pode causar irritação ou graves queimaduras e lesões em casos de exposições elevadas.

Em contato com os olhos é corrosivo. Causa irritação e exposição elevada pode causar queimaduras que resultam em danos permanentes da visão, até cegueira.

O contato prolongado com soluções diluídas pode acarretar em um efeito destrutivo dos tecidos. Pessoas com problemas na pele, visão ou disfunção respiratória podem ser mais susceptíveis aos efeitos da substância.

A decomposição produz óxido de sódio. A decomposição através da reação com metais lança gás hidrogênio explosivo e inflamável.

Em contato com ácidos e compostos halogênios orgânicos,

especialmente tricloroetileno, pode causar reações violentas. O contato com nitrometano e outros compostos similares forma sais sensíveis a choques. O contato com metais como alumínio, magnésio, estanho e zinco provoca a formação de gás hidrogênio. Reage com vários açúcares e produz monóxido de carbono.

É investigado como mutagênico.

51 – Sulfato de sódio

Tem toxicidade média se ingerido. Deve-se tomar água, caso haja ingestão e evitar irritação gastrointestinal.

A poeira em contato com os olhos pode causar irritação mecânica.

Quando aquecido pode se decompor em óxidos de enxofre e sódio.

Em combinação com sulfato de sódio, alumínio e magnésio explodirão.

Deve-se evitar o contato com o ar.

É investigado como cancerígeno, mutagênico e causador de danos ao sistema reprodutor.

Notas:

- O uso do teste *Ames* é baseado na suposição que qualquer substância que é mutagênica (para a bactéria usada neste teste), pode se tornar carcinogênica (RCN, 2004).

- Mutagênico é a substância capaz de provocar mutações (alteração fenotípica) ou modificações na informação genética (aberrações cromossômicas); carcinogênico é a substância que pode provocar ou estimular o desenvolvimento de tumor maligno no organismo; teratogênico é o agente físico ou químico que pode produzir monstruosidade (provocar alterações em fetos) (Houaiss, 2001).

- Bioconcentração é o aumento na concentração de um reagente químico em um organismo resultante da absorção pelos tecidos, com níveis que excedem o metabolismo do mesmo e excreção. É usado para descrever o acúmulo de reagentes químicos nos organismos, sobretudo aquáticos, que vivem em

ambientes contaminados. Os fatores de bioconcentração são usados para relatar os resíduos de poluentes, como por exemplo, os clorados, em organismos aquáticos. Espécies mais vulneráveis como peixes, pássaros e sapos, são facilmente atingidas (ACD, 2004).

- Um produto químico que permita ao inoculo que consuma 60 % do oxigênio presente durante um período de 28 dias é classificado como facilmente biodegradável. Como por exemplo, ésteres de glicóis, usados em produtos de limpeza. Esses ésteres agridem menos o meio ambiente e o homem (Household & Cosméticos, 2002).

- o *site* da UFPR divulga uma lista com materiais potencialmente cancerígenos. Dentre eles pode-se destacar o benzeno, tetracloreto de carbono, clorofórmio, compostos com cromo hexavalente, diclorometano, compostos de níquel, fenolftaleína, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, ácidos inorgânicos fortes e misturas contendo ácido sulfúrico.

Anexo II

PROGRAMA DA DISCIPLINA

CÓDIGO: QO 422

NOME: Química Orgânica II (Engenharia Química)

T 02 P 06 L 00 HS 08 CH 120 C 08

PROGRAMA:

1. Segurança no laboratório
2. Técnicas de laboratório usadas em Química Orgânica: recristalização, ponto de fusão, destilação, extração com solventes.
3. Diferenciação entre hidrocarbonetos
4. Obtenção de Alceno
5. Obtenção de éter simétrico
6. Obtenção de Haleto de alquila
7. Obtenção de éster
8. Reações de caracterização
9. Condensação aldólica
10. Polímeros
11. Introdução à cromatografia
12. Introdução à espectroscopia de absorção

BIBLIOGRAFIA:

1. Vogel, A. I., "Química Orgânica: Análise Orgânica Qualitativa", Ao Livro Técnico S.A. Rio de Janeiro, 1971.
2. Morrison, R.; Boyd, R., "Química Orgânica", 3ª Edição traduzida, Fundação Calouste Gulberian, Lisboa.

NOME: Química Orgânica II (Engenharia Química Noturno)

T 04 P 04 L 00 HS 08 CH 04 C 08

PROGRAMA:

1. Noções Básicas de Segurança no Laboratório.
2. Síntese de Acetanilida: reação da Anilina com Anidrido Acético.
Recristalização da Acetanilida em H₂O.
3. Ponto de Fusão da Acetanilida.
 - Cromatografia CCD: Comparação com Anilina e a Acetanilina padrão.
 - Espectro de IV (comparando com o padrão e Anilina).
4. Separação de uma mistura de substâncias orgânicas (ácido, fenol, neutro e base orgânica).
 - Obs; Ácido benzóico, fenol, cumeno e anilina.
5. Cromatografia de Coluna de Corantes Fenólicos (para e o-nitrofenol).
 - Espectro de IV (comparando com os padrões).
6. Síntese de Ciclohexanona a partir do Ciclohexanol.
 - Espectro de IV x Padrão.
 - Cromatografia Gás (CG) x (Padrão).
 - Derivado Cristalino: 2,4-DNP.
7. Síntese de Ciclohexeno a partir de ciclohexanol.
 - Destilação simples e simultânea.
 - Caracterização de olefinas: Br₂/CCl₄
8. Caracterização de Álcoois.
 - Teste de Lucas.
 - Reação com Sódio
 - Miscibilidade

PROGRAMA DA DISCIPLINA

CÓDIGO: QA213

NOME: QUÍMICA II (Engenharia de Alimentos)

OF S-2 T 04 P 04 L 00 HS 08 SL 08 C 08

PRÉ-REQ.: QG101 QG102/QG108 QG109 QI243

EMENTA:

Introdução à análise qualitativa. Fenômenos de equilíbrio. Técnicas gerais de análise qualitativa. Separação e classificação de cátions e ânions. Introdução à análise quantitativa. Amostragem. Tratamento dos dados analíticos. Técnicas gerais de análise quantitativa. Volumetria.

PROGRAMA:

TEORIA:

1. Introdução à análise qualitativa.
2. Equilíbrio ácido-base.
3. Solubilidade e produto de solubilidade.
4. Introdução à análise quantitativa (amostragem, balança analítica, classificação dos métodos quantitativos).
5. Tratamento de dados (expressão dos resultados, Algarismos significativos, exatidão, precisão, conceitos estatísticos, erros determinados e indeterminados, rejeição de resultados).
6. Gravimetria.
7. Volumetria de neutralização.
8. Volumetria de óxido-redução.
9. Volumetria de complicação.

PRÁTICA:

1. Propriedades, reações de identificação e separação de um grupo de cátions I e II.
2. Reações de um grupo de ânions.
3. Interferências de ânions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , CO_3^{2-} na análise de cátions.
4. Calibração de uma pipeta.
5. Análise de Pb^{2+} por precipitação homogênea.
6. Preparo e padronização de uma solução de hidróxido de sódio.
7. Determinação de ácido clorídrico e ácido acético.
8. Preparação e padronização de solução de KMnO_4
9. Determinação de Fe^{3+} com KMnO_4
10. Preparação de Solução de EDTA e de Mg^{2+} .
11. Determinação de Mg^{2+} com EDTA

Bibliografia:

- N. Baccan, L.M. Aleixo, E. Stein e O.E.S. Godinho, Introdução à Semimicroanálise Qualitativa, 3ª edição, Editora da UNICAMP, Campinas, 1990.
- N. Baccan, J.C. de Andrade, O.E.S. Godinho e J.S. Barone, Química Analítica Quantitativa Elementar, 2ª edição, Editora da UNICAMP, Campinas, 1995.
- G.H. Jeffrey, J. Basset, J. Medham, R.C. Denney, Vogel Análise Química Quantitativa, 5ª edição, Guanabara, Koogan, Rio de Janeiro, 1992.
- G.H. Jeffrey, J. Basset, J. Medham, R.C. Denney, Vogel Química Quantitativa, 4ª edição, Guanabara, Koogan, Rio de Janeiro, 1981.

Anexo III

Tratamento de CH₃CN

Atenção: usar equipamento de segurança individual!

Reagentes utilizados:

- Acetonitrila para descarte;
- Solução etanólica de NaOH: esta solução foi preparada, dissolvendo-se NaOH em etanol comercial. A dissolução foi feita até o ponto de saturação de NaOH em etanol. Obs.: NaOH é pouco solúvel em etanol e acetonitrila, solubilidade de 14g de NaOH dissolvido em 100g de etanol. Este material é corrosivo se mantido em contato com a pele ou mucosas.
- Hipoclorito de sódio comercial (água sanitária).
- Solução HCl 5% para neutralização dos gases.

Equipamento utilizado:

- Balão de fundo redondo 250 mL; condensador de bolas; borbulhador; manta de aquecimento com varivolt.

Em um balão de fundo redondo de capacidade de 250 mL adicionou-se uma alíquota de 50 mL aproximadamente de CH₃CN que foi coletada no depósito para descarte. Adicionou-se então a esta solução, 60 mL da solução etanólica de NaOH, 50 mL de hipoclorito e pedras de ebulição. Montou-se o refluxo (ver figura 1) com o condensador de bolas e na parte superior do refluxo foi adaptado um borbulhador com solução de HCl 5% para neutralização dos gases formados durante a reação (verifica-se que há formação de NH₃ gasoso). Ligou-se a manta e controlou-se a temperatura até a formação de refluxo na primeira bola do condensador. Este refluxo foi mantido constante por aproximadamente 36 horas à temperatura de 80°C (**obs: o refluxo pode ser em horas alternadas ou contínuas. Deve-se seguir estritamente o tempo de refluxo**). Durante o transcorrer da reação ocorre formação de sais de NH₃Cl na superfície interna do borbulhador, próxima do nível da solução de HCl 5%. Este sal é higroscópico, com o passar do tempo tende a desaparecer da parede do borbulhador misturando-se

com a solução de HCl 5%.

Após este tempo foi feito o espectro IV da solução final e comparou-se com o espectro IV da CH_3CN sem reagir. Ocorre o desaparecimento da banda no IV em aproximadamente 2258 cm^{-1} atribuída ao estiramento CN da CH_3CN . Verificou-se também a banda no IV em aproximadamente 1654 cm^{-1} atribuída ao estiramento NH de amidas formadas na reação para consumo de CH_3CN . Alternativamente pode ser identificada a presença de acetonitrila utilizando sulfato ferroso e HCl (tirar uma alíquota da acetonitrila, adicionar uma ponta de espátula de FeSO_4 , e adicionar algumas gotas de HCl 1:1. Se tiver nitrilas a solução apresentará coloração azul, a ausência mantém a solução amarela-castanha. **ATENÇÃO:** realizar este teste na capela com boa exaustão, pois a adição de HCl à nitrilas pode liberar **HCN LETAL**).

Após o tratamento e verificação do consumo de CH_3CN , a solução final pode ser descartada na bombona de ácidos.

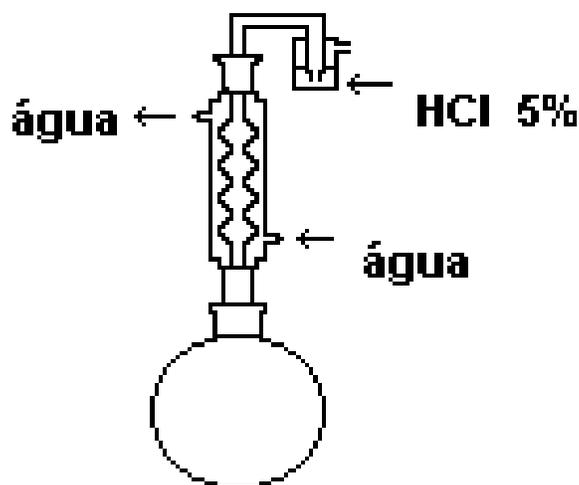


Figura 1: Sistema de refluxo usado para o tratamento de CH_3CN

Bibliografia:

- Prudent Practices for Disposal of chemicals from Laboratories, Committee of Hazardous Substances in the Laboratory, Washington D.C., 1983;
- Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual, Japan, 1982

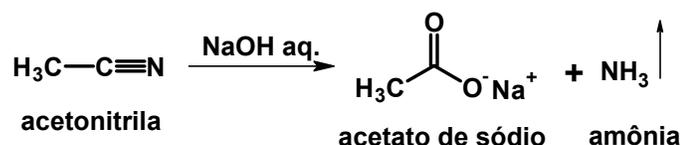
TRATAMENTO E DESCARTE DE SOLVENTES GERADOS NA ROTINA DOS EQUIPAMENTOS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA.

Elizabeth F. Ferreira (PQ)*, Marlon A. V. da Silva (IC)* e Fernando Coelho*[♦] (PQ)

*Comissão de Segurança/Instituto de Química – UNICAMP; [♦]Departamento de Química Orgânica – IQ/UNICAMP - 13083-970 – Campinas, SP – Brasil

Introdução e objetivos: A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) é uma das metodologias mais difundidas de análise química. Normalmente os solventes utilizados nessas análises são solventes de razoável polaridade e boa miscibilidade em água. Entre os solventes, a acetonitrila é o mais utilizado. Esse trabalho teve por objetivo estabelecer um procedimento padrão que nos permitisse tratar a grande quantidade de acetonitrila estocada ao longo dos anos no depósito de resíduo do Instituto de Química da Unicamp.

Resultados e Discussão: O nosso objetivo nesse trabalho era estabelecer uma metodologia de baixo custo, que permitisse o tratamento em grande escala (50 litros) (esquema 1).



Esquema 1

Através dessa metodologia foram tratados cerca de 150 L de uma mistura de acetonitrila com água que estavam estocadas em bombonas^{1, 2}. Nas bombonas adicionou-se uma solução etanólica de NaOH (50L, 20% p/v) e hipoclorito de cálcio (45L). O etanol utilizado no processo foi aquele usado nos laboratórios de ensino e pesquisa para a rinsagem de vidraria.

Conclusão: Através desse trabalho estabelecemos uma metodologia simples para o tratamento e descarte das soluções aquosas de acetonitrila geradas, como resíduo, nos laboratórios de análise química do Instituto de

Química da Unicamp. O método é simples, apresenta um alto grau de reprodutibilidade e pode ser efetuado sobre grandes quantidades de solução.

Referências: 1. In *Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories*, Committee of Hazardous Substances in the Laboratory, Washington D.C., ACS Publishing, **1983**; Washington, page 87; 2. *Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual*, Japan, **1982**.

Os autores agradecem à Fapesp pela infra-estrutura e ao Convênio Receita Federal/IQ pela bolsa de IC para MAVS.