

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**PROPOSTA DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS
QUÍMICOS GERADOS NO LABORATÓRIO DE SEPARAÇÃO E
PRÉ-CONCENTRAÇÃO (LSPc) DO IQ-UFU.**

DAYANE FONSECA SOARES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
QUÍMICA, APRESENTADA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM QUÍMICA.**

ORIENTADORA: Prof^ª. Dra. EFIGÊNIA AMORIM

**UBERLÂNDIA – MG
2006**

Eu aprendi

“Eu aprendi que a melhor sala de aula do mundo está aos pés de uma pessoa mais velha;

Eu aprendi que quando você está amando dá na vista;

*Eu aprendi que basta uma pessoa me dizer ‘você fez meu dia mais feliz’ para ele se
iluminar;*

*Eu aprendi que Ter uma criança adormecida em seus braços é um dos momentos mais
pacíficos do mundo;*

Eu aprendi que ser gentil é mais importante do que estar certo;

Eu aprendi que nunca se deve negar um presente a uma criança;

**Eu aprendi que eu sempre posso orar por alguém quando não tenho a força para
ajudá-lo de alguma forma;**

*Eu aprendi que não importa quanta seriedade a vida exija de você, cada um de nós
precisamos de um amigo brincalhão para se divertir junto;*

*Eu aprendi que algumas vezes tudo o que precisamos é de uma mão para segurar e um
coração para nos entender;*

*Eu aprendi que os passeios simples com meu pai em volta do quarteirão nas noites de
verão, quando eu era criança, fizeram maravilhas para mim quando me tornei adulto;*

Eu aprendi que deveríamos ser gratos a Deus por não nos dar tudo que lhe pedimos...”

William Shakespeare

Aos meus pais:

- *Navier Soares Caetano e Elaine Fonseca Soares.*

Aos meus irmãos queridos:

- *Drucylla Fonseca Soares.*
- *Navier Soares Caetano Júnior.*
- *Hélen Cristina Caetano.*
- *Bruna Coelho Caetano.*

Aos meus sobrinhos:

- *João Victor Martins Caetano.*
- *Maria Fernanda Fonseca Barbosa.*

Dedico.

Ao meu eterno namorado Henrique de Araújo Sobreira.
Pela felicidade de estar ao lado de uma pessoa tão especial.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Profª. Dra. Efigênia Amorim pela orientação, amizade, compreensão e apoio durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Sebastião de Paula Eiras pela importante contribuição durante o desenvolvimento do presente trabalho.

À Profª. Dra. Yaico D. T. Albuquerque, pelas importantes contribuições ao texto final da dissertação e por ter contribuído aceitando participar do Exame de Qualificação.

Ao prof. Manuel Gonzalo Hernandez, pelas importantes contribuições ao texto final da dissertação e por ter contribuído aceitando participar do Exame de Qualificação.

Ao Prof. Dr. Alex Magalhães de Almeida, pela ajuda, apoio, incentivo e discussões científicas nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. João Marcos Madurro, pelas discussões sobre toxicologia dos compostos utilizados no presente trabalho.

À Profª. Nívia M. M. Coelho, pela contribuição do seu laboratório para a presente pesquisa.

A todos os demais docentes da área de Química pela amizade, pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas durante este tempo.

Aos meus pais, pela educação que me foi dada.

À minha avó, Maria Geralda, pela educação que me foi dada.

À minha filha, pela compreensão à minha ausência enquanto estive envolvida neste trabalho.

Aos meus irmãos, em especial Drucylla, e sobrinhos pela ajuda quando foi necessário.

À minha tia, Cristina, pela contribuição na minha formação.

Ao amigo Helieder Cortes Freitas pela amizade, apoio, discussões científicas e discussões sobre educação em Química ao longo deste trabalho.

Ao amigo Lucas Caixeta Gontijo, pela amizade, apoio e discussões científicas ao longo deste trabalho.

Ao amigo Rodrigo Amorim Bezerra da Silva, pela amizade e contribuição com este trabalho.

Ao amigo Alisson Costa da Cruz, pela amizade e apoio em alguns momentos difíceis durante este trabalho.

À amiga Carla Beatriz Brasileiro pelos momentos difíceis.

À amiga Daniela Cervelle Zancanela, pela amizade, apoio e discussões sobre pesquisa e gerenciamento de resíduos.

Ao amigo Maikon Rodrigues, pela amizade, apoio e discussões sobre pesquisa e gerenciamento de resíduos.

Ao amigo Gentil Benedito Lopes, pela amizade, apoio e discussões científicas sobre o presente trabalho.

À amiga Isabel Maluf, ex-secretária da Pós-Graduação do IQ-UFU, pela amizade e cordial atendimento durante o mestrado.

À amiga Marina, secretária da Pós-Graduação do IQ-UFU, pela amizade e eficiente atendimento durante o mestrado.

A todos os funcionários, alunos e ex-alunos da Escola Estadual Sebastião Dias Ferraz.

A todos os funcionários, alunos e ex-alunos do curso de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), pelo apoio, ajuda e compreensão.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Siglas.....	xiii
Resumo.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo 1.....	1
1-Introdução.....	1
Capítulo 2.....	5
2- Objetivos.....	5
Capítulo 3.....	6
3-Revisão Bibliográfica.....	6
3.1- Gerenciamento de resíduos.....	6
3.2- Extração líquido-líquido convencional.....	7
3.3- Extração líquido-líquido por separação de fases.....	8
3.3.1- Extração homogênea.....	8
3.3.2- Extração líquido-líquido por fase única.....	8
3.4- Características físicas e químicas dos compostos envolvidos no estudo.....	12
3.4.1- Etanol.....	12
3.4.2- Clorofórmio.....	12
3.4.3- Metil-isobutil-cetona.....	14
3.4.4- Ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol.....	15
3.4.5- Ligante Tenoiltrifluoroacetona.....	16
3.4.6- Ligante 8-hidroxiquinolina.....	18
3.4.7- Cádmiio.....	19
3.4.8- Chumbo.....	22
3.4.9- Ferro.....	25

3.4.10- Cobre.....	27
3.4.11- Zinco.....	29
3.4.12- Manganês.....	31
Capítulo 4.....	33
4 - Parte Experimental.....	33
4.1- Materiais e reagentes.....	33
4.1.1- Reagentes e soluções.....	33
4.1.2- Vidraria.....	33
4.1.3- Equipamentos.....	34
4.2- Metodologia.....	35
4.2.1- Inventário do Passivo do LSPc.....	35
4.2.2- Conscientização dos usuários do Laboratório quanto ao descarte e rotulagem adequados dos resíduos.....	35
4.2.3- Tratamento dos resíduos <i>A</i> , <i>B</i> e <i>C</i>	36
4.2.4- Tratamento dos resíduos <i>D</i> , <i>E</i> e <i>F</i>	37
Capítulo 5.....	39
5 - Resultados e Discussão.....	39
5.1- Inventário do passivo.....	39
5.2- Conscientização dos usuários quanto ao descarte dos resíduos.....	40
5.3- Rotulagem.....	40
5.4- Tratamento do resíduo <i>A</i> (ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol em uma mistura de água, etanol e clorofórmio).....	41
5.5- Tratamento do resíduo <i>B</i> (complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-cádmio em uma mistura de água, etanol e clorofórmio).....	42
5.6- Tratamento do resíduo <i>C</i> (complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-chumbo em uma mistura de água, etanol e clorofórmio).....	43
5.7- Tratamento do resíduo <i>D</i> (complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês em água, etanol e clorofórmio).....	46
5.8- Tratamento do resíduo <i>E</i> (complexo 8-hidroxiquinolina – zinco, cobre, ferro e manganês em água, etanol e clorofórmio).....	46

5.9- Tratamento do resíduo <i>F</i> (complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês em água, etanol e metil-isobutil-cetona).....	47
5.10- Relação custo/benefício para a recuperação dos solventes/complexante.....	47
Capítulo 6.....	50
6- Conclusões.....	50
7- Referências Bibliográficas.....	51
ANEXO A – Orientações para descarte de resíduo do LSPc.....	60

LISTA DE FIGURAS**Capítulo – 3**

Figura 1 – Esquema ilustrativo do sistema de extração líquido-líquido por solvente convencional.....	10
Figura 2 – Esquema ilustrativo do sistema de extração líquido-líquido por fase única..	11
Figura 3 – Formas adquiridas pelo ligante PAN dependendo do pH do meio.....	15
Figura 4 – Formas adquiridas pelo TTA.....	17
Figura 5 – Composto de coordenação com TTA onde z é a carga do íon metálico complexado.....	17
Figura 6 – Estrutura do composto 8-hidroxiquinolina.....	18

Capítulo – 4

Figura 7 – Aparelhagem utilizada na destilação do etanol e do clorofórmio.....	36
Figura 8 – Esquema de tratamento dos resíduos A, B e C.....	38
Capítulo – 5.....	39
Figura 9 – Rótulo para identificação de resíduos descartados.....	41
Figura 10 - Rótulo para identificação de compostos após recuperação.....	41
Figura 11 – Espectro de absorção molecular dos resíduos A e B.....	43
Figura 12 – Espectro obtido da fase única do resíduo C.....	44
Figura 13 – Espectro do composto de coordenação formado no sistema água/etanol/clorofórmio.....	45
Figura 14 – Espectro de absorção molecular do complexante PAN a 0,3% m/v.....	46
Figura 15 – Sistema de destilação dos solventes.....	48

LISTA DE TABELAS

Capítulo 5

Tabela 1: Inventário do passivo existente no Laboratório de Separação e Pré-concentração.....	39
Tabela 2 – Volumes de compostos recuperados.....	49

LISTA DE SIGLAS

CEMIG – Companhia Elétrica de Minas Gerais.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

IQ – Instituto de Química.

LSPc – Laboratório de Separação e Pré-concentração.

MIC – metilisobutilcetona.

PAN – 1-(2-piridilazo)-2-naftol.

TTA – 2-tenoiltrifluoroacetona.

UFU – Universidade Federal de Uberlândia.

VMP – volume máximo permitido.

RESUMO

Neste trabalho estudaram-se possíveis soluções para os problemas decorrentes do descarte indevido de resíduos no meio ambiente pelo Laboratório de Separação e Pré-concentração (LSPc) do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

A partir das considerações citadas acima, alguns procedimentos realizados por diversas Instituições Federais que ajudaram a minimizar tais transtornos, como a implementação de um programa de gerenciamento e gestão de resíduos pautado numa mudança de atitude, além de requerer uma reeducação contínua por parte dos profissionais dos referidos laboratórios. Em suma, a racionalização dos procedimentos visou um menor consumo de reagentes e, conseqüentemente, redução dos valores gastos com os reagentes e menor impacto ambiental.

Com procedimentos adotados no LSPc, procedeu-se a conscientização dos usuários em relação ao descarte e rotulagem adequados dos resíduos gerados no laboratório em questão, o que resultou numa atitude adequada para a disposição final dos resíduos.

Realizou-se um levantamento do inventário do passivo existente no LSPc e efetuou-se o tratamento dos resíduos utilizando técnicas de separação de fases, destilação e filtração, onde foi possível a recuperação dos solventes etanol, clorofórmio e do ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol (PAN). O solvente metil-isobutil-cetona, os ligantes tenoiltrifluoroacetona e 8-hidroxiquinolina não foram recuperados. Os metais chumbo, ferro, cobre, zinco e manganês não foram detectados. A concentração de cádmio (II) determinada foi de $5,73 \cdot 10^{-3} \text{ mg.dm}^{-3}$, cujo valor se encontra abaixo do valor máximo permitido (VMP) que é de $0,01 \text{ mg.dm}^{-3}$.

O volume total de etanol e clorofórmio recuperado foi 13,0 L e 3,8 L, respectivamente gerando uma economia total de R\$ 99,53 para a instituição. Para recuperar o ligante PAN houve uma economia de R\$ 52,00, visto que a massa recuperada deste composto foi de 1,840 g.

Palavras-chave: Resíduo de laboratório, recuperação de solventes, passivo.

ABSTRACT

In this work it was studied possible solutions for the problems decurrents of the undue evasion of residues in the environment on the Laboratório on Separação and Pré-concentração (LSPc) of the Chemistry Institut in the Universidade Federal de Uberlândia.

From considerations above, some procedures realized by several Federal Instituts that helped to minimize suchs disorders, how the implement by program to administrastion in residues ruled in a removal of posture, beyond of to require one continuous re-education for part in the professionals in above mentioned laboratorys. In short, the rationalizetion of procedures to aim at one under consumption in reagents and consequent, reduction of worns values with the reagents and younger impact environment.

With adequates procedures adopted in the LSPc, it was verified the conscience of the users at relation on adequates evasion and label from residues generated in the laboratory in question.

It was realized one survey of the inventory of the passive existent in the LSPc. After this survey, it was effectuated the treatment of the residues utilizing technics of separation phasis, distillation and filtration, where went possible the recuperation of the solvents etanol, chloroform and from the 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol (PAN). The solvent methyl-isobutyl-ketone, the tenoyltrifluoroacetone and the 8-hydroxyquinoline not went recuperated. The metals lead, iron, copper, zinc and manganese was not determined. The concentration of cadmium (II) determined was of $5,73.10^{-3} \text{ mg.dm}^{-3}$, whose value to meet below of the value maximum permitted (VMP) that to be of $0,01 \text{ mg.dm}^{-3}$. The total size of the etanol and chloroform recoveredds was 13,0 L and 3,8 L, respective generate a total economy of the R\$ 99,53 for the instituion. For to recover the PAN there was a economy of the R\$ 52,00, seen that the recovered mass of this composed was of the 1,840 g.

Keywords: laboratory residue, solvents recuperation, passive.

Capítulo 1

1 – INTRODUÇÃO

“Não devemos exigir que a ciência nos revele a verdade. Num sentido corrente, a palavra verdade é uma concepção muito vasta e indefinida. Devemos compreender que só podemos visar à descoberta de realidades relativas. Além disso, no pensamento científico existe sempre um elemento poético. A compreensão de uma ciência, assim como apreciar uma boa música, requer em certa medida de processos mentais idênticos. A vulgarização da ciência é de grande importância se proceder de uma boa fonte. Ao procurar simplificar as coisas não se deve deformá-las. A vulgarização tem de ser fiel ao pensamento inicial. A ciência não pode, é evidente, significar o mesmo para toda a gente. Para nós, a ciência é em si mesma um fim, pois os homens da ciência são espíritos inquisidores, (...) a sociedade torna possível o trabalho dos sábios, alimenta-os. Tem pois o direito de lhes pedir por seu lado uma alimentação digestiva...”

Albert Einstein

A química, cada vez mais, desempenha um papel fundamental no ambiente de nosso planeta. De fato, é comum a população culpar químicos pelos problemas da poluição. Entretanto, também transcorre despercebido que muitos dos problemas ambientais dos séculos passado e atual encontram soluções nas ciências em geral, em especial a Química. Como por exemplo, o aumento da expectativa de vida humana no planeta, que nos últimos tempos tem estado associado, de certo modo, ao desenvolvimento de novos produtos químicos capazes de curar doenças, dar conforto, melhorar a tecnologia, etc.

Entretanto, também é verdade que muitos produtos químicos, produzidos sinteticamente graças à Química são a base da maior parte dos problemas ambientais. Isto se deve quase sempre aos subprodutos “devolvidos” ao longo do tempo pela natureza em geral, quando da degradação dos produtos e substâncias desenvolvidas para beneficiar o homem. Estes subprodutos, na maioria das vezes, são causadores diretos ou indiretos dos

mais variados tipos de doenças, como, por exemplo, é a utilização de metais pesados* , como Cádmiio, Chumbo, Mercúrio, Cromo, em produtos manufaturados como as garrafas PET, tinturas em geral, baterias, etc., largamente utilizado por toda a população mundial em maior grau ou não^{1,2}.

Em termos ambientais, pode-se dizer que estas últimas duas décadas foram marcadas, no Brasil, por uma crescente conscientização dos cidadãos e das empresas sobre os danos causados por uma verdadeira miríade de atividades humanas, seja na sua mais elementar tarefa executada em seus lares, como nos locais de trabalho³.

Desse modo, grande parte das referidas atividades tem gerado efluentes líquidos, gasosos e resíduos sólidos, que, de uma maneira ou outra, têm seu destino final na atmosfera, nos solos e nos corpos d'água, lóticos e lênticos, naturais e artificiais, continentais, costeiros ou nos oceanos tem causado danos à natureza. Uma vez que grande parte desses efluentes e resíduos constitui-se em materiais ricos em nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) e contaminantes orgânicos (aqui, existe uma variedade realmente grande), bem como os inorgânicos (metais e metalóides) responsáveis pelos muitos problemas que atingem aos homens. Sendo assim, a preocupação com o ambiente está presente na vida de uma parcela considerável de seres humanos pertencentes a diferentes culturas e países^{3,4}.

Muitas fontes de poluição existem, e passam despercebidas dos órgãos governamentais de defesa ambiental. Os laboratórios existentes nos Institutos e Departamentos de Química das Universidades, além das demais unidades que utilizam produtos químicos em rotinas de trabalho, confrontam-se ao longo de muitos anos, com o problema ambiental relacionado ao tratamento e à disposição final dos resíduos gerados em seus laboratórios de ensino e pesquisa⁵.

Esses resíduos diferenciam-se daqueles gerados em unidades industriais por apresentarem baixo volume, mas possuem grande diversidade de composição, dificultando a tarefa de estabelecer um tratamento químico e/ou uma disposição final padrão para todos⁵.

* Metais pesados – Segundo a IUPAC, são todos os metais que apresentam densidade maior que $5,0 \text{ g.cm}^{-3}$ ou que possui número atômico maior que 20. Os mais comuns são Cu, Fé, Mn, Zn, Co, Ni, V, Ag, Cd, Cr, Hg, Pb.

De maneira geral, esse problema atinge proporções sendo relegado a um plano secundário devido à falta de planejamento e formas de tratamento dos resíduos produzidos. Em geral, quando armazenados são estocados de forma inadequada, aguardando um destino final. Infelizmente, a cultura ainda dominante é o descarte dos resíduos na pia do laboratório, sem antes realizar um tratamento prévio para a realização do mesmo, já que inúmeras instituições públicas brasileiras de ensino e pesquisa não possuem uma política institucional clara que exija e viabilize um tratamento dos resíduos oriundos das atividades de laboratório⁵.

A ausência de um órgão fiscalizador, a falta de visão e o descarte inadequado tornam as Universidades poluidoras do meio ambiente, visto que promovem o desperdício de material e arcam financeiramente com o mau gerenciamento dos produtos sintetizados ou manipulados. A partir deste contexto, diversas instituições federais, estaduais e particulares no Brasil vêm buscando gerenciar e tratar seus resíduos com o intuito de diminuir o impacto causado ao meio ambiente, criando dessa forma um novo hábito na comunidade acadêmica que faça parte da consciência profissional e do senso crítico dos alunos, funcionários e professores^{6,7}.

Assim, a questão do gerenciamento de resíduos químicos, frutos de atividades de ensino e pesquisa corrobora num tema de estudos e discussões bastante difundido, o qual ocupa um lugar de destaque no meio acadêmico brasileiro, motivado pelo importante papel que as instituições de ensino e pesquisa exercem na formação de recursos humanos acostumados à prática de gestão ambiental⁸.

Todavia, a implementação de um programa de gerenciamento e gestão de resíduos exige, antes de tudo, mudança de atitude. Portanto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer a reeducação e uma persistência contínuas do indivíduo. Em outras palavras, além da Instituição estar disposta a implantar e sustentar o programa, o aspecto humano é imprescindível, pois o êxito depende muito da colaboração de todos os membros da unidade geradora^{7,9,10,11}.

Desse modo, a preocupação com a mudança da visão nos laboratórios químicos frente à redução do volume e tratamento dos resíduos gerados é tema recorrente em discussões no que diz respeito à poluição ambiental, posto que os benefícios obtidos com a

minimização dos resíduos incluem a racionalização dos procedimentos, visando assim, menor consumo de reagentes e o decréscimo dos custos com tratamento e disposição final. Além disso, colabora com a segurança do operador e da comunidade, uma vez que previne a contaminação ambiental, seja por despejos gasosos, sólidos ou líquidos. Em síntese, a prevenção da poluição é a melhor forma de evitar prejuízos ambientais. Se a minimização de resíduos na fonte geradora não é possível, então os poluentes devem ser reciclados e/ou tratados de maneira ambientalmente segura. Se a reciclagem também não puder ser realizada, a poluição deve ser evitada mediante a modificação metodológica do processo analítico, sempre que possível. Dessa forma, o descarte de compostos químicos que destroem o ambiente deverá ser entendido e praticado como último recurso, sendo realizado de maneira ecologicamente segura, ou seja, de forma a não causar danos à natureza¹²⁻¹⁴.

Capítulo 2

2 – OBJETIVOS

“O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos, como algo separado do resto do universo – numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é um tipo de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto apenas pelas pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá atingir completamente este objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior”.

Albert Einstein

Diante da preocupação com a gestão de resíduos gerados no Laboratório de Separação e Pré-concentração (LSPc) do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, este trabalho possui como objetivos:

- ❖ Avaliar a existência e o nível de metais tóxicos nas soluções aquosas antes do descarte diretamente na pia;
- ❖ Realizar tratamento adequado dos passivos existentes considerando as possibilidades de recuperação dos solventes, complexantes e íons metálicos através das técnicas de destilação, filtração e precipitação;
- ❖ Propiciar a disposição final adequada nos casos de verificar a inviabilidade de recuperação ou destruição;
- ❖ Avaliar a relação custo/benefício para a recuperação dos compostos.

E, por conseqüência, espera-se mudanças de comportamento dos usuários do LSPc quanto ao descarte de resíduos como opção de melhoria na qualidade de vida.

Capítulo 3

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“De nada vale ao homem a pura compreensão de todas as coisas, se ele tem algemas que o impedem de levantar os braços para o alto”.

Vinicius de Moraes

3.1 – Gerenciamento de resíduos

O papel das Universidades é garantir o desenvolvimento do ensino, pesquisa e extensão. Dentro de seu exercício de difusão de conhecimentos, está a função de conscientização de seus alunos sobre o meio ambiente, visando educá-los para que levem suas experiências nessa área para suas vidas profissionais e mesmo para suas casas. Nos Institutos de Química, além das aulas ministradas, são desenvolvidas pesquisas científicas e tecnológicas em diversas áreas, gerando subprodutos que devem ser tratados¹⁵. Algumas Instituições já fazem o trabalho de gerenciamento desses resíduos ou tentam minimizar a toxicidade de seus descartes, porém poucas se preocupam com seu destino final.

As Instituições que não gerenciam seus resíduos não despertam em seus alunos, funcionários e professores a prática de descartá-los previamente tratados. Os alunos, cidadãos e futuros profissionais, por este exemplo, poderão vir a descartar os resíduos da empresa onde trabalham incorretamente ou a jogar no lixo domiciliar, nas ruas, nos rios, nas baías, nas encostas. Nota-se que alguns programas estão sendo desenvolvidos dentro de laboratórios, com o objetivo de reduzir a toxicidade dos resíduos; porém o descarte final adequado é difícil, uma vez que, no Brasil, o lixo urbano é destinado, em quase sua totalidade, a terrenos a céu aberto¹⁵.

Reciclar resíduos é transformá-los em produtos com valor agregado. Do ponto de vista ambiental, essa prática é muito atraente, pois diminui a quantidade de resíduos lançados no meio ambiente, além de contribuir para a conservação dos recursos naturais, minimizando a utilização de recursos não-renováveis. A reciclagem, porém, depende do custo de transporte e da quantidade de resíduos disponíveis para que o reprocessamento se torne viável ecologicamente. Devido à crescente conscientização social, a reciclagem de resíduos tende a se tornar cada vez mais comum. Sua prática requer empresas e profissionais habilitados, bem como tecnologias adequadas, capazes de assegurar qualidade e segurança em sistemas cada vez mais complexos. Alguns laboratórios reciclam seus próprios resíduos através de técnicas de destilação e da reutilização^{15, 16}.

3.2 – Extração líquido-líquido convencional

Este tipo de extração consiste basicamente na formação de compostos de coordenação ou ainda associações iônicas entre uma espécie química (normalmente um cátion metálico) presente em uma fase aquosa e uma espécie química ligante solúvel em um ou em vários solvente(s) orgânico(s) imiscível(is) ou com baixa miscibilidade na parte aquosa e sua posterior extração para a fase orgânica¹⁷⁻²⁰. Como a mistura resultante no sistema é normalmente heterogênea, uma vez que se dá preferência a solventes orgânicos que sejam totalmente imiscíveis, a formação do composto é de certa forma muito lenta ou até mesmo inviável, uma vez que ocorre na interface das duas fases do sistema. Desta forma, a fim de que se tenha uma melhor eficiência no processo de formação e extração do composto torna-se necessário efetuar um processo de agitação; o qual pode ser manual ou mecânico. Esta agitação tem por finalidade a formação de compostos preferencialmente com menor ou nenhuma solubilidade em água (hidrofóbicas) e conseqüentemente mais solúvel no solvente extrator (parte orgânica do sistema)¹⁸⁻²⁰.

3.3 – Extração líquido-líquido por separação de fases

3.3.1 – Extração homogênea

A extração homogênea líquido-líquido primeiramente foi obtida quando dois grupos de pesquisa^{21,22} paralelamente apresentaram resultados publicados em que, extrações eram obtidas a partir do rompimento do equilíbrio das fases de soluções homogêneas obtidas pela mistura de carbonato de propileno e água²¹. Neste sistema, uma mistura de carbonato de propileno e água imiscíveis entre si na temperatura ambiente, se tornava totalmente miscível quando a mistura era aquecida até uma temperatura 70 °C. Quando então, a mistura homogênea de carbonato de propileno e água atingia novamente a temperatura ambiente, reconstituía-se novamente um sistema heterogêneo.

Belcher et al²², interessados na separação de diferentes compostos de coordenação por cromatografia em fase gasosa, necessitavam que estes estivessem dissolvidos em um solvente orgânico. Para isto usaram uma mistura de água contendo um íon metálico dissolvido em benzeno. A esta mistura adicionaram-se etanol obtendo-se uma mistura homogênea líquida ternária. Para a separação das fases a solução ternária obtida e conseqüente extração do composto de coordenação no solvente desejado, Belcher et al²² empregaram duas técnicas:

- 1^a) Adição de excesso de água até o rompimento do equilíbrio das fases.
- 2^a) Evaporação lenta do excesso de água, até que haja uma separação das fases.

3.3.2 – Extração líquido-líquido por fase única

A técnica proposta por Martins²³ consiste na formação de uma mistura líquida ternária formada por uma solução aquosa contendo a(s) espécie(s) metálica(s) de interesse e uma solução extratora imiscível na solução aquosa formada por um solvente orgânico contendo a espécie ligante capaz de coordenar com a(s) espécie(s) metálica(s). Estes dois solventes são levados a um estado de miscibilidade total através da adição de uma quantidade de um terceiro solvente miscível (consoluto), em qualquer proporção com os dois solventes anteriores. A solução resultante é denominada de solução fase única e é

onde ocorre a reação química desejada, facilitada pelo contato mais efetivo dos reagentes que estavam originalmente em solventes imiscíveis²³⁻²⁵.

A extração por fase única²³⁻²⁵ difere fundamentalmente da extração líquido-líquido comumente usada, e aqui, denominada de extração líquido-líquido convencional (figura 1), pelo simples fato do sistema apresentar-se com uma só fase líquida até o momento da separação das fases (figura 2), quando se dá a extração. Sendo assim, as possíveis reações químicas ocorrem na solução fase única, contrariamente o que acontece na extração líquido-líquido convencional, onde as reações ocorrem essencialmente na fase aquosa^{17,20,25,26}. Uma característica importante da solução fase única é a sua capacidade em dissolver, com certas limitações, tanto compostos inorgânicos como orgânicos²³⁻²⁵.

Para estudos de extrações de espécies metálicas, via reação de formação de compostos de coordenação, o equilíbrio das fases dos solventes na solução fase única, pode ser rompido pela adição de um volume extra pré-estabelecido de um dos solventes imiscíveis (água ou solvente extrator). Este processo permite o rompimento do equilíbrio das fases da solução fase única e conseqüente extração do composto de coordenação formado para a fase orgânica, concluindo assim deste modo à execução do procedimento para aplicação da técnica de extração. Após o composto de coordenação ser extraído para a fase orgânica, este pode ser analisado diretamente por processos, tais como absorção atômica ou molecular na região do UV-Vis.

Recentemente diversos estudos de avaliação da técnica de extração fase única para compostos de coordenação foram apresentados em diferentes sistemas ternários de solventes, tais como: água-etanol-clorofórmio, água-acetona-benzeno, água-etanol-metilisobutilcetona, água-acetona-etanol, N,N-dimetilformamida-água-etanol, água-acetona-diclorometano^{23,24,25,27-32}.

A técnica de extração por fase única também já foi proposta como metodologia determinativa de molibdênio no sistema dos solventes água-etanol-clorofórmio³³. Já o sistema dos solventes água-acetona-metilisobutilcetona com formação de composto de coordenação de molibdênio foi proposto para estudos de extração empregando um sistema de análise em fluxo (FIA) monossegmentado. Também, empregou-se a solução fase única como meio reacional para obtenção do ácido adípico (ácido Hexanodióico), via reação de clivagem do ciclohexeno em solução fase única com permanganato de potássio²⁴.

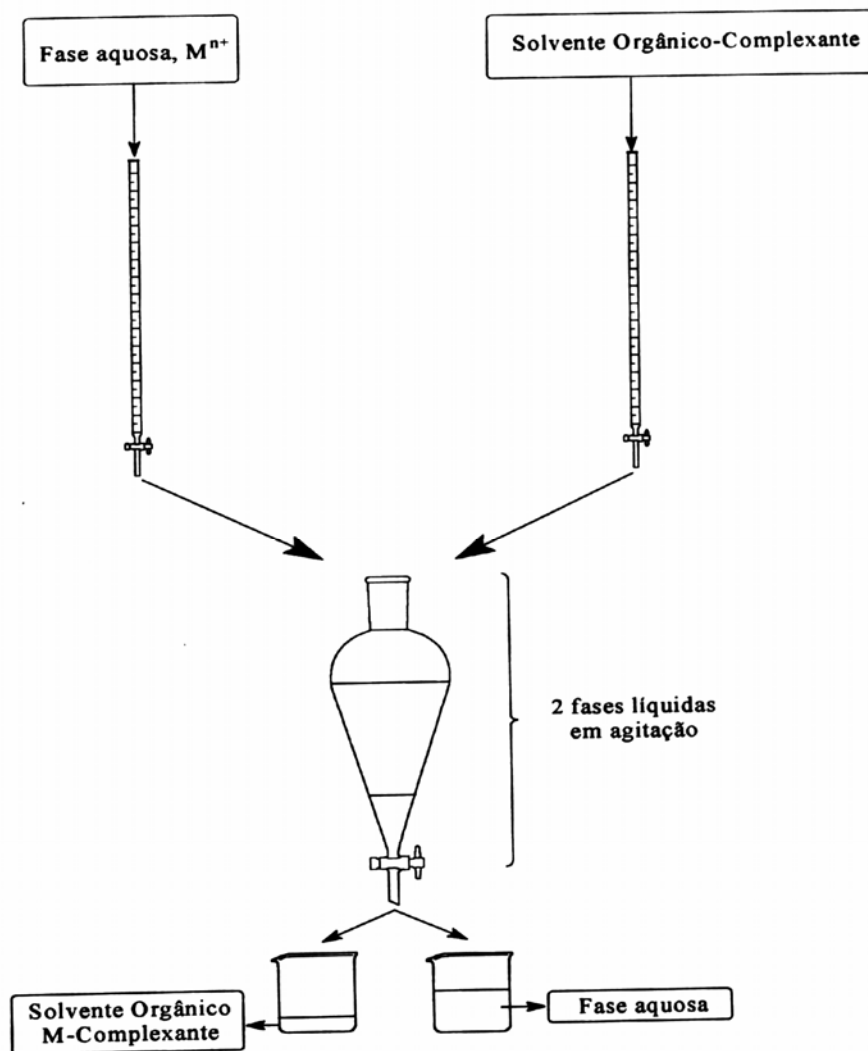


Figura 1 – Esquema ilustrativo do sistema de extração líquido-líquido por solvente convencional²⁷.

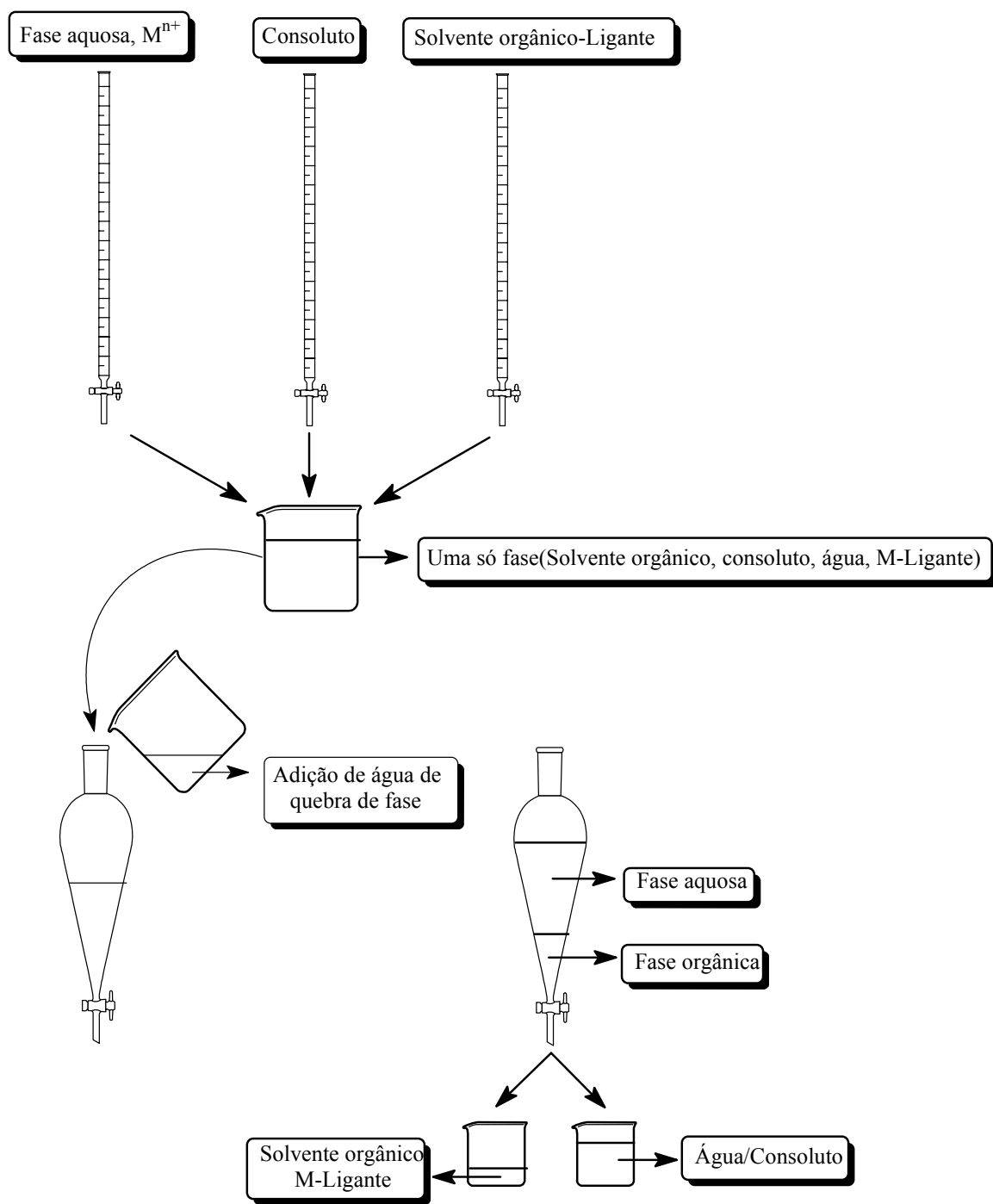


Figura 2 – Esquema ilustrativo do sistema de extração líquido-líquido por fase única²⁷.

3.4 – Características dos compostos envolvidos no estudo

Os resíduos envolvidos no tratamento continham basicamente: os solventes água, etanol, clorofórmio e metilisobutilcetona; os íons metálicos cádmio, chumbo, ferro, cobre, zinco e manganês e os complexantes 1-(2-piridilazo)-2-naftol, 8-hidroxiquinolina e 2-tenoiltrifluoroacetona.

3.4.1 – Etanol

O Etanol é um líquido incolor, de massa molar igual a $46,07 \text{ g mol}^{-1}$. Possui densidade de $0,7893 \text{ g cm}^{-3}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e ponto de ebulição de $78,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ^{34,35}. Apresenta extensa solubilidade em água devido às interações de ligações de hidrogênio efetuadas entre o seu grupo hidroxila e os pólos negativo e positivo da(s) molécula(s) de água. Também apresenta extrema solubilidade em solventes orgânicos devido às interações do tipo dipolo-dipolo induzido que se estabelecem entre a sua parte apolar e a parte apolar do(s) outro(s) solvente(s) orgânico(s) empregado(s) no sistema, que como, por exemplo, o clorofórmio.

A toxicidade do etanol é considerada moderada-baixa por vias orais, intravenosas, cutâneas e provavelmente também por inalação³⁶. O etanol oxida-se rapidamente no corpo produzindo dióxido de carbono e água e, nenhum efeito cumulativo ocorre^{36,37}. O etanol também possui uma grande importância comercial como solvente e intermediário químico em processos de extração em fase única. É um solvente industrial e farmacêutico muito importante, sendo ainda utilizado como matéria prima para a obtenção de outros produtos como, por exemplo, (em reações com ácidos carboxílicos) obtenção de ésteres^{36,38,39}.

3.4.2 – Clorofórmio

O triclorometano também conhecido como clorofórmio é um líquido incolor de sabor adocicado, cuja massa molar é de $119,38 \text{ g mol}^{-1}$, apresenta densidade igual a $1,438 \text{ g cm}^{-3}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e ponto de ebulição de $61,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ^{35,36}.

Devido à sua pressão de vapor (160 mmHg a 20 °C), é aconselhável mantê-lo em frascos bem fechados, uma vez que é tóxico⁴⁰. Por ingestão e/ou inalação, os vapores são rapidamente absorvidos pelo sistema gastrointestinal^{41,42}. Após ingestão pela via oral, é rapidamente e quase totalmente absorvido pelos animais como pelo homem. As concentrações sanguíneas máximas de clorofórmio são atingidas dentro de 1 a 1,5 hora após a ingestão.

A exposição humana por inalação, 60 a 80% de todo o clorofórmio inalado é absorvida⁴². A exposição ao clorofórmio, em um ambiente contendo 13,2 a 31,8 g de CHCl_3/m^3 de ar, durante 3 a 10 minutos, resulta numa absorção de 73%⁴². O triclorometano também pode ser absorvido pela pele. Em estudo para se verificar a contribuição relativa da absorção dérmica e pulmonar, durante um banho de ducha, foi constatado que ambos os tipos de absorção são equivalentes⁴².

O clorofórmio quando absorvido entra rapidamente na corrente sanguínea e é transportado para os tecidos. Devido a sua predominante lipossolubilidade, acumula-se em tecidos com alto teor lipídico, como o tecido adiposo, fígado e rins⁴⁰. Em estudos de concentração do clorofórmio (mg/g de peso seco), foram encontrados as seguintes distribuições: tecido adiposo – 5 a 68, fígado – 1 a 10, rins – 2 a 5 e cérebro – 2 a 4. Dentre os trialometanos, o clorofórmio é biotransformado no fígado a formação de fosgênio⁴². O fosgênio pode reagir rapidamente com a água levando a formação de dióxido de carbono e cloreto de hidrogênio. Uma outra via de biotransformação é a reação com a cisteína ou glutatona dando produtos secundários ou com macromoléculas intracelulares induzindo danos celulares.

Os sintomas de exposição a esta substância incluem náuseas, vômitos, irritação dos olhos e pele, inconsciência e morte. Os efeitos crônicos observados são caracteristicamente retardados quando a exposição ocorre em concentrações baixas, admitindo-se período de latência para a carcinogenicidade. Existem evidências que o clorofórmio é carcinogênico para ratos e camundongos^{43,44}, sem contudo haver qualquer indicação para o homem. Todavia, pode-se considerar que apresente risco para exposição humana⁴⁵. Um outro fator a considerar, é que pessoas consideradas alcoólatras sofrem os efeitos dessa substância prematuramente e com mais intensidade³⁷.

O clorofórmio também se destaca como um bom solvente para aplicações em extrações por solventes pois:

- É estável e disponível no comércio, uma vez que é muito utilizado para finalidades industriais³⁹.
- É fracamente solúvel em soluções aquosas^{34,35}, sendo portanto, facilmente recuperado de soluções fase única através do rompimento do equilíbrio das fases do sistema.
- No sistema água-etanol-clorofórmio consegue-se sua rápida separação pela sua adição em excesso e/ou pelo excesso de adição de água^{27,29,32}.

3.4.3 – Metilisobutilcetona

O 4-metil-pent-2-ona, conhecido também como metilisobutilcetona (MIC), é um solvente de coloração clara, com odor de cânfora, de massa molar 100,16 g/mol, ponto de ebulição 117 °C⁴⁶, parcialmente solúvel em água.

Compostos orgânicos voláteis como o MIC são comumente encontrados no ar durante o processo de pintura, provenientes da emissão de solventes orgânicos da tinta fresca ou utilizados para dissolver ou dispersar tintas, resinas e produtos de polímeros⁴⁷.

Esta substância atua predominantemente sobre o sistema nervoso central como depressora, que dependendo da concentração e o tempo de exposição, podem causar desde sonolência, tontura, fadiga até narcose e morte⁴³.

O MIC é utilizado como um bom solvente para aplicações em extrações por solventes pois:

- É fracamente solúvel em soluções aquosas^{34,35} sendo, portanto, facilmente recuperado de soluções fase única através do rompimento do equilíbrio das fases do sistema.
- No sistema água-etanol-metilisobutilcetona consegue-se sua rápida separação pela sua adição em excesso e/ou pelo excesso de adição de água^{30,31,48}.

3.4.4 – Ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol

O 1-(2-piridilazo)-2-naftol, também denominado de PAN é um indicador ácido-base sólido amorfo de coloração vermelho-alaranjado à temperatura ambiente bastante conhecido. Frequentemente é usado como reagente colorimétrico em titulações de complexiometria para determinação quantitativa de uma variedade de íons metálicos^{25,26,45,49-51}.

As reações de formação de composto de coordenação entre íons metálicos e o ligante PAN é extremamente dependente da variação da concentração hidrogênica do meio reacional. Isto se deve a protonação em meio ácido do átomo de nitrogênio do grupo piridina, e conseqüente ionização do hidrogênio do grupo hidroxila em meio básico^{45,49-52}. Dependendo do pH do meio reacional, as formas assumidas por esse ligante adquirem diferentes tonalidades de cores^{45,50,51} de acordo com o equilíbrio observado na figura 3.

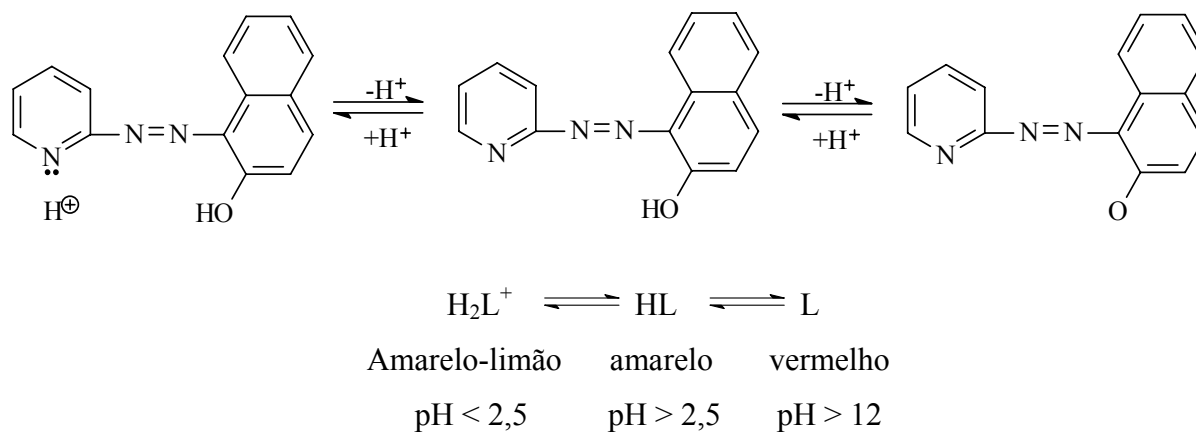


Figura 3 – Formas adquiridas pelo ligante PAN dependendo do pH do meio^{50,53}.

L – representa o ligante PAN.

Pode-se observar por meio da figura 3, que em meio ácido, há uma protonação do átomo de nitrogênio do grupo piridina. Isto faz com que esta forma protonada seja muito frequentemente usada em soluções aquosas, a qual apresenta uma coloração amarela-limão. Entretanto, a forma molecular e iônica é praticamente insolúvel em solução aquosa, mas altamente solúvel em solventes orgânicos, a quais podem apresentar

coloração variando do amarelo ao vermelho dependendo do grau de basicidade do meio reacional^{50,53}.

Devido a estas características, aliada à sua sensibilidade e “seletividade”, este reagente orgânico polidentado, é capaz de se coordenar com mais de vinte íons metálicos⁵¹⁻⁵³ formando compostos de coordenação intensamente coloridos, e em muitos casos praticamente insolúvel em água. Esta insolubilidade em meio aquoso, faz com que este ligante seja extremamente utilizado^{45,49-52} na separação, extração e determinação de muitos íons metálicos.

O PAN causa irritação dos olhos, pele e do trato respiratório. Quando ingerido pode causar irritação gastrointestinal com náuseas, vômitos e diarreia. Deve ser armazenado em lugar fresco, seco, área bem ventilada, e longe de substâncias incompatíveis. Deve ser usado frasco bem fechado. Quando decomposto gera produtos como: monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio (NO_x) e amônia⁴⁶.

As informações toxicológicas e ecológicas a respeito deste composto ainda não foram avaliadas⁴⁶.

3.4.5 – Ligante 2-tenoiltrifluoroacetona

O agente quelante 2-tenoiltrifluoroacetona, denominado TTA, também conhecido como tenoiltrifluoroacetona ou 1,1,1-(trifluoro)-3-(2-tenoil) acetona, foi introduzido como reagente analítico por Calvim e Reid, em 1947. Muitas β-dicetonas contendo o grupo trifluorometil têm sido sintetizadas, por condensação de Claisen, do etilfluoroacetona com uma série de alquil ou aril metil-cetonas. O TTA é um sólido amarelo-palha de peso molecular 222,2 e ponto de fusão 42,5-43,2 °C, quase insolúvel em água, mas facilmente solúvel em solventes orgânicos²⁶. O TTA pode ser purificado por destilação à vácuo. Ele é sensível à luz e deve ser depositado em frascos escuros. Este agente quelante é uma 1,3 beta-dicetona e talvez a mais versátil das betas-dicetonas para extração de metais. Existe em três formas, de acordo com a figura 4⁵⁴. Por causa da presença do grupo trifluorometil, tem uma acidez elevada na forma enólica, o qual é útil para a extração de muitos metais em pH baixo^{21,23,26,30,31,48,54-56}.

A forma iônica TTA-enolato forma composto de coordenação com íons metálicos (Figura 5). Com íons metálicos, são formados quelatos os quais são extraídos para os solventes orgânicos que são imiscíveis em água. Em solução alcalina, ele é parcialmente convertido para a forma enólica, nos quais a constante de distribuição é baixa^{26,54}.

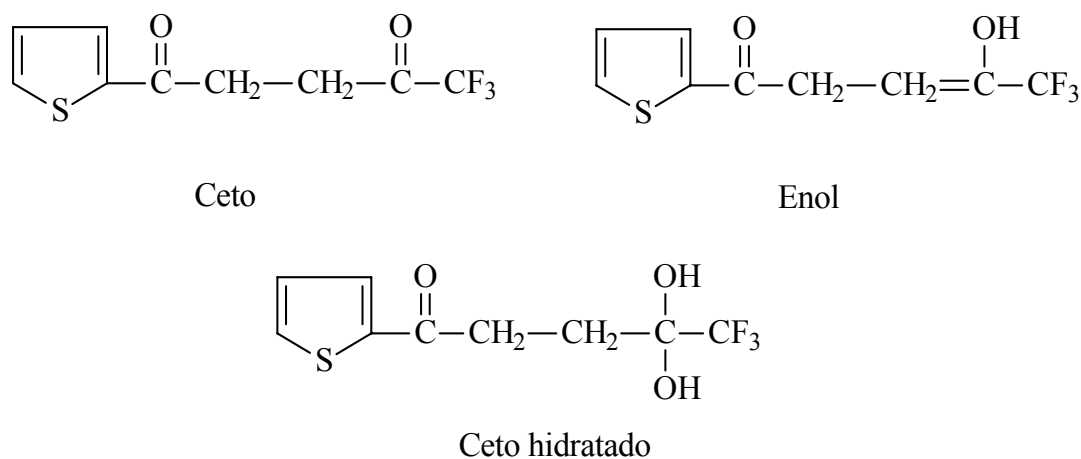


Figura 4 - Formas adquiridas pelo TTA.

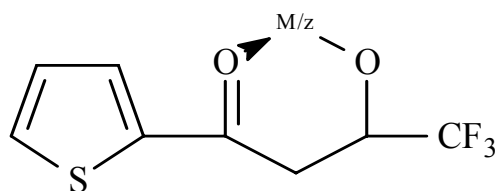


Figura 5 - Composto de coordenação com TTA onde z é a carga do íon metálico complexado.

Estudos do equilíbrio do TTA em solução mostraram como principal espécie na fase aquosa é o hidrato. No benzeno, TTA se encontra, aproximadamente 11% na forma ceto-hidrato, o restante está na forma de enol. Em ácido diluído, aproximadamente 1-6% está na forma de enol, o restante na forma ceto-hidrato. O coeficiente de distribuição

estequiométrico (TTA total em benzeno/TTA total aquoso) é forte em ácido diluído. O valor mínimo do coeficiente de distribuição é 27 em HClO_4 2,0 mol.L⁻¹ e é, às vezes em concentrações elevadas, assume valores aceitáveis. Desta forma, não mais do que 2,5% do TTA está na fase aquosa para valores de pH baixo. Abaixo de pH 8,0, o TTA pode ser convertido completamente para a forma enólica^{26,54}.

O TTA causa irritação no trato respiratório e digestivo, olhos e pele. Pode causar edema pulmonar. Suas propriedades toxicológicas não têm sido plenamente investigadas²¹. E também é nocivo quando ingerido.

Deve ser armazenado em recipiente devidamente fechado. Mantido em temperatura abaixo de 4 °C, o composto não deve ser exposto ao ar e ao calor excessivo. É incompatível com agentes oxidantes poderosos⁴⁶.

Quando decomposto gera produtos como monóxido de carbono, óxidos de enxofre, vapores de gases tóxicos e irritantes, dióxido de carbono e gás fluorídrico⁴⁶.

As informações toxicológicas e ecológicas a respeito deste composto não foram avaliadas⁴⁶.

3.4.6 – Ligante 8-hidroxiquinolina

O reagente 8-hidroxiquinolina tem um átomo de hidrogênio que é substituído por um metal, e o heteroátomo nitrogênio o qual forma com este metal um membro do anel²⁶ (figura 6).

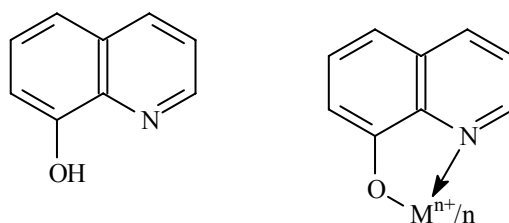


Figura 6 - Estrutura do composto 8-hidroxiquinolina.

Seletividade e sensibilidade têm sido intensificadas por substituição do metil, ácido sulfônico ou grupos halogênicos. O tiol também tem sido usado. Seletividade é também aceitável por controle de pH e usado como agente mascarante para íons metálicos.

8-hidroxiquinolina (oxina; 8-quinolinol; HO_x) é um composto de cristais brancos, de peso molecular 146,16, ponto de fusão 76 °C. Ele é insolúvel em água, mas dissolve facilmente em solventes orgânicos, como por exemplo, éteres, álcoois, compostos aromáticos e clorofórmio. Ele também dissolve em ácidos e bases. Em clorofórmio 0,07 mol.L⁻¹ (0,1% m/v) é bastante usado para extrações, mas somente concentrações abaixo de 10% m/v devem ser usadas. Concentrações elevadas transformam a extração completa numa simples operação.

Esta oxina é um reagente versátil e reage com alguns metais da tabela periódica para formar quelatos. Compostos de coordenação com íons metálicos formados com oxina são solúveis em clorofórmio, mas insolúveis em água^{26,57}.

Além sua aplicação na determinação de metais, o composto 8-hidroxiquinolina é empregado como agente mascarante⁵⁸.

Este agente complexante causa irritação no trato respiratório, nos olhos, na pele, quando ingerido causa irritações gastrointestinais com náuseas, vômitos e diarreia. Estudos em cobaias revelaram que pode causar anorexia, mal-estar, convulsões, dificuldade para respirar, paralisia⁴⁶.

Deve ser armazenado em recipiente devidamente fechado, não expor o composto à luz, tanto solar, quanto artificial, pois se trata de um reagente fotosensível e deve ser armazenado sob refrigeração²⁶. É incompatível com agentes oxidantes poderosos⁴⁶.

Quando decomposto gera produtos como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, vapores de gases tóxicos e irritantes, dióxido de carbono e nitrogênio⁴⁶.

Com relação à toxicologia deste composto, doses orais que variam de 20 mg/g a 1200 mg/g são letais em ratos⁴⁶. As informações ecológicas a respeito deste composto não foram avaliadas⁴⁶.

3.4.7 – Cádmio

O cádmio existe na crosta terrestre em baixas concentrações, associado geralmente ao zinco, na forma de depósito de sulfeto⁵⁹. É um metal de cor prata clara, dúctil, mole e maleável. Apresenta peso molecular de 112,41 g/mol e número atômico 48. Tem ponto de fusão e ebulição iguais a 321 °C e 767,2 °C, respectivamente, densidade de 8,64 g.cm⁻³, sendo por isso denominado de “metal pesado”. Emite vapores, mesmo quando em temperaturas inferiores ao seu ponto de ebulição e em seu estado sólido, sendo insolúvel na água e nos solventes orgânicos usuais e oxidando-se em presença de ar e umidade⁵⁹⁻⁶³.

O cádmio se encontra nos seres vivos, animais e vegetais, nos alimentos e na atmosfera de centros industrializados. As concentrações na água, solo, ar e alimentos variam consideravelmente, dependendo dos depósitos naturais e poluição ambiental. Normalmente aparece na água em níveis de 1 µg.L⁻¹ (64). Na maioria das vezes está presente nos solos em concentrações que não oferecem risco para o ambiente. Todavia, nas últimas décadas, atividades antropogênicas têm elevado, substancialmente, a concentração deste elemento em diversos ecossistemas⁶⁵. Entretanto, há grande interesse em encontrar meios que possibilitem a descontaminação do meio ambiente, como por exemplo, o uso de plantas aquáticas como alternativa para este problema⁶⁶.

O cádmio pode causar intoxicações agudas^{61-63,67} em trabalhadores, por exposição direta em seus locais de trabalho⁸⁵ e em populações de áreas industriais poluidoras^{68-70,71}. O cádmio absorvido pelo homem e por animais em geral concentram-se em vários órgãos^{62,67,72-74}, na urina e no sangue, com acúmulo no fígado e nos rins^{1,2}. Quantidades significativas e progressivas deste metal vêm sendo introduzidas no meio ambiente^{1,2,75} a partir de fontes naturais, estando largamente distribuído na água e no ar contaminados e apresentando um tempo de retenção nos órgãos expresso em décadas^{1,2}.

O cádmio é usado em numerosos materiais como revestimento à prova de corrosão em ligas metálicas, pigmentos (sobretudo vermelho e o amarelo), estabilizadores, manufaturas de PVC, fertilizantes fosfatados, baterias de veículos e celulares, revestimentos eletrolíticos de metais, acabamentos de peças, fabricação de pedra-pomes e de pastas de limpeza, em pisos, plásticos, vidros e decapagens^{1,2,61,72}.

A exposição ao cádmio pode ser ocupacional ou não, trabalhadores de indústrias estão sujeitos a inalar o cádmio ou retê-lo em contato com a pele. Exposições não

ocupacionais podem ocorrer por meio da ingestão de alimentos e de água. Um exemplo dessa exposição ocorreu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, onde pessoas, particularmente mulheres idosas que haviam gerado muitos filhos e que se alimentavam de dietas pobres, principalmente o arroz contaminado com excesso de cádmio irrigado com água de um rio contaminado pela eliminação desse metal proveniente de uma indústria processadora de chumbo e zinco⁷³. Essas pessoas desenvolveram com isso uma doença degenerativa denominada de itai-itai ou ai-ai, por causar dores nas articulações^{1,2,69,70,73,75-77}. Investigações recentes revelam que o hábito de fumar pode aumentar consideravelmente a retenção e a assimilação pulmonar do cádmio⁶⁴. A carga corporal de cádmio no organismo de indivíduos fumantes é o dobro daquela dos não fumantes^{2,76}, sendo que a média de fumantes oscila de 2 a 4 µg de cádmio (correspondente a 20 cigarros por dia)⁷³.

O cádmio absorvido pelo homem via alimentos ou água inalado sob a forma gasosa pode concentrar-se em vários órgãos como fígado, rins, sistema nervoso, intestinos, ossos em substituição ao zinco¹, pele e testículos⁶², comprometendo o perfeito funcionamento dos mesmos.

Além de carcinogênico, o cádmio tem se mostrado lesivo ao DNA⁷⁸⁻⁸¹. Existe toxicidade, carcinogenicidade e teratogenicidade do cádmio para o homem e animais. O dano renal ocorre após o dano hepático via liberação do complexo metal-proteína ligante, o que pode ter uma relação importante na nefrotoxicidade observada na resposta crônica da exposição ao cádmio. Emissões metálicas de cádmio podem ocasionar manifestações respiratórias como tosse e focos broncopneumônicos secundários ao envenenamento agudo⁸², diferentemente da toxicidade crônica originada a partir do acúmulo de cádmio no corpo humano.

Contudo, o cádmio não é considerado “tão tóxico” como o chumbo, arsênio, mercúrio, cromo, pois possui um mecanismo de regulação no organismo como o zinco^{1,2,83}. Esta regulação se dá via formação de um composto de coordenação (metal-proteína ligante) com uma proteína denominada de metalotioneína. Essa proteína possui um grupo sulfidrila (SH) capaz de se ligar rapidamente com cátions de metais pesados ingeridos ou a molécula contendo tais metais¹. Pelo fato da ligação resultante metal-enxofre afetar a enzima como um todo, ela não pode atuar com normalidade, e, em consequência, a saúde vê-se afetada de maneira desfavorável, muitas vezes fatal. Portanto, quando a quantidade desse metal supera a capacidade de ação da proteína têm-se os efeitos tóxicos. Um método, portanto, de

tratamento médico para envenenamento agudo por metais pesados consiste na administração de um composto que atrai o metal de maneira ainda mais forte que a enzima; em seguida, o conjugado metal-composto será solubilizado e excretado do organismo^{1,2}.

A vida média biológica do cádmio é superior a dez anos, com valores acima de 80% de carga corpórea concentrados nos rins, fígado e ossos. Por esse motivo, efeitos adversos à saúde podem aparecer mesmo após a redução ou a cessação à exposição ao cádmio. Por esses motivos têm-se, atualmente assistido uma preocupação crescente de se desenvolver métodos de determinação que sejam capazes de detectar quantidades cada vez menores de metais, especialmente de metais pesados⁸⁴.

3.4.8 – Chumbo

O principal minério de chumbo é a galena, PbS. Ela é preta, brilhante e muito densa⁵⁹. O chumbo é um metal que apresenta ponto de fusão 327,4 °C, por ser um metal dúctil e com facilidade de formar ligas metálicas, o mesmo foi um dos primeiros metais a ser manipulado pelo homem, que desde a Antigüidade utilizava-o na fabricação de utensílios, armas e adornos⁸⁴.

O chumbo ocorre como contaminante ambiental em consequência de seu largo emprego industrial, destacando-se, entre outras, a indústria extrativa, petrolífera, de acumuladores, de tintas e corantes, cerâmica, gráfica e bélica, revestimentos de cabos elétricos, borracha, brinquedos e ligas de bronze^{64,84,85}.

Nos últimos anos a demanda de chumbo tem sofrido uma mudança quanto ao tipo de utilização. O emprego de chumbo sob forma metálica e em tintas tem diminuído, porém, sua utilização em indústrias de acumuladores tem aumentado gradativamente.

A contaminação da água pelo chumbo, em áreas urbanas e suburbanas, tem sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores. A OMS sugere que o limite aceitável de chumbo, na água potável, seja de 50 µg.L⁻¹ (0,05 ppm)⁶⁴.

A contaminação do solo por chumbo pode advir de forma natural ou geológica, ou pode decorrer das atividades exercidas pelo homem, como mineração, indústria e

transporte^{65,86}. É um processo cumulativo praticamente irreversível aumentando, assim, os teores desse metal na superfície do solo, indicando uma disponibilidade de absorção do mesmo pelas raízes das plantas⁷⁶. O teor de chumbo nos solos varia conforme a região, nos países cujas regiões estão próximas de vias de tráfego intenso, os teores são mais elevados que em áreas isoladas⁷⁶. No Brasil não existem parâmetros que limitem a concentração do chumbo no ar, assim como não existem normas específicas para o seu controle na atmosfera⁸⁷.

De acordo com Organização Mundial de Saúde, o chumbo é um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana (WORD HEALTH ORGANIZATION; *GUIDELINES FOR AIR QUALITY*; WHO: GENEVA, 1999).

O chumbo é um metal que os organismos vivos não conseguem eliminar com facilidade e que possui um caráter cumulativo nos mesmos, acarretando com isto uma série de complicações para a saúde humana e animal (DREISBACH, R. H. Manual de Envenenamentos)^{65,70,71}. A quantidade de chumbo introduzida no organismo humano varia de 300 a 460 µg, que correspondem aos alimentos (220 a 400 µg), água (10 a 100 µg) e ar urbano (20 a 80 µg)⁶⁴. Em crianças, a absorção do chumbo ingerido é maior que nos adultos e depende do tipo da dieta alimentar e do estado nutricional do indivíduo. O efeito tóxico em crianças é maior por que o chumbo depositado nos ossos fica em constante mobilidade devido ao seu crescimento^{70,71}.

A intoxicação do homem pode ocorrer por exposição intensa, moderada ou leve; a curto, médio ou longo prazo, dependendo do grau de contaminação no ambiente em que vive ou ainda em que trabalha. A exemplo, doenças conhecidas como saturnismo⁸⁴ ou plumbismo⁸⁸, se entende a moléstia decorrente da intoxicação pelo chumbo a longo prazo^{64,84,85}.

O chumbo existente no ambiente pode ser introduzido no organismo através da inalação, ingestão por meio da água, alimentos e solo contaminados, bem como pela via cutânea. A deposição, retenção e a absorção de partículas no trato respiratório são muito complexas e difícil de serem avaliados devido às diferenças existentes no tamanho, densidade, solubilidade das partículas, natureza higroscópica, ritmo respiratório e duração da exposição⁶⁴.

Na via digestiva, estudos recentes mostram que o chumbo quando incorporado à dieta é absorvido em cerca de 10%⁶⁴. Na literatura científica são relatados vários casos de intoxicação de bovinos por exposição ambiental ou ingestão de ração contaminada com chumbo⁷⁰. Muito pouco se sabe a respeito do mecanismo pelo qual o chumbo é transportado para a circulação sistêmica. Esta absorção é dependente, dos compostos de chumbo, dos níveis de cálcio, magnésio, ferro, fósforo e vitamina D presentes na dieta.

A via cutânea na absorção do chumbo assume importância principalmente nas exposições ocupacionais e esta absorção depende das propriedades físico-químicas do agente tóxico, tais como o tamanho da molécula, hidro e lipossolubilidade, grau de ionização e hidrólise do composto nas condições de pH de epiderme e derme. Os compostos inorgânicos de chumbo não são praticamente absorvidos pela pele intacta⁶⁴.

Após ser absorvido, o chumbo é distribuído pelo sangue aos diversos órgãos e sistemas. Na distribuição do chumbo no organismo, dos compartimentos são de fundamental importância: o chamado compartimento de permuta, constituído pelo sangue e tecidos moles, e o chamado compartimento de armazenamento, constituído principalmente pelos ossos. Nos tecidos moles o chumbo é encontrado em baixas concentrações, sendo relativamente mais altas no fígado e rins⁶⁴.

Cerca de 90% do chumbo normalmente encontrado no organismo está depositado nos ossos sob a forma de trifosfato.

Cerca de 90% do chumbo ingerido não sofre absorção no organismo humano sendo excretado nas fezes. Esta elevada proporção de chumbo excretado é explicada em função de seu trânsito no trato gastrintestinal sob a forma de sulfetos insolúveis. Os rins excretam quantidades elevadas de chumbo somente quando a concentração sanguínea é elevada, e uma correspondência entre o chumbo urinário e absorvido é encontrada somente para compostos orgânicos. As glândulas salivares, o suor e o leite desempenham um papel secundário na excreção do agente tóxico.

O chumbo provoca várias alterações bioquímicas, não existindo evidências de uma função essencial do mesmo no organismo humano.

Tem a capacidade de formar ligações covalentes principalmente com átomos de enxofre de compostos biológicos e, também, com grupos amínicos, carboxílicos e imidazólicos.

Nestas circunstâncias o chumbo pode provocar alterações nas estruturas terciárias de moléculas bioquímicas e, ao mesmo tempo, alterar ou destruir a função bioquímica normal.

Os efeitos dos compostos inorgânicos de chumbo no sistema nervoso variam com a duração e a intensidade de exposição. Nas exposições crônicas os efeitos mais evidentes referem-se à encefalopatia, com irritabilidade, cefaléia, tremor muscular, alucinações, perda de memória e da capacidade de concentração. Esses sinais e sintomas podem progredir até o delírio, mania, convulsões, paralisias e coma, pois a presença do metal nestes tecidos causam degeneração das células nervosas e musculares, causando também o edema cerebral⁶⁴.

Não há uma evidência definitiva dos efeitos tóxicos do chumbo a nível hepático. Os transtornos hepáticos são mais evidentes somente quando nas intoxicações severas.

A potencialidade do chumbo em provocar neoplasias em animais e no homem tem merecido a atenção de diversos autores. Os estudos mais recentes, com animais de laboratório, indicam que o chumbo inorgânico, quando administrado em doses orais elevadas, pode promover o aparecimento de tumores em diversos locais, especialmente nos rins.

3.4.9 – Ferro

O ferro é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, representado 6,2% de seu peso. O ferro puro tem cor prateada, não é muito duro, e é bastante reativo. O metal finamente dividido é pirofórico. O ar seco tem pouco efeito sobre o ferro maciço, mas o ar úmido facilmente oxida o metal ao óxido férrico hidratado (ferrugem). Este é constituído por camadas não aderentes que se soltam, expondo mais metal posterior reação. O ferro se dissolve em ácidos não-oxidantes diluídos a frio, formando Fe^{2+} e liberando hidrogênio. Se o ácido estiver morno e houver presença de ar, uma certa quantidade de íons Fe^{3+} será formada ao lado de íons Fe^{2+} . Ácidos oxidantes geram apenas Fe^{3+} . Agentes oxidantes fortes, tais como HNO_3 concentrado ou $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, tornam o metal passivo, por causa da formação de uma camada protetora de óxido. Se essa

camada for removida, o metal torna-se novamente vulnerável ao ataque químico. O ferro é levemente anfótero. Não reage na presença de NaOH diluído, mas é atacado por NaOH concentrado⁵⁹.

O ferro faz parte da cultura humana há séculos, sendo que suas propriedades físicas e químicas lhe conferem uma enorme importância nos mais diversos ramos produtivos⁸⁶. É o metal mais utilizado dentre todos os metais, e a fabricação do aço é extrema importância em todo o mundo. Para as plantas e os animais, o ferro é o elemento mais importante dentre os metais de transição. Sua importância biológica reside na variedade de funções que seus compostos desempenham, por exemplo, no transporte de elétrons em plantas e animais (citocromos e ferredoxinas), no transporte de oxigênio no sangue de mamíferos (hemoglobina), no armazenamento de oxigênio (mioglobina), no armazenamento e absorção de ferro (ferritina e transferrina) e como componente da nitrogenase (a enzima fixadora de nitrogênio das bactérias). Contudo, como ocorre com o cobre e o selênio, se torna tóxico em quantidades maiores. O ferro forma diversos tipos de complexos de estruturas pouco comuns, como o ferroceno⁵⁹.

Os íons Fe^{2+} formam complexos. O mais importante é a hemoglobina (o pigmento vermelho do sangue)⁵⁹.

Pequenas quantidades de ferro são essenciais tanto para animais como para vegetais. Contudo, é tóxico em quantidades maiores. Do ponto de vista biológico, o ferro é o elemento de transição mais importante. O ferro está envolvido em diversos processos diferentes⁵⁹:

- ❖ Transporte de oxigênio no sangue de mamíferos, aves e peixes (hemoglobina).
- ❖ Armazenamento de O_2 no tecido muscular (mioglobina).
- ❖ Transporte de elétrons em plantas, animais e bactérias (citocromos), e também em plantas e bactérias (ferredoxinas).
- ❖ Armazenamento e remoção de ferro em animais (ferritina e transferrina).
- ❖ Componente da nitrogenase (enzima das bactérias fixadoras de N_2).
- ❖ Presente em diversas outras enzimas: aldeído-oxidase (oxidação de aldeídos), catalase e peroxidase (decomposição de H_2O_2), e desidrogenase succínica (oxidação aeróbica de carboidratos).

Há, no corpo humano, cerca de 4 g de ferro, mas cerca de 70% é encontrado na hemoglobina, o pigmento vermelho dos eritrócitos (células vermelhas do sangue). A maior parte do ferro é armazenado na ferritina. A função da hemoglobina é ligar o oxigênio nos pulmões⁵⁹.

Estudos com relação ao emprego do ferro de valência zero têm demonstrado grandes perspectivas na degradação de compostos poluentes, principalmente os organoclorados e nitrogenados, duas classes de compostos orgânicos que, normalmente, não são eficazmente remediadas pelos processos tradicionais de tratamento de efluentes (quer biológicos, quer oxidativos avançados)⁸⁶.

O ferro faz parte da composição mineral do leite materno, sendo considerado como um dos micronutrientes importantes para os recém-nascidos devido ao rápido crescimento corporal e também ao alto nível de atividades dos caminhos metabólicos envolvidos no crescimento, atividade física e combate a infecções, dentre outros. Sendo que o teor de ferro pode variar de mãe para mãe, onde é o colostro o tipo de leite que apresenta níveis mais elevados, seguidos pelo leite de transição e pelo leite maduro. O teor médio de ferro recomendado para bebês de 0 a 6 meses é de 0,25 mg/750 mL de leite⁸⁹.

A concentração de ferro em pastagens influencia diretamente no desenvolvimento de animais ruminantes, pois os mesmos estão sujeitos a deficiências nutricionais, afetando a fertilidade, o ganho de peso, a produção de leite, e, em geral, a saúde dos animais relacionada a este elemento. O teor de ferro em pastagens pode variar entre 50 ppm e 1000 ppm⁹⁰.

3.4.10 – Cobre

O cobre é moderadamente abundante, sendo o vigésimo quinto elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre⁵⁹.

Este metal é utilizado na indústria elétrica, por causa da sua elevada condutividade, e em tubulações de água, por causa de sua inércia química. Existem mais de 1000 ligas diferentes de cobre. Podem ser citadas as seguintes ligas: o bronze (Cu/Zn, com 20-50%

de Zn), a “prata alemã” (55-65% de Cu, 10-18% de Ni e 17-27% de Zn), o “bronze de fósforo” (Cu com 1,25-10% de Sn e 0,35% de P) e várias outras ligas usadas na fabricação de moedas⁵⁹.

Diversos compostos de cobre são utilizados na agricultura, pois trata-se de um nutriente essencial para o crescimento das plantas quando em níveis adequados, sendo conhecido por desempenhar importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas⁹¹. Por exemplo, a “mistura de Bordeaux” é o hidróxido de cobre, obtido a partir de CuSO_4 e Ca(OH)_2 . Trata-se de um importante fungicida pulverizado nas plantações para protegê-la contra certos fungos (por exemplo, aqueles que atacam as folhas da batata) e também contra fungos da videira.

Participando de diversos processos metabólicos nas plantas, tanto a deficiência, quanto à toxidez de cobre ocasionam redução da taxa fotossintética⁹¹.

No solo, o cobre é conhecido por ter baixa mobilidade e, conseqüentemente, baixa disponibilidade às plantas, principalmente em solo com textura fina e alto teor de matéria orgânica⁹¹. Entretanto, as atividades humanas têm contribuído para a elevação da concentração deste metal no meio ambiente assim como as concentrações de cádmio e chumbo⁶⁵.

O cobre é um elemento essencial à vida, uma pessoa adulta tem no organismo cerca de 100 mg de Cu ⁵⁹. Trata-se de um micronutriente de importância na vida de bebês recém-nascidos pelos mesmos motivos citados na descrição do ferro⁸⁹. É o terceiro elemento de transição em quantidade, sendo superado apenas pelo ferro (4 g) e pelo zinco (2 g). Em quantidades superiores, o cobre é considerado tóxico. Cerca de 4 a 5 mg de cobre são necessárias na dieta diária. Os órgãos humanos mais ricos em cobre são o fígado, onde o excesso é estocado, e o cérebro, cerca de um terço está nos músculos e esqueleto. Em animais, ele participa da hematopoiese*, metabolismo dos tecidos conectivos, formação da mielina e dos ossos e pigmentação e formação de lã e pêlos, a deficiência desse metal resulta na incapacidade de aproveitar o ferro armazenado no fígado, e o animal passa a sofrer de anemia^{59,90,92}. Para bovinos, as necessidades de cobre na dieta variam de 4 a 10

* *Hematopoiese* (do gr. *haîma*, *atos*, sangue + *poiesis*) quer dizer formação de células sanguíneas, trata-se de um termo bem antigo no vocabulário médico greco-latino.

ppm e para ovinos são de 5 ppm⁹². Molibdênio, enxofre e ferro são os principais minerais que interferem na absorção do cobre⁹². O cobre está ligado nas proteínas, ou como enzimas. Entre os exemplos estão várias oxidases e “proteínas azuis” como⁵⁹:

- ❖ Animo oxidase (responsável pela oxidação de aminas);
- ❖ Ascorbato oxidase (oxidação do ácido ascórbico);
- ❖ Citocromo oxidase (atua juntamente com grupos heme na etapa final de oxidação);
- ❖ Galactose oxidase (oxidação de um grupo –OH a –CHO no monossacarídeo galactose);

O cobre também é importante na:

- ❖ Lisina oxidase, que controla a elasticidade das paredes cerebrais;
- ❖ Dopamina hidroxilase, que atua sobre as funções cerebrais;
- ❖ Tirosinase, que influencia a pigmentação da pele;
- ❖ Ceruloplasmina, que atua no metabolismo do Fe.

A deficiência de cobre no homem pode causar anemia e neurotropenia (diminuição do número de glóbulos brancos). A doença de Wilson é uma deficiência hereditária de ceruloplasma, que provoca acúmulo de Cu no fígado, rins e cérebro. Essa doença é tratada administrando ao doente um agente quelante como o EDTA. O cobre é excretado na forma de um complexo. Devido ao fato de muitos outros metais essenciais que fazem parte de outros sistemas também formarem complexos com EDTA e serem excretados, esse tratamento interfere em muitos sistemas enzimáticos devendo ser cuidadosamente controlado⁵⁹.

A hemocianina é uma proteína contendo cobre, que atua como transportador de oxigênio em muitos animais invertebrados, como caracóis, caranguejos, lagostas, polvos e escorpiões⁵⁹.

São conhecidas diversas “proteínas azuis” contendo cobre. Elas atuam como transportadoras de elétrons, ao mudar seu estado de oxidação de Cu^{2+} a Cu^{+} e vice-versa⁶⁸.

Os sinais de intoxicação com cobre são os que ocorrem com a maioria dos metais: vômitos, dores epigástricas e hemólise.

3.4.11 – Zinco

O zinco ocorre na crosta terrestre na proporção de 132 ppm, em peso. É o vigésimo quarto elemento mais abundante. O zinco mostra algumas semelhanças com o magnésio. Porém, é mais denso e menos reativo, por ter menor raio e uma carga nuclear maior. Também tem uma forte tendência em formar compostos covalentes⁵⁹.

O zinco é usado em grande quantidade para revestir objetos de ferro e evitar a corrosão. Uma fina película de zinco pode ser aplicada por eletrólise (galvanização)^{59,76}. Camadas mais espessas podem ser aplicadas mergulhando-se o objeto em zinco fundido (galvanização a quente), ou ainda, o objeto pode ser revestido com zinco em pó, óxido de zinco e aquecido a 350-400 °C (este processo recebe o nome de sherardização), ou pulverizado com zinco fundido. Grandes quantidades de zinco são utilizadas na fabricação de ligas. A liga mais comum é o bronze, (uma liga de Cu/Zn, com 20 a 50% de Zn). É usado na fundição de peças metálicas, como eletrodos negativos nas pilhas secas (células de Leclanché, células de mercúrio, e células alcalinas de manganês), como pigmento branco^{59,76}. É também empregado em alguns cosméticos como, por exemplo, pós e bases faciais e produtos farmacêuticos como, por exemplo, em complexos vitamínicos⁷⁶. É particularmente brilhante, pois absorve luz ultravioleta e a reemite como luz branca⁵⁹.

As principais fontes poluidoras de zinco nos solos são as atividades de mineração, uso agrícola de lodos de esgoto e materiais compostados bem como o uso de agroquímicos, tais como fertilizantes e pesticidas que contêm zinco⁷⁶.

O zinco possui propriedades anfóteras: solubiliza-se em álcalis formando zincatos como $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})]$ ou $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3]$, de modo semelhante aos aluminatos⁵⁹.

O zinco exerce um importante papel nos sistemas enzimáticos de animais e de plantas^{59,90}. O organismo de uma pessoa adulta contém cerca de 2 g de zinco. Trata-se de um importante elemento no desenvolvimento de crianças⁸⁹. O teor médio diário de zinco recomendado para recém-nascidos é de 0,82 mg/750 mL de leite materno⁸⁹. Trata-se do

segundo elemento de transição mais abundante, perdendo apenas para o ferro (4 g).

Existem cerca de 20 enzimas contendo zinco. Algumas mais conhecidas são:

- ❖ Anidrase carbônica, está presente nas células vermelhas do sangue e participa do processo de respiração. Ela acelera a absorção de CO₂ pelas células vermelhas do sangue, nos músculos e outros tecidos e, também, acelera a reação inversa, ou seja, a liberação de CO₂ nos pulmões. Ao mesmo tempo regula o pH.



- ❖ Carboxipeptidase, presente no suco pancreático. Está envolvida no processo de digestão de proteínas pelos animais e, também, participa do metabolismo de proteínas em plantas e animais. A enzima catalisa a hidrólise da ligação peptídica (amídica) terminal, na extremidade que contém a carboxila. A enzima é seletiva. Ela só atua quando o grupo R do aminoácido terminal for aromático ou uma cadeia alifática ramificada.
- ❖ Fosfatase alcalina (liberação de energia).
- ❖ Desidrogenase e aldolases (metabolismo e glicídios).
- ❖ Álcool desidrogenase (metabolismo do álcool).

3.4.12 – Manganês

O manganês é um elemento essencial para o homem assim como para a grande variedade de organismos vivos⁶⁴. É um metal largamente distribuído na natureza, onde os óxidos (na pirolusita, braunita e manganita), os carbonatos e os silicatos constituem os compostos mais abundantes, é o décimo-segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre⁵⁹.

O manganês tem muitas aplicações nos dias atuais, sendo usado na fabricação de pilhas secas, em eletrodos para solda, em ligas com o níquel e o cobre empregadas na indústria de fertilizantes e fungicidas, entre outras^{59,64,93}.

O manganês é um dos elementos com grande potencial toxicológico, podendo causar danos às funções neurológicas, desordens extrapiramidais, manganismo, bem como bronquite aguda, asma brônquica e pneumonia⁹³. A maior parte do metal introduzido nas vias respiratórias pode atingir a mucosa gastrintestinal e ser absorvido^{59,93}. Por outro lado, o íon Mn II é importante (em pequenas concentrações) tanto em enzimas de animais como de plantas^{59,90}. Sais de manganês são adicionados em solos com deficiência de manganês⁵⁹.

A absorção gastrintestinal do manganês está relacionada com o teor de ferro na dieta. No homem normal a absorção intestinal é de aproximadamente 3,0%, enquanto que em indivíduos anêmicos os níveis de absorção podem atingir valores de 7,5% ou mais. Após a absorção o metal é distribuído no organismo concentrando-se especialmente no fígado, pâncreas e rins⁶⁴.

O desaparecimento do manganês do sangue é rápido e sua meia-vida plasmática, no homem, é de no máximo 5 minutos. Considerando o organismo total, a remoção do manganês apresenta uma meia-vida biológica de 37 dias, sendo os ossos e o cérebro os locais de remoção mais lenta⁶⁴.

Os estudos sobre a toxicodinâmica do manganês são inconclusos. É provável que o metal interaja com diferentes substratos biológicos e, deste modo, é bastante difícil elucidar a lesão bioquímica inicial responsável pelo aparecimento da intoxicação mangânica⁶⁴.

A intoxicação pelo manganês pode-se distinguir três fases⁶⁴:

- ❖ Fase prodômica: caracterizada pelos primeiros sintomas da intoxicação como a anorexia, cefaléia, insônia e fraqueza geral.
- ❖ Fase clínica inicial: caracterizada pelo início das manifestações extrapiramidais, sendo os distúrbios da fala os sinais precoces. São também características a menor habilidade de realizar movimentos finos, a exacerbação do reflexo dos tendões dos membros inferiores e o aumento do tônus dos músculos faciais.

- ❖ Fase clínica estabelecida: caracterizada principalmente por alterações psicocomotaras e neurológicas. O sinal mais evidente é a hipertonia muscular da fase e dos membros inferiores.

Ocorre também astenia, dores musculares, parestesias, alterações da fala e da libido, micrografia e escuta irregular.

Capítulo 4

4 – PARTE EXPERIMENTAL

4.1 – Materiais e reagentes

4.1.1 – Reagentes e soluções

- Solução de HNO_3 2,0 mol.dm⁻³ (QUIMEX);
- Água destilada e deionizada;
- Solução de NaOH 2,0 mol.dm⁻³ (REAGEN);
- Solução de NaClO 10% m/v(IGARARASSU);
- Etanol (VETEC, DINÂMICA 95%);

4.1.2 – Vidraria

- Funil de decantação (60 mL e 250 mL);
- Béquer (25 mL, 50 mL, 100 mL, 500 mL);
- Erlenmeyer (50 mL; 250 mL);
- Provetas (10 mL; 25 mL; 100 mL);
- Balão de fundo redondo (1000 mL e 5000 mL);
- Colunas de destilação (Vigreux e Vigreux com enchimento de anéis de vidro oco, 48 e 50cm, respectivamente);

4.1.3 – Equipamentos

- Termômetro (INCOTERM);
- Alcoômetro Gay-Lussac e Cartier (INCOTERM);
- Condensador de parede dupla;
- Frascos para armazenar reagente;
- Manta de aquecimento (FISATON – potência 330 watts, 600 watts);
- Refrigerador (ELGIN TCA – 1042 – E, Potência 550 watts);
- Bomba compressora (SCHNEIDER – potência 250 watts);
- Balança Analítica (OHAUS);
- Espectro de Absorção Atômica (VARIAN MODELO SPECTRAA);
- Lâmpadas de catodo oco (VARIAN);
- Espectro de Absorção Molecular (HACH MODELO DR/4000 U);
- pH-metro (ANALION);

4.2 – Metodologia

4.2.1 – Inventário do passivo do LSPc

No presente trabalho foi feito um inventário⁹⁴⁻⁹⁷ do resíduo gerado no laboratório e estocado, buscando identificá-los qualitativa e quantitativamente, com o intuito de propor um tratamento adequado e sua destinação final. Uma vez identificado o resíduo, entre ativo e passivo, decidiu-se dividir os componentes gerados em 7 categorias, denominadas de A a G, conforme descrito a seguir:

- ❖ *Resíduo A* - Ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol dissolvido em uma mistura de solventes: água, etanol e clorofórmio.
- ❖ *Resíduo B* - Complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-cádmio dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.
- ❖ *Resíduo C* - Complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-chumbo dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.
- ❖ *Resíduo D* - Complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.
- ❖ *Resíduo E* - Complexo 8-hidroxiquinolina – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.
- ❖ *Resíduo F* - Complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e metil-isobutil-cetona.

4.2.2 – Conscientização dos usuários do laboratório quanto ao descarte e rotulagem adequados dos resíduos

Através de reuniões, os usuários do LSPc foram alertados para a necessidade de um descarte consciente, cuidadoso e adequado, a fim de se evitar qualquer contaminação

pelos resíduos¹³. Para tanto, eles foram orientados e receberam instruções para organizar a coleta seletiva desses resíduos considerando a natureza química dos mesmos⁹⁶, conforme descrito no Anexo A.

4.2.3 – Tratamento dos resíduos A, B e C.

Foi obtido um espectro de absorção molecular de uma alíquota da solução fase única (mistura homogênea dos solventes: água, etanol e clorofórmio) dos resíduos citados acima para confirmar a presença do ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol, denominado PAN, e dos íons cádmio e chumbo que, de acordo com o rótulo dos frascos B e C, se encontravam complexados.

Assim, destes resíduos obteve-se um espectro de absorção molecular na região do visível, 380 a 780 nm. Um volume de 80 mL de cada resíduo foi misturado com água ácida na proporção de 1:2 em um funil de separação de 250 mL, separando-se a fase orgânica da aquosa.

A fase aquosa foi destilada utilizando uma coluna de Vigreux de 48 cm (figura 7) para efetuar a recuperação do etanol⁹⁸.

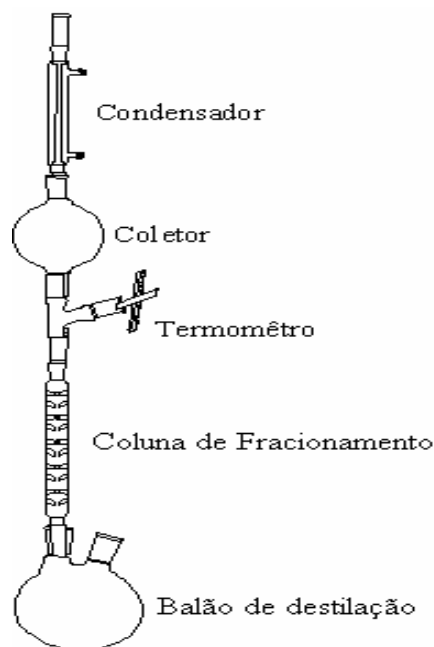


Figura 7 – Aparelhagem utilizada na destilação do etanol e do clorofórmio.

Adotando-se o mesmo procedimento para a fase orgânica recuperou-se o clorofórmio. Houve a recuperação do composto PAN a partir do resíduo da fase orgânica, sendo armazenado e rotulado como material a ser purificado. A figura 8 ilustra este procedimento.

Utilizou-se uma alíquota da fase orgânica proveniente do resíduo *B* para verificar a presença de íons cádmio, através da obtenção de um espectro de absorção molecular deste resíduo. Para observar a presença de íons chumbo na fase orgânica provenientes do resíduo *C*, adotou-se o mesmo procedimento utilizado para o resíduo *B*. Para determinar a concentração de íons cádmio e chumbo (proveniente dos resíduos *B* e *C*, respectivamente) na fase aquosa foram obtidas leituras no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA).

4.2.4 – Tratamento dos resíduos D, E e F

Um dos usuários do laboratório foi responsável pela segregação da mistura de solventes correspondente a estes resíduos, separando em fase orgânica e fase aquosa.

No tocante à concentração dos íons ferro, cobre, manganês e zinco na fase aquosa efetuaram-se leituras por espectrofotometria de absorção atômica, uma vez que as destilações foram feitas empregando-se uma coluna de Vigreux de 48 cm de altura (figura 7) segundo descrito na literatura⁹⁸.

As fases aquosas oriundas dos resíduos *D* e *E* foram destiladas separadamente para recuperar o etanol e as fases orgânicas destes resíduos foram destiladas também separadamente, para recuperar o clorofórmio. Desse modo, os resíduos restantes das fases orgânicas foram armazenados visando realizar estudos para recuperar os complexantes tenoiltrifluoroacetona (TTA) e 8-hidroxiquinolina.

A fase orgânica vinda do resíduo *F* foi destilada utilizando a coluna de Vigreux, e redestilada usando uma coluna de Vigreux de 50 cm de altura, contendo em seu interior enchimento com anéis de vidro oco, com o objetivo de recuperar o solvente metil-isobutil-cetona (MIC) e o complexante TTA.

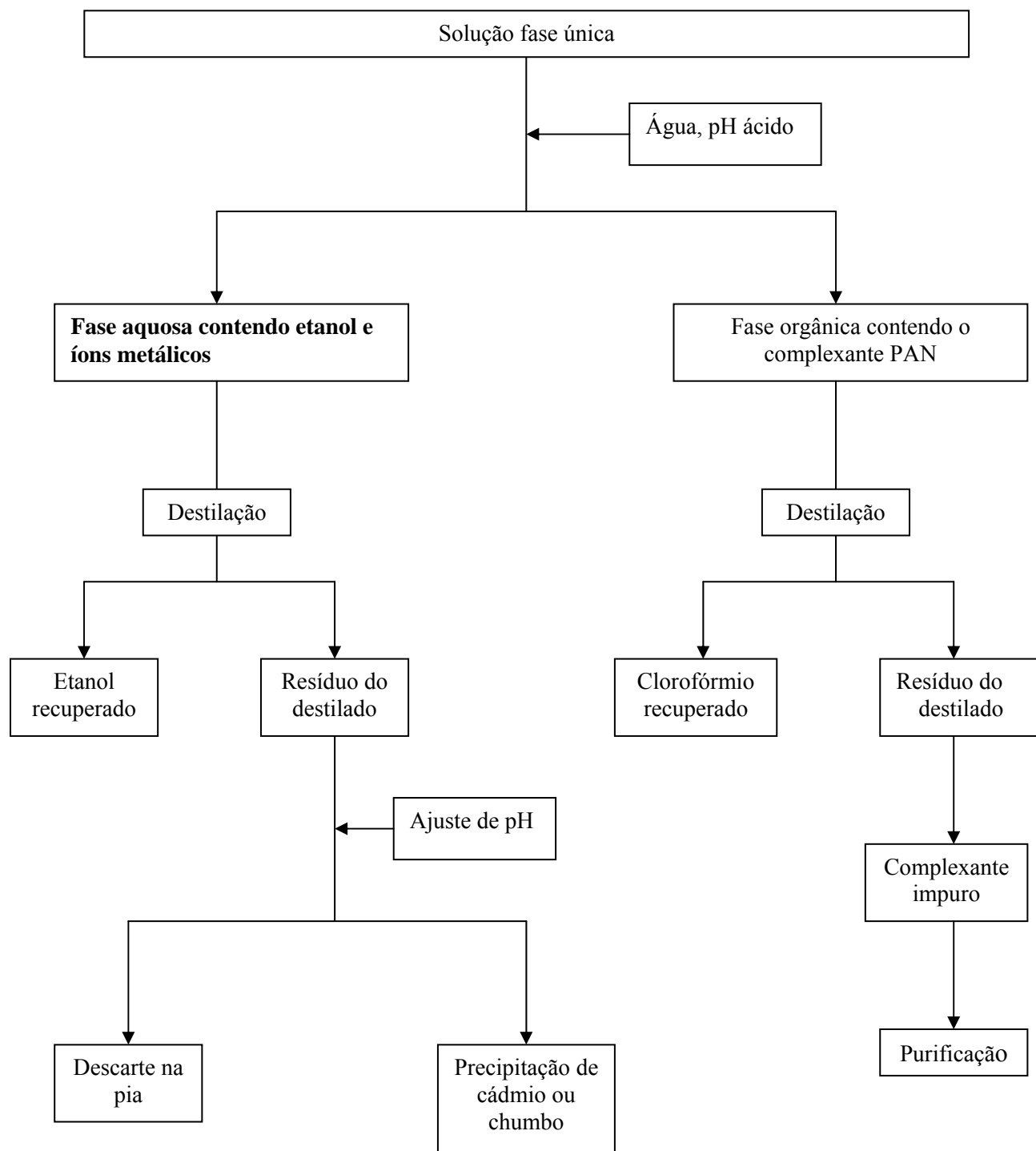


Figura 8 – Esquema de tratamento dos resíduos A, B e C.

Capítulo 5

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.”

Albert Einstein

5.1 – Inventário do passivo

Ao efetuar o levantamento dos resíduos no LSPc, obteve-se os volumes descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Inventário do passivo existente no Laboratório de Separação e Pré-concentração.

Resíduo	Descrição	Volume aproximado (mL)
A	Ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.	6000
B	Complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-cádmio dissolvido em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.	5000
C	Complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-chumbo dissolvido em uma mistura de solventes: água, etanol e clorofórmio.	5000
D	Complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvidos em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.	5000
E	Complexo 8-hidroxiquinolina – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvido em uma mistura de solventes: água, etanol e clorofórmio.	900
F	Complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês dissolvido em uma mistura de solventes: água, etanol e metil-isobutilcetona.	1500

5.2 – Conscientização dos usuários quanto ao descarte dos resíduos

Foi realizada uma reunião com todos os usuários do LSPc a fim de que os mesmos adquirissem consciência no que tange ao descarte de resíduos químicos. No apêndice A estão listadas as instruções que melhor explicita o descarte adequado dos resíduos⁹⁶:

5.3 – Rotulagem

Os resíduos foram identificados com rótulos padronizados que foram confeccionados no próprio LSPc. Os rótulos utilizados no laboratório foram:

- a) Rótulo de resíduo: adotou-se “Resíduo” para todo e qualquer composto que fosse descartado no LSPc (Figura 9);
- b) Rótulo de material recuperado: adotou-se “material recuperado” para o produto originado de algum processo de recuperação (Figura 10).

	LABORATÓRIO DE SEPARAÇÃO E PRÉ- CONCENTRAÇÃO
<i>DESCRIÇÃO DO RESÍDUO:</i> _____ _____ _____ _____	
OBS.: UTILIZAR ATÉ 80% DO VOLUME TOTAL.	
pH: _____ Responsável pelo resíduo: _____	

Figura 9 – Rótulo para identificação de resíduos descartados.



Figura 10 - Rótulo para identificação de compostos após recuperação.

5.4 – Tratamento do resíduo A (Ligante 1-(2-piridilazo)-2-naftol em uma mistura de água, etanol e clorofórmio)

O resíduo A apresentou uma coloração alaranjada, indicando a presença do ligante PAN.

Analisando o espectro de absorção molecular (figura 11) observou-se no resíduo A somente a presença do complexante PAN.

A extração do ligante PAN para a fase orgânica no resíduo foi realizada a partir da adição de uma alíquota de fase única sobre água em $\text{pH} = 2,05$, levando-se em consideração estudos feitos anteriormente⁹⁹.

O volume de fase aquosa, contendo água e etanol e uma pequena quantidade do ligante, gerado após a extração realizada no resíduo A foi de, aproximadamente 13,0 L. Dessa maneira, esta fase foi destilada e recuperou-se um volume aproximado de 4,0 L de etanol com porcentagem que variou entre 82 e 87% (valores obtidos de vários frascos). Cabe salientar que o tempo gasto na destilação foi de 5 horas, aproximadamente para cada 3,0 L de resíduo.

Com relação ao volume de fase orgânica de coloração alaranjada, contendo clorofórmio e PAN, gerado após a extração realizada no resíduo *A* foi de aproximadamente 1,65L.

Assim, esta fase (orgânica) ao ser destilada para recuperar o clorofórmio que teve seu índice de refração medido e apresentou um valor de 1,438 ($T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$), assemelhando-se do valor citado na literatura, que é de 1,440 ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)¹⁰⁰. Vale dizer que o volume de clorofórmio recuperado foi de aproximadamente 1,3L.

5.5 – Tratamento do resíduo *B* (complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-cádmio em uma mistura de água, etanol e clorofórmio)

O resíduo *B* apresentou a coloração vermelho-alaranjado, indicando a presença do complexo PAN-cádmio. Foram obtidos espectros de absorção molecular do resíduo para confirmar a presença deste composto de coordenação de acordo com a figura 11.

Analisando o espectro de absorção molecular observou-se que no resíduo *B* há a presença composta de coordenação acima citado.

A extração do ligante PAN para a fase orgânica no resíduo *B* foi realizada a partir da adição de uma alíquota de fase única sobre água em $\text{pH} = 2,05$, levando-se em consideração estudos feitos anteriormente⁹⁹.

Quanto ao volume de fase aquosa pode-se asseverar que esta continha água e etanol, gerado após a extração realizada no resíduo *B* foi de, aproximadamente 9,8 L, haja vista que o composto foi destilado recuperando um volume aproximado de 4,0 L de etanol com porcentagem de etanol variando entre 85 e 88% de um frasco para outro. Em decorrência desse procedimento obteve-se um espectro de uma alíquota da água remanescente. Este espectro indicou uma concentração de $5,73 \times 10^{-3}\text{ mg.dm}^{-3}$ de íons cádmio, valor abaixo do VMP (valor máximo permitido)¹⁰¹ que, pela Resolução nº 357 do CONAMA de 17 de março de 2005 é de $0,01\text{ mg.dm}^{-3}$, permitindo assim, o seu descarte diretamente na pia.

Retomando as considerações efetuadas a respeito do volume de fase orgânica de coloração alaranjada, com clorofórmio e PAN, percebeu-se que o volume produzido após a

extração foi de aproximadamente 300 mL. Desse modo, o volume de clorofórmio recuperado após a destilação foi de 250 mL, mostrou um índice de refração de 1,430 estando próximo do valor mencionado na literatura, que é de 1,440 ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)¹⁰⁰.

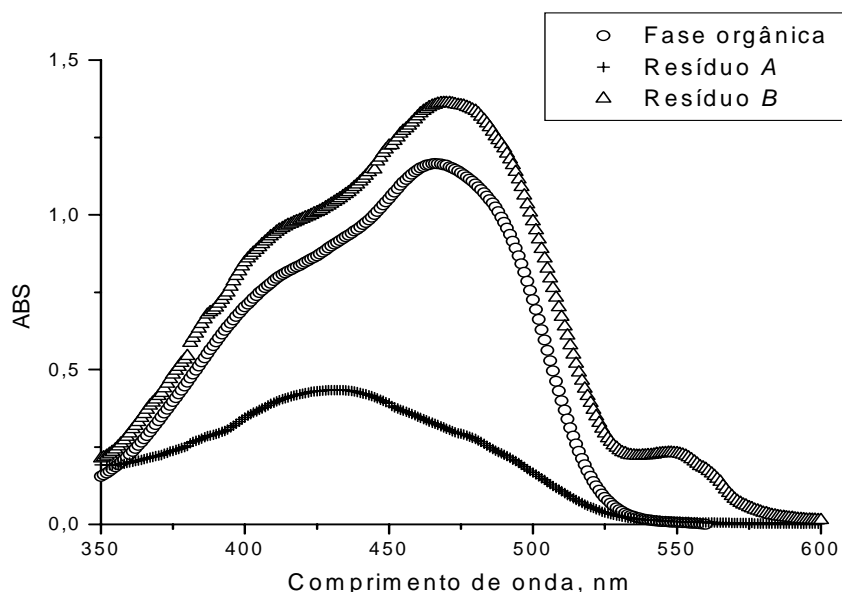


Figura 11 – Espectro de absorção molecular dos resíduos A e B.

Resíduo A – complexante PAN em uma mistura de solventes: água, etanol e clorofórmio.

Resíduo B – complexo $\text{Cd}(\text{PAN})_2$ em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.

5.6 – Tratamento do resíduo C (complexo 1-(2-piridilazo)-2-naftol-chumbo em uma mistura de água, etanol e clorofórmio)

No tocante ao resíduo C inventariado, cabe dizer que este se encontrava armazenado em frasco plástico e apresentou coloração vermelha. Portanto, de acordo com o espectro de absorção molecular do complexo PAN-chumbo apresentado na figura 12, pode-se observar que este não apresentou indícios da presença do complexo de chumbo na

solução fase única. Esta hipótese pode ser confirmada através do espectro de absorção (figura 13), onde se observaria uma banda de absorção a 562 nm característica da formação do composto de coordenação com o íon chumbo.

Acredita-se então que os íons foram adsorvidos pelo plástico do frasco (cuja composição é poliestireno de média densidade), pois, após a retirada do resíduo o frasco ainda apresentou a coloração vermelha característica do composto de coordenação.

No que tange ao volume de fase aquosa, contendo água e etanol, cabe dizer que foi gerado após a extração, aproximadamente 14,8 L, visto que no momento da destilação houve a recuperação de um volume aproximado de 5,0 L de etanol com porcentagem entre 83 e 86% de um litro para outro. Portanto, foi obtido um espectro de uma alíquota da água remanescente, assim este fator indicou que não havia íons chumbo na água.

Ao passo que o volume aproximado de fase orgânica de coloração alaranjada, contendo clorofórmio e PAN, gerado após a extração foi de 0,650 L, ocorreu uma recuperação do volume de clorofórmio após a destilação de, aproximadamente 0,450 L, além disso, seu índice de refração mostrou um valor de 1,438 ($T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$) assemelhando-se ao valor exposto na literatura que é de 1,440 ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)¹⁰⁰.

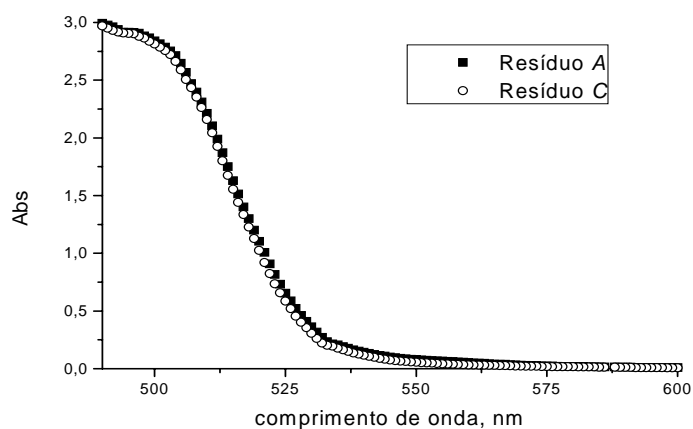


Figura 12 – Espectro obtido da fase única do resíduo C.

Resíduo A – complexante PAN em uma mistura de solventes: água, etanol e clorofórmio. Resíduo C – complexo $Pb(PAN)_2$ em uma mistura de solventes água, etanol e clorofórmio.

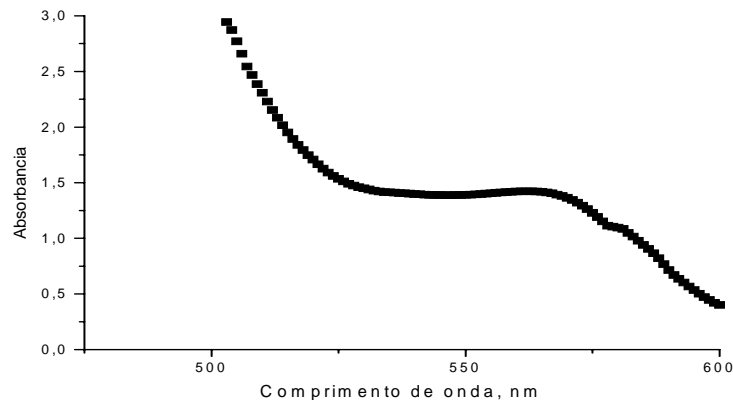


Figura 13 – Espectro do composto de coordenação formado no sistema água/etanol/clorofórmio.

Solução fase única: 2,0:12,0:5,0 v/v água/etanol/clorofórmio, respectivamente.

Concentração de íons chumbo na fase única: 5,3 mg/L (50,0 mg/L na porção aquosa).

Concentração de PAN: 0,005 % m/v em clorofórmio

Todo o etanol e clorofórmio provenientes das destilações foram armazenados em recipiente de vidro, rotulados como materiais recuperados. Já a água remanescente teve seu pH ajustado para a faixa entre 6,0 e 9,0¹⁰¹ e posteriormente, descartada na pia, visto que foi determinada anteriormente a ausência do metal chumbo. Cabe mencionar que o etanol foi reutilizado pelos usuários do LSPc e o clorofórmio pelos laboratórios de ensino. Todo líquido que restou durante as destilações realizadas com a fase orgânica, contendo PAN, foi purificado com etanol conforme proposto por Vogel (1970)⁹⁸, sendo transferido para um vidro de relógio e colocado em um dessecador. Depois de uma semana, ao verificar-se a pureza do complexante recuperado através do ponto de fusão encontrou-se um valor de 131 °C, no entanto, este número não condiz com os dados apresentados na literatura que é de 137 °C¹⁰⁰. Dessa forma, ao buscar a confirmação da pureza do complexante obteve-se um espectro de absorção molecular de duas alíquotas, ou seja, uma solução de PAN puro e uma

de PAN purificado a 0,3% m/v. Segundo os dados apresentados na figura 14 pode-se afirmar que o complexante foi purificado, podendo ser reutilizado. A massa total do ligante PAN recuperado a partir dos resíduos A, B e C foi de 1,840 g.

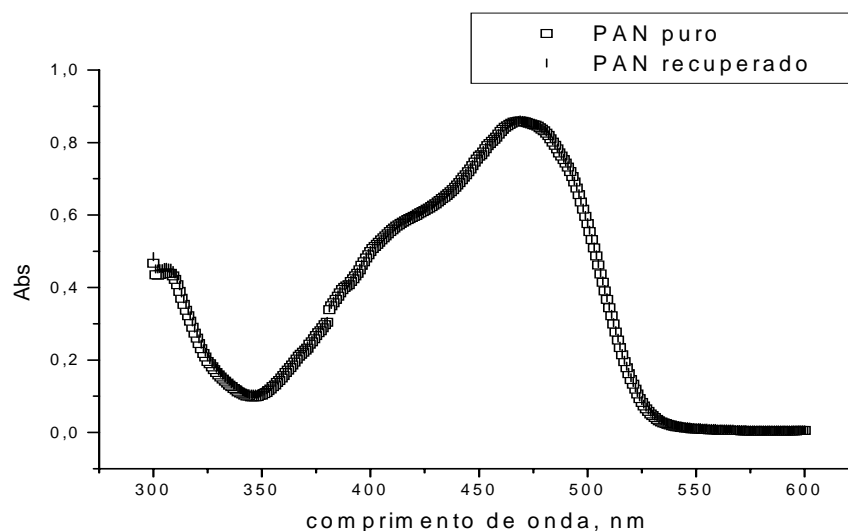


Figura 14 – Espectro de absorção molecular do complexante PAN a 0,3% m/v.

5.7 – Tratamento do resíduo D (complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro e manganês em água, etanol e clorofórmio)

O volume aproximado de fase orgânica oriunda do resíduo D tratado foi de 1,0 L, em que o tempo gasto na destilação foi de 3 horas. O clorofórmio recuperado mostrou um volume de 0,750 L e índice de refração igual a 1,438 ($T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$) aproximando do valor presente na literatura, 1,440 ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)²⁰. Todavia, notou-se que a partir do resíduo da destilação não foi possível a recuperação do complexante TTA, pois o mesmo não poderia ser exposto ao calor excessivo, devido à decomposição térmica⁴⁶.

5.8 – Tratamento do resíduo E (complexo 8-hidroxiquinolina – zinco, cobre, ferro, manganês em água, etanol e clorofórmio)

O volume de fase orgânica vinda do resíduo *E* tratado foi de 1,3 L. O tempo gasto na destilação foi de 3 horas. Assim, o clorofórmio recuperado apresentou um volume de 1,1 L e índice de refração igual 1,433 ($T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$). Enquanto que o destilado foi armazenado em frasco de vidro e rotulado como material recuperado. Haja vista que o complexante não poderia ser exposto à luz⁴⁶, portanto, não houve a possibilidade de recuperação logo este composto foi armazenado em um recipiente e rotulado como resíduo devidamente identificado.

5.9 – Tratamento do resíduo F (complexo tenoiltrifluoroacetona – zinco, cobre, ferro, manganês em água, etanol e metil-isobutil-cetona)

Por destilação durante 3 horas, o volume de 2,0 L de fase orgânica proveniente do resíduo *F* tratado, obteve-se 0,3 L de metil-isobutil-cetona (MIC). Dessa maneira foi realizada uma segunda destilação, usando uma coluna de Vigreux de 50 cm de altura recheada com anéis de vidro oco. Entretanto, o composto destilado não foi reciclado, pois apresentou uma coloração amarelada, que não era característica do solvente. Em virtude disso, o destilado foi armazenado em frasco de vidro e rotulado como material a ser destruído através de adição de hipoclorito de sódio a 10%.

As medidas analíticas foram realizadas no espectro de absorção atômica de alíquotas dos 8 frascos de fase aquosa dos resíduos *D*, *E* e *F*, em que o resultado revelou a ausência dos íons ferro, cobre, zinco e manganês. O pH da água remanescente dos resíduos *D* e *E* foi ajustado para a faixa entre 6,0 e 9,0 e inutilizado na pia. Enquanto que o tratamento para o frasco contendo fase aquosa do resíduo *F* foi usado uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, na proporção de 2:1 em volume de NaClO e resíduo, a fim de eliminar odores característicos presentes neste último.

5.10 – Relação custo/benefício para a recuperação dos solventes/complexante

Diante da preocupação com o impacto ambiental causado pelo descarte indevido do resíduo gerado, buscou-se uma alternativa para minimizar o volume do mesmo. Tal procedimento trouxe benefícios ao ambiente, bem como para a própria Instituição.

Para realizar os cálculos da relação custo/benefício, levou-se em consideração apenas à energia elétrica consumida durante as destilações. O custo da energia elétrica consumida é de R\$0,163 o kW/hora, visto que esta informação foi dada pelo técnico da CEMIG¹⁰². Para a recuperação dos solventes foi utilizado um sistema de destilação onde a água é reutilizada. Este esquema pode ser representado pela figura 15:

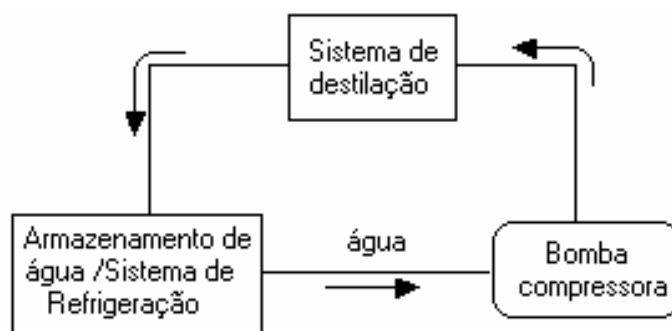


Figura 15 – Sistema de destilação dos solventes.

Refrigerador de 550 w de potência.

Bomba compressora de 250 w de potência.

Manta de aquecimento de 600 w de potência.

A energia elétrica consumida na destilação, de acordo com a figura 15, é de 1,4 kW/hora. O tempo gasto na destilação de 3,0 L de resíduo para recuperar aproximadamente 1,0 L de etanol foi de 5 horas aproximadamente, consumindo um total de 7,0 kW de energia elétrica, o que leva a um gasto de R\$1,141, enquanto que o valor

de compra de um frasco de etanol para limpeza é em torno de R\$ 2,50. Dessa maneira, observa-se uma economia de R\$1,35/litro.

Visto que o tempo de destilação de clorofórmio foi de aproximadamente 2 horas para recuperar 1,0 L, aproximadamente, consumindo 2,8 kW de energia elétrica, culminando num custo de R\$ 0,45, posto que um litro de clorofórmio custa R\$22,00 aproximadamente. Em outras palavras, a reciclagem deste produto resultou em uma economia de R\$ 21,54/litro.

Considerando os volumes da tabela 2, notou-se que seria necessário um tempo de mais ou menos 65 horas para recuperar o solvente etanol, gerando um consumo total de 91,0 kW de eletricidade, o que implica em um custo de R\$14,83. Em contrapartida a recuperação do clorofórmio demandou cerca de 7 horas aproximadamente, consumindo um total de 10,64 kW de energia elétrica, gerando um custo de R\$ 1,73. Em síntese, o gasto total para a obtenção destes solventes foi em torno de R\$16,56, ao passo que se fosse feita a compra desses componentes químicos haveria um custo de R\$116,10. Assim diante desses, dados conclui-se que houve uma economia de R\$ 99,53.

Tabela 2 – Volumes de compostos recuperados a partir de 16,0 L de resíduo.

Composto	Volume aproximado (L)
Etanol	13,0
Clorofórmio	3,8

Vale lembrar que cada grama de complexante PAN comprado no comércio custa para a Instituição mencionada acima R\$ 55,00, uma vez que para recuperar tal composto houve um gasto de aproximadamente R\$ 3, 00 e, portanto, uma economia de R\$ 52, 00.

Capítulo 6

6 - CONCLUSÕES

Através do presente trabalho pode-se concluir que:

- Foi possível avaliar a existência e o nível de metais tóxicos, como o cádmio e chumbo, nas soluções aquosas antes de descartá-las na pia.
- Recuperou-se parte dos solventes ali usados, sendo que, o etanol recuperado retornou ao laboratório para ser utilizado na limpeza de vidraria e o clorofórmio foi usado nos laboratórios de ensino durante suas atividades.
- Em contrapartida, houve apenas a reciclagem do complexante PAN, enquanto que para os complexantes TTA e 8-hidroxiquinolina os procedimentos não foram adequados, pois o TTA não pode ser exposto ao calor excessivo e a 8-hidroxiquinolina é sensível à luz.

Dessa forma, foram descritos no referido ensaio, dados que suscitam a conscientização dos usuários do LSPc em relação à importância de uma disposição final adequada dos resíduos por eles produzidos no dia-a-dia, evitando assim que sejam jogados aleatoriamente na natureza, comprometendo a harmonia ambiental.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C., *Química Ambiental*, Tradução: Maria Angeles et ali; 2ª Edição, Editora Bookmam, Porto Alegre, 2002.
2. EMSLEY, J., *Moléculas em exposição*, Tradução: Gianluca C. Azzellini et ali, Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 2001.
3. MOZETO, A. A.; & JARDIM, W. F., *A Química Ambiental no Brasil*, Quim. Nova, Vol. 25, Supl. 1, 7-11, 2002.
4. MORADILLO, E. F.; & OKI, M. C. M., *Educação Ambiental na Universidade: Construindo Possibilidades*, Quim. Nova, Vol. 27, No. 2, 332-336, 2004.
5. GERBASE, A. E.; COELHO, F. S.; MACHADO, P. F. L.; & FERREIRA, V. F., *Gerenciamento de Resíduos Químicos em Instituições de Ensino e Pesquisa*, Quim. Nova, Editorial, Vol. 28, No. 1, 3, 2005.
6. AFONSO, J. C.; SILVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, A. S.; & LIMA, R. M. G., *Análise Sistemática de Reagentes e Resíduos sem Identificação*, Quim. Nova, Vol. 28, No. 1, 157-165, 2005.
7. JARDIM, W. F., *Gerenciamento de Resíduos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa*, Quim. Nova, Assuntos Gerais. 21(5), 1998.
8. TAVARES, G. A.; & BENDASSOLLI, J. A., *Implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas nos Laboratórios de Ensino e Pesquisa no CENA/USP*, Quim. Nova, Vol. 28, No. 4, 732-738, 2005.
9. AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; & FREIDINGER, N., *Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais: Recuperação de Elementos e Preparo para Descarte Final*, Quim. Nova, Vol. 26, No. 4, 602-611, 2003.
10. CUNHA, J. C., *O Programa de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais do Depto de Química da UFPR*, Quim. Nova, Vol. 24, No. 3, 424-427, 2001.
11. GOBBI, M. A., SIMÕES; F. A., IKEDA; E., BARROS; C. J., LOPES; N. B., VIDA, J. B.; VALENTINI, S. R., BARBOSA, W. D., *Proresíduos – Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos, Biológicos e Radioativos da UEM*. Disponível em: <<http://www.uem.br>. Acesso em 15/08/2004.
12. NOGUEIRA, A. R. A.; REGITANO, L. C. A.; & GONZALEZ, M. H. *Gerenciamento de Resíduos dos laboratórios da Embrapa pecuária Sudeste*. In: FORUM DAS

- UNIVERSIDADES PAULISTAS CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS, 2003, São Pedro, SP, Resumos. São Pedro: Legis Summa, 2003, p.80.
13. AMARAL, S. T., MACHADO, F. L. P., et ali, *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*, Quim. Nova, Vol. 24, No. 3, 419-423, 2001.
 14. 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, Quim. Nova, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003.
 15. PACHECO, E. V., HEMAIS, C. A., FONTOURA, G. A., RODRIGUES, F. A., *Tratamento de Resíduos em Laboratórios de Polímeros: Um Caso Bem Sucedido de Parceira Universidade-Empresa: Polímeros, Ciência e Tecnologia*, vol. 13, n.º 1, p. 14-21, 2003.
 16. ABREU, D. G., IAMAMOTO, Y., *Relato de uma Experiência Pedagógica no Ensino de Química: Formação Profissional com Responsabilidade Ambiental: Química Nova*, vol. 26, n.º 4, 582-584, 2003.
 17. SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J. A., *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Saunders College Publishing, Fort Worth, 1992.
 18. HARRIS, D. C., *Análise Química Quantitativa*, Tradução: Riechl, C. A. S., 5ª edição, Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2001.
 19. VOGUEL, A. L., *Análise Química Quantitativa*, Tradução: Júlio C. A. et ali, 6ª edição, Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro,
 20. POMBEIRO, A. J. L. O., *Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial*, Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
 21. MURATA, K., YOKOYAMA, Y., IKEDA, S., *Homogeneous Liquid-liquid extraction method*, Extraction of Iron (III) Thenoyltrifluoroacetate by Propylene Carbonate. Analytical Chemistry, 1972, vol. 44.
 22. BELCHER, R. et ali, *Gas-Chromatography of Divalent Transition Metal Chelates*, Analytical Chemistry, 1973, vol. 25.

23. MARTINS, J. W., *Extração Líquido-líquido por Fase Única: Estudo de separação no Sistema Fe-Cu-Co com Tenoiltrifluoroacetona em água/etanol/ciclohexeno (ou benzeno)*, Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, São Paulo, 1974.
24. EIRAS, S. P., CRUZ, W. O., PIRES, N. J., *Avaliação da Clivagem Oxidativa do Cicloexeno em Solução Fase Única com $KmnO_4$ para Obtenção de Ácido Adípico*, *Ciência & Engenharia*, vol. 13, p. 7-11, 2004.
25. STARY, J., *The Solvent Extraction of Metals Chelates*, Pergamon Press LTDA, Oxford, 1964.
26. De A. K., KHOPKAR, S. M., CHALMERS, R., A., *Solvent Extraction of Metals*, Van Nostrand Reinhold Company, London, 1970.
27. GONÇALVES, F. F., *Extração por Fase Única: Estudo da Influência da Composição da Mistura Água-etanol-Clorofórmio na Extração de Chumbo com Ditizona*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química da UFU, Uberlândia, 2002.
28. MANZANO, M. F. F., *Extração Líquido-Líquido por Fase Única. Estudo do Comportamento de Cr, Mn, Fe, Ni e Cu no Sistema Água-Etanol-Acetona-Benzeno com Acetilcetona*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Química da Unicamp, Campinas, 1978.
29. SERON, L. H., *Extração Líquido-Líquido por Fase Única. Estudo do Sistema Água-Etanol-Clorofórmio com 8-Hidroxiquinolina e Al, Fe, Cu e Zn*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Química da Unicamp, Campinas, 1981.
30. EIRAS, S. P., *Extração Líquido-Líquido por Fase Única de Cr(III) e Mn(II) e Influência de Trietanolamina na Extração. Sistema Água-Etanol-Metilisobutilcetona e Tenoiltrifluoroacetona*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química da Unicamp, Campinas, 1982.
31. ZAMORA, P. G., *Estudos de Separação de Zircônio e Háfênio Através de Extração Líquido-Líquido por Fase Única. Sistema Água-Etanol-Metilisobutilcetona e Tenoiltrifluoroacetona*. Tese de Doutorado, Instituto de Química da unicamp, Campinas, 1995.
32. BARBOSA, A. B., *Pré-concentração e Determinação de Hg(II) com Ditizona Empregando Sistema Ternário Homogêneo de Solventes*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Química da UFU, Uberlândia, 2001.

33. ANDRADE, J. C., CUELBAS, C. J., EIRAS, S. P., *Spectrophotometric Determination of Mo(IV) in Steel Using a Homogeneous Ternary Solvent System After Single-phase Extraction*, Talanta, vol. 47, p. 719-1312. 1998.
34. MORITA, T., ASSUMPÇÃO, R. M., *Manual de Soluções, Reagentes e Solventes*, 2ª Edição, Edigard Blucher LTDA, São Paulo, 1972.
35. WEST, C. R., *Handbook of Chemistry and Physical*, 57ª Edição, CRC Press, EUA, 1976.
36. McMURRY, J., *Química Orgânica*, Tradução: Ana Flávia Nogueira et al., 6ª Edição Norte-Americana, Edição Combo, Editora Thomson, São Paulo, 2005.
37. GANA SOTO, J. M. O., *Riscos Químicos*, Fundacentro, São Paulo, 1982.
38. SOLOMONS, T. W., et al., *Química Orgânica*, 6ª Edição, Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1996.
39. ALLINGER, N. L., et al., *Química Orgânica*, 2ª Edição, Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1985.
40. TOMINAGA, M. Y., MIDIO, A. F., *Exposição Humana a Trihalometanos Presentes em Água Tratada*, Revista de Saúde Pública, (Journal of Public Health), vol. 33, p. 413-421, 1999.
41. WANG, R. G. M., *Water Contamination and Health*, Marcel Dekker, New York, 1994.
42. JO et al. apud WHO, *World Health Organization, Chloroform*, [Environmental Health Criteria, 163], Geneva, 1994.
43. BULL. R. J., *Health Effects of Drinking Water Disinfectants and Disinfectant by Products*, Environ. Sci. Technol., vol. 16, p. 554A-559A, 1982.
44. DUNNICK, J. K., MELNIE, R. L., *Assesment of the Carcinogenic Potential of Chlorinated Water*, Experimental Studies of Chlorine, Chloroamine and Trihalomethanes: J. Natl. Cancer Inst., vol. 85, p. 817-822, 193.
45. SHIBATA, S., *Solvente extraction and Spectrophotometric Determination of Metals with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol*, Analytica Chimica Acta, vol. 25, p. 348-359, 1961.
46. Material Safety Data Standart. Disponível em <<http://www.msds.com>>. Acesso em 15/08/2005.
47. COSTA, M. F. B., COSTA, M. A. F., *Exposição Ocupacional a Compostos Orgânicos Voláteis da Indústria Naval*, Quím. Nova, vol. 25, n.º 3, p. 384-386, 2002.

48. SILVA, J. F. and MARTINS, J. W., *Extraction of Fe(III), Cu(II), Ni(II) and Pb(II) with Thenoyltryfluoroacetone using the Ternary Solvent Systems Water/Ethanol/Methylisobutyl-ketone*, *Talanta*, vol. 39, p. 1307-1312, 1992.
49. PEASE, B. F., WILLIAMS, M. B., *Spectrophotometric Investigation of the Analytical Reagent 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol and its Copper Chelate*, *Analytical Chemistry*, vol. 31, p. 1044-1047, 1959.
50. COO, L. dIc., CRDWELL, T. J., CATTRALL, R. W., KOLEV, S. D., *Spectrophotometric Study of the Solubility and the Protolytic of 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol in Different Ethanol-water Solutions*, *Analytica Chimica Acta*, vol. 360, p. 153-159, 1998.
51. SHIBATA, S., *Solvent Extraction Behavior of Some Metal 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol Chelates*, *Anal. Chim. Acta*, vol. 23, p. 367-369, 1960.
52. GAO, J., PENG, B., FAN, H., KANG, J., WANG, X., *Spectrophotometric Determination of Palladium after Solid-Liquid with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol at 90 °C*, *Talanta*, vol. 44, p. 837-842, 1997.
53. SANDELL, E. B., ONISH, H., *Photometric Determination of Traces of Metals – Parte I*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, New York, 1978.
54. POSKANZER, A. M. and FOREMAN, B. M. J., *A Summary of TTA Extraction Coefficients*, *J. Inorg. Chem.*, vol. 16, p. 323-336, 1961.
55. ANIL, K. and RAHAMAN, MD. S., *Rapid Extraction of Manganese(II) with 2-Thenoyltrifluoroacetone, Spectrophotometric Determination in the Organic Phase*, *Analytical Chemistry*, vol. 35, p. 159-161, 1963.
56. YOSHIDA, H., NAGAI, H. ONISHI, H., *Solvent Extraction of Manganese with Thenoyltrifluoroacetone*, *Talanta*, vol. 13, p. 37-42, 1966.
57. ANTUNES, P. A., BREVIGLIERI, S. T., CHIERICE, G. O., CAVALHEIRO, E. T. G., *Determinação Simultânea de Cobalto e Níquel*, *Quím. Nova*, vol. 21, n.º 3, p. 289-299, 1998.
58. NOGUEIRA, A. R., SOUZA, G. B., da SILVA, F. V., ZAGATTO, E. A. G., *Sistema Polivalente de Análises Químicas por Injeção em Fluxo: Determinação Espectrofotométrica de Cálcio, Magnésio e Fósforo em Plantas*, *Scientia Agrícola*, vol. 54, n.º 3, Piracicaba, Set/Dex., 1997.

59. LEE, J. D., *Química Inorgânica não tão Concisa*, 5ª Edição, Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 1999.
60. ROMAN, T. R. N., AZOUBEL, R. et ali, *Toxicidade do Cádmio no Homem*, HB Científica, vol. 9, p.43-43, 2002.
61. LAUWERYS, R., *Industrial Chemical Exposure: Cuidelines for Biological Monitoring*, Ist. Ed. Davis, Biom Public, 1983.
62. AZOUBEL, R., BAREA, F. C., et ali, *Toxicidade Testicular ao Cádmio*, Artigo de Revisão.
63. PEPPER, L. L., ROANE, M. T., *Microbial Responses to Environmentally Toxic Cadmium*, Microbiology Ecology, vol. 38, p. 358-364, 2000.
64. LARINI, L., *Toxicologia*, 3ª Edição, Editora Manole LTDA, 1997.
65. PIERANGELI, M. A. P., GUILHERME, L. R. G., et ali, *Adsorção e Dessorção de Cádmio, Cobre, e Chumbo por Amostras de Latossolos Pré-Tratados com Fósforo*, Ver. Bras. Ci. Solo, vol. 28, p. 377-384, 2004.
66. OLIVEIRA, J. A., CAMBRAIA, J., et ali., *Absorção e Acúmulo de Cádmio e seus Efeitos sobre o Crescimento Relativo de Plantas de Aguapé e de Salvinia*, R. Bras. Fisiol. Veg., vol. 13 (3), p. 329-341, 2001.
67. LUNA, A., CÁRCELES, P. D. M., VINÃS, P., et al, *Placental Cadmium and Lipid Peroxidation in Smoking Women Related to Newborn Anthropometric Measurements*, Arch. Environ. Contam. Toxicol, vol. 45, p. 278-282, 2003.
68. IKEDA, M., ZHANG, Z. M., MOON, C. S., et ali, *Possible Effects of Environmental Cadmium Exposure on Cadmium Function in the Japanese General Population*, Int. Arch. Occup. Environ Health, vol. 73, p. 15-25.
69. SUZUKI, A. F., ABREU, D. T. M., *Avaliação Audiométrica de Trabalhadores Ocupacionalmente Expostos a Ruído e Cádmio*, Revista Brasileira de Otorrinolaringologia-Parte I, vol. 68, p. 488-494, 2002.
70. ZENEBON, O., DORIDAUSKAS, S., et ali., *Avaliação dos Níveis de Chumbo e Cádmio em Leite em Decorência de Contaminação Ambiental na Região do Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil*, Revista de Saúde Pública, vol. 31 (2), p. 140-143, 1997.
71. CARVALHO, F. M., NETO, A. M. S., et ali, *Chumbo e Cádmio no Sangue e Estado Nutricional de Crianças. Bahia, Brasil*, Rev. Saúde Pública, vol. 21 (1), p. 44-50, 1987.

72. TICIANELLI, A. E., AMBROSIO, C. A., *Baterias de Níquel-Hidreto Metálico, uma Alternativa para as Baterias de Níquel-Cádmio*, Química Nova, vol. 24, p. 243-246, 2001.
73. CORBI, J. J., CUIN, A., et ali, *O Cádmio e Seus Efeitos no Homem e no Meio Ambiente*, Jornal de Bioquímica Médica, Out/Nov/Dez, 2002.
74. ARANHA, S., NISHIKAWA, A. M., TAKA, T., SALIONE, E. M. C., *Níveis de Cádmio e Chumbo em Fígado e Rins de Bovinos*, Revista Instituto Adolfo Lutz, vol. 54, p. 16-20, 1994.
75. JAVOROWSKI Z., BILKIEWEZ, J., DOBOSZ, E., WODKIEWICZ, L., *Stable and Radioactive Pollutants in na Acandicavian Glacier*, Environ Pollut., vol. 9, p. 305-315, 1975.
76. PASQUAL, A., DUARTE, S. P. R., *Avaliação do Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em Solos, Plantas e Cabelos Humanos*, Energia na Agricultura. Vol. 15, p. 46-58, 2000.
77. GUIVANT, S. J., BOEIRA, L. S., *Indústria de Tabaco, Tabagismo e Meio Ambiente: as Redes ante os Riscos*, Cadernos de Ciência & Tecnologia, vol. 20, p. 45-78, 2003.
78. FERRETTI, E., CALABRESE, R., TAMBA, M., *Cadmio e Carni Equine*, Instituto Zooprofilattico Sperimentale Della Lombardia ed Emilia Romagna – Sezione di Bologna, vol. 10, p. 29-34, 2002.
79. ELINDER, C. G., KJELLSTROM, T., LIND, B., LINMAN, L., et ali, *Cadmium Exposure from Smoking Cigarettes. Variations with Time Country where Purchased*, Environmental Research, vol. 32, p. 220-227, 1983.
80. HARTWIG, A., *Carcinogenicity of Metal Compounds: Possible Role of DNA Repair Inhibition*, Toxicological Letter, vol. 102, p. 235-239, 1998.
81. ROJAS, E., HERRERAS, L. A., POIRIER, L. A., et ali, *Are Metals Dietary Carcinogens?* Mutat, vol. 443, p. 157-181, 1999.
82. LEWIS, G. P., COUGHLIN, L., JUSKO, W., HARTZ, S., *Contribution of Cigarette Smoking to Cadmium Accumulation in Man*, Lancet, vol. 1, p. 291-292, 1972.
83. LLANOS, M., SUAZO, M., et ali, *Increasewd Levels of Metallothionein in Placenta of Smokers*, Toxicology, vol. 208, p. 133-139, 2005.

84. CORDEIRO, R., FILHO, E. C. L., SALGADO, P. E. T., *Neurological Disturbances in Workers with low Levels of Lead in the Blood. I: Peripheal Neuropathy*, Ver. Saúde Pública, vol. 30 (3), p. 248-255, 1996.
85. CARVALHO, F. M., et ali, *Intoxicação por Chumbo em Trabalhadores de Oficinas para Reforma de Baterias em Salvador, Brasil*, Rev. Saúde Pública, vol. 19, p. 411-420, 1985.
86. PEREIRA, W. S., FREIRE, R. S., *Ferro Zero: Abordagem para o Tratamento de Águas Contaminadas com Compostos Orgânicos Poluentes*, Quim. Nova, vol. 28, n.º 1, p. 130-136, 2005.
87. VANZ, A., MIRLEAN, N., BAISCH, P., *Avaliação de Poluição do Ar por Chumbo Particulado: Uma abordagem Geoquímica*, Quim. Nova, vol. 26, n.º 1, p. 25-29, 2003.
88. PAOLIELLO, M. M. B., et ali, *Valores de Referência para Plumbemia em uma População Urbana do Sul do Brasil*, Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health, vol 9 (5), p. 315-319, 2001.
89. MORGANO, M. A., SOUZA, L. A., NETO, J. M., RONDÓ, P. H. C., *Composição Mineral do Leite Materno de Bancos Leite*, Ciênc. Tecnol. Aliment., vol. 25(4), p. 819-824, 2005.
90. WUNSCH, C., et ali, *Microminerais para Bovinos de Corte nas Pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra, RS, Brasil*, Ciência Rural, vol. 35, n.º 4, p. 903-908, 2005.
91. BERTONI, J. C., et ali, *Efeito do Cobre no Crescimento do Arroz Irrigado por Inundação e Eficiência do Extrator DTPA na Predição da Disponibilidade de Cobre*, Ciênc. Agrotec., Lavras, vol. 24, n.º 1, p. 62-73, 2000.
92. MARQUES, A. P., RIET-CORREA, F., *Mortes Súbitas em Bovinos Associadas à Carência de Cobre*, Pesq. Vet. Bras., vol. 23(1), p. 21-32, 2003.
93. FELIX, F. S., BARROS, R. C. M., et ali, *Determinação de Manganês em Material Particulado Atmosférico de Ambientes de Trabalho Utilizando Eletrodo de Diamante Dopado com Boro e Voltametria de Onda Quadrada com Redissolução Catódica*, Quim. Nova, vol. 28, n.º 6, p. 1000-1005, 2005.
94. JARDIM, W. F. *Cartilha para Implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos*. Laboratório de Química Ambiental (LQA), Instituto de Química/UNICAMP. Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/pdef/Cartilha.pdf>>. Acesso em: 15/08/2005.

95. *Gerenciamento de Resíduos Químicos no IQ/UNESP*, versão 2002. Disponível em: <<http://www.iq.unesp.br/residuos.doc>>. Acesso em 15/08/2004.
96. *Normas para Recolhimento dos Resíduos Químicos do Campus de São Carlos – Laboratório de Resíduos Químicos USP-SC*. Disponível em: <http://www.sc.usp.br/residuos/rotulagem/downloads/normas_recolh.pdf>. Acesso em 15/08/2004.
97. 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 Químicos em um Campus Universitário*, Quim. Nova, Vol. 26, No. 2, 291-295, 2003.
98. VOGEL, A. I., *Química Orgânica Volume 1 Análise Orgânica Qualitativa*, Ed. Ao Livro Técnico S. A., Rio de Janeiro –GB, 1971, pág. 99-118.
99. CORTES, H. F., *Estudo da determinação e extração de cádmio (II) empregando 1-(2-piridilazo)-2-naftol e a mistura de solventes água-etanol-clorofórmio*, Dissertação de Mestrado, IQUFU, Uberlândia, 2005.
100. *Handbook of Fine Chemicals and Laboratory Equipment*. Aldrich, 2000-2001.
101. Resolução CONAMA 20 de 17 de março de 2005.
102. CEMIG Distribuição S. A., consulta em 15/12/2005.

ANEXO A – Orientações para descarte de resíduos do LSPc

Caro usuário:

Com o intuito de promover a organização e a coleta seletiva, bem como contribuir para a preservação do meio ambiente, contamos com sua colaboração em seguir as instruções abaixo em relação ao manuseio e descarte dos resíduos por você produzido:

- a) Utilizar recipientes compatíveis com os resíduos (para evitar reações dos mesmos com o recipiente);
- b) Antes de usar um frasco, lavá-lo por três vezes em água corrente (para evitar qualquer tipo de contaminação dos mesmos);
- c) Não ultrapassar 75% – 80% do volume total do frasco (para que o mesmo não transborde);
- d) Segregar ao máximo possível os resíduos, viabilizando o tratamento;
- e) Identificar no rótulo todos os compostos que foram descartados, inclusive água, pois facilita a identificação para posterior tratamento ou disposição final adequada;
- f) Não aproveitar o rótulo antigo, para evitar confusões na identificação precisa do conteúdo;
- g) Utilizar papel *contact* para evitar a destruição do rótulo;
- h) Colocar o rótulo devidamente preenchido antes de começar a descartar o resíduo evitando posteriores confusões;
- i) NÃO utilizar embalagens metálicas para resíduos.

OBSERVAÇÕES:

- Recomenda-as não acumular grandes quantidades de resíduos no laboratório;
- O tratamento de cada resíduo deve ser de responsabilidade do gerador do mesmo;
- Os resíduos que são passíveis de destruição/neutralização no próprio laboratório para posterior descarte não deverão ser acumulados. Para

efetuar tais procedimentos observar o VMP da Resolução CONAMA 20 de 17/05/2004:

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente serem lançados, diretos ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões exigências dispostos no artigo 16 disposto a seguir:

- a) Não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou na ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) ...
- n) pH: 6,0 e 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO PERMITIDO (VMP)
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd

Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ 5,6 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$

Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5,0 mg/L Zn