



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

LOUIZE VIVEIRO DA FONSECA

**PRODUÇÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DOS DEPARTAMENTOS DE BIOLOGIA E
DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ – UFC.**

FORTALEZA – CE

- 2006 -

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**PRODUÇÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DOS DEPARTAMENTOS DE BIOLOGIA E
DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ – UFC.**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - UFC,
como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

LOUIZE VIVEIRO DA FONSECA.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rozane Valente Marins.

FORTALEZA – CE

- 2006 -

LOUIZE VIVEIRO DA FONSECA

**PRODUÇÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DOS DEPARTAMENTOS DE BIOLOGIA E
DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
CEARÁ – UFC.**

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a ROZANE VALENTE MARINS.

Banca examinadora

Prof. (a) Dr. (a) _____
Rozane Valente Marins

Prof. (a) Dr. (a) _____
Simone da Silveira Sá Borges

Prof.(a) Dr.(a) _____
Ana de Fátima Fontenele Urano Carvalho

Fortaleza, 8 de Agosto de 2006.

À minha mãe: LUZIA VIVEIRO DA FONSECA.

AGRADECIMENTOS

- A Deus, em todas as suas personificações, que permite que as pessoas possam sonhar e acreditar. Toda fé é necessária à vida!

- À Universidade Federal do Ceará por me proporcionar conhecimento gratuito.

- À minha família de perto: minha mãe Luzia Viveiro da Fonseca, por seu amor incondicional, sua dedicação que nunca poupou esforços para que eu pudesse chegar até aqui, sempre realizando tudo que estivesse ao seu alcance, suas conversas acalentadoras, sua força eterna para sempre realizar as coisas, sua luta diária para nos dar sempre o melhor (minha manteiguinha derretida!); ao meu pai Pedro Carlos da Fonseca, que apesar das nossas diferenças, sempre será meu ídolo, meu norte, em quem me espelho, a pessoa que foi responsável pela minha paixão pela biologia quando me permitiu conhecer as belezas naturais deste Brasil, e por me formar na ética, na justiça e na responsabilidade (sempre sua pupuca pururuca); meus irmãos Rogério Luiz e Jéssica Maria, por me lembrar sempre de cultivar a minha paciência; e ao meu Tio Wagner, que sempre ouve minhas “lamúrias” e me abraça, sempre consegue me arrancar sorrisos do rosto (Farinha pouca, meu pirão primeiro!!!). A essa família que me estimula sempre a continuar, quando os momentos difíceis aparecem em minha vida. Muito obrigada!

- À minha família de longe e em especial aos meus avós: Maria Antônia e Armindo da Fonseca e Glória Viveiro da Fonseca, que sempre se orgulharam de mim, por ter conseguido vencer o difícil funil da entrada na Universidade. Muito obrigada!

- À minha quase família: família Olsen Maia do Amaral, que me acolhe em seu convívio e me permite ter uma família por perto, já que a minha verdadeira família está tão longe. Muito Obrigada!

- À minha orientadora Professora Doutora Rozane Valente Marins, por aceitar me ajudar neste trabalho, me apoiar e me incentivar em meus objetivos e esclarecer minhas dúvidas.

- Às professoras Ana de Fátima F. Urano Carvalho e Simone da Silveira Sá Borges, que aceitaram participar da minha banca examinadora;

- A todos os professores dos Departamentos de Biologia e do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC que forneceram os dados para a realização deste trabalho, que incentivaram e apoiaram a minha idéia.

- Aos professores do Departamento de Biologia, especialmente, José Roberto Feitosa Silva, Ana de Fátima F. Urano Carvalho, Arlete Aparecida Soares, Vânia Maria Maciel Melo, Francisca Soares de Araújo, Diva Maria Borges-Nojosa, Helena Matthews & Paulo Cascon pela grande contribuição que deram a minha formação.

- À Secretária Erbênia do Departamento de Biologia, que me forneceu dados para este trabalho.

- Ao meu “mabeibe” Airton Olsen, pelo amor, carinho, confiança, companheirismo, cumplicidade, por sempre estar ao meu lado, me apoiar, me fortalecer nos momentos difíceis, me ensinar a amar, a sonhar, a aprender. (... Amor da minha vida, daqui até a eternidade, nossos destinos foram traçados na “universidade”...).

- Aos antigos amigos, Rômulo Amado, Webber Girão, George Leandro, Andréa Silveira, Silvano Porto, Rafael Carvalho, Itayguara Costa, Rosilane Oliveira e Jarbas Santos, do Centro Acadêmico de Biologia da UFC - gestão 1999, que me receberam na universidade e me ensinaram a vivê-la, amá-la e valorizá-la e que me mostraram o valor de uma verdadeira amizade. Saudades muitas daqueles tempos...

- Às minhas grandes amigas em especial: Diana Lamb, Letícia Rivero, Laís Angélica, Alexandra Lima, Karla Cavalcante, Marisol Albano, Marcionília Pimentel, Maria Danise, Rosa Ana Fernandes Lima, Flávia Michele Prado, Walderly Melgaço, que sempre, da melhor forma possível, nunca me deixaram desistir...

- Aos meninos: Fabiano de Cristo, Joécio Dias, Javan Santos, José Domingos (Zezim) e Lucas Brito pelos papos-cabeça; Rubens Sabóia, Thiago (Carneirim), Felipe Augusto, pelas companhias nos intervalos das aulas e nos R.U. da vida!

- À turma de formandos de 2005.2 que me acolheu em suas comemorações, principalmente aos amigos: Geórgia Tavares, Caroline Beserra, Jeamyllie Nilin, Sidarta Viana, Paulo César Mesquita, Fernanda Araújo, Magalline Girão, Ileanne Barros, Marina Viana e todos os outros... (A nossa placa é mais linda do curso!!!) Valeu!

- A quem mais eu não me recorde agora, mas que me tenha ajudado de alguma forma a manter sempre a cabeça erguida e seguir em frente! MEU SINCERO OBRIGADA!!

“Retomar um assunto, sobretudo quando a retomada do tema não é pura repetição do que já foi dito, tem que ver também com a relevância que o tema de que falo e a que volto no conjunto de objetivos a que direciono minha curiosidade”.

Paulo Freire, 2005.

RESUMO

A geração de resíduos em instituições de ensino e pesquisa é um problema que começa a ser discutido no Brasil. As universidades, como formadoras de futuros profissionais, devem se empenhar no sentido de educar ambientalmente seus alunos, tornando-os conscientes do risco de sua atividade e aptos a contorná-los. O presente trabalho tem por objetivo otimizar o inventário de resíduos no *Campus* do Pici da Universidade Federal do Ceará, através do detalhamento qualitativo e quantitativo da geração de resíduos nos Departamentos de Biologia e Bioquímica e Biologia Molecular, assim como, avaliar a necessidade da criação de um programa de gerenciamento e/ou estação de armazenamento para estes resíduos. A avaliação foi feita na forma de questionários, sendo os resultados obtidos através de uma medida percentual das respostas. No levantamento qualitativo foi obtido, a partir do uso de 10 reagentes mais comumente utilizados, um total de 69 reagentes diferentes, citados 133 vezes. Entretanto, o levantamento quantitativo não obteve resultado significativo, pois quase 60% dos laboratórios são dedicados exclusivamente à pesquisa, o que dificultou a quantificação dos resíduos, corroborando as observações de Barbosa (2003). A análise dos principais resíduos gerou informações para a elaboração de uma cartilha educativa e serviu como base para a sugestão de soluções práticas, tendo em vista a administração geral de resíduos químicos no *Campus* do Pici da UFC.

ÍNDICE DE FIGURAS:

FIGURA 01: Diagrama de Hommel.....	25
FIGURA 02: Forma de descarte dos resíduos químicos citados, feita pelos laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	39
FIGURA 03: Avaliação da frequência de uso dos destiladores em laboratórios do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	41
FIGURA 04: Problemas relacionados à estocagem e destinação dos resíduos químicos dos laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	42
FIGURA 05: Formas de estocagem e descarte dos resíduos químicos resultantes do vencimento de reagentes, citadas pelos laboratórios do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	43
FIGURA 06: Formas de estocagem e descarte de passivo ambiental, citadas pelos laboratórios entrevistados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	44
FIGURA 07: Formas de descarte dos resíduos químicos tóxicos dos laboratórios entrevistados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	45
FIGURA 08: Reagentes tóxicos mais citados por professores entrevistados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	46
FIGURA 09: Laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC que realizam controle quantitativo de consumo de reagentes químicos.....	48
FIGURA 10: Laboratórios avaliados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC que estariam dispostos a realizar um levantamento quantitativo dos reagentes utilizados tanto em aulas de graduação (caso possua) quanto na área de pesquisa, por um período de seis meses.....	49

ÍNDICE DE TABELAS:

Tabela 01 – Reagentes citados e número de citações por reagentes, obtidos a partir do questionário respondido por professores do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.....	38
TABELA 02 – Quantitativo dos reagentes solicitados pelos professores para aulas práticas de disciplinas, fornecidos pela secretaria do Departamento de Biologia da UFC para o ano de 2005.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABETRE (Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduo).

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

DBBM (Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular).

FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico).

HMIS (*Hazardous Material Information System*).

IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*).

MSDS (*Material Safety Data Sheet*).

NBR (Norma Brasileira).

NFPA (*National Fire Protection Association*).

OMS (Organização Mundial da Saúde).

UFC (Universidade Federal do Ceará).

ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Aspectos Legais de Proteção ao Meio Ambiente.....	17
1.2. Resíduo Químico.....	18
<i>1.2.1. A Problemática dos Resíduos Químicos.....</i>	<i>23</i>
<i>1.2.2. Identificação e Rotulagem de Produtos e seus Resíduos.....</i>	<i>24</i>
<i>1.2.3. Recipientes de Coleta, Contenção e Apassivação.....</i>	<i>27</i>
<i>1.2.4. Pré-Requisitos para um Programa de Gestão de Resíduos.....</i>	<i>28</i>
<i>1.2.5. Procedimentos Gerais para o Tratamento de Resíduos.....</i>	<i>29</i>
1.3. O que já foi feito na UFC.....	31
2. JUSTIFICATIVA.....	32
3. OBJETIVOS.....	33
I. Objetivo Geral.....	33
II. Objetivos Específicos.....	33
4. METODOLOGIA.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1. Levantamento dos laboratórios existentes e da qualidade de resíduos gerados.....	37
5.2. Avaliação do conhecimento sobre o risco de manipulação e despejo de resíduos químicos.....	40
5.3. Levantamento quantitativo de resíduos químicos produzidos nos laboratórios avaliados.....	48

5.4 Avaliação da disponibilidade dos usuários sobre a possibilidade de implementação de um programa de gerenciamento.....	50
5.5. Formulação de folheto esclarecedor sobre o risco de manipulação e descarte de resíduos químicos.....	53
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
8. ANEXOS.....	61

1. INTRODUÇÃO:

Na história da humanidade, o relacionamento homem/ meio ambiente sempre se deu sob a forma de exploração e transformação dos recursos naturais. No início, uma pequena população humana ocupava um vasto espaço natural, permitindo uma convivência pacífica, pois a ação degradadora do homem no meio ambiente se dava em uma escala reduzida e a natureza, através de seus ciclos naturais, conseguia neutralizá-la.

Com o passar dos anos, a população foi crescendo lentamente, só se observando índices de crescimento maiores a partir do século XX. No início da era cristã, havia cerca de 200 milhões de pessoas no mundo. Já em 1750, a população mundial girava em torno de um bilhão de habitantes, número que praticamente se manteve estável até o final do século passado. Porém, uma série de fatores, entre os quais o avanço da medicina e da tecnologia na agricultura, criou, desde então, condições para um crescimento extraordinário da população que é hoje, muito próximo da casa dos seis bilhões de habitantes (IPT, 1998).

O crescimento acelerado da população, sobretudo após a revolução industrial, passou a ameaçar a relação homem/ natureza. O modelo de desenvolvimento sócio-econômico adotado nessa época estava baseado na exploração intensiva dos recursos naturais. Somente dessa forma era possível alimentar as linhas de produção e uma sociedade industrial onde o progresso significava produzir mais, induzindo, com isso, um consumo cada vez maior (VASCONCELLOS, 2004).

A partir da segunda metade do século XX, esse modelo de desenvolvimento passou a ser questionado. Começou-se a perceber que alguns bens da natureza eram finitos, necessitando, portanto, de um adequado gerenciamento. Além disso, as diferenças, cada vez maiores, impostas por esse modelo, estavam dividindo o mundo em duas metades: a desenvolvida e a subdesenvolvida, sendo esta última a principal vítima, pois não usufruía os benefícios oriundos do próprio sistema (VASCONCELLOS, 2004).

A despeito das guerras e epidemias, a população mundial aumentou neste último século em quase cinco bilhões de habitantes. Deste modo, é aceitável a previsão para os próximos 30 anos, de um aumento de três bilhões de habitantes, chegando a um total de oito bilhões de habitantes na Terra! Em consequência do crescimento populacional, observou-se um aumento dos usos das reservas naturais do planeta, com uma maior produção de bens e maior geração de lixo, ocasionando níveis de poluição crescentes do solo, das águas subterrâneas e de superfícies e do ar, com uma deterioração acelerada das nossas condições de qualidade ambiental (GRIPPI, 2001).

Nas últimas décadas, tornou-se evidente a necessidade de se tomarem providências para o controle da emissão de resíduos, evitando que os recursos naturais como água, solo e ar tornem-se ainda mais degradados. Os efeitos dessa geração indiscriminada, que atingem também o homem, têm levado a sociedade a uma maior conscientização do real perigo para a sua subsistência. Eventos como o ocorrido em 1956 na cidade costeira japonesa de Minamata, onde o efluente industrial contendo mercúrio contaminou peixes nessa baía, que foram ingeridos pela população

local, ocasionando um total de 887 mortes e 2209 casos registrados de doenças relacionadas ao sistema nervoso central (LACERDA, 1997), têm servido de alerta para que a preocupação com as questões ambientais passe do discurso para a prática, nos dias atuais (BENDASSOLLI *et al*, 2003).

A intensa geração de resíduos, conseqüência principal do modelo de crescimento econômico adotado pelos países capitalistas, tem chamado a atenção dos ambientalistas, pela forma como vem crescendo em volume e diversidade. Isso tem preocupado também os administradores públicos, devido aos problemas de saúde pública que têm causado à população e aos crescentes gastos com tratamento e disposição desses resíduos. Percebe-se também que os métodos convencionais de tratamento e disposição final têm se mostrado impotentes, face à grande quantidade produzida, fato que tem determinado esforços por parte de cientistas e estudiosos, no sentido de pesquisar novas formas de tratamento e destinação final dos resíduos (VASCONCELLOS, 2004).

No início da década de 90, um novo pensamento sobre os resíduos químicos começou a tomar forma. Esta nova visão do problema considera que, com proposição de novas e desafiadoras soluções, fundamentalmente, é preciso buscar uma alternativa que evite ou minimize a produção de resíduos, em detrimento da preocupação exclusiva com o tratamento do resíduo no fim da linha de produção. Este novo direcionamento na questão da redução do impacto da atividade química ao ambiente vem sendo chamado de "*Green Chemistry*", ou química verde, química limpa, química ambientalmente benigna, ou ainda, química auto-sustentável (LENARDÃO *et al*, 2003).

Química verde pode ser definida como o desenho, desenvolvimento e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. "*Green Chemistry*", o termo mais utilizado atualmente, foi adotado pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), talvez por ser o mais forte entre os demais, pois associa o desenvolvimento da química com o objetivo cada vez mais buscado pelo homem moderno: o desenvolvimento auto-sustentável (LENARDÃO *et al*, 2003).

A filosofia da Química Verde está baseada atualmente em princípios dos quais pode se citar (ANASTAS & WARNER, 2000):

- É melhor prevenir que tratar ou limpar resíduos de processos químicos depois de formados;
- Sempre que forem viáveis, as metodologias sintéticas devem usar e gerar substâncias menos tóxicas possíveis à vida humana e ao ambiente;
- Os produtos químicos devem ser projetados de forma a ter maior eficiência no cumprimento de seus objetivos, com menor toxidez;
- O uso de outras substâncias durante o processo (ex. solventes, agentes de separação, etc.) deve, sempre que possível, ser desnecessário ou inofensivo quando usado;
- A matéria-prima deve ser proveniente de fontes inesgotáveis (renováveis);

- Os produtos químicos devem ser desenhados de maneira tal que, depois de terem sido usados, eles não persistam no ambiente e que seus produtos de degradação sejam inócuos.

Estes princípios servem para nortear as tomadas de decisão no uso e manipulação de reagentes químicos de forma a minimizar a emissão ou acúmulo de materiais tóxicos no meio ambiente.

1.1. Aspectos Legais de Proteção ao Meio Ambiente:

Em 1972, ocorreu a Conferência de Estocolmo sobre o meio ambiente. Esta conferência teve o grande mérito de haver alertado o mundo para os malefícios que a deteriorização do ecossistema poderia causar à humanidade como um todo, embora diversos tratados importantes a respeito tivessem sido assinados previamente e as legislações internas de diversos países tivessem se ocupado com problemas ambientais como a matéria florestal, água entre outros. Desde então foram intensificados os esforços para a proteção do meio ambiente (SILVA, LACERDA & JONES JR, 2005).

A Constituição Brasileira de 1988 trouxe leis que dizem respeito à proteção ambiental. No seu caput, temos:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e

essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações”.

Os parágrafos IV e V do artigo 225 falam da necessidade de se exigir um estudo prévio para a realização de atividades potencialmente causadoras de poluição e do controle da produção, comercialização, emprego de técnicas e substâncias que possam acarretar riscos à qualidade de vida e ao meio ambiente (JUNGSTEDT, 2002; OLIVEIRA, 1988).

A principal regra na legislação brasileira a ser adotada para o gerenciamento de resíduos é a da responsabilidade objetiva, isto é, quem gera o resíduo torna-se responsável pelo mesmo (MACHADO, 2002). Além disso, a Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao meio ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove um nexo de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e um dano ambiental.

1.2. Resíduo Químico:

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define resíduo como qualquer coisa que o proprietário não queira mais, em certo local e em certo momento, e que não apresenta valor comercial corrente ou percebido. A Comunidade Européia, por sua

vez, estabelece que resíduo é toda substância ou todo objeto cujo detentor se desfaz ou tem a obrigação de desfazer em virtude de disposições nacionais em vigor (BIDONE, 2001).

Segundo a Norma Brasileira NBR-10004 (1987) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), *os resíduos sólidos são todos os resíduos em estado sólido ou semi-sólido que resultam em atividade da comunidade (...), bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível* (TEIXEIRA & VALLE, 2002).

Segundo esta NBR, os resíduos podem ser classificados em:

- a) Classe I – Perigosos: São os resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
- b) Classe II - Não Inertes: São os resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I - perigosos ou na Classe III - inertes.
- c) Classe III - Inertes: São os resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, submetidos ao teste de solubilização (Norma NBR 10006 - “Solubilização de Resíduos - Procedimento”) não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões definidos na Listagem

8 - “Padrões para o teste de solubilização” da NBR 10004 (ANEXO I) (ROCCA, 1992).

Ficam então definidos os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.

O setor industrial utiliza-se dessa classificação, enquanto os serviços de saúde (dentro dos quais alguns setores de ensino e pesquisa se enquadram) são disciplinados em relação aos seus resíduos pela classificação adotada e baseada na Resolução nº 5 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que por sua vez, é fundamentada na NBR 10004 da ABNT.

Nesta resolução, os resíduos são assim agrupados:

- GRUPO A - resíduos biológicos ou contaminados por agentes biológicos;
- GRUPO B - resíduos químicos ou contaminados por químicos perigosos;
- GRUPO C - rejeitos radioativos;
- GRUPO D - resíduos comuns.

No caso das instituições de ensino e pesquisa, é necessário o conhecimento das duas classificações (NBR 10004 da ABNT e nº. 5 do CONAMA), já que existe a utilização de reagentes e produtos classificados como perigosos que geram resíduos também perigosos, perfeitamente enquadrados na Classe I, à semelhança de uma atividade industrial.

Para Silva (2003), as substâncias químicas podem ser agrupadas, segundo as suas características de periculosidade, em:

- Asfixiantes – substâncias que diminuem a concentração de oxigênio no ar (simples) ou impedem a chegada de oxigênio aos tecidos (químicos). Ex.: N₂, CO₂, He (simples), HCN, H₂S (químicos);
- Explosivas – substâncias que podem explodir sob o efeito de calor, choque ou fricção. Em alguns casos, certas substâncias podem reagir e formar misturas explosivas. Ex.: nitroglicerina, trinitrotolueno, isocianato de

mercúrio, tetrahidroresorcinol (usado em laboratório fotográfico) com metais;

- Comburentes (oxidantes) - substâncias que, em contato com outras substâncias, produzem reação fortemente exotérmica. Ex. solução sulfocrômica, solução sulfonítrica, permanganato de potássio;
- Inflamáveis – substâncias que apresentam baixos pontos de ignição e de ebulição. Ponto de ignição é a temperatura acima da qual uma substância desprende suficiente vapor para produzir fogo quando em contato com o ar e com uma fonte de ignição. A substância é considerada inflamável quando apresenta ponto de ignição entre 38 e 94 graus Celsius. Ex.: CO, HCN, acetaldeído, éter etílico;
- Tóxicas – substâncias que causam danos à saúde humana;
- Corrosivas – substâncias que, quando em contato com tecidos vivos ou materiais, podem exercer sobre eles efeitos destrutivos. Ex.: ácidos e bases, metais alcalinos, oxidantes;
- Irritantes – substâncias não corrosivas que, por contato com a pele ou mucosas, pode provocar reação inflamatória. Ex.: solventes orgânicos - hidrocarbonetos saturados, hidrocarbonetos aromáticos, halogenados;
- Danosas ao meio ambiente – substâncias que, apesar da baixa toxicidade ao homem, podem causar efeitos danosos ao meio ambiente, principalmente quando presentes em resíduos de laboratório;
- Carcinogênicas – substâncias que podem causar câncer no homem. Podem ser agrupadas em três classes: Classe I (efeito demonstrado através de estudos epidemiológicos de causa-efeito. Ex.: Benzeno); Classe II (provavelmente causam câncer no homem e toxicidade, em longo prazo, em animais. Ex.: formol); Classe III (suspeitas de causarem câncer no homem, não se dispõem de dados suficientes para comprovação de sua atividade carcinogênica em homens e animais. Ex.: brometo de etílico);

- Mutagênicas – substâncias que podem alterar o material genético de células somáticas ou reprodutivas;
- Teratogênicas – substâncias que podem produzir alterações no feto durante seu desenvolvimento intra-uterino; e
- Alergênicas – substâncias que causam alergias.

Dentre os resíduos de laboratório, estes podem ser classificados de forma geral em:

- Resíduos infectantes ou infecciosos: “são os resíduos contendo patógenos em quantidade e virulência tais que a exposição aos mesmos de um hospedeiro suscetível pode resultar em uma doença infecciosa” (DUGAN, 1992).
- Resíduos especiais: incluem os resíduos radioativos, farmacêuticos e químicos perigosos.
- Resíduos comuns: são os resíduos que, por suas características, se assemelham aos resíduos no domicílio das pessoas (TEIXEIRA & VALLE, 2002).

Outras classificações são apresentadas em caráter mais restrito como no caso da classificação feita pela Universidade Estadual Paulista (UNESP, 2003) que considera resíduo perigoso todo produto, substância ou mistura de substâncias, com potencial de causar danos a organismos vivos, materiais, estruturas ou ao meio ambiente, ou ainda, que possa tornar-se perigosa por interação com outros materiais.

1.2.1. A Problemática dos resíduos químicos:

Em relação aos resíduos químicos em geral, as indústrias são as maiores geradoras em termos de volume e periculosidade, onde a maior parte está concentrada no estado de São Paulo, considerada a região mais industrializada do país (PASSOS, PEREIRA & TOMICH, 1994). A esse respeito, uma estimativa alarmante da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduo (ABETRE, 2005) atesta que apenas 22% dos cerca de 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos gerados anualmente no país recebem tratamento adequado.

É também verossímil que a geração de resíduos não é exclusividade das indústrias, uma vez que em laboratórios de universidades, escolas, e institutos de pesquisa também são gerados resíduos de elevada diversidade e volume reduzido, que podem representar um por cento do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido (TAVARES & BENDASSOLLI, 2005).

Por outro lado, embora no âmbito global este seja um percentual pouco significativo, o efeito de uma carga poluidora (massa / unidade de tempo) depende do tipo de lançamento e da capacidade de depuração do corpo receptor, ou seja, embora em escala global a produção desses resíduos seja insignificante, estes descartes podem ter grande importância para ecossistemas locais (CONAMA, 2005).

A geração de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa no Brasil sempre foi um assunto muito pouco discutido. Na grande maioria das universidades, a gestão dos resíduos gerados nas suas atividades rotineiras é inexistente e, devido à

falta de um órgão fiscalizador, o descarte inadequado continua a ser praticado (JARDIM, 1998).

As universidades, como instituições responsáveis pela formação de seus estudantes e, conseqüentemente, pelo seu comportamento como cidadãos do mundo, devem estar conscientes e preocupadas com esse problema. As atividades de laboratório realizadas tanto em aulas experimentais ou atividades de pesquisa geram resíduos que podem oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde (AMARAL *et al*, 2001).

Lazaretti (1998) ressalta que as instituições de ensino não devem ignorar sua posição de geradora de resíduos, principalmente, por serem unidades formadoras de futuros profissionais.

Para Coelho (2001), estamos diante de um grave paradoxo: como formar profissionais conscientes do risco de sua atividade e aptos a contorná-los, se as instituições universitárias não se preocupam de maneira apropriada com a segurança nos laboratórios e com o descarte dos resíduos perigosos gerados ali?

Desta forma vem crescendo o interesse pela Química Verde, através da qual as universidades estão montando programas de gerenciamento de resíduos e assim gradualmente trocando processos tradicionais por tecnologias ambientalmente corretas (DEMAMAN *et al*, 2004).

1.2.2. Identificação e Rotulagem de Produtos Químicos e seus Resíduos:

Para que os materiais a serem descartados possam ser manipulados com segurança, tanto para operadores internos quanto para os procedimentos seguros de transporte e destinação final, são necessárias informações que podem constar num rótulo simples elaborado no próprio ambiente de trabalho ou a adoção de sistemas de identificação mais sofisticados e disponíveis na literatura específica (HIRATA & MANCINI-FILHO, 2002).

A ABNT criou a NBR 14725, válida desde 28.01.2002, que apresenta informações para a elaboração e o preenchimento de uma Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) ou *Material Safety Data Sheet* (MSDS) (ANEXO II). Esta ficha deve conter informações diversas sobre um determinado produto químico, quanto à proteção, segurança, saúde e meio ambiente. A FISPQ fornece, para esses aspectos, conhecimentos básicos sobre esses produtos químicos, recomendações sobre medidas de proteção e ações em situações de emergência.

De acordo com a NBR 14725, o fornecedor deve tornar disponível ao receptor / usuário uma FISPQ completa para cada substância ou preparo e tem o dever de manter a FISPQ sempre atualizada e tornar disponível ao receptor / usuário a edição mais recente.

Ainda conforme a NBR 14725, o usuário da FISPQ é responsável por agir conforme uma avaliação de riscos, tendo em vista as condições de uso do produto, por tomar as medidas de prevenção necessárias numa dada situação de trabalho e por manter os trabalhadores informados quanto aos perigos relevantes do seu local individual de trabalho.

Além das questões relativas à segurança, a identificação precisa é muito importante também para a adequação do material às normas impostas pelas empresas de incineração ou disposição final do resíduo ou ainda para envio a outras finalidades como recuperação, reciclagem, reutilização etc (HIRATA & MANCINI-FILHO, 2002).

A simbologia de risco adotada pelo *Hazardous Material Information System* (HMIS) da *National Fire Protection Association* (NFPA) dos Estados Unidos, cujo exemplo citado é conhecido também como Diagrama de Hommel, é considerada muito simples, informativa e de rápido entendimento.

O diagrama de Hommel consiste num losango dividido em quatro quadrados, cada um de uma cor e específicos para o registro da gradação de riscos, não informando qual é a substância química, mas indicando todos os riscos envolvendo o produto químico em questão (FIGURA 01). Essa rotulagem é utilizada tanto na classificação dos resíduos provenientes dos laboratórios, como para a identificação do produto após recuperação.



FIGURA 01 - Diagrama de Hommel.

O diagrama representa os riscos em termos de inflamabilidade (vermelho), riscos à saúde (azul), reatividade (amarelo) e informações especiais (branco). Os riscos são classificados de 0 a 4, segundo os critérios descritos no ANEXO III.

1.2.3. Recipientes de Coleta, Contenção e Apassivação:

Para coleta e armazenamento de resíduos químicos produzidos em laboratórios de ensino e pesquisa, é necessário dispor de recipientes de tipos e tamanhos adequados. Os recipientes coletores devem ser de material estável e com tampas que permitam boa vedação. Tais recipientes, além de apresentarem rótulos com caracterização detalhada de seu conteúdo (MERCK, 1996), devem ser classificados em:

- Recipiente A – recebe solventes e soluções orgânicas não halogenadas.
- Recipiente B – recebe solventes orgânicos e soluções orgânicas halogenadas. Não pode ser de alumínio.
- Recipiente C – recebe resíduos orgânicos sólidos embalados individualmente em frascos menores ou sacos plásticos, devidamente rotulados e separados por material absorvente, como vermiculite ou argila.
- Recipiente D – recebe soluções salinas com ajuste de pH entre 6 e 8, acondicionadas em frascos individuais, devidamente rotulados e separados por material absorvente, como vermiculite ou argila.

- Recipiente E – recebe resíduos inorgânicos tóxicos como sais de metais pesados e suas soluções acondicionadas em frascos individuais resistentes, bem vedados e claramente identificados.

1.2.4. Pré-requisitos para um programa de gestão de resíduos:

A implementação de um programa de resíduos exige antes de tudo mudança de atitudes e, por isso, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer a reeducação e uma persistência contínuas. Portanto, além da instituição, disposta a implementar e sustentar o programa, o aspecto humano é muito importante, pois o êxito depende muito da colaboração de todos os membros da unidade geradora (JARDIM, 1998).

Ainda segundo Jardim (1998), este programa deve contemplar dois tipos de resíduos: o ativo (gerado comumente nas atividades rotineiras da unidade geradora) e o passivo, que compreende todo aquele resíduo estocado, comumente não caracterizado (frasco sem rótulo). Ressalta-se, no entanto, que a maioria das universidades não dispõe do passivo, o que facilita o estabelecimento de um programa de gerenciamento, mas por outro lado, mostra o descaso com que o assunto vem sendo tratado até os dias atuais.

No caso de uma universidade, que realiza ensino e pesquisa, deve-se dividir o programa de gerenciamento em duas etapas, enfocando primeiramente os resíduos (ativos) das atividades de ensino (aulas práticas de laboratório), uma vez que esses são mais facilmente inventariados, caracterizados e gerenciados. Após isso, o

programa de gerenciamento pode ser expandido para os laboratórios de pesquisa, onde há uma maior variação na natureza e quantidade dos resíduos gerados (TAVARES & BENDASSOLLI, 2005).

Independente de qual das atividades geradoras de resíduo (ensino ou pesquisa) sejam abordadas, um programa de gerenciamento deve sempre adotar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo é responsável pelo mesmo, e tendo em meta os princípios da Química Verde, deve-se praticar a seguinte hierarquia de atividades (AFONSO *et al*, 2003):

- Prevenção na geração de resíduos (perigosos ou não);
- Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados;
- Segregar e concentrar correntes de resíduo, de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora;
- Reuso interno ou externo;
- Reciclar o componente material ou energético do resíduo;
- Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento;
- Tratar e dispor o resíduo de maneira segura.

1.2.5. Procedimentos Gerais para o Tratamento de Resíduos:

A geração de resíduos perigosos precisa ser evitada, porém, quando isso não é possível, devem-se buscar meios de minimizar os efeitos nocivos por meio de desativação ou reciclagem (ALLOWAY & AYRES, 1997). Os processos utilizados (MANAHAN, 1997) são:

- Métodos Físicos:

- Fase separação (filtração / sedimentação);
- Fase transição (destilação, evaporação);
- Fase de transferência (extração, adsorção);
- Cristalização.

- Métodos Químicos:

- Ácido / base (neutralização);
- Precipitação química;
- Eletrólise.

- Tratamentos Térmicos:

- Incineração;
- Incineração no mar;
- Plasma térmico
- Sais difundidos;
- Água superaquecida.

- Métodos Biológicos:

- Depósitos no oceano;
- Depósito perpétuo;
- Aterros sanitários.

1.3. O que já foi feito na UFC?

Segundo Vasconcellos (2004), o sistema de limpeza do *Campus* do PICI ainda não contempla a coleta, tratamento e disposição diferenciados para os resíduos perigosos, gerados nos seus diversos laboratórios, ficando a cargo dos próprios pesquisadores e usuários a solução do problema, que acaba por gerar um percentual de 68% de laboratórios emissores de algum tipo de substância perigosa. Uma observação rápida permite constatar uma maior incidência no uso de acetona, álcool metílico, clorofórmio e formaldeído. Os outros reagentes químicos ocorrem com uma frequência inferior a 10%, com exceção do éter etílico (11%).

Os departamentos de Bioquímica, Biologia e Química aparecem como aqueles onde se observa uma maior frequência na geração e descarte de substâncias químicas perigosas, com, respectivamente, 22,41%, 13,79% e 10,34%, seguidos da Física, Engenharia Química e Ciências do Solo, com frequência de ocorrência de 6,89%.

2. JUSTIFICATIVA:

No atual cenário, em que vários segmentos da sociedade vêm cada vez mais se preocupando com a questão ambiental, as universidades não devem mais ignorar sua posição de geradora de resíduos, mesmo porque esta atitude fere frontalmente o papel que a própria universidade desempenha como formadora de cidadãos. Este trabalho tem por objetivo otimizar o inventário de resíduos do *Campus* do Pici da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza - CE), através do detalhamento da quantificação e qualificação dos resíduos químicos gerados em duas unidades deste *campus*, previamente apontados como emissoras significativas de resíduos químicos (VASCONCELLOS, 2004)

3. OBJETIVOS:

3.1. Objetivos Gerais:

O presente trabalho tem por objetivo realizar o detalhamento qualitativo e quantitativo da destinação dos resíduos químicos gerados nos laboratórios do Departamento de Biologia e em alguns laboratórios voluntários do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular (DBBM) da Universidade Federal do Ceará, assim como, avaliar a real necessidade da criação de um programa de gerenciamento de resíduos e/ou uma estação de armazenamento ou tratamento para os resíduos destes departamentos, bem como realizar um trabalho de conscientização e se possível, proporcionar uma nova visão para o destino desses resíduos, evitando o seu despejo por métodos não adequados.

3.2. Objetivos Específicos:

- Realização de levantamento dos laboratórios existentes que produzem resíduos químicos no Departamento de Biologia e DBBM do *Campus* do Pici da UFC;

- Realização de levantamento qualitativo do uso das principais substâncias e reagentes utilizados nos laboratórios escolhidos do Departamento de Biologia e do DBBM da UFC;

- Avaliação do nível de conhecimento dos professores dos departamentos quanto à periculosidade da manipulação destes resíduos e da emissão para o ambiente, bem como a forma correta de descarte destes;

- Realização do levantamento quantitativo dos reagentes utilizados que podem gerar resíduos químicos nos laboratórios avaliados;

- Avaliação da necessidade de tratamento desses resíduos ou dos efluentes laboratoriais e de um programa de gerenciamento de resíduos nos departamentos abordados;

- Avaliação da disponibilidade dos usuários sobre a possibilidade de implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos gerados pelos departamentos avaliados;

- Promoção do avanço do conhecimento da comunidade universitária sobre os riscos que, tanto as pessoas como o ambiente, correm caso haja um acondicionamento ou um descarte incorreto destes resíduos através da elaboração de um folheto educativo;

- Repasse às autoridades responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos da UFC, dos resultados deste projeto, para auxiliar o gerenciamento desta atividade na UFC.

4. METODOLOGIA:

Foi realizado o levantamento dos laboratórios geradores de resíduos, pertencentes ao Departamento de Biologia e ao DBBM da UFC.

Para a elaboração do levantamento da situação da produção dos resíduos dos referidos laboratórios, foi necessária, inicialmente, uma avaliação feita através de informações obtidas junto a professores, no intuito de conhecer os problemas mais significativos existentes quanto à produção de resíduos químicos, e a partir destas informações, foi elaborado e aprimorado um questionário (ANEXO IV) para avaliar de que forma os professores, técnicos e responsáveis pelos laboratórios dos Departamentos de Biologia e DBBM estão tratando os resíduos químicos, de forma a qualificar e quantificar a produção destes.

No Departamento de Biologia foram aplicados questionários nos 08 (oito) laboratórios existentes, enquanto que no DBBM, foram aplicados 09 (nove) questionários, que representam 50% do número total de laboratórios neste departamento, sendo estes, sorteados aleatoriamente.

Esta subamostragem se deve a otimização da disponibilidade de tempo para a realização deste trabalho.

O questionário foi entregue a cada um dos coordenadores dos laboratórios, com a apresentação dos objetivos deste trabalho e, em seguida, marcava-se a data para a entrega das respostas do questionário. Não foi possível a aplicação do questionário diretamente pelo entrevistador, pois a disponibilidade de tempo dos professores era limitada.

Foi também avaliado se o laboratório realizava aulas para a graduação ou se somente pesquisa, com o intuito de obter uma quantificação dos resíduos produzidos pelo laboratório, o mais exata possível.

Após a aplicação deste questionário, foi feita uma medida do percentual sobre as respostas para cada uma das perguntas, na busca dos dados que corroborassem a necessidade de uma maior atenção aos resíduos químicos produzidos pelos departamentos estudados.

A análise dos principais resíduos produzidos gerou informações para a elaboração de uma cartilha para os professores e pesquisadores, informando o risco de manipulação e descarte dos resíduos químicos (ANEXO V).

A partir da análise de resíduos gerados, foram sugeridas soluções práticas, tendo em vista a administração geral de resíduos químico gerados no *Campus* do Pici da UFC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

5.1 Levantamento dos laboratórios existentes e da qualidade de resíduos gerados:

Foi realizado o levantamento dos laboratórios pertencentes ao Departamento de Biologia e ao DBBM da UFC.

O Departamento de Biologia possui doze laboratórios, dos quais oito trabalham diretamente com reagentes químicos, enquanto que DBBM possui dezoito laboratórios, onde todos trabalham com estes reagentes.

O levantamento realizado com a aplicação dos 17 questionários mostrou que os resíduos químicos gerados em diversas atividades realizadas no Departamento de Biologia e no DBBM da UFC são principalmente resultantes do uso de 10 reagentes mais comumente utilizados nos laboratórios, embora tenham sido apontados 69 reagentes diferentes, sendo citados 133 vezes (TABELA 01).

O álcool etílico foi o mais citado com 7,52% do total de citações, seguido em segundo lugar pelo ácido sulfúrico e pela acrilamida com um total de 5,26% do total de citações. A seguir, encontra-se uma faixa de ácidos inorgânicos (4,57% do total de citações), solventes orgânicos (4,51 a 3,01% do total de citações) e sais variados e outros reagentes, que apresentam desde 3,01% do total de citações a valores decrescentes, ou seja, através da análise da TABELA 01, observa-se uma grande variabilidade da qualidade destes reagentes, o que dificulta a estocagem e o tratamento destes resíduos para posterior despejo.

Item	Reagentes citados	Nº de citações	%
01	Álcool Etílico	10	7,52%
02	Acido Sulfúrico	7	5,27%
03	Acrilamida	7	5,27%
04	Acido Acético	6	4,51%
05	Acido Clorídrico	6	4,51%
06	Formol	6	4,51%
07	Acetona	4	3,01%
08	Álcool Metílico	4	3,01%
09	Cloreto de Sódio	4	3,01%
10	Tris	4	3,01%
11	Hidróxido de Sódio	3	2,26%
12	Hipoclorito de Sódio	3	2,26%
13	Sulfato de amônia	3	2,26%
14	Glicina	3	2,26%
15	Beta-mercaptoetanol	2	1,51%
16	Brometo de Etídio	2	1,51%
17	Fenol	2	1,51%
18	Fosfato de Potássio	2	1,51%
19	Fosfato de Sódio	2	1,51%
20	Hexano	2	1,51%
21	TEMED	2	1,51%
22	Xilol	2	1,51%
23	Ácido bórico	1	0,75%
24	Ácido fosfórico	1	0,75%
25	Ácido oxálico	1	0,75%
26	Ácido pícrico	1	0,75%
27	Álcool isoamílico	1	0,75%
28	Azida sódica	1	0,75%
29	Azul coomassie	1	0,75%
30	Bis-acrilamida	1	0,75%
31	Bissulfito de sódio	1	0,75%
32	Bórax	1	0,75%
33	Carbonato de sódio	1	0,75%
34	Catecol	1	0,75%

Item	Reagentes citados	Nº de citações	%
35	Cianeto de hidrogênio	1	0,75%
36	Citrato de sódio	1	0,75%
37	Cloreto de magnésio	1	0,75%
38	Cloreto de potássio	1	0,75%
39	Clorofórmio	1	0,75%
40	Duodecil	1	0,75%
41	Entelan	1	0,75%
42	Éter	1	0,75%
43	Formamida	1	0,75%
44	Glicerina	1	0,75%
45	Glutaraldeído	1	0,75%
46	Guaiacol	1	0,75%
47	Isopropanol	1	0,75%
48	Manitol	1	0,75%
49	Mentol	1	0,75%
50	Nitroprussiato de Na e K	1	0,75%
51	Oligomicina	1	0,75%
52	Parafina histológica	1	0,75%
53	Paraformaldeído	1	0,75%
54	Peróxido de hidrogênio	1	0,75%
55	Persulfato de amônio	1	0,75%
56	Petróleo	1	0,75%
57	Poliacrilamida	1	0,75%
58	Propilgalato	1	0,75%
59	Querosene	1	0,75%
60	Rosa bengala	1	0,75%
61	salicilato de sódio	1	0,75%
62	Selênio metálico	1	0,75%
63	Sephadex	1	0,75%
64	Sulfato de potássio	1	0,75%
65	Sulfato de sódio	1	0,75%
66	Tampão Fosfato	1	0,75%
67	Timol	1	0,75%
68	Tiosulfato de potássio	1	0,75%
69	Tween – 20	1	0,75%
Total de citações		133	100%

Tabela 01 – Reagentes citados e número de citações por reagentes, obtidos a partir do questionário respondido por professores do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

Entre outros também citados, podemos dar atenção a alguns reagentes mais preocupantes como o formol e a acrilamida, já que em 1995, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) classificou o formol como sendo carcinogênico para

humanos, tumorigênico, teratogênico por produzir efeitos na reprodução para humanos. Em estudos experimentais, demonstraram ser também perigosos para algumas espécies de animais (INCA, 2006).

Quanto à acrilamida, há indícios de ser carcinogênica, severamente neurotóxica, causar irritação dos olhos, pele (pode ser imediatamente absorvida) e trato respiratório (CISQ, 2006).

Dentre os 69 reagentes (TABELA 01), pode-se observar que há 47 reagentes que foram citados no questionário pelo menos uma vez, mostrando que a grande variedade de elementos citados, presentes nas rotinas destes laboratórios, corresponde pela maior parte dos resíduos químicos gerados. Entre estes, podemos citar: o brometo de etídeo, uma substância intercalante de alta toxicidade e mutagenicidade, que revela os ácidos nucléicos ao fluorescer sob luz ultravioleta (WHITE *et al.*, 1998); o hexano pode causar infertilidade, é prejudicial quando inalado, irritante, pode causar depressão do sistema nervoso central, além de ser altamente inflamável; o ácido pícrico é um composto altamente explosivo e irritante para olhos, pele e aparelho respiratório. A inalação do pó pode causar danos aos pulmões. Exposição prolongada pode causar danos aos rins e fígado (PTCL, 2006); o cianeto pode ser fatal se ingerido, inalado ou absorvido pela pele, sendo a ingestão de uma dose de 0,5 a 1mg suficiente para matar instantaneamente um adulto. O contato com ácidos libera gás extremamente tóxico, causa queimaduras à pele, olhos e trato respiratório. Afeta o sangue, os sistemas cardiovascular e nervoso central e a tireóide (CISQ, 2006).

Para que não ocorram acidentes, estes reagentes devem ser manuseados com cuidado e quando da inutilização, posteriormente dispostos de maneira segura e

adequada. E para orientação relativa a esses cuidados, existem as fichas de segurança (FISPQ / MSDS) dos reagentes químicos criadas pela NBR 14725.

5.2 Avaliação do conhecimento sobre o risco de manipulação e despejo de resíduos químicos:

Sobre o conhecimento da existência das FISPQs, 47,06% da comunidade abordada através dos questionários não tem conhecimento das fichas de informação que são grandes aliadas em casos de acidente e no auxílio da correta estocagem de reagentes, o que permite constatar que não há, nestes laboratórios, manual para caso aconteça algum acidente ou informação para o descarte correto destes resíduos.

Em seguida, avaliando-se o conhecimento dos procedimentos de descarte dos produtos químicos utilizados pelos funcionários, observou-se que 52,95% dos entrevistados declararam que possuíam esse conhecimento. Entretanto, no questionamento seguinte, ao serem indagados se o laboratório estava apto a realizar os procedimentos corretos de descarte destes resíduos, cerca de 70,59% dos entrevistados declarou que os funcionários, técnicos e estagiários não estão aptos a realizar corretamente estes procedimentos. Este é um dado preocupante, visto que aponta para a possibilidade de ocorrência de acidentes por manipulações inadequadas de resíduos químicos bem como para descartes inadequados para o meio ambiente.

Houve também a preocupação no questionamento da forma que estavam sendo descartados os resíduos químicos. Em geral, foi observado que 54,16% dos resíduos são descartados em pia e outros 16,67% são descartados em solo (Figura - 02).

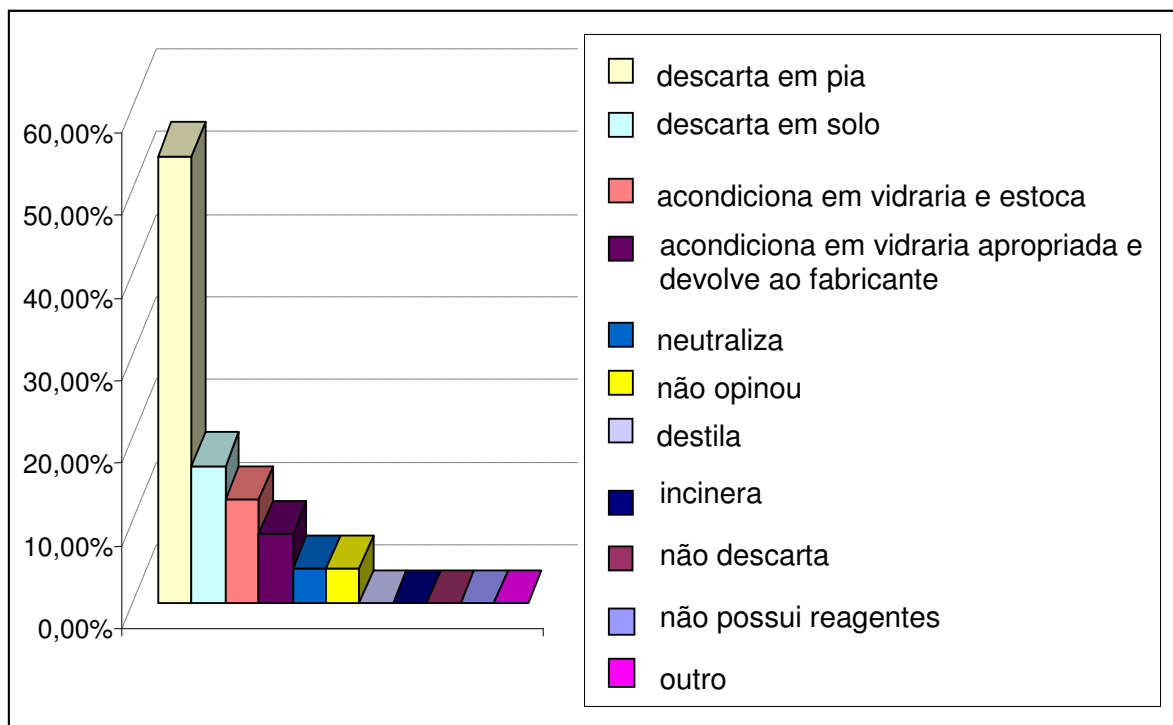


FIGURA 02: Forma de descarte dos resíduos químicos citados, feita pelos laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

Segundo CISQ (2006), para um reagente não ser descartado em pia, o laboratório deve observar os seguintes parâmetros:

- toxicidade (aguda e crônica), inflamabilidade e reatividade, além da quantidade e concentração;

- compostos de características ácido - base pronunciadas ($\text{pH} < 6$ ou $\text{pH} > 8$) deverão ser neutralizados antes do descarte;

- compostos com odor forte devem ser neutralizados / destruídos, diluídos pelo menos 1000 vezes com água e depois descartados sob água corrente;

Os orgânicos que podem ser descartados diretamente em pia são:

- Álcoois com menos de 5 carbonos
- Dióis com menos de 8 carbonos
- Glicerol
- Açúcares
- Aldeídos alifáticos com menos de 7 carbonos
- Amidas: R-CONH₂ e R-CONH-R c com menos de 5 carbonos
- R-CON-R₂ c/ menos de 11 carbonos
- Aminas alifáticas com menos de 7 carbonos
- Ácidos carboxílicos com menos de 6 carbonos e seus sais de NH₄⁺, Na⁺ e K⁺
- Ésteres com menos de 5 carbonos
- Cetonas com menos de 6 carbonos

Os inorgânicos que podem ser descartados diretamente em pia são:

- Cátions: Al (III), Ca (II), Cu (II), Fe (II), Fe (III), Li (I), Mg (II), Na (I), NH₄⁺, Sn (II), Sr (II), Zn (II), Zr (II).

- Ânions: BO₃³⁻, B₄O₇²⁻, Br⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, HSO₃⁻, I⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, SCN⁻, SO₃²⁻, OCN⁻

Apesar do fosfato (PO₄³⁻) não ter toxicidade pronunciada seu descarte na pia deve ser visto com muito cuidado por seu potencial eutrofizante nos corpos d'água.

Avaliados os reagentes da TABELA 01, verifica-se que aproximadamente 40% enquadram-se na classe dos reagentes que podem ser descartados em pia.

Como foi dito, a água é um fator importante no momento do descarte, servindo para diluir os reagentes, e diminuindo seu impacto tanto nas instalações hidráulicas das universidades como também seu impacto no meio ambiente. Entretanto, o artigo

30 do capítulo IV das condições e padrões de lançamento de efluentes da resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA diz que: “*no controle das condições de lançamento, é vetada, para fins de diluição antes de seu lançamento, a mistura de efluentes com água de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação*”.

Assim, quando perguntado aos laboratórios sobre a presença e funcionamento de destiladores nos laboratórios visitados, foi obtido que 70,59% dos laboratórios possuem um destilador em suas dependências e que 58,83% destes destiladores estão funcionando diariamente, ou seja, água que é diariamente desperdiçada, poderia ser reciclada, e quando saturada em sais, poderia ser aproveitada nos processos de diluição e neutralização de reagentes utilizados nos laboratórios (FIGURA 03).

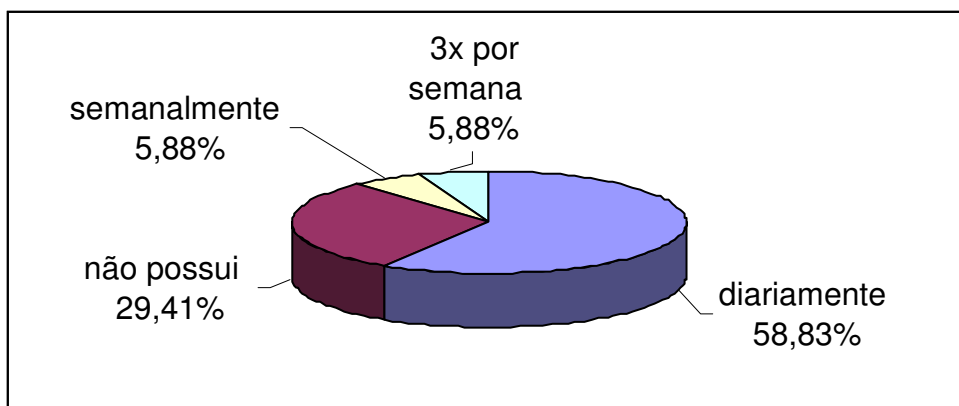


FIGURA 03: Avaliação da frequência de uso dos destiladores em laboratórios do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

Em seguida, foi perguntado se os laboratórios possuem algum tipo de problema com estoque de resíduos com data de validade vencida em suas dependências e 64,71% afirmaram que possuíam problemas com armazenamento. Estes problemas

foram citados na pergunta subsequente, onde 50% dos laboratórios afirmaram que o maior problema está na falta de destinação adequada, seguido por 18,75% apontando falta de espaço e toxicidade elevada (FIGURA 04). Estes dados podem mostrar uma possível necessidade dos departamentos de Biologia e do DBBM possuírem um local adequado para armazenar estes resíduos corretamente, de forma controlada e segura, até que possam ser enviadas para uma estação de tratamento e descarte, sugerindo-se para isso obediência às normas da ABNT e da NBR 14725 e o uso de recipientes adequados (MERCK, 1996).

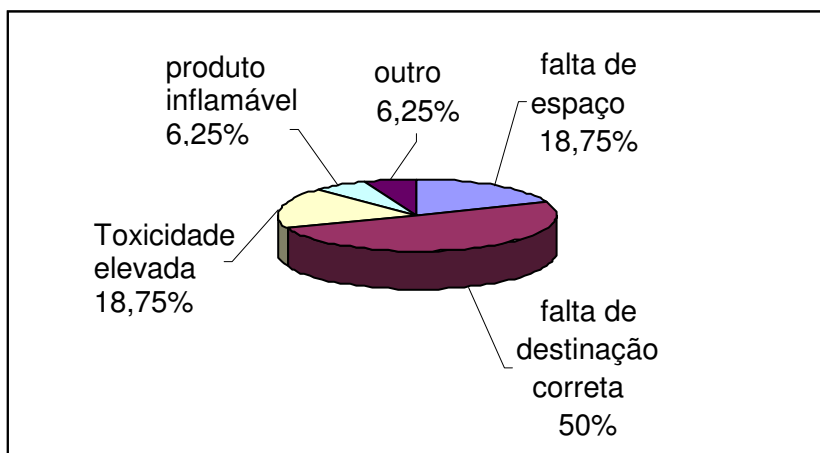


FIGURA 04: Problemas relacionados à estocagem e destinação dos resíduos químicos dos laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

A figura 05 mostra que os laboratórios, quando cientes dos riscos que certos reagentes causam ao meio ambiente, possuem a preocupação em estocá-los, mesmo pondo a sua segurança em risco, uma vez que 36,37% dos questionários acusam que os reagentes são dispostos em vidraria apropriada e estocados e 22,73% dos laboratórios não descartam estes resíduos.

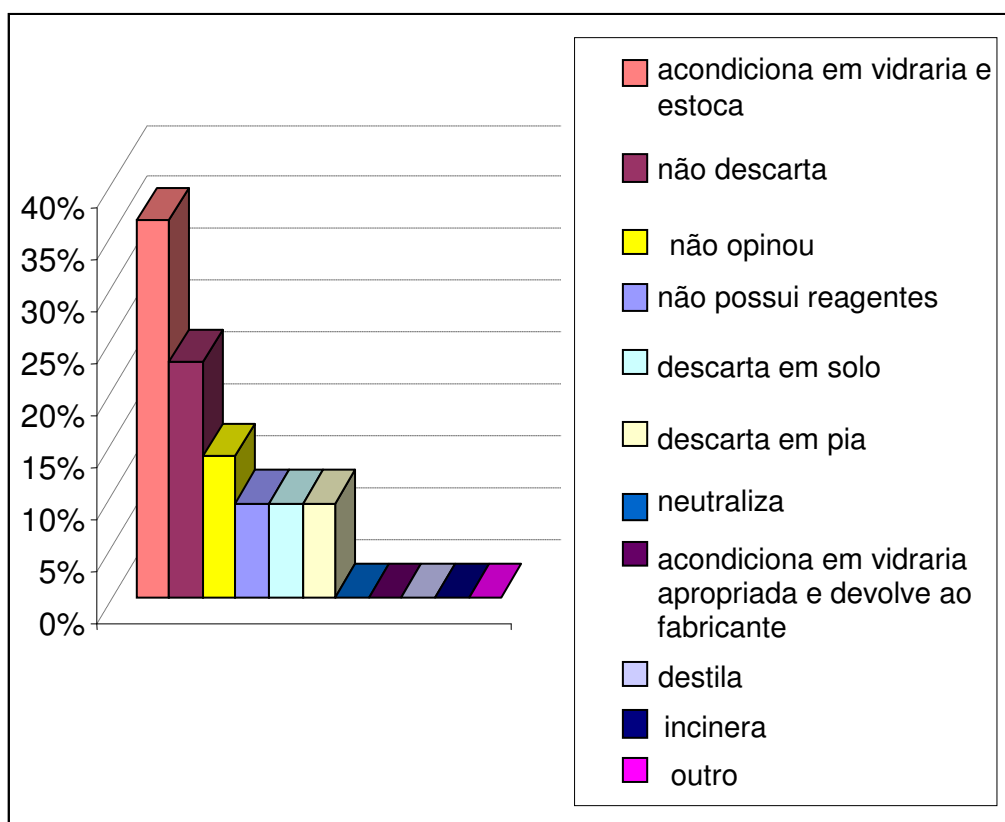


FIGURA 05: Formas de estocagem e descarte dos resíduos químicos resultantes do vencimento de reagentes, citadas pelos laboratórios do Departamento de Biologia e DBBM da UFC

Como já citado por JARDIM (1998), um programa de gerenciamento deve contemplar dois tipos de resíduos: o ativo (gerado comumente nas atividades rotineiras da unidade geradora) e o passivo, que compreende todo aquele resíduo estocado, comumente não caracterizado (frasco sem rótulo). Nos departamentos avaliados neste trabalho, foi observado que 47,06% dos laboratórios possui resíduos passivos, o que pode indicar que quase metade dos pesquisadores ainda estoca estes resíduos nos locais de aula e pesquisa, mesmo que ele não esteja identificado, causando sérios riscos de exposição, contaminação, entre outros.

A partir desta informação, foi questionada a forma como os laboratórios descartam seu passivo ambiental e o observado dentre as opções de resposta

fornechas foi que a grande parte dos rejeitos ou é descartada, ou é armazenada, não sendo utilizado nenhum outro método prévio de tratamento para descarte, como neutralização, destilação, incineração ou outro. Cerca de 26,08% dos laboratórios descarta seu resíduo, sem nenhuma identificação e tratamento, pia abaixo e 13,05% descarta seu resíduo sem tratamento diretamente em solo (FIGURA 06).

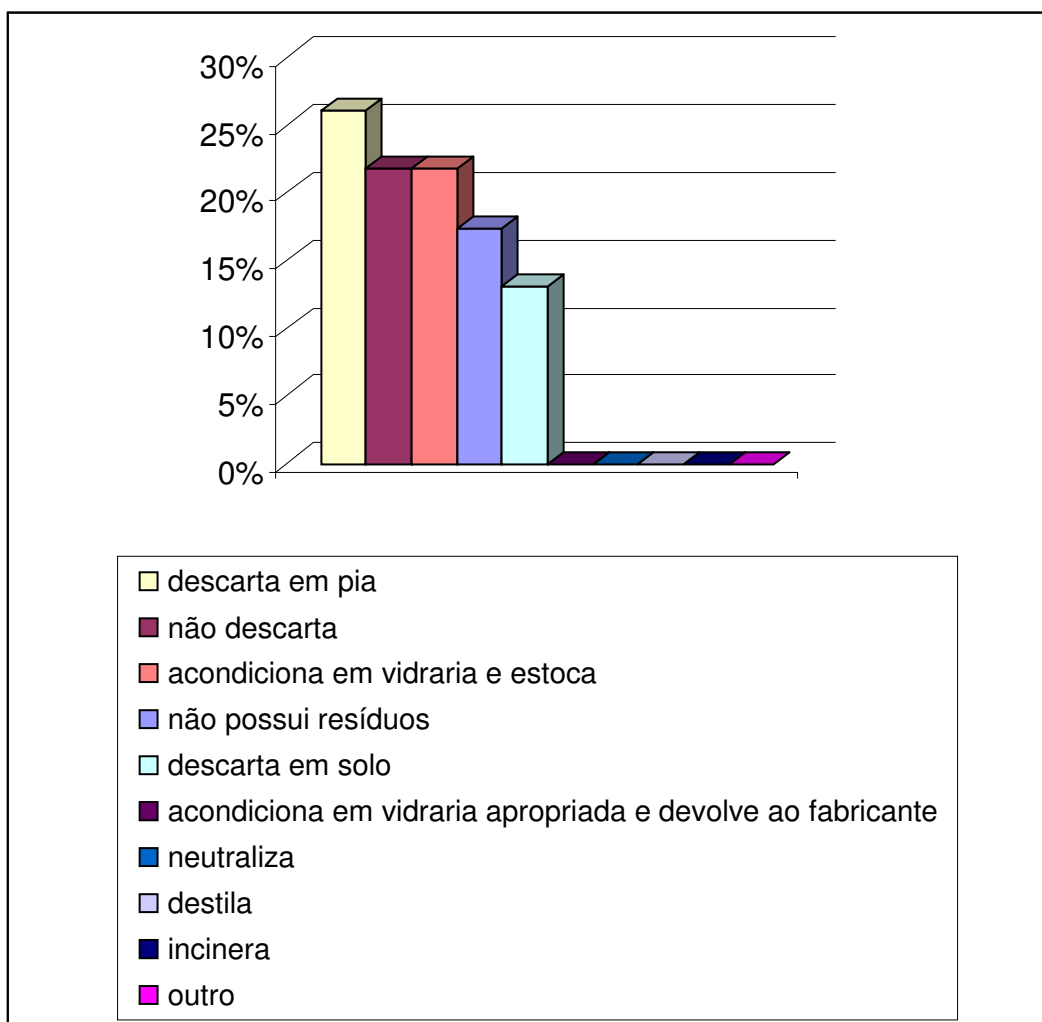


FIGURA 06: Formas de estocagem e descarte de passivo ambiental, citadas pelos laboratórios entrevistados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC

É importante salientar que o *Campus do Pici* se situa ao lado do Açude Santo Anastácio, que por sua vez, serve como fonte de alimento na forma de peixes para as

comunidades carentes que habitam no entorno do *Campus*. Assim o descarte descontrolado de reagentes no solo pode causar uma contaminação do lençol freático, ou através da lavagem dos solos, contaminar o açude, a flora e a fauna nele presente.

Além dos resíduos passivos, também houve a preocupação de realizar uma avaliação detalhada do descarte dos reagentes tóxicos. A FIGURA 07 diz que 35% dos resíduos tóxicos são acondicionados em vidraria e estocados, quase sempre nas dependências dos laboratórios. No caso de não haver esta estocagem, 25% dos entrevistados afirmam descartar em pia, os reagentes tóxicos que utilizam em seus laboratórios.

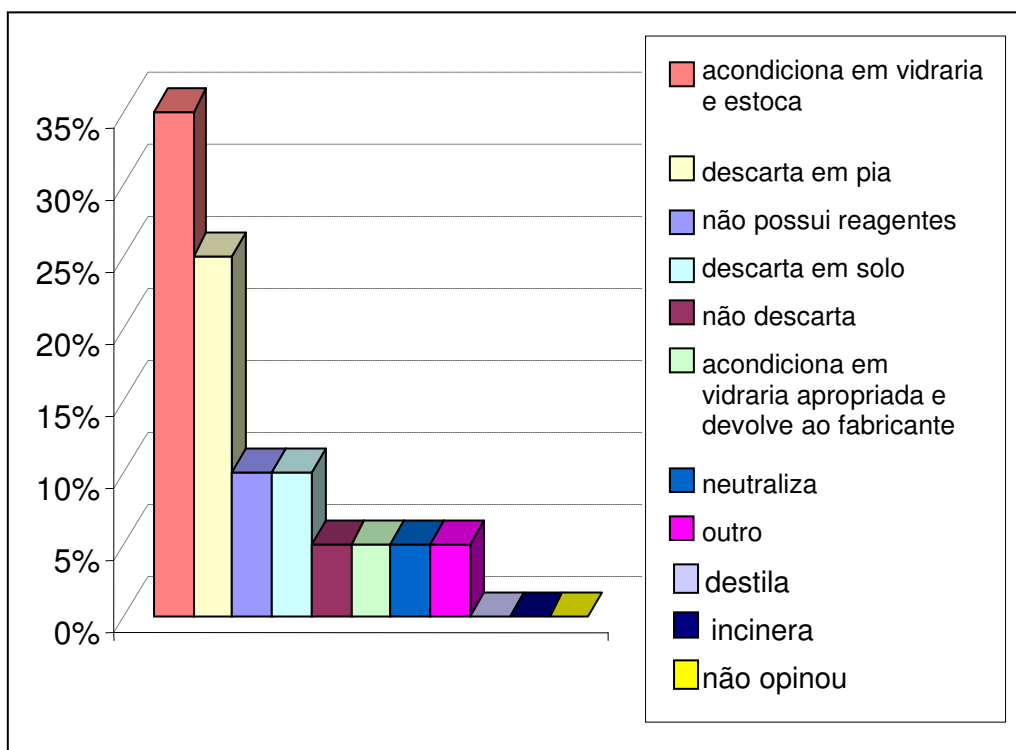


FIGURA 07: Formas de descarte dos resíduos químicos tóxicos dos laboratórios entrevistados no Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

Os reagentes tóxicos mais citados estão apresentados na FIGURA 08.

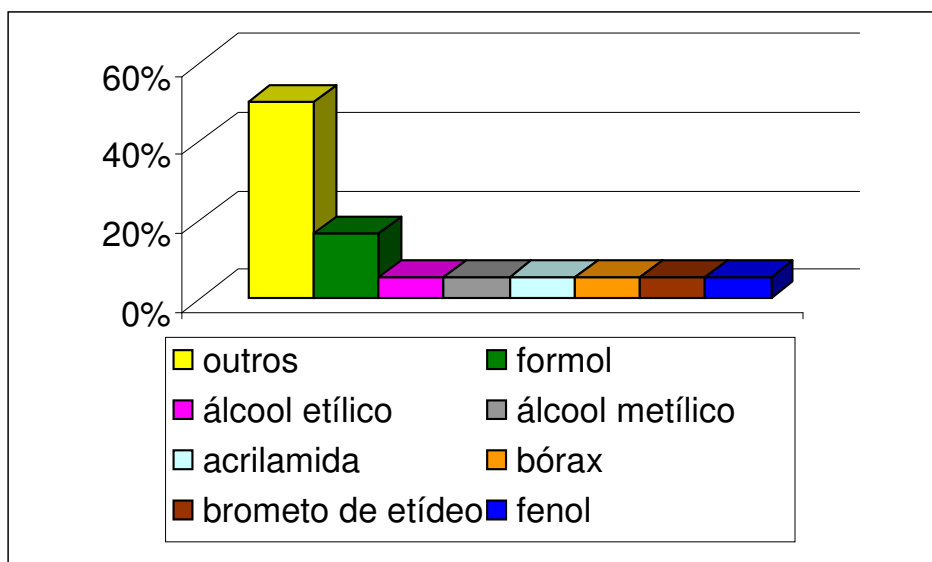


FIGURA 08: Reagentes tóxicos mais citados por professores entrevistados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC.

5.3 Levantamento quantitativo de resíduos químicos produzidos nos laboratórios avaliados

Para concretizar o levantamento quantitativo, foi feita uma visita à secretaria do departamento, na busca de dados que pudessem elucidar este levantamento. As informações foram obtidas através de consulta aos documentos de requisição da secretaria e os dados obtidos estão ilustrados na TABELA 02. O questionamento direto feito nos laboratórios não gerou informações neste estudo.

Estes dados são referentes ao último pedido de reagentes solicitado ao Departamento de Biologia por professores, datado de abril de 2005 e até a presente data de elaboração desta monografia nenhum outro pedido foi feito. Entretanto, é sabido que vários professores utilizam reagentes adquiridos através de projetos de

pesquisas e de prestação de serviços para complementar o material fornecido pelo MEC. Não obstante, neste projeto não foi quantificada essa parcela.

Reagente	Quantidade
Soro Fetal Bovino	01 frasco
Álcool Etílico	04 litros
Xilol 1000mL	02 litros
Cloreto de Sódio 500g	01 frasco
Citrato de Sódio 500g	02 frascos
Carbonato de Sódio 500g	01 frasco
Dicromato de Sódio 500g	01 frasco
Cloreto de Cálcio 500g	01 frasco

TABELA 02 – Quantitativo dos reagentes solicitados pelos professores para aulas práticas de disciplinas, fornecidos pela secretaria do Departamento de Biologia da UFC para o ano de 2005.

No questionário, foi perguntado aos pesquisadores se os seus laboratórios utilizam reagentes em aulas práticas ministradas para a graduação, uma vez que segundo JARDIM (1998), deve-se começar um programa de gerenciamento enfocando, primeiramente, os resíduos gerados nas atividades de ensino. O resultado mostrou que 41,17% dos laboratórios realiza aulas práticas com reagentes, sendo que as disciplinas ofertadas só utilizam reagentes para fixar material de ensino, como algas e animais, ou para preparação de lâminas permanentes, sendo esses pouco consumidos pelos laboratórios, uma vez que preparados os exemplares estes permanecem estocados por longos períodos.

Na busca de detalhar este quantitativo, foi perguntado em quais práticas os reagentes são utilizados. As práticas citadas foram das disciplinas: Laboratório em Bioquímica; Embriologia e Histologia Animal (técnicas de preparação de material histológico); Botânica I (macroalgas); Microbiologia (provas bioquímicas de identificação de bactérias); Zoologia I, II e III (conservação de peças e animais) e

Métodos em Biologia (preparo de soluções químicas e determinação de concentração de proteínas).

Sobre os laboratórios, quando argüidos sobre a realização de controle quantitativo do consumo destes produtos, surpreendente parcela de 58,83% não respondeu ao questionário, enquanto que somente 23,53% respondeu que sim e 17,64% respondeu que não realiza nenhum controle quantitativo destes reagentes (FIGURA 09).

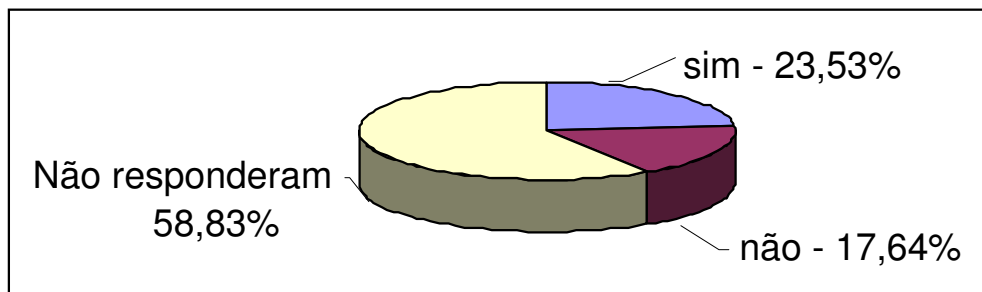


FIGURA 09: Laboratórios avaliados no Departamento de Biologia e DBBM as UFC que realizam controle quantitativo de consumo de reagentes químicos.

Desta forma, observa-se que não há otimização dos custos dos gastos feitos pelas disciplinas citadas nem preocupação sobre o controle do uso, o que dificulta metas de minimização deste uso e economia de recursos dos departamentos avaliados.

5.4 Avaliação da disponibilidade dos usuários sobre a possibilidade de implementação de um programa de gerenciamento:

Sobre a possibilidade de implementar uma avaliação deste quantitativo durante seis meses (01 semestre) na FIGURA 10, observa-se que 58,83% dos laboratórios se

mostrou disponível a realizar este levantamento, enquanto que 29,41% dos pesquisadores disseram ainda não estarem preparados para este tipo de trabalho. Curiosamente, 11,76% dos laboratórios se recusou a responder a questão. Estes resultados demonstram que os professores e pesquisadores estão disponíveis para um levantamento quantitativo, mas também, parte destes laboratórios necessitaria de um treinamento para participar de um levantamento desta natureza.

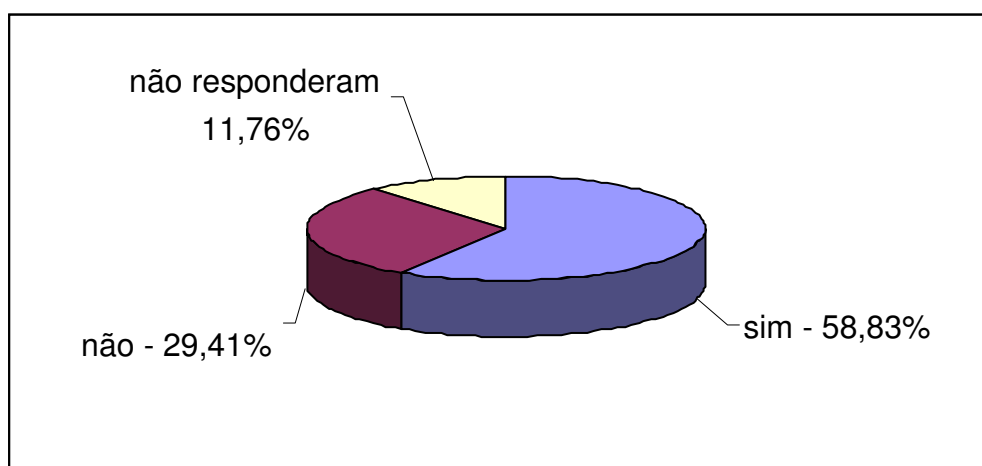


FIGURA 10: Laboratórios avaliados do Departamento de Biologia e DBBM da UFC que estariam dispostos a realizar um levantamento quantitativo dos reagentes utilizados tanto em aulas de graduação (caso possua) quanto na área de pesquisa, por um período de seis meses.

As perguntas seguintes foram subjetivas, com o objetivo de coletar opiniões dos professores sobre a produção, estocagem e destino dos resíduos químicos produzidos pelos laboratórios avaliados. A primeira pergunta foi: *Você acha necessária a criação de uma estação de tratamento específica para quais tipos de compostos químicos?* Entre as respostas, podemos destacar:

“- é uma necessidade imediata, principalmente para resíduos tóxicos e cancerígenos (brometo de etídeo, por exemplo) e solventes orgânicos (clorofórmio e

hexano, por exemplo) e neurotóxicos (poliacrilamida)”, ou: “- aqueles que são tóxicos para humanos e animais a baixas concentrações”, ou ainda: “- acho que a UFC deveria ter maior controle do que mais é utilizado nos laboratórios para estabelecer estações adequadas para esses produtos”.

Com estas respostas, pode-se aferir que os professores têm preocupação em relação a certos reagentes conhecidamente perigosos e tóxicos e têm conhecimento de que estes produtos precisam de uma destinação especial, já que estes podem causar riscos à saúde, acidentes e contaminação do meio ambiente.

Finalmente, quando perguntado aos professores que sugestões eles dariam para um melhor gerenciamento dos resíduos do Departamento de Biologia e do DBBM da UFC, alguns professores acreditam que o gerenciamento de resíduos não é de sua competência, sendo uma responsabilidade da UFC, enquanto outros acreditam ser atribuição de que cada responsável por laboratório seja também responsável por seu resíduo, dando a ele destino adequado. Algumas sugestões são bastante interessantes como, por exemplo:

“- Criar um comitê responsável em cada departamento. Todo laboratório deveria ter um fichário contendo as informações de cada produto químico (fichas SMDS). A UFC deveria, a exemplo de outras instituições, criar programas de gerenciamento de resíduos”;

“- criação de depósitos adequados para cada reagente e coleta destes dejetos periodicamente pelo órgão competente”;

“- curso sobre o manuseio e descarte de produtos químicos. Sistemática de recolhimento e tratamento destes produtos incluindo pilhas (baterias) e outros itens potencialmente contaminantes”;

“- cursos, estação de tratamento, usina de incineração”;

“- que fosse feita uma ampla campanha de divulgação de métodos de acondicionamento e destinação de substâncias tóxicas tanto para estudantes quanto para professores e técnicos. Que tivéssemos mais pessoal técnico e com qualificação para o trabalho. Que tivesse uma equipe de biossegurança, não somente nomeada, mas efetivamente em ação de orientação e fiscalização. Que discutíssemos (toda a comunidade acadêmica, de quem faz pesquisa) urgentemente a questão ambiental que nós, como profissionais, estamos contribuindo para a degradação ambiental, qual a nossa parcela de contribuição nesse processo”;

“- é necessária uma estação de tratamento e também se faz urgente retirada dos resíduos dos laboratórios para serem destinados aos tratamentos adequados. Caso não possa dar um destino adequado com a devida urgência, é necessária a criação de um espaço para que se possam estocar esses produtos, em local fora dos laboratórios e de forma mais segura”.

5.5 Formulação de folheto esclarecedor sobre o risco de manipulação e descarte de resíduos químicos:

O folheto produzido encontra-se em anexo. (ANEXO V)

6. CONCLUSÕES:

Obtenção, através da aplicação de **17 questionários**, de um total de **69 reagentes, citados 133 vezes** pelos professores responsáveis pelos laboratórios avaliados.

Sobre os resíduos produzidos, **53%** dos pesquisadores possuem conhecimento dos procedimentos do correto descarte. Entretanto, **71% não estão aptos a realizar este descarte**, certamente por haver algum problema, seja de ordem técnica e de disponibilidade de tempo.

Sobre a presença de destiladores, **70%** dos laboratórios **possuem destiladores** em suas dependências, onde **59% funcionam diariamente**, e o volume de água pode ser utilizado na diluição dos resíduos produzidos, método que pode ser utilizado para alguns resíduos (CISQ, 2006).

Não foi possível realizar um levantamento quantitativo, pois **59%** dos laboratórios são exclusivamente dedicados à pesquisa e não realizam aulas práticas para a graduação, o que dificultou ainda mais a quantificação dos totais de resíduos químicos gerados pelos laboratórios avaliados. Este fato corrobora observações de Barbosa (2003).

Os reagentes citados pelos professores como sendo mais utilizados nos laboratórios corroboram os dados de Vasconcellos (2004) sendo entre eles: **ácido acético, formol, acetona e álcool metílico**. Entretanto, assim como neste trabalho, a quantificação da produção de resíduos dos departamentos avaliados neste estudo foi

subjetiva, obtida de uma estimativa não quantitativa, a partir do número de citações em questionários submetidos aos professores.

Um total de **59%** dos professores propõe-se a participar de **levantamento de quantitativos de resíduos químicos**, servindo como uma primeira etapa de um programa de gerenciamento e esclarecendo sobre quantitativos apurados neste trabalho.

Sugere-se que a **solução** seja, após **estocagem adequada**, a remessa destes para uma **central de tratamento de resíduos** que poderia, a partir de um acúmulo de materiais, tornar mais viável a destinação final dos resíduos químicos produzidos.

Podemos ainda sugerir como solução a **construção de um local** exclusivo para o estoque de reagentes vencidos, visto que alguns laboratórios já possuem problemas com excesso de reagentes estocados e em seguida, **uma política de gerenciamento eficaz**, que possa integrar outros cursos geradores de resíduos, realizando troca e/ou reciclagem destes resíduos, o que poderia também gerar economia para a administração destes cursos.

Este trabalho pretende contribuir a partir da elaboração do **folheto educativo** produzido com a implementação das sugestões conclusivas aqui citadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduo (ABETRE). Disponível em: <http://www.abetre.org.br/noticia_completa.asp?NOT_COD=373>, acessada em outubro de 2005.

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

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D.C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**. Chapman & Hall, 1997.

AMARAL, S. T. *et al*. Relato de uma experiência: Recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do instituto da química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 03, p. 419-423, 2001.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C.; **Green Chemistry: Theory and Practice**, Oxford University Press: Great Britain, 2000. 133p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 10004**: resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 14725:** Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14724:** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

BENDASSOLLI, J. A.; *et al.* Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA / USP. **Química Nova.**, v. 26, n. 04, p. 612-617. 2003.

BIDONE, F.R.A. (coord.). **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização.** Porto Alegre: RiMa/ABES, 2001. 218p.

BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 05** de 05/08/1993. Define os procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos. Diário Oficial da União de 31 de ago. de 1993, Brasília, 1993. 4p.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357** de 17/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União 18 de mar. 2005. Brasília, 2005, 6p.

Comissão Interna de Segurança Química (CISQ). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE) da UNESP. Disponível em: <<http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/>> acessada em maio de 2006.

COELHO, F. A. S.; Segurança química nas instituições de ensino superior. **Ciência Hoje**, v. 29, n. 169, p.63-65, 2001.

DEMAMAN, A. S.; *et al.* Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – *Campus Irechim. Química Nova.* v. 27, n. 04, p.674-677, 2004.

DUGAN, S. Regulated medical waste: Is any of it infectious? **New York State Journal of Medicine**, v. 92, n. 8, p.349-352, 1992.

GRIPPI, S.; **Lixo, reciclagem e sua história: guia para prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro: Interciência, 2001. 132p.

HIRATA, M. H. & MANCINI-FILHO, J. **Manual de Biossegurança.** São Paulo: Manole, 2002. 496p.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=795>, acessada em maio de 2006.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1998.

JARDIM, W. F.; Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova.** 1998. v. 21 n. 05, p.671-673, 1998.

JUNGSTEDT, L. O. C.; **Direito Ambiental - Legislação**, 2ª ed Thex Editora Ltda: Rio de Janeiro, 2002.

LACERDA, L. D.; **Ciência Hoje.** v. 23, n. 24, 1997.

LAZARETTI, E. Bioaugmentação: Uma nova opção para tratamento de resíduos orgânicos. **Meio Ambiente Industrial**, v.15, n. 14, p.44-45, 1998.

LENARDÃO, E. J. et al. "Green Chemistry" – Os 12 Princípios da Química verde e a sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**. v. 26, n. 1, p.123-129, 2003.

MACHADO, P. A. L.; **Direito Ambiental Brasileiro**, Malheiros: São Paulo, 2002.

MANAHAN, STANLEY E., **Hazardous Waste Chemistry, Toxicology and Treatment**. 2ª ed. Michigan: Lewis Publishers, inc.1990.

MERCK, **Catalogue Merck**: Darmstadt, 1996.

National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 704-06. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/ROP/704-06-ROP.pdf>> acessada em maio de 2006.

OLIVEIRA, J.; **Constituição da República Federativa do Brasil: Promulgada em 5 de outubro de 1988**, Saraiva: São Paulo, 1988.

PASSOS J. A. L.; PEREIRA, F. A.; TOMICH, S.; Approaches and practices related to hazardous waste management, processing and final disposal in Germany and Brazil **Water Science & Technology** v. 29, n. 08, p.105-116. 1994

Physical & Theoretical Chemistry Laboratory - PTCL. Disponível em: <<http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/HE/hexane.html>>, acessada em maio de 2006.

ROCCA, A. C.C.; *et al.* Resíduos Sólidos Industriais. 2ª ed. São Paulo: CETESB, 1993.

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JONES JR, J.; Desenvolvimento Sustentável e Química Verde. **Química Nova**. v. 28, n. 01, p.103-110, 2005.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A.; Implantação de um programa de gerenciamento e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA / USP. **Química Nova**. v. 28, n. 4, p.732-738, 2005.

TEIXEIRA, P.; VALLE, S.; **Biossegurança, uma abordagem multidisciplinar**. Fiocruz: Rio de Janeiro. 2002. 362p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. **Programa de gerenciamento de resíduos químicos no Instituto de Química: normas gerais**. Disponível em: <<http://www.unesp.br/>>. Acessada em dezembro de 2003.

VASCONCELLOS M. M. 2004. Gerenciamento de Resíduos Sólidos do *Campus* do Pici, visando à sua redução e Aproveitamento. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 193p.

WHITE, P.S. et al. Mitochondrial DNA isolation, separation, and detection of fragments. In: HOELZEL, A.R. **Molecular genetic analysis of populations – a practical approach**. Oxford : IRL, 1998. p.65-101.

ANEXOS

ANEXO I

- LISTAGEM DE RESÍDUOS RECONHECIDAMENTE PERIGOSOS E DE PADRÕES DE CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES QUE CONSTAM NA NBR 10004 DA ABNT:

Listagem 01 - Resíduos perigosos de fontes não específicas;

Listagem 02 - Resíduos perigosos de fontes específicas;

Listagem 03 - Constituintes perigosos - base para a relação dos resíduos e produtos das listagens 1 e 2;

Listagem 04 - Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos;

Listagem 05 - Substâncias agudamente tóxicas;

Listagem 06 - Substâncias tóxicas;

Listagem 07 - Concentração - Limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação;

Listagem 08 - Padrões para o teste de solubilização;

Listagem 09 - Concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduos utilizados pelo Ministério do Meio Ambiente da França para Classificação de Resíduos;

Listagem 10 - Concentração mínima de solventes para caracterizar o resíduo como perigosos.

ANEXO II

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS - FISPQ

Nome IUPAC: _____ ID: _____

Nome Comercial: _____

Fórmula: _____

Estado Físico: Sólido Líquido Gasoso

Solubilidade em água: _____

Solubilidade em outros solventes: _____

Densidade: _____ g/mL PE: _____ °C PF: _____ °C

Limite de tolerância: _____ ppm

Outras Características:

Corrosivo Inflamável Reativo Tóxico

Manuseio: _____

Armazenagem: _____

Efeitos no Organismo e os Primeiros Socorros:

Por contato: _____

Tratamento: _____

Por inalação: _____

Tratamento: _____

Por ingestão: _____

Tratamento: _____

Efeitos no organismo por exposição em longo prazo: _____

Método de Descarte: _____

ANEXO III:

DIAGRAMA DE HOMMEL - classificação dos riscos envolvendo a manipulação de resíduos químicos:

RISCO À SAÚDE OU TOXICIDADE (AZUL):

Nº 4. Substâncias que são capazes de produzir a morte ou danos sérios ou seqüelas sérias em exposição muito curta. Exemplos: acrilonitrila, cianogênio, dimetil sulfato, cianeto de hidrogênio, etc.

Nº 3. Substâncias que são capazes de produzir danos físicos sérios temporários ou seqüelas. Exemplos: ácido acrílico, amônia (gás), azidas, cianetos, sódio e amálgama de sódio, ácido sulfúrico, fósforo branco, etc.

Nº 2. Substâncias que em exposição intensa ou contínua, mas não crônica, podem causar incapacidade temporária ou possível seqüela. Exemplos: anidrido acético, benzeno, tetracloreto de carbono, éter dietílico, clorofórmio, etc.

Nº 1. Substâncias que podem causar irritação, mas seqüelas menores. Exemplos: acetileno, nitrato de amônio, dimetilformamida, fósforo vermelho, etc.

Nº 0. Substâncias que em incêndios não oferecem risco maior além do representado pelo material combustível comum.

RISCO DE INFLAMABILIDADE (VERMELHO):

Nº 4. Substâncias que podem vaporizar rápida ou completamente à pressão e temperatura ambiente, ou que são rapidamente dispersas no ar e queimam com facilidade. Exemplos: acetileno, peróxido de benzoíla, tert-butil hidroperóxido, cianogênio, éter dietílico, formaldeído (gás), cianeto de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, triclorosilano, cloreto de vinila, ácido pícrico, fósforo branco, etc.

Nº 3. Líquidos e sólidos que podem sofrer ignição na maioria das condições de temperatura ambiental. Exemplos: acrilonitrila, acroleína, benzeno, éter dibutílico, éter diisopropílico, dioxano, metanol, metil-hidrazina, potássio, piridina, tetraidrofurano, xilol (xileno), sódio e amálgama de sódio, etc.

Nº 2. Substâncias que devem ser aquecidas com moderação ou expostas a temperaturas relativamente altas para sofrerem ignição. Exemplos: anidrido acético, ácido acético glacial, anilina, azidas, dimetil sulfato, solução de formaldeído, solução de hidrazina, nitrobenzeno, fenol, azida sódica, nitrito de sódio, etc.

Nº 1. Substâncias que devem ser pré-aquecidas antes de ocorrer ignição. Exemplos: dicromato de amônio, solução ou gás de amônia, cádmio, diclorometano, dietil sulfato, anidrido maléico, 1-naftilamina e sais, fenantreno, resorcinol, fósforo vermelho, etc.

Nº 0. Materiais não combustíveis.

RISCO DE REATIVIDADE (AMARELO):

Nº 4. Substâncias que são intrinsecamente capazes de detonação ou decomposição explosiva ou reação em condições normais de temperatura e pressão. Exemplos: peróxido de benzoíla, tert-butil hidroperóxido, ácido peracético, ácido pícrico, etc.

Nº 3. Substâncias que são intrinsecamente capazes de sofrer detonação ou decomposição explosiva ou reação, mas requerem uma fonte para essa reação acontecer, ou que devem ser aquecidas em confinamento antes da reação, ou que reagem explosivamente com a água. Exemplos: acetileno, acroleína, nitrato de amônio, diborano, peróxido de hidrogênio (>52%), 2-nitropropano, silano, ácido sulfâmico, etc.

Nº 2. Substâncias que sofrem mudanças químicas violentas em temperaturas e pressões elevadas ou que reagem violentamente com a água, ou que podem formar misturas explosivas com a água. Exemplos: brometo ou cloreto de acetila, ácido acrílico, acrilonitrila, azidas, ácido clorosulfônico, cianogênio, lítio, metil-hidrazina, percloratos, fosfina, potássio, sódio e amálgama de sódio, hidrosulfito de sódio, ácido sulfúrico, cloreto de vinila, etc.

Nº 1. Substâncias que são normalmente estáveis, mas podem se tornar instáveis quando submetidas a temperaturas e pressões elevadas. Exemplos: anidrido acético, dicromato de amônio, brometo de cianogênio, éter dibutílico, éter dietílico, éter diisopropílico, 1,1-dimetil-hidrazina, dioxano, perclorato de Mg, magnésio, anidrido maléico, fósforo vermelho, hidróxidos de Na e de K, tetraidrofurano, etc.

Nº 0. Substâncias estáveis ainda em condições de incêndio, e que não são reativas com a água.

RISCOS ESPECÍFICOS (BRANCO):

OX: Oxidante

ACID: Ácido

ALK: Alcali

COR: Corrosivo

W: Evitar contato com água

ANEXO IV

Questionário sobre a produção de resíduos químicos do Departamento de Biologia e Bioquímica e Biologia Molecular da UFC.



Universidade Federal do Ceará – UFC



Instituto de Ciências do
Mar - LABOMAR

QUESTIONÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA E DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR (DBBM) DA UFC.

Nome do Laboratório: _____ . Data: ___ / ___ / ___ .

Objetivo do Laboratório: () pesquisa () aulas

Nome do Responsável: _____ .

Formação do Responsável: _____ .

Este questionário é parte do projeto de monografia da aluna Louize Viveiro da Fonseca, estudante do curso de Ciências Biológicas, sob a orientação da Prof^a Dra. Rozane Valente Marins do LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar, que tem por objetivo realizar um levantamento da produção dos resíduos químicos do Departamento de Biologia e Biologia Molecular da UFC, visando alertar a comunidade acadêmica para esta problemática, bem como obtendo dados para demonstrar a possível necessidade de implantação de um plano de gerenciamento de resíduos nesta universidade.

01) Cite os dez principais produtos químicos utilizados mais freqüentemente no laboratório:

02) O responsável pelo laboratório tem conhecimento da existência das fichas de segurança (Material Safety Data Sheet - MSDS / Ficha de segurança de produto químico - FISPQ) dos produtos químicos?

() sim () não

03) Os técnicos, funcionários e estagiários do laboratório têm conhecimento dos procedimentos de descarte dos produtos químicos utilizados no laboratório?

() sim () não

04) Os técnicos, funcionários e estagiários do laboratório estão aptos a realizar os procedimentos corretos de descarte dos resíduos?

sim não

05) O laboratório possui destilador?

sim não

06) Com que frequência o destilador é usado?

07) O laboratório utiliza produtos químicos em aulas práticas ministradas para a graduação?

sim não

08) Caso resposta positiva na questão anterior, cite em quais práticas os produtos químicos são utilizados:

09) Ainda quando positivo na questão 16, o laboratório realiza o controle do quantitativo de consumo desses produtos?

sim não

10) Seria possível realizar um levantamento quantitativo dos reagentes utilizados tanto nas aulas de graduação (caso possua) quanto na área de pesquisa realizada neste laboratório por um período de seis meses?

sim não

11) De que forma o laboratório descarta os resíduos químicos em geral?

não descarta

Descarta em pia

Descarta em solo

Acondiciona em vidraria apropriada e devolve ao fabricante

Acondiciona em vidraria e estoca

Neutraliza

Destila

Incinera

Outro: _____

12) O laboratório possui resíduos químicos passivos (produtos que podem estar dentro ou fora do prazo de validade, mas estão sem rotulação para identificação)?

sim não

13) De que forma o laboratório descarta os resíduos químicos passivos?

não descarta

Descarta em pia

Descarta em solo

Acondiciona em vidraria apropriada e devolve ao fabricante

Acondiciona em vidraria e estoca

Neutraliza

Destila

Incinera

Outro: _____

14) De que forma o laboratório descarta os resíduos químicos tóxicos?

não possui

- Não descarta
- Descarta em pia
- Descarta em solo
- Acondiciona em vidraria apropriada e devolve ao fabricante
- Acondiciona em vidraria e estoca
- Neutraliza
- Destila
- Incinera
- Outro: _____

15) Liste os 07 principais resíduos tóxicos:

16) De que forma o laboratório descarta os produtos químicos com prazo de validade vencido?

- não possui
- não descarta
- Descarta em pia
- Descarta em solo
- Acondiciona em vidraria apropriada e devolve ao fabricante
- Acondiciona em vidraria e estoca
- Neutraliza
- Destila
- Incinera
- Outro: _____

17) O laboratório possui algum problema com excesso de resíduos com prazo de validade vencido estocados nas suas dependências?

- sim não

18) Qual tipo de problema?

- falta de espaço
- falta de destinação correta
- toxicidade elevada
- produto inflamável
- outro: _____

19) Para quais tipos de reagentes químicos você acha necessária a criação de uma estação específica de tratamento?

20) Quais sugestões você daria para um melhor gerenciamento dos resíduos do Departamento de Biologia e do Departamento de Biologia Molecular da UFC?

ANEXO V

VOCÊ CONHECE A FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DOS PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ) QUE VOCÊ UTILIZA? VERIFIQUE!

Nome IUPAC: _____
 ID: _____
 Nome Comercial: _____
 Fórmula: _____
 Estado Físico: Sólido Líquido Gasoso
 Solubilidade em água: _____
 Solubilidade em outros solventes: _____
 Densidade: _____ g/ml. PE: _____ °C PF: _____ °C
 Limite de toxicidade: _____ ppm
 Outras Características:
 Corrosivo Inflamável
 Reativo Tóxico
 Manuseio: _____

 Armazenagem: _____

 Efeitos no Organismo e os Primeiros Socorros:
 Por contato: _____
 Tratamento: _____

 Por inalação: _____
 Tratamento: _____

 Por ingestão: _____
 Tratamento: _____
 Efeitos no organismo por exposição em longo prazo: _____

 Método de Descarte: _____



x



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 Departamento de Biologia
 Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR



O que você sabe sobre



resíduos químicos de laboratórios ?



O que é Resíduo?

Segundo a Norma Brasileira NBR-10004 (1987) da ABNT, os resíduos sólidos são todos os resíduos em estado sólido ou semi-sólido que resultam de atividade da comunidade, bem como determinados líquidos, cujas características físicas tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou que não possam ser tratados economicamente mediante a utilização da melhor tecnologia disponível. Estes resíduos são assim classificados:

- A) Resíduos perigosos;
- B) Resíduos inertes e
- C) Resíduos não inertes.

O que diz a legislação:

"Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações."

A principal regra na legislação brasileira a ser adotada para o gerenciamento de resíduos é a da responsabilidade objetiva, isto é, quem gera o resíduo torna-se responsável pelo mesmo.

Além disso, a Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao meio ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove um nexo de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e um dano ambiental.

Informações Sobre Risco e Segurança no Manuseio de Reagentes Químicos:

ABNT criou a NBR 14725, que apresenta informações para a elaboração e o preenchimento de uma Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ).

Esta ficha contém informações diversas sobre o produto químico, quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. Ela pode ser adaptada na internet ou mesmo ser feita no próprio laboratório, sendo muito útil no acondicionamento e organização dos reagentes de laboratório. (Modelo no verso)

Geração de Resíduos:

O uso de reagentes químicos pode levar à geração de resíduos perigosos que precisa ser evitada, porém, quando isso não for possível, devem-se buscar meios de minimizar os efeitos nocivos por meio de desativação ou reciclagem.

EXISTEM VÁRIOS MÉTODOS PARA SE MINIMIZAR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS:

- Métodos Físicos
- Métodos Químicos
- Tratamentos Térmicos
- Métodos Biológicos



Informe-se sobre o melhor método que seu laboratório deve utilizar!

Identificação e Rotulagem de Resíduos Químicos:

O diagrama de HOMMEL consiste num losango dividido em quatro quadrados, cada um de uma cor: vermelho (Inflamabilidade), azul (risco à saúde), amarelo (reatividade), (informações especiais) específicos para o registro da graduação de riscos.

Essa rotulagem deve ser utilizada tanto na classificação dos resíduos vindos dos laboratórios, como para a identificação do produto após recuperação.



Diagrama de Hommel

Os riscos são classificados de 0 a 4, segundo os critérios de perigo e quanto maior o número, mais cuidado o manipulador deverá ter com o produto.

E O MAIS IMPORTANTE:

NUNCA DESPEJAR UM RESÍDUO EM PIA OU NO SOLO, SEM ANTES SABER SE ELE PODE TRAZER ALGUM RISCO PARA A SUA SEGURANÇA OU PARA O MEIO AMBIENTE!

NA DÚVIDA, ESTOQUE ADEQUADAMENTE E IDENTIFIQUE-O PARA EVITAR ACIDENTES.

USE A SUA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL!

ANEXO VI

GLOSSÁRIO

Acrilamida: molécula linear que é utilizada como gel para a eletroforese.

Azul de Coomassie: substância azulada que é incluída na amostra para o aparecimento mais visível de microorganismos. Útil para microscópios.

TEMED: abreviatura para N,N,N',N'-Tetrametiletilenodiamina, composto amplamente utilizado como ligante para íons metálicos. Forma complexos estáveis com vários haletos de metais como cloreto de zinco e iodeto de cobre, originando complexos que são solúveis em solventes orgânicos. Utilizado também com persulfato de amônio para polimerizar a acrilamida produzindo o gel de poli(acrilamida).

Tris: abreviatura para trishidroximetilaminometano, composto empregado na composição de soluções-tampão utilizadas em bioquímica.

Bórax: também conhecido como Borato de sódio, empregado na limpeza de metais, dissolvendo óxidos metálicos, na fabricação de esmaltes para porcelanas, vidros resistentes a elevadas temperaturas, vidros ópticos, produção de detergentes, desinfetantes, sabões e pesticidas, utilizado em pesquisas de química analítica e como fertilizante para nutrição de plantas.

Catecol: nome dado para o composto 1,2-dihidroxibenzeno($\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$), um fenol cristalino incolor.

Duodecil: mais conhecido como lauril sulfato de sódio, de fórmula $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{-CH}_2\text{-O}(\text{SO}_3)^{1-}\text{Na}^{1+}$, pequenos cristais brancos ou amarelados com leve odor característico, usado como tensoativo nos produtos de limpeza doméstica.

Entelan: meio de inclusão rápida com aplicação para microscopia, feito a base de xileno.

Manitol: tipo de açúcar que pode ter várias utilizações como em alimentos dietéticos, no fabrico de resinas e plastificantes ou como diurético e adoçante.

Mentol: Álcool terpênico extraído da essência de menta.

Oligomicina: droga que, adicionada a uma preparação de mitocôndrias, se liga a componentes da síntese de ATP impedindo a sua atividade.

Poliacrilamida: formada pela polimerização da acrilamida e em ligações covalentes de N,N'-metilenobisacrilamida. Essa polimerização é fortemente acelerada por radicais livres expostos pelo persulfato de amônio na presença de tetrametiletilenodiamina.

Propilgalato: muito utilizado na indústria alimentícia por apresentar propriedades antioxidantes.

Rosa Bengala: um derivado tetraclorado e tetraiodado da fluoresceína sódica, que cora em rosa células degeneradas, células mortas e muco.

Salicilato de Sódio: droga antiinflamatória não esteroidal, derivada do ácido salicílico que pode exercer efeito sobre o labirinto.

Sephadex: é uma marca registrada para um gel de ligações covalentes normalmente é feito em forma de conta e mais comumente usado em colunas de gel de filtração.

Timol: ácido tímico ou isopropilmetacresol, formado por cristais incolores grandes ou pó cristalino branco com aroma irritante, anti-séptico fenólico com atividade bactericida e fungicida, porém de uso limitado devido a pouca solubilidade em água e ação irritante local.

Tween-20: nome comercial para o composto Polisorbato-20, que é um surfactante cuja não toxicidade, estabilidade e relatividade permitem que ele se possa ser utilizado como detergente e emulsificante em inúmeras aplicações domésticas, científicas e farmacológicas.