UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL

SANDRO ALVES NOGUEIRA

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Goiânia
2008

SANDRO ALVES NOGUEIRA

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Henriques de Carvalho

Goiânia
2008

SANDRO ALVES NOGUEIRA

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em _____ de _____ de _____, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

_____

Eraldo Henriques de Carvalho

Presidente da Banca

_____

Maria Gizelda de Oliveira Tavares

_____

Wilson de Figueiredo Jardim

Dedico este trabalho a Deus e a minha esposa.

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

Ao professor Dr. Eraldo Henriques de Carvalho, pela paciência e pela orientação competente.

Aos meus pais, pela educação que me deram.

A minha esposa, Ana Cláudia Martins Ramos, por dividir comigo todos os momentos da minha vida, pela paciência durante os meses em que me dediquei a esta dissertação e pelo apoio didático.

A todos os meus amigos e colegas de trabalho.

Ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás por possibilitar e apoiar a qualificação.

À Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, onde foi possível me qualificar.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desempenho deste trabalho.

RESUMO

Recentemente, houve um aumento nas discussões em torno do gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa no Brasil, tendo em vista que esses resíduos podem oferecer riscos ocupacionais, além de danos ao meio ambiente e à saúde pública. Diante disso, foi elaborado um plano de gerenciamento de resíduos para o Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (IQ/UFG), com horizonte de projeto de cinco anos. Foi realizado um levantamento de reagentes químicos, de materiais de escritório e de produtos de limpeza, entre outros, e verificadas quais eram as atividades geradoras de resíduos, identificando, quantificando e classificando todos esses produtos. Foram elaborados o diagnóstico e o prognóstico da segregação, da minimização, do acondicionamento, do armazenamento, da coleta, do transporte, do tratamento e da disposição final dos resíduos gerados. Os resultados indicaram que existe desperdício de materiais e que muitos reagentes encontram-se estocados de forma inadequada dentro dos laboratórios. A maioria dos resíduos não é tratada e não possui local apropriado para armazenamento. São gerados anualmente cerca de 900 kg de resíduos comuns e 600 kg de resíduos químicos, sendo as análises cromatográficas as atividades que mais geram esses resíduos químicos. A maioria deles é da classe I, com destaque para os inflamáveis. Os resíduos comuns são, na maior parte, papel e papelão. Foi proposta a construção de um abrigo para os resíduos químicos e a aquisição de outro contêiner para os resíduos comuns. Propôs-se a incineração dos materiais, com exceção daqueles contendo mercúrio e cianeto, os quais devem ser encaminhados para um aterro de resíduos perigosos. Conclui-se que os resíduos comuns recicláveis devem ser encaminhados para cooperativas de reciclagem e os não-recicláveis para o aterro sanitário de Goiânia.

Palavras-chave: resíduos sólidos; gerenciamento de resíduos; resíduos químicos; resíduos de instituição de ensino superior.

ABSTRACT

The quantity of waste generated grows and can cause many problems to human health and the environment. Recently, increased the discussions around the management of chemical waste in laboratories for teaching and research in Brazil, with that, details emerged of how this waste could provide occupational risks, besides offering damage to the environment. Hence, the plan for managing waste to the Institute of Chemistry of the Federal University of Goiás (IQ/UFG) was idealized. At work diagnoses and predictions for each stage of waste management were executed simultaneously, in a horizon of five years of the project. We raised the chemicals and materials used and the waste-generating activities, and then identified, quantified and ranked all waste generated. The diagnosis and prognosis of segregation, minimization, packaging, storage, collection, transportation, treatment and final disposal of waste generated were prepared. The results indicated that some materials were purchased in excess and many reagents are inadequately stored in the laboratories. The management at IQ/UFG is worrying, because there is no treatment and appropriate place for the storage of waste. 900 kg of common waste and 600 kg of chemical waste are generated per year. The chromatographic analyses are the activities that generate more chemical waste and administrative work is the activity that generates more common waste. Most of the chemical waste is of class I and flammable waste represents the greater percentage. Most of the common waste is paper and cardboard. It was proposed to build a shelter for the chemical waste and the acquisition of other containers for common waste. The chemical waste will be incinerated but waste containing mercury and cyanide, which will be forwarded to a hazardous waste landfill. The common recyclable waste will be transported to recycling cooperatives and non-recyclable waste will be sent to the landfill.

Keywords: solid waste management; chemical waste; waste of high education institution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Hommel. 26
Figura 2 - Quantidade percentual dos reagentes químicos encontrados, divididos em grupos. 52
Figura 3 - Reagentes armazenados inadequadamente em capelas. 52
Figura 4 - Percentual dos resíduos químicos segundo sua adequada ou inadequada identificação. 55
Figura 5 - Distribuição percentual dos resíduos químicos existentes, de acordo com seu estado físico. 56
Figura 6 - Distribuição percentual dos resíduos químicos recuperáveis e não recuperáveis. 56
Figura 7 - Distribuição percentual dos resíduos químicos potencialmente incineráveis. 57
Figura 8 - Percentual dos resíduos químicos de acordo com sua classificação. 58
Figura 9 - Percentual dos resíduos químicos classe I, de acordo com suas características. 58
Figura 10 - Rótulo para resíduos gerados. 59
Figura 11 - Rótulo para reagentes manipulados. 60
Figura 12 - Resíduos comuns sem segregação. 61
Figura 13 - Frascos de reagentes vazios. 62
Figura 14 - Mistura de resíduos em recipiente inadequado. 62
Figura 15 - Copos de porcelana, plástico, vidro e descartáveis. 65
Figura 16 - Acondicionamento em recipientes inadequados. 68
Figura 17 - Resíduos químicos acondicionados em frascos de reagentes e armazenados em armários. 69
Figura 18 - Contêiner de armazenamento de resíduos comuns. 71
Figura 19 - Material biológico contendo sangue. 71
Figura 20 - Resíduos químicos armazenados de forma inadequada. 72
Figura 21 - Coleta e transporte interno de resíduos comuns. 74
Figura 22 - Trajeto dos resíduos sólidos ao local de armazenamento temporário. 76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferentes atividades geradoras de resíduos químicos com seus respectivos percentuais 49
Tabela 2 - Diferentes atividades geradoras de resíduos comuns com seus respectivos percentuais 49
Tabela 3 - Materiais adquiridos no ano de 2007 e passíveis de geração de resíduos 51
Tabela 4 - Código de identificação para os grupos de segregação dos resíduos químicos 64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 JUSTIFICATIVA 13
1.2 OBJETIVOS 14
1.2.1 Objetivo geral 14
1.2.2 Objetivos específicos 14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO 16
2.2 NORMATIZAÇÕES E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS AOS RESÍDUOS 17
2.2.1 Leis federais 17
2.2.2 Normas 18
2.2.3 Decretos 20
2.2.4 Resoluções 21
2.2.5 Documentos legais no Estado de Goiás 22
2.3 RESÍDUOS QUÍMICOS LABORATORIAIS 22
2.4 RESÍDUOS COMUNS 23
2.5 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 24
2.5.1 Caracterização dos resíduos sólidos 24
2.5.2 Segregação dos resíduos sólidos 26
2.5.3 Minimização dos resíduos sólidos 27
2.5.4 Acondicionamento dos resíduos sólidos 28
2.5.5 Coleta e transporte interno dos resíduos sólidos 28
2.5.6 Armazenamento e transporte externo dos resíduos sólidos 28
2.5.7 Tratamento dos resíduos sólidos 29
2.5.8 Disposição final dos resíduos sólidos 33
2.6 HISTÓRICO DO IQ/UFG EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS 34
3 METODOLOGIA 36
3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES 36
3.2 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES GERADORAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS 37
3.3 LEVANTAMENTO DOS REAGENTES QUÍMICOS E MATERIAIS UTILIZADOS 37
3.4 IDENTIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 38

3.5 LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS E PROPOSIÇÕES CORRETIVAS OU COMPLEMENTARES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 40
3.5.1 Segregação de resíduos sólidos 40
3.5.2 Minimização de resíduos sólidos 41
3.5.3 Acondicionamento de resíduos sólidos 42
3.5.4 Armazenamento de resíduos sólidos 42
3.5.5 Coleta e transporte de resíduos sólidos 43
3.5.6 Tratamento e disposição final de resíduos sólidos 43
3.6 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 45
4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES 45
4.2 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES GERADORAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS 48
4.3 LEVANTAMENTO DOS REAGENTES QUÍMICOS E MATERIAIS UTILIZADOS 50
4.4 IDENTIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS 53
4.5 LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS EXISTENTES E PROPOSIÇÕES CORRETIVAS OU COMPLEMENTARES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 61
4.5.1 Segregação de resíduos sólidos 61
4.5.2 Minimização de resíduos sólidos 64
4.5.3 Acondicionamento de resíduos sólidos 67
4.5.4 Armazenamento de resíduos sólidos 70
4.5.5 Coleta e transporte de resíduos sólidos 74
4.5.6 Tratamento e disposição final de resíduos sólidos 77
4.6 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 80
5 CONCLUSÕES 82
REFERÊNCIAS 86
GLOSSÁRIO 93
APÊNDICES 94
ANEXOS 115

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e das atividades industriais fez com que crescesse também, no mundo todo, a elaboração e o uso de inúmeras substâncias químicas. Conseqüentemente, houve um aumento qualitativo e quantitativo na geração de resíduos sólidos que, se não tratados adequadamente antes de ser descartados, prejudicam a qualidade de vida das pessoas e acarretam vários danos ao meio ambiente. Esses resíduos são produzidos por todos, mas nem todos sabem evitar ou até mesmo minimizar os problemas causados por eles (ROCHA, 2001).

Assim, o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos consiste em um grande desafio. No Brasil, em 80% dos municípios esses materiais são depositados a céu aberto, sem qualquer tipo de cuidado prévio, ou são lançados em rios e mares. Apenas 1% de todo o resíduo sólido no país recebe alguma forma de tratamento (VASCONCELLOS, 2006).

Foi a partir da década de 1970, com a organização e a mobilização da sociedade, que o meio ambiente passou a ser protegido por uma legislação cada vez mais restritiva. Aumentou a preocupação com o destino dos resíduos, com a segurança ambiental e com os possíveis riscos de novas estruturas sintetizadas, cuja toxicidade ao meio ambiente é pouco conhecida (ZIOLLI; JARDIM, 2001).

Mais recentemente, da década de 1990 em diante, houve um aumento nas discussões em torno do gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa no Brasil (JARDIM et al., 2002). Com isso, começaram a surgir e a circular as informações sobre os riscos que a geração e o armazenamento desses resíduos poderiam oferecer a quem freqüentasse tais ambientes. Por sua vez, indústrias químicas e órgãos governamentais também passaram a se conscientizar sobre a necessidade de fazer o tratamento eficaz ou de realizar, de uma forma adequada, o acondicionamento e a disposição final de qualquer tipo de resíduo (CUNHA, 2001).

Entre as instituições de ensino superior, algumas têm buscado gerenciar seus resíduos, de forma a diminuir o impacto causado ao meio ambiente. Dessa forma também são criados novos hábitos, que influenciam a consciência e o senso crítico dos alunos, funcionários e professores. Como exemplo, podemos citar o resultado positivo do programa de gerenciamento implantado na Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, onde foi observada uma mudança no comportamento de todo o corpo acadêmico, que se mostrou entusiasmado por contribuir para a redução de danos ambientais (AFONSO et al., 2003).

Esses autores acrescentam que, por outro lado, existem instituições onde os resíduos são jogados nas pias dos laboratórios sem nenhuma preocupação com a segurança do ser humano ou com a poluição e a contaminação do meio ambiente. Isso ocorre devido à deficiência dos órgãos fiscalizadores e à falta de conscientização, promovendo, além de tudo, desperdício dos materiais.

Jardim et al. (2001) mencionam que durante muito tempo fez-se química de frente para a bancada, mas de costas para a janela dos laboratórios, mostrando, com isso, que muitas vezes os profissionais preocupam-se apenas com os resultados, esquecendo dos problemas ambientais causados pelos resíduos gerados, sendo eles sólidos, líquidos ou gasosos.

Ashbrook e Reinhardt (1985) reforçam que a redução na geração dessas substâncias e a substituição de alguns produtos perigosos por outros menos problemáticos reduzem os impactos ao meio ambiente. É necessária a minimização e a recuperação dos resíduos gerados por vários tipos de processos, com a finalidade de torná-los úteis novamente, para o mesmo procedimento ou como matérias-primas para outras atividades. Além disso, quando se aproveita resíduo o ganho não é apenas ambiental, mas também financeiro. A Universidade de Wisconsin (EUA), por exemplo, economiza anualmente, na compra de reagentes, cerca de 20 mil dólares, com a recuperação de resíduos.

No entanto, um programa de gerenciamento requer investimento. Exemplo disso é o campus Davis da Universidade da Califórnia, que no período de cinco anos aumentou em 113% os gastos financeiros, com o gerenciamento de resíduos (ASHBROOK; REINHARDT, 1985). Portanto, para iniciar um projeto desses é importante ter planejamento, tanto para que haja o menor gasto financeiro possível quanto para determinar prioridades, desde a caracterização até a disposição final dos produtos.

Após o surgimento e o aprimoramento da legislação específica, os geradores de resíduos passaram a ser fiscalizados pelas agências municipais, estaduais e federais de proteção ambiental. Nesse grupo estão incluídas até mesmo as instituições de ensino superior que, apesar de apresentar quantidades

relativamente baixas de resíduos em relação às indústrias, são causadoras em potencial de impactos ao meio ambiente.

A principal regra a ser adotada para o gerenciamento dos resíduos é a da responsabilidade objetiva, isto é, quem gera essas substâncias torna-se responsável por elas. A Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, mais conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa, no caso de um possível dano ambiental (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

Contudo, embora haja legislação para proteger o meio ambiente contra a contaminação por meio de resíduos laboratoriais, sabe-se que essas substâncias químicas, oriundas de várias atividades nas instituições de ensino, nem sempre vêm sendo gerenciadas segundo a lei. Por isso, observa-se a necessidade de haver um trabalho de conscientização da sociedade envolvida.

Objeto de estudo deste trabalho, o Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (IQ/UFG) apresenta algumas falhas em relação ao gerenciamento dos seus resíduos. Um dos principais problemas é a falta de um local adequado para armazená-los.

Assim, considerando a necessidade de reduzir os crescentes impactos ambientais causados pelos resíduos químicos e a carência de um programa de tratamento desses resíduos no IQ/UFG, por meio deste trabalho foi elaborada uma proposta de gerenciamento de resíduos sólidos para o Instituto. A finalidade do projeto, além de promover segurança para o meio ambiente, é também assegurar a qualidade do trabalho realizado pela comunidade acadêmica.

1.1 JUSTIFICATIVA

Antes de ser formadora de conhecimento, a unidade acadêmica deve preocupar-se com a formação da consciência dos futuros profissionais que passam por ela. No caso específico do IQ/UFG, os alunos devem aprender a lidar de uma forma responsável com os assuntos relativos ao meio ambiente, incluindo a questão da geração, tratamento e destino final dos resíduos sólidos.

O IQ/UFG oferece graduação e pós-graduação em Química, ministrando aulas para alunos de licenciatura e bacharelado. Além disso, presta serviços por meio de aulas práticas para os cursos de Agronomia, Ciências Biológicas, Engenharia Civil, Engenharia da Computação, Engenharia de Alimentos, Engenharia Elétrica, Farmácia, Física e Nutrição.

Com isso, nos últimos anos, tem crescido de forma considerável e consistente o número de pesquisas realizadas e aulas práticas no Instituto, aumentando a produção de resíduos químicos. Diante desse aumento, e em virtude das falhas existentes com relação ao tratamento dos resíduos gerados, observa-se a necessidade de propostas que apresentem soluções benéficas para o meio ambiente e para a comunidade acadêmica.

Daí a importância deste trabalho, por meio do qual foi idealizado o plano de gerenciamento de resíduos para o IQ/UFG. Este projeto busca conscientizar os usuários dos laboratórios e reduzir os riscos crescentes de impacto ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo elaborar a proposta de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o IQ/UFG.

1.2.2 Objetivos específicos

- Efetuar o levantamento dos reagentes químicos e materiais utilizados;
- efetuar o levantamento das atividades geradoras de resíduos;
- identificar, quantificar e classificar os resíduos gerados;

- elaborar um diagnóstico sobre segregação, minimização, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos gerados;
- propor medidas corretivas e complementares para o adequado gerenciamento dos resíduos;
- efetuar a avaliação econômica das medidas propostas;
- estabelecer as metas prioritárias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Os resíduos sólidos são aqueles nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 10004), são incluídos nessa definição os lodos das estações de tratamento de água e esgoto, os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e determinados líquidos cujas particularidades tornam inadequado o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exigem, para isso, soluções técnicas e econômicas inviáveis face à melhor tecnologia disponível.

De acordo com a ABNT NBR 10004, os resíduos podem ser classificados em: a) classe I – perigosos (podem representar ameaças para a saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e, ainda, proporcionando riscos ao meio ambiente) e b) classe II – não perigosos (são aqueles que não estão relacionados aos resíduos que oferecem perigo, como restos de alimentos, sucatas de metais ferrosos e não ferrosos, papel e papelão, plástico polimerizado e outros, excluindo aqueles contaminados por substâncias que apresentem características de periculosidade).

Os resíduos perigosos são aqueles que possuem pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Os resíduos não perigosos podem ser de classe II A – não inertes e classe II B – inertes.

Os resíduos da classe II B – inertes são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o Anexo G da referida NBR.

Os resíduos classe II A – não inertes são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou classe II B – inertes. Esses

resíduos não inertes podem ter propriedades como a biodegradabilidade, a combustibilidade ou a solubilidade em água.

2.2 NORMATIZAÇÕES E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS AOS RESÍDUOS

2.2.1 Leis federais

Na Constituição Federal do Brasil, de 1988, estão previstas questões referentes ao meio ambiente, como o controle da poluição e a disposição dos resíduos, entre outras. O Artigo 225 assegura que todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, que proporcione uma boa qualidade de vida e seja de uso comum, sendo dever do poder público e da população defender e preservar a natureza, para as atuais e as futuras gerações. O parágrafo primeiro expõe que o poder público deve impor-se para que isso se concretize.

A Lei n.º 6.938 (BRASIL, 1981), dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, além de outras providências. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar o desenvolvimento socioeconômico, a garantia dos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana.

O regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos é aprovado pela Lei n.º 96.044 (BRASIL,1988).

A sinalização de segurança é estabelecida pela Lei n.º 6.514/77, regulamentada pela Portaria n.º 3.214/78, NR-26.

A Lei n.º 9.605 (BRASIL, 1998) dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Segundo o texto, quem contribui de qualquer forma para a prática dos crimes previstos nesta lei incide nas penas para eles prescritas, na medida da sua culpabilidade. Assim, a punição se estende ao diretor, ao administrador, ao membro de conselho e de órgão técnico, ao auditor, ao gerente,

ao preposto ou mandatário de pessoa jurídica que, sabendo da conduta criminosa de outra pessoa, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Além disso, quando há leis estaduais e municipais, estas devem ser consideradas, devendo ser obedecida a que for mais restritiva (KUNZ et al., 2004).

2.2.2 Normas

As seguintes terminações da Associação Brasileira de Normas Técnicas se aplicam à questão dos resíduos:

ABNT - NBR 10004: classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.

ABNT - NBR 10005: essa norma fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, objetivando a diferença dos resíduos classificados pela ABNT - NBR 10004 como classe I – perigosos e classe II – não perigosos.

ABNT - NBR 10006: fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, objetivando a diferença dos resíduos classificados na ABNT - NBR 10004 como classe II A – não inertes e classe II B – inertes.

ABNT - NBR 10007: essa norma determina os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos.

ABNT - NBR 12235: norma que fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente. Aplicada ao armazenamento de todos e quaisquer resíduos de classe I – perigosos.

ABNT - NBR 11174: fixa as condições exigíveis para o armazenamento dos resíduos das classes II A – não inertes e II B – inertes, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.

ABNT - NBR 13463: trata da coleta de resíduos sólidos urbanos dos equipamentos destinados a esse fim, dos tipos de sistema de trabalho, do acondicionamento desses resíduos e das estações de transbordo.

ABNT - NBR 13221: essa norma especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública. Além disso, aplica-se ao transporte terrestre de resíduos, conforme classificados na Portaria n.º 204 do Ministério dos Transportes, inclusive aqueles materiais que possam ser reaproveitados, reciclados e/ou reprocessados. Aplica-se também aos resíduos perigosos, segundo a definição da Convenção de Basiléia, adotada pelo Brasil em 30 de dezembro de 1992.

ABNT - NBR 7500: trata da identificação para o transporte terrestre, o manuseio, a movimentação e o armazenamento de produtos. Essa norma estabelece a simbologia convencional e o seu dimensionamento para produtos perigosos, a ser aplicada nas unidades de transporte e nas embalagens, a fim de indicar os riscos e os cuidados a ser tomados no transporte terrestre, no manuseio, na movimentação e no armazenamento, de acordo com a carga contida, além de estabelecer características complementares ao uso dos rótulos de risco, dos painéis de segurança, dos rótulos especiais e dos símbolos de risco e de manuseio, bem como a identificação das unidades de transporte e o emprego de rótulos nas embalagens de produtos perigosos, discriminados no Anexo da Resolução nº 420 da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT). Essa norma também estabelece a identificação das embalagens e os símbolos de manuseio e de armazenamento para os produtos de classes II A e II B.

ABNT - NBR 7501: define os termos empregados no transporte terrestre de produtos perigosos.

ABNT - NBR 7502: trata da classificação para o transporte de cargas perigosas.

ABNT - NBR 7503: estabelece a ficha de emergência para transporte de cargas perigosas.

ABNT - NBR 7504: define como é o envelope para transporte de cargas perigosas, suas dimensões e utilizações.

ABNT - NBR 11175: essa norma fixa as condições exigíveis de desempenho do equipamento para incineração de resíduos sólidos perigosos.

ABNT - NBR 13896: apresenta os critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos.

ABNT - NBR 10157: essa norma apresenta os critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos perigosos.

ABNT - NBR 14725: trata da Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). A norma informa sobre vários aspectos de produtos químicos (substâncias ou preparos) quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. A FISPQ fornece conhecimentos básicos sobre esses produtos, recomendações sobre medidas de proteção e ações em situações de emergência. Em alguns países, essa ficha é chamada de Material Safety Data Sheet (MSDS).

2.2.3 Decretos

O Decreto n.° 99.274 (BRASIL, 1990), regulamenta a Lei n.° 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei n.° 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.

O Decreto n.º 2.657 (BRASIL, 1998) promulga a Convenção n.º 170 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), relativa à segurança na utilização de produtos químicos no trabalho, assinada em Genebra (Suíça), em 25 de junho de 1990. A OIT, entre outros requisitos, estabelece que todos os produtos químicos devem ter uma marca que permita a sua identificação (Diagrama de Hommel) e que os produtos químicos perigosos devem possuir uma etiqueta facilmente compreensível para os trabalhadores, que contenha informações essenciais sobre a sua classificação, apontando formas de acondicionamento e de transporte desses produtos.

O Decreto n.º 88.821 (BRASIL, 1983) aprova o regulamento para a execução do serviço de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos, e dá outras providências.

O Decreto n.º 5.940 (BRASIL, 2006) dispõe que os resíduos recicláveis devem ser separados na fonte geradora e destinados às associações e cooperativas de catadores de materiais para reciclagem. O documento trata daqueles resíduos rejeitados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direita e indireta que podem ser reciclados e que são passíveis de retorno ao ciclo produtivo.

As associações e as cooperativas de catadores de materiais recicláveis que forem habilitadas a coletar os produtos deverão ser exclusivamente constituídas

por pessoas que tenham a catação como única fonte de renda, não possuir fins lucrativos, ter infra-estrutura para realizar a triagem e a classificação dos materiais e apresentar sistema de rateio entre os associados e os cooperados.

2.2.4 Resoluções

Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n.º 313, (CONAMA, 2002). Dispõe sobre o inventário dos resíduos industriais com informações sobre geração, características, armazenamento, transporte e destinação de seus resíduos sólidos.

Resolução n.º 006 (CONAMA, 1988). Trata da geração de resíduos nas atividades industriais.

Resolução n.º 275 (CONAMA, 2001). Refere-se à simbologia dos resíduos.

Resolução n.º 357 (CONAMA, 2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, além de dar outras providências.

Resolução n.º 264 (CONAMA, 1999). Aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

Resolução n.º 316 (CONAMA, 2002). Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

Resolução n.º 386 (CONAMA, 2006). Altera o Artigo 18 da resolução CONAMA n.º 316, de 29 de outubro de 2002, regulando a operação dos incineradores.

Resolução CONAMA n.º 358 (CONAMA, 2005). Refere-se ao tratamento e à disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

2.2.5 Documentos legais no Estado de Goiás

A Lei n.º 14.248 (GOIÁS, 2002) dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, define diretrizes, normas de prevenção da poluição e dá outras providências.

A Lei n.º 8.544 (GOIÁS, 1978) institui o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente.

O Decreto n.º 1.745 (GOIÁS, 1979) aprova o regulamento da Lei n.º 8.544, de 17 de outubro de 1978, citada anteriormente.

O Decreto Municipal n.º 754 (GOIÂNIA, 2008) institui no Município de Goiânia o programa de coleta seletiva, promovendo a inclusão social de catadores, preservando o meio ambiente e reduzindo os gastos com a limpeza pública.

2.3 RESÍDUOS QUÍMICOS LABORATORIAIS

Segundo Tavares et al. (2006), para atender o que determina a Agenda 21, a geração pontual de resíduos químicos é um dos problemas a ser contornados. No entanto, muitos profissionais da área não receberam formação acadêmica para lidar com esse tipo de situação, mesmo porque os trabalhos que abordam o tema são recentes.

Muitos pesquisadores no Brasil e no mundo (AFONSO et al, 2003; JARDIM, 1998; GERBASE et al., 2006; MERAT; GIL, 2003; IBANEZ, 2002; ZIOLLI; JARDIM, 2001; JIN; WANG; WEI, 2004; WARNER; CANNON; DYE, 2004; BARBOSA et al., 2003; AMARAL et al., 2001) têm buscado gerenciar seus resíduos com a finalidade de minimizar os impactos ambientais.

Os resíduos laboratoriais podem ser do tipo ativo, aqueles gerados continuamente, ou passivos, gerados há muito tempo e estocados à espera de um destino final. Tavares et al. (2006) mencionam que os passivos são os maiores problemas para o gerenciamento, pois, na maioria das vezes, estão descaracterizados. Os autores ainda relatam que a grande diversidade dos resíduos

laboratoriais é observada em virtude das diferentes linhas de pesquisa das instituições.

Os problemas com resíduos laboratoriais poderiam ser solucionados se estes fossem adequadamente gerenciados, segundo uma determinada hierarquia, tendo como prioridade evitar, minimizar, reaproveitar, tratar e dispor os resíduos, garantindo sempre melhorias na qualidade do trabalho da unidade acadêmica. Dessa forma, a geração de resíduos químicos nos laboratórios de ensino e de pesquisa deve ser equacionada adequadamente, para que haja uma correta gestão dos produtos (JARDIM, 1998).

2.4 RESÍDUOS COMUNS

O crescente aumento da produção de lixo comum pela sociedade e a deficiência de uma política de gestão por parte do poder público são os dois fatores principais na problemática dos resíduos sólidos. Nas últimas décadas, a composição desses resíduos modificou-se devido aos novos tipos de materiais e ao volume cada vez mais crescente de produtos descartados (FERREIRA, 2005). E isso pode, além de tudo, acarretar um aumento de doenças transmitidas por animais, os quais se proliferam mais rapidamente em função do mau gerenciamento de resíduos (ANDERSSON, 2005).

Algumas cidades do Brasil vêm criando ações que buscam minimizar os problemas causados pelos resíduos sólidos. Um exemplo é Curitiba (PR), onde há um programa de coleta seletiva.

No ano de 2008 também foi implantado um programa de coleta seletiva na cidade de Goiânia (GO), promovendo a inclusão social de catadores, preservando o meio ambiente e reduzindo os gastos com a limpeza pública. A segregação dos resíduos é feita em dois tipos de recipientes: os de “materiais recicláveis” e os próprios para “orgânicos e outros”.

Os materiais recicláveis são destinados para cooperativas de catadores ou para escolas municipais. Por meio da reciclagem, as escolas captam recursos financeiros que depois são aplicados em seus próprios projetos.

2.5 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O início de um programa de gerenciamento de resíduos deve ter como foco os resíduos gerados nas atividades de ensino. Posteriormente, o trabalho é expandido para os laboratórios de pesquisa, onde, muitas vezes, os resíduos são variados e até mesmo novos, no caso de uma nova pesquisa (JARDIM, 1998).

O autor enfatiza que uma das condições básicas para o sucesso do programa de gerenciamento de resíduos é o apoio da instituição de ensino, sem restrições. Isso inclui priorização do pessoal, divulgação das metas do programa e reavaliação contínua dos objetivos e dos resultados. A instituição deve estar disposta a implantar e a sustentar o programa, uma vez que o fracasso de uma primeira tentativa desestimularia novos projetos.

A participação da comunidade acadêmica também é importante, pois o bom andamento do programa está relacionado com a mudança de atitude de todas as pessoas ligadas a ele, produzindo resultados em médio e em longo prazo.

Ainda segundo Jardim, independentemente das atividades geradoras de resíduos, o programa de gerenciamento deve sempre empregar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem produz o material é responsável por ele. Além disso, deve-se praticar a hierarquia de atividades, que inclui prevenir e minimizar a geração desses resíduos, segregá-los, adotar a reutilização e a reciclagem, além de tratá-los e descartá-los adequadamente.

2.5.1 Caracterização dos resíduos sólidos

Os resíduos ativos e passivos devem ser apresentados no início do programa de gerenciamento. Jardim (1998) afirma que, no Brasil, a maioria dos geradores de resíduos não apresenta passivos, o que demonstra como esses produtos são eliminados de forma inadequada. E acrescenta que, na maior parte das vezes, é difícil caracterizar os passivos. Segundo o autor, isso ocorre principalmente pela falta de identificação, o que pode desestimular a realização do trabalho.

Porém, a precisão na identificação dos resíduos é requisito indispensável para alcançar as metas estabelecidas (AFONSO et al., 2005).

De acordo com Jardim, os seguintes testes podem ser usados na caracterização do passivo:

- Presença de cianetos – a cor vermelha representa teste positivo quando se adicionam cloroamina –T e ácido barbitúrico/piridina.
- Presença de sulfetos – a cor preta no papel embebido com acetato de chumbo representa teste positivo quando se encontra em meio ácido.
- Presença de halogênios – a cor verde representa teste positivo quando se realiza o teste de chama.
- Reatividade e solubilidade com água – há formação de chama, geração de gás, ou qualquer outra reação violenta quando se adiciona uma gota de água. Após o ensaio de reatividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente.
- Resíduo oxidante – a cor rosa-claro tendendo para escuro representa teste positivo quando se adiciona sal de manganês.
- Resíduo redutor – descoloração de um papel umedecido em 2,6 – dicloro indofenol ou em azul de metileno.
- pH – utiliza-se papel indicador ou pH-metro.

Jardim (1998) ressalta que, com o início da implementação do programa de gerenciamento, a rotulagem de todos os reagentes e resíduos torna-se muito importante, facilitando o manejo destas substâncias, pois o passivo tende a diminuir.

Segundo Alberguini et al. (2003), uma das formas de rotulação é a utilização do Diagrama de Hommel (Figura 1). O resíduo é classificado de acordo com o grau de risco à saúde, a inflamabilidade, a reatividade e a periculosidade específica. Para o preenchimento desse diagrama, deve-se consultar a FISPQ. A OIT, entre outros requisitos, estabelece que todos os produtos perigosos deverão portar o Diagrama de Hommel, uma marca que permite a sua fácil identificação.

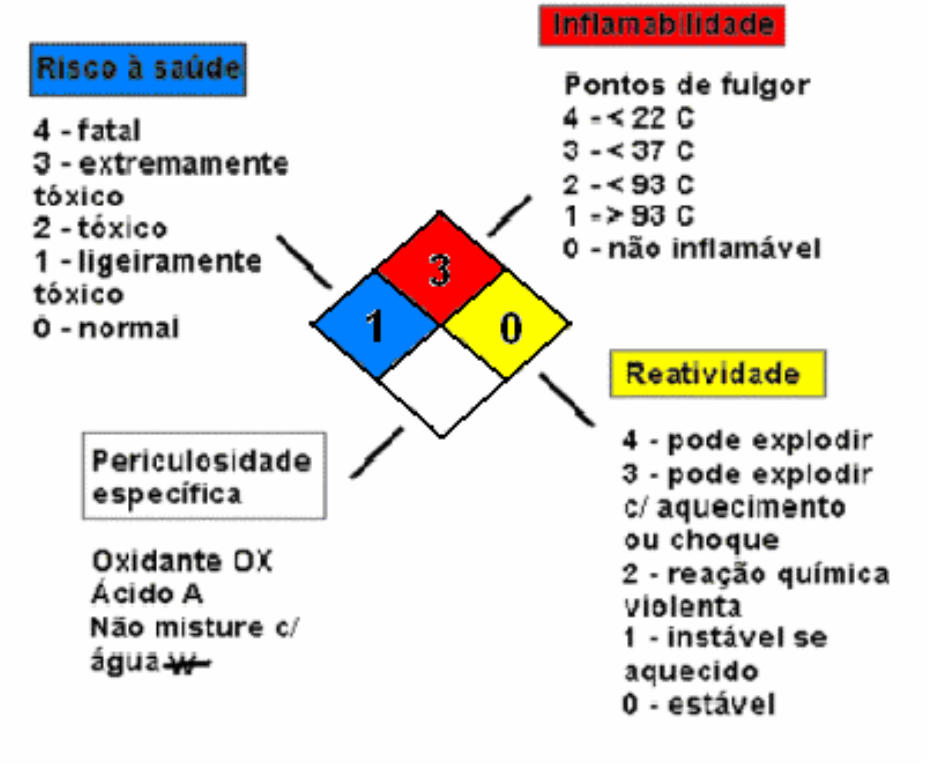

Figura 1 - Diagrama de Hommel.

Fonte: ALBERGUINI et al., 2003.

2.5.2 Segregação dos resíduos sólidos

A segregação tem por finalidade facilitar o tratamento e a disposição final. Segundo Jardim (1998), o Instituto de Química da Unicamp (SP) segrega seus resíduos químicos em clorados, acetatos e aldeídos, ésteres e éteres, hidrocarbonetos, álcoois e cetonas. Esses resíduos, quando não reutilizáveis, são encaminhados para a incineração. O que determina a separação dos resíduos é o seu destino final.

Com a segregação, impede-se a mistura de resíduos incompatíveis, facilitando a reutilização ou a reciclagem e evitando prejuízos. Quando a mistura acontece, pode haver algumas reações, observadas através dos seguintes fenômenos: geração de calor, fogo ou explosão, gases tóxicos, gases inflamáveis e reações violentas (ROCCA et al.,1993).

Afonso et al. (2005) acrescentam que se não há uma boa segregação dos resíduos, o ambiente torna-se mais perigoso e ocorre um aumento de custos do gerenciamento.

Portanto, a segregação dos resíduos busca otimizar o trabalho, independentemente se o destino dos produtos é a incineração, a reutilização ou a reciclagem (AFONSO et al., 2003).

2.5.3 Minimização dos resíduos sólidos

O objetivo da minimização é evitar a geração de resíduos. Baseada em técnicas que possibilitam a redução do volume, da toxicidade e da carga poluidora do resíduo, esta é, segundo Rocca et al. (1993), uma etapa importante do programa de gerenciamento, além de ser uma prática economicamente muito vantajosa, pois reduz os custos com a destinação desses materiais.

De acordo com os autores, para realizar o estudo de viabilidade da minimização é necessário conhecer todos os procedimentos relacionados à geração de resíduos. Devem ser avaliados, por exemplo, o treinamento do pessoal, a manutenção dos equipamentos e a alteração dos métodos. Eles ainda afirmam que para diminuir a produção de resíduos observam-se duas estratégias: a redução na fonte (alterações de matéria-prima, de tecnologia e de procedimentos) e a reciclagem.

A minimização pode ser implementada tanto no laboratório de ensino quanto no de pesquisa. Algumas vidrarias podem ser substituídas por outras de microescala, que diminuem a quantidade de reagentes utilizados. Isso possibilita a redução dos custos, apesar do investimento com a aquisição das vidrarias de tamanho pequeno. Como resultado, haverá a diminuição dos resíduos e dos impactos ambientais (JARDIM, 1998).

Esse autor ainda destaca que devem ser evitadas algumas substâncias impactantes e tóxicas, como Hg^{2+} (íon de mercúrio II), Pb^{2+} (íon de chumbo II), Cd^{2+} (íon de cádmio II), sulfeto de hidrogênio, benzeno e formalina. Na maioria das vezes, é possível fazer a substituição dessas substâncias por outras menos agressivas.

2.5.4 Acondicionamento dos resíduos sólidos

Para o acondicionamento, os recipientes devem ser confeccionados de acordo com a compatibilidade dos resíduos, possuir capacidade adequada e ser resistentes (ROCCA et al.,1993).

Os autores também orientam que o acondicionamento e a disposição final de resíduos devem seguir uma lista de incompatibilidade química, que pode ser consultada no Anexo A.

2.5.5 Coleta e transporte interno dos resíduos sólidos

A remoção do recipiente pode ser manual ou mecânica. Na manual, o peso do recipiente não deve ser superior a 30 ou a 40 kg; além disso, ele deve ter bordas arredondadas e alça que permita o seu manuseio. Para o processo mecânico, deve-se colocar o recipiente sobre uma superfície de fácil remoção, segundo ensinam Rocca et al. (1993).

Eles ainda ressaltam que para o transporte interno devem ser estabelecidas rotas, deve ser usado equipamento compatível com o volume, o peso e a forma do recipiente e deve ser feita a utilização correta dos equipamentos de proteção individual (EPI).

2.5.6 Armazenamento e transporte externo dos resíduos sólidos

Os resíduos precisam ser transportados para o tratamento ou o destino final e, para isso, utilizam-se vias marítimas, fluviais, rodoviárias e ferroviárias. No Brasil, o transporte mais utilizado é o rodoviário (ROCCA et al.,1993).

Segundo esses autores, o armazenamento tem como definição a contenção temporária de resíduos para um futuro destino. O armazenamento deve atender às NBR 1183, 1264 e 98. O local de armazenamento deve apresentar um

controle de segurança, priorizando o isolamento, a sinalização e o controle de operação.

Rocca et al. também orientam que, em relação ao transporte, adotam-se as seguintes normas: NBR 7500, NBR 7501, NBR 7502, NBR 7503 e NBR 7504.

2.5.7 Tratamento dos resíduos sólidos

A reutilização e a reciclagem podem ser trabalhadas dentro da unidade geradora. Segundo Jardim (1998), a reutilização é o uso de um resíduo como insumo, sem que o mesmo sofra qualquer tipo de tratamento. Já a reciclagem é o uso da substância após um tratamento. A reciclagem de solventes, por exemplo, já é bastante comum, mas a reutilização ainda é pouco praticada.

Tavares et al. (2006) afirmam que o tratamento de resíduos pode ser um procedimento de natureza química, física ou biológica. Para os resíduos laboratoriais, os mais recomendados são aqueles feitos por processos físicos e químicos. Como exemplo, os tratamentos térmicos que podem solucionar problemas com os resíduos, embora sejam considerados dispendiosos.

Para Alberguini et al. (2003), o tratamento de resíduos químicos tem grandes desafios, como a sua recuperação em forma de nova matéria-prima e a não agressão ao meio ambiente. Eles também mencionam um outro desafio, que é o de desenvolver no aluno uma conscientização ética, com relação ao uso e ao descarte de substâncias químicas, além de destacar como o professor deve proceder para tratar e recuperar os resíduos gerados em seu laboratório. De acordo com esses autores, na Universidade de São Paulo, em São Carlos, a solução foi criar um laboratório capaz de tratar os resíduos de todo o campus.

Com o tratamento, alguns resíduos podem ser reutilizados. Desse modo, afirmam, a conscientização ética com relação ao uso de resíduos químicos busca alcançar os denominados 5R, ou seja: reduzir, reutilizar, recuperar, reaproveitar e reprojetar.

No laboratório de resíduos químicos da USP/São Carlos, por exemplo, os tratamentos existentes são: a recuperação de solventes orgânicos, a precipitação de

sais metálicos e a neutralização de soluções. As partes não recuperáveis são encaminhadas para a incineração.

Afonso et al. (2003) citam os seguintes procedimentos para tratar alguns resíduos laboratoriais:

- Tratamento de resíduos contendo prata:

- Adicionar hidróxido de sódio na solução até que esta atinja um pH de 8 a 9, precipitando a prata solúvel existente. Ao sobrenadante, adicionar ácido clorídrico até a neutralização. No precipitado, adicionar lentamente ácido nítrico concentrado, sob aquecimento com temperatura de aproximadamente 100° C, até que seu volume seja reduzido 100 vezes; separar o precipitado da solução remanescente e reservá-la (solução 1). Ao precipitado branco fosco de cloreto de prata que permaneceu insolúvel, adicionar hidróxido de amônio até que este se solubilize (solução 2);
- adicionar lentamente metabisulfito de sódio sólido à solução amoniacal (solução 2), até a completa redução da prata em temperatura de 60° C. Filtrar e lavar o precipitado com água destilada até que o filtrado se encontre com pH neutro;
- na solução ácida (solução 1), adicionar água e concentrar, através do aquecimento, com o objetivo de remover o excesso de dióxido de nitrogênio. Adicionar lentamente metabisulfito de sódio sólido até total redução, em temperatura de 60º C e centrifugar.

A prata recuperada pode ser utilizada em outras aulas, deixando de ser resíduo.

- Tratamento de resíduos contendo bário e estrôncio:

- Ajustar o pH em 7 com solução de hidróxido de sódio. Adicionar sulfato de sódio até que a precipitação cesse. Secar os precipitados de sulfato de bário e de estrôncio. Esses sólidos são passíveis de incineração. Observa-se também que, ao precipitar, o volume do resíduo diminui, ocupando um espaço bem menor.

- Tratamento dos resíduos contendo cobre e cádmio:

- Ao resíduo de cobre adicionar uma solução de hidróxido de sódio até pH 7. Forma-se um precipitado de hidróxido e obtém-se uma solução azul intensa. Adicionar sulfeto de sódio para garantir que todo o cobre seja precipitado, nesse caso, na forma de sulfeto;
- filtrar o precipitado e descartar o líquido sobrenadante após teste negativo para o cobre. O precipitado de cobre pode ser incinerado;

- para o cádmio, o procedimento é semelhante, já que as reações envolvendo esse elemento são análogas às do cobre.

- Tratamento de resíduos contendo cromo:

- Adicionar aos poucos hidróxido de sódio sólido, sob agitação, até pH 6, juntamente com solução de nitrato de bário para formação do precipitado de cromato de bário;
- para garantir a precipitação de todo o cromo, adicionar lentamente carbonato de sódio e bissulfito de sódio. Em seguida, adicionar metabisulfito de sódio;
- deixar o sólido pastoso secar em temperatura ambiente, para que apareça um sólido verde-amarelado quebradiço. Com a precipitação, o volume do resíduo será diminuído significativamente, sendo mais fácil armazená-lo.

- Tratamento dos resíduos contendo níquel e manganês:

- Adicionar hidróxido de sódio até que a solução atinja um pH 7 e solução de carbonato de sódio em excesso;
- filtrar e reservar o precipitado. Na solução sobrenadante realizar o teste com dimetilglioxima para verificar a presença do elemento; apresentando resultado negativo, o líquido sobrenadante é descartado após realizar neutralização com uma solução de ácido clorídrico. Os resíduos finais sólidos contendo níquel e manganês podem ser incinerados.

- Tratamento de resíduos contendo chumbo:

- Adicionar hidróxido de sódio até que a solução atinja pH 7. Um precipitado de chumbo é formado. Deve-se ter cuidado com o excesso da quantidade de hidróxido de sódio adicionada, para que parte do chumbo não se redissolva como complexo;
- filtrar e reservar o precipitado. Descartar a solução resultante após realizar teste negativo para o elemento. O resíduo sólido obtido é passível de incineração.

- Tratamento de resíduos contendo selênio:

- Adicionar ácido nítrico concentrado. Concentrar a solução até um quarto do volume inicial. Realizar a repetição dessa etapa. Adicionar água, evaporar em seguida e repetir esse processo para que ocorra a eliminação do dióxido de nitrogênio. Adicionar água até um terço do volume inicial do resíduo a ser tratado;
- adicionar metabisulfito de sódio sólido, sob agitação mecânica à temperatura ambiente até reduzir o selênio;
- centrifugar o precipitado e em seguida lavar com água até atingir pH neutro;
- com o sobrenadante realizar o teste para determinação da presença do elemento. Se o teste for negativo, a solução é neutralizada e descartada;

- secar o precipitado em estufa a 150º C por uma hora.

Os demais resíduos com metais potencialmente tóxicos podem ser removidos por processos físico-químicos, como a precipitação química, realizada com a adição de uma base, formando espécies na forma de hidróxido e/ou óxidos (BUENO; CARVALHO, 2007).

Outra maneira de remover metais em solução, citada por esses autores, é a adsorção destes metais utilizando adsorventes, tais como quitosana, zeólitas, carvão ativado, argila, biomassa e turfa.

Para resíduos químicos de solventes orgânicos, utilizam-se processos oxidativos avançados (água oxigenada, ultravioleta, ozônio, reagente de fenton, fotocatálise heterogênea e outros), com ou sem a presença de luz solar (JARDIM, 1998).

Segundo Cunha (2001), os resíduos ácidos e básicos podem ser neutralizados (pH próximo a 7) e posteriormente descartados. Para a neutralização dos ácidos, é recomendado o uso de cal hidratada em conjunto com bicarbonato de sódio, pois tal combinação gera uma reação endotérmica, evitando o superaquecimento do meio reacional. Para as bases, o ácido clorídrico pode ser usado para a neutralização.

Jardim (1998) ensina que os resíduos passivos que não contêm identificação adequada devem ser incinerados. A incineração é um tipo de tratamento que se iniciou em 1874, na cidade inglesa de Nottinghamn. No Brasil, o primeiro incinerador foi implantado na cidade de Manaus (AM), em 1896 (ORTH, 2005).

Rocca et al. (1993) classificam a incineração como um tratamento térmico de resíduos. Os resíduos com poder calorífico inferior a 4.700 $kcal.kg^{-1}$ são os que mais se adaptam a esse processo, pois não necessitam de combustível auxiliar para a queima.

A incineração resulta da combustão na presença de oxigênio; é a melhor solução para resíduos tóxicos e inflamáveis, incluindo solventes, óleos, defensivos agrícolas halogenados e produtos farmacêuticos. Os resíduos são transformados em cinzas, sendo que, em alguns casos, podem ser reaproveitados ou destinados a aterros sanitários e industriais.

Os incineradores apresentam uma faixa de temperatura entre 1.200 e 1.400º C e tempo de detenção entre 0,2 e 0,5 segundos. Esse processo elimina a periculosidade e reduz o volume inicial.

As emissões gasosas dos incineradores podem conter halogênios e outros constituintes, que são prejudiciais ao ser humano e à natureza. Essas emissões devem ser reduzidas ou eliminadas por completo e, para isso, é utilizada a lavagem de gases. Esses efluentes da lavagem de gases, após neutralização, são encaminhados para a rede de esgoto (ROCCA et al., 1993).

Assim sendo, se as condições mínimas de funcionamento não forem cumpridas pelas empresas incineradoras, vários prejuízos podem ser causados pela eliminação de poluentes, como dioxinas, compostos aromáticos, gases ácidos e metais pesados. Alguns deles são bioacumuláveis, podendo provocar problemas respiratórios e circulatórios.

2.5.8 Disposição final dos resíduos sólidos

Os aterros industriais e sanitários são formas de disposição final de resíduos no solo, os quais são fundamentados em critérios de Engenharia e seguindo normas específicas (NBR 13896 e NBR 10157) para minimizar os problemas ambientais e de saúde pública, conforme Rocca et al. (1993).

Os aterros industriais são destinados a resíduos perigosos e os sanitários são destinados a resíduos não perigosos, sendo os aterros sanitários os mais usuais (LANGE et al., 2006).

O principal risco oferecido pelos aterros sanitários ao meio ambiente é a poluição das águas subterrâneas e superficiais. Isso, por causa do líquido percolado proveniente da decomposição da matéria orgânica, que pode variar na composição, na concentração e na quantidade (CAPELO NETO et al., 2005).

Segundo Orth (2005), os aterros industriais são concebidos de modo que os resíduos perigosos dispostos fiquem totalmente confinados, inclusive os percolados. Esse tipo de aterro impede qualquer contato externo dos resíduos com o meio ambiente, minimizando os impactos causados.

2.6 HISTÓRICO DO IQ/UFG EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O Instituto de Química da UFG é dividido fisicamente por três blocos: Analítica, Orgânica e Geral. Separados desses blocos encontram-se o Laboratório de Análises e Métodos de Extração e Separação (LAMES) e o almoxarifado de reagentes químicos.

No IQ/UFG existem 12 laboratórios de ensino, nos quais são ministradas em média 183 horas de aula por semana, com turmas de aproximadamente 14 alunos. Há, também, mais 12 laboratórios de pesquisa. Juntos, geram no total uma quantidade significativa de resíduos.

Em 2005 foi feita a caracterização dos resíduos químicos do Instituto (NOGUEIRA, 2007). Por meio desse levantamento, foi possível identificar quais substâncias existiam dentro dos laboratórios, com suas respectivas quantidades. Até o fim do primeiro semestre do referido ano havia 476 reagentes químicos – aproximadamente 400 kg no estado sólido e 1.000 L no estado líquido –, que eram utilizados nos laboratórios de pesquisa e de aulas práticas. Ficaram fora dessa quantificação os reagentes estocados no almoxarifado de reagentes químicos.

Os reagentes foram encontrados em várias partes dos laboratórios, como bancadas, armários, capelas, prateleiras e mesas, e até mesmo em gabinetes do IQ/UFG. De acordo com Nogueira, esses produtos nem deveriam ser guardados dentro da unidade em quantidades superiores ao necessário para o uso. O correto seria que eles estivessem estocados no local apropriado: o almoxarifado de reagentes.

Foram encontrados 173 tipos diferentes de resíduos químicos, entre eles, aproximadamente 600 quilos de produtos sólidos. Mas os principais resíduos, em volume, eram os combustíveis – cerca de 110 litros. O segundo maior volume era formado por resíduos contendo cádmio, em torno de 70 litros. Em cerca de 18% dos resíduos não havia identificação adequada, o que revelou um grande problema.

Os resíduos da classe I representavam 93% do total. Desses, 41% eram de materiais inflamáveis, sendo que os mais preocupantes eram os produtos à base de gasolina. Os resíduos tóxicos somavam 27%, sendo aqueles à base de tolueno e de benzeno os que ofereciam mais riscos.

Durante o trabalho, observou-se que as principais etapas geradoras de resíduos foram as análises cromatográficas de combustíveis e de pesticidas, além da separação por cromatografia em coluna de extrato de plantas. Juntas, essas atividades geraram uma quantidade aproximada de 200 litros de resíduos.

Os únicos métodos de tratamento existentes, durante o período em estudo, eram a rotoevaporação e a destilação. O procedimento que mais recuperou seus resíduos foi a separação por cromatografia em coluna de extrato de plantas.

Nogueira concluiu que os resíduos eram acondicionados principalmente dentro dos frascos de reagentes – reutilizados e armazenados dentro dos laboratórios do IQ/UFG.

No fim do ano de 2006, como medida emergencial, os resíduos químicos foram coletados e transportados para uma empresa de incineração, sob a responsabilidade da Comissão de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Universidade Federal de Goiás.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O período de estudo foi o ano de 2007, com horizonte de projeto de cinco anos. A liberação para que fosse realizada a caracterização dos resíduos existentes no IQ/UFG foi discutida em reunião.

O trabalho consistiu em uma ampla abordagem sobre identificação, quantificação, classificação, segregação, minimização, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos produzidos na referida unidade acadêmica.

Após feita a caracterização dos resíduos e identificados os passivos existentes, houve uma nova reunião para que se discutisse e aprovasse a incineração dos resíduos passivos, com o objetivo de eliminá-los. Dessa maneira, os responsáveis pela geração de resíduos firmaram um compromisso de implantar e manter o programa de gerenciamento, envolvendo todo o corpo acadêmico, ligado diretamente às atividades geradoras de resíduos.

Além do compromisso do pessoal da instituição, sabe-se que um programa desse âmbito demanda recursos financeiros tanto na fase inicial, como na sua manutenção. Para realizar a incineração dos resíduos passivos, a unidade acadêmica teve total apoio da Pró-Reitoria de Administração e Finanças da UFG, juntamente com a Comissão de Gerenciamento Integrado de Resíduos da UFG, que deram o início aos trabalhos dos passivos ambientais, incentivando toda a universidade em relação à redução dos impactos ambientais.

Foi elaborada uma ordem de prioridades nas ações, visando minimizar os resíduos produzidos, para que as metas do programa de gerenciamento fossem alcançadas.

3.2 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES GERADORAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A finalidade do levantamento das principais atividades geradoras de resíduos foi verificar qual a origem da sua produção. Com o objetivo de facilitar o acesso aos dados, esse levantamento foi feito com o auxílio dos docentes e da coordenação de graduação.

Para melhor assimilação das informações fornecidas, foi submetido aos docentes e à coordenação de graduação um questionário (ver Apêndice A). Após essa pesquisa para tentar apontar as possíveis etapas geradoras de resíduos, realizou-se uma visita ao local de geração.

3.3 LEVANTAMENTO DOS REAGENTES QUÍMICOS E MATERIAIS UTILIZADOS

A identificação e a quantificação dos materiais de escritório, dos produtos de limpeza e outros de uso diverso foram realizadas com o auxílio da secretaria do IQ/UFG. Um dos passos foi solicitar a listagem de compras do ano de 2007.

A identificação e a quantificação dos reagentes químicos foram realizadas por meio da subdivisão desses reagentes nos seguintes grupos: ácidos, bases, sais, óxidos e orgânicos.

Os recipientes que não apresentavam identificação adequada foram classificados como resíduos perigosos.

Os produtos estocados no almoxarifado de reagentes químicos não foram identificados e quantificados, por se tratar de substâncias que não eram utilizadas no período de estudo. Além disso, esses reagentes se encontravam em um ambiente adequado.

3.4 IDENTIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos analisados foram separados em comuns e químicos. Comuns eram todos aqueles materiais caracterizados como resíduos gerados em atividades da área administrativa, no serviço de varrição, nos banheiros e nas salas de aula, além dos restos alimentares. Químicos eram aqueles gerados em laboratório de ensino e pesquisa.

Os resíduos comuns foram identificados e quantificados durante duas semanas, ausentes de feriados ou eventos. Essa atividade foi realizada com o auxílio dos responsáveis pela limpeza.

O estudo gravimétrico dos resíduos comuns foi executado utilizando parâmetros qualitativos e quantitativos. Esse estudo foi realizado em período letivo (segunda semana de novembro de 2007) e durante férias acadêmicas (segunda semana de dezembro de 2007).

Ao fim de cada dia, os resíduos comuns foram separados em duas categorias, sendo “materiais recicláveis” e “orgânicos e outros”, de acordo com o modelo de coleta adotado pela Prefeitura de Goiânia. Durante a coleta foram observados quais os componentes dos resíduos.

O estudo quantitativo consistiu em verificar a massa total de resíduos comuns, apontando a quantidade de “materiais recicláveis” (papéis, metais, vidro e plásticos) e de “orgânicos e outros” (resíduos de banheiros, de varrição e restos alimentares). Não foram incluídos nesse estudo os frascos de reagentes e as vidrarias quebradas de laboratório, os quais foram quantificados juntamente com os resíduos químicos.

A massa total de resíduos comuns foi medida através de uma balança de marca Filizola, com capacidade de 200 quilos, localizada no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás.

A taxa de geração anual de resíduos comuns foi determinada através do somatório da massa obtida a cada dia durante as duas semanas em estudo, e, extrapolada para um ano.

No caso dos resíduos químicos, a identificação, a quantificação e a classificação foram realizadas no mês de dezembro de 2007, por se tratar do

término do ano letivo, e, conseqüentemente, do final do período de geração desses materiais naquele ano.

Para contemplar a grande diversidade de resíduos químicos, a identificação e a quantificação foram realizadas através de uma visita a cada laboratório. O início do levantamento foi feito por meio da observação de cada armário, pia, capela, caixa, gaveta, bancada e estufa, entre outros lugares. Verificou-se também qual era a quantidade, o material, a capacidade e a massa dos recipientes de acondicionamento dos resíduos e dos frascos vazios.

Foi observado se no recipiente de cada resíduo químico encontrado existia alguma identificação e descrição das propriedades do material. Verificou-se, ainda, qual o estado físico desse material e a quantidade acondicionada.

Na execução desse trabalho foram utilizados os EPI necessários, tais como jaleco, sapato fechado, óculos de segurança, luvas apropriadas e máscara de gases.

Para os resíduos químicos que ocupavam totalmente o recipiente foi feita a quantificação do frasco. Quando esses produtos não preenchiam todo o recipiente, foi utilizada, para resíduos sólidos, balança semi-analítica e, para os líquidos, proveta.

Esse procedimento foi adotado somente para os primeiros resíduos químicos, para se ter uma noção da capacidade do recipiente. Posteriormente, as quantificações foram feitas por valores aproximados do real. Dessa forma, determinou-se a taxa anual de geração de resíduos químicos para o IQ/UFG. Essa taxa foi considerada anual porque no ano anterior havia sido realizada a incineração dos resíduos passivos como medida emergencial, já mencionado anteriormente.

Nos frascos contendo resíduos devidamente rotulados, a identificação foi realizada simplesmente através da leitura desses rótulos. Já os frascos rotulados inadequadamente ou até mesmo sem nenhuma identificação tiveram seu conteúdo classificado como resíduo perigoso.

Para a classificação dos resíduos químicos foi utilizada a NBR 10004, que os separa nas classes I, II A e II B. Neste estudo, os resíduos foram classificados como classe I quando apresentavam alguma substância com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade. Os resíduos classe II não foram separados em II A e II B por não ter sido realizada

análise para tal divisão. Esses resíduos foram assim classificados, neste trabalho, quando o material não continha substância com as características da classe I.

Para facilitar a identificação dos reagentes e resíduos, os rótulos foram padronizados. Esses rótulos foram preparados de acordo com o estudo de alguns modelos já existentes em outras instituições acadêmicas do país (AMARAL et al., 2001; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; ALBERGUINI et al., 2003; FUNK et al., 2004) e com a Lei de Sinalização de Segurança, n.º 6.514/77, regulamentada pela portaria n.º 3.214/78 NR-26 §26.6. Esses cuidados foram tomados a fim de que no rótulo constassem as informações mais relevantes sobre o conteúdo do frasco e para que fosse apresentado também o Diagrama de Hommel.

3.5 LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS E PROPOSIÇÕES CORRETIVAS OU COMPLEMENTARES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Para realizar o levantamento das iniciativas relacionadas às etapas de segregação, minimização, acondicionamento, armazenamento, coleta e transporte, tratamento e disposição final dos resíduos, e para que os resultados fossem o mais próximos possíveis da realidade, sabendo que na maioria das vezes os produtos não se encontravam totalmente agregados em um único local, foi necessária uma averiguação mais detalhada. Isso foi feito por meio de uma visita em todos os laboratórios de ensino e pesquisa da unidade acadêmica, com a aplicação de um questionário (Apêndice A).

3.5.1 Segregação de resíduos sólidos

Primeiramente, foi avaliado se existia algum procedimento de segregação dos resíduos comuns e químicos. Posteriormente, foi observado se esse procedimento de segregação era padrão para a unidade. Sugeriu-se que fosse adotada uma rotina para a realização da segregação.

Foi observado se os resíduos químicos estavam sendo separados de acordo com algum método já existente, como por exemplo o da NBR 10004 que os separa em tóxicos, inflamáveis, corrosivos, reativos e patogênicos, ou se existia outra forma de segregação. Também foi avaliado se durante a separação dos resíduos a incompatibilidade química foi utilizada como parâmetro de segregação, de acordo com a lista exposta no Anexo A, destacando que, no caso de resíduos, por se tratar de misturas, considera-se a substância em maior quantidade ou periculosidade. Foram propostas outras formas de segregação para os resíduos sólidos, visando o tratamento e o destino final.

Realizou-se, ainda, um levantamento em cooperativas e empresas de reciclagem para verificar quais dos resíduos gerados, potencialmente recuperáveis, apresentam valor econômico no Estado de Goiás. Além disso, foram obtidas informações sobre os critérios adotados para o recolhimento desses materiais.

3.5.2 Minimização de resíduos sólidos

Durante o estudo foi observado se existia substituição de produtos, redução na fonte, alteração de metodologia, alteração de equipamentos, reutilização e reciclagem, visando a minimização dos resíduos sólidos.

Foi proposto, entre outras técnicas, o emprego da reutilização, com o objetivo de reduzir a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados. Isso inclui a queda tanto na quantidade de resíduos, como também no seu potencial de impacto ao meio ambiente, sem prejuízos para os resultados dos processos. Já para os resíduos comuns, produzidos em maior quantidade, foi proposta a minimização por meio da reutilização e da substituição de alguns materiais.

3.5.3 Acondicionamento de resíduos sólidos

Os critérios de acondicionamento dos resíduos sólidos observados durante a visita foram: capacidade do recipiente, compatibilidade do material, localização, identificação, resistência ao tombamento e vedação.

Considerando que tais critérios não estavam sendo atendidos, foi proposto que os resíduos sólidos fossem acondicionados em recipientes com capacidade, vedação, resistência ao tombamento, firmeza e identificação adequadas. Foram sugeridos outros locais para a colocação de novos coletores de resíduos.

Os frascos de reagentes vazios foram avaliados, atentando para a possibilidade de reutilização, porém, mediante a análise da incompatibilidade química entre esses frascos e os resíduos acondicionados.

3.5.4 Armazenamento de resíduos sólidos

Os critérios analisados para o armazenamento dos resíduos químicos foram: tipo de piso, retentor de líquidos, ventilação, instalações elétrica e hidráulica, material de confecção das estantes, distância da unidade, materiais de segurança e incompatibilidade química.

Foi observado que os resíduos eram armazenados em locais como armários em geral, espaços disponíveis sob as pias e as capelas, estufas e até em geladeiras e congeladores.

Para os resíduos comuns foi observado como e onde esses materiais eram armazenados. Novas propostas de armazenamento foram feitas, considerando o modelo de segregação adotado pela Prefeitura de Goiânia.

Foi sugerido que se encontre um local apropriado para o armazenamento dos resíduos, com base em pesquisas e em visita técnica feita a um entreposto de resíduos químicos de uma instituição de ensino superior do Brasil que já tenha o programa de gerenciamento. Isso, de uma forma adequada à realidade do IQ/UFG.

3.5.5 Coleta e transporte de resíduos sólidos

Foi avaliado se existiam coleta e transporte interno de resíduos sólidos e, em caso positivo, se esses eram adequados. Aos servidores foram solicitados a data e o horário da coleta e do transporte dos materiais. Já para a coleta e o transporte externo, foi avaliado se eles existiam e como aconteciam.

Os critérios analisados para a coleta e o transporte interno dos resíduos sólidos foram: uso de equipamentos de proteção individual, distância percorrida, se o transporte era manual ou usando equipamentos com rodas, rotas, condições do percurso e local. Com relação ao transporte externo foi avaliado se o veículo era licenciado e apresentava condições para o trabalho.

Rotas, dias e horários adequados para a coleta e o transporte interno foram sugeridos, bem como o uso de equipamentos que facilitam o recolhimento dos produtos. Também foram propostas melhorias na estrutura física do prédio.

Foram solicitadas melhorias nas condições dos veículos de transporte de resíduos químicos, para adequá-los às necessidades do serviço, tais como: identificação, pneus, partes elétrica e mecânica, estrutura da carroceria, além de treinamento dos motoristas.

3.5.6 Tratamento e disposição final de resíduos sólidos

Durante o estudo, foi avaliado se existia algum tratamento e também o local de disposição final dos resíduos sólidos gerados. Com a identificação e a quantificação dos materiais, foi possível propor medidas para lidar melhor com esses resíduos.

Foram feitas algumas propostas de fácil execução, para que se inicie um trabalho de conscientização desde os alunos até os professores, mostrando que a instituição pode tratar seus resíduos gerados, reduzindo assim, os gastos com a incineração.

Entre outras ações, sugeriu-se a construção de um laboratório exclusivo, para que em um futuro próximo o tratamento dos seus resíduos químicos seja

realidade no IQ/UFG. Até que isso aconteça, propôs-se a contração de uma empresa especializada nesse tipo de serviço, tal contratação não retira a responsabilidade da instituição geradora do resíduo.

Durante este trabalho, também foi dado um destino final às vidrarias quebradas e aos frascos de reagentes químicos vazios não identificados.

3.6 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

No final do estudo, foram avaliados os custos e a viabilidade do gerenciamento, considerando os aspectos econômicos e operacionais.

Foram agrupados todos os gastos com aquisição de reagentes, vidrarias, materiais diversos, equipamentos, tratamento externo, confecção de rótulos e construção do abrigo de resíduos químicos.

Também foram elaboradas as prioridades para que as metas do gerenciamento de resíduos fossem alcançadas, com base nos fatores financeiro e operacional e nos pontos de maior vulnerabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O IQ/UFG criou uma Comissão de Segurança e Resíduo (CSR), que tem como dever fazer cumprir todos os procedimentos relacionados ao adequado gerenciamento de resíduos sólidos. Quando houver o não cumprimento desses procedimentos, por parte de qualquer servidor, a CSR levará o problema à administração, para juntos discutirem possíveis soluções para os problemas apresentados.

O ideal seria que qualquer servidor ou acadêmico, antes de iniciar seu trabalho, realizasse uma prévia organização dos métodos e procedimentos para acondicionamento, segregação, tratamento ou descarte dos resíduos químicos gerados, além de obter informações sobre medidas de primeiro socorros, controle ambiental e principais propriedades dos reagentes utilizados. Essas informações podem ser conseguidas através da FISPQ e encontradas nos endereços eletrônicos das empresas fornecedoras de reagentes químicos.

Cada gerador de resíduos químicos é responsável pelos materiais por ele produzidos e será orientado a caracterizá-los, através de uma planilha apontada no Apêndice F. Essa planilha auxilia também o monitoramento do uso de reagentes químicos, objetivando o controle e a rastreabilidade dos resíduos produzidos, além da correta segregação desses materiais e da eliminação da inadequada prática de armazenamento de resíduos sem identificação.

A planilha apresenta informações sobre os reagentes utilizados e sobre os resíduos produzidos. Em relação aos reagentes, apresenta a identificação e a quantidade utilizada. Sobre os resíduos, apresenta identificação, quantidade, acondicionamento, tratamento (mesmo que não se trate o resíduo, deverá ser informada uma sugestão de tratamento) e destino final.

Durante a implantação do gerenciamento de resíduos sólidos são necessárias reuniões, o que exige tempo dos funcionários do laboratório. Essa disponibilidade de tempo deve ser priorizada, pois durante as reuniões serão abordados os melhores procedimentos a serem realizados nas etapas do

gerenciamento.

Tendo em vista que o gerenciamento é uma nova atividade a ser realizada pela comunidade acadêmica, um treinamento da equipe de trabalho é de extrema importância. Nesse treinamento serão abordados os seguintes itens:

- estudo do ambiente, das condições de trabalho, bem como dos riscos originados no processo de manuseio de produtos químicos;
- noções sobre acidentes e doenças decorrentes da inadequada exposição aos riscos oferecidos pelos resíduos sólidos;
- noções de manuseio de produtos químicos, equipamentos de proteção individual e coletiva, além de outros procedimentos relacionados à segurança;
- procedimentos de gerenciamento dos resíduos sólidos;
- noções sobre as legislações vigentes.

O treinamento poderá ser ministrado por pessoas convidadas. As legislações vigentes poderão ser apresentadas por representantes de órgãos ambientais e a parte de gerenciamento, por algum integrante da comissão de resíduos da UFG. Os demais itens poderão ser ministrados por participantes de trabalhos relacionados à saúde do trabalhador, como algum representante da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) da UFG, do Ministério do Trabalho, da Vigilância Sanitária e do Corpo de Bombeiros.

Os materiais permanentes considerados como patrimônio da universidade que apresentarem problemas relacionados ao fim de sua vida útil serão gerenciados adequadamente pelo Departamento de Material e Patrimônio da UFG e as lâmpadas queimadas, pelo Centro de Gestão do Espaço Físico da instituição.

Através de observações nos ambientes do IQ/UFG, podem-se identificar todos os locais passíveis de geração de resíduo sólido, discriminados a seguir.

- Laboratórios de ensino e pesquisa.

Ambientes destinados às aulas práticas e à pesquisa. Nesses laboratórios são armazenados equipamentos de uso nas aulas, vidrarias, frascos de reagentes vazios, reagentes e resíduos químicos gerados.

- Laboratório de informática.

Nesse laboratório a comunidade acadêmica tem acesso a: dados *on line*, redação de trabalhos científicos, projetos, teses e dissertações, além da preparação e apresentações de aulas, seminários, palestras e cursos. Esse ambiente apresenta apenas resíduos de papéis.

- Sala de alunos de pós-graduação.

Ambiente reservado para estudos dos alunos de pós-graduação, que têm acesso aos dados *on line,* além da redação de artigos, trabalhos científicos, projetos, teses e dissertações. Os resíduos dessa sala são apenas papéis.

- Sala de monitoria.

Reservada para estudo coletivo dos alunos de graduação. Gera apenas papéis como resíduos.

- Gabinete dos professores.

Destinado ao preparo das aulas, dos projetos de pesquisas, o armazenamento de livros e equipamentos de trabalho (computador, impressora, *scanner*, máquina fotográfica etc.) e demais atividades docentes. Esse ambiente apresenta resíduos de papéis e plásticos.

- Sala de reuniões.

Reservado para reuniões e estudos coletivos, além de funcionar como uma sala de recepção de visitantes. Esse ambiente apresenta resíduos de papéis, plásticos e outros materiais de uso administrativo.

- Administração de graduação e pós-graduação.

Ambiente destinado para serviços administrativos. Apresenta resíduos de papéis e plásticos.

- Cozinha.

Local de descanso e preparo de alimentos para os servidores. Esse ambiente apresenta resíduos de papéis, plásticos e materiais orgânicos.

- Almoxarifado de reagentes.

Destinado ao armazenamento dos reagentes utilizados em aulas práticas e pesquisas. Apresenta eventuais resíduos, como produtos vencidos, frascos de reagentes vazios, plásticos e caixas de papelão.

- Banheiros.

Local destinado à higiene pessoal e que apresenta resíduos de papéis e outros materiais de higiene pessoal.

4.2 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES GERADORAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

As Tabelas 1 e 2 mostram quais são as atividades nas quais os resíduos são gerados.

Tabela 1 - Diferentes atividades geradoras de resíduos químicos com seus respectivos percentuais

Atividades geradoras de resíduos químicos	% resíduo
Extração de óleo de peixes	7,5
Determinação de metais	2,0
Cromatografia em coluna e em camada delgada	1,3
Separação e extração de substâncias em plantas	4,4
Estudo dos produtos naturais (fitoquímica)	9,1
Síntese de polímeros orgânicos e inorgânicos	9,9
Desenvolvimento de materiais nanoestruturados magnéticos	1,3
Química dos materiais	4,4
Estudos em bioinorgânica	1,8
Imobilização de proteínas, enzimas e aminoácidos	0,9
Estudo da absorção de espécies iônicas	3,8
Síntese e caracterização de complexos metálicos com atividade biológica	2,9
Estudo em catálise heterogênea	2,9
Estudo em catálise	2,4
Aulas de química inorgânica	0,2
Aulas de química geral	0,7
Aulas de físico-química	4,5
Aulas de química analítica qualitativa e quantitativa	4,7
Aulas de química instrumental	7,1
Aulas de química orgânica	6,1
Análises cromatográficas de combustíveis	11,5
Análises cromatográficas de pesticidas	10,6

Tabela 2 - Diferentes atividades geradoras de resíduos comuns com seus respectivos percentuais

Atividades geradoras de resíduos comuns	% resíduo
Higiene pessoal e varrição	29
Trabalhos administrativos	60
Preparo de alimentos	11

Segundo o levantamento realizado, as atividades de maior geração de resíduos químicos foram as análises cromatográficas de combustíveis e de

pesticidas, que juntas renderam uma quantidade anual aproximada de 50 kg. Visto que essas atividades geraram 22% do total de resíduos, conclui-se que tais pesquisas devem receber mais atenção, no que diz respeito aos métodos de minimização.

O desenvolvimento de materiais nanoestruturados magnéticos, executado em um único laboratório de pesquisa, gerou uma quantidade significativa de resíduos sem identificação adequada: cerca de 13 kg. A equipe que atua nessa atividade também deve estar atenta, uma vez que resíduos sem identificação provocam várias dificuldades no gerenciamento, além de aumentar os riscos de acidentes no local de trabalho.

As cerca de 150 horas semanais de aulas práticas geraram 71 kg de resíduos, o que equivale, aproximadamente, a 23 %. Desses, 19 kg de material estavam sem identificação adequada.

As atividades administrativas são as que mais produzem resíduos comuns, com uma quantidade média de 540 kg. A quantidade elevada mostra a necessidade de minimizar esses resíduos, pois eles também geram impactos ambientais.

4.3 LEVANTAMENTO DOS REAGENTES QUÍMICOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Na caracterização foi possível identificar quais reagentes e materiais diversos existiam dentro dos laboratórios e em outros ambientes, com suas respectivas quantidades.

Os materiais diversos que foram adquiridos em 2007 podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais adquiridos no ano de 2007 e passíveis de geração de resíduos

Materiais de escritório		Produtos de limpeza		Materiais de uso diverso	
Material	**Quantidade**	**Material**	**Quantidade**	**Material**	**Quantidade**
Papel	47 pacotes	Desinfetantes	64 L	Copo descartável	150 pacotes
Canetas e lápis	75 caixas	Esponja de aço	15 unidades	Café	120 kg
Cartuchos de impressão	14 unidades	Palha de aço	05 unidades	Açúcar	60 kg
Giz escolar	52 caixas	Cera líquida	60 L	Papéis toalha e higiênico	100 pacotes
Cola	10 unidades	Detergente	96 L	Luvas	20 caixas
Envelopes	50 unidades	Sabão e sabonete	24 unidades	Pilhas e baterias	10 unidades

Analisando a Tabela 3, observam-se os materiais que possivelmente geram resíduos. Considerando que alguns desses materiais sobram, as prioridades de compras devem ser revistas. Produtos como cola, canetas e café, que perdem a validade com o tempo, devem então ser adquiridos em menor quantidade. No caso do café, freqüentemente ocorre a aquisição de um produto que não agrada à maioria dos servidores e, assim, ele não é consumido, ficando estocado por tempo indeterminado. O problema não seria significante, se a quantidade adquirida fosse pequena.

Os reagentes químicos foram divididos em grupos, para uma fácil visualização daqueles mais problemáticos, como apresenta a Figura 2.

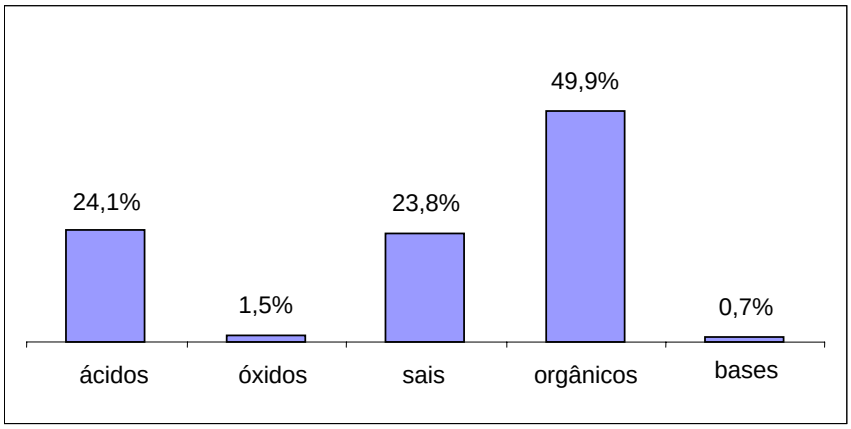

Figura 2 - Quantidade percentual dos reagentes químicos encontrados, divididos em grupos.

Analisando a Figura 2 pode-se observar que os reagentes orgânicos apresentam-se em maior quantidade percentual. Esses reagentes foram encontrados em várias partes dos laboratórios e gabinetes, como bancadas, armários, prateleiras, mesas e capelas (Figura 3). O correto seria que os produtos estivessem no almoxarifado de reagentes.

Figura 3 - Reagentes armazenados inadequadamente em capelas.

No ano em que foi desenvolvido este estudo (2007), aproximadamente 300 reagentes químicos diferentes – cerca de 200 kg de produtos sólidos e 300 L de líquidos – estavam sendo utilizados nos laboratórios de pesquisa e nas aulas práticas. Os diferentes tipos de reagentes encontrados, com suas respectivas quantidades, são apresentados nos Apêndices B e C.

Os reagentes no estado líquido encontrados em maior quantidade foram o hexano e álcool etílico, ambos com uma quantidade de 21 L, seguidos pelo dicloroetano, com 18 L. Deve-se ressaltar que o hexano é uma substância perigosa por ser inflamável e tóxica, o álcool etílico é inflamável e o dicloroetano é tóxico. Sendo assim, esses reagentes químicos estocados dentro dos laboratórios poderiam acarretar riscos à segurança dos alunos e dos próprios servidores, pois existe a possibilidade de ocorrer tombamentos e vazamentos.

O reagente em estado sólido encontrado em maior quantidade foi a sílica, com uma quantidade de 11 kg, seguido pelo sulfato de cobre e o hidróxido de sódio, ambos com 6 kg. Esses sólidos são menos problemáticos que os líquidos, pois estão armazenados em pequenas quantidades e apresentam maior segurança com relação ao manuseio e ao transporte.

Como critério comparativo, observou-se que na caracterização do ano de 2005 foram encontrados 476 reagentes químicos, com aproximadamente 400 kg de reagentes sólidos e 1.000 L de reagentes líquidos, o que significa uma redução significativa, cerca de 63%, no ano de 2007. Isso mostra que a unidade acadêmica vem se conscientizando, estocando os reagentes em local adequado ou adquirindo-os em menor quantidade.

4.4 IDENTIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS

O estudo apontou que anualmente são gerados no IQ/UFG, em média, 900 kg de resíduos comuns, sendo 58 % de materiais recicláveis.

Não foi necessário fazer um quarteamento da amostra, pois a massa dos resíduos comuns foi determinada ao final de cada dia e era relativamente pequena em relação à capacidade máxima da balança utilizada.

No período de férias acadêmicas foram obtidos mensalmente, em média, 50 kg de resíduos comuns. Tal resultado já era esperado, pois como não havia aulas, a quantidade de pessoas circulando na unidade acadêmica era relativamente pequena em relação aos dias letivos. No período letivo foi obtida, mensalmente, uma média de 90 kg de resíduos comuns.

Na categoria dos “materiais recicláveis” foram encontrados papel e papelão, plásticos, copos descartáveis e latas de alumínio. Já na categoria dos “orgânicos e outros” foram encontrados resíduos de banheiro, luvas, matéria orgânica de restos alimentares e material de varrição.

Em relação aos resíduos químicos, havia cerca de 160 tipos, o que aponta um grande problema, uma vez que a diversidade dificulta o gerenciamento e requer mais cuidados. Desconsiderando o peso dos recipientes, foram encontrados aproximadamente 300 kg desses produtos. Os diferentes resíduos químicos gerados, nos estados sólido e líquido, são apresentados com suas respectivas quantidades nos Apêndices D e E.

Os recipientes de acondicionamento, os quais eram de plástico ou de vidro, possuíam capacidades entre 50 e 5.000 mL. A massa desses frascos foi determinada e somada à dos resíduos, pois para o tratamento e a disposição final dos materiais foi considerado o peso total.

Os resíduos químicos foram acondicionados em aproximadamente 400 frascos de vidro e 40 frascos de plástico, que apresentavam uma massa de 280 kg. Juntando essa massa com a dos recipientes, obteve-se ao final um total de 580 kg.

Em relação aos frascos vazios foi contabilizado um total de 106 de vidro e 80 de plástico, com massas de 75 kg e 4 kg, respectivamente. Foram considerados perigosos os que indicavam em sua rotulagem alguma substância com características de periculosidade, ou aqueles que não apresentavam identificação, pois dependendo do produto que continham, poderia haver risco.

Foram encontradas vidrarias quebradas, como buretas, tubos de ensaio e pipetas, entre outros, apresentando massa de 12 kg. Esses utensílios podem conferir periculosidade, dependendo do material com o qual foram contaminados.

Em volume os principais resíduos foram os craqueados (plástico e catalisador), estimados em 26 L, seguidos pelos resíduos de biodiesel e acetato de etila contaminado, ambos estimados em 10 L. Estes, por serem inflamáveis, são classificados como perigosos segundo a NBR 10004.

Dentro de um único laboratório foi encontrado um resíduo químico no estado sólido, com massa de 10 kg, que não estava identificado. Esse foi o mais problemático, pois a falta de identificação confere periculosidade ao resíduo, por não se conhecê-lo.

A caracterização foi uma atividade demorada e complexa, por tratar muitas vezes de resíduos sem nenhuma identificação, como o exemplo acima citado. Os resíduos sem identificação adequada representam cerca de 21 % do total encontrado, o que em massa corresponde a 63 kg. A representação gráfica referente à identificação dos resíduos pode ser observada na Figura 4.

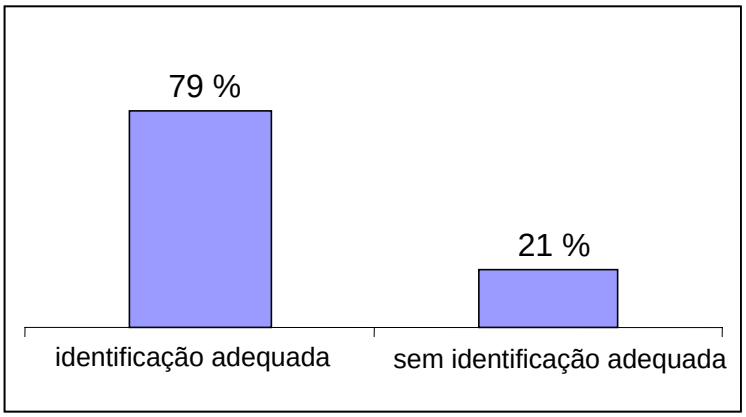

Figura 4 - Percentual dos resíduos químicos segundo sua adequada ou inadequada identificação.

Verifica-se, conforme o que foi exposto anteriormente, como o ambiente de ensino e pesquisa pode se tornar propício para acidentes, diante da grande quantidade de resíduos sem identificação e armazenados em condições precárias. Nesse ponto, infelizmente a teoria não é aplicada à prática, pois na tentativa de se desenvolver algo útil à sociedade, muitas vezes os resíduos gerados nos laboratórios ficam esquecidos ou colocados em segundo plano. Não se leva em consideração que eles também podem provocar acidentes, atingindo o homem direta ou indiretamente.

Na Figura 5 observa-se a distribuição percentual dos resíduos químicos de acordo com seu estado físico, sendo que 96 % são líquidos. Foi observado que parte desse total poderia ter sido submetida à evaporação/destilação e precipitação química como forma de tratamento, reduzindo assim a quantidade de resíduos líquidos. Isso evidencia a falta do gerenciamento.

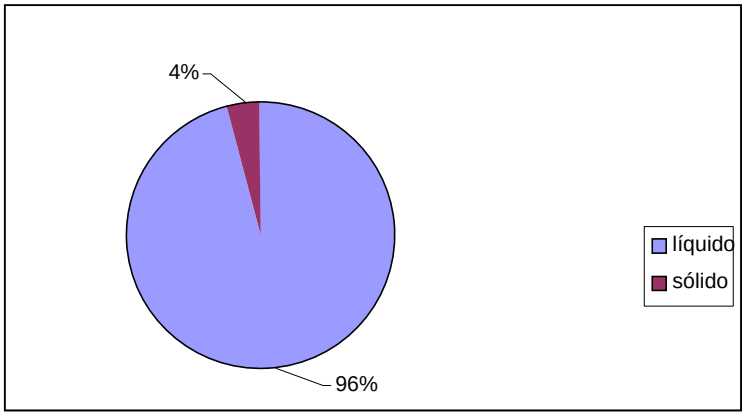

Figura 5 - Distribuição percentual dos resíduos químicos existentes, de acordo com seu estado físico.

A Figura 6 apresenta a quantidade percentual de resíduos químicos que são potencialmente recuperáveis. Observa-se que, dos 77 % recuperáveis, uma parte poderia ser tratada na própria unidade acadêmica, utilizando como procedimentos, por exemplo, a diferença de temperatura de ebulição e a precipitação.

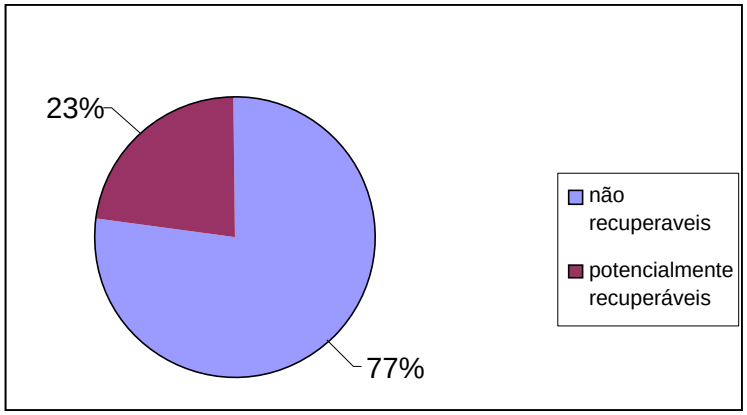

Figura 6 - Distribuição percentual dos resíduos químicos recuperáveis e não recuperáveis.

Com o gerenciamento, espera-se então que a unidade acadêmica possa iniciar trabalhos relacionados à recuperação dos resíduos, promovendo, com isso, redução nos gastos com aquisição de reagentes e minimização dos impactos ambientais.

Em sua maioria os resíduos químicos potencialmente recuperáveis são solventes e para a sua recuperação são necessários recursos financeiros, estrutura física e pessoal qualificado. O IQ/UFG deveria apresentar um laboratório destinado especificamente à recuperação e ao tratamento desses materiais, com vidrarias de grande porte para destilação, capela de tamanho apropriado, reagentes específicos para o tratamento com precipitação, além de equipamentos como estufas, mufla, rotaevaporador e espectrofotômetro, entre outros. Também deveria se investir em procedimentos de tratamento.

Observa-se, então, a importância de se estudar, elaborar e aplicar novas metodologias que possam minimizar e recuperar grande parte dos resíduos químicos, que vêm poluindo o meio ambiente. Atualmente, esses produtos são armazenados de forma aleatória e não têm um destino adequado, sendo, infelizmente, apenas diluídos e descartados nas pias.

Também há o recurso da incineração, um processo de destruição térmica, feito por uma empresa localizada em Senador Canedo (GO) que é projetada e licenciada para incinerar todos os resíduos, desde que não contenham mercúrio e/ou cianeto.

Como mostra a Figura 7, aproximadamente 75 % dos resíduos gerados podem ser incinerados. Dos 25 % não incineráveis, observou-se que a maioria (cerca de 87 %) foi assim considerada apenas por não apresentar identificação e somente uma pequena parte (cerca de 13 %) continha mercúrio e cianeto. Com isso, ressalta-se novamente a importância de identificar adequadamente os resíduos, pois se houvesse identificação grande parte dos produtos considerados como não incineráveis poderiam ser submetidos a esse procedimento.

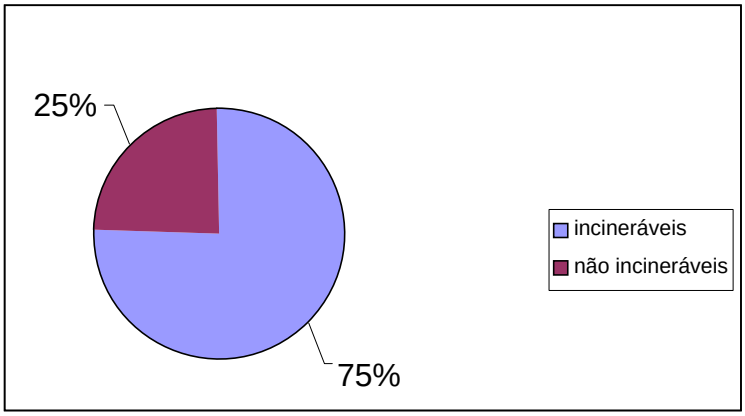

Figura 7 - Distribuição percentual dos resíduos químicos potencialmente incineráveis.

Os resíduos químicos do ano de 2007 foram classificados em classe I – perigosos e classe II – não perigosos, de acordo com a NBR 10004, como mostra a Figura 8.

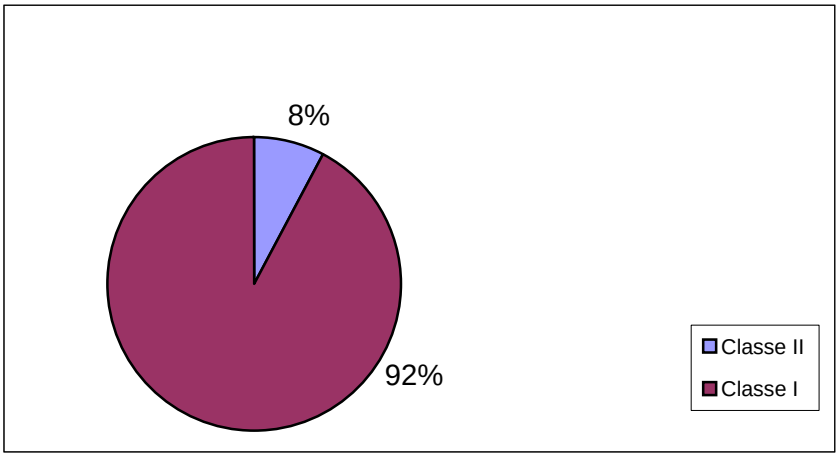

Figura 8 - Percentual dos resíduos químicos de acordo com sua classificação.

Como pode ser observado, os resíduos classe I são a maioria, com uma quantidade percentual de 92 %. Já os resíduos classe II apresentam quantidade percentual baixa, de 8 %.

A Figura 9 mostra a separação dos resíduos classe I de acordo com suas características.

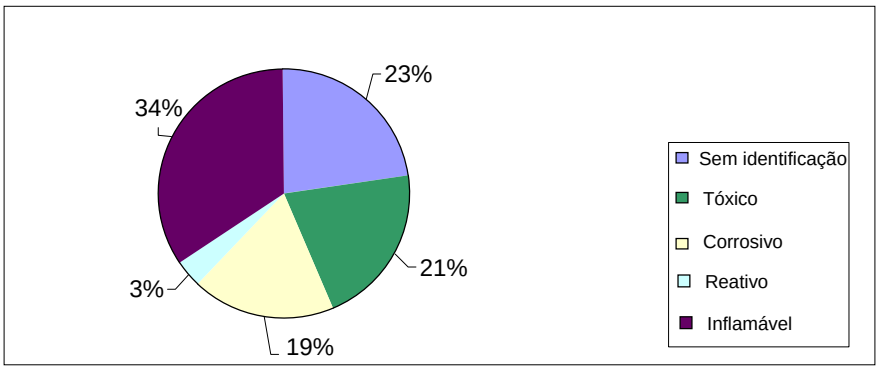

Figura 9 - Percentual dos resíduos químicos classe I, de acordo com suas características.

Na Figura 9 pode-se observar que os resíduos inflamáveis são a maior quantidade percentual: 34 %. Por isso, eles foram considerados como os mais

preocupantes, sendo resíduos à base de álcool, que poderiam ser reutilizados em aulas práticas.

Os produtos sem identificação e com toxicidade representam, respectivamente, 23 % e 21 %. Esses também causam preocupação, por apresentar resíduos à base de tolueno e benzeno, substâncias muito perigosas, que provocam câncer com baixos índices de exposição permitida.

A maioria dos resíduos se encontra em meio aquoso, o que aumenta significavelmente o volume, gerando maiores custos com seu gerenciamento.

Os geradores desses materiais devem ter uma maior cautela durante a identificação. Como se observa na Figura 9, não estavam identificados 23 % dos resíduos, que por isso foram considerados perigosos.

Para melhorar a organização, foi desenvolvida uma proposta de rótulos para os reagentes e resíduos. Os rótulos dos reagentes foram destinados a soluções preparadas e os dos resíduos, aos produtos de descarte dos procedimentos químicos realizados nos laboratórios.

Os rótulos para resíduos, como mostra a Figura 10, apresentam informações como: laboratório de origem, data de manipulação, responsável, nome do resíduo, pH, código de segregação, outras observações que os geradores julguem relevantes e a identificação de alguns grupos importantes para o gerenciamento desses produtos.

RESÍDUO QUÍMICO

LABORATÓRIO /BLOCO:
DATA DE MANIPULAÇÃO:
RESPONSÁVEL:
NOME DO RESÍDUO
pH:
OUTRAS OBS.:

GRUPO	**TIPO**
METAIS	
MERCÚRIO	
CIANETO	
OUTROS	

Código de Segregação:

Figura 10 - Rótulo para resíduos gerados.

Os rótulos para reagentes, como mostra a Figura 11, apresentam informações como: o laboratório de origem, a data de manipulação e/ou validade, o responsável, a concentração e o nome da substância acondicionada.

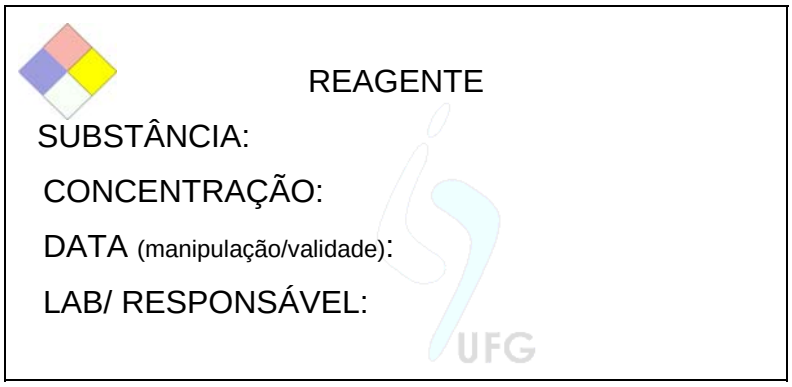

Figura 11 - Rótulo para reagentes manipulados.

Ambos os rótulos apresentam o Diagrama de Hommel, no qual, em cada um dos losangos, deve-se expressar o risco que varia de 0 a 4, exceto no losango referente à periculosidade específica, onde se coloca o símbolo ao invés dos números.

A cor azul no diagrama representa o grau de risco relacionado às características de danos à saúde, a cor vermelha representa o grau de risco relacionado à inflamabilidade, a cor amarela representa o grau de risco relacionado à reatividade e a cor branca representa a periculosidade específica.

O código do Diagrama de Hommel refere-se às características de um determinado reagente. No caso dos resíduos, os quais são na maioria das vezes misturas, deve-se considerar a substância de maior quantidade ou periculosidade, para se determinar o código do diagrama.

Os rótulos foram confeccionados em papel adesivo e foram fornecidos aos laboratórios pela Comissão de Resíduos da unidade acadêmica. O gerador dos resíduos preencherá o rótulo, se possível com lápis número 2 para minimizar a descaracterização por um eventual derramamento nas bordas do frasco.

No segundo semestre de 2007 houve uma greve dos servidores técnico-administrativos da UFG, o que pode ter prejudicado o levantamento. Por isso, sugere-se uma nova quantificação e caracterização dos resíduos.

4.5 LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS EXISTENTES E PROPOSIÇÕES CORRETIVAS OU COMPLEMENTARES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.5.1 Segregação de resíduos sólidos

Atualmente, apenas uma pequena parte do IQ/UFG separa seus resíduos, sendo que essa separação ocorre de diversas maneiras, não seguindo um padrão estabelecido.

Propõe-se que a segregação dos resíduos seja realizada diariamente, após o término de cada atividade, experimento ou aula prática, tornando-se parte da rotina.

Como mostra a Figura 12, os resíduos comuns não são separados. Esses materiais são destinados ao aterro sanitário de Goiânia.

Figura 12 - Resíduos comuns sem segregação.

Como medida corretiva, os resíduos comuns devem ser separados em dois recipientes, os “recicláveis” e os “orgânicos e outros”. Esse procedimento foi proposto considerando o modelo adotado pela Prefeitura de Goiânia.

Os resíduos encontrados, que são potencialmente recuperáveis e que possuem valor econômico foram: papel e papelão, plástico e frascos de reagentes. No entanto, observa-se que essa recuperação não é feita, pois esses materiais

estavam misturados com resíduos orgânicos e outros, muitas vezes até mesmo com produtos perigosos.

A Figura 13 mostra como a maioria dos frascos de reagentes encontrados estava descaracterizada. Assim, não é possível saber se o recipiente é reciclável.

Figura 13 - Frascos de reagentes vazios.

Em relação aos resíduos químicos, foi constatado e relatado que estes não eram segregados de acordo com a NBR 10004, sendo que o único procedimento utilizado em alguns casos era a separação por experimento. Portanto, verificou-se que nos demais casos, os resíduos eram misturados em um único recipiente, sem a preocupação com uma possível recuperação do material ou com a incompatibilidade química, como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Mistura de resíduos em recipiente inadequado.

Por isso, sugere-se que seja realizada a segregação dos resíduos químicos, visando um futuro tratamento ou a reutilização do material. Propõe-se que a separação seja feita em “incineráveis” e “não incineráveis”, sendo os não incineráveis aqueles que contêm mercúrio e cianeto e os incineráveis os demais resíduos. Os incineráveis devem ser divididos em ácido, base, oxidante, redutor, solventes e outros. Essa forma de segregação foi escolhida levando em consideração que o método selecionado para o momento atual foi a incineração e, por isso, não há necessidade de uma outra separação.

Como já mencionado, a empresa de incineração localizada em Senador Canedo recebe todos os resíduos químicos, com exceção dos que contêm mercúrio e/ou cianeto. Observa-se, então, que não há necessidade de separar os resíduos de acordo com a NBR 10004, podendo-se utilizar somente a segregação sugerida.

A proposta de separação dos incineráveis foi realizada para proporcionar maior segurança desde a transferência do material para o local de acondicionamento até a incineração, evitando reações inesperadas que possam, com o tempo, levar à geração de gases dentro dos recipientes ou a formação de compostos explosivos.

A divisão dos incineráveis em solventes é para que esses sejam separados quando gerados, buscando assim, uma futura reutilização ou recuperação.

Para facilitar a identificação dos resíduos e do local de acondicionamento, foi proposto um código que está contido no rótulo desenvolvido para os resíduos, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Código de identificação para os grupos de segregação dos resíduos químicos

Código	Grupo de resíduo
C	Cianeto
M	Mercúrio
A	Ácido
B	Base
O	Oxidante
R	Redutor
S	Solventes
OUTROS	Outros

4.5.2 Minimização de resíduos sólidos

A minimização é uma das etapas mais importantes para o gerenciamento de resíduos, por isso requer uma maior atenção. Esse procedimento não só proporciona benefícios para o meio ambiente, como reduz gastos financeiros.

Conforme foi observado, os resíduos comuns, como papéis e copos descartáveis, são gerados diariamente, na maioria das vezes sem a preocupação de minimizar o uso. Os resíduos de papel, em grande parte, são de cor branca e são utilizados somente em uma das faces. O verso desse material pode ser reutilizado para rascunhos, impressão de artigos, forração de bancadas e anotações diversas. Porém, deve-se ressaltar que apenas 5% dos servidores da UFG aproveitam o verso do papel (com ou sem pauta) como rascunho.

Observou que na pós-graduação há uma grande quantidade de impressão, devendo então ser tomadas medidas corretivas para minimizar o uso do material. Sugere-se a aquisição de um equipamento com módulo de impressão de dupla face, o que não requer investimento alto de capital e, em curto prazo, se paga pela economia de papel, bem como pela disposição final desses resíduos.

Também poderiam ser revistas as normas para apresentação de trabalhos da pós-graduação na unidade acadêmica – 7 cópias da dissertação de mestrado e 10 cópias da tese de doutorado, impressas em apenas uma face do

papel. Tendo em vista a grande quantidade de papel utilizado, poderia ser autorizada a impressão na frente e no verso da folha.

Os copos descartáveis, que podem ser reciclados, também são gerados em grande quantidade diariamente. Por isso, a unidade acadêmica poderia adquirir copos de maior durabilidade, como os de vidro e de porcelana, e distribuí-los para todos os servidores (Figura 15).

Figura 15 - Copos de porcelana, plástico, vidro e descartáveis.

Nos laboratórios de graduação não foram observados procedimentos para minimização de resíduos. Já nos laboratórios de pesquisa, somente um dos professores relatou que busca a substituição de produtos, redução na fonte, alteração de metodologia, reutilização e reciclagem na medida do possível, para diminuir a geração de resíduos.

Nesse caso, também é feita a reutilização dos solventes, principalmente em técnicas de cromatografia em coluna e placa. Alguns ensaios de extratos fenólicos, os quais eram realizados em triplicatas com volumes médios de 100 mL, passaram a ser realizados com o volume de 10 mL. Além disso, em alguns procedimentos foi substituído o metanol por etanol, que é menos tóxico.

Faz-se necessário substituir procedimentos de via úmida por outros que utilizam equipamentos como técnica de análises, visto que alguns deles requerem pequenas quantidades de reagentes e, como conseqüência, ocorre a redução dos resíduos. Um exemplo é o uso do equipamento de absorção atômica nas análises de metais.

A reutilização e a reciclagem dos solventes também são interessantes, pois quando destilados eles podem apresentar um alto grau de pureza. Para realizar esses procedimentos são necessários o laboratório e os materiais apropriados para destilação.

É necessária a substituição na graduação de produtos perigosos, por outros de menor periculosidade ou não perigosos. Sugerem-se aos docentes pequenas alterações em algumas de suas aulas práticas, visando maior segurança dos alunos ao se exporem a substâncias perigosas. Um exemplo é a aula de determinação de densidade, com a utilização de álcool metílico, tolueno, benzeno, dicloroetano e outros. Alguns desses solventes podem ser substituídos – os polares por água e álcool etílico e os apolares por glicerina, óleo vegetal e parafina –, sem alterar o propósito da aula.

Atualmente, nas aulas práticas, são utilizadas buretas de 25 mL e de 50 mL, mas observa-se a necessidade da utilização de vidrarias de pequena escala, como as buretas de 10 mL. A utilização de menor escala proporciona maior segurança e economia ao manipular pequenas quantidades de reagentes, pois haverá menos resíduos e diminuirão os custos com a aquisição desses reagentes. Além do mais, isso proporciona ao aluno uma formação profissional mais consciente dos deveres com a preservação ambiental. Para não descartar as vidrarias de maior escala já existente, sugere-se que a mudança seja feita aos poucos; as buretas de 50 mL poderiam ser utilizadas pelos alunos do primeiro ano de graduação, mas, nos próximos anos utilizariam vidraria de menor escala.

Em química geral são utilizados balões volumétricos de 250 mL e de 500 mL, na aula de preparo de soluções como permanganato de potássio, ácido clorídrico e hidróxido de sódio. Nessa aula são ensinados os cálculos, o preparo e o erro no menisco de soluções coloridas e incolores. Algumas alterações podem ser realizadas, como a substituição do permanganato de potássio por suco de uva em pó, que também apresenta cor violeta semelhante ao reagente. Para o ácido clorídrico e o hidróxido de sódio, que são utilizados em outras aulas e em grande quantidade, sugere-se o preparo de uma concentração única que poderá ser usada em aulas posteriores, além da utilização de balões volumétricos de menor volume – neste caso, os de 50 mL –, observando que esse procedimento é realizado individualmente pelos alunos. Tais sugestões não alteram o foco da aula, melhorando até a precisão do aluno.

Observou-se que, dependendo da aula, algumas misturas de solventes gerados na pesquisa e considerados como resíduos poderiam ser reutilizados, mesmo contendo algumas impurezas, o que não prejudicaria o enfoque do conteúdo. Como exemplo, pode ser mencionada a aula de cromatografia em coluna, diferença de densidade, miscibilidade das substâncias e extração.

Essas mudanças não requerem alto investimento capital e em curto prazo o valor é recuperado, tanto pela economia no consumo de reagentes como no tratamento e na disposição final de seus resíduos.

Durante uma visita ao almoxarifado de reagentes e materiais, constatou-se que muitos reagentes não estavam dentro do prazo de validade. Porém, a maioria pode ser utilizada sem alterações nos resultados, com algumas exceções, como por exemplo o amido, descartado como resíduo químico.

Cerca de 30 canetas, adquiridas em grande quantidade e não utilizadas no período pretendido, foram descartadas porque não funcionavam. A compra desse tipo de produtos deveria receber uma maior atenção, pois muitas vezes são adquiridos materiais que não serão utilizados em um curto prazo, que poderão perder a eficiência e, conseqüentemente, se transformarão em resíduo.

4.5.3 Acondicionamento de resíduos sólidos

O acondicionamento dos resíduos comuns era inadequado, pois os recipientes tombam facilmente e são insuficientes. Nos banheiros, os recipientes não apresentam tampas e são vazados, o que foi observado em toda a unidade acadêmica.

Recomenda-se que sejam adquiridos três recipientes de PVC ou metal com capacidade de 100 L e distribuídos no final do corredor de cada bloco, para coletar somente materiais recicláveis. Para minimizar os custos, esse recipiente pode ser confeccionado em papelão de cor verde e ser devidamente identificado, seguindo padrão da Prefeitura de Goiânia.

Em cada bloco, ao lado do recipiente de materiais recicláveis, poderá haver um outro recipiente, de PVC ou metal, com capacidade de 50 L, destinado à coleta dos orgânicos e outros. Sabendo que a geração desses materiais é mínima e

visando diminuir custos, pode ser utilizada uma caixa confeccionada em papelão de cor marrom, devidamente identificada, também seguindo padrão da Prefeitura de Goiânia.

Para os resíduos gerados nos banheiros deverão ser providenciados recipientes hermeticamente fechados com tampa, que não tombem facilmente.

As salas de aula, administração, gabinetes e laboratórios devem apresentar dois recipientes, podendo ser lixeiras convencionais de PVC sem tampa. Uma lixeira de cor verde será destinada para materiais recicláveis e uma outra, de cor marrom, para os orgânicos e outros.

Para facilitar a remoção do material, dentro dos recipientes deve haver um sacos plásticos, onde o resíduos deverá ser depositado.

Alguns resíduos químicos estavam sendo acondicionados inadequadamente, como mostram as Figuras 14 e 16, em recipientes abertos, sem identificação e em locais sujeitos a acidentes.

Figura 16 - Acondicionamento em recipientes inadequados.

A maioria dos resíduos químicos foi acondicionada em frascos vazios de reagentes que estavam sendo reutilizados, como mostra a Figura 17. Com isso, a quantidade de frascos vazios diminuiu, minimizando os gastos com a aquisição de bombonas.

Figura 17 - Resíduos químicos acondicionados em frascos de reagentes e armazenados em armários.

Diante dos possíveis riscos durante o acondicionamento dos resíduos químicos, propõe-se a utilização de EPI e lugar ventilado, de preferência capela, evitando assim problemas de contaminação. Os frascos de reagentes vazios devem ser lavados três vezes com água (tríplice lavagem) e dispostos em prateleiras específicas, para posterior reutilização ou reciclagem.

A quantidade de resíduo químico acondicionada em cada frasco de reagente reutilizado apresenta volume adequado quando ocupa 2/3 da capacidade máxima, visando com isso uma maior segurança durante o manuseio. A maioria desses frascos apresenta boa resistência ao tombamento e vedação. Já a identificação é precária, devendo assim haver um padrão para melhor caracterizar o material, como já mencionado. Em relação à incompatibilidade química entre o frasco e o resíduo, não foi possível determinar se esse critério foi observado, primeiramente porque os recipientes vazios se encontravam sem nenhuma identificação e os produtos já estavam acondicionados há algum tempo.

Foi sugerido que os recipientes coletores tenham tamanho adequado, ótima vedação, tenham resistência ao tombamento e ao rompimento, sejam confeccionados em material estável à substância armazenada e que, em alguns casos, sejam de fácil combustão, minimizando assim problemas para uma possível incineração. Os recipientes de fácil combustão serão utilizados quando o resíduo for de alta periculosidade, como por exemplo os pesticidas.

A aquisição de bombonas coletoras é de extrema importância para o acondicionamento dos resíduos químicos de maior quantidade da graduação, os

quais são, na maioria das vezes, soluções aquosas. Essas bombonas podem ser de PVC, com espessura mínima de 1 cm e capacidade máxima de 20 L, volume idealizado com o objetivo de dar mais segurança durante o manuseio e o transporte.

Na ausência de recursos financeiros para aquisição destes recipientes, devem-se utilizar os frascos vazios dos reagentes, atentando-se para a incompatibilidade química entre o frasco e o resíduo. Ou seja, não se conhecendo a procedência do frasco, evitar sua reutilização, pois esse procedimento poderá provocar acidentes em curto e longo prazos.

Em relação aos laboratórios de pesquisa, o acondicionamento deverá ser realizado em frascos vazios de reagente, para que se tenha segregado o resíduo produzido em cada pesquisa desenvolvida naquele momento, sendo esses de alta complexidade. Os resíduos à base de mercúrio e cianeto devem ser acondicionados separadamente.

Os recipientes coletores deverão ser identificados por meio do rótulo de resíduo que possui o código de identificação para os grupos de segregação, de acordo com seu conteúdo.

As vidrarias laboratoriais quebradas, que não possam ser reaproveitadas, devem ser acondicionadas em caixas de papelão, para posterior disposição final.

4.5.4 Armazenamento de resíduos sólidos

Os resíduos comuns, depois de coletados, são conduzidos a um contêiner fora da unidade acadêmica, como mostra a Figura 18. Esse recipiente recebe também os resíduos do Instituto de Ciências Biológicas e do Instituto de Estudos Socioambientais.

Figura 18 - Contêiner de armazenamento de resíduos comuns.

O contêiner não atende à demanda e muitas vezes os resíduos comuns são colocados do lado de fora. Como este permanece aberto, os animais que vivem próximos, como os macacos, espalham todo o material ali presente. Outro problema está relacionado aos catadores de materiais recicláveis, que também espalham todo o resíduo que não se encontra segregado corretamente – questão que pode ser resolvida por meio da forma de segregação proposta. O contêiner deve apresentar identificação e preferencialmente sobre piso especial com escorrimento.

Mas, o problema ainda maior relaciona-se ao material biológico encontrado dentro desse recipiente, como mostra a Figura 19, podendo assim causar riscos aos animais, aos funcionários e aos catadores de materiais recicláveis.

Figura 19 - Material biológico contendo sangue.

Todos os contêineres deverão apresentar tampas e deverá ser adquirido um outro, para que sejam depositados resíduos comuns segregados no IQ/UFG. Ou seja, um contêiner para “materiais recicláveis” e outro para “orgânicos e outros”.

Em se tratando dos resíduos químicos, após a realização da visita em todo o ambiente, observou-se que não existia um local apropriado para o armazenamento (ver Figura 20), sendo esses materiais estocados dentro de capelas, no chão, em bancadas, prateleiras, armários, gavetas, pias, caixas de papelão, embaixo do chuveiro de emergência, gabinetes, dentro de equipamentos (estufa e banho) e muitas vezes misturados com os reagentes. Um procedimento inadequado, visto que muitos desses compostos são misturas complexas e não estão identificadas adequadamente, fazendo com que aumente a probabilidade de acidentes.

Figura 20 - Resíduos químicos armazenados de forma inadequada.

O ideal seria ter um ambiente próprio, que não seja laboratório de aula ou de pesquisa. Um local onde os resíduos químicos pudessem ser armazenados corretamente.

Juntamente com engenheiros do Centro de Gestão de Espaço Físico (CEGEF/UFG) foi feita uma visita técnica ao entreposto de resíduos químicos da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto (USP), no qual pôde-se observar todos os critérios de engenharia. Entre esses critérios, os mais observados foram: tipo de piso, retentor de líquidos, ventilação, instalações (elétrica e hidráulica),

material de confecção das estantes, distância da unidade, materiais de segurança e incompatibilidade química.

O projeto de construção do abrigo de resíduos químicos da universidade, em fase de execução, encontra-se sob responsabilidade do CEGEF/UFG, com recursos financeiros fornecidos pela Pró-Reitoria de Administração e Finanças (PROAD/UFG). O abrigo de resíduos químicos deve ser um ambiente isolado, de fácil acesso, de piso perfurado, com paredes vazadas nas partes inferior e superior, estantes de alvenaria e sem instalação elétrica ou hidráulica. Para que os resíduos químicos fiquem mais isolados e para a segurança de todos, como medida provisória pode-se utilizar uma sala até que o abrigo seja construído.

O local de armazenamento de resíduos químicos não deve receber produtos sem correta identificação, ou seja, sem os rótulos propostos e sem a ficha que apresenta as principais características de formação desses materiais, tais como: reagentes utilizados e suas quantidades, descrição do procedimento, resíduo formado e sua quantidade, acondicionamento, tratamento e destino. Esse modelo de ficha pode ser visualizado no Apêndice F.

Para armazenar os produtos, deverão ser seguidas as regras de incompatibilidade química e não se deve estocá-los por muito tempo, levando-os periodicamente ao abrigo de resíduos. Tal procedimento poderá ser realizado duas vezes ao mês. O abrigo de resíduos químicos deverá apresentar também separação de áreas destinadas a cada tipo de material, seguindo os códigos de segregação sugeridos.

Sugere-se que, no abrigo de resíduos químicos, o local em que ficarem estocados os frascos com códigos de segregação “C” e “M”, referentes aos resíduos contendo cianeto e mercúrio, apresente uma identificação bem nítida de que esses materiais não deverão ser encaminhados para a incineração na empresa de Goiás. Além disso, os código “C” e “M” devem ser afixados na parede sobre o determinado local de estocagem destes resíduos. Os demais códigos também serão afixados nas paredes, sobre os lugares correspondentes a tais resíduos.

Os frascos de resíduos químicos com os códigos de segregação “A” e “B” devem ser separados uns dos outros. Se possível devem estar em lados opostos, pois esses resíduos podem reagir entre si.

Os frascos de resíduos químicos com os códigos de segregação “O” e “R” podem reagir violentamente um com o outro, portanto devem ser separados seguindo o mesmo procedimento dos frascos “A” e “B”, citados anteriormente.

Na construção do abrigo de resíduos, propõe-se a viabilização de um espaço para construir um laboratório para pesquisa e desenvolvimento de metodologia de tratamento dos resíduos químicos. A sugestão é para que os resíduos gerados nos laboratórios de ensino e pesquisa da UFG possam ser tratados dentro da própria universidade. Esse laboratório deverá conter bancadas de alvenaria e capelas de, no mínimo, dois metros de comprimento.

Será de vital importância que a estocagem e o manuseio de produtos químicos sejam realizados por pessoas capacitadas, sob orientação periódica realizada pela Comissão de Segurança e Resíduos da unidade acadêmica.

4.5.5 Coleta e transporte de resíduos sólidos

Os resíduos comuns são coletados diariamente pelos responsáveis pela limpeza, que são funcionários de uma empresa terceirizada. Esse procedimento é manual e feito em sacos plásticos, como apresenta a Figura 21. O período de coleta interna sempre acontece na parte da manhã, por volta das 7 horas. No período da tarde, por volta das 14 horas, os resíduos comuns são conduzidos também manualmente para o contêiner externo à unidade.

Figura 21 - Coleta e transporte interno de resíduos comuns.

Os resíduos comuns podem continuar sendo coletados pelos responsáveis da limpeza no mesmo horário de costume, considerando que nesse período há pouca circulação de pessoas. Porém, seria ideal que o transporte dos materiais para o contêiner ocorresse imediatamente após a coleta, para evitar que tais resíduos fiquem armazenados próximos das escadas ou dentro dos banheiros.

A distância percorrida até o contêiner é relativamente curta, aproximadamente de 200 metros, mas, como o transporte é realizado manualmente e por senhoras de meia idade, esse procedimento se torna incômodo, podendo trazer futuros malefícios à saúde dessas profissionais. Observa-se, então, a necessidade de se adquirir um carro manual para a coleta e o transporte interno. Esse carro deve ser feito de material resistente, lavável e impermeável, de forma a não permitir vazamento de líquido, além de conter cantos arredondados. Também deve ser exclusivo para a coleta de resíduos comuns, com volume de transporte aproximado de 250 L.

Atualmente, os responsáveis pela limpeza não utilizam equipamentos de proteção individual, somente um uniforme de algodão, constituído de calça longa e camisa de manga curta, o que confere maior contato com o material. Esses uniformes poderiam ser compostos por camisa de manga longa, luvas e sapatos fechados, observou-se a necessidade de treinamentos específicos para estes profissionais.

Com o levantamento de todos os locais que geram resíduos químicos, constatou-se que não existe rotina de coleta e transporte desses produtos, por não haver tratamento e local destinado ao armazenamento. Houve uma única coleta e transporte para tratar os resíduos passivos, em caráter emergencial, por existir uma grande quantidade de produtos estocados há anos.

Os resíduos químicos gerados nos laboratórios de pesquisa podem ser coletados pelos responsáveis de cada laboratório, juntamente com seus alunos. Os resíduos químicos gerados nos laboratórios de ensino são responsabilidade dos técnicos de laboratório. A coleta e o transporte interno devem ser realizados quinzenalmente, no fim da tarde de sexta-feira. Por ser um dia e horário com pouca circulação de pessoas, assim pode-se minimizar o risco de acidentes.

Ao se manusear resíduos químicos deve-se ter o máximo cuidado, por isso, a coleta deve ser realizada por pessoas habilitadas, utilizando equipamentos de proteção individual, como: roupas ou uniformes compostos por calça comprida e

camisa de manga longa, jaleco de algodão de manga longa, luvas (impermeáveis, resistentes, antiderrapantes e de cano longo), botas de PVC (impermeáveis, resistentes, com cano 3/4 e solado antiderrapante), máscaras impermeáveis, óculos incolores de plástico resistente com armação flexível e com proteção lateral.

O trajeto até o abrigo de resíduos químicos deve ser feito manualmente. Por isso, observa-se a necessidade do uso de um carro manual de coleta, que pode ser semelhante ao proposto para a coleta dos resíduos comuns.

Os resíduos químicos devem ser sempre transportados no sentido leste-oeste, pois o local do abrigo desses resíduos será provavelmente a oeste do IQ/UFG. Esse sentido possibilita percorrer uma distância menor, de aproximadamente 150 metros.

Os resíduos comuns devem ser sempre transportados no sentido contrário, ou seja, de oeste para leste, pois o local do contêiner desses produtos é no estacionamento da parte leste do IQ/UFG e esse percurso apresenta uma menor distância. A Figura 22 mostra o trajeto dos resíduos sólidos até o abrigo de resíduos químicos e até o contêiner de resíduos comuns.

Figura 22 - Trajeto dos resíduos sólidos ao local de armazenamento temporário.

Como pode ser observado na Figura 22, a cor vermelha representa o trajeto dos resíduos comuns, enquanto a cor azul mostra o trajeto dos resíduos dos químicos.

No percurso até o abrigo de resíduos químicos e até o contêiner de resíduos comuns existe uma escada, por isso sugere-se a construção de rampas de acesso. A escada aumenta a dificuldade e pode provocar acidentes, além de ser impossível a passagem do carro manual sugerido.

No trajeto de resíduos químicos haverá, no final dos corredores, pequenas caixas contendo areia, pois no caso de derramamento de líquidos, estes poderão ser facilmente absorvidos pela areia, resíduos de cerâmica porosa e bicarbonato de cálcio.

A empresa de incineração contratada ficará responsável pela adequada coleta dos recipientes contendo produtos armazenados no abrigo de resíduos químicos.

O transporte externo de resíduos químicos será realizado por empresa terceirizada e o de resíduos comuns, pela Prefeitura de Goiânia.

A coleta e o transporte externo dos resíduos comuns ocorrerão de acordo com a freqüência determinada pela Prefeitura. Os resíduos químicos terão coleta e transporte externo efetuado duas vezes ao ano, ao término das aulas de cada semestre.

Os veículos do transporte de resíduos sólidos são licenciados, mas as condições do veículo de transporte dos resíduos químicos não são adequadas, sendo que este pode passar por uma revisão. Já os de resíduos comuns estão dentro dos padrões aceitáveis.

O veículo de transporte deve ter um adequado estado geral, incluindo motor, freios, direção, pneus, amortecedores, sistema elétrico, extintores, tanques, carroceria. Sua superfície externa deve ser lisa, de cantos arredondados e de forma a facilitar a limpeza. Esse veículo não pode permitir vazamento de líquido, deve ter ventilação adequada, apresentar retentor de líquidos e ser fechado para evitar a entrada de água da chuva e animais.

Os veículos deverão utilizar a simbologia para o transporte rodoviário segundo a NBR 7500, procedendo de acordo com a NBR 8286.

4.5.6 Tratamento e disposição final de resíduos sólidos

O IQ/UFG não apresentava nenhum sistema de tratamento para os resíduos comuns. Depois de colocados no contêiner, os catadores da região aproveitavam alguns desses materiais; os demais resíduos comuns eram destinados ao aterro sanitário de Goiânia.

Diante da segregação proposta para os resíduos comuns, sugere-se que os recicláveis sejam destinados a associações e cooperativas de catadores. Essa é uma medida obrigatória, fixada pelo Decreto n.º 5.940, de 25 de outubro de 2006.

Esse decreto obriga que os resíduos recicláveis descartados sejam separados na fonte geradora. Estes são rejeitados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direita e indireta. Através do plano de gerenciamento, poderá então ser cumprido o que determina o documento.

Os resíduos comuns segregados como “orgânicos e outros” serão destinados aos serviços de coleta pública. Compete à Prefeitura municipal o transporte, bem como o devido destino final ao aterro sanitário de Goiânia, sem gastos financeiros para a unidade acadêmica.

Atualmente, o único método de tratamento de resíduos químicos utilizado no IQ/UFG é a recuperação por diferença de temperatura de ebulição, através do uso da destilação e do rotaevaporador. Utilizados para fazer separação de solventes orgânicos, como por exemplo, a mistura de álcool etílico e metílico, éter de petróleo e tolueno, entre outros, tais procedimentos devem permanecer operantes, pois são uma excelente forma de tratamento. Assim, pode-se recuperar o resíduo e utilizá-lo novamente como reagente para novas práticas de ensino.

Para tratar os resíduos inorgânicos, foi sugerido que primeiramente se retirassem os metais presentes, elevando o pH com hidróxido de sódio até a precipitação desses metais. O precipitado deverá ser acondicionado e encaminhado ao abrigo de resíduos. O sobrenadante, depois de neutralizado, pode ser descartado na rede de esgoto.

Outra forma de tratamento de resíduos químicos contendo metais é através da adsorção, utilizando quitosana, carvão ativado e outros compostos que podem atuar como adsorvente. O líquido, depois de neutralizado, também pode ser descartado na rede de esgoto. No procedimento da adsorção observa-se como inconveniente o aumento da quantidade de resíduos final.

Os resíduos contendo apenas ácidos e bases devem ser neutralizados no final de cada experiência, no próprio laboratório de geração. No caso da neutralização dos ácidos, recomenda-se utilizar bicarbonato de sódio ou hidróxido de sódio até atingir um pH entre 6,5 e 7,5. A base pode ser neutralizada com ácido clorídrico até atingir um pH entre 6,5 e 7,5. O sobrenadante, depois de verificado o pH, pode ser descartado na rede de esgoto, com exceção dos ácidos carboxílicos

aromáticos e bases orgânicas, que devem ser neutralizadas e acondicionadas para futura incineração. Se houver a presença de precipitados, esses devem ser acondicionados e encaminhados ao abrigo de resíduos químicos.

A destilação é sem dúvida o procedimento mais utilizado na reciclagem de resíduos, principalmente quando se trata de solventes orgânicos. Porém, quando sua recuperação for inviável, estes devem ser acondicionados e encaminhados para o abrigo de resíduos químicos.

Produtos insolúveis em água (sílica, carvão, orgânicos apolares e outros) e solventes não devem ser descartados na rede de esgoto. Devem ser acondicionados de acordo com a segregação adequada e posteriormente encaminhados ao abrigo de resíduos químicos.

Como o gerenciamento de resíduos sólidos está apenas iniciando no IQ/UFG, sugere-se que os resíduos químicos armazenados sejam incinerados, até que o programa tenha bases concretas, podendo assumir o tratamento dos seus resíduos gerados.

Para que o tratamento dos resíduos químicos gerados se torne realidade, o primeiro passo deve ser a construção de um laboratório capaz de tratar os materiais provenientes das pesquisas e aulas práticas. Esse laboratório deverá possuir funcionários integralmente dedicados, além de estagiários, materiais e equipamentos que possibilitem o tratamento e a caracterização do resíduo, viabilizando o gerenciamento. O objetivo da criação deste laboratório é para tratar os resíduos que, comprovadamente, a fonte geradora não possui recursos para realizar tal finalidade.

A incineração é um possível método de tratamento de resíduos químicos, a empresa contratada citada anteriormente recebe os resíduos químicos, exceto aqueles à base de mercúrio e cianetos, para os quais não possui a licença ambiental para a incineração.

Os resíduos contendo mercúrio devem ser precipitados, elevando o pH como acima mencionado. Os resíduos contendo cianetos devem ser tratados com peróxido de hidrogênio em meio alcalino ou hipoclorito de sódio. Os sólidos contendo mercúrio devem ser encaminhados para um aterro de resíduos perigosos, sendo que o mais próximo está localizado em Lavras (MG), a aproximadamente 1.000 km do IQ/UFG.

Para minimizar os gastos financeiros com o transporte, os resíduos

contendo metais no estado sólido deverão ser acondicionados em recipientes adequados e armazenados no abrigo de resíduos químicos durante dois anos.

Quando não puderem ser recicladas por conferir periculosidade de acordo com os materiais com os quais foram contaminadas, as vidrarias quebradas – buretas, tubos de ensaio, pipetas e outras – devem ser encaminhadas ao aterro de resíduos perigosos. Como os frascos vazios, em sua maioria, encontram-se com total ausência de identificação, com os rótulos deteriorados pelo tempo, ilegíveis e sem qualquer indicativo do produto, esses também devem ser encaminhados ao aterro de resíduos perigosos, como medida de segurança.

Os frascos de reagentes, quando esvaziados, deverão continuar apresentando sua identificação original. Só assim poderão ser reciclados –após a constatação que não acondicionavam reagente que conferisse periculosidade ao recipiente – ou então reutilizados para acondicionamento de resíduo químico, seguindo corretamente a incompatibilidade química com o resíduo. Após acondicionar o produto, a identificação inicial deverá ser substituída pelo rótulo de resíduo proposto.

Se for observado que a quantidade de frascos recicláveis de reagentes vazios, devidamente identificados, está acima do que é necessário para o IQ/UFG, estes podem ser inseridos nas listas de bolsas de resíduos existentes. Isso é feito, por exemplo, na Federação das Indústrias do Estado de Goiás (FIEG), que apresenta a bolsa de resíduos, onde eles estão disponíveis, podendo ser reutilizados em outra atividade.

4.6 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O custo com a aquisição de equipamentos, como balança analítica e comercial com capacidade mínima de 10 kg, espectrofotômetro, absorção atômica, rotaevaporador, capela, chapa de aquecimento, chapa de agitação magnética, centrífuga, estufa, pH-metro e mufla, fica em torno de R$ 200 mil. Esses equipamentos poderão ser adquiridos por meio de projetos de pesquisa, realizados no decorrer do desenvolvimento do programa de gerenciamento.

A construção dos abrigos de resíduos químicos ficará a cargo da universidade, sendo que eles atenderão a todas as unidades acadêmicas da UFG, geradoras desses materiais. Por isso, serão construídos três abrigos, distribuídos de maneira estratégica nos campus de Goiânia, com um custo de R$ 50 mil, cada.

Anualmente deverá ser destinado o valor de R$ 2 mil para a coleta e o transporte externo para incinerar os resíduos perigosos, trabalho realizado pela empresa localizada em Senador Canedo.

Cada unidade de rótulo de resíduo e reagente confeccionado tem o valor de R$ 2,40. Portanto, deverá se destinar, anualmente, cerca de R$ 1 mil para a confecção de tais rótulos.

A cada dois anos deverá ser destinada a quantia de R$ 2 mil reais para o transporte e a disposição final dos resíduos contendo metais. Também para o transporte e o aterramento dos frascos vazios não identificados e das vidrarias quebradas são necessários, aproximadamente, R$ 3 mil. Essa quantia também inclui a licença de transporte até Minas Gerais, onde a empresa contratada se localiza.

Os demais custos – com a aquisição de bombonas, carro manual de coleta de resíduos, vidrarias em geral, reagentes, lixeiras e EPI – ficam em torno de R$ 5 mil.

A prioridade deverá ser a aquisição de rótulos, para uma melhor identificação dos resíduos e posterior destruição térmica desses produtos. Os rótulos são prioridade porque não deve haver resíduos sem identificação, o que aumenta os custos operacionais e a periculosidade. Já a incineração é necessária para não haver acúmulo de resíduos.

O abrigo de resíduos químicos também é urgente, pois como os produtos serão incinerados duas vezes ao ano, estes deverão estar armazenados em local adequado, à espera do tratamento, minimizando assim futuros acidentes.

Feito isso, as demais etapas do gerenciamento devem ser implantadas de acordo com as possibilidades financeiras e operacionais do IQ/UFG.

O gerenciamento de resíduos sólidos é viável, mas depende, além dos recursos financeiros, da conscientização dos alunos, dos técnicos e dos professores para realmente buscar melhorias nas condições de trabalho e na proteção ambiental. O programa terá ótimos resultados quando toda a unidade começar a atuar nas etapas do gerenciamento.

5 CONCLUSÕES

Não existia, até então, um plano de gerenciamento de resíduos no IQ/UFG. Existia, apenas, um documento que apresentava simultaneamente questões relacionadas à segurança e aos resíduos, e que orientava sobre alguns procedimentos para acondicionar e tratar determinados resíduos.

Durante o diagnóstico das etapas de gerenciamento, foi observado que apenas em poucos casos realizavam-se alguns procedimentos. Isso mostrou a necessidade de haver um trabalho de gerenciamento de resíduos sólidos.

Os resíduos passivos foram incinerados, pois a existência desses produtos não era condizente com o início do programa de gerenciamento. Tratava-se de uma grande quantidade de resíduos estocados há vários anos e, na maioria, não identificados.

No ano de 2007, existiam dentro dos laboratórios 500 kg de reagentes, com destaque para os orgânicos, sendo que a maior parte era de produtos perigosos. É importante salientar que o laboratório não deve ser utilizado como um almoxarifado paralelo. Seguro é manter apenas uma pequena quantidade de reagentes no laboratório.

Como havia desperdício de alguns materiais, como por exemplo o café, foi sugerida a aquisição desses produtos em menor quantidade.

A identificação e a caracterização dos resíduos foi uma tarefa que exigiu muita paciência, cuidado e criteriosa investigação. A caracterização foi de fundamental importância, pois permitiu que o IQ/UFG conhecesse os resíduos sólidos produzidos no instituto.

A geração anual de resíduos químicos é de aproximadamente 600 kg, incluindo suas embalagens. As análises cromatográficas de combustíveis e pesticidas foram as atividades que mais geraram resíduos. A quantidade de resíduos comuns foi cerca de 900 kg, sendo as atividades de escritório as que geraram maior quantidade desses materiais.

A maioria dos resíduos químicos encontrados é de classe I, sendo os inflamáveis os de maior quantidade. Em relação aos resíduos comuns, a maioria era de recicláveis.

Como havia uma grande quantidade de substâncias sem identificação e a

unidade acadêmica não possuía um modelo padrão de rotulagem, foi proposta a criação de rótulos para os reagentes e os resíduos, visto que esse é um ponto muito importante no programa de gerenciamento.

Espera-se que com a criação dos rótulos, todo o instituto passe a incluir em sua rotina de trabalho a correta identificação, para que dessa maneira ocorra a diminuição ou até mesmo a eliminação dos passivos.

Com relação à segregação dos resíduos comuns, recomenda-se a separação em “materiais recicláveis” e “orgânicos e outros”, atendendo à proposta da Prefeitura de Goiânia. Já para os resíduos químicos, propõe-se a segregação em “incineráveis” e “não incineráveis”. Os incineráveis devem ser divididos em ácido, base, oxidante, redutor, solvente e outros, além de receber um código relacionado à segregação, contido no rótulo desenvolvido para os resíduos químicos.

Com relação à minimização de resíduos comuns, recomenda-se a reutilização de papel e a aquisição de copos não descartáveis. Quanto aos resíduos químicos, sugere-se a reutilização e a reciclagem de solventes orgânicos, a utilização de vidrarias de menor escala sempre que possível e a substituição de produtos perigosos por outros de menor periculosidade, além do uso de equipamentos que apresentam resultados similares e que geram menos resíduos. Destaca-se que a etapa de minimização é uma tática que exige conscientização coletiva que, sem a participação de todos, não obterá sucesso.

Os resíduos comuns deverão ser acondicionados em dois tipos de recipientes, distribuídos no final dos corredores de cada bloco, nas salas de aula, na administração, nos gabinetes e no laboratório. Um dos recipientes (cor verde) é para “materiais recicláveis” e o outro (cor marrom), para “orgânicos e outros”. Os banheiros deverão apresentar recipientes hermeticamente fechados com tampa e que não tombem facilmente.

Para o acondicionamento dos resíduos químicos, foi sugerido o uso de bombonas, utilizadas para materiais gerados em grande quantidade, durante as aulas práticas. Quanto ao acondicionamento dos resíduos gerados na pesquisa, recomenda-se o uso de frascos vazios de reagentes, atentando-se para a incompatibilidade química entre o recipiente e o resíduo.

O armazenamento dos resíduos comuns deverá ser realizado em dois contêineres, sendo um para “materiais recicláveis” e outro para “orgânicos e outros”.

Para o armazenamento dos resíduos químicos, estes deverão ser

encaminhados ao abrigo de resíduos químicos, devendo estar devidamente rotulados. Haverá também a entrega obrigatória de uma planilha, a qual aponta as características dos resíduos gerados nos laboratórios.

A coleta e o transporte interno dos resíduos comuns deverão ser realizados diariamente, no início da manhã, pelos responsáveis pela limpeza.

Os resíduos químicos deverão ser coletados internamente e transportados a cada 15 dias, no final da tarde de sexta-feira, pelos geradores.

A coleta e o transporte externo dos resíduos comuns ocorrerão de acordo com a freqüência determinada pela Prefeitura de Goiânia. Os resíduos químicos terão coleta e transporte externo efetuados duas vezes por ano – ao término das aulas de cada semestre –, por uma empresa contratada, pois deve-se evitar que os produtos fiquem armazenados por longos períodos, para que os rótulos de identificação não desbotem ou desapareçam com o tempo.

Os resíduos comuns recicláveis serão encaminhados a cooperativas de catadores e os orgânicos e outros, encaminhados ao aterro sanitário de Goiânia. Como medida de segurança, os resíduos químicos serão incinerados e as vidrarias e frascos de reagente vazios descaracterizados deverão ser encaminhados para o aterro de resíduos perigosos.

Surgiu espontaneamente, por parte dos geradores de resíduos, uma preocupação em relação ao destino final desses produtos. É comum a dúvida sobre quando vai ocorrer outra incineração, ou então como está o trabalho de gerenciamento ou, ainda, em que local os resíduos estão sendo armazenados. Revelou-se, assim, a necessidade de construir um abrigo de resíduos químicos para todos os produtos perigosos, os quais eram armazenados inadequadamente, e um laboratório com estrutura para tratar os resíduos.

Como a geração de resíduos ocorre em uma instituição de ensino superior, que tem como responsabilidade conscientizar sobre o assunto – desde a produção até a disposição final dos resíduos químicos –, deve-se priorizar o desenvolvimento e o uso de novas tecnologias de tratamento, sempre buscando a minimização e a reutilização desses materiais. Por isso, foram sugeridos alguns métodos de fácil aplicação para que, aos poucos, a instituição perceba que pode tratar seus resíduos.

A partir das avaliações qualitativa e quantitativa da geração dos resíduos sólidos, realizadas durante este trabalho, foi possível traçar prioridades a serem

atingidas em curto e longo prazos. Espera-se que a unidade acadêmica coloque em prática a hierarquia do gerenciamento, a fim de minimizar a quantidade dos resíduos produzidos e também eliminar alguns deles, considerados tóxicos.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7500:* identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7501*: transporte de produtos perigosos: terminologia. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7502:* transporte de cargas perigosas: classificação. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7503*: ficha de emergência para transporte de cargas perigosas. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7504:* envelope para transporte de cargas perigosas: dimensões e utilizações. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004:* resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10005*: procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10006*: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10007*: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10157*: aterros de resíduos perigosos. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 11174:* armazenamento de resíduos classes II A - não inertes e II B – inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 11175:* incineração de resíduos sólidos perigosos: padrões de desempenho. Rio de Janeiro,1990.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12235:* armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13221*: transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13463*: coleta de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13896*: aterros de resíduos não perigosos. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14725:* ficha de informações de segurança de produtos químicos. Rio de Janeiro, 2005.

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

AFONSO, Júlio Carlos et al. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova***,** v. 28, n. 1, p. 157-165, 2005.

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

AMARAL, Suzana T. et al. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova,* v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

ANDERSSON, Fabiano. *As ações do poder público municipal para o setor de reciclagem de resíduos sólidos em Porto Alegre: um estudo exploratório*. Porto Alegre, 2005, 136 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ASHBROOK, Peter C.; REINHARDT Peter A. Hazardous waste in academia-colleges and universittes are trying to develop ways to manage harzardous waste. *Environmental Science & Technology*, v. 19, n. 12, p. 1150-1155, 1985.

BARBOSA, Deyse P. et al. Gerenciamento de resíduos dos laboratórios do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro como projeto educacional e ambiental. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 114-119, 2003.

BRASIL. Decreto n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Decreto n.º 88.821, de 6 de outubro de 1983.

BRASIL. Decreto n.º 96.044, de 18 de maio de 1988.

BRASIL. Decreto n.º 99.274, de 6 de junho de 1990.

BRASIL. Decreto n.º 2.657, de 3 de julho de 1998.

BRASIL. Decreto n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Decreto n.º 5.940, de 25 de outubro de 2006.

BUENO, Cristiane Imenes de Campos; CARVALHO, Wagner Alves. Remoção de chumbo (II) em sistemas descontínuos por carvões ativados com ácido fosfórico e com vapor. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1911-1918, 2007.

CAPELO NETO, José et al. Simulação e avaliação do desempenho hidrológico da drenagem horizontal de percolado em aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 229-235, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 006*, de I5 de junho de 1988.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 264*, de 26 de agosto de 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 275*, de 25 de abril de 2001.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 313*, de 29 de outubro de 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 316*, de 29 de outubro de 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 357*, de 17 de março de 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 358*, de 29 de abril de 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 386*, de 27 de dezembro de 2006.

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

FERREIRA, Declev Reynier Dib. *As diversas visões do lixo.* Niterói, 2005, 160f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade Federal Fluminense.

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

GERBASE, Annelise Engel et al. Gerenciamento de resíduos da disciplina de química inorgânica II do curso de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova,* v. 29, n. 2, p. 397-403, 2006.

GOIÂNIA. Decreto municipal n.º 754, de 28 de março de 2008.

GOIÁS (Estado). Decreto Lei n.º 1.745, de 6 de dezembro de 1979.

GOIÁS (Estado). Lei n.º 8.544, de 17 de outubro de 1978.

GOIÁS (Estado). Lei n.º 14.248, de 29 de julho de 2002.

IBANEZ, Jorge G. Saneamento ambiental por métodos eletroquímicos: tratamento de soluções aquosas. *Química Nova na Escola,* n. 15, p. 45-48, 2002.

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

JARDIM, Wilson de Figueiredo et al. Introdução à química ambiental. Caderno temático. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 3-4, 2001.

JARDIM, Wilson de Figueiredo et al. A química ambiental no Brasil. *Química Nova*, v. 25, supl. 1, v. 28, p. 7-11, 2002.

JIN, Yong; WANG Dezheng; WEI, Fei. Photocatalytic: the ecological perspective in chemical engineering. *Chemical Engineering Science*, v. 54, p.1885-1895, 2004.

KUNZ, Airton et al. Estratégia para implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos de laboratório da EMBRAPA. *Documentos 90*. p. 9-33, out. 2004.

LANGE, Liséte Celina et al. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de fenton. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, n. 2, p. 175-183, 2006.

MACHADO, Ana Marta Ribeiro; SALVADOR Nemésio Neves Batista. *Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos.* São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos, 2005.

MERAT, Leila Maria Oliveira Coelho; GIL Rosane Aguiar da Silva San. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. *Química Nova,* v. 26, n. 5, p. 779-781, 2003.

NOGUEIRA, Sandro Alves. *Caracterização dos resíduos químicos do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás*. Goiânia, GO, 2007. Monografia (Especialização). Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

ORTH, Maria Helena de Andrade. *Gerenciamento de resíduos sólidos industriais*. Goiânia, GO, 2005 (apostila).

PÁDUA, Suzana Machado et al. Conceitos para se fazer educação ambiental. Secretaria do Meio Ambiente. *Educação Ambiental,* 3. ed. São Paulo,1999.

ROCCA, Alfredo Carlos C. et al. *Resíduos sólidos industriais*. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233 p.

ROCHA, José Sales Marinho. *Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior.* 2. ed. Brasília, DF: ABEAS, 2001. 545 p.

TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. *Química Nova,* v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.

TAVARES, Glauco Arnold et al. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.11, n. 2, p. 118-124, 2006.

VASCONCELLOS, Edson Andrade de et al. Diagnóstico do problema dos resíduos sólidos hospitalares: o caso de Campina Grande (PB). *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 2, n. 3, p. 28-34, 2006.

WARNER, John C.; CANNON, Amy S.; DYE, Kevin M. Green chemistry. *Chemical Environmental Impact Assessment Review*, v. 24, p. 775-799, 2004.

ZIOLLI, Roberta L.; JARDIM, Wilson F. Photocatalytic decomposition of seawater-soluble crude oil fractions using high surface area colloid nanoparticles of TiO_2. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry.* Rio de Janeiro, p. 1-8, out. 2001.

GLOSSÁRIO

Lixo: restos de atividades gerais.

Resíduo comum: aquele que neste trabalho foi caracterizado como resíduo similar ao domiciliar.

Resíduo químico: resíduo gerado em atividades laboratoriais utilizando como matéria-prima substâncias químicas.

Resíduos sólidos: são aqueles no estado sólido e semi-sólido que resultam de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 10004), são incluídos nessa definição os lodos das estações de tratamento de água e esgoto, os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e determinados líquidos cujas particularidades tornam inadequado o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exigem, para isso, soluções técnicas e econômicas inviáveis face à melhor tecnologia disponível. Diante de tal definição, considerou os resíduos químicos como sendo resíduos sólidos.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de levantamento da atividade geradora de resíduos sólidos contendo as etapas de gerenciamento.

RESPONSÁVEL PELO PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

Nome:

Cargo:

Telefone:

E-mail:

ATIVIDADE GERADORA DE RESÍDUOS

Matérias-primas, insumos ou produtos

Quantidade atual:

Etapas geradoras de resíduos

Nome da etapa:

Descrição:

Informações sobre os resíduos gerados

Descrição do resíduo:

Quantidade:

Estado físico:

Formas de segregação

Descrição:

Formas de minimização

Descrição:

Formas de acondicionamento

Descrição:

Local:

Formas de armazenamento

Descrição:

Local:

Tratamento, reutilização, reciclagem

Descrição:

Quantidade:

Local:

Disposição final

Descrição:

Quantidade:

Local:

Transporte

Descrição:

N.º Licença ambiental:

Passivos

Descrição:

Quantidade:

APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
1,5_Difenilcarbozone	0,05
1,8_Diamino-octano 98%	0,04
2,2_Bepyridin	0,005
2_Naftol	0,5
4_Amino perdina	0,05
Acetato de cálcio	0,4
Acetato de celulose	0,2
Acetato de cobalto	0,2
Acetato de níquel II	1,0
Acetato de sódio	3,0
Acetato de zinco	1,2
Ácido adipico	0,6
Ácido ascórbico	0,05
Ácido benzóico	0,1
Ácido bórico	0,1
Ácido cítrico	2,5
Ácido DL málico	0,25
Ácido etilenodiamino-tetracético	0,2
Ácido flutânico mono-sódico mono-hidratado	0,1
Ácido fólico	0,1
Ácido ftálico	0,5
Ácido fumário	0,1
Ácido Isonicotínico 99%	0,1
Ácido L(+) ascórbico	0,1
Ácido L(+) tartário	0,5
Ácido maléico	0,7
Ácido oxálico	1,3
Ácido silícico	0,3
Ácido tânico	0,6

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Ácido transcinâmico	0,01
Agar peptona de coseina-glicose-extrato de levedura	0,5
Alaranjado de metila	0,02
Alumina	3,5
Amido solúvel	0,5
Antimônio	0,1
Antraceno	0,3
Azida de sódio	2,5
Azul de metileno	0,2
Bauxita	2,5
Benzamide	0,03
Benzopinacol	0,015
Bicarbonato de sódio	4,5
Biftalato de potássio	1,5
Bismutato de sódio	0,1
Bissulfato de potássio	1,0
Bissulfato de sódio	0,5
Brometo de cetil tri-metil amônio	0,5
Brometo de potássio	0,02
Carbonato de cálcio	0,12
Carbonato de amônio	0,9
Carbonato de lítio	0,15
Carbonato de potássio	1,5
Carbonato de propileno	2,0
Carbono descolorante	0,2
Carvão ativo	2,5
Celite	0,2
Celulose	0,1
Césio	0,02

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Cianato de potássio	0,3
Cianeto de potássio e ferro	0,6
Citrato trisódio hidratado	1,0
Cloreto de alumínio 6-hidratado	0,5
Cloreto de amônio	3,5
Cloreto de bário	1,0
Cloreto de cádmio	0,25
Cloreto de cálcio	0,25
Cloreto de cálcio	2,0
Cloreto de cobalto	0,15
Cloreto de crômio	0,2
Cloreto de estanho	2,3
Cloreto de ferro III	2,0
Cloreto de lítio	0,3
Cloreto de magnésio	0,4
Cloreto de manganês II	0,5
Cloreto de mercúrio II	0,1
Cloreto de níquel	1,0
Cloreto de potássio	1,5
Cloreto de sódio	3,0
Cloreto de zinco	3,0
Cloreto de zircônio	0,5
Cloreto estanoso	0,4
Cloreto mercúrico	0,25
Cloridrato de hidrazina	0,01
Cloridrato de hidroxilamina	1,0
Cobre metálico	0,2
Cocadilato de sódio	0,1
Colágeno	0,1
Complexo amoniacal	1,0

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Complexo de nióbio amônia	0,2
Dicromato de potássio	2,0
Difenilamina sulfato bário	0,03
Dimetilglioxina	1,0
Dióxido de titânio	0,2
Dodecil sulfato de sódio	0,1
EDTA sal de sódio	0,5
Eriocromo	0,05
Ferro em pó	2,0
Ferrocianato de potássio	0,25
Fluoreto de amônia	0,5
Fosfato de sódio di-básico	2,25
Fosfato de sódio di-básico hepta-hidratado	0,5
Fosfato de sódio mono-básico mono-hidratado	1,5
Glicina	1,0
Grafita	0,1
Hexa-metafosfato de sódio	1,0
Hexametilenotetramina	0,01
Hidróxido de alumínio	2,5
Hidróxido de bário hidratado	0,5
Hidróxido de cálcio	3,0
Hidróxido de potássio	4,0
Hidróxido de sódio	6,0
Hidróxido sulfato de sódio hidratado	2,0
Histidina	0,2
Iodato de potássio	2,0
Iodeto de potássio	1,0
Iodeto de sódio	2,5
Iodo	0,3

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Isonicotinix hydrazine 99%	0,005
Isopropoxido de titânio	0,1
L_Fenilamina	0,06
L_Metilamina	0,01
Lã de vidro	0,1
Lauril sulfato sódio	0,5
Lítio	0,1
Manganês metálico	0,1
Mercúrio	0,2
Metaborato de lítio	0,5
Metafosfato sódio	2,7
Metilanina	2,0
Metil-cloro-silano	0,2
Metil-orange	0,1
Molibdato de amônia	0,5
Murexida	0,01
Naftalina	0,2
Nicotinsaure	0,02
Nitrato de alumínio	2,5
Nitrato de bismuto	0,1
Nitrato de cádmio	0,01
Nitrato de chumbo	1,5
Nitrato de cobalto	0,5
Nitrato de cobre	0,5
Nitrato de estrôncio	1,0
Nitrato de ferro III	1,0
Nitrato de lítio	0,1
Nitrato de manganês	1,0
Nitrato de níquel hexa-hidratado	0,5
Nitrato de potássio	1,0

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Nitrato de prata	0,03
Nitrato de prata	0,3
Nitrato de zinco	0,5
Nitrito de sódio	1,1
Óleo de silicona	2,5
Óleo de soja	0,2
Oxalato de amônia	1,5
Oxalato de sódio	0,9
Óxido de alumínio	1,6
Óxido de boro	1,0
Óxido de cálcio	1,5
Óxido de chumbo II	0,015
Óxido de crómio III	0,1
Óxido de ferro III	0,5
Óxido de molibdato	0,2
Óxido de nióbio	0,5
Óxido de sulfato de titânio	0,1
Óxido de vanádio	0,05
Óxido de zinco	0,4
Óxido de zircônio	0,5
Óxido hidratado de molibdênio	0,03
Pentóxido de fósforo	0,7
Permanganato de potássio	1,5
Peróxido de bário	0,6
Persulfato amônia	1,5
Piperazina	0,03
Pirosulfato de potássio	0,15
Polieletrolito	0,1
Polivinil pirrolidona	0,1
Potássio metálico	0,5

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Proteosi-peptone	0,3
Resina acrílica	0,2
Sacarose	0,9
Selenito de sódio	0,03
Sílica	11
Silicilato de sódio	0,15
Sódio metálico	1,0
Sódio silicato	0,4
Sulfato amonical de ferro II	0,55
Sulfato básico de cromo	0,55
Sulfato de alumínio	2,0
Sulfato de alumínio e potássio	1,0
Sulfato de amônio 99%	2,5
Sulfato de cádmio	0,2
Sulfato de cálcio	2,0
Sulfato de cobre	6,0
Sulfato de crómio III	0,2
Sulfato de ferro e amônia	0,5
Sulfato de ferro III	1,0
Sulfato de hidroxilamina	0,5
Sulfato de magnésio	3,0
Sulfato de manganês mono-hidratado	0,5
Sulfato de mercúrio III	0,1
Sulfato de neomium	0,02
Sulfato de potássio	0,6
Sulfato de prata	0,02
Sulfato de sódio	2,5
Sulfato de zinco	0,5
Sulfato ferroso - heptahidratado	1,0
Sulfato ferroso amoniacal	0,5

Continuação do APÊNDICE B – Reagentes químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (kg)
Sulfato heptahidratado de cobalto	0,1
Sulfato magnésio	0,5
Sulfeto de sódio	0,05
Sulfito de sódio	1,0
Tartarato de sódio e potássio	0,05
Tartarato de sódio neutro	0,5
Tetra-borato de sódio	0,5
Threnime L	0,1
Tiocianato de potássio	1,0
Tiosemicarbozida	0,02
Tiossulfato de sódio	1,5
Titriplex III	0,1
Tripolusfofato de sódio	0,3
Triptofano L	0,2
Uréia	0,5
Vanadato de amônia	0,5
Verde de bromocresol	0,1
Vermelho de metila	0,025
Vermiculita	0,05
Zinco	1,0
Zircônio	2,0

APÊNDICE C – Reagentes químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (L)
1,4 Dioxano	1,0
Acetaldeido	0,5
Acetato de butila	2,0
Acetato de etila	9,0
Acetato de metila	1,0
Acetilacetona	2,0
Acetona	6,0
Acetonitrila	5,5
Ácido acético	3,5
Ácido clorídrico	16
Ácido esteárico	0,7
Ácido fórmico	1,0
Ácido láctico	0,5
Ácido nítrico	9,0
Ácido oléico	3,0
Ácido sulfúrico	15
Álcool amílico	1,0
Álcool butílico terciário	1,5
Álcool etílico	21
Álcool isobutílico	9,0
Álcool isopropílico	2,0
Álcool metílico	12
Anidro acético	5,0
Anilina	1,0
Benzeno	1,8
Benzina	1,5
Benzol	0,5
Ciclo hexano	4,0
Cloreto de metila	6,0

Continuação do APÊNDICE C – Reagentes químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (L)
Clorofómio	10
Demitil sulfóxido	0,35
Dicloroetano	18
Diclorometano	11
Dimeil formamida	2,1
Dimetil polisilazano	0,15
Dimetilamina	0,4
Dimetilsulfoxido	2,0
Dodecilsulfato de sódio (lauril sulfato de sódio)	1,0
Éter de petróleo	12
Éter etílico	07
Etilenglicol	3,0
Fenol	0,8
Formaldeido	5,0
Formol	1,0
Glicerina	1,0
Glutardialhydlasung	0,25
Hexametildisiloxano	0,7
Hexano	21
Hidróxido de amônia	10
Isooctano	1,7
N_heptano	1,0
Óleo comestível	0,2
Óleo de milho	0,6
Óleo de soja	0,9
P-anisaldeido	0,45
Peróxido de hidrogênio	4,0
Persulfato de amônia	0,05
Piridina	0,5

Continuação do APÊNDICE C – Reagentes químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Reagente	Quantidade (L)
Potássio iodeto	1,0
Sal sulfonítrico	0,9
Solução de bicarbonato de sódio	0,15
Tetracloreto de carbono	3,0
Tetradecansaure	2,0
Tetraetoxisilano	0,01
Tetrahidro furano	3,0
Tinner	0,25
Tolueno	8,0
Trans-cinnamaldebyde	0,5
Trietanolamina	3,0
Xileno	3,0

APÊNDICE D – Resíduos químicos no estado sólido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (kg)
Celiti contaminado	0,25
Celulose contaminado	0,1
Sílica gel contaminado	0,01
Protease - peptone	0,3
Nitrato de potássio impuro	0,1
Gel de sílica	0,03
Co, Fe, Na, NC_3, Cl	0,02
Cloreto de sódio contaminado	0,05
Celulose e quitosana	0,5
Cromio+ outros	0,1
Agar peptona de coseina-glicose-extrato de levedura	0,45
Sulfato de sódio anidro contaminado	0,15
Resíduos sólidos sem especificação	10

APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
2-propanol, água, acetona	0,5
3-aminopiridina contaminado	0,4
Acetato de etila contaminado	10,75
Acetato de etila, álcool metílico	1,1
Acetato de etila, clorofórmio	0,9
Acetato de etila, hexano	1,0
Acetona contaminada	1,52
Acetona, água, clorofórmio, acetofenona	0,4
Ácido acético contaminado	0,5
Ácido clorídrico contaminado	3,5
Ácido fluorídrico contaminado	4,7
Ácido fosfórico contaminado	0,1
Ácido nítrico contaminado	1,5
Ácido oléico, óxido férrico	0,15
Ácido óleo e álcool etílico	0,8
Ácido perclórico e solventes	2,0
Ácido sulfúrico contaminado	8,0
Água de bário contaminado	0,05
Água, ácido acético, acético de isopentila	0,5
Álcool etílico e água	8,31
Álcool etílico, triclorometano	0,8
Álcool metílico, ácido acético	0,8
Álcool metílico contaminado	6,005
Álcool metílico, acetato de etila	0,4
Álcool metílico, acetona, hidróxido de amônio	0,005
Álcool metílico, água, ácido silícico, acetato de etila, carbonato de hidrogênio de sódio	0,4
Álcool n-butílico contaminado	3,005

Continuação do APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
Ânions do grupo I em meio aquoso	2,0
Anisoldeido contaminado	0,25
Benzol contaminado	1,05
Biodiesel de soja contaminado	0,8
Cádmio e chumbo	1,0
Cádmio em meio aquoso contaminado	0,8
Cátions do grupo II em meio aquoso	0,5
Chumbo e prata em meio aquoso	3,0
Citrato bsb (Fe, Co)	0,01
Cloreto de metileno contaminado	2,6
Cloreto de sódio, hidróxido de sódio, laranja II, acetato de etila, eteretilico	3,8
Cloreto férrico e ácido clorídrico	0,2
Clorofórmio contaminado	5,05
Clorofórmio e ácido acético, água	1,0
Clorofórmio e álcool etílico	0,505
Clorofórmio e polietileno	1,0
Clorofórmio e trietilamina	0,2
Cobalto contaminado	0,7
Cobre e ferro em meio aquoso	1,0
Cobre em meio aquoso	6,1
Complexo de amida, ferro e ácido clorídrico	0,5
Craqueado (plástico + catalisador)	25,6
Craqueado de óleo	1,0
Cromio contaminado em meio aquoso	10
Cu(II), Ca(II), Mg(II), Pb(II), Zn(II), Cd(II), Fe(III), Cr(III) em meio aquoso	1,0
Cu, Mg, Zn em meio aquoso	0,8
Destilado do óleo de soja craqueado	0,7
Dicloroetano contaminado	0,45

Continuação do APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
Diclorometano contaminado	0,12
Diclorometano, hexano	0,2
Dicromato contaminado	1,0
Diesel e outros	1,0
Ecotox de craqueado de soja	5,0
Eluato de diesel	1,5
Eluato de gasolina	1,5
Etanol, éter e mercúrio	0,5
Éter de petróleo contaminado	0,76
Éter de petróleo, acetato de etila, acetona, álcool etílico	0,1
Éter etílico contaminado	1,15
Éter etílico, ácido sulfúrico	0,15
Éter etílico, anilina, naftol, ácido benzóico, amizol, nitrato de sódio, ácido clorídrico, carbonato de sódio	1,0
Etileno contaminado	0,2
Etileno-glicol contaminado	0,22
Etileno-glicol e Fé	0,06
Etóxido, água, hexano	0,3
Fe e oleato	0,7
Fe, Co, iônico bsb em meio aquoso	0,01
Fe, Co, Ni, Cd em meio aquoso	0,05
Fe, Cr, Na, Al, Ag, Co, acetato em meio aquoso	0,2
Fenantrolina e ácido clorídrico	1,1
Fenantrolina, acetato de sódio, hidroxilamina	0,5
Fenil éter contaminado	0,25

Continuação do APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
Ferro e ácidos	4,0
Formol contaminado	0,7l
Formol, peixes	0,5
Gasolina e outros	2,0
Grupo IV A, estanho, antimônio em meio aquoso	2,0
Hexamina contaminado	0,15
Hexano contaminado	6,22
Hexano, acetato, clorofórmio, álcool metílico	1,0
Hexano, destilado de soja, craqueado de soja	1,0
Hidrogênio sulfato de sódio e iodeto de potássio	0,1
Hidróxido de amônio contaminado	11,5
Hidróxido de berílio, ácido acético, água	0,005
Hidróxido de sódio impuro	4,0
Hidreto de potássio, água, éter etílico	0,65
Limoneno contaminado	0,3
LSS, trielanolamima, isopropanol	0,5
Maguemita, acetato de sódio, fenantrolina e hidroxolamina	1,05
Maguemita contaminado	2,8
Metanal, clorofórmio e diclorometano	0,15
Metavanato de amônia contaminado	1,3
Monômeros com solventes, ferro e cobalto	7,0
Níquel com ácido clorídrico	1,0
Níquel, sulfato de hidrogênio em meio aquoso	0,9
Nitrato de potássio contaminado	1,0

Continuação do APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
Oleato e etileno-glicol	0,08L
Óleo contaminado	1,0
Óleo de bomba	1,0
Óleo de laranja	1,0
Óleo de soja, óleo de girassol, outros	2,2
Óleo para máquinas do laboratório	3,0
Permanganato de potássio + outros	3,0
Pesticidas	1,0
Piperazima contaminado	0,2
Polietileno e polipropileno	1,0
Polietileno, polipropano, gasolina e diesel	4,0
Quitosana, ácido clorídrico, hidróxido de sódio	1,0
Resíduos de biodiesel	10
Sílica e níquel	0,2
Solução sulfônica, cromo, água	1,1
Sulfato de sódio, ácido ostearico, cloreto de etiltrimetilamônia, n-butanol, isopropanol, cloreto de sódio, hidróxido de sódio, sulfato de alumínio, água	0,15
Tampão NET contaminada	0,2
Tetracloreto de carbono, álcool etílico, água	4,0
Tetrahidrofurano contaminado	0,25
Tolueno contaminado	0,6
Triclorometano, acetina, alcool metílico	0,02
Triclorometano, álcool metílico	0,15
Triclorometano, diclorometano	0,9
Xileno contaminado	0,8
Zinco contaminado em meio aquoso	1,0

Continuação do APÊNDICE E – Resíduos químicos no estado líquido com suas respectivas quantidades.

Resíduo químico	Quantidade (L)
Resíduos sem identificação	2,2
Rejeito ácido	0,05
Rejeito básico	2,5
Resíduos sem identificação	11
Solvente não-clorado	0,3
Solvente orgânico, epidoridium	0,5
Solvente clorado	0,2
Resíduos sem especificação	4,6
Resíduos sem especificação	2,5
Resíduos sem especificação	8,0
Resíduo sem especificação	3,0
Sem identificação	1,7
Álcool contaminado	0,3
Polímeros e outros	1,0
Resíduos da cuba	1,3
Solução alcoólica	1,0
Solventes	5,2
Sem identificação	8,0

APÊNDICE F – Planilha de monitoramento dos resíduos químicos armazenados no abrigo de resíduos químicos.

REAGENTES E RESÍDUOS

LABORATÓRIO: _____PROF. RESPONSÁVEL_____.

REAGENTES UTILIZADOS	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	RESÍDUOS FORMADOS	QUANTIDADE	ACONDICIONAMENTO	TRATAMENTO [1]	DESTINO

OUTRAS OBSERVAÇÕES:
FUNCIONÁRIO:
ASSINATURA:

DATA:
CARGO:

[1] Mesmo que não for tratar o resíduo, relate um possível tratamento para o mesmo.

ANEXOS

ANEXO A – Tabela de incompatibilidade química dos reagentes.

SUBSTÂNCIA	INCOMPATÍVEL COM
Acetileno	Cloro, bromo, flúor, cobre, prata, mercúrio
Ácido acético	Óxido de cromo IV, ácido nítrico, ácido perclórico, peróxidos, permanganato, anilina, líquidos e gases combustíveis.
Ácido nítrico	Ácido acético, anilina, líquido e gases combustíveis
Ácido oxálico	Prata, sais de mercúrio
Ácido perclórico	Anidrido acético, álcoois, papel, madeira, clorato de potássio, perclorato de potássio
Amoníaco	Mercúrio, hipoclorito de cálcio, iodo, bromo
Amônio nitrato	Ácidos, metais em pó, substâncias orgânicas ou combustíveis finamente divididos
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrogênio
Carvão ativo	Hipoclorito de cálcio, oxidantes
Cianetos	Ácidos
Cloratos	Sais de amônio, ácidos, metais em pó, enxofre
Cobre	Acetileno, peróxido de hidrogênio
Cromo IV óxido	Ácido acético, naftaleno, glicerina, líquidos combustíveis.
Hidrocarbonetos	Flúor, cloro, bromo, peróxido de sódio
Hidrogênio peróxido	Cobre, cromo, ferro, álcoois, acetonas, substâncias combustíveis
Líquidos inflamáveis	Nitrato de amônio, peróxido de hidrogênio, ácido nítrico, peróxido de sódio, halogênios
Mercúrio	Acetileno, amoníaco
Metais alcalinos	Água, tetracloreto de carbono, halogênios
Permanganato de potássio	Glicerina, etilenoglicol, ácido sulfúrico

Fonte: Machado; Salvador (2005).