

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

Wilson de Figueiredo Jardim

**Instituto de Química
Laboratório de Química Ambiental - LQA
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Caixa Postal 6154
13081-970 Campinas, São Paulo**

11.1 Introdução

11.2 Implementando um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ)

11.2.a Inventário do passivo

11.2.a.1 Reaproveitamento, estocagem e disposição final

11.2.b Inventário do ativo

11.3 A hierarquia dentro do PGRQ

11.3.a Otimização na rotina da Unidade Geradora

11.3.b Minimização de resíduos

11.3.b.1 Microescala

11.3.b.2 Substituição de reagentes e mudanças nos procedimentos

11.3.c Reuso

11.3.d Reciclagem

11.3.e Manter todo resíduo produzido na forma mais passível de tratamento

11.3.f Tratamento e disposição final de resíduos

11.4 Conclusão

11.5 Referências

11.1 Introdução:

Existe uma tendência na nossa sociedade em considerar como impactante ao meio ambiente apenas aquelas atividades que geram grandes quantidades de resíduos¹. Conseqüentemente, são estes grandes geradores que estão sempre sob a fiscalização das agências estaduais de proteção ambiental, sendo passíveis de punição pelo órgão competente. Pequenos geradores de resíduos, tais como instituições de ensino e de pesquisa, laboratórios de análises bioquímicas e físico-químicas, normalmente são considerados pelos órgãos fiscalizadores como atividades não impactantes, e assim sendo, raramente fiscalizados quanto ao descarte de seus rejeitos químicos.

Levando-se em conta o grande número de pequenos geradores de resíduos existentes na nossa sociedade, e que os resíduos por eles gerados são de natureza variada, incluindo metais pesados, solventes halogenados, radioisótopos e material infectante, a premissa de que estas atividades dispensam um programa eficiente de gerenciamento de resíduos não procede. Nestas últimas décadas a conscientização e a mobilização da sociedade civil tem exigido que esta situação cômoda da qual desfrutam estes pequenos geradores de resíduos seja revertida, requerendo para estas atividades o mesmo grau de exigências que o Estado dispensa para os grandes geradores.

O gerenciamento de resíduos químicos nas chamadas unidades geradoras de pequenas quantidades esbarra em algumas peculiaridades no tocante aos aspectos de legislação (vide capítulo 2) que merecem uma análise mais criteriosa antes de se implementar um programa de gestão de resíduos, o qual tem como objetivo primeiro minimizar os danos causados pela disposição adequada destes rejeitos químicos nos corpos receptores disponíveis (rede de esgoto, águas superficiais, aterros, etc.) Por exemplo, o lançamento de efluentes industriais líquidos é balizado nacionalmente pela resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) No 20², a qual estabelece as concentrações máximas de uma série de elementos e compostos permitidos no efluente, dependendo da classe na qual o corpo receptor foi enquadrado. Supondo que o efluente industrial esteja sendo lançado num corpo receptor Classe 3 (pela Resolução do CONAMA os corpos aquáticos são divididos em 9 classes, sendo 5 de águas doces, 2 de águas salinas e 2 de águas salobras. Os corpos de água doce podem ser classificados em Classe Especial e Classes 1 a 4, sendo que quanto menor o número, mais restritivo se torna o lançamento de efluentes no mesmo. Um corpo classe 3 destina-se ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação e à dessedentação de animais), a concentração máxima permitida para fenol neste efluente é de 0,3 mg/L, enquanto que para mercúrio este valor é de 0,002 mg/L. De modo similar, os resíduos sólidos industriais são classificados de acordo com a norma NBR 10004 (ABNT) após os ensaios realizados de acordo com as normas NBR 10005 (lixiviação) e 10006 (solubilização). Uma abordagem ampla e

ao mesmo tempo bastante detalhada a respeito da classificação, armazenagem, tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos pode ser encontrada na referência³.

Muito embora não haja uma legislação específica que trate do destino final de resíduos químicos oriundos das atividades de ensino e de pesquisa, isto não deve ser usado como um pretexto para a falta de gerenciamento destes rejeitos. Neste caso, adota-se a legislação existente para as indústrias, sob a premissa de que a legislação é válida tendo como base a natureza da atividade, e não as quantidades de resíduos que a mesma gera. Finalmente, não se pode deixar de apontar para o fato de que nenhuma unidade geradora de resíduos pode ser insalubre, o que quer dizer que a atmosfera interna deve ser controlada de modo a preservar a saúde do trabalhador, conforme padrões estabelecidos pelo Ministério do Trabalho sobre a exposição ocupacional (vide Capítulos 5 e 18).

11.2 Implementando um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ)

A implementação e manutenção exitosa de um PGRQ demanda a adoção de três conceitos importantes, os quais nortearão as atividades a serem desenvolvidas no desenrolar do programa. O primeiro conceito importante é o de que gerenciar resíduos não sinônimo de “geração zero de resíduo”. Ou seja, o gerenciamento de resíduos busca não só minimizar a quantidade gerada, mas também impõe um valor máximo na concentração de substâncias notadamente tóxicas no efluente final da unidade geradora, tendo como guia a Resolução CONAMA 20. O segundo conceito diz que só se pode gerenciar aquilo que se conhece, e assim sendo, um inventário de todo o resíduo produzido na rotina da unidade geradora é indispensável. O terceiro conceito importante é o da responsabilidade objetiva na geração do resíduo, ou seja, o gerador do resíduo é o responsável pelo mesmo, cabendo a ele sua destinação final. Uma cartilha mostrando passo a passo como implementar um PGRQ encontra-se disponível na página do Laboratório de Química Ambiental do IQ-UNICAMP⁴.

Além destes três importantes conceitos que servem de sustentação para qualquer programa de gerenciamento de resíduos, a operacionalização deste envolve pelo menos outros três pontos básicos⁵:

- a- compromisso explícito da Unidade Geradora (UG) em manter o PGRQ;*
- b- inventário do passivo ambiental existente na unidade geradora;*
- c- inventário do ativo que é gerado na rotina da unidade geradora;*

O compromisso formal dos responsáveis pela UG em implementar e manter o PGRQ é importante primeiro porque envolve todo o pessoal ligado diretamente às atividades que geram resíduos. Além disso, há que se considerar que grande parte destas pessoas estará engajada em alguma atividade adicional pelo menos durante a fase inicial do PGRQ. Além do engajamento de pessoal, um programa desta natureza sempre demanda recursos financeiros tanto na sua fase inicial, como na sua manutenção.

Os inventários de passivo e de ativo são importantes porque permitem que a unidade conheça a si própria quanto à natureza e qualidade dos resíduos gerados e estocados.

11.2.a Inventário do passivo:

O inventário do passivo tem como objetivo identificar qualitativa e quantitativamente a maior quantidade possível dos resíduos químicos já estocado na unidade, independentemente do seu estado físico, a fim de propor o tratamento adequado e sua destinação final. É comum nos laboratórios de pesquisa (e em menor escala nos laboratórios voltados exclusivamente para o ensino), a existência de um estoque (aqui denominado de **passivo**) indesejável de resíduos químicos sólidos, líquidos e gasosos não caracterizados. A existência deste tipo de herança é altamente problemática para qualquer programa de gerenciamento, visto que o tratamento e a destinação final deste estoque é quase sempre de difícil solução, não apenas sob o aspecto técnico, mas também sob o aspecto econômico.

A existência deste passivo também pode ser encarada sob um ângulo mais otimista, pois a grande maioria dos laboratórios que não enfrenta este tipo de problema é por que já se livrou deste estoque descartando nas pias ou usando outros métodos cômodos, via de regra pouco ortodoxos e não recomendados. Muitas vezes este estoque não se encontra totalmente agregado e identificado como tal, exigindo assim uma averiguação mais detalhada nos vários compartimentos da unidade (ou laboratório) para que o inventário possa ser o mais completo possível. Armários em geral, espaços disponíveis sob as pias e capelas merecem uma atenção especial, pois a experiência mostra que eles são os locais favoritos para a estocagem "ad eternum" de qualquer material indesejável. Outros pontos que merecem uma atenção especial são as geladeiras e congeladores, os quais sempre guardam gratas surpresas quando submetidos ao processo de limpeza geral. A identificação e caracterização deste passivo é quase sempre uma tarefa que exige muita paciência, cuidado e investigação criteriosa. Além do mais, as chances de sucesso (ou seja, a caracterização completa do resíduo) são geralmente pequenas, e assim sendo, as metas devem ser bastante realistas nesta etapa do programa de gestão. Quase sempre esta caracterização é prejudicada pelos seguintes fatores:

- a-) Ausência total de rótulos ou qualquer outro indicativo do produto*
- b-) Rótulos deteriorados pelo tempo e ilegíveis*
- c-) Misturas complexas incluindo mais de uma fase (sólido/líquido)*

Muitas vezes este passivo se apresenta como o maior desafio dentro de um PGRQ, e por isso é importante que se destine à caracterização e destinação final deste passivo, recursos humanos e financeiros bem dosados, de tal modo a não comprometer o futuro do programa.

A caracterização preliminar de um resíduo líquido e gasoso deve seguir passos bem definidos, procurando-se identificar, numa primeira abordagem, se o resíduo apresenta as seguintes características:

- a-) Inflamabilidade*
- b-) Corrosividade*
- c-) Reatividade*
- d-) Toxicidade (opcional)¹*

No entanto, é importante ter em mente que a caracterização do resíduo começa com a amostragem, a qual deve ser, antes de tudo, representativa sob o aspecto estatístico, obedecendo aos princípios básicos de higiene e segurança do trabalho. No Brasil, é recomendável que o amostrador esteja familiarizado com o procedimento NBR 10007, a qual trata da amostragem de resíduos sólidos, muito embora os princípios gerais também possam ser usados para líquidos e gases ⁵.

Uma vez identificado e caracterizado da melhor maneira possível, o passo seguinte é avaliar as possíveis maneiras de se aproveitar ao máximo este estoque, o qual muitas vezes é passível de reaproveitamento. Nesta etapa deve-se considerar as seguintes opções:

- a-) Avaliação econômica do passivo*
- b-) Recuperação e reuso "in situ"*
- c-) Tratamento "in situ"*
- d-) Tratamento fora da unidade*
- e-) Destinação final²*

Deste elenco de possíveis rotas as quais pode-se submeter o passivo da unidade, a Tabela 11.1 apresenta uma sugestão de protocolo para a caracterização preliminar dos resíduos líquidos e gasosos (e em alguns casos, sólidos também, dependendo da extensão e complexidade a que se deseja chegar nesta etapa) normalmente encontrados em laboratórios.

¹ No caso de dúvidas, consultar as normas ASTM D-93-79 ou D-3278-78 (ponto de fulgor), SW-846 9045 (pH), SW-846 9010 (cianeto reativo), SW-846 9030 (sulfeto reativo), e a série referente à toxicidade de metais tais como SW-846 7470 (mercúrio). A CETESB inclui patogenicidade nesta lista. SW são procedimentos da USEPA.

² Nos EUA, o custo da disposição final de um tambor de resíduo sólido em aterros cresceu de US \$ 20 em 1977, para US\$ 340 em 1984, atingindo a cifra atual de aproximadamente US\$ 800.

A partir desta primeira tentativa de segregação, o resíduo estocado pode passar por uma segunda (e eventualmente por outra tantas atividades similares) de segregação. Este refinamento pode ser feito baseando-se, por exemplo, em algumas propriedades físico-químicas ou natureza química do resíduo.

Tabela 11.1 - Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não-identificados³

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

Assim sendo, numa segunda etapa, estes resíduos poderiam ser novamente caracterizados, gerando as seguintes correntes segregadas:

³ Testes realizados após separar uma pequena alíquota (em torno de 1 g) que seja representativa do resíduo.

- a-) Ácidos
- b-) Bases
- c-) Orgânicos
- d-) Inorgânicos
- e) Sólidos
- f-) Líquidos
- g-) Gasosos
- h-) Oxidantes

É importante salientar mais uma vez que esta desagregação do resíduo em diferentes correntes pode ser aprimorada continuamente, dependendo é claro dos recursos disponíveis na unidade, da legislação estadual, do contexto legal, do modo de disposição final escolhido, enfim, de uma série de fatores que deverão ser avaliados sob o aspecto custo/benefício e risco/benefício dentro desta matriz muito ampla da hierarquia de gerenciamento de resíduos.

11.2.a.1 Reaproveitamento, estocagem e disposição final:

Tanto o reaproveitamento do resíduo, quer seja dentro ou fora da Unidade, bem como a destinação final do mesmo são atividades que requerem uma pesquisa criteriosa, pois as opções são muitas e os custos podem ser elevados, principalmente quanto se trata da disposição final de resíduos considerados Classe I (resíduos perigosos) e Classe II (não-inertes)

Sabendo disto, a prioridade deve ser dada a quaisquer atividades que minimizem o passivo, quer seja por reaproveitamento, reuso, troca num banco de resíduos, recuperação, entre outros.

11.2.b Inventário do ativo:

Entende-se por ativo todo o resíduo gerado na rotina de trabalho da Unidade Geradora. Todo programa de gerenciamento de resíduos é, na verdade, o gerenciamento deste tipo de resíduo, uma vez que o programa, uma vez

implementado, não mais admite a existência de passivos ambientais. Se a UG realiza trabalhos de rotina (como por exemplo, um laboratório de análises bioquímicas), o gerenciamento deste tipo de passivo é bem menos problemático do que o de um laboratório de pesquisas, por exemplo.

Independentemente do tipo de atividade realizada na UG, o inventário inicial deste passivo é imprescindível para qualquer PGRQ, pois através desta avaliação inicial da produção qualitativa e quantitativa dos resíduos gerados é que se poderá traçar as metas e objetivos a serem atingidos em termos de geração futura de resíduos. A partir deste inventário inicial, a UG deverá colocar em prática a chamada hierarquia de atitudes, a fim de não só diminuir a quantidade do ativo, mas também eliminar alguns dos resíduos considerados muito tóxicos.

11.3 A hierarquia no gerenciamento de resíduos:

Colocar uma ordem de prioridade nas ações que visam minimizar ou mesmo eliminar alguns dos resíduos produzidos numa UG é a figura de mérito dentro de qualquer PGRQ⁶. A implementação de uma hierarquia de decisões explicitamente associada à adoção e prática de várias atividades dentro de um programa de gestão ambiental não é um fato novo. No caso específico de gerenciamento de resíduos, acredita-se que este conceito tenha sido explorado em detalhes pela primeira vez em 1976, numa publicação da USA-EPA intitulada "Effective Hazardous Waste Management (Non-Radioactive)". Posteriormente o conceito foi expandido incluindo detalhes aplicativos no documento "State Decision-Makers Guide to Hazardous Waste Management", publicado pela USA-EPA em 1977.

Em termos gerais, a hierarquia apresentada nada mais é do que uma série de atitudes (neste caso específico em número de sete), as quais são apresentadas numa sequência decrescente de prioridade. São elas:

1- Otimização da Unidade Geradora

2- Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados

- 3- *Segregar e concentrar correntes de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora*
- 4- *Reuso interno; ou externamente via transferência de resíduos*
- 5- *Reciclar o componente material ou energético do resíduo*
- 6- *Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento*
- 7- *Dispor o resíduo de maneira segura*

11.3.a Otimização da Unidade Geradora:

Esta otimização é de caráter geral, bem abrangente, e deve versar sobre a rotina de trabalho da unidade (ver Capítulo 5). Por exemplo, deve-se evitar o uso de trompas de vácuo, que consomem muita água tratada, ou seja, uma água nobre que está sendo desperdiçada em grandes quantidades. O mesmo se aplica para destiladores de água que funcionam sem reciclo da água de resfriamento. Estima-se que a produção de cada litro de água destilada lança no ralo entre 12 a 15 litros de água tratada, a qual é usada para resfriamento, na camisa externa do destilador.

A UG deve estar atenta aos gastos com energia elétrica, otimizando o uso de muflas, chapas de aquecimento e aparelhos de ar condicionado. Um outro ponto importante é a devida rotulagem de todo reagente usado no laboratório, com a devida identificação do produto, prazo de validade, modo de estocagem e o nome do responsável pelo produto.

Um outro aspecto importante a ser lembrado é o de não fazer do laboratório um almoxarifado paralelo. Manter sempre uma quantidade pequena de reagentes no laboratório ajuda a minimizar o ativo. Finalmente, o controle de todo material e insumo que entra no laboratório é importante, e deve ser levado ao conhecimento de todos os atores que participam da UG.

11.3.b Minimização de resíduos:

Entende-se por minimização uma série de atitudes que quando tomadas conjuntamente ou em separado, culminam num produto final único: uma sensível

redução não apenas na quantidade de resíduos gerados, mas também no seu potencial de impacto no meio ambiente.

No caso específico de laboratórios que geram resíduos químicos na sua rotina, a minimização contempla fundamentalmente duas atividades, as quais se implementadas e seguidas corretamente, poderão certamente reduzir em mais de 50% o ativo da unidade. Estas duas atitudes são:

a-) mudança de macro (escala convencional) para microescala

b-) a substituição de reagentes e mudanças nos procedimentos

Estas duas atitudes geralmente não requerem custo capital exagerado, são facilmente assimiladas pelo pessoal de apoio e sob o aspecto econômico se pagam a curto prazo pela economia gerada no consumo de reagentes, bem como no tratamento e disposição final dos resíduos. No cenário atual, a tendência à microescala tem sido mais praticada em laboratórios de ensino de química, muito embora se aposte num crescimento acentuado de sua incorporação nos laboratórios de pesquisa e prestação de serviços.

11.3.b.1 Microescala:

A opção pela microescala frente à escala tradicional, ou macroescala, está centrada em 4 grandes vantagens que a primeira oferece, e que são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Segurança: o manuseio de pequenas quantidades de reagentes agressivos e solventes voláteis torna o laboratório muito menos insalubre do que quando se trabalha com os grandes volumes dos procedimentos tradicionais. A adoção da microescala melhora a qualidade do ar respirável nos laboratórios e minimiza o risco de incêndio. Por exemplo, uma garrafa de propionaldeído (de gargalo estreito) deixada aberta num laboratório onde a temperatura média é de 25 °C pode perder até 1 g/h do produto.

Tempo: tendo em vista que os volumes usados são menores, a vidraria também tem que ser menor para se adequar, e assim sendo o tempo gasto em

operações geralmente laboriosas como evaporação de solventes são bem menores. Além disso, pequenos volumes demandam um pretratamento rápido quando precedem a instrumentação analítica.

Economia: a grande maioria dos ensaios oficiais usados nas rotinas laboratoriais foi desenvolvida há pelo menos uma década (e alguns há mais de 50 anos!), e adotam a macroescala, trabalhando numa faixa que varia entre 1 a 25 g, com volumes oscilando entre 10 a 250 mL. Na microescala, no entanto, raramente se usa mais do que 300 mg, o que representa uma grande economia em termos de reagentes.

No entanto, é importante salientar que a adaptação de um ensaio de macro para a microescala irá exigir todo um protocolo de validação analítica, especialmente nos laboratórios que trabalham dentro de programas de qualidade tais como a ISO 17025 ou BPL (Boas Práticas de Laboratório).

Aspectos ambientais: talvez o produto mais importante da mudança da escala convencional para a adoção da microescala seja a formação de um profissional mais consciente das suas responsabilidades com a preservação ambiental. Esta responsabilidade passa principalmente pelo aspecto da geração de resíduos. Com a adoção da microescala, a qual usa quantidades de 100 a 1000 vezes menor do que a escala convencional, a geração de resíduos em laboratórios é reduzida drasticamente.

11.3.b.2 Substituição de reagentes e mudanças nos procedimentos:

Dentro da nova ordem econômica e da globalização, a busca por padrões internacionais tem se intensificado nestes últimos anos, reforçando cada vez mais a necessidade de uma linguagem única, principalmente no tocante à qualidade analítica. Assim, várias determinações realizadas em laboratórios são feitas seguindo procedimentos aceitos internacionalmente. Por esta razão, estes procedimentos devem ser seguidos à risca de modo a garantir a fidedignidade e rastreabilidade dos dados analíticos obtidos. Esta realidade aparentemente cria certas dificuldades quando se pretende modificar, adequar e adaptar métodos oficiais no caso dos mesmos utilizarem reagentes tóxicos ou perigosos, ou então gerarem grandes quantidades de resíduos. No entanto, esta aparente

imutabilidade não corresponde à realidade. Primeiramente, fruto da conscientização ambiental, grande parte destes procedimentos vem sofrendo atualizações constantes de modo a se adequar à nova realidade quanto ao uso de reagentes e solventes menos impactantes, bem como quanto à minimização de resíduos. Além disso, a convalidação de dados analíticos gerados através de procedimentos padrões modificados de acordo com as metas de um programa de gestão ambiental é perfeitamente possível de ser feita de maneira razoavelmente simples.

São vários os exemplos que ilustram as modificações que vêm sofrendo vários procedimentos padrões ao longo destes últimos 20 anos, modificações estas centradas principalmente no aspecto de saúde e meio ambiente. Na 14ª edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCP), de 1975, o procedimento 502 A, para determinação de óleos e graxas usa FREON® (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano) como agente extrator. Atualmente este procedimento foi alterado, o solvente substituído por hexano ou éter de petróleo devido ao fato de que o FREON® não mais é produzido visto que é um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa e pela destruição da camada de ozônio. Nesta mesma edição do Standard Methods, o íon nitrato podia ser determinado usando o reagente específico brucina (procedimento 429 E), procedimento este retirado das edições mais modernas devido não apenas à atividade cancerígena comprovada deste composto, mas também devido ao fato de que o procedimento envolvia o uso de arsênio.

11.3.c Reuso

Entende-se por reuso a possibilidade de utilização de um material no estado em que se encontra, sem que para isto seja necessário submetê-lo a qualquer processo. O reuso pode ser feito dentro ou fora da unidade, e o material pode ser reusado tanto dentro de suas funções originais como em novas funções. De modo geral, o reuso é muito pouco praticado dentro dos laboratórios de química, dando espaço para o reciclo, o qual tem um potencial maior de aplicação.

Interessante ressaltar que o termo reuso tem sido também aplicado ao material que passou por um processo de reciclagem.

11.3.d Reciclagem

Reciclar⁴ é utilizar um resíduo ou o seu conteúdo energético após submetê-lo a algum tipo de processamento. Os pré-tratamentos rotineiramente exigidos na reciclagem de um resíduo são bem simples, incluindo quase sempre a filtração e a destilação. Dentre os resíduos naturalmente candidatos ao processo de reciclagem, os mais comuns são:

a-) solventes

b-) combustíveis em geral

c-) óleos

d-) resíduos ricos em metais, principalmente metais preciosos

e-) ácidos e bases

f-) catalisadores

Mas normalmente a prática mostra que em mais de 90% dos casos, a única atividade praticada é a destilação. Interessante observar que nos EUA, a destilação "in situ" tem sido objeto de severo controle e acompanhamento por parte da USEPA devido ao fato de que em muitos casos, constatou-se que as condições nas quais o processo era realizado a perda fugitiva do solvente para atmosfera apresentava um grande risco de exposição ambiental ao produto.

destilação: nas instituições acadêmicas, a destilação é sem dúvida o processo mais utilizado na reciclagem de resíduos, principalmente quando se trata de solventes orgânicos. Esta atividade pode rotineiramente ser feita em menor escala, dentro dos laboratórios individuais de pesquisa, ou numa escala bem maior, centralizada em algum setor da unidade.

⁴O significado do termo é amplo e controverso. Para alguns, reciclar é tornar qualquer descarte em insumo, independente da necessidade de pré-tratamento do material a ser descartado.

11.3.d Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento

A maneira mais racional (e menos onerosa) de se manter o resíduo gerado numa forma que facilite sua destinação final é segregá-lo em diferentes correntes. É importante ressaltar que esta segregação é sempre ditada pela forma escolhida de disposição final do resíduo. Por exemplo, se o resíduo líquido de um UG for ser destinado a um incinerador, o prestador deste tipo de serviço com certeza irá exigir que se segreguem todos os organoclorados dos demais solventes orgânicos, uma vez que a incineração deste primeiro exige cuidados especiais. Na melhor das hipóteses, uma UG terá pelo menos cinco correntes diferentes de resíduos, sendo duas correntes de resíduos orgânicos (halogenados e não-halogenados), uma corrente de aquosos contendo orgânicos e duas correntes de resíduos sólidos, sendo uma de metais pesados e outra com outros tipos de resíduos. Isto não impede, no entanto, que diferentes setores geradores de resíduos dentro de uma UG tenham mais do que estas cinco correntes, pois esta decisão é muito peculiar e depende da rotina de cada setor, bem como do potencial de recuperação/reuso destes.

Conforme o PGRQ avança, o número final de correntes da UG pode inclusive aumentar, tendo em vista que certos tipos de resíduos podem ser destruídos dentro da própria UG. Laboratórios que fazem o uso da técnica de HPLC na sua rotina normalmente geram grandes quantidades de um resíduo contendo acetonitrila-água. Como este resíduo é facilmente destruído por fotólise, torna-se economicamente atrativo desagregá-lo dos demais orgânicos e destruir esta corrente in situ, a um custo irrisório comparado com a incineração, por exemplo.

11.3.e Tratamento e disposição final de resíduos

Disposição final de resíduo é o termo técnico usado para designar a forma e o local escolhidos para receber definitivamente qualquer resíduo descartado. No caso de resíduos urbanos, a disposição final é geralmente um aterro sanitário (ou lixão). No caso dos resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino,

pesquisa e prestação de serviços, o destino final encontrado pela grande maioria é ignorado ou difuso (pias, ralos, terrenos baldios, agregado ao lixo doméstico, etc). Dentro desta realidade praticada pela maioria dos pequenos geradores, a implantação de um programa sério de gerenciamento voltado para o saneamento desta realidade é de fundamental importância.

A disposição final de resíduos sólidos e líquidos está sujeita à fiscalização estadual (por exemplo, no caso do Estado de São Paulo, compete à CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental e Saneamento) o controle e a fiscalização desta atividade, enquanto que no Estado do Rio de Janeiro, compete à Fundação Estadual do Meio Ambiente, FEEMA). Via de regra, os órgãos estaduais têm sido extremamente benevolente com as instituições de ensino e pesquisa, com laboratórios de prestação de serviços, bem como qualquer outro tipo de atividade não ligada ao setor produtivo que gera resíduos químicos de modo rotineiro.

Nos EUA a legislação específica sobre destinação final de resíduos, embora seja bastante rígida, classifica as unidades geradoras de resíduos de acordo com a quantidade produzida mensalmente. Assim, grande parte dos laboratórios de instituições acadêmicas é classificada como Geradores de Pequenas Quantidades (GPQ), o que quer dizer que produzem mais do que 100 e menos do que 1000 kg de resíduos perigosos e menos do que 1 kg de resíduos muito perigosos por mês, gozando de alguns privilégios (ou melhor, sujeito a uma legislação menos restritiva) do que aqueles que geram mais do que 1.000 kg/mês de resíduos e são classificados como Geradores de Grandes Quantidades (GGQ).

Mesmo sob um rígido PGRQ, um laboratório pode descartar vários tipos de resíduos na pia, contanto que este efluente esteja atendendo à Resolução CONAMA 20 (ou qualquer outra Legislação Estadual mais restritiva, se houver). As demais correntes líquidas podem ser enviadas para incineração, ou mesmo para alguma estação de tratamento de efluentes de indústrias de grande porte, uma vez que estas foram concebidas para tratar cargas orgânicas altas e normalmente tóxicas.

Para resíduos sólidos, a classificação em Classe I (perigoso), Classe II (não inerte) e Classe III (inerte) é que determina o local adequado para sua disposição,

sendo que a grande maioria dos resíduos sólidos gerados num laboratório é Classe I, exigindo que seja disposto em aterros industriais. No entanto, independentemente do resíduo ser sólido ou líquido, a destinação final deve sempre ser feita conforme normas e procedimentos exigidos pelo órgão estadual de proteção ambiental.

11.4 Conclusão:

O cuidado para com o descarte de resíduos químicos oriundos de laboratórios de ensino e pesquisa é antes de tudo, um compromisso moral para com a sociedade. A posição cômoda que estas instituições gozam quanto ao descarte de seus efluentes no meio ambiente não condiz com a postura crítica normalmente assumida pelas mesmas quanto ao impacto causado por qualquer outra geradora de resíduos que não elas próprias. A implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos é a solução para que estes geradores passem a atuar de modo mais coerente.

Um programa de gerenciamento de resíduos não é uma atividade que envolve apenas algumas pessoas da unidade geradora, mas deve ser sempre tratada como uma atividade cujo sucesso depende de todos. Ainda que nos dias de hoje a componente financeira de qualquer empreendimento tenha assumido uma importância decisória, é importante lembrar que um programa deste tipo não pode ser analisado apenas sob esta ótica. No cenário aqui apresentado, a contabilidade ambiental mostra que qualquer programa de minimização de impacto ambiental se paga mesmo a curto prazo.

11.5 Referências:

- 1- Jardim WF. As indústrias químicas e a preservação ambiental. **Revista de Química Industrial**. 1993. 692:16-18.
- 2- Resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986. **Classificação de águas doces, salobras e salinas no Território Nacional**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>.
- 3- Rocca AC, Iacovone, AMMB, Barroti, AJ, Casarini, DCP, Gloeden, E, et al. **Resíduos Sólidos Industriais**. 2 ed. rev. ampl., São Paulo, CETESB, 1993.

- 4- Cartilha para a implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ). Disponível em <http://lqa.iqm.unicamp.br/serv.html> [2001]
- 5- Jardim WF. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**. 1998. 21(5):671:3.
- 6- Kaufman JA. **Waste Disposal in Academic Institutions**. Nova Iorque, Editora Lewis. 1990.