

ORIENTAÇÕES E PROCEDIMENTOS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS – FEA

Resíduos químicos passíveis de destruição/neutralização deverão ser tratados no laboratório gerador, para posterior descarte na pia, e portanto não devem ser acumulados. Recomenda-se o tratamento de pequenas quantidades de resíduos de cada vez, devendo ser executado por pessoas treinadas e munidas de Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

- **Ácidos e bases:** Sólidos ou pastas: misturar com o mesmo volume de água. Ajustar o pH entre 5,0 e 8,0. Soluções concentradas: diluir até obtenção de solução com 50% de água. Ajustar o pH.

Ácidos (clorídrico, sulfúrico, nítrico, acético, perclórico, ácidos sólidos, etc.): neutralizar com uma base (é sugerido o emprego de uma mistura de bicarbonato de sódio + carbonato de cálcio), acertar o pH entre 5,0 e 8,0 (verificar com papel indicador), descartar o sobrenadante na pia sob água corrente. Se sobrar material sólido, verificar se pode ser descartado no lixo, caso contrário, este deverá ser acumulado e, posteriormente, enviado para tratamento ou descarte.

Bases (aminas, soluções de hidróxidos, soluções de alcoolatos, amônia, etc.): neutralizar com um ácido fraco ou diluído (ácido acético, por ex.). Acertar o pH entre 5,0 e 8,0 e descartar em pia.

Nota: A neutralização de bases sólidas com baixa solubilidade em água (Ex: Hidróxido de cálcio) deve ser realizada de forma a adicionar pequena quantidade do produto diretamente em uma solução de ácido forte (Ex: Ácido clorídrico) diluído a 10 % para que ocorra simultaneamente a solubilização e neutralização. O mesmo procedimento pode ser aplicado para ácidos sólidos com neutralização com soluções básicas.

- **Tampão fosfato:** os tampões fosfatos devem ser considerados poluentes, pois o fosfato contribui para a eutrofização dos rios e diminuição da oxigenação da água. A sugestão é que os tampões fosfatos sejam usados para estocagem de metais tóxicos: a solução de fosfato deve ter o pH elevado a 10, e depois misturado à solução com metais tóxicos para permitir formação do precipitado.

- **Solução de formol (formaldeído):** Grandes quantidades encaminhar para reciclagem ou eliminação por incineração. Pequenas quantidades, usar luvas adequadas e na capela mexendo sempre, adicionar, lentamente, formaldeído diluído (cerca de 10 mL de água para 1

mL de formaldeído) a um excesso de alvejante doméstico (25 mL de alvejante para 1 mL de formaldeído). Misturar por 20 minutos e descartar na pia.

• **Soluções contendo metais tóxicos:** o metal deverá ser precipitado no local de sua geração. Após a precipitação o resíduo líquido aquoso poderá ser descartado na pia, após análise para verificação da eficiência do procedimento de precipitação e acerto de pH. O precipitado deverá ser empacotado e armazenado em frascos de boca larga e enviados para descarte final. Soluções contendo metais tóxicos com contaminação orgânica deverão ser segregadas e identificadas para tratamento e/ou disposição final. O metal deverá ser precipitado e o resíduo orgânico ou orgânico/aquoso deverá ser tratado de acordo com sua classe.

Soluções muito diluídas como as empregadas em curvas analíticas de Absorção Atômica ou Plasma Acoplado Indutivamente também devem seguir o procedimento de precipitação. Se as concentrações dessas soluções estiverem em nível de partes por bilhão, pode não ocorrer precipitação visível, mas mesmo assim, deve-se, por prevenção, realizar tratamento de precipitação.

Precipitação: Identificar, precipitar (como sais insolúveis), filtrar e recolher o sólido em recipientes separados. A precipitação poderá ser realizada com soda cáustica (NaOH + Na₂CO₃) elevando-se o pH até o indicado para cada metal. Neutralizar o sobrenadante, verificar eficiência da precipitação e descartar na pia sob água corrente. A Tabela 1 apresenta o pH ou faixa de pH ótimos para precipitação específica de cada metal.

TABELA 1. Listagem do pH ou faixas de pH ideais para precipitação, específicas para cada metal.

Cátions	Faixa de pH
Ag⁺²	9
Al⁺³	7 - 8
As⁺³	Precipita como sulfeto
As⁺⁵	Precipita como sulfeto
Au⁺³	7 - 8
Be⁺²	7 - 8
Bi⁺³	7
Cd⁺²	7

Co⁺²	8
Cr⁺³	7
Cu⁺¹	9
Cu⁺²	7
Fe⁺²	7
Fe⁺³	7
Ga⁺³	7 - 8
Ge⁺⁴	6 - 8
Hf⁺⁴	6 - 7
Hg⁺¹	8
Hg⁺²	8
In⁺³	6 - 13
Ir⁺⁴	6 - 8
Mg⁺²	9
Mn⁺²	8
Mn⁺⁴	7
Mo⁺⁶	Precipita como sal de Ca
Nb⁺⁵	1 - 10
Ni⁺²	8
Os⁺⁴	7 - 8
Pb⁺²	7 - 8
Pd⁺²	7 - 8
Pd⁺⁴	7 - 8
Pt⁺²	7 - 8
Re⁺³	6
Re⁺⁷	Precipita como sulfeto
Rh⁺³	7 - 8

Ru^{+3}	7
Sb^{+3}	7 - 8
Sb^{+5}	7 - 8
Sc^{+3}	8
Se^{+4}	Precipita como sulfeto
Se^{+6}	Precipita como sulfeto
Sn^{+2}	7 - 8
Sn^{+4}	7 - 8
Ta^{+5}	1 - 10
Te^{+4}	Precipita como sulfeto
Te^{+5}	Precipita como sulfeto
Th^{+4}	6
Ti^{+3}	8
Ti^{+4}	8
Tl^{+3}	9
V^{+4}	7 - 8
V^{+5}	7 - 8
W^{+6}	Precipita como sal de Ca
Zn^{+2}	7 - 8
Zr^{+4}	6 - 8

- **Sais de chumbo:** adicionar, sob agitação, uma solução 0,1% de metassilicato de sódio. Ajustar o pH em 7,0 com ácido sulfúrico 2,0 mol L⁻¹. Deixar a solução em repouso por uma noite. Filtrar o precipitado ou evaporar a solução na capela de exaustão. Guardar o material sólido em recipiente de plástico. Verificar se sobraram íons chumbo no sobrenadante. Repetir o procedimento até não apresentar mais precipitação. Descartar a fase líquida na pia.



- **Sais de cádmio:** adicionar, sob agitação, uma solução 0,1% de metassilicato de sódio à solução que contém sais de cádmio. Ajustar o pH em 7,0 com ácido sulfúrico 2,0 mol L⁻¹. Aquecer a 80°C por 15 minutos, para que a reação seja completa. Filtrar o precipitado. Somente após verificar a eficiência do procedimento, descartar o sobrenadante na pia. O precipitado deve ser guardado em recipiente de plástico.



- **Sais de mercúrio:** ajustar o pH da solução que contém sais de mercúrio acima de 10; deixar repousar por 12 horas para garantir a precipitação completa do hidróxido de mercúrio. Filtrar. Verificar se a precipitação foi completa adicionando uma solução 20% de sulfeto de sódio ou cálcio ao líquido sobrenadante. Recolher o precipitado em embalagem especial (recipiente de plástico). Armazenar o mercúrio precipitado como hidróxido e como sulfeto em diferentes recipientes para facilitar o processo de recuperação do material. A fase aquosa deve ser tratada para retirada do excesso de sulfeto (ver compostos sulfurados). O líquido sobrenadante deve ser diluído com água, em abundância, antes de ser eliminado no esgoto.

- **Mercúrio metálico (líquido):** utilizar um fio de cobre para coletar o mercúrio derramado, ou que esteja em um recipiente, que se prende ao cobre quando em contato com ele. Acondicionar em um frasco com água fechado e devidamente vedado. Enviar para tratamento por empresa especializada.

- **Sais de cromo (VI):** ajustar o pH da solução que contém o cromo(VI) a um valor menor que 3,0, utilizando ácido sulfúrico 3,0 mol.L⁻¹. Adicionar tiosulfato de sódio, sob agitação, e deixar reagir por cinco minutos até verificar alteração da cor laranja para verde. Elevar o pH entre 9-10 adicionando NaOH 3,0 mol.L⁻¹. Deixar em repouso por 2 horas. Evaporar a solução em um béquer quase à secura. Filtrar imediatamente ou deixar por uma semana para decantar. Testar o líquido sobrenadante até não haver mais precipitação. Neutralizar e descartá-lo na pia. O precipitado deve ser guardado em frasco plástico com tampa.

- **Sais de níquel:** adicionar NaOH até ajustar o pH a 7 - 8 para precipitar o níquel na forma de hidróxido. Testar se a precipitação foi completa com uma solução 1% de dimetilgloxima em 1-propanol; se ainda houver níquel na solução, esta ficará vermelha e será necessário repetir o procedimento. Filtrar. O sólido formado deve ser guardado em frasco plástico. O filtrado pode ser descartado na pia.

• **Sais de cobre:** a precipitação dos íons cuproso (Cu^{1+}) e cúprico (Cu^{2+}), na forma de hidróxidos é recomendada devido à insolubilidade do hidróxido formado. Para soluções contendo íons cuproso, adicionar NaOH à solução até pH 9,0; filtrar; guardar o sólido em frasco plástico; o filtrado pode ser descartado na pia. Para soluções de íon cúprico, adicionar NaOH até pH 7; filtrar e descartar o filtrado.

• **Sais de bário:** Usar luvas adequadas. Dissolver o sal de bário no mínimo volume de água. Para cada grama de sal de bário, adicionar 15 mL de solução de sulfato de sódio 10%. Deixar descansar por uma semana. Fazer um teste para verificar se a precipitação está completa, adicionando algumas gotas de solução de sulfato de sódio 10%. Se necessário, adicionar mais solução de sulfato de sódio até não haver mais precipitação. Decantar o líquido sobrenadante ou filtrar o sólido. Tratar o sólido como lixo normal. Despejar o líquido no ralo.

• **Sais de arsênio:** Usar luvas adequadas. Na capela, dissolver o composto de arsênio em água acidificada fervente (para 1 g de composto arsênico, usar 100 mL de água contendo 6 gotas de ácido clorídrico concentrado). Adicionar uma solução de tioacetamida (para cada 1 g de sal arsênico, usar 0,2 g de tioacetamida em 20 mL de água). Ferver a mistura por 20 minutos e tornar básica a solução com hidróxido de sódio 2,0 mol L⁻¹ (preparado com 8 g de NaOH dissolvido em 100 mL de água). Filtrar o precipitado, secar e guardar em recipiente plástico.

• **Cianetos:** o cianeto de potássio e todos os outros cianetos são tóxicos, devendo ser tomado muito cuidado na sua utilização. Trabalhar em capela utilizando todos os equipamentos de proteção individual necessários.

Para sólidos ou pastas: misturar com o mesmo volume de água. Adicionar 1g de NaOH para cada 100 mL de solução. Aplicar o método do sulfato ferroso, descrito a seguir:

Soluções concentradas: diluir até obtenção de solução com 50% de H₂O. Adicionar 1 g de NaOH por 50-100 mL de solução. Aplicar o método do sulfato ferroso.

Soluções aquosas diluídas: adicionar 1 g de NaOH por 50-100 mL de solução. Aplicar o método do sulfato ferroso.

Método do sulfato ferroso: adicionar à solução tratada com NaOH, 1 g de sulfato ferroso para cada 0,2 g de cianeto utilizado, para converter o íon CN⁻ em ferrocianeto $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. Adicionar HCl (até completa neutralização). Uma solução clara e um precipitado, chamado azul da Prússia, serão formados. O resíduo líquido pode ser descartado no esgoto comum. O sólido formado pode ser guardado para futura utilização como corante.



- **Agentes oxidantes:** hipocloritos, cloratos, bromatos, iodatos, periodatos, peróxidos e hidroperóxidos inorgânicos, cromatos, dicromatos, molibdatos, manganatos e permanganatos podem ser reduzidos por hipossulfito de sódio. O excesso de hipossulfito deve ser destruído com H₂O₂. Depois disso, diluir e descartar na pia.

- **Ácido oxálico, oxalato de sódio e cloreto de oxalila:** Adicionar ácido oxálico ou oxalato de sódio (5g) a 25 mL de ácido sulfúrico concentrado em um frasco de 100 mL de fundo arredondado. Usando-se manta de aquecimento, aquecer a mistura a 80-100° C, durante 30 minutos. O ácido sulfúrico pode ser usado novamente para o mesmo procedimento desde que o único produto não volátil da decomposição seja uma pequena quantidade de água; do contrário, deixar a mistura da reação esfriar a temperatura ambiente, lenta e cuidadosamente despejar o ácido sulfúrico em um grande volume de água fria, neutralizar com carbonato de sódio e despejar no ralo. Cloreto de oxalila pode ser convertido a ácido oxálico pela adição de 1 mL do sal a 3 mL de água gelada. Aguardar 1 hora.

- **Peróxido de hidrogênio:** Usar luvas adequadas. Para soluções concentradas preparar, em capela, uma solução diluída (5%) de peróxido através da adição cuidadosa à um grande volume de água. Gradualmente, mexendo, adicionar a uma solução aquosa de metabissulfito de sódio 50%, em um frasco de fundo redondo equipado com um termômetro. Um aumento na temperatura indica que a reação está acontecendo. Acidificar a reação caso ela não aconteça espontaneamente. Neutralizar a mistura da reação e despejar no ralo.

- **Brometo de etídio:** no caso de grandes quantidades do composto coloque-o em um recipiente separado e rotulado para eliminação por incineração. As soluções diluídas devem ser desativadas e neutralizadas antes de serem descartadas em pia sob grande fluxo de água corrente. A desativação pode ser confirmada usando a luz UV (detectar fluorescência). O método de desativação citado a seguir pode ser utilizado:

Método de Lunn e Sansone: Para cada 100 mL da solução do brometo de etídio adicionar ácido hipofosforoso 5%. Adicionar 12 mL de NaNO₂ (nitrito de sódio) 0,5 mol L⁻¹. Agitar e deixar em repouso por 20 horas. Ajustar o pH a 6-8 com hidróxido de sódio. Descartar na pia.

- **Glutaraldeído:** para soluções de até 5%: utilizar 2-3 partes de bissulfito de sódio para uma parte de glutaraldeído ativo em solução. A reação reduz a concentração do glutaraldeído para

menos de 2 ppm em 5 minutos à temperatura ambiente. Descartar a solução resultante seguida de bastante água.

Alternativa: hidrólise com NaOH: elevar a pH 12, com NaOH, solução de até 2% de glutaraldeído ativo; neste pH a concentração de glutaraldeído é reduzida para 20 ppm em menos em 8 horas, em temperatura ambiente. Neutralizar com HCl para pH entre 6-8 e descartar.

- **Fenol:** pode ser degradado através da reação de Fenton: colocar o fenol (47g) em balão de 2 litros com 3 bocas, com agitador, funil gotejante e termômetro. Adicionar 23,5 g de sulfato ferroso heptahidratado e ajustar o pH da mistura para 5-6 com H₂SO₄ diluído. Adicionar lentamente 410 mL de H₂O₂ 30%, com agitação, durante 1 hora. CUIDADO! A ordem é importante: se H₂O₂ e FeSO₄ forem pré-misturados ocorre uma explosão violenta. Manter a temperatura entre 50-60°C, ajustando a velocidade de adição ou utilizando banho de gelo. Manter a agitação por mais 2 horas até a temperatura cair para 25°C. Deixar a solução em repouso por uma noite e descartar em pia, seguida de muita água.

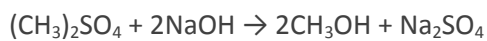
- **Acrilamida:** Deve ser manipulada com cuidado, pois é considerada uma substância neurotóxica e carcinogênica. Em grandes quantidades aconselha-se a incineração. Para pequenos volumes: hidrolisar com NaOH, em capela (há liberação de amônia). Neutralizar a solução e descartar na pia seguida de muita água.

- **Aminas aromáticas:** São carcinogênicas, pouco solúveis em água fria, mas solúveis em água quente, ácidos e solventes orgânicos. A decomposição depende da estrutura da amina. Para aminas simples, a destruição poderá ser realizada através da oxidação por KMnO₄ em meio ácido. Adicionar 0,2 mol de KMnO₄ para 0,01 mol de amina, em H₂SO₄ 2,0 mol L⁻¹; deixar em temperatura ambiente por 8-15 horas (capela). Adicionar NaHSO₄ para destruir o excesso de MnO₄⁻. Neutralizar com NaOH, diluir e descartar na pia sob água corrente.

- **Sulfetos inorgânicos:** Reagir o sulfeto com excesso de água sanitária (hipoclorito de sódio). Deixar repousar em capela por uma noite. Descartar em pia após diluição se não contiver metais tóxicos.

(Ex: Na₂S + 4NaOCl → Na₂SO₄ + 4NaCl)

- **Dimetilsulfato e dietilsulfato:** Adicionar 100 mL de amostra a 500 mL de NaOH 20% em um balão de fundo redondo de 1L. Deixar em refluxo por 4 h, sob agitação. Resfriar, neutralizar o produto e descartar na pia.



- **Sódio metálico:** Usar luvas adequadas. Utilizar agitador magnético, funil de adição, condensador e manta de aquecimento. Num balão de três bocas adicionar pequenos pedaços de sódio metálico sob atmosfera de nitrogênio. Adicionar, gota a gota, etanol 95% (13 mL por grama de sódio). Iniciar a agitação após certa quantidade de etanol ter sido adicionada. Manter sob refluxo até todo sódio ser dissolvido. Adicionar um certo volume de água aquecida e deixar mais um tempo sob refluxo. Neutralizar a solução resultante com ácido sulfúrico e descartar na pia.

