

Lodos originados do pré-tratamento de águas residuárias das indústrias da Região Metropolitana de São Paulo

Paulo Roberto Borges (1)

Resumo

Apresenta, com base em levantamentos das características quali-quantitativas dos efluentes líquidos industriais e aplicação de cálculos estequiométricos, uma estimativa da quantidade de lodos de pré-tratamentos gerados com a implantação de um programa de controle da poluição por efluentes líquidos industriais na Região Metropolitana de São Paulo (RMS). Atualmente a quantidade de resíduos sólidos de origem industrial na RMSP é de aproximadamente 4.400 t/dia, dos quais registram-se apenas 2.000 t/dia com disposição final em aterros sanitários controlados. Estima-se, com a implantação de pré-tratamentos nos efluentes líquidos de 500 representativas indústrias da região, um acréscimo na quantidade destes resíduos da ordem de 125 t/dia, dos quais 8,2 t/dia apresentam-se com metais pesados e/ou tóxicos. Este trabalho quantifica, classifica e apresenta soluções para o tratamento e a disposição final destes resíduos, recomendando medidas que possibilitem o controle do sistema adotado como solução para o problema na RMSP.

1 Introdução

O problema da poluição industrial tem despertado a atenção de grande parte dos técnicos da área de saneamento ambiental no mundo inteiro.

A maioria dos grandes centros urbanos, notadamente no Brasil, apresenta um crescimento industrial fora de qualquer planejamento urbano, sendo a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) um exemplo típico desta situação.

A condição atual da poluição industrial nesta região requer ações de controle que vão desde a necessidade de mudança de local do estabelecimento industrial e/ou do seu processo de fabricação, até a exigências de tratamento completo ou pré-tratamento dos resíduos líquidos industriais para lançamento em corpos d'água ou em sistemas públicos de esgotos.^{2, 19}

(1) Engenheiro Civil, Chefe do Depto. de Controle de Programas da Diretoria de Operação da Região Metropolitana de São Paulo — Sabesp.

A implantação de pré-tratamentos ou tratamentos completos nas indústrias visa separar dos efluentes industriais na fase líquida, os sólidos sedimentáveis ou em suspensão, gorduras, óleos e graxas, metais pesados e substâncias tóxicas, considerados indesejáveis para o reaproveitamento da água no processo industrial, ou para o seu lançamento nos corpos d'água ou nos sistemas públicos de esgotos.

Isto gera, como consequência, um outro tipo de resíduo conhecido como "lodos de pré-tratamentos", que igualmente necessitam de controle e fiscalização quanto ao seu armazenamento, tratamento e disposição final.

Estes lodos de pré-tratamentos, apesar do alto teor de água neles contido, são considerados como resíduos sólidos industriais e, como tal, devem ser enquadrados nas diretrizes estabelecidas pelos órgãos de controle de poluição para estes tipos de resíduos.

A Environmental Protection Agency (EPA), órgão de controle do meio ambiente dos Estados Unidos, considera os lodos de sistemas de tratamentos como um tipo de resíduo sólido conforme se depreende da definição a seguir: resíduo sólido é qualquer lixo, refugo, lodo ou outro despejo (sólido, líquido, semi-sólido ou contido em material gasoso) resultante de operações industriais, comerciais, mineração ou agricultura, ou de atividades comunitárias em que: 1 — é descartado ou está sendo acumulado, armazenado ou tratado, física, química ou biologicamente antes de ser descartado, ou 2 — após ter sido utilizado como matéria-prima, é algumas vezes descartado ou 3 — é um subproduto industrial ou de mina, sendo algumas vezes descartado.²⁸

Para a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), estes lodos são considerados como resíduos sólidos industriais, uma vez que se enquadram na condição de resíduos sólidos, semi-sólidos e líquidos resultantes do processo industrial e que, por suas características peculiares, não podem ser lançados na rede de esgotos ou em corpos d'água e não são passíveis de tratamento pelos métodos convencionais.⁵

Com relação às suas características os lodos de pré-tratamentos podem

ou não apresentar condições de toxicidade.

Os lodos não tóxicos são aqueles que, sob determinadas condições, podem ser lançados no sistema público de esgotos ou serem dispostos junto ao lodo, digerido ou não, das estações de tratamento. Exemplos destes lodos são os originados de cervejaria, indústrias alimentícias, matadouros, entre outros.^{3, 16}

Com base nos constituintes quali-quantitativos dos lodos, a EPA considera como resíduos danosos (Hazardous Wastes) ou lodos tóxicos, os provenientes de tratamentos de efluentes líquidos e/ou originados do processamento industrial das indústrias de preservação de madeira, pigmentos inorgânicos, pesticidas, refinarias, curtumes, ferro e aço, destacando-se notadamente as indústrias de galvanoplastia.²⁴

Segundo a Cetesb, lodos tóxicos são aqueles que requerem cuidados especiais quanto à coleta, acondicionamento, transporte e destinação final, por apresentar substancial periculosidade, real ou potencial, à saúde humana ou aos organismos vivos e por se caracterizar pela lealidade, não degradabilidade e pelos efeitos cumulativos adversos. A Cetesb considera ainda outras categorias de resíduos de acordo com suas características de biodegradabilidade, combustão e reatividade dos seus componentes.

2 A RMSP e o problema de resíduos sólidos industriais

Situada numa área de 7.950 km², a Região Metropolitana de São Paulo representa 0,08% da área total do país e compreende, além do município de São Paulo, mais 36 municípios, incluindo-se entre eles, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Guarulhos, de vocação nitidamente industrial.

Comportando uma população de 14,5 milhões de pessoas, ela detém o maior parque industrial do país, comportando cerca de 20% de todas as indústrias instaladas no Brasil.¹²

Dados recentes, levantados pela Cetesb⁵, apresentam uma estimativa de

4.400 t/dia de resíduos sólidos industriais na RMSP, dos quais 172 t/dia representam resíduos perigosos.

Dos 36 municípios da região, 23 apresentam soluções de disposição de resíduos sólidos "a céu aberto", sem nenhum controle, estando alguns deles localizados, inclusive, em áreas de proteção de mananciais. Apenas 11 municípios da região utilizam aterros sanitários próprios ou de municípios vizinhos.

Com relação ao município de São Paulo, estima-se em 9.000 t/dia os resíduos urbanos e em 3.600 t/dia os resíduos sólidos industriais. De acordo com a Cetesb⁵, das 4.400 t/dia de resíduos industriais geradas na RMSP, apenas 2.000 t/dia são lançadas em aterros sanitários, sem nenhum controle origem/destino, sendo as restantes 2.400 t/dia dispostas de forma ignorada pelos órgãos de controle de poluição.

O município de São Paulo dispõe atualmente de apenas duas usinas de compostagem, quatro aterros sanitários e três incineradores, tendo sido levantados vinte e nove lixões clandestinos (disposição "a céu aberto" sem nenhum controle), dos quais dez encontram-se localizados em áreas de proteção de mananciais.

3 Metodologia para avaliação do problema

A geração de lodos provenientes de pré-tratamentos industriais está diretamente relacionada com as características dos efluentes líquidos originados no processo de fabricação. Por esta razão, para a análise das características quali-quantitativas dos lodos, foram utilizados os levantamentos referentes a efluentes líquidos industriais, efetuados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), em indústrias localizadas na RMSP, no período de 1977/1980.¹⁸

As indústrias foram classificadas de acordo com os agrupamentos estabelecidos pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹² a saber: materiais não metálicos; metalúrgica; têxtil; produtos alimentícios; química; material elétrico; material de transporte; produtos farmacêuticos; papel e papelão; outros.

Conforme o tipo de atividade, as indústrias destes agrupamentos utilizam, ou não, água no seu processo de fabricação. Esta água, diretamente em contacto com as maquinárias e/ou matérias-primas utilizadas, geram efluentes líquidos com variados tipos e concentrações de poluentes.

O Quadro 1 apresenta os principais poluentes em potencial²⁰, passíveis de

Quadro 1 — Poluentes em potencial por ramo de atividade industrial

ATIVIDADE INDUSTRIAL	POLUENTES																								
	ARSÊNIO	CÁDMIO	CHUMBO	CIANETO	COBRE	CROMO VI	CROMO TOTAL	DBO	DQO	ESTANHO	FENÓIS	FERRO SOLÚVEL	FLUORETO	MERCÚRIO	NÍQUEL	ÓLEOS E GRAXAS	PH	PRATA	RESÍDUO NÃO FILTRÁVEL	RESÍDUO SEDIMENTÁVEL	SELENIO	SULFATO	SULFETO	TEMPERATURA	ZINCO
MATERIAIS NÃO METÁLICOS									○									○	○	○					○
METALÚRGICA			○				○		○	○	○						○	○		○	○			○	○
GALVANOPLASTIA		○	○	○	○	○	○			○						○	○		○	○					○
MECÂNICA			○		○				○	○		○					○	○		○	○				○
MATERIAIS ELÉTRICA E DE COMUNICAÇÃO									○			○							○	○					○
MATERIAL DE TRANSPORTE									○			○						○	○		○				○
MADEIRA									○	○		○							○	○					○
MOBILIÁRIO									○	○									○	○					○
PAPEL E PAPELÃO									○	○									○	○				○	○
BORRACHA									○	○									○	○				○	○
CURTUME							○	○	○										○	○				○	○
QUÍMICA *																									
PRODUTOS FARMACÊUTICOS E VETERINÁRIO									○	○									○	○					○
PERFUMARIA, SABÕES E VELAS									○	○									○	○					○
MATERIAIS PLÁSTICOS									○	○									○	○					○
TEXTIL									○	○									○	○				○	○
VESTUÁRIO, CALÇADOS E ARTEFATOS TECIDOS									○	○									○	○					○
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS									○	○									○	○					○
BEBIDAS									○	○									○	○					○
FUMO									○	○									○	○					○
EDITORIAL E GRÁFICA									○	○									○	○					○
DIVERSOS									○	○		○							○	○					○
CONSTRUÇÃO									○										○	○					○

* CONSIDERAR CASO A CASO, DE ACORDO COM AS MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS.

ser encontrados nos diversos ramos de atividades industriais dos agrupamentos estabelecidos pelo IBGE.

Para a realização do levantamento foram relacionadas as indústrias da Região Metropolitana que potencialmente poderiam utilizar água no processo de fabricação. O universo destas indústrias foi obtido através do cruzamento das seguintes informações:

— Relação de indústrias inventariadas no período de 1966/1967 pela firma de engenharia Hazen and Sawyer, para elaboração do projeto do sistema de esgotos da RMSP.¹⁰

— Relação de indústrias do cadastro de grandes consumidores da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.¹³

— Relação de indústrias inventariadas pela Cetesb, para o controle de poluição atmosférica.

— Listagem da Secretaria da Fazenda contendo os maiores contribuintes do Imposto de Circulação de Mercadorias (ICM) da região.

Deste cruzamento foram selecionadas 2.200 indústrias para vistoria pela Cetesb/Sabesp onde, através de aplicação de questionários, foram obtidas, entre outras, as seguintes informações: número de funcionários; jornada de trabalho na produção; quantidade e tipo de matérias-primas utilizadas; quantidade e tipo de produtos acabados; forma de abastecimento de água; tipos de resíduos líquidos gerados, suas características e disposição final; perda de água no processo de fabricação, entre outras.¹⁹

Descartados os estabelecimentos que não processavam água na fabricação dos seus produtos, chegou-se a um número de 1.600 indústrias que, seguramente, apresentavam problemas de poluição através dos seus efluentes líquidos.

Igualmente foram selecionadas 500 representativas indústrias, entre as 1.600, para coletas de amostras e análises de laboratório de seus efluentes. Os parâmetros poluidores analisados foram escolhidos de acordo com as matérias-primas processadas nos estabelecimentos e levando-se em conta as informações contidas no Quadro n.º 1.²⁰

As amostras para as análises de laboratório foram obtidas em campanhas que levaram em conta a jornada de trabalho da indústria, a diversidade de fabricação dos seus produtos e a forma de descarte dos seus efluentes líquidos (sistema de esgotos ou corpos d'água). Foram realizadas amostras compostas por diversas alíquotas, coletadas de conformidade com o tipo de processo industrial e em períodos de tempo nunca superiores a uma hora. Para determinados parâmetros, tais como pH; temperatura; resíduos sedimentáveis, foram efetuadas coletas simples com determinações imediatas. Para os metais pesados e tóxicos, tais como cromo, ferro solúvel, cianeto, sulfetos, sulfatos, óleos e graxas etc., foram utilizadas amostras compostas de acordo com os critérios acima expostos. As campanhas foram realizadas em dias aleatórios, de meses aleatórios, resguardadas as condições de sazonalidade das indústrias, quando existiam.

Com base nas informações obtidas e a fim de se avaliar os tipos de pré-tratamentos necessários aos diversos ramos de atividades industriais, foram elaborados novos agrupamentos, definidos a partir dos tipos de indústrias que apresentavam semelhança quanto às características dos seus efluentes líquidos e que, portanto, requeriam métodos semelhantes de pré-tratamentos.⁷

Com a caracterização quali-quantitativa dos resíduos líquidos das 500 indústrias mais representativas, partiu-se para a determinação do lodo que estes efluentes poderiam gerar com a implantação de pré-tratamentos.

Para esta determinação ficou estabelecido que o abatimento dos poluentes nos efluentes líquidos industriais deveria obedecer aos padrões estabelecidos pela legislação em vigor, para lançamento de efluentes no sistema público de esgotos. Assim, a quantidade de poluentes a serem removidos e que, portanto, significavam lodos gerados, foram limitados pelos parâmetros apresentados no Decreto-lei Estadual n.º 15.425 de julho/80 (este Decreto modificou e complementou o dis-

posto no Decreto-lei n.º 8.468 de setembro/76).^{21, 22}

Estabelecido até quanto os poluentes seriam abatidos, estimou-se as taxas de produção de lodo com base nas estimativas de vazões e nos dados de análises de sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, metais pesados e tóxicos, das indústrias caracterizadas conforme já mencionado.

Para a estimativa da quantidade de lodos, quanto à sua forma de obtenção, foram estabelecidas as classes de lodos primários (sedimentação plena) e de lodos químicos.

Na classe de lodos primários estão aqueles cuja obtenção se dá naturalmente por sedimentação, ou flotação, da parte do material sólido em suspensão, sem a utilização de produtos químicos.

Na classe de lodos químicos estão aqueles cuja obtenção se dá com o auxílio de produtos químicos, destinados a provocar a sedimentação ou flotação de substâncias em suspensão, dissolvidas ou em estado coloidal. Este processo, por exemplo, é utilizado na remoção de metais pesados ou na quebra de emulsões de óleos solúveis de origem mineral e vegetal.

A estimativa para a quantidade de lodos primários foi feita a partir de dados referentes às análises de sólidos sedimentáveis realizadas nas 500 indústrias. Como os resultados foram obtidos em ml/l, considerou-se a densidade igual a um para a massa sedimentada no período de uma hora em cone Imhoff e teor de água de 98%, obtendo-se com isto a produção em massa de lodo.

A estimativa para a quantidade de lodos químicos foi obtida separando-se os materiais considerados oleosos e os considerados metálicos.

Os lodos químicos oleosos foram estimados por meio de balanço de material com base em dados obtidos a partir das análises efetuadas nas indústrias caracterizadas, procedendo-se à determinação da quantidade de sólidos produzida com a quebra da emulsão oleosa. Considerou-se uma emulsão oleosa preparada a 3% em peso (formulação encontrada, por exemplo, em óleos comerciais) e estabeleceu-se que o consumo de reagentes (floculantes e polímeros) é de cerca de 25% da concentração de óleos e graxas, de acordo com dados obtidos em testes de laboratório.⁸ Foi considerado ainda que 90% dos sólidos formados com esta quebra de emulsão iriam se precipitar (significando que 30g/l de óleos e graxas, por exemplo, produziram 34 g/l de sólidos, ou seja, um lodo a 3,4%).

Os lodos químicos metálicos foram estimados com base em cálculos estequiométricos e com base em resultados de ensaios de laboratório (jar-test).

O cálculo estequiométrico oferece apenas a quantidade de hidróxidos metálicos produzidos por cada metal. Não são considerados, portanto, a parcela de sólidos gerados com a adição de reagentes, nem com a precipitação, por ação do floculante, de outros sólidos ou outros tipos de metais não determinados, em suspensão ou dissolvidos, originariamente presentes no efluente.

As reações, utilizadas para os cálculos, previram a aplicação da soda cáustica (NaOH) como reagente, de acordo com a prática normalmente utilizada e tecnicamente aceita nos pré-tratamentos que utilizam este processo para abater os poluentes dos seus efluentes industriais.^{3, 16} A rigor, estas equações estequiométricas pressupõem que todo o metal se constituirá sob a forma de lodo o que não ocorre na realidade face ao grau de eficiência dos pré-tratamentos e ainda pelo fato de que a operação destes pré-tratamentos é feita assumindo-se a condição da presença de resíduos sedimentáveis, metais e tóxicos no efluente final tratado, conforme permite e estabelece a legislação em vigor. Em condições reais, deverá haver uma maior quantidade de lodo, uma vez que os cálculos estequiométricos levaram em conta os poluentes constantes nas exigências estabelecidas pela legislação em vigor,²² enquanto que na situação real são precipitados, sob a forma de lodo, diversos outros tipos de elementos que se encontram no efluente líquido industrial. Para avaliar o efeito deste comportamento, igualmente foram realizados ensaios de "jar-test" procedidos em amostras de 20 indústrias representativas que processam metais, localizadas na RMSP.⁴ Estes estudos foram solicitados à Cetesb com o objetivo de se ter um comportamento real dos efluentes, em termos de geração de lodo, quando submetidos a pré-tratamentos.

Procedeu-se a uma comparação entre o "jar-test" para as 20 indústrias relacionadas e os cálculos estequiométricos para estas mesmas indústrias com o objetivo de se verificar as condições técnicas e práticas do método utilizado para a estimativa da quantidade de lodo gerado.

Com base nos resultados obtidos de acordo com a metodologia anteriormente exposta, procurou-se estabelecer duas grandes categorias para efeito de uma avaliação mais global do problema:

- categoria de lodos metálicos
- categoria de lodos não metálicos

— Como lodos metálicos consideraram-se os lodos primários e os lodos químicos das indústrias dos ramos de atividades metalúrgicas, mecânicas, material elétrico e de comunicação,

material de transporte e editorial e gráfica, por apresentarem comprovadamente metais pesados. Para os outros ramos de atividades, foram considerados lodos apenas os obtidos por via química.

— Como lodos não metálicos foram considerados os lodos oleosos das atividades acima referidas e a soma dos lodos primários e oleosos para as demais atividades.

4 As alternativas para o controle da poluição industrial e a geração de resíduos sólidos

Para o controle da poluição por resíduos líquidos industriais na RMSP, são consideradas as seguintes alternativas:

- a — mudança de local do estabelecimento industrial e/ou de seu processo de fabricação
- b — tratamento completo dos resíduos líquidos para posterior lançamento nos corpos d'água
- c — pré-tratamento dos resíduos líquidos, quando necessário e lançamento dos efluentes no sistema público de esgotos.

A adoção de qualquer das três últimas alternativas acima apresentadas gera, em maior ou menor quantidade, os resíduos sólidos objeto dos estudos desenvolvidos neste trabalho.

Enfocando especificamente a geração de resíduos sólidos oriundos de pré-tratamentos, o Quadro 2 apresenta as características dos resíduos sólidos gerados de acordo com a classificação das indústrias por ramos de atividades.^{16, 18} Estes resíduos analisados conforme sua condição de degradabilidade, presença de metais e/ou tóxicos e presença de materiais flutuantes e/ou óleos e graxas, apresentaram-se de acordo com as seguintes categorias:

1 — **Resíduos biodegradáveis**, geralmente oriundos de indústrias que processam matéria orgânica de origem vegetal ou animal.

Os resíduos sólidos desta natureza assemelham-se aos lodos gerados nas estações de tratamento público de esgotos, uma vez que apresentam semelhança com os dos esgotos de origem doméstica. Podem ocorrer eventuais contaminações por força de reagentes químicos aplicados no processo industrial. Quando isto ocorre estes resíduos têm que ser enquadrados noutras categorias.³

Das indústrias constantes do Quadro 2, as de bebidas e de produtos alimentícios, por exemplo, apresentam resíduos biodegradáveis não contaminados.³

Quadro 2 — Características dos resíduos sólidos gerados por categorias industriais

CLASSIFICAÇÃO POR RAMO DE ATIVIDADE	NECESSIDADE PRÉ-TRATAMENTOS		RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS				
	USUAL	EXCEPCIONAL	DEGRABILIDADE			PRESENÇA DE	
			FORTE	FRACO	INERTE	METAIS TÓXICOS	MATERIAIS FLUTUANTE E ÓLEOS E GRAXAS
MATERIAIS NÃO METÁLICOS	-	X	-	-	X	-	-
METALÚRGICA	X	-	-	-	X	X	X
MECÂNICA	X	-	-	-	X	X	X
MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÃO	X	-	-	-	-	X	-
MATERIAL DE TRANSPORTE	X	-	-	-	X	X	X
MADEIRA	-	X	-	X	-	-	-
MOBILIÁRIO .MADEIRA .METAL	-	-	-	-	-	-	-
PAPEL E PAPELÃO	X	-	-	X	-	X*	-
BORRACHA	-	X	-	X	-	-	-
COURO, PELES E SIMILARES	X	-	X	-	-	X	-
QUÍMICA	X	-	-	X	X	X	X
FARMACÊUTICA E VETERINÁRIA	X	-	X	X	X	-	-
PERFUMARIA, SABÃO, VELAS	X	-	-	X	X	-	X
MATERIAIS PLÁSTICOS .EXTRUSÃO .ACABAMENTO	-	-	-	-	-	-	-
TEXTIL	X	-	-	X	-	-	-
VESTUÁRIO, CALÇADOS E ARTEFATOS DE TECIDO	-	-	-	-	-	-	-
PRODUTO ALIMENTÍCIO	X	-	X	-	-	-	-
BEBIDAS	X	-	X	-	-	-	-
FUMO	-	X	X	-	-	-	-
EDITORIAL E GRÁFICA	-	X	-	-	-	X	-
DIVERSOS	-	-	-	-	-	-	-

(*) COM CELULOSE

Outras indústrias do Quadro 2 como as de couros, peles e similares ou indústrias farmacêuticas e veterinárias são dos tipos que geram resíduos contaminados.^{3, 16}

Estes resíduos contaminados, porém biodegradáveis, merecem tratamento diferenciado pela complexidade de sua constituição ou pela contaminação química. Um exemplo típico da contaminação destes resíduos é o efluente proveniente de curtumes que utilizam cromo nos seus processos produtivos.

2 — **Resíduos relativamente biodegradáveis**, oriundos de indústrias que processam substâncias orgânicas relativamente estáveis na forma natural ou sintética. Estes resíduos podem não sofrer contaminação, como os das indústrias de borracha, papel e papelão (dependendo do processo e da natureza da matéria-prima).

Outros tipos de indústrias podem apresentar resíduos contaminados, devendo ser enquadradas em outras categorias, a exemplo de indústrias que processam celulose.^{3, 16}

3 — **Resíduos contendo metais pesados e/ou tóxicos**, oriundos de indústrias metalúrgica, mecânica, material elétrico e de transportes, entre outras. Eles podem igualmente conter grandes concentrações de resíduos sedimentáveis compostos de limalhas, aparas de metais, entre outros. Estes resíduos são provenientes de galvanoplastias que trabalham com tratamento e acabamento de superfícies de metais, utilizando processos químicos e/ou eletroquímicos, através de banhos sucessivos de alto potencial poluidor. Alguns destes resíduos merecem especial atenção pela presença de cianetos metálicos, encontrados nos processos de neutralização, ou em mistura com

os precipitados de carbonato de cálcio e hidróxidos metálicos, ou ainda, originados de: complexos de ferro-cianetos ou de níquel (não oxidáveis pela utilização do cloro); hidróxidos e sais básicos (existentes nos resíduos provenientes de processos que utilizam cobre, zinco, níquel, cádmio, chumbo, cromo, alumínio e outros metais); cálcio insolúvel (oriundo de processo de têmperas, onde um dos principais produtos é o carbonato de cálcio).^{6, 16}

4 — **Resíduos com teores de óleos e graxas**, geralmente oriundos de substâncias retidas por absorção nas superfícies tenso-ativas de hidróxidos de sais básicos, podendo ser de natureza orgânica ou inorgânica. Os materiais orgânicos podem ser óleos, graxas, aditivos utilizados em processos eletrolíticos.^{3, 16}

5 — **Resíduos inertes**, provenientes de indústrias de materiais não metálicos (extração e tratamento de minerais). Um exemplo típico destes resíduos é o proveniente de indústrias de vidro. Os pré-tratamentos existentes são à base de decantação, resultando materiais geralmente pedregosos (areias, cacos, outros). Estes materiais podem comprometer a capacidade hidráulica da rede, bem como dificultar o tratamento público de esgotos.²⁰ Pela sua característica de inertes, eles não causam muita preocupação porque podem ser depositados sem maiores cuidados, em aterros ou em terrenos nas imediações das indústrias.

A classificação dos resíduos sólidos apresentada da forma exposta anteriormente tem a finalidade de estabelecer quais os tipos de solução para o seu armazenamento, tratamento e disposição final.

É sabido que existem inúmeras possibilidades de combinações de produtos nas diversas atividades industriais, dificultando a segregação dos tipos de lodos por composições semelhantes. Esta tarefa entretanto não é de toda difícil pois a maioria dos estabelecimentos industriais já fazem esta segregação por origens de seus efluentes ao longo do processo industrial, facilitando assim uma geração seletiva quanto à sua composição.²⁰

Um aspecto relevante e já mencionado no início deste trabalho refere-se à geração de resíduos sólidos industriais mesmo em indústrias que não utilizam água nos seus processos de fabricação, e que, portanto, não geram efluentes líquidos industriais. Igualmente são geradoras de resíduos aquelas indústrias que, utilizando água no seu processo, optaram pela sua recirculação, reduzindo ao máximo a geração de efluentes líquidos.

Por esta razão e dentro do escopo deste trabalho o Quadro 3 apresenta, de acordo com os ramos de atividades do IBGE, a expectativa de geração de resíduos, independente da existência ou não de pré-tratamentos nos estabelecimentos industriais.²⁰

Quadro 3 — Geração de resíduos sólidos por ramos de atividades, independente de existência ou não de pré-tratamento industrial.

RAMO DE ATIVIDADE	PRODUZEM EM SEUS PROCESSOS RESÍDUOS SEMELHANTES A LODOS DE PRÉ-TRATAMENTOS		
	NÃO	EM QUANTIDADE REDUZIDA	EM BOA QUANTIDADE
MATERIAIS NÃO METÁLICOS	—	X	—
METALÚRGICA	—	—	X
MECÂNICA	—	X	—
MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÃO	—	X	—
MATERIAL DE TRANSPORTE	—	X	—
MADEIRA	X	—	—
MOBILIÁRIO			
— MADEIRA	X	—	—
— METAL	—	X	—
PAPEL E PAPELÃO	—	X*	X**
BORRACHA	X	—	—
COURO, PELES E SIMILARES	—	—	X
QUÍMICA	—	X	X
FARMACÊUTICA E VETERINÁRIA	—	X	—
PERFUMARIA, VELAS, SABÃO	—	X	X
MATERIAIS PLÁSTICOS			
— EXTRUSÃO	X	—	—
— ACABAMENTO	—	X	—
TEXTIL	—	X	—
VESTUÁRIO, CALÇADOS E ARTEFATOS DE TECIDO	X	—	—
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	X	—	—
BEBIDAS	X	—	—
FUMO	—	X	—
EDITORIAL E GRÁFICA	—	X	—
DIVERSOS	—	—	—

(*) SEM CELULOSE

(**) COM CELULOSE

tência ou não de pré-tratamentos nos estabelecimentos industriais.²⁰

Esta abordagem é considerada importante porque dá uma idéia da magnitude do problema evidenciando, desta forma, a necessidade de controle, independentemente da implantação de programas relativos às exigências de pré-tratamentos de efluentes industriais. Este aspecto do problema já vem sendo tratado pela Cetesb, com ações em curso visando ao controle deste tipo de poluição.

5 Os efeitos nocivos dos poluentes industriais

Substâncias orgânicas ou minerais podem inibir as atividades biológicas dos sistemas de tratamento de esgotos, criando problemas operacionais para o processo de lodos ativados.¹⁴ Oriundas preponderantemente dos efluentes industriais, elas podem influenciar na qualidade do efluente, na estabilização dos lodos produzidos nos pro-

cessos biológicos e no reaproveitamento dos lodos e dos gases produzidos na digestão anaeróbia.^{1, 17, 23} Isto se verifica devido às variações acen tuadas de cargas orgânicas ou pela presença de inibidores inorgânicos no afluente do tratamento, com possibilidade de serem tóxicos com relação ao processo orgânico (estabilização da matéria orgânica por atividades biológicas).^{9, 15}

Com relação ao tratamento anaeróbio, os metais pesados, entre outros inibidores, apresentam efeitos nefastos sobre as bactérias responsáveis por este tipo de tratamento.^{15, 17, 23}

Experiência realizada em São Paulo demonstrou a influência de elevadas concentrações de metais pesados e cianetos na digestão anaeróbia de lodos de esgotos.²³ Foram avaliadas as consequências da operação de digestores com lodos praticamente sem presença de tóxicos (lodos tipicamente domésticos) até o ponto em que as concentrações de tóxicos simultaneamente presentes nos lodos em digestão apresentaram valores limites de ocorrência de colapso total do processo de tratamento. Para digestão à temperatura de 29°C, verificou-se variação na remoção de sólidos voláteis, que acusou uma queda na eficiência de 62% para 48%. Igualmente a produção de gás sofreu variações de 1,03 para 0,73 litro de gás produzido por grama de sólidos voláteis consumida. Vale salientar que, por esta experiência, chegou-se a valores limites para inibição total do processo de 202 mg Zn/l; 32 mgNi/l; 183 mgCr/l; 133 mg Cu/l; 2.506 mgFe/l e 21 mgCN⁻/l.²³

Um dos aspectos relevantes, quando se preconiza a necessidade de pré-tratamento nas indústrias para eliminar os poluentes nocivos ao sistema, é que estes poluentes poderão comprometer a utilização de subprodutos gerados a partir do tratamento dos esgotos na fase sólida.^{11, 25}

A utilização do gás de esgoto para fins automotivos é um exemplo. Conforme foi evidenciado anteriormente, a presença de inibidores provenientes de efluentes industriais pode reduzir a produção destes gases em aproximadamente 30%.²³

Um outro tipo de utilização atualmente muito difundida é a do lodo das estações de tratamento como fertilizante organomineral. O lodo de esgoto, além de uma fonte de matéria orgânica, pode ser uma fonte de macro e micronutrientes para o solo. Considerando que a produção nacional de nitrogênio, fósforo e potássio (relação NPK) é insuficiente face à demanda nacional, este subproduto do tratamento dos esgotos passa a ser importante no futuro próximo. Para permitir a utilização destes fertilizantes organominerais na lavoura, faz-se necessário que o excesso de metais como

zinco, cádmio, cobre, boro, níquel entre outros, não seja levado aos solos agriculturáveis, pois este pode causar baixo rendimento das culturas ou pode ser nocivo à saúde pela sua entrada na cadeia alimentar.

O Quadro 4 apresenta informações extraídas de experiência feita em Wisconsin - Estados Unidos, referentes à incorporação de metais pesados em culturas onde foram utilizadas diferentes misturas de solo natural com adubos originados de lodos de Estação de Tratamento de Esgotos, contendo metais pesados.¹¹

O Quadro 5 apresenta os teores de metais pesados encontrados nos lodos das Estações de Tratamento a nível primário de Pinheiros e de Vila Leopoldina, localizados no município de São Paulo.⁷

6 Resultados dos levantamentos efetuados na RMSP

Aplicando-se a metodologia apresentada no capítulo 3, que estabelece duas grandes categorias de lodos, em

termos de sua natureza, chegou-se a uma quantidade de 116,8 t/dia de lodos não metálicos e 8,2 t/dia de lodos metálicos, totalizando a geração de aproximadamente 125 t/dia de sólidos secos provenientes do pré-tratamentos em 500 representativas indústrias da RMSP.

Com relação aos metais pesados, o Quadro 6 apresenta uma distribuição percentual de hidróxidos metálicos nos lodos de pré-tratamentos onde o zinco é o principal constituinte.

O Quadro 7 apresenta as quantidades encontradas por tipo de metal.

Os dados estimativos da geração de lodos, obtidos a partir das 500 indústrias analisadas, não foram projetados para o restante das 1.600 indústrias localizadas na Região Metropolitana de São Paulo e que apresentam resíduos líquidos industriais oriundos dos seus processos de fabricação. Este procedimento é justificado pelo fato de ter sido intenção deste trabalho levantar o problema de geração dos resíduos de pré-tratamentos com base em determinações de laboratório efetivamente realizadas nos efluentes analisados.

Quadro 4 — Concentração de metais pesados em adubos provenientes de lodos e em tecidos de plantas

MATERIAL	PERCENTAGEM DE MISTURA COM O SOLO NATURAL (%)	METAIS PESADOS (mg/kg)			
		CÁDMIO	CROMO	NÍQUEL	CHUMBO
ADUBO	—	111,9	799,6	321,2	638,6
BETERRABA	100	14,5	11,3	101,3	51,8
	75	11,0	5,9	75,6	35,9
	50	8,1	7,1	67,7	30,0
	0	1,6	2,7	78,5	31,0
MILHO (TODA A PLANTA)	100	31,5	54,3	29,0	57,4
	75	15,9	24,8	17,2	56,2
	50	12,1	19,7	14,9	52,1
	0	2,3	5,6	11,3	28,1
FEIJÃO (TODA A PLANTA)	100	1,8	7,2	15,6	42,6
	75	1,3	5,2	6,6	19,8
	50	1,0	3,8	13,4	23,8
	0	0,3	2,0	9,1	25,4
GRAMA	100	67,5	625,0	162,1	280,0
	75	42,5	540,0	92,7	208,5
	50	17,1	186,5	45,2	80,2
	0	1,7	13,2	10,8	18,5

Quadro 5 — Metais pesados encontrados nos lodos de esgotos de estações de tratamento em São Paulo

ELEMENTO	AMPLITUDE (mg/kg)	
	LEOPOLDINA	PINHEIROS
ZINCO	1400 — 2000	200 — 5400
CROMO HEXAVALENTE	0	0
CÁDMIO	3400 — 10000	40 — 4500
NÍQUEL	40 — 2150	0 — 5000
CHUMBO	140 — 177000	0 — 3150
COBRE	70 — 3500	30 — 2470

NOTA: DETERMINAÇÕES REALIZADAS EM LODO SECO

PARÂMETROS ENCONTRADOS	Nº DE INDÚSTRIAS	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIAS
ZINCO	158	31,6
FERRO	99	19,8
NÍQUEL	96	19,2
CROMO TOTAL	82	16,4
COBRE	42	8,4
CHUMBO	16	3,2
MERCÚRIO	4	0,8
CÁDMIO	2	0,4
ESTANHO	1	0,2
TOTAL	500	100,0

Quadro 6 — Ocorrência de hidróxidos metálicos nos lodos de pré-tratamento em 500 indústrias da Região Metropolitana de São Paulo

PARÂMETROS	CARGA POLUIDORA (kg/dia)
ZINCO	2539,7
FERRO	1522,8
NÍQUEL	1462,3
CROMO TOTAL	1380,7
COBRE	793,7
CHUMBO	343,2
MERCÚRIO	64,8
CÁDMIO	7,5
ESTANHO	32,0
TOTAL	8117,9

Quadro 7 — Estimativa da quantidade de metais pesados no lodo de pré-tratamento de 500 indústrias da Região Metropolitana de São Paulo — Cálculo estequiométrico

O Quadro 8 apresenta informações dos ensaios de laboratório pelo método de "jar-test", em 20 das 500 indústrias já mencionadas, desta vez selecionadas pelas suas condições de pequeno, médio e grande porte e de representatividade quanto à utilização de metais pesados nos seus processos de fabricação.^{4, 8, 20}

Verifica-se que a quantidade real de lodo produzido através de reação de precipitação de metais tende a ser maior do que o obtido através de cálculos teóricos, justificado não só pelo fato de eventual possibilidade de precipitação de outras substâncias presentes no efluente, como, também, pela incorporação do próprio reagente no lodo.

Desta forma, em termos práticos, a quantidade de lodo gerada na região tende a ser maior que a apresentada neste trabalho.

7 Soluções para o problema

A solução para tratar e dispor o lodo gerado nos pré-tratamentos das indústrias depende naturalmente da característica destes lodos em termos de sua composição e da maior ou menor periculosidade com relação à sua exposição no meio ambiente.²⁵

Existem lodos que, pela natureza dos seus componentes e pelas suas características, poderão e até deverão sofrer tratamento físico-químico antes de sua disposição final.^{25, 26}

Outros tipos de lodos deverão ser incinerados dada a existência de componentes tóxicos e, portanto, nocivos a uma disposição no meio ambiente.^{25, 26}

Finalmente existem lodos passíveis de disposição final sem pré-condicionamentos. Os lodos a serem submetidos a tratamento físico-químico são os do tipo metálico, com concentrações em peso na faixa dos 4% de sólidos, de predominância inorgânica bem co-

Quadro 8 — Quantidades de lodos obtidas com ensaios de laboratório (jar-test) e por cálculos estequiométricos em 20 indústrias da Região Metropolitana de São Paulo

INDÚSTRIAS	QUANTIDADE DE METAIS NO EFLUENTE LÍQUIDO (mg/l)	QUANTIDADE DE METAIS NO LODO	
		CÁLCULO ESTEQUIOMÉTRICO(mg/l)	ENSAIO DE LABORATÓRIO(mg/l)
01	64,8	103,2	354,9
02	11,3	22,4	427,5
03	1650,0	2675,7	14239,0
04	11,2	17,0	426,3
05	3491,0	5306,0	11176,3
06	1500,0	2250,0	2186,6
07	520,0	790,0	760,0
08	58,7	89,2	12734,2
09	23,1	43,0	755,2
10	18,9	23,3	622,1
11	14,2	21,9	245,2
12	3,8	5,8	1423,9
13	27,5	47,4	612,8
14	43,4	70,4	794,6
15	12,5	17,4	408,2
16	0,10	0,13	236,1
17	2,5	4,4	3256,4
18	92,8	173,8	495,0
19	0,38	0,75	—
20	16,7	27,3	—
TOTAL	7562,8	11719,0	51154,3

mo lodos oleosos e/ou emulsões de óleos minerais solúveis. Nestes tipos de lodos poderão estar presente teores de cianetos e de cromo hexavalente.

Experiência internacional, principalmente dos Estados Unidos e da Alemanha preconiza a necessidade de incineração para certos tipos de lodos. Estes seriam incinerados juntamente com outros resíduos tóxicos industriais na condição de sólidos, líquidos ou pastosos, dada a sua impossibilidade de disposição final por outros métodos. Estes tipos de lodos são de natureza predominantemente orgânica e que não podem ser lançados no sistema de esgotos face a suas características tóxicas. São lodos geralmente originados de indústrias têxteis, farmacêuticas, pesticidas agrícolas e refinarias, onde poderão estar presentes alcatrão, material betuminoso, asfalto, breus, solventes não clorados ou solúveis em água, fenol, álcool, óleos vegetais, gorduras animais, entre outros.^{25, 26, 27}

Os lodos que poderão seguir diretamente para disposição final sem tratamento prévio são essencialmente os desidratados em equipamentos mecânicos de secagem ou por secagem natural, podendo apresentar características metálicas ou não desde que atendam às exigências para disposição final, a serem estabelecidas pelos órgãos competentes de controle e operação dos locais preconizados para disposição. A concentração média, em peso, destes lodos, deverá estar na faixa de 35% de sólidos.^{8, 25}

Verifica-se que, para a adoção de qualquer das três possibilidades anteriormente apresentadas para o tratamento e/ou disposição final dos lodos, o armazenamento e transporte destes materiais são fatores primordiais, de vez que estes lodos, via de regra, serão encaminhados para locais fora dos terrenos das indústrias, sendo necessário que este traslado seja feito de forma segura e econômica.

Sobre este aspecto, o teor de umidade do lodo gerado é um dos pontos principais para garantir um armazenamento e transporte seguro e econômico. Geralmente os lodos de pré-tratamentos apresentam 90% de água na sua composição, fato este significativo para os custos dos serviços de traslado.

Com relação à facilidade de redução do teor de água verifica-se que os lodos se apresentam com fácil, relativa facilidade, ou difícil redução do seu teor de água.

De acordo com seu grau de facilidade na redução do teor de água, os lodos passam por processos de espessamento, de centrifugação ou filtração ou, ainda, por processos térmicos e de secagem.^{16, 26}

Com base no acima exposto, pode-

rão ser dadas as seguintes soluções para o problema dos lodos gerados na Região Metropolitana de São Paulo:

1 — Encaminhamento às estações de tratamento público de esgotos em operação, ou a serem construídas e posterior lançamento em aterros sanitários ou utilização como adubo.

2 — Encaminhamento para estações de tratamento físico-químicas de lodos a serem construídas e posterior lançamento em aterros sanitários ou químicos.

3 — Encaminhamento para disposição em aterros sanitários com ou sem precauções especiais.

4 — Encaminhamento para disposição em aterros químicos.

5 — Aproveitamento como matéria-prima em usinas de compostagem de lixo das prefeituras.

6 — Encaminhamento para incineradores a serem construídos para esta finalidade.

7 — Reaproveitamento pelas indústrias.

A Figura 1 apresenta de forma esquemática as alternativas para o tratamento e a disposição final dos lodos gerados, devendo-se levar em consideração o que segue:

1 — Para as estações de tratamento público de esgotos poderão ser encaminhados os lodos desidratados ou não, com sobrecarga de materiais orgânicos não contaminados com substâncias tóxicas e/ou altos teores de metais pesados, devendo apresentar características de biodegradabilidade.

Há de se considerar que esta solução está na dependência da ociosidade dos sistemas públicos de esgotos atualmente em operação ou a serem implantados. Após o tratamento, a solução para o destino final é a utilização deste resíduo, já mineralizado, como matéria-prima para produção de adubos de natureza organomineral, conforme já mencionado anteriormente neste trabalho, ou disposição em aterros sanitários.

2 — Para as estações de tratamento físico-químicas de lodos poderão ser encaminhados os lodos desidratados ou não, que apresentem características de contaminação com substâncias tóxicas e/ou altos teores de metais pesados. Estas estações requerem instalações específicas, para os objetivos a que se propõem, e complexa operacionalização das suas unidades (que se constituem na oxidação, precipitação, neutralização, recuperação, quebra de emulsão, eventual incineração ou encapsulamento dos resíduos sólidos provenientes das indústrias).²⁶

A implantação destas estações requer cuidados especiais quanto à sua localização e à fiscalização dos seus serviços, por lidar eventualmente com produtos nocivos e de alta periculosidade. Esta solução é bastante comum

nos Estados Unidos e na Europa e geralmente se destina a atender às indústrias consorciadas no empreendimento, com administração regida em forma de condomínio.²⁷

Uma solução que merece atenção é a técnica de encapsulamento de resíduos altamente tóxicos, que possibilita sua disposição nos aterros sanitários. Trata-se de limitar a possibilidade de substâncias potencialmente tóxicas serem lixiviadas, através de um envolvimento dos resíduos por material de duração permanente e de forma hermeticamente fechada. Os materiais envolventes podem ser concreto, asfalto moldado ou plástico (polietileno, por exemplo).²⁶

3 — Para disposição direta em aterros sanitários construídos com ou sem precauções especiais, poderão ser encaminhados os lodos de preferência desidratados, de natureza biodegradável ou de lenta degradação, devendo ainda conter baixos teores de metais pesados ou tóxicos.²⁴

Estes resíduos irão sofrer transformações em função de reações biológicas, tanto de natureza aeróbia, como anaeróbia, sendo os metais pesados parcialmente absorvidos nos materiais depositados, ou transformados nas suas composições, em substâncias não solúveis.

As precauções necessárias para que esta solução atenda às pretensões desejadas referem-se à preparação do terreno, com drenagem adequada, utilização de material permeável para a cobertura dos depósitos e com solução previamente estabelecida para os líquidos percolados durante o processo.²⁶ Estes aterros poderão ser idênticos aos construídos para receber o lixo urbano. A Prefeitura Municipal de São Paulo já dispõe deste sistema na região metropolitana, com larga experiência operacional, inclusive com utilização de biogás nos ônibus da CMTC-Companhia Metropolitana de Transportes Coletivos.

Sob o aspecto sanitário, esta solução não apresenta maiores riscos com relação ao meio ambiente e ainda, apresenta a vantagem da utilização do gás gerado como energia alternativa.

4 — Para disposição em aterros químicos poderão ser encaminhados os resíduos industriais sólidos ou pastosos contaminados. Estes aterros devem ser construídos em base impermeável com sistemas de drenagem de líquidos e materiais adequados para a cobertura dos depósitos e necessitam de um cuidadoso esquema de fiscalização e controle, a exemplo de estações de tratamento físico-químico de lodos, devendo-se prever, inclusive, um pré-tratamento dos líquidos gerados no processo.²⁷

Uma variante desta solução é o tratamento de certos tipos de lodos através da disposição no solo, denominado

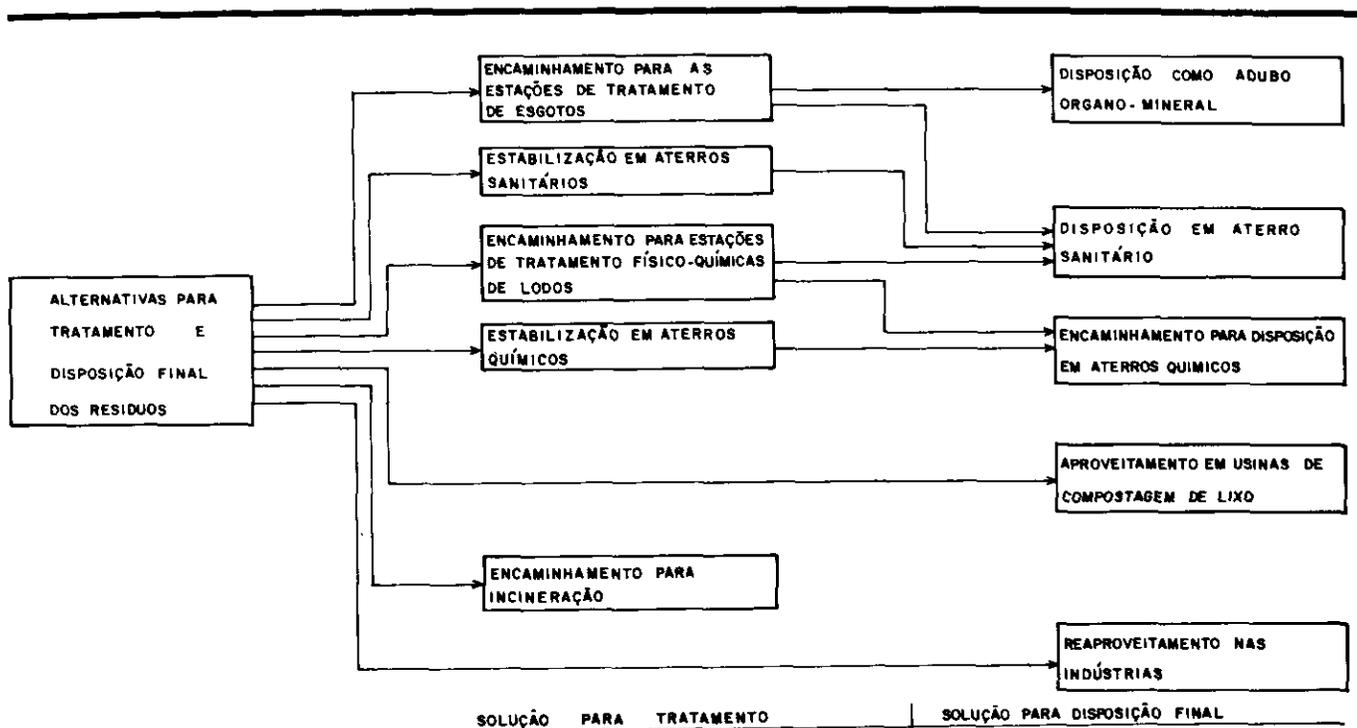


Figura 1 — Alternativas para tratamento e disposição final dos lodos na Região Metropolitana de São Paulo

"Landfarming". Este processo utiliza a ação dos microrganismos existentes no local de disposição que, sob controle físico-químico, aceleram o processo de mineralização dos lodos. Esta técnica já vem sendo utilizada com sucesso pela Petrobrás para o tratamento e a disposição da borra oleosa proveniente do processamento de petróleo.

5 — Para aproveitamento em usinas de compostagem de lixo poderão ser encaminhados os lodos desidratados de natureza biodegradável.²⁴

Estes lodos servirão para enriquecer os teores de orgânicos no material de compostagem, melhorando a qualidade do produto a ser utilizado como adubo.

6 — Para incineração serão encaminhados os resíduos de alta periculosidade, que não podem ser dispostos nos aterros químicos. Conforme já mencionado anteriormente, os locais para estes incineradores deverão ser escolhidos levando-se em conta os riscos provocados pela formação de gases de combustão. Uma técnica recomendada é a instalação destas unidades nas estações de tratamentos físico-químicas de lodos industriais, conforme já mencionado na solução 2.²⁶

7 — O reaproveitamento pelas indústrias de alguns dos resíduos sólidos oriundos de pré-tratamentos é

uma técnica recomendável, sendo necessário para tanto um sistema de informações e depósitos para o conhecimento e a utilização das indústrias que eventualmente necessitem destes materiais. No Rio de Janeiro e em São Paulo já existem Bancos de Resíduos Sólidos que dispõem de toda uma infra-estrutura para informar e controlar o uso destes materiais entre indústrias.

Um exemplo disto na Região Metropolitana de São Paulo é o das Indústrias do Complexo Eletrocloro, que dispõe, como resíduo industrial, do cloreto de sódio, produto este que é matéria-prima de indústrias como a Nitroquímica. Acertos quanto ao esquema de acondicionamento e transporte, com rigoroso sistema de controle, tornam esta solução muito viável.

Apresentam-se no Quadro 9 soluções para tratamento e disposição final dos resíduos provenientes de indústrias de acordo com os ramos de atividades do IBGE.^{20,27} Um outro aspecto de importância para o tratamento e o destino final dos resíduos sólidos, é o relativo aos cuidados necessários quanto à fiscalização e ao controle destes serviços. É de se considerar que estarão circulando no perímetro urbano substâncias cujo potencial de risco para a população é, via de regra,

elevado e sua disposição final, sem controle, poderá representar graves problemas com relação à preservação do meio ambiente.

A Cetesb é o órgão encarregado para controlar estas atividades, tendo efetuado um levantamento do potencial de produção de resíduos sólidos industriais e estabelecido as bases para uma política de resíduos sólidos para a Região Metropolitana de São Paulo.

Um controle sistemático para o transporte, tratamento e destino final dos lodos é de grande importância, pelo que deverá ser implantado um sistema de monitoramento dos serviços, desde a fonte geradora até o destino final dos lodos, envolvendo atividade de fiscalização e controle das características dos resíduos através de análises periódicas de laboratório, de vistorias nos locais de armazenamento e na documentação específica quanto à natureza e tipo de transporte utilizado. A prática deste controle já é largamente adotada nos Estados Unidos e na Alemanha.

A exemplo do sistema utilizado pelo Distrito Metropolitano Sanitário da Grande Chicago, a Sabesp vem recebendo e tratando lodos industriais biodegradáveis de algumas indústrias da Região Metropolitana de São Paulo, com adoção de uma sistemática que

Quadro 9 — Destino possível dos lodos de pré-tratamentos

RAMO DE ATIVIDADE	A. SANITARIO		APROVEITAMENTO EM USINA COM-POSTAGEM	A. QUIMICO		INCLINERACÃO
	S/CAUIDADOS ESPECIAIS	C/CAUIDADOS ESPECIAIS		S/PRETRATAMENTO	C/PRETRATAMENTO	
MATERIAIS NÃO METÁLICOS	X	—	—	—	—	—
METALÚRGICA	—	X	—	X	X	X
MECÂNICA	—	X	—	X	X	X
MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÃO	—	X	—	X	X	X
MATERIAL DE TRANSPORTE	—	X	—	X	X	X
MADEIRA	—	X	—	X	X	X
MOBILIÁRIO						
— MADEIRA	X	—	X	—	—	—
— METAL	—	X	—	X	X	X
PAPEL E PAPELÃO	X*	X**	—	X**	—	—
BORRACHA	—	X	—	—	—	X
COUROS, PELES E SIMILARES	—	X	—	—	—	X
QUÍMICA	—	X	—	X	X	X
FARMACÊUTICA E VETERINÁRIA	—	X	—	X	X	X
PERFUMARIA, VELAS, SABÃO	X	—	—	—	—	X
MATERIAIS PLÁSTICOS						
— EXTRUSÃO	X	—	—	—	—	—
— ACABAMENTO	—	X	—	X	—	—
TEXTIL	—	X	—	X	X	X
VESTUÁRIO, CALÇADOS E ARTEFATOS DE TECIDO	X	—	—	—	—	—
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	X	—	X	—	—	—
BEBIDAS	X	—	X	—	—	—
FUMO	X	—	X	—	—	—
EDITORIAL E GRÁFICA	—	X	—	X	X	X
DIVERSOS	—	—	—	—	—	—

(*) SEM CELULOSE

(**) COM CELULOSE

possibilita o controle origem/destino do lodo.

Para o perfeito funcionamento do sistema apresentamos algumas diretrizes que possibilitam o conhecimento e o controle das características dos lodos gerados, através de análises de laboratórios. Três tipos de determinações fazem-se necessárias:

Determinações completas: destinadas à investigação para um conhecimento inicial do lodo gerado e consequentemente para que seja estabelecida sua classificação em termos do tratamento e do destino final a serem adotados. Recomendam-se as seguintes análises completas, de acordo com as condições de umidade do lodo:

— amostra original: verificar aparência; cheiro; comportamento na secagem; ponto de fulgor; pH; percentual de umidade; análise dos vapores emanados; reatividade com água, ácidos e soluções cáusticas; toxidez; oxidabilidade com $KMnO_4$; fração fermentável e análises térmicas.

— amostra desidratada: verificar composição / decomposição físico-química; conteúdo orgânico; teor de carbono, nitrogênio e hidrogênio; material volátil; capacidade calorífica.

Determinações especiais de parâmetros específicos: destinadas a tipos de lodos gerados em atividades consagradas com o propósito de se quantificar os elementos integrantes, tais como solubilidade em água e conteúdo de metais pesados. Recomendam-se as seguintes análises: metais pesados solúveis em água; cianeto remanescente em lodos galvânicos; teor de umidade; componentes orgânicos tóxicos e persistentes; solubilidade em água de componentes orgânicos; hidrocarbonetos clorados e compostos orgânicos voláteis.

Determinações rápidas: destinadas ao controle diário para o transporte e tratamento do lodo. Recomendam-se as seguintes análises: cheiro e aparência; consistência (líquido, sólido ou pastoso); teor de umidade; presença de fenóis e óleos; determinação do pH e dos teores de cianetos, sulfetos e cromo.

8 Conclusões e recomendações

● A Região Metropolitana se depara com um grande problema que é a geração de resíduos sólidos industriais provenientes dos processos de fabricação. Estima-se em 4.400 t/dia a quantidade destes resíduos, das quais 172 t/dia são resíduos perigosos, constituídos de elementos ou substâncias que necessariamente precisam de controle quanto ao seu manuseio e transporte, como também quanto à sua disposição final.

● Não existem, atualmente, condições adequadas para o tratamento e a disposição final de todos os resíduos sólidos industriais gerados. Dos 36 municípios da região, 23 têm seus resíduos dispostos "a céu aberto" e ape-

nas 11 utilizam aterros sanitários controlados.

● Apesar dos esforços mantidos pelos órgãos que controlam a poluição, não existem procedimentos definitivamente consagrados e em prática que possam equacionar os problemas gerados com a disposição dos resíduos industriais da Região Metropolitana de São Paulo. Da quantidade de resíduos acima referida, apenas 2.000 t/dia são lançadas em aterros controlados.

● Com a implantação de sistemas de coleta e tratamento público de esgotos na Região Metropolitana de São Paulo, este problema tende a se agravar pelo fato de que será necessário pôr em prática exigências de controle de poluição por efluentes líquidos industriais, já previstas em legislações, gerando, em decorrência, lodos de pré-tratamentos que necessitam, igualmente, de controle.

● Estima-se em 125 t/dia a quantidade de sólidos gerados apenas com implantação de pré-tratamentos em 500 indústrias representativas da Região Metropolitana de São Paulo e, desta quantidade, 8,2 t/dia são resíduos contendo metais pesados e/ou tóxicos.

● Faz-se necessária a implantação de sistemas adequados para tratamento, disposição final e controle origem/destino dos resíduos sólidos gerados na RMSP.

● Recomenda-se

1 — que o Governo do Estado, desde já, se preocupe com o problema da geração de resíduos sólidos provenientes de pré-tratamentos industriais, procedendo à atualização dos dados existentes e, a partir deles, inicie os trabalhos de infra-estrutura que o assunto requer, construindo ou incentivando a construção e operação de unidades que possibilitem o tratamento e a disposição final adequada para os resíduos gerados;

2 — que sejam dadas soluções através de estudos, seminários e troca de informações com outros países, para os seguintes aspectos: melhoria da tecnologia existente, tornando-a economicamente aplicável para reciclagem dos resíduos sólidos industriais; proposição de modificação de processos, visando à minimização de geração de resíduos; criação de linhas de créditos e fundos, para implantação de sistemas de tratamento e disposição dos resíduos sólidos; estabelecimento de responsabilidades jurídicas, administrativas e financeiras, para os casos de danos que os estabelecimentos industriais venham a causar ao meio ambiente; estabelecimento e implantação

de uma política e de uma legislação específica a nível federal, para apoiar as ações dos Estados e Municípios e, finalmente, incentivo às ações que possibilitem a participação comunitária nas discussões e nos empreendimentos do setor.

3 — que seja criada uma entidade nacional para o controle de resíduos sólidos industriais com o respaldo de organizações nacionais e internacionais ligadas ao assunto.

9 Referências bibliográficas

- BARTH, E. F., et al "Summary Report on the Effects of Heavy on the Biological Treatment Process" Journal Water Pollution Control Federation n.º 37, Washington D.C. 1965, págs. 86/70
- BORGES, P. R., "Pré-condicionamento e Lançamento de Resíduos Industriais em Sistemas de Esgotos como Alternativa de Controle de Poluição Hídrica" — 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental — Camboriú, Brasil. 1983
- BRAILE, P. M. e Cavalcanti, J.E.W.A. "Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais". CETESB, São Paulo, Brasil. 1979
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, "Avaliação da Redução de Carga de Metais nos Efluentes Industriais Metalúrgicos do ABC". Relatório n.º 1 - ICPA. CETESB. São Paulo, Brasil. 1980
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. SAP - Superintendência de Apoio ao Controle de Poluição Ambiental. São Paulo, Brasil. 1985
- DOWNING, A. L. "Selected Subjects in Waste Treatment". International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering. Delft, Netherlands. 1975.
- ECOPAM - Engenheiros Consultores em Poluição Ambiental S/C Ltda. "Caracterização de Águas Residuárias Industriais". SABESP - Volumes I e II. São Paulo, Brasil. 1982
- ECOPAM - Engenheiros Consultores em Poluição Ambiental S/C Ltda. "Estudos de Lodos Provenientes de Pré-tratamentos nas Indústrias da RMSP. SABESP, Volume II. São Paulo, Brasil. 1982
- GOLDSTEIN E. G., et al. "Avaliação da Toxicidade dos Principais Despejos Industriais da Região da ERQ Suzano através de Ensaio Biológicos". Revista DAE n.º 132. São Paulo, Brasil. 1983. págs. 42/48
- HAZEN and SAWYER. "Report on Sewage Disposal". DAE, São Paulo, Brasil. 1967
- HUANG, J. Y. C., "Market Potential for Sludge Compost Product". Journal of Environmental Engineering, Volume 112, n.º 3, Washington D.C. 1986, págs 454/67
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Censo Industrial Brasileiro". IBGE, Rio de Janeiro, Brasil, 1980
- IESA, Internacional Engenharia S/A, "Estudo de Mercado de Grandes Consumidores". SABESP. São Paulo, Brasil, 1979
- METCALF and Eddy Inc. "Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse." Mc Graw-Hill. New Delhi, India, 1979
- MOSEY, F. E., et al. "Factors Affecting the Availability of Heavy Metals to Inhibit Anaerobic Digestion". Journal Water Pollution Control n.º 70. Washington D. C., 1971, págs. 599/603
- NEMEROY, N. L. "Liquid Waste of Industry Theories, Practices and Treatment". Addison-Wesley Publishing Company Inc. Philippines, 1972
- PASSOS, A. C. C. "Heavy Metals Toxicity to the Anaerobic Digestion Process". Thesis - Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Austin. Texas. United States, 1985
- SABESP/CETESB — "Levantamento Industrial das Fontes de Poluição das Águas na RMSP". SABESP. São Paulo, Brasil, 1977/80
- SABESP — Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - "Desenvolvimento de um Programa para o Recebimento de Efluentes Industriais da RMSP no Sistema de Esgotos". Revista DAE n.º 119. São Paulo, Brasil, 1979.
- SABESP — Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo — "Inventário das Fontes de Poluição Industrial da RMSP". SABESP. DEI - Departamento de Efluentes Industriais São Paulo, Brasil, 1981.
- São Paulo — "Decreto Estadual n.º 8.468 de setembro de 1976". Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil, 09-9-1976, págs 4/18
- São Paulo — "Decreto Estadual n.º 15.425 de julho de 1980". Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil, 24-07-1980, pag. 23.
- SOUZA, M. E. de — "Influência Simultânea de Elevadas Concentrações de Metais Pesados e Cianetos na Digestão Anaeróbia de Lodos de Esgotos". Revista DAE n.º 138 Volume 44. São Paulo, Brasil, 1984, págs. 221/33
- U.S. Environmental Protection Agency. "Municipal Sludge Management - Environmental Factors". Proposed Technical Bulletin. Washington D.C., 1976
- U.S. Environmental Protection Agency. "Sludge Treatment and Disposal". EPA 625/4-78-012. Washington D.C., 1978.
- U.S. Environmental Protection Agency. "Process Design Manual of Sludge Treatment and Disposal". EPA 625/1-79-011. Washington D.C., 1979
- U.S. Environmental Protection Agency "Manual of Practice: The Disposal of Combined Municipal/Industrial Wastewater Residues." EPA 600/2-79-052. Washington D.C., 1979
- U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR Part 260 - Federal Register vol. 45 n.º 981. Washington D. C., 1980