

CETESB	<b>RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS</b> <b>TRATAMENTO NO SOLO</b> Procedimento	L10.101 MAR/88
--------	--	-------------------

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Documentos complementares.....	1
3 Definições.....	1
4 Condições gerais.....	2
5 Condições específicas.....	10
6 Inspeção.....	11

## 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para tratamento de resíduos sólidos industriais no solo.

1.2 Esta Norma se aplica, na íntegra, ao tratamento no solo de resíduos Classe I (ver NBR 10 004) e borras oleosas em geral. Fica a critério do órgão estadual do meio ambiente (CETESB) definir as condições exigíveis para o tratamento dos demais resíduos.

## 2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:  
NBR 10 004 - Resíduos sólidos - Classificação

## 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.9.

### 3.1 Administrador da instalação

Pessoa, órgão ou empresa responsável técnica e administrativamente pelo funcionamento da instalação.

### 3.2 Chuva de pico de 25 anos

Precipitação de maior intensidade com período de recorrência de 25 anos.

### 3.3 Lisímetro de sucção

Equipamento destinado a amostrar a solução que percola e lixivia a través do perfil do solo, na zona não saturada.

### 3.4 Plano de encerramento

Descrição dos procedimentos a serem realizados por ocasião do encerramento das atividades da instalação, tais como:

- a) medidas que irão promover a desativação;
- b) operações de manutenção que serão observadas após o encerramento;
- c) estimativas da qualidade e da quantidade dos resíduos dispostos até a data do encerramento; e
- d) usos do local após o término das operações.

### 3.5 Resíduo perigoso

Conforme definição constante da NBR 10 004.

### 3.6 Solo testemunha

Terreno com características semelhantes às da zona de tratamento antes desta haver recebido despejos de qualquer natureza.

### 3.7 Zona não saturada

Porção do perfil cujo volume de poros preenchidos por água é menor que o volume total de poros.

### 3.8 Zona saturada

Porção do perfil cujos poros estão totalmente preenchidos por água.

### 3.9 Zona de tratamento

Parte da zona não saturada abaixo da superfície do solo, inclusive esta, na qual se pretende manter as condições necessárias para que efetivamente se processe a degradação, transformação ou imobilização dos constituintes perigosos.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS

### 4.1 Critérios para localização da unidade de tratamento

4.1.1 O local destinado ao tratamento de resíduos no solo deve ser tal que:

- a) o impacto ambiental causado pela instalação da unidade seja o menor possível;
- b) a instalação seja bem aceita pela população;
- c) esteja de acordo com a lei de zoneamento da região.

4.1.2 Para a avaliação da adequabilidade do local devem ser feitas algumas considerações técnicas, a saber:

- a) topografia - é característica importante, que poderá possibilitar a melhor aplicação do resíduo e redução da velocidade de escoamento superficial das águas contaminadas. Recomendam-se locais com declividades inferiores a 5%;
- b) solos e geologia - a seleção da área para instalação da unidade de tratamento deve basear-se nas características

pedológicas e geológicas locais, a fim de assegurar a atenuação de poluentes;

- c) recursos hídricos - na localização da unidade de tratamento, deve-se considerar o uso das águas superficiais e subterrâneas. Áreas que favoreçam a alteração da qualidade dessas águas não devem ser utilizadas. A unidade não deve também ser instalada em áreas sujeitas a inundações em períodos de recorrência de 100 anos e a uma distância mínima de 200 metros de qualquer coleção hídrica ou curso d'água; a critério do órgão estadual de controle ambiental (CETESB), essa distância poderá ser alterada;
- d) vegetação - o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que esta pode atuar favoravelmente, reduzindo as proporções do fenômeno de erosão, da formação de poeira e da propagação de odores;
- e) vias de acesso - têm evidente importância no projeto, uma vez que serão utilizadas durante toda a operação;
- f) distância a núcleos populacionais - deve ser avaliada a partir dos limites da área útil da unidade de tratamento.

#### 4.2 Demonstração de tratabilidade dos resíduos

4.2.1 Deverá ser demonstrado que os resíduos podem ser completamente degradados, transformados ou imobilizados na zona de tratamento.

4.2.2 Essa demonstração poderá ser efetuada através de dados disponíveis na literatura comprovados por ensaios e análises de laboratório, ensaios de campo ou, no caso de unidades já existentes, dados de operação.

4.2.3 Quaisquer ensaios de campo ou de laboratório efetuados para fins de demonstração devem:

- a) simular exatamente as características e condições de operação para a unidade de tratamento proposta, incluindo:
  - características do resíduo;
  - características do solo da zona de tratamento;
  - clima do local;
  - topografia do local; e
  - práticas de operação a serem adotadas na unidade;
- b) ser capaz de provar que os constituintes do resíduo a ser ensaiado serão completamente degradados, transformados ou imobilizados na zona de tratamento da unidade proposta; e

- c) ser efetuado de maneira a proteger a saúde humana e o meio ambiente, considerando:
- as características do resíduo a ser ensaiado;
  - as medidas de operação e monitoramento tomadas durante o ensaio;
  - a duração do ensaio;
  - o volume de resíduo empregado no ensaio;
  - no caso de ensaios de campo, o potencial de migração de constituintes perigosos para as águas subterrâneas e su per f ic i a i s.

#### 4.3 Programa de tratamento

4.3.1 O administrador da instalação deve estabelecer um programa de operação da unidade de tratamento que assegure degradação, transformação e/ou imobilização dos constituintes perigosos dispostos na zona de tratamento.

4.3.2 O programa de tratamento deve definir:

- a) os resíduos tratáveis na unidade, segundo demonstração prescrita em 4.2;
- b) as medidas de projeto e práticas de operação necessárias para atingir a máxima eficiência na zona de tratamento;
- c) prescrições sobre monitoramento da zona não saturada.

4.3.3 Os constituintes perigosos que se supõe existirem nos resíduos, especialmente os contidos na listagem nº 4 da NBR 10 004, devem ser degradados e/ou imobilizados na zona de tratamento, assim como os eventuais produtos perigosos de sua degradação.

4.3.4 A profundidade máxima da zona de tratamento, medida a partir da superfície original, não deve ser maior que 1,5 m.

4.3.5 O nível inferior da zona de tratamento deve situar-se a mais de 1,5 m acima do nível sazonal mais elevado do lençol freático.

#### 4.4 Requisitos de projeto e operação

4.4.1 O administrador deve projetar, construir, operar e fazer a manutenção da unidade para elevar ao máximo a degradação, a transformação e a imobilização de constituintes na zona de tratamento, respeitando todas as condições de projeto e operação utilizadas na demonstração de tratabilidade dos resíduos (ver 4.2).

4.4.2 A operação da unidade de tratamento deve obedecer, no mínimo, às seguintes condições pré-estabelecidas:

- a) taxa, frequência e método de aplicação do resíduo à zona de tratamento;
- b) medidas de controle do pH do solo;
- c) manejo adequado do solo para otimizar parâmetros ambientais que controlam as reações microbiológicas e químicas (p.ex.: fertilização, revolvimento da terra);
- d) controle do teor de umidade do resíduo a ser disposto na zona de tratamento;
- e) plano de operação da unidade de tratamento, contendo registro da taxa e frequência de aplicação do resíduo;
- f) plano de inspeção e manutenção da unidade de tratamento, contendo registro das ocorrências.

4.4.3 O administrador deve projetar, construir, operar e fazer a manutenção da zona de tratamento para reduzir ao mínimo os processos de drenagem superficial dos constituintes dos resíduos durante seu tratamento e após o encerramento das atividades no local.

4.4.4 O administrador deve projetar, construir, operar e fazer a manutenção de um sistema de controle capaz de prevenir os efeitos de uma chuva de pico de 25 anos.

4.4.5 As instalações de captação e retenção (p.ex.: tanques ou bacias) do sistema de drenagem de águas contaminadas e não contaminadas devem ser esvaziadas ou controladas prontamente depois das chuvas para manterem a capacidade de operação do sistema.

4.4.6 Se o sistema solo-resíduo da zona de tratamento contiver material particulado que possa estar sujeito a dispersão pelo vento, a administração deverá providenciar o controle dessa dispersão.

4.4.7 O administrador deve inspecionar a unidade a cada aplicação de resíduo e após as chuvas para verificar e registrar a ocorrência de estragos, desempenho imperfeito ou operação inadequada do sistema de drenagem de águas e/ou do sistema de controle de dispersão pelo vento.

4.4.8 No caso de serem constatadas as ocorrências mencionadas em 4.4.7, o administrador deverá tomar todas as medidas cabíveis para solucionar os problemas verificados, no menor tempo possível.

#### 4.5 Registro de operação da unidade de tratamento

4.5.1 A instalação deve possuir um registro de operação que deverá ser mantido até o fim de sua vida útil, incluindo o período de pós-encerramento.

4.5.2 O registro deve conter as seguintes informações:

- a) descrição, quantidade e origem de cada resíduo perigoso recebido e a data de sua aplicação;
- b) indicação do local onde o resíduo foi disposto, bem como sua quantidade e o respectivo número do manifesto, se houver;
- c) taxa e frequência de aplicação;
- d) registro das análises efetuadas nos resíduos;
- e) registro das inspeções realizadas e dos incidentes ocorridos e respectivas datas, assim como os procedimentos adotados para solucionar tais incidentes;
- f) dados referentes ao monitoramento das águas superficiais e subterrâneas;
- g) fatos importantes referentes a equipamentos, movimentação da terra e processamento dos resíduos.

#### 4.6 Monitoramento da zona não saturada

Toda instalação deve dispor de um programa de monitoramento da zona não saturada para cumprir o prescrito de 4.6.1 a 4.6.7.

4.6.1 O administrador deve monitorar o solo e o líquido dos poros do solo para determinar se ocorre migração procedente da zona de tratamento.

4.6.2 O administrador deve instalar um sistema de monitoramento da zona não saturada que inclua o monitoramento do solo, utilizando testemunhos de sondagem e monitoramento do líquido dos poros do solo, utilizando aparelhos tais como lisímetros de sucção. O sistema de monitoramento da zona não saturada deve consistir em um número suficiente de pontos de amostragem em locais e profundidades apropriadas para fornecerem amostras que:

- a) representem a qualidade de fundo do líquido dos poros do solo e a constituição química do solo que não tenha sido afetado por fuga da zona de tratamento; e
- b) indiquem a qualidade do líquido dos poros do solo e a constituição química do solo abaixo da zona de tratamento.

4.6.3 O administrador deve estabelecer um valor de fundo para cada constituinte perigoso a ser monitorado, considerando que:

- a) os valores de fundo do solo devem ser estatisticamente significativos e podem ser baseados em uma amostragem tomada uma única vez em um terreno com características semelhantes às da zona de tratamento;

- b) os valores de fundo do líquido dos poros do solo devem ser estatisticamente significativos e baseados em pelo menos uma amostragem trimestral durante um ano, em um terreno limítrofe com características semelhantes às da zona de tratamento;
- c) todos os valores de fundo devem ser expressos em forma adequada para possibilitar a análise de alterações na concentração dos constituintes monitorados;
- d) ao tomar amostras para a determinação de todos os valores de fundo, o administrador deve empregar todas as técnicas e procedimentos utilizados no sistema de monitoramento da zona não saturada, conforme 4.6.2(a).

4.6.4 O administrador deve realizar o monitoramento do solo e o monitoramento do líquido dos poros do solo imediatamente abaixo da zona de tratamento, tomando em consideração a frequência, a programação e a taxa de aplicação do resíduo. O administrador deve expressar os resultados do monitoramento do solo e do líquido dos poros do solo em forma adequada para a determinação de aumentos estatisticamente significativos, conforme 4.6.6.

4.6.5 O administrador deve adotar procedimentos de amostragem e de análise compatíveis, que assegurem resultados capazes de fornecer uma indicação confiável da qualidade do líquido dos poros do solo e a constituição química do solo abaixo da zona de tratamento. O administrador deve determinar os procedimentos e técnicas adequados para:

- a) coleta de amostras;
- b) preservação e remessa de amostras;
- c) procedimentos analíticos; e
- d) controle dos resíduos confiados à instalação.

4.6.6 O administrador deve, cada vez que realizar o monitoramento do solo e o monitoramento do líquido dos poros do solo, verificar se ocorre variação estatisticamente significativa dos valores de fundo para qualquer constituinte perigoso a ser monitorado, considerando que:

- a) a variação do constituinte a ser monitorado é determinada em relação a seu valor de fundo;
- b) o administrador terá 90 dias para apresentar a interpretação estatística dessa variação;

c) o método a ser utilizado é o de comparação de duas médias, conforme descrição abaixo (estatística t de Student):

- a variância do valor natural será determinada por:

$$S_b^2 = \frac{\sum (X_{bi} - \bar{X}_b)^2}{N_b - 1}$$

onde:

$S_b^2$  = variância do valor natural

$X_{bi}$  = valor de cada amostragem i do parâmetro

$\bar{X}_b$  = média aritmética de todos os valores dispo  
níveis do valor natural

- a estatística  $t$  para todos os parâmetros, com exceção do pH, é definida por:

$$t^* = \frac{\bar{X}_m - \bar{X}_b}{\sqrt{\frac{S_m^2}{N_m} + \frac{S_b^2}{N_b}}}$$

onde:  $\bar{X}_m$  = média aritmética dos valores médios do parâmetro no ponto a ser comparado

$S_m^2$  = variância desses valores (análoga à variância do valor natural)

$N_m$  = número de observações

- o t crítico é calculado por:

$$t_c = \frac{W_b t_b + W_m t_m}{W_b + W_m}$$

onde:

$t_b$  = valor tabelado de t (monocaudal) para  $(N_b - 1)$  graus de liberdade e 0,05 de nível de significância

$t_m$  = valor tabelado de t (monocaudal) para  $(N_m - 1)$  graus de liberdade e 0,05 de nível de significância

$W_b = S_b^2 / N_b$

$W_m = S_m^2 / N_m$

Notas: a) Se  $t^*$  for igual ou maior que  $t_c$ , poder-se-á concluir que houve aumento significativo no parâmetro.

b) Para o parâmetro pH o teste é bicaudal;  $t^*$  é tomada em seu valor absoluto e  $t_c$  calculado para t bicaudal. A comparação é feita da mesma maneira que a anterior.

4.6.7 Se o administrador verificar, de acordo com 4.6.6, que está ocorrendo um aumento estatisticamente significativo de constituintes perigosos abaixo da zona de tratamento, deverá:

- a) notificar essa ocorrência ao órgão a que estiver subordinado, dentro de sete dias. A notificação deverá indicar quais os constituintes perigosos que apresentarem aumentos estatisticamente significativos;
- b) dentro de 90 dias, solicitar permissão ao órgão competente para modificar a prática de operação na instalação, a fim de elevar ao máximo os efeitos favoráveis dos processos de degradação, transformação ou imobilização na zona de tratamento.

#### 4.7 Análise de desempenho do sistema

O administrador deverá enviar ao órgão estadual do meio ambiente (CETESB) um relatório anual contendo:

- a) quantidade de resíduos recebidos, taxa e frequência de aplicação;
- b) análises efetuadas nos resíduos;
- c) dados relativos ao monitoramento das águas superficiais e subterrâneas;
- d) avaliação de desempenho do sistema, com apresentação de dados sobre a acumulação de metais no solo e a capacidade de degradação do solo, no decorrer das aplicações.

#### 4.8 Encerramento da aplicação de resíduos e desativação da unidade

4.8.1 Após o término da aplicação de resíduos, o administrador deve:

- a) continuar todas as operações necessárias para elevar ao máximo a degradação, transformação ou imobilização de constituintes perigosos dentro da zona de tratamento;
- b) continuar todas as operações na zona de tratamento para reduzir ao mínimo os processos de arraste superficial dos constituintes dos resíduos;
- c) manter o sistema de drenagem de águas superficiais não contaminadas;
- d) manter o sistema de drenagem de águas superficiais contaminadas;
- e) controlar a dispersão de resíduos perigosos causada pelo vento;
- f) continuar a respeitar quaisquer proibições ou condições

relativas ao cultivo de produtos agrícolas;

- g) continuar o monitoramento da zona não saturada, exceto o monitoramento de líquido dos poros do solo, que pode ser encerrado 90 dias após a última aplicação de resíduo à zona de tratamento; e
- h) estabelecer uma cobertura vegetal sobre a parte da instalação que estiver sendo encerrada, em uma ocasião tal que essa cobertura não impeça substancialmente a degradação, transformação ou imobilização de constituintes perigosos na zona de tratamento. A cobertura vegetal deve ser capaz de desenvolver-se sem necessidade de grande manutenção.

4.8.2 Após a desativação da unidade, o administrador deve:

- a) manter uma cobertura vegetal sobre as partes encerradas da instalação;
- b) manter o sistema de drenagem de águas superficiais não contaminadas;
- c) manter o sistema de drenagem de águas superficiais contaminadas;
- d) controlar a dispersão de resíduos perigosos pelo vento;
- e) continuar a respeitar quaisquer proibições ou condições relativas ao cultivo de produtos agrícolas;
- f) continuar o monitoramento da zona não saturada;
- g) continuar a avaliar as alterações estatisticamente significativas na concentração dos constituintes monitorados; caso comprovada a alteração, proceder conforme 4.6.7.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Requisitos especiais para resíduos inflamáveis ou reativos

Não se deve aplicar qualquer resíduo inflamável ou reativo à zona de tratamento, a menos que:

- a) seja imediatamente incorporado ao solo de modo que o resíduo, mistura ou dissolução de material resultante deixe de corresponder à definição de resíduo inflamável ou reativo;
- b) seja disposto de modo a ficar protegido contra qualquer material ou condições que possam fazê-lo inflamar-se ou reagir.

### 5.2 Requisitos especiais para resíduos incompatíveis

Não se deve aplicar resíduos incompatíveis entre si ou resíduos e materiais incompatíveis na mesma zona de tratamento.

### 5.3 Requisitos para resíduos perigosos

Os resíduos perigosos F020, F021, F022, F023, F026 e F027 (ver NBR 10 004) não devem ser dispostos em unidades de tratamento no solo.

## 6 INSPEÇÃO

6.1 O administrador deve inspecionar a instalação de modo a identificar e eliminar defeitos e irregularidades que possam interferir negativamente no processo ou causar acidentes prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente.

6.2 Deverá ser estabelecido um plano de inspeção para verificação da integridade de todos os elementos constitutivos da instalação.

RENOVAGAR