

## ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.III-003>

**Simone Costa Pfeiffer (\*), Eraldo Henriques de Carvalho**

\* Doutora em Engenharia Civil, área de Hidráulica e Saneamento, pela USP. Professora associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG). Email: [pfeiffer@ufg.br](mailto:pfeiffer@ufg.br).

### RESUMO

O termo lixiviado compreende o líquido resultante da decomposição da fração orgânica dos resíduos presentes em um aterro sanitário acrescido das águas de chuva que percolam esses resíduos. A coleta e o transporte do lixiviado para o seu tratamento e disposição final ocorre por meio do sistema de drenagem de lixiviados. Caso o sistema não seja adequado, problemas como contaminação do solo e até mesmo o colapso do maciço podem ocorrer. Devido à importância deste sistema, o objetivo do presente trabalho foi revisar os tipos de concepção de sistemas de drenagem de lixiviados de aterros sanitários. Para a compreensão do estado de conhecimento referente a esses sistemas, foi realizada ampla revisão bibliográfica por meio de consultas às bases de dados disponíveis em sites de interesse e em buscadores específicos. Os resultados obtidos indicaram que diferentes concepções de sistemas de drenagem de lixiviado foram utilizadas ao longo do tempo. Atualmente, o sistema de drenagem de lixiviados do tipo espinha de peixe, executado através de uma rede de drenos internos, geralmente constituídos de tubos perfurados preenchidos com brita, é indicado para aterros de pequeno e médio porte. Para aterros de grande porte o sistema mais indicado é do tipo colchão drenante que, embora apresente maior custo, é, também, mais eficiente. Embora parâmetros como distância e declividade dos drenos, no caso dos drenos tipo espinha de peixe, e espessura e granulometria das pedras usadas nos drenos tipo colchão drenante, sejam fundamentais, a norma brasileira em vigor - NBR 13.896 (ABNT, 2017), não indica quaisquer valores de referência para esses e outros parâmetros de interesse.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drenagem de lixiviados, aterro sanitário, estudo de concepção.

### INTRODUÇÃO

A distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários é considerada uma disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010) e seu projeto, construção, operação e monitoração exigem critérios rigorosos, a fim de evitar eventuais acidentes que possam causar danos ambientais e a vidas humanas. Dentre os elementos constituintes de um aterro sanitário, o sistema de drenagem de lixiviado desempenha importante papel para a proteção do meio ambiente e a garantia da estabilidade do aterro.

O sistema de drenagem de lixiviados é construído sobre a camada de impermeabilização inferior (base do aterro) e tem por finalidade coletar e transportar o lixiviado para o seu tratamento e disposição final, além de reduzir a pressão do líquido na base do maciço de resíduos e o potencial de migração deste para o solo.

Caso o sistema de drenagem não seja adequado, o nível do lixiviado pode subir consideravelmente no aterro e ter várias consequências como, por exemplo, a redução da resistência ao cisalhamento dos resíduos o que, por sua vez, pode induzir o colapsamento do maciço (ROWE; YU, 2012). O acúmulo de lixiviado também pode interferir na drenagem dos gases agravando ainda mais o problema.

Uma vez que o risco de contaminação ambiental envolvido pode durar décadas, a concepção e o funcionamento do sistema de drenagem de lixiviado precisam ser criteriosamente avaliados, sendo necessária, inclusive, a previsão de sua vida útil já que esta pode determinar o encerramento do maciço (ROWE; YU, 2010).

### OBJETIVOS

Revisar os tipos de concepção de sistemas de drenagem de lixiviados de aterros sanitários.

### METODOLOGIA

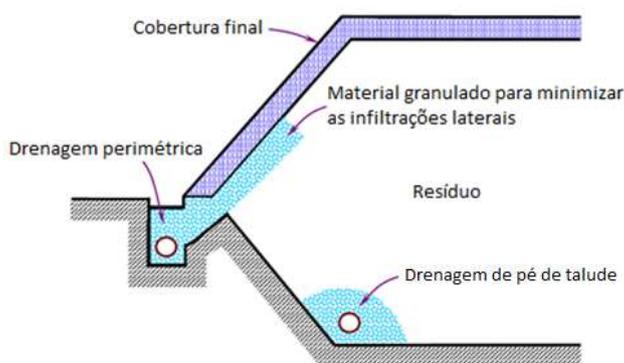
Para a compreensão do estado de conhecimento referente aos sistemas de drenagem de lixiviado, foi realizada ampla revisão bibliográfica por meio de consultas às bases de dados disponíveis em sites de interesse tais como o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e o Domínio Público do

Ministério da Educação (MEC). Foram, também, procuradas publicações em buscadores específicos (Google Scholar e Web of Science, por exemplo), por meio de palavras-chave. Foram buscados trabalhos técnicos nacionais e internacionais, além de normativas de órgãos ambientais de diferentes continentes (América, Europa e Oceania).

## RESULTADOS

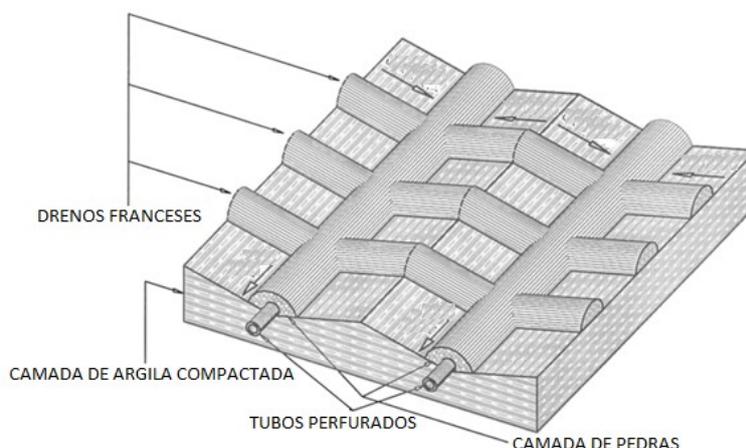
Segundo Rowe (1999 apud ROWE; YU, 2010), várias gerações de sistemas de drenagem de lixiviado foram utilizadas ao longo do tempo. Nos projetos mais antigos, o sistema, quando existente, consistia apenas de drenos perimetrais em torno do aterro, os quais tinham por finalidade coletar o lixiviado vazado através da cobertura final do aterro, controlando muito pouco a migração subsuperficial de contaminantes já que não existia a drenagem de base.

Com a evolução dos parâmetros de projeto dos aterros sanitários, surgiu a “primeira geração” de drenos de base de aterro, a qual envolvia drenos de pé de talude e drenagem perimétrica (Figura 1). Embora esta concepção minimizasse o potencial de migração de contaminantes através das paredes laterais do aterro, ela não era capaz de reduzir, de forma significativa, a quantidade de lixiviado na base do aterro e, portanto, a migração vertical através da mesma (ROWE, 1999 apud ROWE; YU, 2010).



**Figura 1. “Primeira geração” de sistema de drenagem de lixiviado com drenos de base. Fonte: Modificado de Rowe e Yu (2010).**

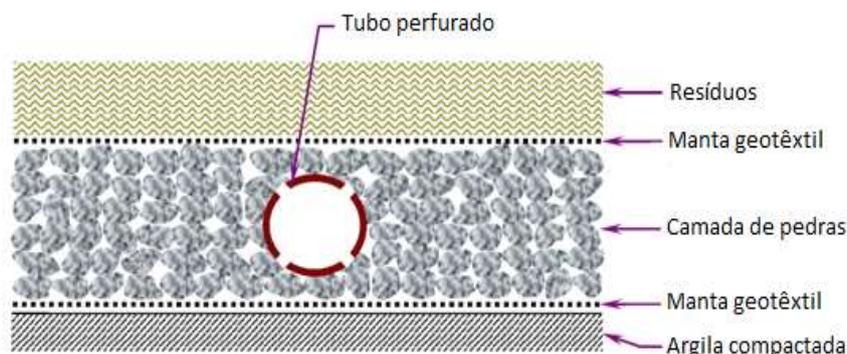
A “segunda geração” envolveu instalações comumente chamadas de drenos franceses, os quais eram compostos por tubulações perfuradas envolvidas por uma camada de pedras, com ou sem cobertura de geotêxtil (FLEMING, ROWE E CULLIMORE, 1999) - Figura 2. Quando vários drenos secundários eram ligados ao dreno principal, eram denominados drenos tipo espinha de peixe devido à configuração característica.



**Figura 2. Planta do sistema de drenagem de lixiviado de “segunda geração” - dreno tipo espinha de peixe. Fonte: Modificado de Fleming, Rowe e Cullimore (1999).**

Embora esses drenos controlassem de forma mais efetiva a infiltração do lixiviado na base do aterro, sua eficácia diminuía rapidamente com o tempo devido a entupimentos (ROWE, 1999 apud ROWE; YU, 2010).

A “terceira geração” (Figura 3), concepção já utilizada em alguns países na década de 1990, consistia em colchão drenante composto por uma camada contínua de pedras envolvendo tubulações perfuradas equidistantes e, frequentemente, com manta geotêxtil entre os resíduos e a camada de pedras (ROWE, 1992 apud ROWE; YU, 2010).



**Figura 3. Seção transversal do sistema de drenagem de lixiviado de “terceira geração” – colchão drenante.**  
**Fonte: Modificado de Rowe e Yu (2010).**

#### **Recomendações técnicas para drenos de lixiviados tipo “espinha de peixe”**

Conforme o Ministério das Cidades (2008), o sistema de drenagem de lixiviados do tipo espinha de peixe é indicado para aterros de pequeno e médio porte. De acordo com Monteiro et al. (2001), esse sistema de drenagem deve ser posicionado acima da camada impermeabilizante inferior do aterro e ser executado através de uma rede de drenos internos, geralmente constituídos de tubos perfurados preenchidos com brita.

Com a seção transversal do dreno calculada, define-se a forma da seção (normalmente retangular ou trapezoidal) e suas dimensões são calculadas. Em drenos escavados em argila (na base) ou na camada de resíduos (drenos intermediários), a largura mínima é, normalmente, de 40 cm (corresponde à largura das conchas de escavação de retroescavadeiras e é também a largura mínima para a descida de um operário na vala) (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008).

De acordo com McIsaac e Rowe (2008), os sistemas de drenagem de lixiviado devem ser projetados e operados de forma que o material de drenagem permaneça insaturado pelo maior tempo possível. Segundo a NBR 13896 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997), o espaçamento entre os drenos deve ser calculado para que a altura da lâmina líquida de lixiviados sobre a base do aterro não ultrapasse a altura máxima desejada - 30 cm. Assim, Monteiro et al. (2001), recomendam que os drenos secundários tenham um espaçamento de 30 m entre eles. Para permitir melhores condições de escoamento dos lixiviados, a declividade dos drenos principais deve ser de, pelo menos, 2% (OBIADEN et al., 2009). Já Rowe e Yu (2012) recomendam uma distância de 50 a 200 m entre eles e declividade mínima de 1%. A recomendação de declividade mínima de 1% para esses drenos é compartilhada por Fleming e Rowe (2004).

É fundamental que o material utilizado para o preenchimento do dreno seja resistente ao resíduo e ao lixiviado, e projetado de forma a não sofrer obstruções (ABNT, 1997; MONTEIRO et al., 2001; VILHENA, 2018). De acordo com o Ministério das Cidades (2008), o material deve ser, preferencialmente, originário de rochas metamórficas (gnaisse) por sua maior resistência, e devem ser utilizadas britas 3, 4 ou 5; no entanto, Rowe e Yu (2012) recomendam a utilização da brita 5. Já para Vilhena (2018) os seixos quartzosos de origem fluvial tendem a ser mais indicados que as britas.

Na Tabela 1 são apresentados de forma resumida os parâmetros de projeto para drenos de lixiviados tipo “espinha de peixe” discutidos anteriormente.

**Tabela 1. Comparação dos parâmetros de projeto para drenos de lixiviados tipo “espinha de peixe” referenciados na literatura técnica. Fonte: Autores do trabalho.**

Parâmetro	Norma brasileira	Literatura técnica brasileira	Literatura técnica internacional
Distância entre drenos principais	NR	NR	50 a 200 m
Distância entre drenos secundários	NR	30 m	NR
Declividade dos drenos principais	NR	≥ 2%	≥ 1%
Declividade dos drenos secundários	NR	≥ 1%	≥ 1%
Granulometria das pedras utilizadas na camada drenante	NR	Britas 3, 4 e 5	Brita 5
Composição química da pedra utilizada na camada drenante	Quimicamente resistente aos resíduos e ao lixiviado	Gnaisses ou seixos quartzosos de origem fluvial	NR
Diâmetro das tubulações perfuradas dos drenos principais	NR	NR	≥ 200 mm

NR – não referenciado.

### Recomendações técnicas para drenos de lixiviados tipo “colchão drenante”

Conforme o Ministério das Cidades (2008), o sistema de drenagem de lixiviados tipo colchão drenante é indicado para aterros de grande porte. Embora apresente maior custo, esta concepção é, também, mais eficiente. Na norma brasileira não há quaisquer especificações para este sistema.

De acordo com Ramke (2008), a legislação alemã estabelece os seguintes critérios para o sistema de drenagem do tipo colchão drenante:

- Possuir permeabilidade  $\leq 1 \times 10^{-3}$  m/s;
- Espessura mínima de 30 cm;
- Granulometria da pedra utilizada entre 1,6 a 3,2 cm;
- Tubulações perfuradas com diâmetro interno  $\geq 300$  mm e espaçamento  $\leq 30$  m;
- Declividade do telhado (superfície do colchão) no sentido das tubulações  $\geq 3\%$ ;
- Declividade da base do colchão  $\geq 1\%$ ;
- O espaçamento entre as tubulações perfuradas deve ser inferior a 30 m, quando a base do aterro tiver forma de telhado, e não exceder 15 m quando a base não tiver esse formato.
- As pedras da camada de drenagem devem ser pré-lavadas para remover os finos;
- Pedras calcárias não devem ser usadas;
- O sistema deve ser inspecionado e limpo regularmente.

No Canadá, o Ministério do Meio Ambiente da província da Colúmbia Britânica (BCME, 2014) estabelece os seguintes requisitos mínimos para o sistema de drenagem:

- Composto por manta contínua de pedras com espessura mínima de 30 cm, e tubulações perfuradas envolvidas por geotêxtil;
- A pedra utilizada deve ter 5,0 cm de diâmetro, um mínimo de finos, e ser quimicamente inerte;
- Um geotêxtil não tecido deve ser colocado em cima da manta PEAD antes da colocação da camada de pedra, a fim de protegê-la contra punção;
- Uma camada filtrante deve ser colocada acima da camada de pedras para manter a separação e minimizar o potencial de penetração de finos presentes nos resíduos;
- As tubulações perfuradas devem ser espaçadas de, no máximo, 15 m e possuir, no mínimo, 150 mm de diâmetro;
- As tubulações principais devem ser instaladas a uma inclinação mínima de 2%;
- Devem ser previstas saídas nas extremidades das tubulações para permitir manutenções preventivas;
- O nível máximo de lixiviado deve ser de 30 cm a partir da base do aterro.

Já as recomendações feitas pela Agência de Proteção Ambiental da Austrália (EPA/AUS, 2016) são as seguintes:

- Espessura mínima do colchão drenante de 30 cm de espessura;
- Tubulações perfuradas flexíveis (normalmente polietileno de alta densidade) com, pelo menos, 150 mm de diâmetro interno, assentadas na base do aterro em intervalos não superiores a 25 m e com declividades longitudinais mínima de 1%. O tamanho, a distribuição e o layout dos orifícios das tubulações devem ser

suficientes para facilitar a entrada e a saída do lixiviado sem entupimento, e capazes de impedir a entrada das pedras e manter a resistência adequada da tubulação;

- A superfície do colchão drenante deve apresentar “formato de telhado” com declividade mínima de 3% no sentido das tubulações perfuradas;
- As pedras da camada de drenagem devem ser granulometricamente uniformes com partículas entre 2,0 e 4,0 cm e quimicamente resistentes ao lixiviado, com teores de carbonato de cálcio inferiores a 8,5% em massa. Além disso, devem ser, preferencialmente, arredondadas e lisas para evitar danos à geomembrana subjacente.

Além dos requisitos já apresentados, a EPA/AUS (2016) recomenda que as tubulações sejam assentadas em uma camada plana de pedras com, no mínimo, 15 cm de espessura e que a condução de máquinas pesadas sobre a camada de drenagem seja evitada após o seu posicionamento.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental da Irlanda (EPA/IRL, 2000), o projeto do sistema de drenagem deve permitir a limpeza das tubulações perfuradas, devendo se observar os seguintes aspectos:

- Tubulações de inspeção e limpeza de, no mínimo, 200 mm de diâmetro;
- Acessos localizados nas principais intersecções ou curvas das tubulações para permitir inspeções e limpeza;
- Válvulas ou outros acessórios para introduzir biocidas e / ou soluções de limpeza.

Na Tabela 2 são apresentados de forma resumida os parâmetros de projeto para drenos de lixiviados tipo “colchão drenante” discutidos anteriormente.

**Tabela 2. Comparação dos parâmetros de projeto para drenos de lixiviados tipo “colchão drenante” referenciados na literatura técnica internacional. Fonte: Autores do trabalho.**

Parâmetro	Literatura técnica internacional
Espessura mínima do colchão drenante	30 cm
Declividade da superfície do colchão	Entre 2% e 3%
Declividade da base do colchão	≥ 1%
Diâmetro das tubulações perfuradas	Entre 150 mm e 300 mm
Espaçamento entre as tubulações	Entre 15 e 30 m
Granulometria das pedras utilizadas	Entre 1,6 e 5 cm
Composição química das pedras utilizadas	Não usar pedras calcárias; Pedras com teores de carbonato de cálcio inferiores a 8,5% em massa

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da metodologia empregada indicaram que, no Brasil, não há referências técnicas para os sistemas de drenagem de lixiviados tipo “colchão drenante”, embora este seja o mais indicado para aterros de grande porte. Mesmo para o sistema tipo “espinha de peixe”, a norma brasileira em vigor - NBR 13.896 (ABNT, 2017), não indica valores de referência para a distância entre os drenos, diâmetro mínimo das tubulações perfuradas, altura mínima e granulometria da camada drenante. A única recomendação da norma é que a altura da lâmina líquida de lixiviados sobre a base do aterro não ultrapasse a altura máxima de 30 cm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 13896 - Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.
2. Brasil. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 10 fev. 2022.
3. Environment Protection Agency, Ireland. **Landfill Manuals - Landfill Site Design**. 2000. Disponível em: [https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA\\_landfill\\_site\\_design\\_guide.pdf](https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA_landfill_site_design_guide.pdf). Acesso em: 23 jun. 2019.
4. Environment Protection Authority, Australia. **Environmental Guidelines Solid waste landfills**. 2016. Disponível em: [https://www.epa.nsw.gov.au/~/\\_media/EPA/Corporate%20Site/resources/waste/solid-waste-landfill-guidelines-160259.ashx](https://www.epa.nsw.gov.au/~/_media/EPA/Corporate%20Site/resources/waste/solid-waste-landfill-guidelines-160259.ashx). Acesso em: 07 jul. 2019.
5. Fleming, I. R.; Rowe, R. K. **Laboratory studies of clogging of landfill leachate collection and drainage systems**. Canadian Geotechnical Journal, v. 41, 2004. p. 134–153.

6. Fleming, I. R.; Rowe, R. K.; Cullimore, D. R. **Field observations of clogging in a landfill leachate collection system.** Canadian Geotechnical Journal, v. 36, 1999. p. 685–707.
7. Ministério das Cidades. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.
8. Monteiro, J. H. P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, IBAM. 2001. 200 p.
9. Obiaden, N. L.; Obiaden, N. T. R.; Barros, K. R. **Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos.** Curitiba: CREA/PR, 2009.
10. Ramke, H. G. Leachate Collection Systems. In: TELEKES, G.; IMRE, E.; WITT, K. J.; RAMKE, H.-G. (Ed.). **Proceedings of the 1st Middle European Conference on Landfill Technology.** Szent István University, Budapest, Hungary, 2008.
11. Rowe, R.K.; Yu, Y. **Factors Affecting the Clogging of Leachate Collection Systems in MSW Landfills.** In: 6th International Congress on Environmental Geotechnics. New Delhi, 2010. p. 3-23.
12. Rowe, R.K.; Yu, Y. **Clogging of finger drain systems in MSW landfills.** *Waste Management.* vol. 32, 2012. p. 2342-2352. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.018>
13. Vilhena, A. **LIXO MUNICIPAL: manual de gerenciamento integrado.** 4. ed. São Paulo, CEMPRE. 2018. Disponível em: [http://cempre.org.br/upload/Lixo\\_Municipal\\_2018.pdf](http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf). Acesso em: 18 mar. 2019.