

William A. Worrel and P. Arne Vesilind - **Solid Waste Engineering** - Second Edition – International System Units - Cengage Learning – USA – 2011 – Library of Congress: 2011920798, ISBN – 13:978143906217-3; ISBN-10:143906217-X – Figures, tables, photos.

Resenha escrita por Heliana Kátia Tavares Campos – Engenheira civil e sanitária, especialista em gestão dos resíduos sólidos urbanos e mestranda do Centro de Desenvolvimento Sustentável da UnB – [kcampos@hotmail.com](mailto:kcampos@hotmail.com)

## **ENSINANDO A ENGENHARIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

William A. Worrel é bacharel e mestre em Engenharia Civil pela Duke University (1976, 1978) com 33 anos de experiência na gestão de resíduos sólidos urbanos e perigosos. P. Arne Vesilind é bacharel e mestre em engenharia civil pela Lehigh University (1962, 1964), mestre e Ph.D em engenharia ambiental pela North Carolina University (1965, 1968) e publicou mais de 20 livros didáticos.

Considerando que Worrel tem grande vivência prática na gestão dos resíduos sólidos urbanos e que Vesilind tem grande vivência acadêmica, o texto é recheado de informações baseadas em pesquisas bibliográficas e em relatos de ações práticas colhidas a partir da vivência na gestão cotidiana dos resíduos. Constitui-se, portanto, em um belo casamento de experiências complementares, dando segurança aos leitores sobre a abordagem de cada assunto. Questões atuais da gestão dos resíduos sólidos são examinadas ao final.

Este livro é dirigido a engenheiro(a)s, trazendo uma abordagem abrangente e atualizada da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Discute as características qualitativas e quantitativas desses resíduos, a coleta em seus diversos modos, o processamento (inclusive os métodos de separação dos materiais), a combustão e recuperação de energia, os processos bioquímicos e os aterros sanitários. Os autores utilizam uma linguagem técnica adequada aos engenheiro(a)s e ilustram os capítulos com fotos, gráficos, desenhos e até mesmo tirinhas de desenhos, visando melhor ilustrar o tema abordado.

O enfoque técnico adotado pelos autores facilita a compreensão do conteúdo. Caracterizado essencialmente como livro didático, tem sido utilizado desde a sua primeira edição em 2002 em cursos de graduação e pós-graduação em “engenharia dos resíduos sólidos” nos EUA. Os autores se propõem, com base na sua ampla experiência, a colaborar para que as decisões relativas ao manejo dos resíduos sólidos sejam tomadas com fundamentos técnicos, baseados em cada realidade local. Buscam instrumentalizar os leitores com as ferramentas que permitem investigar aprofundadamente os problemas e caracterizar as diversas opções de solução. Ao final da leitura, os leitores deverão estar aptos a pensar de forma reflexiva e lógica, identificando tecnicamente os problemas, encontrando as soluções mais adequadas a cada situação identificada e dimensionando-as com as técnicas mais apuradas.

O prefácio busca introduzir a complexidade de que vem se revestindo a gestão dos resíduos sólidos, comparando as barcaças que no final do século XIX lançavam o lixo

coletado em Nova Iorque ao mar, com a barcaça carregada de lixo que, em 1987, vagou por diversos países buscando um porto onde pudesse descarregar resíduos gerados na mesma cidade.

No capítulo I, “Gestão Integrada dos resíduos sólidos”, os autores recuperam a história da geração e do manejo dos resíduos desde as primeiras gerações até as sociedades modernas. Discutem as teorias econômicas que definem as práticas que geram o lixo, de Adam Smith ao Clube de Roma a evolução da legislação norte-americana do “*Rivers and Harbors Act*” de 1899 até os dias atuais assim como a crescente participação dos cidadãos norte-americanos nos programas de coleta seletiva.

Apresentam, os resíduos especiais e a necessidade de se implantar uma gestão integrada com uma abordagem holística, e a perseguição da meta “Lixo Zero”. Nesse sentido, a Agência e Proteção Ambiental norte-americana propôs uma hierarquia na gestão dos resíduos, que se identifica com a propugnada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira. A estratégia sugere uma ordem do mais para o menos desejável: redução da quantidade de resíduos gerados, reutilização dos materiais, reciclagem e recuperação de materiais, combustão para recuperação de energia, e disposição em aterro.

O capítulo II aborda as “Características e quantidades dos resíduos sólidos urbanos”. O texto apresenta as definições, as taxas de geração e a sua composição com base nos materiais e produtos. Apresenta os elementos que facilitam a determinação e a recuperação potencial do lixo: densidade, tamanho das partículas, conteúdo da mistura, valor energético, propriedades mecânicas e biodegradabilidade.

No capítulo III, “Coleta”, os autores apresentam as ferramentas e metodologias para calcular o número de containers, as quantidades e os tipos de equipamentos necessários. e as rotas para a coleta dos resíduos sólidos urbanos. Nesta segunda edição é incluído um estudo sobre a coleta seletiva em containers diferenciados.

O capítulo IV, “Aterros”, apresenta a evolução tecnológica para a implantação e operação de aterros sanitários registradas especialmente na década 2000/2010. São estudadas as equações para o cálculo dos volumes necessários, levando em consideração a compactação dos resíduos, para estimar os volumes do chorume e do gás produzidos, bem como os sistemas para o seu recolhimento e tratamento.

No capítulo V, “Processamento dos resíduos sólidos”, os autores discutem as dificuldades de processamento dos resíduos sólidos urbanos em função da heterogeneidade dos materiais. Ela dificulta a previsão dos tamanhos das frações e dos parâmetros físicos e químicos das partículas a serem processadas. Oferecem ferramentas analíticas que permitem ao leitor(a)/aluno(a) conhecer o desempenho de equipamentos. São apresentadas as tecnologias tradicionais de transporte de materiais, tremontas, técnicas pneumáticas, alimentadores vibratórios, transportadores de rosca, entre outras. São descritos os processos de redução das frações com trituradores de rolo e granular, despulpadores, como componentes de instalações de recuperação de materiais.

O capítulo VI “Separação dos materiais”, examina as bases conceituais do processo de triagem dos resíduos recicláveis. O capítulo analisa o desempenho de várias

unidades de processamento utilizadas nas instalações de recuperação de materiais, como telas, separadores por flutuação e decantação, dispositivos de peneiramento, separadores magnéticos, e separadores de redemoinho. Finalmente, descreve as diversas combinações destas unidades de processamento e apresenta uma análise de índices de extração e rejeição de vários sistemas separadores integrados.

No capítulo VII, "Combustão e Recuperação de Energia", os autores explicam o método de determinar o valor energético dos resíduos por meio da análise da composição e calorimetria. Em seguida, explicam como calcular os requisitos estequiométricos de ar para combustão, a eficiência do processo térmico e a temperatura do gás na chaminé. São apresentados os tipos de equipamentos de combustão: fornos refratários, paredes de água, unidades pirolíticas, combustíveis derivados de resíduo, entre outros. A edição atualizada inclui revisão sobre novas unidades de combustão, como a gaseificação. O texto apresenta também as atuais exigências da regulação para o controle de poluição do ar derivada da combustão dos resíduos, incluindo controle de partículas por filtros de mangas, precipitadores eletrostáticos, controle de dioxinas e furanos e de gases poluentes.

No capítulo VIII, "Processos bioquímicos", explicam como calcular a quantidade de metano produzido na decomposição da matéria orgânica e fornecem uma aproximação da composição dos resíduos sólidos urbanos com os produtos químicos, para obter o rendimento de metano por kg de lixo úmido. Mostram também o processo de compostagem com a relação percentual ideal de carbono / nitrogênio e os limites do processo. Abordam também aspectos da emergente tecnologia bioquímica da digestão anaeróbica dos resíduos sólidos.

No capítulo IX, "Questões atuais em gestão dos resíduos sólidos", incluem a avaliação do ciclo de vida dos resíduos, o controle de fluxo e a prestação de serviços pelo poder público e pela iniciativa privada. Abordam temas importantes como os recursos não retornáveis (a fundo perdido) e as formas para determinar o fator de recuperação do capital investido. Há também um *check list* contendo os produtos e serviços que podem ser objeto de contratação. São apresentadas novas seções sobre gestão de serviços e justiça ambiental. Há, ainda, um apêndice em que se apresenta o problema da gestão dos resíduos de Lewisburgo, com informações correspondentes a cada capítulo do livro para a sua utilização, rememoração e fixação.

São apresentados ao final de cada capítulo as referências bibliográficas, que somam 285, e a proposição de problemas, que totalizam 171. Eles desafiam o(a) leitor(a) a aplicar as técnicas e metodologias apresentadas. Disponibiliza-se para o professor um manual com as soluções dos problemas, as quais podem ser acessados também via Internet. Ao final de cada capítulo, um tópico contendo as "Considerações finais" chama a atenção do leitor para a conexão entre as ciências matemáticas e o manejo dos resíduos sólidos, em um contexto filosófico que instiga a reflexão e a inovação.

O texto é focado, portanto na identificação dos resíduos e seus problemas, nas capacidades operacionais de cada componente a ser utilizado no processo de manejo dos resíduos, e na sua adequabilidade. Ensina a fazer os cálculos necessários à resolução de cada problema apresentado se configurando em vários temas como material inédito no Brasil. O livro é fortemente recomendado para profissionais de

engenharia interessados em se aprofundar na identificação de problemas e soluções para o manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos. Deve estar na mesa de cabeceira dos engenheiros que estão interessados em conhecer de forma aprofundada a composição, a quantificação e qualificação dos resíduos e as diversas possibilidades de seu tratamento, de forma a se obter o melhor resultado.