

RESÍDUO



PARA



EMISSÕES

a Redução de Resíduos como a Virada de Jogo Climática

OUTUBRO 2022



Conteúdos

. Prefácio à edição brasileira	4
. Sumário executivo	10
1 Introdução	16
2 Resíduo zero e mitigação climática	18
2.1. Introdução	19
2.2. Combate ao metano proveniente de aterros sanitários através dos resíduos orgânicos	20
2.2.1. Emissões de metano	20
2.2.2. Alternativas ao aterro sanitário	21
2.2.2.1. Prevenção da geração de resíduos e recuperação de alimentos	21
2.2.2.2. Coleta e tratamento seletivos	23
2.2.3 Rejeitos	25
2.3. Maximização da redução, reutilização e reciclagem de resíduos não orgânicos	25
2.3.1 Hierarquia de resíduos	25
2.3.2 Plástico	26
2.4. O fim da combustão de resíduos	28
2.5. Vantagens do armazenamento de carbono no solo	28
3 Resíduo zero e adaptação climática	32
3.1. Introdução	32
3.2. Resíduo zero e prevenção de inundações	33
3.2.1. Impactos das inundações	33
3.2.2. Resíduos agravam inundações	34
3.2.3. Implementação de sistemas resíduo zero como medidas de prevenção de inundações	34
3.3. Resíduo zero e controle de insetos vetores	35
3.3.1. Mudanças climáticas e o aumento da prevalência de doenças transmitidas por vetores	35
3.3.2. Correlação entre resíduos e doenças transmitidas por vetores	36
3.3.3. Resíduo zero como solução	36
3.4. A compostagem gera melhoria do solo	37
3.4.1. Mudanças climáticas e saúde do solo	37
3.4.2. Compostagem como medida de adaptação climática	37
3.4.2.1. Compostagem como solução para deficiência de nutrientes no solo	37
3.4.2.2. Compostagem como medida de remediação de contaminação do solo	39
3.4.2.3. Compostagem como medida de prevenção de desastres	39
3.4.2.4. Desafios	39

4 Benefícios adicionais de sistemas resíduo zero	40
4.1. Introdução	41
4.2. Benefícios ambientais	42
4.2.1. Redução da poluição do ar e resíduos tóxicos	42
4.2.2. Economia de recursos naturais	42
4.2.3. Proteção da saúde dos ecossistemas	42
4.2.4. Melhoria na qualidade do solo	43
4.3. Benefícios econômicos	44
4.3.1. Criação de empregos	44
4.3.2. Melhor desempenho econômico	45
4.3.3. Sustentabilidade fiscal	46
4.3.4. Desenvolvimento de negócios inovadores	48
4.4. Benefícios sociais	50
4.4.1. Acesso energia melhor e mais segura	50
4.4.2. Redução da pobreza e da desigualdade por meio da inclusão de catadores	50
4.4.3. Segurança alimentar e hídrica	51
4.4.4. Resultados de saúde melhores	51
4.4.5. Redução de estressores (ruído, tráfego, congestionamento)	52
4.5. Benefícios políticos e institucionais: governança mais democrática	52
5 Estudos de caso	54
5.1. Estudos de caso	54
5.1.1. Introdução	54
5.1.2. Modelagem resíduo zero	54
5.2. Estudos de casos em nível municipal	55
5.3. Lições aprendidas	88
6 Conclusões e recomendações	89
7 Referências	92
8 Anexo: Dados e metodologia (disponível apenas na versão online)	103
9 Agradecimentos	104

Prefácio à edição brasileira

No Brasil, o setor de resíduos sólidos é responsável por cerca de 4% das emissões de gases de efeito estufa (GEE), sendo 64,1% oriundo da disposição de resíduos sólidos em lixões, aterros controlados e aterros sanitários¹. Ainda há estimativas de que, com a ampliação do serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos, que ainda não é universal, e o encerramento dos cerca de 2.500 lixões e aterros controlados ainda em operação no Brasil², a contribuição do setor de resíduos em termos de emissões aumentaria ainda mais.

Quando enterrados, a decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, em condições anaeróbicas, produz metano (CH₄) que escapa para atmosfera. Por isso, os aterros sanitários têm um maior fator de emissão de metano que aterros controlados e lixões, levando ao aumento das emissões no setor com o aumento da disposição em aterros sanitários, se as medidas adequadas não forem tomadas. O metano é um gás com potencial de efeito estufa 82,5 vezes superior ao gás carbônico (CO₂) no horizonte de 20 anos. O setor de resíduos sólidos é a 3ª maior fonte de emissão de metano mundialmente, responsável por 20% do total, além de ser a fonte que cresce mais rapidamente³! No Brasil, este quadro também se repete e o tratamento de resíduos é responsável por 16% das emissões de metano do país, sendo a segunda maior fonte⁴. Entre 1990-2021¹, as emissões do setor de resíduos foram as que mais aumentaram proporcionalmente, acima de 200% no período, principalmente devido ao aumento das taxas de consumo e descarte e o crescimento populacional. Nessa perspectiva parece loucura falar que os resíduos sólidos podem gerar uma virada climática, certo?

Todavia, o presente relatório é o mais robusto e cientificamente embasado estudo que revela que as emissões classificadas em resíduos são apenas uma parcela do iceberg climático. O setor de resíduos, na verdade, teria o potencial de ter emissões líquidas negativas por meio de sistemas “resíduo zero”. Sistemas como esse poderiam viabilizar a extinção dos lixões, como indicado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei

Federal nº 12.305/2010), e estimular a redução da geração de resíduos sólidos e ampliação da reciclagem e da compostagem. Como consequência, seria possível atingir emissões líquidas de GEE negativas, com custos reduzidos, gerando mais empregos e empregos mais dignos comparativamente a sistemas convencionais de gerenciamento de resíduos, conforme demonstrado neste estudo.

Isto porque no setor de resíduos estão contabilizadas apenas as emissões do tratamento do que “sobra”. Não está incluída toda a cadeia de extração, produção e consumo dos materiais descartados. Quando contabilizada, esta cadeia é responsável por até 70% das emissões globais de GEE⁵. Assim, a implantação de sistemas “resíduo zero” pode gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos em diversas esferas, como a promoção da agricultura agroecológica, a redução das desigualdades sociais pela geração de empregos dignos e renda, a redução da incidência de alagamentos e de doenças resultantes de entupimentos de sistemas de drenagem, além da redução da despesa municipal comparativamente a sistema convencionais.

A implantação de uma estratégia “resíduo zero” na cidade de São Paulo (SP), por exemplo, tem potencial de reduzir as atuais emissões do setor de resíduos da cidade em 105%, evitando a emissão de 3,5 milhões de toneladas de CO₂eq, de acordo com o relatório. A estimativa ainda é conservadora se comparada a resultados de experiências internacionais. No cenário produzido para a cidade paulistana, a massa de resíduos sólidos destinada aos aterros sanitários reduziria em 68%, gerando 36.000 empregos na cadeia da reciclagem e compostagem, por meio da formalização e integração de catadores ao sistema de coleta seletiva da cidade.

Com base nos resultados deste estudo, diversos aprendizados podem ser trazidos ao contexto brasileiro. Abaixo discutimos e contextualizamos brevemente os principais, para o cidadão brasileiro saber o que pode esperar de uma leitura mais profunda do relatório.

1) A compostagem é a principal solução para virada de jogo climática do setor de resíduos!

Como cerca de metade dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é matéria orgânica⁶, que resulta na emissão de metano nos aterros sanitários, a destinação para a compostagem é a melhor forma de evitar essas emissões. Outra rota tecnológica, a digestão anaeróbia - que não requer oxigênio -, também é uma opção viável em algumas circunstâncias.

Além da redução das emissões no aterramento, a compostagem tem o potencial adicional de estoque de carbono no solo, principalmente recuperando solos degradados e aumentando sua produtividade. O ecossistema terrestre é o segundo maior estoque de carbono, e o solo o segundo maior sumidouro de carbono⁷, que são somente ultrapassados pelo oceano. Em especial os solos tropicais vêm se degradando e liberando carbono dado o manejo incorreto do solo pela agricultura convencional e intensiva, sem reposição da matéria orgânica. A matéria orgânica é o que sustenta a vida no solo, aumenta a capacidade de retenção de água, a absorção de nutrientes e a resistência a extremos climáticos. Tal degradação, junto com a mudança climática, pode resultar em um déficit de 25% na produção de alimentos em 2050, de acordo com o IPCC⁸.

A importância da manutenção da matéria orgânica nos solos para a produtividade e a segurança alimentar, bem como o potencial manejo do solo para estocar carbono, não podem ser mais bem expressos que pelo conhecimento tradicional indígena. As tão estudadas Terras Pretas Indígenas (TPI) encontradas em assentamentos na Amazônia, onde o solo deveria ser pobre e ácido, indicam como os povos indígenas sabiamente manejam a matéria orgânica e o carbono no solo para garantir a prosperidade de seus assentamentos e sua agricultura. Co-benefícios da compostagem para a agricultura podem ainda atingir a redução da dependência de fertilizantes, visto que 85% dos fertilizantes utilizados no Brasil são importados⁹.

2) Sistemas “resíduo zero” podem transformar o setor de resíduos em um setor de emissões líquidas negativas, gerando muito mais empregos dignos e economia para as contas públicas, e auxiliando o país a encerrar os lixões

No Brasil, menos de 2% dos resíduos sólidos urbanos coletados são reciclados ou compostados¹⁰, ainda que cerca de 85%¹¹ da massa total tenha potencial para tanto. Enquanto a compostagem é essencial para redução das emissões, a reciclagem tem o potencial de promover um sistema de emissões líquidas negativas. No caso da cidade de São Paulo (SP) a reciclagem poderia ser responsável por cerca de 20% de redução das emissões.

Em um cenário de “resíduo zero” para a capital paulistana, a gestão dos resíduos ainda geraria 36.000 empregos por meio da formalização e integração de catadores ao sistema de coleta seletiva e de compostagem. Soluções de reuso geram 200 vezes mais, reciclagem e compostagem geram 200, 70 e 3,5 vezes mais empregos que o aterro sanitário e a incineração, respectivamente¹².

Um ótimo exemplo que demonstra como a estratégia “resíduo zero” promove a transição justa vem de

São Francisco (Califórnia/EUA). A empresa de gestão de resíduos sindicalizada e de propriedade dos trabalhadores, Recology, alcançou uma taxa de recuperação de 80% dos resíduos gerados na cidade¹³. O salário inicial dos motoristas de coleta é de US \$40 por hora, enquanto o salário médio de motorista de coleta de lixo na Califórnia é de US\$ 16 por hora¹⁴. Isto corrobora o grande potencial de geração de empregos dignos e de redução da desigualdade social por meio da coleta seletiva realizada por catadores, ainda amplamente realizada sem apoio e formalização nas cidades brasileiras.

Os sistemas “resíduo zero” ainda podem gerar redução de custos públicos, comparados aos modelos tradicionais e caros de gerenciamento de resíduos. A cidade de Parma (Itália), com uma população de 196.518 habitantes, reduziu em 450 mil euros por ano os custos com resíduos após introduzir um sistema “resíduo zero”¹⁵. Cerca de 50 municípios implementando sistemas “resíduo zero” no Norte da Itália têm um custo 27% menor com o gerenciamento dos rejeitos por domicílio em comparação com a média do país¹⁶. Diversos outros exemplos são apresentados, como as cidades filipinas de San Fernando e Tabloban.

3) A redução da geração de resíduos é a melhor forma de reduzir as emissões de GEE. Melhor que a reciclagem, principalmente por meio do banimento dos plásticos de uso único e pela redução do desperdício alimentar.

Ainda que a compostagem e a reciclagem tenham um grande potencial, a redução da geração de resíduos sólidos é sempre a opção com maior potencial de redução das emissões de GEE. Um terço (1/3) de todos alimentos produzidos mundialmente ainda são perdidos e descartados, contabilizando 10% das emissões globais de GEE¹⁷. A redução é a melhor opção, principalmente para materiais com baixo potencial reciclável, como os plásticos que não são devidamente coletados e reciclados.

O plástico ainda não é tratado como deveria dentro da estratégia climática. Assim como a gasolina, advém da cadeia fóssil, oriundo do petróleo majoritariamente. Assim como temos grandes campanhas para acabar com os combustíveis fósseis, precisamos também acabar com outros produtos derivados do petróleo, começando pelos itens plásticos de uso único e embalagens. No Brasil, o plástico é o segundo maior componente do resíduo sólido urbano, cerca de 16,8% do total coletado¹⁸.

Os resíduos plásticos são uma mistura de diferentes polímeros, aditivos, contaminantes e outros materiais que são difíceis ou impossíveis de separar efetivamente, quase inviabilizando a reciclagem. Como resultado, apenas 9% é reciclado, 12% queimado e o restante termina em lixões, aterros, cursos d'água ou no oceano mundialmente. Este problema cresce em taxas assustadoras: desde 1950, a produção global de plástico aumentou em uma média de 9% ao ano. Metade de todo o plástico produzido na história foi produzido nos últimos 15 anos e 70% do plástico produzido vira lixo em até 1 ano¹⁹.

Se o plástico fosse um país, ultrapassaria o Brasil em emissões, sendo o 5º maior em emissões de GEE²⁰. Isso sem mencionar os diversos impactos adicionais deste material, como a poluição marinha, contaminação humana e animal por microplásticos etc²¹. Do total, dois terços das emissões estão na fase de produção²², para muitos, o plástico é o novo carvão²³.

4) A recuperação energética de resíduos sólidos pelo tratamento térmico e a captura de biogás em aterros não são medidas de mitigação efetivas em comparação a reciclagem, compostagem e redução da geração, principalmente no caso brasileiro.

Os incineradores têm melhor desempenho em cidades onde o calor residual pode ser usado em uma rede de aquecimento urbano; caso contrário, a eletricidade produzida é mais intensiva em carbono do que a rede elétrica²⁴. Cada tonelada de plástico queimada produz 1,43 toneladas de CO₂eq²⁵. No Brasil o cenário seria ainda pior. Metade do resíduo sólido urbano é matéria orgânica que reduz poder calorífico, não há demanda para aquecimento doméstico e o fator de emissão da rede elétrica é ainda mais baixo que em outros países.

Em nosso país, muito ainda deve ser feito para prover as condições básicas, como a universalização do saneamento básico para a população. Todavia, o caminho tomado pelas políticas públicas nas últimas décadas mostram que as soluções não têm sido efetivas e pouco se avançou nacionalmente no setor de resíduos sólidos, enquanto as emissões aumentam, principalmente por falta de investimentos. Como se não bastasse, o tratamento térmico de RSU é a rota mais custosa para as cidades. Por tonelada, o tratamento térmico custa 3 vezes mais que o aterro sanitário e 5 vezes mais que a reciclagem e compostagem²⁶.

O relatório mostra que, com boa vontade, é possível avançar e avançar rápido. Inclusive com investimentos reduzidos e um potencial grande de impactos sociais positivos em contraste às soluções convencionais. O apoio financeiro, principalmente de investimento inicial das unidades de compostagem, reciclagem e sistemas de coleta seletiva, é essencial para esse avanço. Esses investimentos compõem uma fatia irrisória dos benefícios fiscais e investimentos na indústria fóssil e dos fertilizantes sintéticos, que poderiam ser direcionados para o incentivo do setor da reciclagem e da compostagem.

Esperamos que o presente estudo coloque o setor de resíduos sólidos com a devida importância dentro da agenda climática. Isso importa não apenas pelos efeitos positivos relevantes aqui apresentados, mas também para atender o objetivo de reduzir as emissões de metano em 30% até 2030, conforme o acordo do metano assinado pelo Brasil na COP 26, visto que o atual tratamento de resíduos corresponde a 16% das emissões de metano no país. O setor pode reduzir emissões, gerar milhares de empregos dignos e promover a ampliação do acesso ao saneamento.

clima info

Instituto Pólis

uma
gota
no oceano

20
Observatório
do Clima | 20 anos

1. SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima, acessado em 04 nov 2022. Disponível em: <<http://seeg.eco.br>>. O dado apresentado é referente ao ano de 2021(10ª coleção do SEEG).
2. O levantamento realizado pela ABETRE aponta cerca de 2.448 lixões e aterros controlados em operação no Brasil, número próximo aos 2.162 oficialmente levantados pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS 2021/2022 - Ano base 2020), se considerarmos que a abrangência do SNIS é de 4.589 municípios, 82,4% da totalidade de 5.570 municípios brasileiros.
SNIS: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>
ABETRE: <https://atlas.abetre.org.br/public/atlas>
3. Ravishankara, A. R., Johan C. I. Kuylenstierna, Eleni Michalopoulou, Lena Höglund-Isaksson, Yuqiang Zhang, Karl Seltzer, Muye Ru, et al. 2021. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme.
4. SEEG. Desafios e Oportunidades para Redução das Emissões de Metano no Brasil, Observatório do Clima. Outubro, 2022. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/documentos-analiticos>>. Acessado em 04 nov 2022.
5. Wit, de Marc, and Laxmi Haigh. 2022. "The Circularity Gap Report 2022." Circle Economy. <https://www.circularity-gap.world/2022>.
6. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - Edição 2020. <https://abrelpe.org.br/panorama-2020>
7. Directorate-General for Environment (European Commission). 2011. Soil :The Hidden Part of the Climate Cycle. LU: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/57794>.
8. Special Report on Climate Change and Land." 2019. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/srcccl>.
9. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Pesquisa Setorial - Macro Indicadores - Dados de 2021. https://anda.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Principais-Indicadores_2021.pdf.
10. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). Diagnóstico Temático - Manejo de resíduos sólidos urbanos: Visão Geral Ano base 2020. dez, 2021. <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>.
11. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - Edição 2020. <https://abrelpe.org.br/panorama-2020>
12. Ribeiro-Broomhead, John, and Neil Tangri. 2020. "Zero Waste and Economic Recovery: The Job Creation Potential of Zero Waste Solutions." Global Alliance for Incinerator Alternatives. <http://zerowasteworld.org/zerowastejobs>.
13. San Francisco Annual Rate Report." 2021. Recology Sunset Scavenger, Recology Golden Gate, Recology San Francisco. <https://www.sfpublishworks.org/sites/default/files/R%202021%2004%20Report%20%2006132022.pdf>.
14. Cleaning Up Waste and Recycling Management and Securing the Benefits: A Blueprint for Cities." 2015. The Los Angeles Alliance for a New Economy. <http://laane.org/wp-content/uploads/2017/06/Cleaning-Up-Waste-1.pdf>.
15. Rosa, Ferran. 2016. "The Story of Parma." Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/the-story-of-parm>.
16. Simon, Joan Marc. 2015. "The Story of Contarina." Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/the-story-of-contarina>.
17. Gustavsson, Jenny, Christel Cederberg, and Ulf Soneson. "Global Food Losses and Food Waste," 38; Gikandi, Lilian. "10% of All Greenhouse Gas Emissions Come from Food We Throw in the Bin." World Wide Fund for Nature. <https://updates.panda.org/driven-to-waste-report>.
18. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - Edição 2020. <https://abrelpe.org.br/panorama-2020>.
19. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." Science Advances 3(7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
20. Hamilton, Lisa Anne, Steven Feit, Matt Kelso, Samantha Malone Rubright, Courtney Bernhardt, Eric Schaeffer, Doun Moon, Jeffrey Morris, and Rachel Labbé-Bellas. 2019. "Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet." Center for International Environmental Law. <https://www.ciel.org/plasticandclimate>.
21. Lau, Winnie W. Y., Yonathan Shiran, Richard M. Bailey, Ed Cook, Martin R. Stuchtey, Julia Koskella, Costas A. Velis, et al. 2020. "Evaluating Scenarios toward Zero Plastic Pollution." Science 369 (6510): 1455-61. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>.
22. Zheng, Jiajia, and Sangwon Suh. 2019. "Strategies to Reduce the Global Carbon Footprint of Plastics." Nature Climate Change 9 (5): 374-78. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>.
23. Vallette, Jim. 2021. "The New Coal: Plastics & Climate Change." Beyond Plastic. <https://www.beyondplastics.org/plastics-and-climate>
24. Hogg, Dominic, and Ann Ballinger. 2015. "The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy." Eunomia. <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/the-potential-contribution-of-waste-management-to-a-low-carbon-economy>; Smith, Alison, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton, and Judith Bates. 2001. Waste Management Options and Climate Change. European Commission DG Environment; Vähk, Janek. 2019. "The Impact of Waste-to-Energy Incineration on Climate." Policy Briefing. Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/the-impact-of-waste-to-energy-incineration-on-climate>.
25. United Kingdom Without Incineration Network. 2018. "Evaluation of the climate change impacts of waste incineration in the United Kingdom".
26. Moon, Doun. 2021. "The High Cost of Waste Incineration." Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://zerowasteworld.org/beyondrecovery>.

Sumário executivo

Na medida em que a crise climática se aprofunda, torna-se necessário adotar ações urgentes em todas as frentes, no sentido de eliminar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e permitir uma adaptação às rápidas mudanças climáticas. O setor de resíduos proporciona uma oportunidade privilegiada para as cidades adotarem medidas que reduzirão drasticamente as emissões, fortalecerão a resiliência e gerarão substanciais benefícios econômicos e de saúde pública. O setor de resíduos é a terceira maior fonte de emissão antropogênica de metano, e sua redução proporcionará benefícios rápidos na mitigação do aquecimento climático. De fato, a adoção de boas práticas de gestão de resíduos pode levar a redução de emissões em outros setores, proporcionando uma redução de mais de 100% nas emissões. Ao mesmo tempo, esta abordagem, conhecida como resíduo zero, pode reduzir inundações, deter a transmissão de doenças, melhorar a saúde do solo e gerar oportunidades econômicas. Este relatório ilustra como o conceito de resíduo zero deve ser uma parte essencial de qualquer plano climático.

Setenta por cento das emissões globais de gases de efeito estufa se originam na cadeia de produção de materiais, desde a extração até o descarte. Nos inventários nacionais, tais emissões são contabilizadas nos setores industrial, agrícola, de transporte e de energia, bem como no setor de resíduos. Contudo, a restrição na geração de resíduos e a implementação de melhores estratégias de seu gerenciamento reduz emissões durante todo o ciclo de vida de bens materiais – desde sua extração até o fim de sua vida útil. Assim sendo, o potencial de mitigação do setor de gestão de resíduos é, em grande parte, subestimado.

Os sistemas resíduo zero são estratégias versáteis que visam reduzir continuamente os resíduos por meio de reduções da geração, além de medidas de coleta seletiva, compostagem e reciclagem. Atualmente, mais de 550 municípios em todo o mundo implementam sistemas resíduo zero, em uma ampla gama de contextos econômicos, sociais, climáticos e legais. Além disso, a implementação desses sistemas tem baixo custo e produz resultados rápidos.

Este relatório está organizado em torno dos três impactos positivos abrangentes resultantes da incorporação de sistemas de resíduos zero nos métodos atuais de gerenciamento de resíduos: mitigação climática, adaptação climática e benefícios sociais adicionais (também conhecidos como co-benefícios). O capítulo final do relatório aborda estudos de caso que modelaram os efeitos das estratégias resíduo zero em oito cidades diferentes, demonstrando tratar-se uma ferramenta de mitigação poderosa e altamente adaptável a diferentes necessidades e circunstâncias. Diversas cidades ao redor do mundo já implementaram sistemas de resíduos zero; com esses oito estudos de caso, este relatório oferece uma nova avaliação quantitativa dos benefícios de mitigação de tais programas.



Mitigação Climática

Os sistemas de resíduos zero contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa de três maneiras: a **redução da geração e a coleta seletiva e tratamento de resíduos orgânicos** evitam as emissões de metano provenientes de aterros sanitários; a **uso no solo do composto** ou digestato melhora a absorção de carbono do solo; e a **redução na geração e a reciclagem de todos os fluxos de resíduos municipais** reduzem as emissões “upstream” resultantes da extração, fabricação e transporte de recursos naturais;

Ponto chave 1:

A compostagem é um agente de mudança climática.

- A coleta seletiva de diferentes fluxos de resíduos é fundamental para evitar contaminação cruzada; a alternativa de tratamento de resíduos orgânicos mais facilmente implementável é a compostagem.
- A separação na fonte com coleta seletiva e tratamento de orgânicos podem reduzir as emissões de metano de aterros sanitários em 62%, mesmo em um cenário de ambição moderada.
- A recuperação mecânica e tratamento biológico de rejeitos e a cobertura biologicamente ativa de aterros sanitários são boas medidas complementares à coleta seletiva de resíduos orgânicos separados na fonte; em conjunto, essas estratégias podem reduzir a emissão de metano em uma média de 95%.

Ponto chave 2:

O modelo resíduo zero pode transformar o setor de resíduos em uma fonte líquida negativa de emissões de GEE.

- A introdução de melhores políticas de gestão de resíduos, como separação de resíduos, reciclagem e compostagem, poderia reduzir as emissões totais do setor de resíduos em mais de 1,4 bilhão de toneladas, o equivalente às emissões anuais de 300 milhões de carros – ou tirar todos os veículos motorizados dos EUA das estradas por um ano.
- A coleta seletiva e o tratamento de resíduos orgânicos são a chave para cortes profundos nas emissões de GEE no setor de resíduos.

- Programas agressivos de reciclagem reduzem as emissões oriundas de mineração, silvicultura, manufatura e energia. O aumento da reciclagem reduziria as emissões anuais de GEE no setor de resíduos em 35% em Detroit, 30% em São Paulo e 21% em Lviv até 2030.
- Combinadas, essas duas abordagens podem produzir reduções de emissões mais profundas do que as emissões do setor de resíduos. Detroit, São Paulo e Seul alcançariam emissões negativas sob cenários resíduo zero.
- Tal resultado seria alcançado mesmo com a adoção de programas relativamente modestos; a implementação de um programa de resíduo zero completo produziria reduções de emissões ainda mais relevantes.

Ponto chave 3:

A redução na geração de resíduos é a melhor forma de reduzir as emissões de GEE, especialmente no caso de alimentos e plásticos (melhor que a reciclagem).

- A redução na geração de resíduos é uma estratégia crítica para lidar com o desperdício de alimentos, que atualmente compreende um terço de toda a produção alimentar e é responsável por 10% das emissões globais de GEE.
- Outras estratégias para redução na geração de resíduos incluem restrições à produção e distribuição de itens de uso único e embalagens.
- A redução na geração de resíduos é especialmente importante no caso de itens plásticos, que em sua maioria não são recicláveis e cuja produção dobra a cada 20 anos.

Ponto chave 4:

A recuperação energética não é uma estratégia de mitigação eficaz

- A captura de gás em aterros sanitários não é confiável, permitindo o escape de grandes quantidades de emissões fugitivas de metano.
- A incineração é uma das principais fontes de emissão de GEE: cada tonelada de plástico queimada resulta na liberação de 1,43 toneladas de CO₂, mesmo após a recuperação de energia.
- A recuperação de energia é insuficiente para compensar a pegada de carbono gerada por tais tecnologias.

Adaptação climática

Os sistemas de resíduos zero ajudam as cidades a estabelecer resiliência contra os eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes, e contra os riscos à saúde trazidos pelas mudanças climáticas. A má coleta e gestão de resíduos está entre os fatores que deixam as cidades particularmente expostas a esses eventos. Os sistemas de resíduos zero ajudam as cidades a se tornarem mais resilientes: **mitigando enchentes, reduzindo a transmissão de doenças e melhorando a qualidade do solo.**

Ponto chave 1:

A proibição do uso de plásticos de uso único (PUUs) é necessária, pois resíduos plásticos agravam as inundações.

- Banimentos de plásticos e sistemas de coleta universal são fundamentais para a prevenção de inundações, pois resíduos mal gerenciados – especialmente sacos plásticos – causam entupimentos nos sistemas de drenagem.
- Após inundações trágicas, muitas cidades adotaram com sucesso e rapidez os banimentos de plásticos.

Ponto chave 2:

O banimento de PUUs e uma melhor coleta de resíduos afastam vetores de doenças.

- Resíduos não coletados, especialmente plásticos, criam habitats propícios para a proliferação de vetores de doenças (por exemplo, água estagnada), enquanto alimentos descartados de maneira indevida atraem animais nocivos.
- Reduzir a quantidade de resíduos, por meio da proibição de PUUs, e minimizar o descarte indevido de alimentos são medidas que podem ajudar a interromper a cadeia de transmissão de doenças.

Ponto chave 3:

A compostagem faz maravilhas para melhorar a resiliência do solo.

- O uso no solo de composto melhora os solos deficientes em nutrientes, aumentando sua capacidade de armazenamento de nutrientes,

propriedades bioquímicas, produção agrícola e retenção de água.

- Melhorias na qualidade do solo evitam inundações, deslizamentos de terra e perda de colheitas.

Benefícios adicionais

Estratégias de resíduo zero bem implementadas beneficiam a sociedade de maneiras que vão além de sua capacidade de conter os impactos das mudanças climáticas: elas melhoram muitas das formas mais fundamentais pelas quais a sociedade funciona – criando **benefícios ambientais, econômicos, sociais, políticos e institucionais adicionais**. Esses benefícios adicionais incluem melhorias na saúde pública, redução na poluição ambiental, incentivo à criação de empregos, apoio ao desenvolvimento comunitário e redução das desigualdades e injustiças sociais. Além disso, soluções que abordam os níveis mais altos da cadeia hierárquica da gestão de resíduos não apenas apresentam os maiores benefícios adicionais, mas também levam a reduções de emissões mais acentuadas.

Ponto chave 1

Os sistemas de resíduo zero trazem mais benefícios à saúde e meio ambiente do que puramente uma redução nas emissões de GEE, já que:

- Reduzem o risco de câncer e doenças associadas à disseminação de cinzas tóxicas de incineradores e aterros sanitários, ao torná-los dispensáveis;
- Economizam recursos naturais ao diminuir a necessidade e demanda por materiais virgens;
- Protegem a saúde do ecossistema ao diminuir a poluição plástica, que atualmente afeta todos os organismos vivos;

Ponto chave 2:

Os sistemas de resíduo zero contribuem para a prosperidade econômica, já que:

- São mais econômicos do que as estratégias tradicionais de gestão de resíduos;
- Geram mais e melhores oportunidades de emprego do que aquelas associadas às estratégias tradicionais de gestão de resíduos;

- Estimulam o desenvolvimento de negócios: a proibição de plásticos de uso único abre as portas para negócios inovadores.

Ponto chave 3:

Os sistemas de resíduo zero geram uma ampla gama de benefícios sociais, já que:

- Reduzem a pobreza e a desigualdade por meio da inclusão de catadores informais;
- Melhoraram a saúde pública ao diminuir a quantidade de produtos químicos tóxicos presentes no meio ambiente;
- Melhoram a segurança alimentar e hídrica através do uso do composto ou biodigestato, que auxiliam os ecossistemas alimentares e hídricos;
- Reduzem os estressores ambientais gerados por atividades associadas ao descarte de resíduos.

Ponto chave 4:

Os sistemas de resíduo zero fortalecem a qualidade da governança como um todo

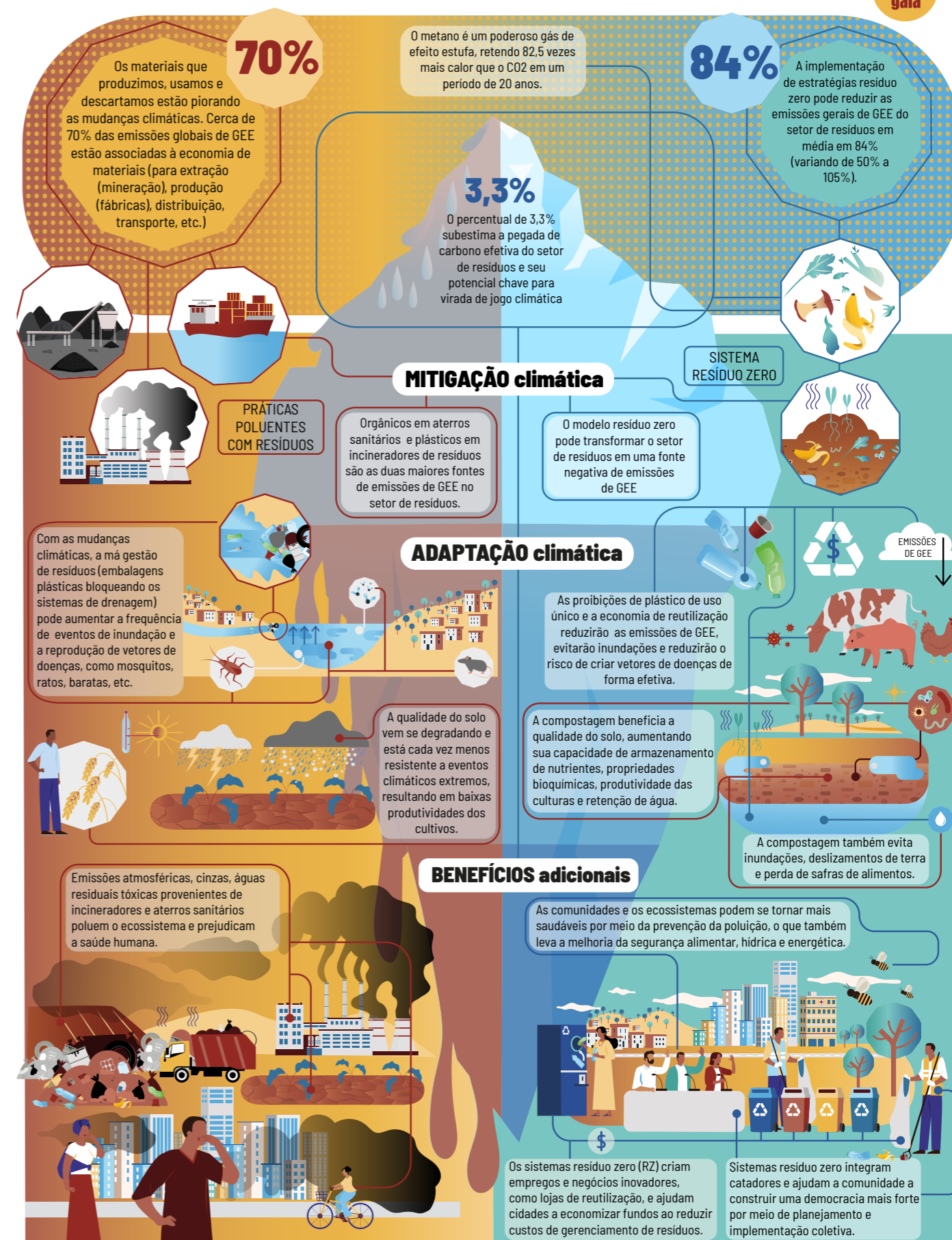
- Reunindo uma ampla gama de partes interessadas e atores, os sistemas resíduo zero são mais colaborativos e resultam em melhores índices de desempenho.

Estudos de caso

A modelagem resultante de uma comparação entre um cenário de gestão de resíduos tradicional (business as usual) e um cenário resíduo zero em oito cidades revelou vários pontos em comum em relação à eficiência e ao impacto dos sistemas resíduo zero. Separação na fonte com a coleta seletiva e tratamento de resíduos orgânicos (geralmente por meio de compostagem), são fundamentais para reduções profundas nos níveis de emissões, pois o metano oriundo de aterros sanitários é a principal fonte de emissões de GEE no fluxo de resíduos em todas as cidades, exceto em Seul. Este é também o único método eficaz para abordar plenamente tais emissões e sua implantação é relativamente fácil e barata. A reciclagem também é fundamental, pois o aumento nos níveis de reciclagem reduz as emissões e pode, em alguns casos, ser suficiente para levar os níveis de emissões de uma cidade a patamares negativos. Embora as estratégias de redução da geração de resíduos sejam subutilizadas em geral, todas as políticas e programas resíduo zero, em todas as cidades, mesmo quando implementadas de maneira incompleta, trouxeram grandes benefícios em termos de mitigação. Os cenários "rota para resíduo zero" modelados neste relatório são conservadores e realistas; muitas cidades já excederam os padrões previstos nesses cenários, e os resultados são, portanto, indicativos de programas moderadamente ambiciosos. Reduções de emissões ainda mais profundas podem ser esperadas em caso de implantação de programas de resíduo zero mais ambiciosos.

RESÍDUO ZERO PARA ZERO EMISSÕES

a Redução de Resíduos como a Virada de Jogo Climática



Introdução

À medida em que a urgência dos esforços globais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e os efeitos das mudanças climáticas aumentam, o setor de gestão de resíduos continua representando uma oportunidade de ação climática subutilizada por municípios em todos os países. O potencial de mitigação da gestão de resíduos é maior do que as próprias emissões do setor, pois as estratégias de redução de resíduos e recuperação de materiais permitem que as cidades evitem emissões associadas à extração e produção de recursos naturais, bem como ao fim da vida útil de bens materiais; por exemplo, um estudo realizado em conjunto pela Associação Internacional de Resíduos Sólidos e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas reconheceu o potencial do setor de resíduos de alcançar uma redução de 20% nas emissões globais de GEE¹. A atual crise de resíduos está ameaçando a saúde e o bem-estar da humanidade e do planeta, e a geração global de resíduos deve aumentar em setenta e três por cento até 2050². A boa notícia é que abordar o problema de resíduos representa uma linha de ação direta contra a crise climática.

Os sistemas resíduo zero oferecem soluções alternativas às práticas tradicionais de gerenciamento de resíduos com benefícios de longo alcance. Resíduo zero, conforme o termo é definido pela *Zero Waste International Alliance* e adotado pela GAIA, "é a conservação de todos os recursos por meio da produção, consumo, reutilização e recuperação responsáveis de produtos, embalagens e materiais sem queima e sem descartes na terra, na água ou no ar que ameacem o meio ambiente ou a saúde humana"³. O objetivo do resíduo zero é reduzir o volume de resíduos de forma continuada por meio de uma série de

estratégias, incluindo redução na geração de resíduos, coleta seletiva, compostagem e reciclagem.

Este relatório é o primeiro desse tipo a quantificar os impactos climáticos de uma melhor gestão de resíduos, contando com estudos de caso em oito cidades, cada uma localizada em uma parte diferente do mundo. Este relatório também examina as maneiras pelas quais os sistemas resíduo zero não apenas mitigam as emissões de GEE, mas também ajudam as cidades a reduzir sua vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas e a criar sociedades mais saudáveis. Sinais devastadores da crise climática – incluindo o aumento das inundações, surtos de doenças transmitidas por vetores e degradação da qualidade do solo – já são uma dura realidade enfrentada por muitos países ao redor do mundo. Muitas vezes, os países que mais sofrem com esses efeitos são responsáveis por causar menos mudanças climáticas, e a gravidade das consequências está se tornando cada vez mais aparente à medida que a crise climática avança.

As cidades têm uma oportunidade única de combater as mudanças climáticas por meio do setor de resíduos. Enquanto muitos outros setores são de responsabilidade dos governos nacionais ou estaduais, a gestão de resíduos é quase sempre de responsabilidade exclusiva dos governos municipais. Além disso, normalmente a gestão de resíduos corresponde ao maior item orçamentário nos orçamentos municipais e, mesmo assim, muitas cidades lutam para simplesmente coletar os resíduos existentes. Há, portanto, a necessidade de melhorar as abordagens de gestão de resíduos, o que abordará, simultaneamente, a questão das mudanças climáticas⁴. Resíduo zero oferece às cidades uma

oportunidade de liderança na ação climática, ao mesmo tempo em que proporciona um melhor gerenciamento de riscos, tanto novos como aqueles já conhecidos. Isso ajudará a construir resiliência de longo prazo contra as mudanças climáticas e proporcionará resultados de curto prazo que são muito necessários, tudo a partir de um orçamento relativamente baixo.

Os sistemas resíduo zero não são mais uma abordagem nova: eles já são implementados por mais de 550 municípios ao redor do mundo,

Box: Resíduo zero é uma solução rápida

Para enfrentar a crise climática, soluções rápidas são essenciais. Em contraste com grandes projetos de infraestrutura, como incineradores e aterros, que levam muitos anos para serem desenvolvidos, autorizados e construídos, a implementação de resíduo zero é extremamente rápida. Isso é particularmente verdadeiro no caso do elemento crucial que é a separação na fonte, que depende de altos níveis de cooperação pública. Por exemplo, Prelog, na Croácia, triplicou a separação de resíduos na fonte em 5 anos.⁷ Em Dar es Salaam, na Tanzânia, o sistema resíduo zero implementado pela Nipe Fagio envolvendo 32.000 pessoas alcançou 95% de conformidade na separação na fonte e reduziu o descarte de resíduos em 75% em apenas dois anos.⁸ Em San Fernando, nas Filipinas, o desvio de resíduos aumentou de 12% para 80,69% em seis anos após a implementação de um sistema resíduo zero.⁹ Em Besançon, na França, a implementação de um sistema de pagamento conforme o uso e compostagem descentralizada reduziu a geração geral de resíduos em 13% em 7 anos.¹⁰ Em Santa Juana, no Chile, os resíduos orgânicos enviados para aterros sanitários foram reduzidos em 35% nos primeiros 4 meses de implementação de um programa resíduo zero.¹¹ Sălăcea, na Romênia, passou de quase zero de reciclagem para 40% nos primeiros 3 meses de implementação de um sistema resíduo zero.¹² Capannori alcançou uma taxa de coleta seletiva de 82% em seis anos,¹³ e Parma, na Itália, aumentou a coleta seletiva de 48,5% para 81% em sete anos.¹⁴ Em Usurbil, na região basca da Espanha, a coleta seletiva passou de 28% para 80% em apenas dois anos.¹⁵ Esses e outros exemplos atestam a velocidade com que um sistema resíduo zero pode surtir efeito.

em contextos muito diversos, incluindo grandes e pequenas cidades, povoados, ilhas e destinos turísticos – sejam ricos ou pobres. Além da ação climática positiva, os sistemas resíduo zero melhoram muitas das formas fundamentais de funcionamento das sociedades. A coleta de lixo na cidade de Tacloban, nas Filipinas, por exemplo, passou de 30% para 100% das residências em dois anos após a implementação de um sistema resíduo zero, reduzindo o lixo enviado para aterros sanitários em 31% e economizando 27% do orçamento anual.⁵

Ljubljana, na Eslovênia, triplicou os empregos no setor de resíduos e economizou custos, ao mesmo tempo em que dobrou as taxas de reciclagem em oito anos e reduziu os resíduos em aterros sanitários em 95% em 14 anos por meio da coleta de porta em porta combinada com um sistema de pagamento conforme o uso sistema⁶.

Um número crescente de governos municipais considera o resíduo zero uma poderosa estratégia de ação climática. Sendo um setor que geralmente está inteiramente sob controle local e consome uma enorme parcela dos orçamentos das cidades, a gestão de resíduos sólidos é uma área privilegiada na qual os municípios podem aplicar estratégias resíduo zero para reduzir seu impacto climático e construir cidades mais justas e resilientes.

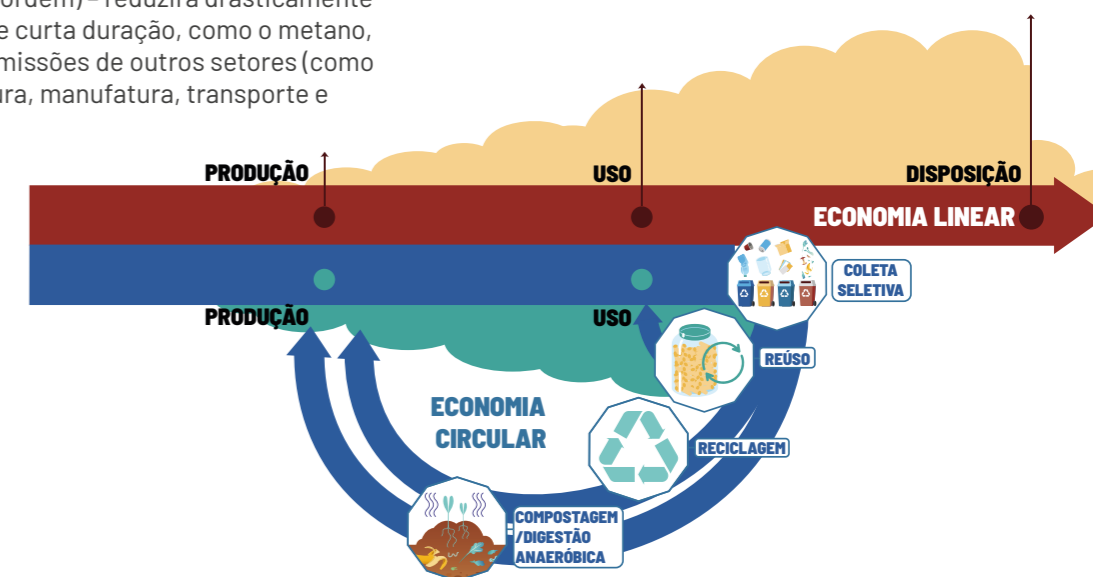
Resíduo zero e mitigação climática

Resumo do capítulo

- O setor de resíduos é a terceira maior fonte de emissões de metano, um poderoso GEE que retém 82,5 vezes mais calor do que CO₂ em um período de 20 anos. Os resíduos orgânicos em aterros sanitários são uma importante fonte de emissões de metano, e o gerenciamento adequado de resíduos orgânicos pode reduzir drasticamente essas emissões.
 - A separação na fonte com coleta seletiva e tratamento de orgânicos podem reduzir em 62% as emissões de metano provenientes de aterros sanitários, mesmo adotando-se uma ambição moderada.
 - A coleta seletiva de orgânicos, a compostagem e recuperação mecânica e tratamento biológico de rejeitos, bem como a cobertura biologicamente ativa de aterros sanitários podem reduzir a emissão de metano em uma média de 95%. Outros métodos de tratamento, como alimentação animal e digestão anaeróbica, podem ser apropriados em algumas circunstâncias.
- O potencial de mitigação de sistemas resíduo zero no setor de gestão de resíduos é, em grande parte, subestimado e representa uma oportunidade subutilizada de mitigação de mudança climática.
 - Redução nas emissões “upstream” resultantes da extração, fabricação e transporte de recursos naturais através da redução de rejeitos e da demanda por matéria prima por meio de reutilização e reciclagem.
 - Acabar com a incineração de resíduos e a queima a céu aberto elimina emissões diretas de combustíveis fósseis e CO₂ biogênico.
 - O uso no solo do composto ou digestato pode melhorar a absorção de carbono do solo.
- Uma estratégia resíduo zero abrangente pode reduzir mais emissões do que o setor de resíduos produz, resultando em um setor “líquido negativo”.
- O plástico, um produto de combustível fóssil e um material especialmente problemático, tem uma enorme pegada de carbono, dois terços da qual são gerados na fase de produção. Como a reciclagem de plástico tem limitações críticas, são necessárias intervenções fortes de políticas públicas para reduzir sua produção.

2.1. Introdução

O setor de resíduos sólidos é uma fonte significativa de GEEs, incluindo metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂) biogênico e fóssil. Cálculos tradicionais indicam que 3,3% das emissões globais de GEE são provenientes do setor de resíduos.¹⁶ O potencial de mitigação do setor de resíduos por meio de sistemas resíduo zero, entretanto, é muito maior do que esse número sugere. Globalmente, 70% do total de emissões vem da cadeia de produção de materiais, desde a extração até o descarte.¹⁷ Nos EUA, 42% das emissões de GEE estão associadas ao ciclo de vida de todos os produtos.¹⁸ Uma boa gestão de resíduos – que inclui estratégias de separação dos resíduos orgânicos e priorizam a redução, reutilização e reciclagem (nessa ordem) – reduzirá drasticamente GEEs poderosos e de curta duração, como o metano, além de reduzir as emissões de outros setores (como mineração, agricultura, manufatura, transporte e



agricultura). Como resultado, o potencial de mitigação do setor de resíduos sólidos é maior do que suas emissões totais, tornando-o um potencial setor “líquido negativo”.¹⁹

Ao contrário das alegações da chamada indústria de conversão de resíduos em energia, a conversão de resíduos sólidos mistos em energia é uma abordagem que não se mostrou eficaz na busca por emissões líquidas negativas. A incineração em massa, que é a tecnologia mais comumente utilizada na conversão de resíduos em energia, emite muito mais GEE do que a energia que desloca.²⁰ Em vez de reduzir as emissões no setor de energia, aumenta-as. À medida que os países descarbonizam suas redes elétricas, essa discrepância só aumentará. Outras tecnologias como pirólise, gaseificação e arco de plasma falharam em alcançar sucesso tecnológico ou comercial.²¹ A coleta de gás de aterro sanitário, embora frequentemente necessária para mitigar as emissões de metano, é de eficácia incerta.²² Das tecnologias de conversão de resíduos em energia, apenas a digestão anaeróbica provou ser bem-sucedida, mas requer insumos orgânicos limpos em vez de resíduos mistos.

Os sistemas resíduo zero, por outro lado, reduzem as emissões de GEE por várias vias: a coleta seletiva e o tratamento de resíduos orgânicos evitam a emissão de metano em aterros; a prevenção da geração de resíduos e a reciclagem reduzem as emissões “upstream” causadas pela extração, fabricação e transporte de recursos naturais associados à produção de novos bens; acabar com a incineração de resíduos e a queima a céu aberto eliminam as emissões diretas de CO₂ fóssil e biogênico; e o uso no solo do composto ou digestato melhora a absorção de carbono.

2.2. Combate ao metano proveniente de aterros sanitários através dos resíduos orgânicos

2.2.1. Emissões de metano

O metano é um GEE poderoso, que retém 82,5 vezes mais calor do que o CO₂ em um período de 20 anos.²³ É responsável por aproximadamente 0,5°C de aquecimento no mundo de hoje.²⁴

Felizmente, o metano também se degrada de forma relativamente rápida em um período médio de 12 anos.²³ Reduzir as emissões de metano é, portanto, uma das maneiras mais rápidas de reduzir o aquecimento global e nos ajudar a ficar abaixo da meta de 1,5°C de aquecimento estabelecida pelo Acordo de Paris.

Uma redução rápida nas emissões dará aos países e comunidades ao redor do mundo a oportunidade necessária para descarbonizar suas economias e sociedades.

Globalmente, o setor de resíduos é responsável por aproximadamente 20% das emissões antrópicas de metano, o que o caracteriza como o terceiro maior setor gerador e o que mais cresce.²⁵ As emissões de metano provenientes de aterros sanitários resultam da decomposição de resíduos orgânicos – principalmente restos de alimentos – sob condições anaeróbicas (privadas de oxigênio).²⁶ Em algumas cidades, os aterros sanitários são a fonte dominante de emissões de metano.²⁷ Estudos recentes sugerem que esses números podem estar significativamente subestimados.²⁸ Medir a quantidade exata de metano emitida por aterros é um desafio, pois as taxas de geração de metano variam muito entre aterros e até mesmo de um local para outro no mesmo aterro, dependendo da temperatura, umidade e conteúdo orgânico.²⁹ Devido à imprecisão dos métodos de medição convencionais, como o “modelo de decaimento de primeira ordem” do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a incerteza da escala real das emissões de

metano ainda precisa ser abordada.³⁰

Embora a composição dos resíduos e o clima afetem as emissões de metano, as técnicas e tecnologias de gestão de resíduos empregadas representam os fatores mais importantes.³¹ Os lixões a céu aberto, que são frequentemente encontrados no Sul Global, são propensos a entrar em combustão lenta ou pegar fogo, reduzindo as emissões de metano, mas tornando-se as principais fontes de poluição tóxica do ar e da água. Aterros totalmente fechados, compactados e lacrados, normalmente encontrados no Norte Global, promovem a decomposição anaeróbica do lixo orgânico em metano. Os biorreatores, nos quais o lixiviado é reintroduzido no aterro, aumentam a geração de metano ao preencher as bolsas de ar e fornecer água aos micróbios anaeróbios. A cobertura biologicamente ativa, por outro lado, contém micróbios metanotróficos que consomem o metano antes que ele atinja a atmosfera, tornando-se a escolha ideal para aterros gerenciados durante a transição para coleta seletiva, compostagem de orgânicos e outras soluções resíduo zero.



@Lars Schoebitz

Potencial de Aquecimento Global (PAG) e Cálculos

O metano é um GEE muito mais poderoso do que o dióxido de carbono, mas tem um tempo de vida na atmosfera reduzido: 12 anos em média, enquanto o tempo de vida na atmosfera do dióxido de carbono atinge ~400 anos.³² O Potencial de Aquecimento Global (PAG) é uma ferramenta utilizada para agregar os efeitos dos GEEs com tempos de vida atmosféricos muito diferentes. Por convenção, o PAG de CO₂ é 1; para os demais gases, o PAG depende do prazo considerado. Para um gás de vida curta como o metano, o impacto está concentrado na primeira década, então o PAG de 20 anos (82) é muito mais alto do que o PAG de 100 anos. Ambos os PAGs são cientificamente corretos, e a escolha de qual usar é uma questão política e não científica (IPCC AR6 WG1 TS 3.3.3). Enquanto as regras iniciais do Acordo de Paris previam o uso de PAGs de 100 anos em relatórios nacionais, a crescente urgência em abordar as emissões de curto prazo está impulsionando a adoção de PAGs de 20 anos nas políticas.

A calculadora Inédit usada neste relatório baseia-se na literatura científica subjacente que usa PAGs de 100 anos. Como resultado, ela efetivamente subestima o impacto das emissões de metano. O impacto prático é que o resultado da redução dos orgânicos enviados para aterro sanitários é muito maior do que o expresso nos estudos de caso listados na página 48.

2.2.2. Alternativas ao aterro sanitário

2.2.2.1. Prevenção da geração de resíduos e recuperação de alimentos

A melhor medida para reduzir as emissões de metano provenientes de aterros sanitários é evitar o descarte de resíduos orgânicos, que representam a maior proporção do fluxo de resíduos sólidos. Tal como acontece com outros fluxos de resíduos, a prevenção da geração de resíduos é a medida com maior impacto. Uma proporção surpreendente de um terço de todos os alimentos produzidos é desperdiçada, o que corresponde a até 10% das emissões globais de GEE.³³ Combater o desperdício de alimentos reduz as emissões entre 0,8 e 4,4 toneladas de CO₂e por tonelada de resíduos evitados, e a redução abrangente dos resíduos de alimentos pode reduzir as emissões globais de GEE em 2% a 5%.³⁴ A maioria dessas reduções de

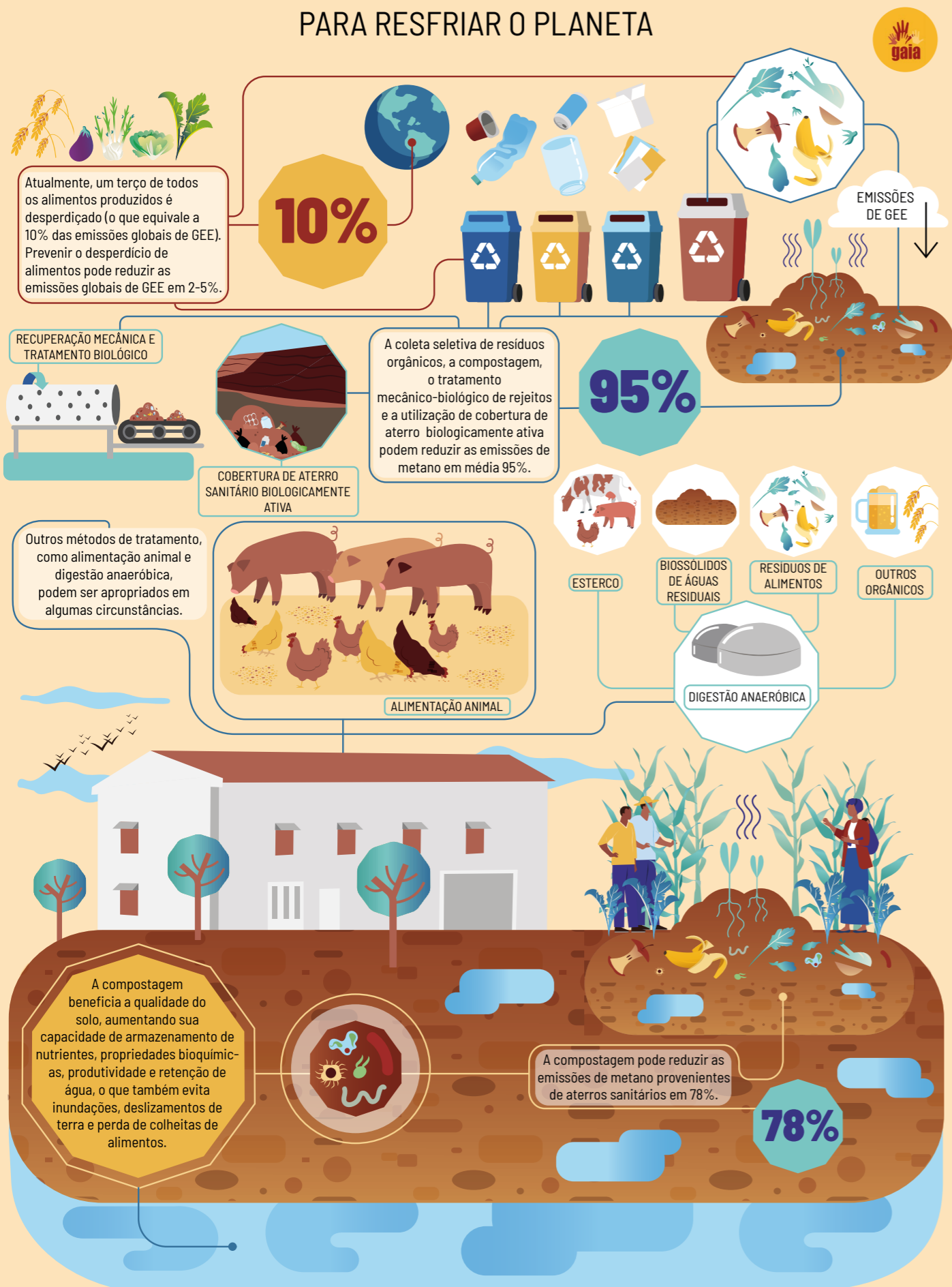
emissões ocorre na produção e transporte, antes mesmo de os alimentos chegarem aos consumidores, o que aponta para a existência de grandes ineficiências em nossos sistemas alimentares atuais.³⁵ Das oito cidades estudadas, apenas Bandung, na Indonésia, estuda um plano de ação para reduzir a geração de resíduos de alimentos; trata-se de uma estratégia negligenciada que merece mais atenção.

Quando a prevenção não é possível, a recuperação deve ser a próxima prioridade. Programas de recuperação e redistribuição de alimentos para comunidades carentes, por meio de redes de bancos de alimentos, despensas, mercearias, restaurantes e outros varejistas de alimentos, podem gerar reduções significativas de emissões e maior resiliência da comunidade. Por exemplo, em apenas três anos, o programa de resgate de alimentos de Milão, na Itália, conseguiu desviar 130 milhões de toneladas por ano de resíduos alimentares que iriam para aterros sanitários, colocando a cidade no caminho certo para atingir sua meta de 50% de



Fonte: Institute for Local Self-Reliance

O POTENCIAL INEXPLORADO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA RESFRIAR O PLANETA



redução de resíduos alimentares até 2030. ³⁶

2.2.2.2. Coleta e tratamento seletivos

No caso de resíduos orgânicos que não podem ser prevenidos ou recuperados, a melhor estratégia é a coleta e o tratamento seletivos. ³⁷ A coleta seletiva no ponto de geração (domicílios, empresas, etc.) é fundamental para evitar a contaminação cruzada de diferentes fluxos de resíduos, o que reduz a utilidade e o valor de materiais orgânicos e não orgânicos. Nesse contexto, o método de tratamento de resíduos orgânicos mais prevalente e de mais fácil implementação é a compostagem.

A compostagem, ou seja, a decomposição aeróbia (isto é, oxigenada) microbiana de resíduos orgânicos, pode ser realizada em uma variedade de escalas, desde casas individuais até em uma cidade inteira. As operações de compostagem bem conduzidas não atraem vermes nem criam odores. A compostagem evita uma média de 78% das emissões de metano que de outra forma seriam provenientes de aterros sanitários, levando a reduções significativas de emissões do setor de resíduos. ³⁸ Além disso, a escalabilidade das iniciativas de compostagem (do quintal ao industrial) permite uma variedade de abordagens de gestão de resíduos, incluindo sistemas altamente descentralizados. Uma vantagem da descentralização é que ela pode reduzir significativamente os custos de transporte e os impactos climáticos e de saúde pública do tráfego de caminhões pesados. Deve-se tomar cuidado para garantir uma aeração suficiente do composto, o que evita a digestão anaeróbica e a formação de águas residuais e metano. À medida que os resíduos orgânicos se decompõem, eles emitem vapor de água, CO₂ biogênico e pequenas quantidades de óxido nitroso (N₂O). No entanto, uma parcela significativa do carbono permanece no produto final, um composto rico em matéria orgânica. ³⁹ Este composto pode ser utilizado para fins agrícolas, gestão de águas pluviais e paisagismo, entre outros usos.

Outros métodos de tratamento para orgânicos separados na origem incluem digestão anaeróbica e ração animal. ⁴⁴ A digestão anaeróbica produz biogás rico em metano a partir de resíduos orgânicos em um recipiente fechado, evitando o problema de vazamento de metano em aterros sanitários. O biogás geralmente é queimado no local para geração de calor ou eletricidade. Isso produz emissões biogênicas de CO₂ (veja a barra lateral), mas pode substituir os combustíveis fósseis, principalmente para cozinhar. O digerido, uma pasta de matéria orgânica parcialmente decomposta, é o principal subproduto. Normalmente é desidratado, compostado e usado para correção do solo. A digestão anaeróbica funciona melhor em pequenas escalas; seu impacto reduzido a torna uma boa opção para ambientes urbanos congestionados com altos volumes de resíduos orgânicos e pouco espaço para infraestruturas de compostagem. ⁴⁵

Uma história de sucesso da compostagem em Pune, na Índia.

Um projeto de compostagem organizado e gerenciado pela cooperativa de catadores SWaCH em Pune (Índia) gera os benefícios duplos de reduzir as emissões de metano e produzir composto, desviando o lixo orgânico que seria despejado em aterro sanitário (onde o metano é gerado quando o lixo orgânico se decompõe) para uma infraestrutura de compostagem na origem (compostagem aeróbica). Além disso, a SWaCH é a maior cooperativa da Índia e é integralmente detida por catadores informais autônomos. Ele cria meios de subsistência sustentáveis para os catadores, especialmente para mulheres desfavorecidas, produzindo um composto valioso que combate o importante problema de degradação do solo.

Tal projeto é altamente adequado à realidade do Sul Global uma vez que os resíduos produzidos na região são principalmente orgânicos: 53% e 56% em países de média e baixa renda, respectivamente. ⁴⁰ Em Pune, a proporção de resíduos orgânicos domésticos (a maior fonte de resíduos) é de 72%. ⁴¹ A SWaCH fornece a experiência e os materiais necessários para instalar novas infraestrutura de compostagem em espaços residenciais e comerciais, e designa um catador treinado para manter a unidade de compostagem. Os resíduos são recolhidos por catadores treinados nas portas das casas dos cidadãos e entregues no local de compostagem in situ. Atualmente, 71 catadores gerenciam diariamente 7.000 Kg de resíduos orgânicos em 121 locais descentralizados. A SWaCH também ajuda os membros individuais da comunidade a manter os locais de compostagem já existentes, o que os torna elegíveis para requerer uma redução de 5% nos impostos sobre a propriedade. ⁴²

Trata-se de um exemplo claro de como um único projeto pode mitigar as emissões de GEE, aumentar a capacidade de adaptação às mudanças climáticas melhorando a saúde da terra e proporcionar benefícios adicionais por meio da criação de empregos e redução da desigualdade de gênero. O trabalho da SWaCH foi reconhecido internacionalmente e recebeu vários prêmios. ⁴³

Embora a perspectiva de geração de energia a partir de resíduos orgânicos seja atraente, a digestão anaeróbica deve ser empregada com cautela. Trate-se de uma alternativa muito mais cara do que a implementação de compostagem e que requer treinamento técnico para ser operada de forma eficaz.⁴⁶

Se o processo for mal administrado, pode haver repercussões negativas significativas. A má gestão inclui aterros sanitários do digerido, combustão do biogás em vez de queimá-lo para geração de energia, queima de combustíveis fósseis para aumentar a temperatura de processamento e processamento de culturas cultivadas para fins específicos em vez de resíduos de alimentos.

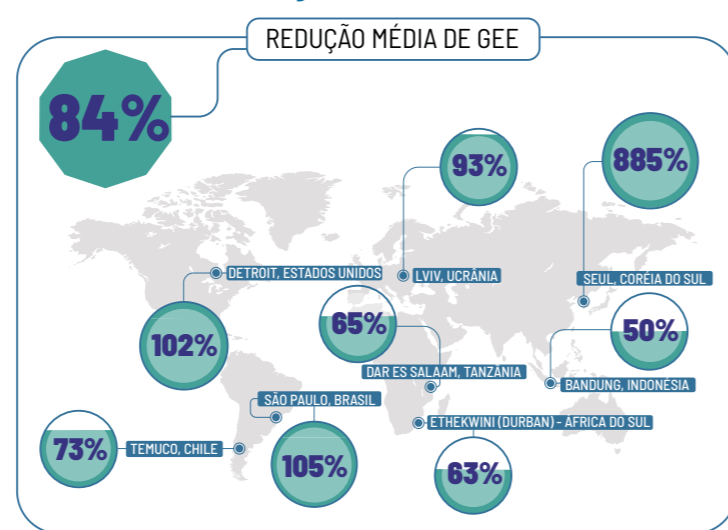
O uso de resíduos orgânicos como ração animal é outra forma de desviar os resíduos orgânicos dos aterros sanitários. Restos de comida são dados aos animais há milênios, e essa estratégia continua sendo comumente empregada em áreas rurais em todo o mundo. A alimentação animal é uma boa maneira de capturar o valor nutricional dos resíduos de alimentos; é também um bom substituto para o cultivo de alimentos para animais e seu uso intensivo de recursos. O potencial de redução de metano da ração animal ainda não foi quantificado de forma robusta, mas uma análise do ciclo de vida descobriu que esse método de tratamento supera o composto e a digestão anaeróbica em termos de desempenho geral de redução de emissões de GEE (Salemdeeb et al. 2017). No entanto, precauções devem ser tomadas para evitar a potencial transmissão de doenças, e a agricultura industrial é, obviamente, uma das principais fontes de emissões de GEE.

Em todas as cidades analisadas, exceto Seul, a coleta seletiva e o tratamento de orgânicos têm o maior potencial para reduzir as emissões de GEE. Coletar e tratar os resíduos separadamente – geralmente por meio de compostagem – reduziu as emissões de GEE em pelo

Coletar e tratar separadamente os resíduos orgânicos – geralmente por meio de compostagem – reduziram as emissões de GEE em 62%

E esse impacto está provavelmente subestimado, já que usa o valor PAG de 100 anos para o metano (veja o box). Seul é uma exceção porque já desvia 96% de seus resíduos orgânicos por meio de coleta separada

Gráfico que mostra o potencial original de emissões e reduções levando em consideração um desvio de 80% de orgânicos nas cidades



na origem, portanto, suas emissões são principalmente provenientes da incineração, e não de aterros sanitários.

A conclusão a que podemos chegar é que uma separação na origem adequada é a chave para o sucesso de qualquer programa de gestão de resíduos orgânicos. A separação na origem e o tratamento separado de orgânicos podem evitar a necessidade de medidas de mitigação subsequentes, como a coleta de gás de aterros sanitários.⁴⁷ Os resíduos separados na origem podem ser desviados com sucesso por meio de reciclagem ou compostagem. A contaminação cruzada, por outro lado, reduz a quantidade e a qualidade dos materiais recicláveis e compostáveis, podendo causar falhas operacionais em algumas tecnologias de tratamento, tais como a digestão anaeróbica.⁴⁸ A separação na origem é particularmente importante para garantir um composto de alta qualidade para aplicação no solo. Na Califórnia, o composto de alta qualidade alcança um preço premium no mercado, o que compensa significativamente os custos do gerenciamento de resíduos. O orçamento preliminar daquele estado também inclui US\$ 180 milhões para a implementação das exigências estaduais de separação e compostagem de resíduos orgânicos.⁴⁹

Boas práticas de separação na origem requerem a cooperação de indivíduos e empresas, que por sua vez dependem do contato contínuo e do envolvimento culturalmente adequado das autoridades locais responsáveis pela gestão de resíduos, juntamente com um esquema de separação na origem claro e de fácil utilização.

O sucesso dessa abordagem em locais tão diferentes quanto Itália, Índia, Coreia do Sul e Estados Uni-

dos é prova da viabilidade de estruturas de separação na origem, independentemente de cultura, clima ou circunstâncias políticas específicas.

2.2.3. Rejeitos

Mesmo com as melhores práticas de prevenção, separação na origem e tratamento de resíduos alimentares, alguns resíduos orgânicos continuarão a ser misturados aos dejetos residuais no futuro próximo. Para lidar com as emissões dessa “fração orgânica suja”, a União Europeia implementou políticas para reduzir drasticamente o despejo de resíduos não tratados em aterros sanitários.⁵⁰ Uma vez que um dos objetivos de uma estrutura resíduo zero é reduzir continuamente a quantidade de dejetos, é importante não construir uma infraestrutura demasiadamente grande para o gerenciamento de dejetos residuais; caso contrário, os custos irreversíveis dessa infraestrutura criarão um incentivo financeiro para a contínua geração de grandes quantidades de resíduos, desincentivando as práticas de redução e desvio de resíduos.

Enquanto alguma proporção de orgânicos permanecer nos dejetos residuais, esse material misturado deve passar por um processo de “bioestabilização”, que se refere a uma série de tratamentos, desde técnicas de mistura e aeração até recuperação de materiais mais complexos e sistemas de tratamento biológico. O objetivo da bioestabilização é reduzir o potencial de geração de metano dos dejetos residuais. Embora o processo seja semelhante à compostagem, não gera composto aproveitável, pois os dejetos residuais estão misturados e contaminados. Uma abordagem comum para estabilizar os rejeitos antes de seu despejo em um aterro sanitário é a recuperação mecânica e tratamento biológico, que demonstrou reduzir a geração de metano do aterro em 80-90% ou mais.⁵¹

Uma etapa final de mitigação para aterros que continuam recebendo uma fração orgânica suja ou para aterros mais antigos com resíduos orgânicos no local é o uso de cobertura de aterro biologicamente ativa (biocobertura). Embora um estudo tenha constatado que apenas 9% das emissões de metano de aterros sanitários se originam em aterros desativados, esses locais podem continuar a emitir metano décadas depois de ter sua operação suspensa.⁵³ Biocobertura refere-se ao solo e composto que contém micróbios metanotróficos, que se alimentam das emissões fugitivas de metano do aterro. Estudos mostraram que a biocobertura reduz as emissões fugitivas de metano em uma média de 63%. Em alguns casos, a biocobertura é tão eficaz que não apenas consome todas as

emissões fugitivas de metano, mas também reduz o metano atmosférico ambiente.⁵⁴

Quando comparado aos sistemas de captura de gás de aterros sanitários, que visam capturar e queimar gases contendo metano, o uso da biocobertura apresenta resultados mais benéficos. A captura de gás de aterro sanitário tem eficácia de mitigação altamente variável e está sujeita a incertezas referentes às taxas de emissão fugitiva.⁵⁵ Os problemas de longo prazo incluem a quebra dos tubos que coletam o gás de aterro, a incapacidade de recuperar energia do gás de aterro com baixo teor de metano e a poluição do ar pela combustão do gás. Os sistemas de coleta de gás de aterros sanitários representam uma das abordagens mais caras para a mitigação do metano e criam um incentivo perverso para a manutenção de altas taxas de geração de metano por meio do aterro de resíduos orgânicos que poderiam ter sido devolvidos ao solo.

A prevenção da geração de resíduos orgânicos, a separação na origem e o tratamento separado são elementos essenciais para mitigar as emissões de metano; tais medidas também são essenciais para o alcance do objetivo mais amplo de construir sistemas resíduo zero. Como os resíduos orgânicos são uma das maiores frações de resíduos sólidos urbanos, programas bem-sucedidos de desvio de resíduos orgânicos reduzem drasticamente a quantidade de dejetos residuais que requerem tratamento e descarte adicionais.

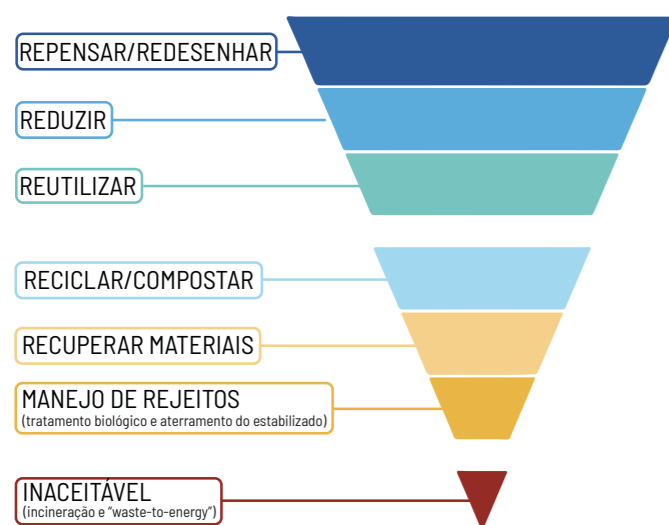
2.3. Maximização da redução, reutilização e reciclagem de resíduos não orgânicos

2.3.1. Hierarquia de resíduos

Embora o combate aos resíduos orgânicos seja fundamental para permitir cortes profundos nas emissões no setor de resíduos, outros materiais – principalmente papel, papelão, metal, vidro, têxteis e plásticos – são a chave para se alcançar uma situação de emissões líquidas negativas. Aqui, a hierarquia de resíduos é o melhor guia para minimizar as emissões de GEE, sendo a redução na origem a opção de escolha, já que produz maiores impactos. A redução na origem, a reutilização e a reciclagem reduzem as emissões ao minimizar a demanda por matérias-primas, a energia necessária para fabricar bens e a necessidade de transporte associado. Nos inventários nacionais, essas emissões são contabilizadas nos

HIERARQUIA RESÍDUO ZERO 8.0

Para versão detalhada visite: www.zwia.org/zwh



setores industrial, agrícola, de transporte e energia – não no setor de resíduos – o que explica como o resíduo zero pode reduzir mais emissões do que meramente aquelas associadas ao setor de resíduos.

Um estudo realizado pela EPA nos EUA demonstrou que a prevenção da geração de resíduos apresentou impactos negativos líquidos e os maiores benefícios climáticos dentre os métodos de gerenciamento de resíduos existentes, como reciclagem, compostagem, incineração e aterro.⁵⁶ As estratégias para redução na origem e incluem restringir a produção e distribuição de itens e embalagens de uso único e projetar produtos para serem duráveis, reparáveis, reutilizáveis e totalmente recicláveis ou compostáveis. Em uma economia circular, os produtos devem ser provenientes de materiais não tóxicos reutilizados, reciclados ou renováveis para minimizar a necessidade de extração e o uso de recursos naturais virgens, e as cidades devem institucionalizar sistemas de entrega alternativos para permitir e fortalecer modelos de reutilização e recarga.

As reduções de emissões provenientes de estratégias de separação na origem e de reciclagem também podem ser bastante substanciais. Nossa análise demonstra que, **Detroit, Lviv e São Paulo poderiam reduzir suas emissões de GEE em mais de 20%** por meio da coleta eficaz de materiais prontamente recicláveis – metais, vidro, papel e papelão, bem como pequenas quantidades de plástico e têxteis. Outras cidades, que já possuem setores eficientes de reciclagem formal (Seul) ou informal (Durban), têm menos espaço para melhorar; nesses casos, é importante evitar abordagens problemáticas, como a incineração de resíduos, que afetariam negativamente os sistemas de reciclagem existentes.

O potencial de mitigação da reciclagem depende da

intensidade energética e de emissões do material, que varia amplamente; para materiais com grande intensidade energética, como metais, as reduções podem chegar a 96% das emissões associadas à produção do produto original.⁵⁷ O potencial de mitigação através da prevenção de geração de resíduos e reciclagem muitas vezes não é plenamente realizado devido a incentivos econômicos desalinhados. Por exemplo, a resina plástica reciclada tem que competir com a resina virgem subsidiada, reduzindo as taxas de reciclagem bem abaixo dos níveis tecnicamente viáveis.⁵⁸

2.3.2. Plástico

O plástico é um material onipresente e especialmente problemático. A produção de plástico está crescendo em 3,5-4% ao ano, dobrando a cada 20 anos.⁵⁹

Como 70% do plástico se torna resíduo dentro de um ano de sua produção, a geração de resíduos plásticos também está crescendo em uma proporção semelhante.⁶⁰

Como um produto de combustíveis fósseis, o plástico tem uma enorme pegada de carbono, dois terços da qual se concentra na fase de produção. CO₂ adicional é emitido quando o carbono é queimado, por exemplo, em incineradores. A julgar pelos investimentos atuais na expansão da capacidade de produção de plástico, de 2015 a 2050, a pegada de GEE do plástico no mundo será de 129 bilhões de toneladas combinadas.⁶¹ Somente nos EUA, as emissões de GEE da produção e destruição de plástico devem exceder a pegada de GEE do setor de energia.⁶² Se o plástico fosse um país, sua pegada global de carbono seria a quinta maior entre todas as nações.⁶³

Infelizmente, a reciclagem não é tão eficaz para o plástico quanto para outros materiais: os resíduos plásticos são uma mistura de diferentes polímeros, aditivos, contaminantes e outros materiais que são difíceis ou impossíveis de serem devidamente separados. Como resultado, uma parcela muito pequena do plástico (9%) é reciclada com sucesso.⁶⁴ Processos alternativos como pirólise e solvólise, que a indústria do plástico chama de “reciclagem química”, têm altas demandas de energia, baixa eficiência e enormes pegadas de carbono.⁶⁵ No entanto, mesmo tecnologias de reciclagem aperfeiçoadas não abordariam as emissões upstream da crescente produção de plástico, o que é incompatível com uma meta de emissões líquidas zero. A redução da geração é, portanto, a chave para restringir a pegada de GEE proveniente do plástico.

A produção de plástico precisa diminuir em vez de crescer nos próximos anos.⁶⁴ Mas a redução da pro-

dução não é do interesse das indústrias de petróleo, gás e petroquímica, que atualmente estão investindo bilhões de dólares na expansão de sua capacidade. O uso de plástico é impulsionado não pelo aumento da demanda, mas pelo aumento da oferta, com a indústria buscando ativamente novos mercados para o plástico para compensar as vendas estagnadas de combustíveis para transporte.⁶⁷ Medidas que afetem a demanda, como a promoção de modelos de negócios sem plástico e baseados em reutilização, embora importantes, são insuficientes para conter o crescimento da produção de plástico. São necessárias intervenções fortes por meio de políticas públicas. As políticas mais populares adotadas até o momento são a proibição de categorias de plástico, como plásticos de uso único e embalagens difíceis de reciclar. Políticas adicionais provavelmente serão necessárias, como a proibição de novas fábricas de plástico e a expansão das categorias de plásticos proibidos. Outras medidas políticas potenciais, como um imposto sobre plásticos, ainda não obtiveram consenso. A necessidade universalmente reconhecida de políticas mais fortes pode ser vista no texto da resolução [UNEP/EA.5/Res.14](#) da Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que iniciou um processo de negociação para um novo tratado global sobre o plástico. Pela primeira vez, um teto global para a produção de plástico está sendo discutido.

O plástico produzido deve ser projetado levando-se em consideração sua futura reutilização e reciclagem. Isso significa evitar o uso de aditivos, substâncias tóxicas, polímeros mistos, polímeros não recicláveis (como cloreto de polivinila) e embalagens feitas de materiais diversos, que impedem a reciclagem mecânica. Ao mesmo tempo, faz pouco sentido investir valores altos em instalações industriais pesadas (como as de reciclagem química e incineração) para lidar com fluxos de resíduos cuja eliminação progressiva é esperada; esses custos irreversíveis criarão incentivos para continuar a produção de plásticos.

As cidades assumiram a liderança na proibição de plástico desnecessário e não reciclável, e essas proibições muitas vezes têm sido trampolins para proibições estaduais/estaduais e até nacionais. Proibições municipais de plástico de uso único foram propostas em 7 cidades abordadas neste estudo. Apesar da quantidade relativamente pequena de resíduos que essas proibições visam, as reduções de emissões de GEE podem ser consideráveis, principalmente em cidades que usam grandes quantidades de plástico. Além de reduzir as emissões de GEE, essas proibições são importantes para o controle de enchentes, redução dos custos de gerenciamento de resíduos e prevenção da poluição plástica no meio ambiente.



@Ivan Radic

2.4. O fim da combustão de resíduos

A incineração e a queima a céu aberto de resíduos (esta última geralmente em conjunto com o despejo a céu aberto) são práticas comuns no Norte Global e no Sul Global, respectivamente. Ambas emitem grandes quantidades de GEE, principalmente CO₂ fóssil (resultante da combustão do plástico), CO₂ biogênico (resultante da combustão de papel, papelão e resíduos de alimentos) e N₂O, além de particulados. Embora existam relativamente poucos dados sobre o impacto das queimadas a céu aberto, essa é uma prática universalmente reconhecida como problemática, que deve ser eliminada gradualmente por razões climáticas e de saúde ambiental. A queima a céu aberto e o despejo a céu aberto ocorrem principalmente onde as autoridades locais não têm recursos para coletar e gerenciar adequadamente os resíduos. Essas práticas são agravadas pelo aumento dramático na produção de plástico, que está aumentando a quantidade de resíduos e alterando sua composição, causando aumento nas emissões de GEE e de substâncias tóxicas.

A incineração é a estratégia de gestão de resíduos mais cara e uma das principais fontes de GEE e emissões tóxicas.⁶⁸

Mesmo levando em conta a economia de emissões proveniente da geração de eletricidade, cada tonelada de plástico queimada em um incinerador resulta na liberação de cerca de 1,43 tonelada de CO₂.⁶⁹ Seus altos custos de capital e necessidade de conhecimento técnico criam o risco de fazer com que as cidades fiquem aprisionadas em práticas indesejáveis por décadas.⁷⁰ Os incineradores tiveram melhor desempenho em cidades onde o calor residual pode ser usado em uma rede de aquecimento urbano; caso contrário, a eletricidade produzida é mais intensiva em carbono do que a rede elétrica, o que implica que substituição de fontes de eletricidade com menor emissão.⁷¹ Nos países em desenvolvimento, a incineração não se mostra como uma estratégia prática devido ao alto teor de umidade e baixo poder calorífico (capacidade de aquecimento) do fluxo de resíduos municipais.⁷²

No entanto, muitos estudos continuam a promover a incineração como medida de mitigação, pois tal estratégia evita a emissão de gases de aterro e produz energia. Esses estudos baseiam-se em uma comparação com o pior cenário possível para concluir que a incineração é uma opção melhor. Em particular, eles geralmente assumem que os resíduos urbanos não separados, com alto teor orgânico, serão enviados para aterros sem medidas significativas de remediação de metano.

Embora essa situação descreva a prática atualmente empregada em muitos locais ao redor do mundo, ela não é universal. Mais importante ainda, é improvável que sua adoção continue nos níveis atuais. O estabelecimento de metas de emissões líquidas zero sob o Acordo de Paris significa que os aterros, como emissores significativos de metano, não podem mais ser considerados uma parte aceitável do status quo e do “*business as usual*”. Na União Europeia, por exemplo, o pré-tratamento de resíduos depositados em aterro agora é obrigatório, e os países devem implementar planos para evitar o aterro de resíduos orgânicos. O Acordo de Paris estabeleceu uma referência clara – zero emissões,⁷³ – que deverá guiar todos os projetos climáticos. Um projeto não pode mais alegar mitigar emissões com base no fato de que suas emissões, embora altas, são inferiores a uma alternativa hipotética e completamente evitável (como mostra o capítulo XX); todos os projetos deverão visar emissões zero. No caso dos incineradores, isso implica em seu desligamento, o que remove uma importante fonte de emissões e contribui para uma rede elétrica mais limpa.⁷⁴

Esta é precisamente a situação em Seul, a única cidade do estudo que depende significativamente da incineração. Em Seul, as emissões da incineração são cinco vezes maiores do que as de aterros sanitários e quase duas vezes maiores do que fontes alternativas de energia. A eliminação da incineração transformaria o setor de resíduos de Seul, reduzindo suas emissões em uma ordem de grandeza. Da mesma forma, acabar com a queima a céu aberto de resíduos nas cidades onde tal prática é prevalente é uma medida importante, embora muito mais difícil de quantificar devido à falta de dados sobre a prática.

2.5. Vantagens do armazenamento de carbono no solo

A compostagem traz muitos benefícios (vide o capítulo 3.4.), incluindo efeitos de mitigação diretos e indiretos. Os efeitos de mitigação resultantes do uso de composto, incluindo o digestato resultante da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos, no solo são múltiplos: as emissões de GEE associadas ao uso de fertilizantes sintéticos, turfa e/ou pesticidas são evitadas; as emissões de N₂O relacionadas ao uso de fertilizantes sintéticos são reduzidas; as emissões associadas à lavagem e irrigação são reduzidas; e a absorção de carbono atmosférico pelo solo e pelas plantas é aumentada.⁷⁵

O composto é um condicionador de solo rico em

carbono. Quando aplicado ao solo, estimula inúmeros processos biológicos que resultam na emissão de uma parte do carbono na forma de CO₂, permanecendo o restante armazenado no solo e na biomassa subterrânea. A quantidade de carbono que pode ser armazenada no solo e por quanto tempo tal armazenamento pode ocorrer são questões científicas ainda em aberto. Em Marin County, na Califórnia, uma única aplicação de composto em pastagens degradadas resultou em aumentos dramáticos na capacidade de retenção de água, produtividade de forragem e sequestro de carbono.⁷⁶ O armazenamento de carbono no solo é fortemente afetado pela temperatura, precipitação, uso da terra, tipo de solo e grau de degradação do solo e, portanto, seu potencial é altamente variável e específico de cada local. Embora o armazenamento de carbono no solo não substitua as reduções de emissões, terras agrícolas degradadas são um problema global, e devolvê-las à saúde implicaria um *drawdown* de 15,12–23,21 GT de carbono, 11–17% da quantidade de carbono do solo que foi perdida desde que os humanos se estabeleceram na vida agrícola há cerca de 12.000 anos.⁷⁸ No mínimo, o composto fornece uma excelente alternativa aos fertilizantes sintéticos, que são um produto de combustíveis fósseis que requerem o uso intensivo de energia e geram grande volume de emissões.



@Rommel Cabrera/GAIA



@Nipe Fagio

O setor informal e a mitigação dos GEEs

O setor informal desempenha um papel crítico na gestão de resíduos, particularmente, mas não exclusivamente, nos países em desenvolvimento. Na maioria dos países em desenvolvimento, o setor informal é responsável por grande parte das atividades de reciclagem, coletando até 45% do fluxo total de resíduos.⁷⁹ Essa coleta acontece nas portas das casas, em pontos intermediários de transferência e em lixões a céu aberto. Essa atividade, também conhecida como coleta seletiva, reduz os custos de coleta ao público, fornece matéria-prima para empresas formais e reduz as emissões de GEE.⁸⁰

O mercado de reciclagem é altamente desregulado e volátil, resultando na coleta apenas de recicláveis de alto valor (metais, vidro, produtos de papel e alguns tipos de plástico). Os mercados de reciclagem de plástico são ainda mais prejudicados por aditivos e contaminantes no plástico e pelo baixo custo do polímero virgem, tornando a maior parte da coleta de plástico antieconômica. Os orgânicos separados na origem podem fornecer um fluxo de renda adicional para os catadores, mas o valor de mercado do produto final (composto) geralmente não é suficiente para justificar os custos de mão de obra e transporte. Além disso, há desafios práticos em fazer com que os moradores pratiquem a separação na fonte e em encontrar terra e equipamentos para compostagem. Muitos projetos superaram com sucesso esses obstáculos por meio de colaborações entre ONGs e governos locais. Moraes, governos locais ou ambos arcam com os custos do programa, que são bancados pela venda do composto. Os benefícios do programa, apenas em termos de redução de emissões de GEE, superam seus custos.

Correspondendo a cerca de 0,5% a 2% da população global (12,5–56 milhões de pessoas), o setor informal de resíduos é uma importante parte dos sistemas de gestão de resíduos existentes e deve ser incorporado ao planejamento de melhorias do sistema.⁸¹ Especialistas no campo da reciclagem informal recomendam uma estrutura de governança participativa, incluindo o reconhecimento legal do acesso ao lixo, contratos adequados, apoio a organizações dirigidas por membros, provisão de infraestrutura e estruturas de proteção social.⁸² A integração do setor informal pode gerar resultados sociais e econômicos benéficos, ao mesmo tempo em que pode aumentar o potencial de mitigação de GEE, por exemplo, por meios eficientes de coleta e tratamento de orgânicos separados na origem.⁸³

CO₂ biogênico

O CO₂ biogênico é definido como o CO₂ emitido na atmosfera a partir da combustão ou decomposição de biomassa viva até recentemente, incluindo madeira, papel, alimentos e outros materiais vegetais. Esse CO₂ é distinto do CO₂ fóssil, que resulta da combustão do carbono preso na crosta terrestre ao longo do tempo geológico. A contabilização do CO₂ biogênico é mais complicada do que a contabilização do CO₂ fóssil, uma vez que o primeiro também é emitido por plantas, animais e micróbios como parte do ciclo natural do carbono. Sem a influência humana, assume-se que este ciclo natural do carbono está aproximadamente em equilíbrio, pelo menos em escalas de tempo relevantes para as políticas humanas (por exemplo, menos de 100 anos). O desafio é determinar quanto a atividade humana que gera CO₂ biogênico adiciona à atmosfera para além da linha basal natural. Infelizmente, a linha basal natural é difícil de ser calculada; há considerável incerteza científica sobre os reservatórios e a dinâmica do carbono no solo, por exemplo. Há também desafios significativos na medição dos fluxos de CO₂ biogênico na terra, plantações e florestas. (O carbono fóssil, por outro lado, praticamente não tem transferência natural para a atmosfera, então todas as emissões de CO₂ fóssil são de natureza antropogênica).

Em suas diretrizes para inventários nacionais de emissões, o IPCC instrui as autoridades nacionais a relatar as emissões biogênicas separadamente das emissões de CO₂ fóssil. Isso é, em parte, para evitar que as maiores incertezas em torno do CO₂ biogênico obscureçam a imagem das emissões fósseis. O IPCC também indica que o CO₂ biogênico não deve ser incluído no total de emissões do setor elétrico (que inclui incineradores de resíduos para gerar energia e usinas movidas a biomassa) porque essas emissões já são contabilizadas nas áreas de Agricultura, Florestas e uso da Terra; reportá-los duas vezes equivaleria a uma dupla contagem. Esta orientação foi amplamente mal interpretada como uma indicação de que as emissões biogênicas não contribuem para a mudança climática ou não precisam ser relatadas. Essa interpretação errônea já foi completamente desacreditada⁸⁴, mas continua sendo uma prática comum, permitindo que incineradores de resíduos para gerar energia (WTE) e fornos de cimento se beneficiem da situação. A melhor prática científica é relatar as emissões de CO₂ biogênico e fóssil separadamente, como faz a EPA nos EUA.

As emissões biogênicas de CO₂ no setor de resíduos derivam em grande parte da combustão ou decomposição aeróbica de biomassa (resíduos de alimentos, resíduos de quintal/jardim, madeira e produtos de papel). Além disso, o CO₂ resultante da combustão ou decomposição do metano (proveniente de aterros sanitários ou digestores anaeróbios) é biogênico. (Se o próprio metano for liberado, a emissão não é considerada biogênica, pois a geração de metano resulta de atividade humana).

As técnicas de gestão de resíduos diferem significativamente em suas emissões biogênicas de CO₂. Incineradores e queimas a céu aberto convertem praticamente todo o carbono dos resíduos em CO₂, que são imediatamente liberados na atmosfera. Os aterros sanitários convertem grande parte do carbono orgânico em metano ou CO₂, mas mais lentamente; as melhores estimativas indicam que aproximadamente 50% do carbono orgânico enterrado em aterros lá permanecerá por pelo menos um ano.⁸⁵ A madeira, em particular, é resistente à decomposição em aterros e pode persistir por séculos. O processo de compostagem também emite uma grande proporção de seu carbono orgânico como CO₂, mas pode ser uma maneira eficaz de aumentar o armazenamento de carbono no solo, particularmente em solos degradados.⁸⁶ Em muitos casos, tal prática tem resultado em armazenamento significativo de carbono no solo a longo prazo.

A contabilização dos diferentes destinos do carbono biogênico é complexa. A abordagem mais precisa é levar em conta todos os fluxos. A calculadora usada neste estudo omite as emissões biogênicas porque se baseia na literatura subjacente existente, que é inconsistente em sua abordagem do CO₂ biogênico. Como resultado, nossos cálculos subestimam os benefícios da compostagem e do fim das práticas de incineração e da queima a céu aberto.

Resíduo zero e adaptação climática

Resumo do capítulo

- As cidades podem suportar os impactos das mudanças climáticas e construir resiliência climática implementando estratégias resíduo zero.
- As cidades podem reduzir os riscos de inundação por meio de proibições de plástico e sistemas de coleta universal que impedem que os resíduos bloqueiem canais de drenagem e o fluxo dos córregos. Países como Bangladesh, Índia, Botsuana, Ruanda, África do Sul, Tanzânia e Uganda já adotaram medidas de redução de resíduos plásticos para evitar inundações.
- A gestão adequada de resíduos orgânicos e a prevenção de bloqueios de canais de drenagem podem prevenir a transmissão de doenças por roedores, mosquitos e outros vetores de doenças. A coexistência de gestão inadequada de resíduos sólidos, bloqueio de canais de drenagem por resíduos – especialmente plásticos – e a propagação de habitats propícios para a proliferação de vetores de doenças foram observados em Gana e na Índia, entre outros países.
- A compostagem cria múltiplos benefícios para a adaptação ao clima; aumenta o nível de nutrientes nos solos, melhora a estrutura do solo, mitiga a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e previne a erosão do solo e desastres naturais associados, como inundações e deslizamentos de terra.

3.1. Introdução

Acredita-se que as mudanças climáticas aumentarão a frequência e a gravidade de eventos climáticos extremos e riscos à saúde. A coleta e gestão indevida de resíduos estão entre os fatores que deixam as cidades expostas à ameaça dos impactos climáticos e seus riscos relacionados à saúde pública. Estes riscos incluem canais de drenagem de água bloqueados por resíduos que contribuem para inundações; locais de coleta mal administrados que abrigam roedores, moscas e outros vetores de doenças; e emissões tóxicas e lixiviados provenientes de estações de tratamento de resíduos que matam plantas e animais essenciais aos sistemas aquáticos ou terrestres, resultando em comprometimento da saúde do solo e danos à biodiversidade.

No entanto, as conversas sobre adaptação às mudanças climáticas – ou seja, sobre as medidas que devem ser adotadas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos contra os impactos das mudanças climáticas – raramente reconhecem o papel da gestão de resíduos, geralmente limitando essa discussão à realocação de estações de tratamento de resíduos e ao reforço da infraestrutura em resposta a altas temperaturas, inundações, secas, tempestades e elevação do nível do mar.

Embora essas estratégias visem a redução do risco de desastres e a continuação segura dos principais serviços relacionados ao gerenciamento de resíduos, as soluções resíduo zero têm um grande potencial para proteger as comunidades dos riscos à saúde ambiental causados pelo clima. Temos acesso a pesquisas e melhores práticas que fornecem evidências de que a implementação de estratégias resíduo zero pode ajudar as cidades a resistirem aos impactos das mudanças climáticas.

Este capítulo discute três estratégias resíduo zero que podem ajudar as cidades a se adaptarem e prevenirem ainda mais as mudanças climáticas:

1. proibição de plásticos e sistemas de coleta universal para diminuir os riscos de inundação;
2. gestão adequada de resíduos orgânicos e prevenção de entupimentos de canais de drenagem para prevenir a transmissão de doenças;
3. compostagem para aumentar a resiliência do solo

3.2. Resíduo zero e prevenção de inundações

3.2.1. Impactos das inundações

À medida que a temperatura global aumenta, espera-se que a ocorrência e a intensidade de eventos extremos de inundação aumentem.⁸⁷ Uma atmosfera mais quente retém mais umidade e calor, resultando em frequentes chuvas intensas e tempestades que aumentam a chance de inundações.⁸⁸ As inundações podem ter consequências graves para as comunidades; elas ameaçam vidas, inundam propriedades e danificam infraestruturas essenciais. Inundações maciças destroem os meios de subsistência, impedem o crescimento econômico e podem até levar a situações politicamente voláteis, como visto na África, Ásia e Oriente Médio durante a última década.⁸⁹

Os impactos comuns na saúde humana incluem lesões, infecções e problemas de saúde mental. Um estudo sobre os riscos de inundação documentou depoimentos de moradores locais em distritos pobres de Manila, nas Filipinas, que sofreram infecções respiratórias, alergias de pele e doenças gastrointestinais, sendo as crianças as mais atingidas.⁹⁰ Alguns dos entrevistados pela pesquisa chegaram a relatar ter testemunhado mortes súbitas ou doenças graves após certas inundações, pois a comunidade carecia de assistência médica adequada.⁹¹ Embora os surtos de doenças infecciosas pós-inundações sejam relativamente raros, casos de cólera foram relatados em Zâmbia em 2010, onde o Ministério da Saúde confirmou 564 casos após uma enchente, com 30 mortes registradas em Lusaka.⁹² A gestão indevida das águas residuais e o acesso inadequado à água potável exacerbam essas ameaças à saúde.⁹³ Os efeitos a longo prazo das inundações sobre a saúde podem ser causados por deslocamentos, escassez contínua de água potável, falta de acesso a serviços públicos e atraso na recuperação das condições de saúde.⁹⁴

Embora a gestão indevida de resíduos possa ser um dos principais fatores que contribuem para inundações (conforme discutido no capítulo a seguir), as inundações em si representam uma ameaça à infraestrut-

tura de resíduos sólidos, como aterros sanitários. Sem sistemas adequados de captação de água, chuvas fortes e inundações subsequentes a tempestades extremas podem minar as fundações dos aterros, liberando lixiviados nas águas subterrâneas e fazendo com que os resíduos entupam outras infraestruturas.⁹⁵ Na Áustria, cerca de 30% dos aterros estavam



@Kira Erwin

localizados em áreas propensas a inundações, dos quais apenas 5% estavam equipados com instalações de proteção adequadas.⁹⁶ O fardo suportado pelas comunidades afetadas deverá se intensificar à medida em que as mudanças climáticas aumentam, especialmente entre os habitantes de comunidades de baixa renda localizadas em locais propensos a inundações.⁹⁷

3.2.2. Resíduos agravam inundações

Os resíduos não tratados ou geridos de forma inadequada agravam as inundações, especialmente em áreas de assentamentos informais com sistemas de drenagem insuficientes. Mesmo em ambientes urbanos planejados, os resíduos que entopem os sistemas de drenagem aumentam a vulnerabilidade às inundações. A pandemia de Covid-19 exacerbou ainda mais esse problema, com equipamentos de proteção individual descartados aumentando o volume de lixo que chega aos bueiros.⁹⁸

O guia do Banco Mundial para a gestão do risco de inundações urbanas, publicado em 2013, reconhece a coleta indevida de resíduos como um fator que pode causar ou agravar os seguintes impactos adversos:⁹⁹

- canais de drenagem bloqueados, propiciando inundações
- aumento na incidência de doenças (por exemplo,

resíduos levam ao acúmulo de material no qual mosquitos depositam ovos ou que servem de alimento para ratos)

- infecções, especialmente por contato com material hospitalar e esgoto
- toxicidade química, especialmente causada por medicamentos descartados junto com resíduos comerciais e industriais
- contaminação de águas superficiais e subterrâneas
- contaminação da cadeia alimentar

O despejo de resíduos não coletados é a causa mais prevalente de inundações em locais com sistemas inadequados de coleta de resíduos. Em Saint Louis, no Senegal, a falta de sistemas de coleta de resíduos domésticos, juntamente com as águas residuais provenientes de residências e outros estabelecimentos é a principal causa de entupimento dos canais de drenagem naturais; sistemas de drenagem inadequados agravaram a situação.¹⁰⁰ Em Manila, nas Filipinas, o despejo de resíduos sólidos foi identificado como um fator chave na prevalência de infecções durante e após as enchentes, juntamente com bloqueios nos canais de drenagem e sistemas de saneamento precários.¹⁰¹ Em Lagos, na Nigéria, os resíduos sólidos urbanos não recolhidos e despejados em locais não autorizados são também uma das principais causas das inundações. Entre 2007 e 2013, os resíduos que entupiram os canais de drenagem e impediram o fluxo livre das águas pluviais durante chuvas fortes resultaram em inundações em 126 ruas.¹⁰²

Problemas de drenagem causaram a adoção de medidas rápidas de redução de resíduos, como visto em Ruanda, Tanzânia e Uganda – países que proibiram sacolas plásticas para evitar inundações. Da mesma forma, a África do Sul e Botswana impuseram impostos sobre a distribuição de sacolas plásticas nos últimos anos.¹⁰³ Depois de passar por uma trágica inundação em Acra, em 2015, na qual pelo menos 150 pessoas morreram, Gana também está considerando implementar restrições à produção e uso de sacolas plásticas.¹⁰⁴

3.2.3. Implementação de sistemas resíduo zero como medidas de prevenção de inundações

O bloqueio de canais de drenagem resultante do tratamento indevido de resíduos pode ser efetivamente evitado ao se minimizar a geração de resíduos e vazamentos subsequentes.

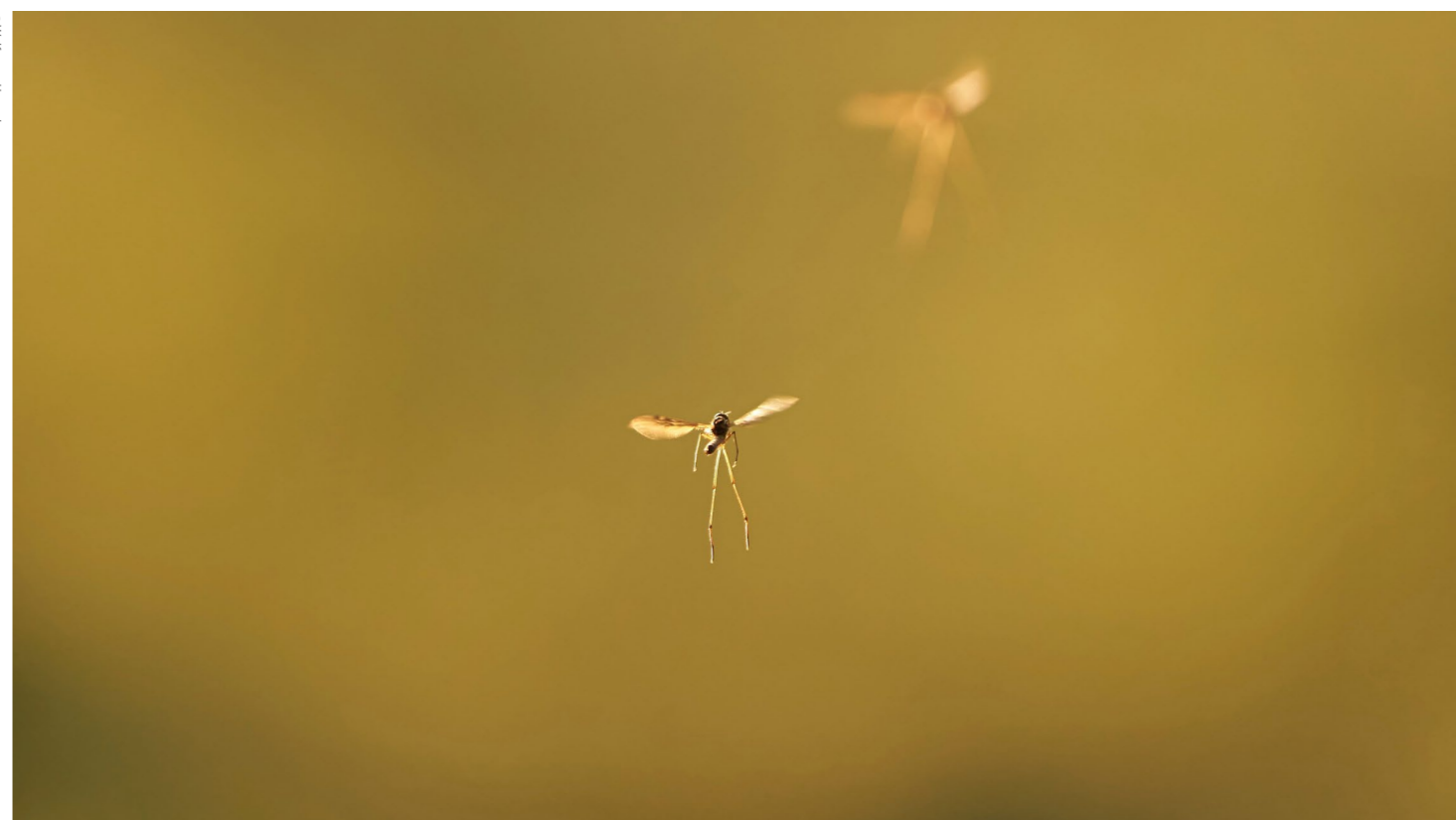
Em Bangladesh e na Índia, há uma ligação clara entre resíduos plásticos e inundações. Em 2002,

*Bangladesh se tornou o primeiro país do mundo a banir todas as sacolas de polietileno, depois de descobrir que esse lixo foi responsável por uma enchente em 1988 que submergiu metade do país, causando a disseminação contínua de doenças transmitidas pela água.*¹⁰⁵

A Índia também proibiu a maioria das sacolas plásticas em 2005 após uma enchente, causada por sistemas de drenagem e lixo mal administrados, que causou a morte de mais de 1.000 pessoas, principalmente em Mumbai.¹⁰⁶ Nesses casos, os impactos devastadores das inundações levaram a uma legislação que proíbe o uso de sacolas plásticas, o que mostra como as cidades podem agir para ajudar a prevenir futuros eventos de inundação, aplicando princípios de precaução para minimizar os riscos ambientais, sociais e econômicos associados ao uso de sacolas plásticas que bloqueiam os cursos d'água.¹⁰⁷

Um estudo acadêmico estima que a melhoria dos canais de drenagem existentes e a gestão adequada de resíduos sólidos ajudariam a evitar que cerca de 322 hectares de terra fossem inundados em Sylhet, Bangladesh.¹⁰⁸ Tal estudo propõe: (i) separação na

@Wafiq Hussain



origem de resíduos orgânicos; (ii) gestão adequada dos resíduos plásticos; e (iii) compostagem local de resíduos orgânicos ou disposição adequada em aterros como possíveis soluções, com a observação de que “tais intervenções podem ser implementadas em prazos razoavelmente curtos”¹⁰⁹

3.3. Resíduo zero e controle de insetos vetores

3.3.1. Mudanças climáticas e o aumento da prevalência de doenças transmitidas por vetores

À medida que as mudanças climáticas se aceleram, elevando as temperaturas globais e causando chuvas mais fortes e subsequentes inundações, tais fatores podem propiciar condições favoráveis à reprodução de artrópodes hematófagos, como mosquitos, carrapatos, triatomíneos e flebotomíneos,¹¹⁰ que são vetores de doenças transmissíveis, como a dengue,

malária e a doença de Lyme. O risco de transmissão aumenta porque os vetores artrópodes de sangue frio são especialmente sensíveis aos fatores climáticos; em climas mais quentes, eles crescem e se reproduzem mais rápido, em parte devido à digestão mais rápida do sangue.¹¹¹ O aumento do volume de chuvas também pode criar mais locais de reprodução e maior disponibilidade de alimentos.¹¹² Um clima mais quente e períodos de inverno mais curtos também contribuem para o aumento da população de roedores,¹¹³ e chuvas fortes podem espalhar doenças bacterianas transmitidas por eles.¹¹⁴

3.3.2. Correlação entre resíduos e doenças transmitidas por vetores

Além dos fatores que afetam as doenças transmitidas por vetores, como variação sazonal do clima, status socioeconômico, programas insuficientes de controle de vetores, mudanças ambientais e resistência a medicamentos, o gerenciamento inadequado de resíduos pode aumentar ainda mais o desafio de controlar tais doenças.

Como visto no capítulo anterior sobre inundações, cursos d'água entupidos com resíduos gerenciados inadequadamente causam inundações que geram criadouros favoráveis para muitos vetores de doenças. As sacolas plásticas costumam ser o principal obstáculo para a gestão adequada de resíduos e a melhoria da drenagem, levando à proibição de sacolas em vários países e cidades, principalmente no continente africano. No sul de Gana, a gestão inadequada de resíduos sólidos e os canais de drenagem bloqueados por resíduos – especialmente lixo plástico – aumentaram a presença de criadouros permanentes de mosquitos.¹¹⁵ Outro estudo realizado em cidades costeiras de Gana chegou a conclusões semelhantes sobre a correlação entre a gestão de resíduos e

reprodução de mosquitos, enfatizando ainda mais o impacto potencial das condições climáticas futuras.¹¹⁶

Recipientes, latas e pneus de carro descartados também podem se tornar ambientes propícios para a reprodução de vetores de doenças ao se tornarem depósitos de água da chuva, onde mosquitos – que transmitem filariose, febre amarela, dengue e várias outras infecções arbovirais – podem se reproduzir.¹¹⁷ Um estudo sobre mosquitos *Aedes* alertou contra o uso contínuo e indiscriminado de plástico e para má gestão de resíduos, apontados como fatores que aumentam a possibilidade de transmissão da dengue.¹¹⁸

A gestão inadequada de resíduos orgânicos é outro fator importante para a reprodução de vetores de doenças no setor de resíduos. Resíduos orgânicos de residências e empresas atraem moscas e baratas e outros hospedeiros potenciais de infecções.¹¹⁹ Em particular, um estudo descobriu que resíduos doces, como restos de bolo de chocolate, aumentaram a transmissão de vetores da dengue, tendo efeito semelhante ao da alimentação de mosquitos da dengue com sacarose, uma importante fonte de nutrição.¹²⁰

Quando os resíduos orgânicos poluem águas superficiais já contaminadas com outras formas de resíduos, os mosquitos e as moscas domésticas podem se reproduzir mais facilmente.¹²¹ Em Calcutá, na Índia, os canais de esgoto têm maior probabilidade de se tornarem criadouros de mosquitos quando resíduos como recipientes de bebidas também estão presentes.¹²²

3.3.3. Resíduo zero como solução

A combinação de mudanças climáticas e aumento de resíduos gerados por populações urbanas em crescimento criou novas condições que permitem que vetores de doenças prosperem. A má gestão de resíduos cria ainda

as condições ideais para pragas portadoras de germes que podem espalhar doenças graves e até fatais. A implementação de uma gestão adequada de resíduos é crucial para a prevenção de epidemias de doenças e riscos à saúde pública relacionados a pragas, especialmente em ambientes urbanos. A instalação de sistemas de coleta de resíduos eficientes é um elemento crítico no controle de pragas, pois evita que os resíduos se tornem lixo e que, ao não serem devidamente tratados, se espalhem. Reduzir a geração de resíduos em primeiro lugar é ainda mais eficaz e ser feito por meio da proibição de recipientes de uso único que servem como espaços de reprodução de vetores de doenças e pela minimização da quantidade de alimentos descartados que entram no sistema de resíduos, por meio da prevenção da geração de resíduos e compostagem doméstica.

3.4. A compostagem gera melhoria do solo

3.4.1. Mudanças climáticas e saúde do solo

As mudanças climáticas têm um grande impacto nas funções físicas, químicas e biológicas do solo, um elemento vital de nossos ecossistemas e agricultura. Como os ecossistemas terrestres são o segundo maior sumidouro natural de carbono depois dos oceanos,¹²³ solos mais saudáveis são fundamentais para enfrentar e se adaptar às mudanças climáticas. Existem várias maneiras diferentes pelas quais as mudanças climáticas afetam as funções do solo:

- Temperaturas mais altas do ar e do solo aumentam a aridez, um estado permanente de deficiência hídrica.¹²⁴ **Diminuições significativas na umidade do solo** foram documentadas em vários estudos, incluindo o IPCC AR5, que relatou redução na umidade do solo nas regiões do Mediterrâneo, sudoeste dos EUA e sul da África.¹²⁵ Um relatório da Agência Ambiental Europeia projeta efeitos semelhantes para as próximas décadas, com o aumento das temperaturas médias e mudanças contínuas nos padrões de chuva.¹²⁶ A perda da capacidade de captação e armazenamento de água pode exacerbar a **desertificação**. Pesquisas mostram que até 40% da floresta amazônica existente já atingiu o ponto de inflexão, se tornando uma mistura de floresta e pastagem semelhante a uma savana.¹²⁷ Enquanto isso, a partir de 2018, um total de 13 Estados-Membros da União Europeia declararam que são afetados pela desertificação, que é tanto consequência quanto causa de mudanças climáticas.¹²⁸

- Os impactos climáticos sobre o solo também incluem a erosão, processo pelo qual o solo é levado pelo vento e, principalmente, pela água. Esse processo pode ser acelerado por eventos climáticos extremos, como chuva intensa, seca, ondas de calor e tempestades. A erosão do solo deverá aumentar em todo o mundo nos próximos 50 anos devido às mudanças climáticas e ao cultivo intensivo da terra.¹³⁰ A erosão do solo pode piorar as inundações, pois o aumento da poluição e sedimentação em córregos e rios podem obstruir os cursos d'água.¹³⁰
- O declínio contínuo da umidade do solo, a desertificação e a erosão podem prejudicar a agricultura com impactos potencialmente dramáticos na produção de alimentos. Um relatório recente do IPCC alerta que a degradação da terra e as mudanças climáticas podem resultar em um déficit de 25% na produção de alimentos até 2050.¹³¹ O Parlamento Europeu também reconheceu que a produção das lavouras irrigadas diminuirá em até 20% em toda a Europa até meados de 2030, em comparação com os níveis de produção atuais, devido ao aumento da temperatura.¹³²

3.4.2. Compostagem como medida de adaptação climática

A compostagem de matéria orgânica ajuda as comunidades a se adaptarem às consequências climáticas, reduzindo a poluição e fortalecendo a resiliência do solo. Tais benefícios incluem a recuperação de materiais descartados, redução de resíduos em aterros sanitários e poluição por incineradores, redução da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, redução da erosão do solo e melhoria na estrutura do solo.¹³³

3.4.2.1. Compostagem como solução para deficiência de nutrientes no solo

A aplicação de composto aumenta o nível de matéria orgânica do solo, o que melhora significativamente a capacidade do solo de armazenar nutrientes através dos espaços porosos criados pelos organismos, permitindo a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio; alimentando bilhões de microrganismos cruciais; e melhorando a absorção de água.¹³⁴ A pesquisa demonstra que o composto tem uma capacidade de absorção e armazenamento maior do que outros corretivos agrícolas usuais.¹³⁵ O alto teor de matéria orgânica também aumenta a resistência do solo a mudanças em sua acidez e permite uma decomposição mineral mais rápida.¹³⁶ Os extensos efeitos benéficos da compostagem na saúde do solo foram abundantemente documentados em todo o mundo, e a lista abaixo categoriza alguns dos estudos em quatro grupos:

Propriedades bioquímicas melhoradas



- Um estudo realizado na Espanha mostrou os efeitos do composto na melhoria da qualidade do solo, com um aumento no teor de matéria orgânica em solos degradados e melhoria das propriedades biológicas e bioquímicas do solo.¹³⁷
- Um experimento realizado durante um período de quatro anos no sul da Itália apresentou os benefícios do composto para manter um nível adequado de carbono orgânico no solo e sustentar as atividades biológicas. A adição de composto resultou em produtividade estável

de hortaliças e apresentou o melhor resultado para a restauração da mineralização de carbono do solo entre as várias estratégias de fertilização.¹³⁸

- Um estudo realizado na África Ocidental apontou que os efeitos do composto foram mais claros após um experimento de longo prazo, no qual a correção do composto melhorou as propriedades morfológicas e químicas do solo.¹³⁹ Como resultado, a compostagem foi recomendada como uma solução sólida para combater a degradação do solo e aliviar a escassez de alimentos e a pobreza na região de Sahel.
- Particularmente sobre os efeitos do composto de resíduos sólidos urbanos, os resultados de um estudo realizado no centro da Espanha mostraram que o uso de composto teve efeitos positivos na qualidade do solo com atividades de carbono e enzimas da biomassa microbiana, o que melhorou a perturbação ou restauração do solo em um período de tempo relativamente curto.¹⁴⁰

Aumento da produção agrícola

- Um estudo de campo realizado em Porto Rico — em condições tropicais — demonstrou que o uso de composto aumentou tanto a quantidade quanto a qualidade da matéria orgânica do solo, melhorando a qualidade do solo e a produção agrícola.¹⁴¹
- Um estudo realizado no Paquistão descobriu que o uso de composto de palha de arroz e trigo melhorou a fertilidade e a produtividade do solo.¹⁴² Também foi observada redução no custo de produção da lavoura, levando a uma maior produtividade e renda para os agricultores que praticam a compostagem.¹⁴³ Como resultado, a compostagem de palha de arroz e trigo foi recomen-

dada como alternativa aos fertilizantes químicos no Paquistão e em países com condições climáticas e de solo semelhantes.

Altos níveis de nutrientes

- Um estudo realizado em Truro, na Nova Escócia, demonstrou que os solos corrigidos por composto produziram rendimentos semelhantes ou mais altos de certas culturas do que os solos corrigidos por fertilizantes, apresentando níveis mais altos de carbono, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, manganês, zinco e boro.¹⁴⁴
 - No Reino Unido, observou-se que o composto consistindo de materiais verdes com alto teor de nitrogênio, como aparas de grama fresca, melhorou solos de baixa qualidade.¹⁴⁵
 - Da mesma forma, em Pequim, na China, compostos consistindo predominantemente de resíduos verdes aumentou o nitrogênio total e o fósforo disponível no solo, tendo um efeito favorável no fortalecimento da abundância

microbiana do solo, mas uma influência insignificante na diversidade microbiana do solo. A aplicação de composto melhorou os níveis de matéria orgânica do solo, pH, fósforo disponível e conteúdo de potássio rapidamente disponível nas comunidades bacterianas estudadas.¹⁴⁶

- Um estudo realizado em Kerala, na Índia, mostrou que a vermicompostagem (compostagem com minhocas)¹⁴⁷ aumentou os teores de nutrientes do composto, em particular nitrogênio, fósforo e potássio, melhorando a qualidade dos alimentos produzidos. Notou-se também que a transição do uso de fertilizantes químicos para a vermicompostagem sustentável pode acontecer em um curto período de tempo, mantendo a eficiência produtiva.¹⁴⁸

Retenção de água

- Em estudos realizados em duas cidades da Grécia (Aliartos, em Biotia e Kiourka, em Attiki), todas as propriedades físicas dos solos analisados melhoraram proporcionalmente ao volume de composto utilizado. Em particular, a porosidade total e a condutividade hidráulica saturada, o nível de teor de água, a capacidade de retenção e a estabilidade do agregado foram aumentados.¹⁴⁹

@Joun Moon



- Na Ile de France, na França, compostos imaturos e maduros aumentaram a estabilidade do agregado, aumentando a atividade microbiana e adicionando matéria orgânica humificada, respectivamente.¹⁵⁰

3.4.2.2. Compostagem como medida de remediação de contaminação do solo

O uso generalizado de fertilizantes agrícolas sintéticos expôs agricultores e comunidades a problemas de qualidade e contaminação do solo, tendo liberado grandes quantidades de poluentes orgânicos e inorgânicos no solo. Tais poluentes incluem hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), dibutil ftalato (DBP) e di-n-octil ftalato (DOP) e metais pesados, como cádmio e manganês.¹⁵¹

*A compostagem é uma solução eficaz, pois nutre os micróbios, os principais agentes de degradação de contaminantes orgânicos no solo. Em um experimento, foi demonstrado que a aplicação de composto também reduziu os níveis de concentração de metais pesados, como chumbo, cobre e zinco no solo.*¹⁵²

A EPA, a agência de proteção ambiental dos EUA, também observou que a compostagem é uma maneira econômica de restaurar solos contaminados com materiais orgânicos tóxicos (como solventes e pesticidas), assim como com materiais inorgânicos (como metais tóxicos).¹⁵³ De acordo com a agência, os hidrocarbonetos, um contaminante industrial comum, degradam-se rapidamente durante os processos de compostagem, e a adição de composto maduro ao solo contaminado acelera a degradação de contaminantes orgânicos por ação microbiana e vegetal. Além disso, o composto maduro também mostrou efeitos de controle de doenças em plantas sem a ajuda de produtos químicos sintéticos.¹⁵⁴

3.4.2.3. Compostagem como medida de prevenção de desastres

A compostagem fortalece as estruturas do solo, aumenta sua capacidade de retenção de água e reduz o escoamento de águas pluviais, o que evita erosão, inundações, deslizamentos de terra e perda de culturas alimentares. O uso de composto para reflorestamento estabiliza ainda mais o solo e o composto também é comumente usado como método de controle de erosão e sedimentos.¹⁵⁵ Uma manta de composto aplicada na superfície do solo em áreas perturbadas protege as superfícies de erosão eólica e hídrica e conserva água.¹⁵⁶ As meias de compostagem são tubos de malha preenchidos com material compostado. Elas são usadas para filtrar sedimentos, nutrientes, bactérias, metais pesados e resíduos de petróleo no escoamento de águas pluviais; para controlar a erosão; e para reter sedimentos em áreas perturbadas.¹⁵⁷ Da mesma forma, as bermas de compostagem atuam como uma barreira de lodo, controlando a erosão

e mantendo os sedimentos no lugar.¹⁵⁸

3.4.2.4. Desafios

Uma das principais barreiras para aumentar o volume da compostagem é a falta de apoio institucional e financeiro por parte dos municípios.¹⁵⁹ Como os custos de curto prazo da compostagem podem ser mais altos do que os custos de fertilizantes sintéticos subsidiados pelo governo, o mercado de compostagem requer subsídios para a produção e aplicação de composto estável. Pesquisadores observaram que as restrições ao uso da compostagem são principalmente econômicas, com fatores técnicos ou culturais desempenhando um papel secundário, o que poderia ser efetivamente abordado por meio de incentivos à compostagem oferecidos a produtores e agricultores.¹⁶⁰

A qualidade variável do composto e as substâncias tóxicas presentes em certos compostos também podem representar um desafio para o seu uso. O composto imaturo pode causar odores e desenvolver compostos tóxicos depois de se tornar anaeróbico. Quando o composto continua a decomposição ativa, pode dificultar o crescimento das plantas devido à redução de oxigênio e nitrogênio disponíveis ou à presença de compostos fitotóxicos.¹⁶¹ As substâncias tóxicas presentes no composto têm sido abordadas por muitos pesquisadores.¹⁶² Verificou-se em certos compostos a existência de concentrações de metais, incluindo chumbo, cádmio, cobre e zinco, que geralmente são adicionados por óleos, solventes e produtos de papel encontrados no fluxo de resíduos municipais.¹⁶³ Metais pesados e outras substâncias tóxicas podem causar um impacto adverso em processos bioquímicos essenciais para o crescimento das plantas:¹⁶⁴ portanto, recomenda-se o uso de resíduos de alimentos segregados e resíduos de quintal para compostagem.¹⁶⁵ Nesse contexto, a prática do uso de cinzas de incineração como aditivo do solo causa preocupação. As diretrizes sobre as melhores técnicas disponíveis e orientações provisórias sobre as melhores práticas ambientais da Convenção de Estocolmo observam que “cinzas volantes de precipitadores eletrostáticos e resíduos de equipamentos de [des]poluição do ar quase certamente contêm quantidades significativas de produtos químicos listados no Anexo C da Convenção, portanto, esses resíduos devem ser eliminados de forma controlada”.¹⁶⁶

4.

Benefícios adicionais de sistemas resíduo zero

Resumo do capítulo

- Estratégias resíduo zero bem implementadas oferecem uma série de benefícios adicionais além da mitigação, que podem ser especialmente atraentes para as cidades.
- Benefícios ambientais: por meio da redução de resíduos e da eliminação progressiva de práticas poluentes de gestão de resíduos, como a incineração, as cidades podem reduzir a poluição do ar e os resíduos tóxicos, economizar recursos ambientais, proteger a biodiversidade e melhorar a qualidade do solo.
- Benefícios econômicos: as cidades podem gerar empregos verdes expandindo a reutilização, compostagem e reciclagem; melhorar o desempenho econômico; alcançar a sustentabilidade fiscal; e fomentar negócios inovadores.
- Benefícios sociais: as estratégias resíduo zero aumentam o acesso seguro à energia, recuperando materiais e gerando energia; reduzem a pobreza e a desigualdade por meio da inclusão de catadores; contribuem para a agricultura com segurança alimentar e hídrica reforçada; melhoraram a saúde pública; e reduzem estressores como ruído, tráfego e congestionamento.
- Benefícios políticos e institucionais: o processo de elaboração e implementação de políticas e programas resíduo zero envolve a colaboração entre a sociedade civil, autoridades locais e outras partes interessadas, o que melhora a qualidade democrática da governança.
- As soluções que abordam o topo da hierarquia de resíduos trazem mais benefícios adicionais e reduções de emissões.

4.1. Introdução

Em um mundo assolado pela pobreza, doenças, conflitos e outros problemas interconectados, os benefícios positivos relacionados à redução dos GEEs são mais importantes do que nunca. A ação climática eficaz não apenas reduzirá as emissões de GEE, mas também melhorará muitas das formas mais fundamentais pelas quais a sociedade funciona, gerando de benefícios ambientais, econômicos, sociais, políticos e institucionais associados.

Concentrar-se nesses benefícios mais tangíveis é uma oportunidade de obter um apoio maior de diferentes públicos, que podem se identificar mais facilmente com questões que afetam imediatamente suas vidas, como qualidade do ar, emprego, segurança alimentar etc.

Como as mudanças climáticas são parcialmente resultado de problemas sistêmicos não diretamente relacionados à degradação ambiental, as soluções não podem se concentrar apenas no mercado ou em políticas unilaterais.¹⁶⁷ Elas precisam ser abordadas de um ponto de vista sistêmico que as conecte a fatores inter-relacionados como pobreza, desigualdade de gênero, corrupção, conflito e guerra.

Adotar uma ação climática específica sem uma compreensão geral de como as ações de mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável interagem e reforçam umas às outras pode ser contraproducente e exacerbar as causas das mudanças climáticas.¹⁶⁸

As ligações entre questões ou áreas problemáticas revelam tanto a complexidade dos desafios ambientais globais quanto suas oportunidades potenciais.¹⁶⁹ Os benefícios adicionais dos sistemas resíduo zero são um importante motivo para se adotar mudanças nos sistemas de gestão de resíduos. Dessa forma, buscar políticas climáticas focadas em benefícios adicionais pode impulsionar a política ambiental em lugares que, de outra forma, representariam um desafio ainda maior. Por exemplo, em muitas cidades ao redor do mundo, a falta de vontade política, capacidade técnica insuficiente e prioridades concorrentes tornam difícil para os governos locais priorizar a reciclagem. Grande parte do trabalho de gestão de resíduos é, portanto, tratado pelo setor informal. Nesse contexto, a reutilização e a reciclagem de resíduos são muitas vezes impulsionadas pela economia (o valor monetário que os trabalhadores informais podem extrair dos resíduos que coletam), e não pela própria política ambiental ou social.¹⁷⁰

Este capítulo fornece uma visão geral dos benefícios adicionais relacionados à implementação de estratégias resíduo zero, organizadas em quatro categorias principais: ambiental, social, econômica e político-institucional. Analisadas em conjunto, elas demonstram claramente que as soluções que abordam o topo da hierarquia de resíduos trazem os maiores benefícios adicionais e as maiores reduções de emissões. Esses benefícios adicionais incluem melhorias de saúde pública, redução na poluição ambiental, incentivo à criação de empregos, apoio ao desenvolvimento da comunidade e luta contra desigualdades, bem como várias questões de justiça.¹⁷¹

4.2. Benefícios ambientais

As estratégias resíduo zero proporcionam grandes benefícios ambientais adicionais, além de reduzir as emissões de GEE. Elas reduzem a poluição do ar e os resíduos tóxicos, protegem a biodiversidade e os recursos naturais, reduzem o lixo e melhoram a qualidade do solo.

4.2.1. Redução da poluição do ar e resíduos tóxicos

A estratégia resíduo zero acaba com a prática de queima de resíduos, seja a céu aberto, em incineradores dedicados ou em fornos de cimento como “combustível alternativo”, e reduz drasticamente a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários. A queima e o aterro de resíduos resultam em vazamento de lixiviados, contaminação da água, poluição do ar e disseminação de cinzas tóxicas.¹⁷² Incineradores de resíduos para geração de energia e fornos de cimento são fontes particularmente significativas desses danos.

A poluição do ar causada pelo descarte de resíduos em incineradores e fornos de cimento aumenta o risco de câncer e outras doenças nas comunidades locais.¹⁷³ Essas emissões incluem chumbo, mercúrio, dioxinas e furanos, material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, gases ácidos (ou seja, SO₂, HCl), metais (cádmio, chumbo, mercúrio, cromo, arsênico e berílio), bifenilos policlorados (PCBs) e hidrocarbonetos poliaromáticos bromados (PAHs).¹⁷⁴ Além disso, essas indústrias poluidoras estão frequentemente localizadas em comunidades de baixa renda e marginalizadas¹⁷⁵, com maiores impactos sobre as crianças,¹⁷⁶ o que, por sua vez, sobrecarrega a carga de trabalho mulheres, que tendem a realizar a maior parte dos cuidados e do trabalho de criação dos filhos.

Aproximadamente 26 a 40% dos resíduos transformam-se em cinzas residuais, e os resíduos tóxicos da incineração, como cinzas e águas residuais, requerem tratamento especial e descarte separado.¹⁷⁷ No entanto, em sua maioria, tais resíduos são encaminhados para aterros sanitários, onde as cinzas podem se espalhar pelo vento e pelo ar; em alguns lugares, eles são misturados ao concreto, enterrados em minas de sal, misturados ao asfalto utilizado para pavimentar estradas ou até mesmo espalhados em terras agrícolas, rotulados erroneamente como fertilizante do solo.¹⁷⁸

Na Cidade do Porto, em Portugal, amostras ambientais recolhidas ao longo de vários anos mostraram que o encerramento das atividades do incinerador

reduziu consideravelmente os níveis de poluição atmosférica na área.¹⁷⁹ Da mesma forma, um estudo em Seul, na Coreia, observou um risco aumentado de hospitalização relacionada à asma relacionado à distância entre uma pessoa e um incinerador e concluiu que a asma deve ser considerada um resultado adverso durante as avaliações de impacto à saúde das unidades de incineração.¹⁸⁰ Nesse sentido, fica claro que, ao reduzir nossa dependência dessas práticas poluidoras, as estratégias resíduo zero, como redução de geração de resíduos, prevenção da geração de resíduos orgânicos, separação na origem e tratamento separado, aliviam os danos que a incineração traz à saúde humana e ao meio ambiente.

4.2.2. Economia de recursos naturais

Estratégias resíduo zero, como proibições de plástico de uso único, reutilização, reabastecimento e reciclagem, reduzem a demanda por materiais virgens. A extração, transporte e processamento de materiais virgens produzem grandes quantidades de emissões de GEE, consomem grandes volumes de energia e água, esgotam recursos não renováveis e destroem ecossistemas naturais. A reciclagem de materiais descartados, como alumínio ou vidro, em particular, fornece à indústria uma fonte alternativa de matérias-primas para fabricar novos produtos sem os danos associados aos materiais virgens.

Da mesma forma, a reciclagem de produtos de papel e madeira reduz a demanda por fibra de madeira virgem, reduzindo assim as taxas de desmatamento, o que beneficia o ecossistema como um todo. Alguns materiais, como vidro e alumínio, têm taxas de reciclagem relativamente altas e podem ser reciclados infinitamente.¹⁸¹ Por isso, estima-se que 75% do total de alumínio já produzido ainda esteja em uso atualmente,¹⁸² e que a reciclagem do alumínio reduz as emissões em mais de 90% em relação à produção primária.¹⁸³ A reciclagem bem-sucedida desses materiais contribui diretamente para a economia de recursos naturais.

4.2.3. Proteção da saúde dos ecossistemas

As estratégias resíduo zero alcançam uma importante redução de resíduos plásticos no meio ambiente, o que protege significativamente a saúde geral dos ecossistemas. Em particular, os resíduos plásticos, que muitas vezes são considerados o tipo de resíduo mais despejado no meio ambiente, contaminam gravemente a biodiversidade e o equilíbrio geral do ecossistema.

Dos aproximadamente 6.300 milhões de toneladas de resíduos plásticos que foram gerados globalmente até 2015, apenas cerca de 9% foram reciclados e 12% incinerados. 79% se acumularam em lixões, aterros sanitários, terrenos e cursos d'água.¹⁸⁴

*Embora os problemas causados pelos resíduos plásticos oceânicos sejam mais proeminentes publicamente, outras pesquisas científicas apontam para um amplo espectro de impactos ambientais, sociais e econômicos da poluição plástica ao longo de seu ciclo de vida.*¹⁸⁵

A poluição plástica não foi encontrada apenas no ambiente marinho, mas também em locais terrestres remotos, com evidências crescentes de ingestão de plástico por organismos, incluindo por humanos,¹⁸⁶ e contaminação do ecossistema do solo.^{187, 188}

O aumento contínuo da produção industrial de plástico e da geração de resíduos plásticos é o obstáculo mais significativo para resolver o problema persistente dos resíduos plásticos.¹⁸⁹ Desde a década de 1950, a produção global de plástico cresceu em média 9% ao ano, com um aumento significativo na produção nas últimas duas décadas: metade de todo o plástico já fabricado foi produzido nos últimos 15

anos.¹⁹⁰ Prevê-se que, a menos que as tendências sejam revertidas, a produção de plástico dobrará novamente nas próximas duas décadas.¹⁹¹ É por isso que as estratégias resíduo zero que minimizam a produção e o consumo de plástico, como proibições de plástico de uso único, sistemas de reutilização ou redefinição de soluções, são fundamentais para reduzir a presença de plástico no meio ambiente e manter a saúde do ecossistema.

4.2.4. Melhoria na qualidade do solo

Um pilar fundamental dos sistemas resíduo zero é a valorização dos resíduos orgânicos, que compõem a maior fração dos resíduos sólidos urbanos e podem ser facilmente transformados por meio de compostagem, em instalações descentralizadas, de escala comunitária ou em instalações maiores e centralizadas, dependendo das capacidades e necessidades de cada local.

Conforme discutido no capítulo sobre Adaptação Climática, o composto acabado utilizado em hortas e fazendas devolve matéria orgânica e nutrientes ao solo, melhorando sua qualidade por meio do aumento da capacidade de sequestro de carbono, aumentando a resistência a enchentes e secas e reduzindo as necessidades de irrigação e lavragem.¹⁹² Dessa forma, a utilização de composto evita a desertificação e a degradação da terra, que afetam principalmente as comunidades rurais pobres, pequenos agricultores, mulheres, jovens, povos indígenas e outros grupos de

@Roman Synkevich



risco.¹⁹³ Quando o composto substitui os fertilizantes sintéticos, o impacto é ainda maior, economizando energia e reduzindo as emissões de óxido nitroso, um poderoso GEE.¹⁹⁴

4.3. Benefícios econômicos

Uma estratégia resíduo zero mantém um significativo alinhamento entre metas econômicas e objetivos ambientais. Essa abordagem não apenas minimiza os danos ambientais, mas também é significativamente mais barata do que os sistemas em que a maior parte dos resíduos é queimada ou enterrada. Estratégias resíduo zero também contribuem para uma sociedade mais justa.

Os sistemas resíduo zero oferecem oportunidades de emprego melhores do que aquelas oferecidas por sistemas tradicionais de gerenciamento de resíduos, pois promovem habilidades além do trabalho manual básico, proporcionam salários mais altos, oferecem cargos permanentes e melhoram a qualidade de vida dos trabalhadores. Eles também exigem um investimento de capital inicial muito menor em comparação com as instalações industriais tradicionais, levando a um nível melhor de sustentabilidade fiscal. Os negócios resíduo zero floresceram em todo o mundo, desencadeando simultaneamente inovação e sustentabilidade.

4.3.1. Criação de empregos

De acordo com uma recente meta-análise global do potencial de criação de empregos de diferentes setores de gestão de resíduos,¹⁹⁵

as estratégias zero resíduos geram mais benefícios ambientais e criam mais empregos do que qualquer outra abordagem de gestão de resíduos:

- *A reutilização cria mais de 200 vezes mais empregos do que atividades de aterro e incineração.*
- *A reciclagem cria cerca de 70 vezes mais empregos do que atividades de aterro e incineração.*

- *A remanufatura cria quase 30 vezes mais empregos do que atividades de aterro e incineração.*

O relatório analisou o potencial de crescimento no número de empregos em diversas cidades do mundo se elas retirassem 80% dos resíduos recicláveis e compostáveis de aterros sanitários e incineração. Os números encontrados são impressionantes: por exemplo, Dar Es Salaam e Ho Chi Minh City poderiam criar mais de 18.000 empregos, e São Paulo poderia criar surpreendentes 36.000 novos empregos.

Os resultados também desacreditam a crença comum de que a gestão de resíduos oferece apenas baixos salários e empregos indesejáveis. Também foram observadas fortes evidências qualitativas de criação de empregos diversificados e de alta qualificação por meio de elementos de programas resíduo zero. Essa evidência foi reforçada por estudos de caso que descobriram que os sistemas resíduo zero criam um grande número de empregos com salários acima da linha da sobrevivência.¹⁹⁶

Essa notável correlação demonstra a compatibilidade de objetivos ambientais e econômicos e posiciona o

setor de gestão de resíduos como uma infraestrutura social oportuna na qual investimentos podem fortalecer a resiliência local e global.

Por exemplo, em São Francisco, a empresa de gestão de resíduos Recology, sindicalizada e de propriedade dos trabalhadores, alcançou uma taxa de recuperação de 80%,¹⁹⁷ e oferece um salário inicial aos motoristas de coleta de resíduos de US\$ 40 por hora. Para se fazer uma comparação, a renda média de um motorista de coleta de resíduos na Califórnia é de US\$ 16 por hora.¹⁹⁸

4.3.2. Melhor desempenho econômico

Ao mudar para uma estratégia resíduo zero, os municípios podem começar imediatamente a reduzir os custos de sua gestão de resíduos. Em essência, uma estratégia resíduo zero gera uma boa relação custo-benefício.¹⁹⁹

Se uma cidade está pagando por um serviço de gerenciamento de resíduos que inclui apenas coleta e descarte de resíduos em uma instalação centralizada como um aterro sanitário ou incinerador, uma mu-

dança para um sistema resíduo zero pode ser muito benéfica. Tal mudança reduzirá custos associados ao transporte, operação de estações de transferência, manutenção de veículos sofisticados, aluguel de espaço no aterro sanitário, além de outras taxas de aterro ou incinerador. Ao contrário das instalações de descarte, existem receitas potenciais que podem advir da venda de recicláveis e de composto.

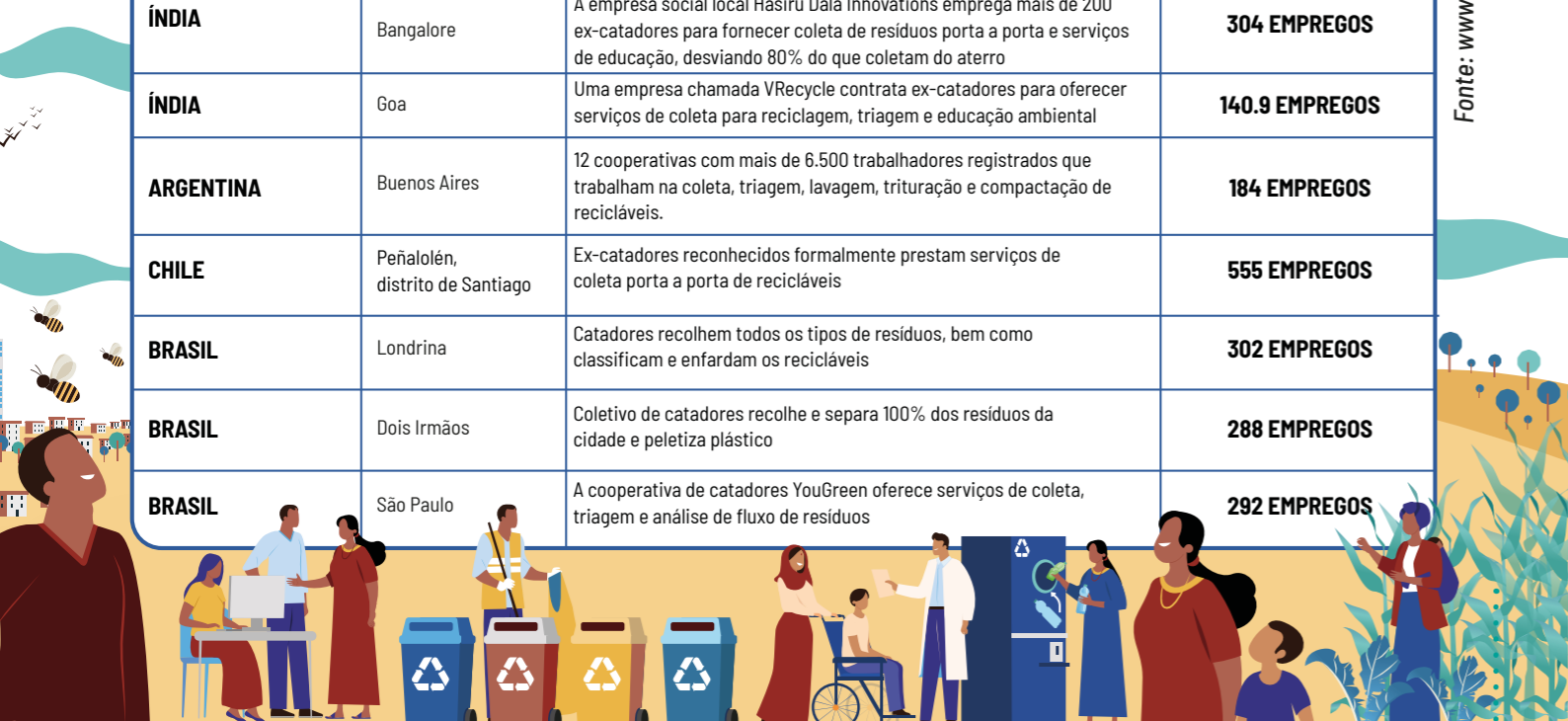
Por exemplo, a cidade de Parma,²⁰⁰ na Itália, (com uma população de 196.518 habitantes) teve uma redução de € 450.000 nos custos anuais totais de gestão de resíduos após a introdução de um sistema zero resíduos. No norte da Itália, o custo de gestão de dejetos residuais em 50 municípios que adotam uma estratégia resíduo zero é de € 178,9 por domicílio/ano, enquanto o custo médio na Itália é de € 245,6 por domicílio/ano, o que significa que a estratégia resíduo zero gera uma economia de 27%.²⁰¹

A cidade de San Fernando, nas Filipinas, (com uma população de 306.659 habitantes) reduziu o orçamento anual de gestão de resíduos em Php 36 milhões (594.745 EUR) após a transição para um sistema descentralizado de lixo zero.²⁰² A cidade filipina de Tacloban (com uma população de 242.089 habitantes), por sua vez, economizou Php 21,6 milhões (348.065 EUR)



PAÍS	CIDADE	DESCRIÇÃO	NÚMERO DE EMPREGOS CRIADOS POR 10,000 TONELADA DE RESÍDUOS COLETADOS POR ANO
ÁFRICA DO SUL	Pretoria/Tshwane	Uma unidade privada de separação tem 240 empregados diretos envolvidos em separação, limpeza e enfiamento de recicláveis	20 EMPREGOS
FILIPINAS	Município de San Fernando	A cidade contratou trabalhadores de resíduos como coletores, motoristas, separadores, varredores de rua e gerentes da Unidade de Triagem e Recuperação de Materiais para um programa de desvio de resíduos de aterros que começou em 2012	32 EMPREGOS
ÍNDIA	Bangalore	A empresa social local Hasiru Dala Innovations emprega mais de 200 ex-catadores para fornecer coleta de resíduos porta a porta e serviços de educação, desviando 80% do que coletam do aterro	304 EMPREGOS
ÍNDIA	Goa	Uma empresa chamada VRecycle contrata ex-catadores para oferecer serviços de coleta para reciclagem, triagem e educação ambiental	140.9 EMPREGOS
ARGENTINA	Buenos Aires	12 cooperativas com mais de 6.500 trabalhadores registrados que trabalham na coleta, triagem, lavagem, trituração e compactação de recicláveis.	184 EMPREGOS
CHILE	Peñalolén, distrito de Santiago	Ex-catadores reconhecidos formalmente prestam serviços de coleta porta a porta de recicláveis	555 EMPREGOS
BRASIL	Londrina	Catadores recolhem todos os tipos de resíduos, bem como classificam e enfiam os recicláveis	302 EMPREGOS
BRASIL	Dois Irmãos	Coletivo de catadores recolhe e separa 100% dos resíduos da cidade e peletiza plástico	288 EMPREGOS
BRASIL	São Paulo	A cooperativa de catadores YouGreen oferece serviços de coleta, triagem e análise de fluxo de resíduos	292 EMPREGOS

Fonte: www.no-burn.org/beyondrecovery



em seu orçamento anual após a transição para uma estratégia zero resíduo, representando uma economia de 27%.²⁰³

Em cidades que possuem sistemas de gestão de resíduos centralizados e baseados em tecnologia, uma das potenciais barreiras financeiras para a transição para um sistema de resíduos zero são os custos iniciais. Uma vez estabelecido, o sistema resíduo zero será muito mais acessível do que um sistema convencional, mas os altos custos dos atuais sistemas de gerenciamento de resíduos deixam as cidades sem os recursos necessários para investir em novas abordagens. A calculadora de economia Zero Waste Cities²⁰⁴ foi projetada por Ekologi brez meja,²⁰⁵ um membro da GAIA, para ajudar a visualizar e entender os benefícios financeiros que a adoção de políticas resíduo zero pode trazer para cada local.

4.3.3. Sustentabilidade fiscal

As abordagens convencionais de gerenciamento de resíduos geralmente são propostas caras que normalmente são financiadas direta ou indiretamente pelo público. Muitas vezes, a gestão de resíduos é o maior item em muitos orçamentos municipais, apesar

de grande parte dos resíduos municipais do mundo permanecerem não coletados. Incineradores e aterros estruturados exigem grandes investimentos para serem construídos e mantidos, muitas vezes levando os municípios a contrair uma dívida significativa.

A incineração de resíduos para geração de energia é a abordagem de gestão de resíduos mais cara, correspondendo a três vezes o custo dos aterros sanitários e a até cinco vezes o custo da reciclagem e compostagem.²⁰⁶ Um estudo abrangente realizado pelo setor nos Estados Unidos, desde sua ascensão na década de 1980 até hoje, concluiu que os incineradores são um mau investimento para as cidades.²⁰⁷ Os custos de construção e manutenção são significativos e requerem investimentos de capital mais intensivos quando comparados a outras formas de eliminação de resíduos. Quando um incinerador de RSU atingiu ou está perto de atingir sua expectativa de vida, ele requer outra rodada de investimento de capital, muitas vezes à custa e risco dos contribuintes locais. Os fluxos de receita de incineração são voláteis, já que dependem dos volumes de descarte e do acesso aos mercados de energia renovável. Embora instalações maiores forneçam economias de escala que podem

representar uma lucratividade mais assegurada, instalações de grandes dimensões exigem transporte e importação de resíduos de uma área maior, às vezes até de outros países.²⁰⁸

Há exemplos reconhecidos de cidades que entraram em colapso devido a investimentos em incineradores, tais como Harrisburg (Pensilvânia, EUA),²⁰⁹ e Detroit (Michigan, EUA)²¹⁰ Em ambos os casos, os respectivos incineradores foram uma constante fonte de discórdia devido às emissões tóxicas e custos imprevistos, que em muito contribuíram para o colapso dessas cidades. O “efeito lock-in” econômico é causado pela dívida fiscal incorrida pelo município para instalar e operar um incinerador, criando sistemas de gestão de resíduos vinculados ao fornecimento de grandes quantidades de resíduos como matéria-prima para incineração que impedem o desenvolvimento de políticas sustentáveis e, essencialmente, punem tentativas de redução de desperdício. Essa dinâmica também foi relatada em outros locais ao redor do mundo, como em Göteborg, na Suécia;²¹¹ em Honolulu, nos EUA²¹² e no Reino Unido,²¹³ entre outros.

Em contraste, esse efeito de *lock-in* não existe nos sistemas de resíduo zero, que, particularmente no Sul Global, tendem a ser descentralizados e contam com infraestrutura de coleta, reciclagem e compostagem liderada pela comunidade local. Idealmente, esses sistemas são reforçados com políticas de redução de resíduos, embora isso não seja verdade em todos os casos.

Ao implementar um sistema melhor de coleta e reciclagem/compostagem, os municípios podem, em média, reduzir os custos de gestão por tonelada de resíduos em 70%.²¹⁴ Os orgânicos representam o maior componente dos fluxos globais de resíduos.²¹⁵ A prevenção de geração de resíduos orgânicos e a separação na origem, portanto, podem reduzir bastante o volume de material enviado para aterros sanitários ou incineradores. Isso, por sua vez, evita a construção dispendiosa de novas infraestruturas de descarte. Quando se trata de opções alternativas de tratamento, a compostagem é econômica, tem baixos custos iniciais e requer uma área menor do que os aterros sanitários.²¹⁶ Em países onde os governos estão expandindo os serviços de resíduos, o baixo custo da compostagem pode liberar fundos para a expansão da cobertura de serviços de coleta. O composto acabado também pode

©Peters Ongliss



ser vendido para fazer frente a custos operacionais. O tratamento descentralizado pode economizar mais recursos relativos a coleta, combustível para transporte e grandes infraestruturas.

4.3.4. Desenvolvimento de negócios inovadores

Modelos de negócios resíduo zero surgiram nos últimos anos, à medida que as empresas alinham cada vez mais seus modelos de produção e consumo com os princípios de prevenção e minimização da geração de resíduos. Em particular, as empresas que substituíram os itens de embalagem de uso único e as embalagens em geral floresceram, aproveitando a demanda de uma base de consumidores cada vez mais consciente dos impactos dos resíduos plásticos.

A proibição de produtos e embalagens com efeitos negativos, como PUUs, não deve, portanto, ser vista como prejudicial para os negócios, pois cria condições propícias a novos negócios. Ao contrário das multinacionais, que dependem fortemente das embalagens plásticas, esses novos negócios têm maior probabilidade de serem locais e de também fortalecerem a atividade econômica local.

Na Europa, o setor de lojas sem embalagens está crescendo rapidamente, com um número crescente de unidades, empregos e volume de vendas nos últimos 5 a 10 anos. As previsões de longo prazo apresentam uma estimativa média do mercado europeu para mercadorias a granel de € 1,2 bilhão em 2030, sendo o melhor cenário potencial significativamente melhor.²¹⁸

Esse cenário está em linha com as características e tendências observadas nos negócios da economia circular.²¹⁹ Em ambos os casos, o paradigma adotado se opõe aos princípios norteadores dos negócios lineares, ou seja, "obter-produzir-descartar".

Refillables Hoi An: uma loja sem embalagens no Vietnã

Refillables Hoi An é a primeira loja com conceito sem embalagem no Vietnã Central, fundada por Alison Batchelor, uma praticante de estilo de vida resíduo zero que se mudou do Canadá para o Vietnã e sentia falta da opção de fazer compras em lojas sem embalagens em sua nova cidade. A loja propõe uma experiência acessível sem embalagens, voltada para famílias de baixa renda.

Seu engajamento com a comunidade visando uma maior prevenção da geração de resíduos é outra parte de sua proposta: a fundadora observou que fornecedores estão testemunhando um aumento no número de clientes de startups; há três pontos diferentes em Da Nang que estão adotando o sistema sem embalagens; e as lojas recém-inauguradas seguem o exemplo da Refillables Hoi An em termos de oferta de produtos. A Refillables Hoi An tem uma relação bastante próxima com seus fornecedores, o que é um elemento crítico para garantir a minimização de resíduos plásticos e preços acessíveis. Alguns dos fornecedores oferecem descontos nos preços de atacado, que são facilitados pelas compras a granel.

3. Muitas vezes, as empresas resíduo zero vendem um serviço e não um produto. Essa situação também é conhecida como 'servitização' - a satisfação das necessidades do usuário sem o envolvimento de produtos físicos. Esses tipos de serviços geralmente são executados por meio de redes locais de empresas semelhantes, por meio de assinatura ou associação. Muitas empresas desenvolveram aplicativos móveis ou mapas em websites para ajudar os clientes a identificar empresas participantes.

O projeto Lavanda da Eta Beta, em Bolonha (na Itália)

O projeto oferece à comunidade local um serviço de coleta e lavagem de fraldas de pano usadas e devolução de fraldas limpas. Atualmente, o projeto trabalha com a administração pública e com organizações e cooperativas que administram creches. No futuro, o Lavanda quer gradualmente oferecer seus serviços também às famílias.

4. Os negócios resíduo zero são baseados em valores ecológicos e sociais que complementam a cultura e a filosofia geral do negócio. Os negócios resíduo zero são regenerativos e restauradores por natureza, mantendo os recursos em uso em seu valor mais alto, pelo maior tempo possível; eles também garantem retornos socioeconômicos com melhores meios de subsistência inclusivos, dando prioridade às economias locais. Esses negócios buscam substituir a economia linear baseada em um modelo obter-produzir-descartar, que pressupõe que nosso planeta tem recursos infinitos. Nesse sentido, a proposta de valor de um modelo de negócio resíduo zero é um engajamento direto na melhoria da sustentabilidade do sistema como um todo, indo além do eco-consumismo convencional.

Hasiru Dala, na Índia: integração de catadores

A Hasiru Dala trabalha com a visão de integrar uma geração de catadores na economia circular convencional. A organização visa criar melhores meios de subsistência para os catadores por meio de negócios inclusivos que tenham impacto ambiental. Os seus serviços atuais incluem a organização e disponibilização de eventos resíduo zero onde todos os itens PUUs são substituídos por opções compostáveis ou recicláveis. A organização também oferece a proprietários de marcas meios de assegurar sua conformidade com os princípios de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR).

4.4. Benefícios sociais

4.4.1. Acesso energia melhor e mais segura

Em um sistema resíduo zero, o uso da digestão anaeróbica pode representar uma fonte acessível de energia quando desenvolvida e implementada de forma descentralizada e liderada pela comunidade, melhorando a segurança energética das comunidades locais. O biogás derivado da digestão anaeróbica é um substituto do gás natural, fornecendo uma fonte de energia renovável que pode ser implantada em setores de difícil eletrificação. No entanto, deve-se ter cautela na implementação da digestão anaeróbica, conforme explicado no capítulo 2.2.2.2.

A digestão anaeróbica é um processo biológico em que diversos grupos de microrganismos convertem matéria orgânica complexa em produtos finais simples e estáveis na ausência de oxigênio. Esse processo, que ocorre em recipientes selados (digestores anaeróbicos), coleta o metano até ser queimado como combustível, convertendo-o em CO₂ biogênico. Nesse sentido, a digestão anaeróbica pode ser muito atrativa, pois produz biogás, uma mistura de metano e dióxido de carbono que pode ser utilizada como fonte de energia. O biogás também pode ser armazenado para conversão futura em eletricidade, o que é útil para equilibrar o fornecimento flutuante proveniente fontes renováveis intermitentes.²²²

A digestão anaeróbica da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU) é usada em diferentes regiões do mundo para reduzir a quantidade de material depositado em aterros sanitários, estabilizar o material orgânico antes do descarte, a fim de reduzir os impactos ambientais futuros das emissões atmosféricas e hídricas e recuperar energia. Os avanços e a adoção dessa tecnologia vêm ganhando força rapidamente. Vários grupos de pesquisa têm desenvolvido processos de digestão anaeróbica utilizando diferentes substratos orgânicos. Unidades de digestão anaeróbica baratas e de pequena escala têm sido empregadas com grande sucesso em comunidades remotas e com acesso menos confiável a redes de energia, em países como Bangladesh, Índia e China.²²³ Em Kerala, onde 70% dos resíduos correspondem a orgânicos compostáveis, a digestão anaeróbica é uma opção atraente para geração de energia a partir da fração putrescível de RSU, bem como para reduzir o problema de descarte da região.

4.4.2. Redução da pobreza e da desigualdade por meio da inclusão de catadores

Apesar do papel crítico que o setor informal desempenha na gestão de resíduos, os catadores são frequentemente marginalizados e vivem em extrema pobreza.²²⁴ A coleta de lixo é um trabalho mal remunerado, sujo e muitas vezes humilhante. Os governos muitas vezes ignoram ou desencorajam ativamente os serviços desempenhados por catadores, negligenciando uma potencial alternativa para aumentar a reutilização e reciclagem de resíduos.²²⁵ Como resultado, muitos catadores enfrentam riscos e não têm acesso a cuidados de saúde e outras proteções sociais.²²⁶

A inclusão de catadores é um pilar fundamental dentro dos sistemas resíduo zero, melhorando os meios de subsistência, reduzindo a pobreza e a desigualdade, principalmente entre mulheres vulneráveis.

Uma análise de 45 artigos recentes cobrindo estudos de caso sobre catadores em 27 países diferentes demonstrou que a integração dos catadores ao setor formal pode aliviar a pobreza ao garantir sua subsistência e de suas famílias.²²⁷

Tal inclusão traz também outros benefícios sociais, como a redução do trabalho infantil e da desigualdade de gênero, além de remover o estigma associado a esse tipo de trabalho. Outros estudos também reconhecem a importância da inclusão formal para gerar renda para catadores e empoderar economicamente as catadoras. A inclusão desses indivíduos ao setor formal também pode contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável sobre a erradicação da pobreza (ODS 1) e melhoria da igualdade de gênero (ODS 5).²²⁸

A inclusão de catadores pode ajudar a resolver esses problemas, oferecendo reconhecimento formal, envolvimento nos processos de tomada de decisão sobre a gestão de resíduos municipais e acesso a instalações apropriadas, o que pode proporcionar dignidade, segurança pessoal e aumento de renda.

Integração bem-sucedida de catadores

- Na Índia, a integração dos catadores no sistema formal provou ter importância inestimável para o setor. A Hasiru Dala, uma organização sediada em Bangalore, por exemplo, trabalhou com as autoridades locais para emitir carteiras de identidade formais para catadores. Com as carteiras de identidade, mulheres puderam abrir contas bancárias, centenas de jovens conseguiram empréstimos para educação e famílias tiveram acesso ao seguro de saúde.
- Nas Filipinas, trabalhadores que costumavam recolher lixo nas ruas foram oficialmente integrados ao programa lixo zero como trabalhadores formais. Isso lhes permitiu ganhar melhores salários e ter acesso a melhores condições de trabalho.
- Malabon City, uma cidade altamente urbanizada e densamente povoada na região metropolitana de Manila, nas Filipinas, implementou um programa de lixo zero a partir de 2017 para todos os barangays (bairros) da cidade, muitos dos quais estão agora em estágio avançado de implementação. Os catadores de Potrero, na cidade de Malabon, costumavam ganhar cerca de US\$ 20-40 por mês com a venda de materiais recicláveis para brechós; agora eles recebem um salário mensal de US\$ 60 como catadores de lixo oficiais, além do que ganham vendendo recicláveis coletados das residências.²²⁹

4.4.3. Segurança alimentar e hídrica

Tanto o composto como o biodigestato (produto da digestão anaeróbica) têm um impacto benéfico na gestão de resíduos e na agricultura: ao fornecerem nutrientes ao solo, aumentam sua fertilidade e sua capacidade de retenção de água, dando suporte aos ecossistemas alimentares e hídricos.

Pesquisas mostram que práticas agroecológicas – como diversificação de culturas, agrossilvicultura e agricultura orgânica – podem contribuir significativamente para ajudar os países de baixa e média renda a atingir suas metas de adaptação e mitigação climática por meio de seus sistemas alimentares;²³⁰ o sistema lixo zero pode ser um grande aliado da agroecologia. A aplicação de composto ou biodigestato nos solos traz benefícios para a agricultura urbana e periurbana que, por sua vez, ajuda a reduzir o risco de inundações e a gravidade da seca, o que é especialmente benéfico para pequenos agricultores e famílias autossuficientes.

O fato de que, em muitas partes do mundo, os resíduos são principalmente orgânicos (mais de 50%) e que o composto pode desempenhar um papel importante de suporte à agricultura que alimenta o mundo deveria levar à criação de mercado para o composto. Os desafios que atualmente impedem a criação desse mercado são a falta de apoio no nível municipal, a dependência de fertilizantes subsidiados pelo governo,²³¹ e a falta de conscientização pública. Subsídios para viabilizar a compostagem e o uso de resíduos orgânicos na agricultura seriam uma medida eficaz para aumentar sua aceitação e demanda.²³²

4.4.4. Resultados de saúde melhores

Como os itens descartáveis causam poluição ao longo de seu ciclo de vida, um sistema resíduo zero inevitavelmente reduzirá a poluição e melhorará a saúde da comunidade, especialmente para aqueles que vivem mais próximos a essas instalações. Esse assunto foi discutido de forma abrangente no ponto 4.2.1, que tratou da redução da poluição do ar e dos resíduos tóxicos.

O despejo generalizado de plástico no meio ambiente e sua persistência na forma de microplásticos (<5 mm) se infiltraram no sistema alimentar humano, com evidências crescentes de que humanos estão comendo plástico através dos alimentos.^{237, 238} A prevalência



@Jahnathan Nightingale

Um case de sucesso vindo de São Paulo

São Paulo é um grande exemplo de uma cidade em processo de construção de pontes entre resíduo zero, agroecologia e sistemas alimentares sustentáveis, ao mesmo tempo em que aborda questões de inclusão e equidade. O projeto Ligue os Pontos, uma iniciativa da Prefeitura de São Paulo, foi o vencedor do prêmio *Mayors Challenge* 2016 promovido pela Bloomberg Philanthropies na América Latina e no Caribe. Esse projeto visa criar uma economia circular para alimentos, apoiando agricultores locais e periurbanos na transição para Agricultura orgânica. O município de São Paulo planeja comprar 30% da produção de pequenos agricultores para alimentação escolar para incentivar essa transição.²³³ Por sua vez, os agricultores orgânicos recebem composto de uma instalação piloto de compostagem localizada na Lapa, que recebe resíduos orgânicos coletados em cerca de 50 feiras livres, além de resíduos de jardins. A instalação de compostagem pode tratar até 60 toneladas de resíduos orgânicos por semana e produzir cerca de 900 toneladas de composto por ano.²³⁴ São Paulo também conta com uma rede de mais de 50 organizações da sociedade civil local que promovem a Campanha São Paulo Composta, Cultiva, que busca fazer com que a Prefeitura e a Câmara Municipal de São Paulo aumentem seu compromisso com as políticas públicas de separação na origem e reciclagem de resíduos orgânicos, e com a promoção da agroecologia no município.²³⁵ O *think tank* local Instituto Polis apresentou uma proposta abrangente para implementar uma coleta segregada de resíduos orgânicos e um programa de compostagem comunitária priorizando a participação de organizações de catadores.²³⁶

de substâncias tóxicas provenientes de embalagens plásticas e resíduos plásticos no abastecimento de alimentos está levando ao aumento da toxicidade em nossos corpos e ambiente circundante: estudos recentes encontraram essas substâncias tóxicas no sangue de indivíduos e em todo o planeta.

Existem milhares de produtos químicos em materiais de contato com alimentos (MCA) que podem potencialmente migrar para nossa comida ou bebida e, eventualmente, acabar em nosso corpo. Só na Europa, cerca de 8.000 produtos químicos podem ser usados em embalagens de alimentos e outros MCA,²³⁹ e muitos desses produtos químicos são cancerígenos²⁴⁰ e desreguladores hormonais que estão associados a maiores incidências de câncer, infertilidade,²⁴¹ distúrbios do desenvolvimento²⁴² e distúrbios imunológicos, com os custos relacionados a doenças do neurodesenvolvimento e perda de QI atingindo 157 bilhões de euros por ano.²⁴³ As mulheres estão expostas a maiores riscos de abortos espontâneos, câncer e outros problemas de saúde relacionados ao gênero, pois esses produtos químicos são comumente encontrados em produtos de higiene doméstica e feminina".²⁴⁴

4.4.5. Redução de estressores (ruído, tráfego, congestionamento)

Os programas de resíduo zero são capazes de reduzir estressores provenientes das instalações de eliminação de resíduos, especialmente incineradores de resíduos para a geração de energia. As pessoas que

vivem perto de incineradores e aterros sanitários reclamam de barulho, lixo, tráfego pesado de veículos, odor e poluição do ar. À medida que as temperaturas sobem no verão, o cheiro geralmente piora, forçando as pessoas a fechar as janelas e a evitar sentarem-se do lado de fora. As áreas com incineradores também apresentam maior tráfego de veículos, com caminhões trazendo lixo de outros bairros ou municípios. Os operadores geralmente minimizam essas desvantagens durante os estágios de planejamento e licenciamento e, quando esses problemas ocorrem, esses mesmos operadores geralmente os descartam como inevitáveis.

4.5. Benefícios políticos e institucionais: governança mais democrática

Alguns dos mais bem-sucedidos sistemas de resíduo zero têm sido liderados pela cooperação entre sociedade civil, autoridades locais e governos, reunindo uma ampla gama de partes interessadas em construir um terreno político comum e visionário, que fortaleça a própria governança.

Nesses casos, as comunidades participaram da elaboração do plano ou houve um processo de consulta inicial significativo. Os benefícios incluíram uma estru-

@Oran Langelle



tura mais bem ajustada e índices de envolvimento mais altos, uma vez que os programas foram adaptados às necessidades e contextos específicos dos membros da comunidade. Os moradores foram, portanto, mais ativos no consumo sustentável, minimizando a geração de resíduos, os separando e compostando em casa. Eles também foram mais ativos no monitoramento da implementação dos programas em sua comunidade, em colaboração com as autoridades locais.

Por exemplo, em Thiruvananthapuram (Índia), jovens voluntários que se autodenominam Green Army International têm sido fundamentais na implementação do Protocolo Verde, uma iniciativa do governo para erradicar os plásticos descartáveis de eventos públicos.

Os sistemas inclusivos resíduo zero garantem que os programas de recuperação de recursos incluam e respeitem a comunidade e todos os atores sociais

envolvidos, especialmente os recicladores informais cuja subsistência depende de materiais descartados. Os trabalhadores que lidam com resíduos estão totalmente integrados aos processos de projeto, implementação e monitoramento do projeto, pois é a aplicação de suas habilidades e esforços que, em última análise, fazem o sistema funcionar. Um sistema resíduo zero bem-sucedido prioriza a segurança e o bem-estar dos trabalhadores de resíduos e garante que seus interesses estejam alinhados com o sucesso do programa. Em algumas comunidades, onde os recicladores informais são parte de populações historicamente excluídas, isso pode exigir o fim de práticas discriminatórias de longa data.

Estressores provenientes de incineradores de resíduos para geração de energia²⁴⁵

No Reino Unido, moradores de áreas próximas a instalações de resíduos têm sérias queixas sobre ruídos, odores e outros tipos de distúrbios. Os casos incluem ruídos diários com duração de 2 a 3 minutos por vez e vibrações perturbadoras causadas por trens de carga utilizados no transporte de resíduos até Runcorn, o que causou um protesto de 100 moradores em 2015;²⁴⁶ moradores de Derby relataram odores de comida podre e um número crescente de moscas, o que os forçava a manter suas janelas fechadas.²⁴⁷ Residentes de Detroit, nos EUA, sofreram por décadas com fortes odores de ovos e lixo podre provenientes de um incinerador com mais de 20 registros de violação dos limites de emissão de odor, até que a instalação foi fechada em 2019.²⁴⁸

Os incineradores também dependem de caminhões a diesel grandes e pesados para o transporte de resíduos, que emitem poluentes atmosféricos perigosos e causam ruídos altos e congestionamento de tráfego.²⁴⁹

5.

Estudos de caso

5.1. Estudos de caso

5.1.1. Introdução

Os estudos de caso abaixo oferecem uma visão geral de como sistemas resíduo zero podem ser estruturados e sobre o impacto da mitigação das emissões de GEE em várias cidades. Embora os princípios resíduo zero sejam universais, a implementação varia muito de lugar para lugar, com base em uma série de fatores locais. As cidades incluídas neste relatório foram selecionadas por representar uma ampla gama de condições. A lista inclui megacidades e comunidades de pequeno e médio porte; cidades com amplos orçamentos de gestão de resíduos e algumas que lutam para coletar os resíduos gerados; uma variedade de condições climáticas; cidades com um setor informal robusto e aquelas sem nenhum setor informal; cidades com sistemas de gestão de resíduos altamente centralizados e aquelas com muitos atores públicos e privados; cidades que estão crescendo rapidamente, crescendo lentamente, e até mesmo uma cuja população deve diminuir.

Um elemento que todas essas cidades têm em comum é a presença de membros ativos da rede GAIA, interessados em formar parcerias com os governos locais para promover uma transformação na gestão de resíduos. A maioria deles está implementando bem-sucedidos projetos piloto de resíduo zero que podem ser ampliados com o apoio do governo. Essas organizações desempenharam um papel fundamental

na obtenção, análise e tradução dos dados subjacentes às análises de GEE. Os cenários resíduo zero descritos nos estudos de caso são extraídos de suas análises para suas próprias cidades.

5.1.2. Modelagem resíduo zero

Para calcular as emissões de GEE do sistema de resíduos, utilizamos a 'Calculadora de Carbono para Projetos resíduo zero' desenvolvida pelo inédit para a Academia Mission Zero. Essa ferramenta compara uma linha de base e um cenário alternativo para determinar a mudança nas emissões gerais de GEE associadas a cada sistema de resíduos. Uma particularidade desta ferramenta é a sua capacidade de analisar as emissões correspondentes à redução da geração de resíduos. Para obter mais detalhes, consulte o Anexo sobre Dados e Métodos.

O ano de 2030 foi identificado pela *Global Methane Assessment* como uma meta importante para ações climáticas rápidas. A experiência passada mostrou que os sistemas de gestão de resíduos podem se transformar drasticamente em pouco tempo. Para cada cidade, criamos uma linha de base, ou cenário de "business-as-usual", e um cenário alternativo resíduo zero (*Rota Resíduo Zero*). Ambos os cenários usaram os mesmos dados sobre tamanho da população, geração de resíduos e composição de resíduos. O cenário resíduo zero difere da linha de base em dois aspectos importantes, e as mudanças resultantes nas emissões de GEE refletem apenas essas duas mudanças:

- 1. o uso de estratégias de minimização de geração de resíduos para reduzir a geração de fluxos de resíduos direcionados** (particularmente plástico descartável e, no caso de Bandung, resíduo de alimentos). Esses cenários são específicos e se baseiam em planos ou propostas que já existem em cada cidade.
- 2. esforços para desviar os resíduos para usos benéficos, como compostagem e reciclagem.** Projetamos taxas de desvio de 80% para categorias de materiais fáceis de reciclar (orgânicos, metais, vidro, papel, papelão e madeira) e taxas de desvio de 15% para materiais difíceis de reciclar (plástico, têxteis). Essas taxas produziram taxas gerais de desvio entre 42% e 68% .

A experiência passada indicou que as cidades podem atingir taxas de desvio de resíduos de 80% ou mais

em apenas alguns anos (vide Capítulo 2.1). Nossos cenários modelados são, portanto, conservadores e ficam muito aquém do que é técnica e economicamente viável levando-se em consideração o horizonte de 2030.

Os cenários resíduo zero modelados neste relatório não representam um ponto final ou objetivo único para a gestão de resíduos; em vez disso, eles representam uma estimativa conservadora para um sistema de resíduos em transformação e um marco no caminho até 2030. Os resultados são, portanto, indicativos de programas moderadamente ambiciosos. Cortes de emissões mais profundos podem ser esperados a partir de uma implementação mais ambiciosa de estratégias resíduo zero.

5.2. Estudos de casos em nível municipal

- 5.2.1. Lviv, Ucrânia
- 5.2.2. Dar es Salaam, Tanzânia
- 5.2.3. Temuco, Chile
- 5.2.4. São Paulo, Brasil
- 5.2.5. eThekweni (Durban), África do Sul
- 5.2.6. Seul, Coreia do Sul
- 5.2.7. Bandung, Indonésia
- 5.2.8. Detroit, EUA



Lviv, Ucrânia

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 93%

Estadísticas principais (2021)

- População: 783.065
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 238.965.63 tons/ano
- Geração de resíduos per capita: 0,84 kg/dia
- Coleta de resíduos: 11% de coleta seletiva
- Percentual de desvio de resíduos: 11%

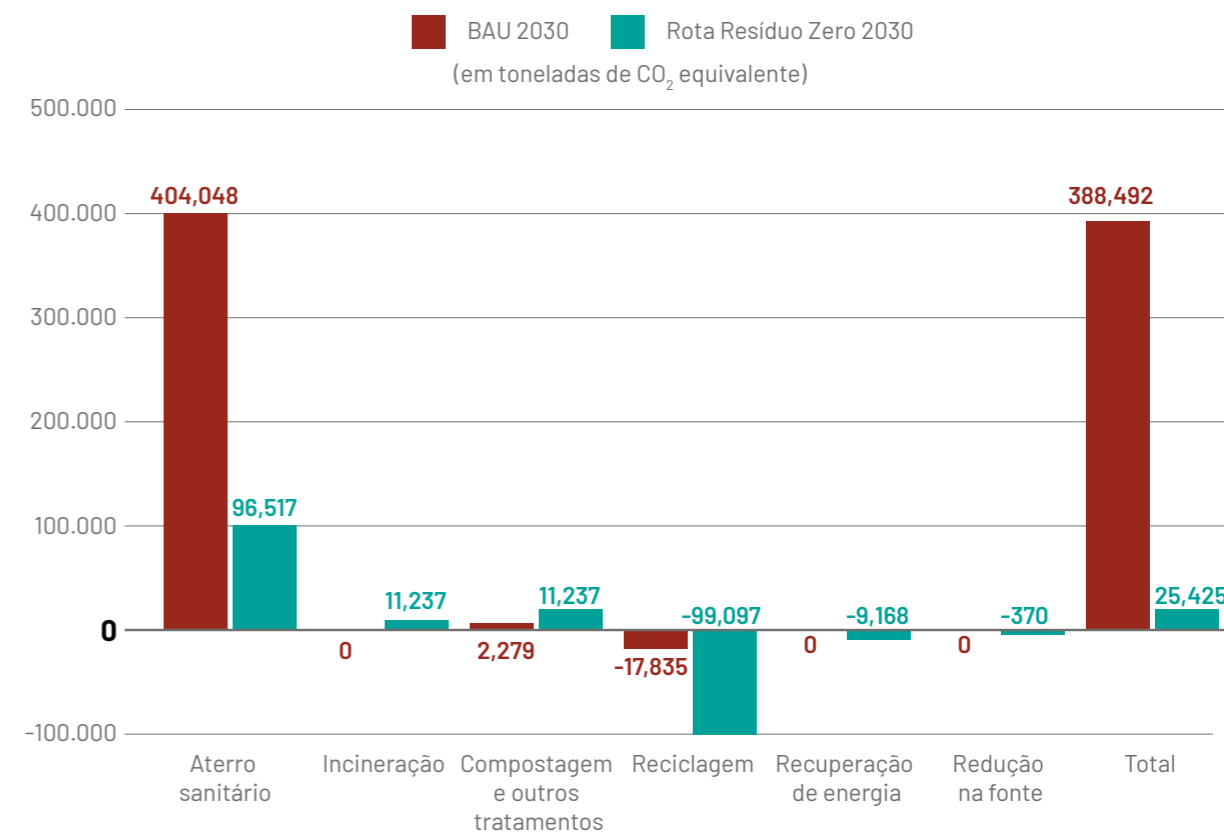
Lviv é o centro cultural, econômico e de negócios da Ucrânia Ocidental. Com uma população de 783.065 habitantes, mais de 2,5 milhões de turistas visitando a cada ano e um número crescente de empresas de tecnologia da informação baseadas na cidade, o volume de resíduos de Lviv vem aumentando. Itens de uso único e resíduos orgânicos de locais turísticos e quantidades crescentes de lixo eletrônico representam um grande desafio para uma cidade medieval, não equipada para organizar sua coleta de lixo. A guerra russa na Ucrânia também fez de Lviv o principal abrigo para refugiados e centro de ajuda humanitária, acrescentando um volume enorme à sua pegada de resíduos.

Assim como em outras cidades da Ucrânia, Lviv carecia de um sistema adequado de coleta e recuperação de resíduos. No entanto, um grande incêndio ocorrido no Aterro Lviv Grybovychi em maio de 2016 mudou a forma como a cidade encarava seu problema de resíduos. O aterro foi fechado definitivamente depois que o incêndio tirou quatro vidas, o que levou a cidade a se comprometer a se tornar uma cidade lixo zero devido ao alto custo de enviar resíduos para aterros de outras cidades ou regiões. A tragédia chamou a atenção da classe política e do público para a gestão de resíduos e desencadeou uma reforma no setor.

Como a primeira cidade fora da UE a participar do programa de certificação Zero Waste Cities, o governo de Lviv está tomando medidas para melhorar seu sistema de gestão de resíduos; em setembro de 2020, a cidade instituiu a coleta seletiva de orgânicos, com o objetivo de desviar 80% dos resíduos da cozinha e 100% dos resíduos verdes. Juntamente com empresas de gestão de resíduos, atacadistas de recicláveis e catadores informais, Lviv visa aumentar a coleta seletiva de materiais recicláveis e implementar esquemas piloto de REP. A prefeitura planeja substituir talheres de uso único e caixas de comida para viagem por reutilizáveis e estabelecer uma rede de bebedouros em locais públicos. Lviv também é pioneira em um esforço para substituir produtos sanitários, como fraldas e produtos menstruais, por equivalentes reutilizáveis. Ênfase especial é dada aos negócios de reparo e reforma, especialmente para aparelhos eletrônicos e elétricos, vestuário e calçados, acessórios e móveis. No entanto, o plano também levanta preocupações ao incluir um projeto de construção de uma planta de tratamento mecânico biológico (TMB), que, até 2024, iniciará a produção de combustível derivado de resíduos (CDR) para ser queimado em fornos de cimento.

Lviv em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em Lviv até 2030, em dois cenários: 1) a linha de base, ou Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2021 e 2) Rota Resíduo Zero, com base em consultas com grupos locais, incluindo o Zero Waste Lviv. As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	297.433 toneladas de resíduos sólidos urbanos depositados em aterro, correspondendo à fonte de todas as emissões de GEE no sistema de resíduos de Lviv.	158.480 toneladas de resíduos sólidos urbanos aterrados (redução de 47%). As emissões de gases de aterro caem 76%, mas ainda são a maior fonte de emissões.
Incineração	0	0
Compostagem e outros tratamentos	10.431 toneladas de resíduos orgânicos submetidas a compostagem	104.190 toneladas de resíduos orgânicos submetidas a compostagem e 158,480 toneladas residuais submetidas a MRBT.
Reciclagem	26.708 toneladas, por meio de esforços voluntários	71.271 toneladas, um aumento de 2,7 vezes, por separação na fonte. Essa medida resulta em reduções de GEE maiores do que as emissões totais de aterros.
Recuperação de energia	0	0
Redução na origem	0	Programas voluntários evitam a geração de 310 toneladas de resíduos plásticos.
Taxa de desvio total	11%	67%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 93%

Pontos chave

- 1** Atualmente, a maior fonte de emissões de GEE em Lviv é o metano proveniente de resíduos orgânicos depositados em aterros, já que a maior parte dos resíduos é enviada para aterros sanitários, com esforços mínimos de reciclagem ou compostagem.
- 2** Em um cenário Rota Resíduo Zero, Lviv alcançaria um aumento na taxa de desvio total de 11% para 67%, evitando emissões anuais de GEE em 63.910 toneladas de CO_{2eq} em 2030.
- 3** Essa abordagem reduziria os resíduos remanescentes em 47% ao ano, as emissões de metano de aterros sanitários em 76% e as emissões gerais de GEE em 93%, em comparação com o cenário Business as Usual 2030.
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero inclui o desvio de 80% dos resíduos orgânicos dos aterros por meio de compostagem, reciclagem (80% de papel, papelão, vidro e metal, 15% de plástico e têxteis e 1,5% de eletrônicos e outros), proibições moderadas de SUP e prevenção de incineração.
- 5** As organizações de base, incluindo o Zero Waste Lviv, garantem à cidade que o cenário Rota Resíduo Zero pode ser alcançado por meio de esforços conjuntos do conselho municipal e cidadãos, incluindo catadores de lixo marginalizados, empresas, ONGs e empreendedores sociais.

Recomendações

- Continuar com a coleta seletiva de resíduos orgânicos e compostagem.
- Proibir o plástico descartável de uso único. Continuar e expandir as proibições de itens de uso único, como sacolas, copos, garrafas, embalagens para viagem, talheres, etc.
- Oferecer incentivos a hotéis, restaurantes e cafés para a adoção de copos reutilizáveis, talheres, embalagens para bebidas e alimentos para viagem, entregas e uso em festivais.
- Promover o consumo de água da torneira e de bebedouros em áreas públicas para reduzir o uso de água engarrafada.
- Promover prateleiras sem embalagens em supermercados e mercados ao ar livre e sistemas traga-sua-própria embalagem (BYO).
- Desenvolver um programa de fraldas reutilizáveis, treinamento precoce para o desfralde e produtos menstruais reutilizáveis.
- Apoio ao programa de suporte financeiro para empresas de reparos, lojas e mercados locais de produtos de segunda mão e outras facetas da economia compartilhada.



@Andriana Syvanych



Escrito por: Iryna Myronova. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

Dar es Salam, Tanzânia

Potencial redução de emissões de GEE no cenário Rota Resíduo Zero: 65%

Estadísticas principais (2017)

- População: 5.200.000
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 1.679.000 tons/ano
- Geração de resíduos per capita: 0,9 kg/dia
- Coleta de resíduos: 40% de coleta (não há estatística sobre coleta seletiva)
- Percentual de desvio de resíduos: não há estatística

Dar es Salaam é a terceira cidade que mais cresce na África e a nona que mais cresce no mundo, com uma população projetada em quase 11 milhões até 2030. O crescimento da urbanização, industrialização e população na cidade de Dar es Salaam aumentou a taxa de geração de resíduos sólidos.

A coleta deficiente de resíduos, a falta de locais de descarte confiáveis, infraestrutura inadequada de resíduos sólidos e diretrizes insuficientes sobre a separação de resíduos na fonte estão entre os principais desafios enfrentados pelo setor de resíduos. A cidade gera cerca de 5.600 toneladas de resíduos sólidos diariamente, e apenas entre 900 e 1.500 toneladas são depositadas em aterro. Os resíduos são transportados e despejados no único lixão oficial, Pugu-Kinyamwezi, que não possui coleta de gás ou outras medidas de mitigação. O resto do lixo é despejado em terrenos baldios ou cursos de água, sendo uma grande quantidade queimada a céu aberto.

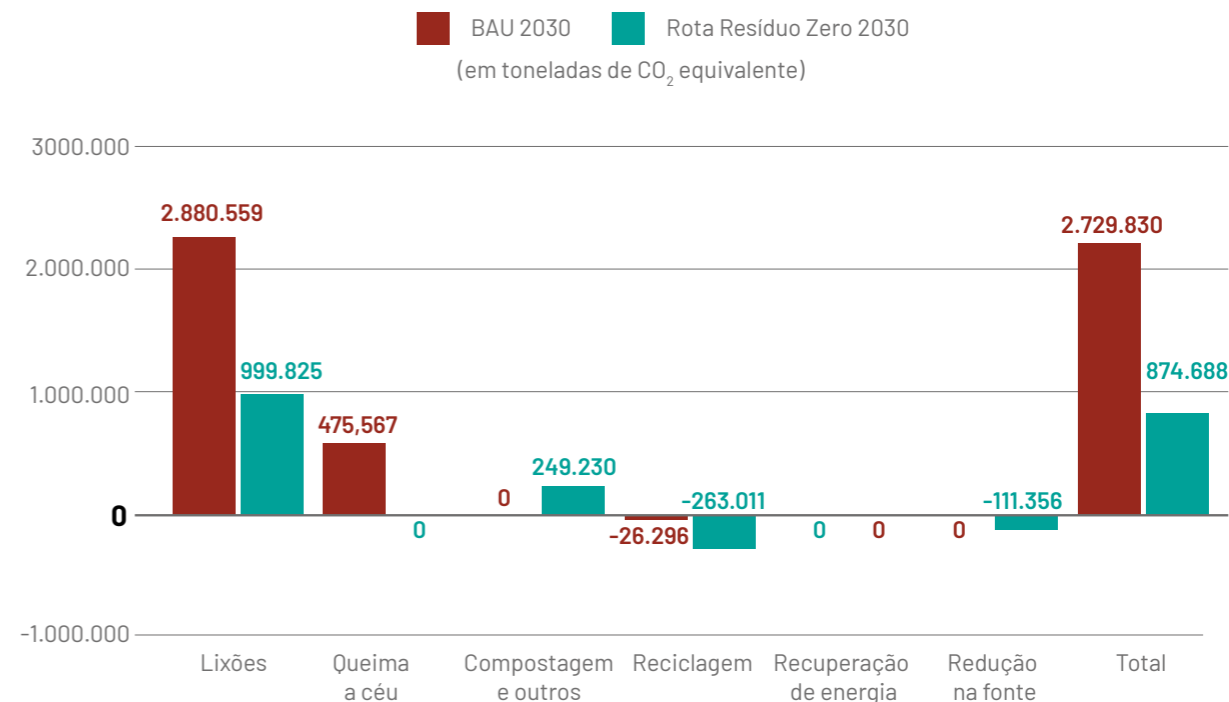
Em Dar Es Salaam, a reciclagem é atualmente liderada pelos esforços de um exército informal de catadores de lixo autônomos e microempresários. De acordo com o Guia Tanzânia sobre Investimentos em Gestão de Resíduos 2020, um total de 15 estações informais de transferência de reciclagem e um lixão oficial administrado pelo governo estão mapeados em toda a cidade, apoiando as operações de aproximadamente 1.237 catadores. Os catadores recolhem os recicláveis das casas e das ruas e também trabalham

no lixão, recolhendo em média 20 quilos por dia.

Nipe Fagio, um grupo local que vem construindo sistemas de resíduos zero liderados por cooperativas em Dar es Salaam desde 2019, vê um grande potencial na formação e formalização de cooperativas de coleta de lixo para reduzir os resíduos e a pegada de carbono da cidade. Como exemplo, a contribuição da Wakusanya Taka Bonyokwa Cooperative Society para a coleta seletiva ajudou a desviar mais de 80% dos resíduos gerados em um bairro de baixa renda de Bonyokwa, no distrito de Ilala em Dar es Salaam por meio de compostagem, reutilização e reciclagem, reduzindo o volume de resíduos a 10-20%.

Dar es Salaam em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em eThekweni até 2030, em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2016 e 2) Rota Resíduo Zero, com base em consultas a grupos locais, incluindo Nipe Fagio. As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Lixões	2.739.300 toneladas de resíduos sólidos urbanos descartados, incluindo queima a céu aberto e lixão a céu aberto	1.123.481 toneladas de resíduos sólidos urbanos. A queima aberta é encerrada. Emissões de gás de aterro sanitário caem 47%
Queima a céu aberto	A queima a céu aberto é prevalente; estimamos o volume em 508,023 toneladas de CO _{2eq}	0
Compostagem e outros tratamentos	0	1,192,801 toneladas compostadas
Reciclagem	Setor informal ativo, mas sem dados disponíveis	423.018 toneladas recicladas, resultando em uma redução de 371.654 toneladas de CO ₂ e
Recuperação de energia	0	0
Redução na origem	0	As proibições de plástico de uso único reduzem os resíduos plásticos em 129.514 toneladas, resultando em 111.356 toneladas de CO _{2eq} evitados (uma redução de 35% na geração total de resíduos plásticos)
Taxa de desvio total	0%	53%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 65%

Pontos chave

- 1** A maior parte das emissões de GEE em Dar es Salaam são as emissões de metano originárias de resíduos orgânicos depositados em lixões, devido à falta de sistemas adequados de gestão de resíduos orgânicos, como coleta seletiva e compostagem, apesar da alta quantidade de resíduos orgânicos gerados (49% do total de resíduos sólidos urbanos, sendo 39% resíduos de cozinha e 10% grama e madeira).
- 2** No cenário Rota Resíduo Zero, **Dar es Salaam alcançaria um aumento na taxa de desvio geral de 0% para 53%, evitando emissões anuais de GEE da ordem de 1.889.583 toneladas CO_{2e} em 2030.**
- 3** Essa abordagem reduziria os resíduos anuais remanescentes em 59%, as emissões de metano em aterros sanitários em 47% e as emissões gerais de GEE em 65%, em comparação com o cenário **Business as Usual 2030**. Mais de dois terços dessa redução viriam da redução das emissões de metano em aterros sanitários e um quarto da redução viria do fim da queima a céu aberto.
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero inclui taxas de desvio de 80% para orgânicos, papel, papelão, vidro e metal, e 15% para plástico, têxteis e eletrônicos, acabando com a queima a céu aberto, banindo o plástico de uso único (exceto para usos sanitários, como fraldas e garrafas PET transparentes, que fazem parte de uma economia de reciclagem existente). Os resíduos orgânicos seriam gerenciados em uma rede de estações de compostagem instaladas em cada bairro, segundo programas piloto já existentes.
- 5** Nipe Fagio tem trabalhado assiduamente no setor de resíduos por muitos anos e vislumbra um caminho para o cenário Rota Resíduo Zero no futuro, a ser construído em conjunto por catadores que há muito desempenham um papel crítico na apreensão do valor dos materiais descartados em Dar es Salaam.

Recomendações

- **Interrupção da queima a céu aberto.** A cidade deve evitar por todos os meios que os resíduos sejam queimados a céu aberto, o que gera emissões de GEE, além de oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde pública.
- **Proibição da maioria dos plásticos descartáveis.** A Tanzânia já implementou regulamentos para parar de produzir, transportar, vender e usar sacolas plásticas descartáveis, canudos e lacres de plástico e está estabelecendo regulamentos de responsabilidade estendida do produtor (REP). Com forte vontade política e uma campanha contínua da Comunidade do Leste Africano Contra Plástico de Uso Único, a cidade pode reduzir ainda mais os resíduos plásticos por meio de regulamentos mais rigorosos.
- **Integração de catadores no setor de gestão de resíduos.** A cidade apoia os catadores em seus esforços de coleta e recuperação de materiais, fornecendo equipamentos adequados, infraestrutura e suporte de certificação. A cidade também deve apoiar organizações de base e programas educacionais em seus esforços para treinar os residentes em práticas eficazes de redução de resíduos.
- **Apoio à integração das cooperativas de resíduos no setor de gestão de resíduos.** O traçado da cidade, principalmente em bairros de baixa renda não planejados, dificulta a chegada dos veículos de coleta de lixo às residências. As cooperativas de resíduos podem ter um papel essencial na coleta porta-a-porta com a aplicação da segregação na origem, atendendo áreas que historicamente tendem a ficar de fora da rede.
- **Implementação da segregação de resíduos na origem ligada à coleta seletiva de resíduos.** A segregação de resíduos na origem, quando combinada a sistemas de coleta seletiva, aumenta as taxas de compostagem e reciclagem, resultando em taxas significativas de recuperação de resíduos.



@Chris Morgan



Escrito por: Ana Lê Rocha. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

Temuco, Chile

Potencial redução de emissões de GEE no cenário Rota Resíduo Zero: 73%

Estatísticas principais (2017)

- **População: 302,931**
- **Geração total de resíduos sólidos pelo município: 298 toneladas por dia (incluindo resíduos residenciais e comerciais)**
- **Geração de resíduos per capita: 0,98 kg/dia**
- **Sistema municipal de coleta de resíduos: - 100% de coleta (97,8 % aterros) - 1,17% coleta seletiva**
- **Taxa de reciclagem municipal geral: 2%**

A cidade de Temuco está situada na região de Araucanía, no sul do Chile, uma das regiões mais pobres do país. Um terço de sua população é de origem indígena Mapuche, que, ao longo das décadas, vem enfrentando inúmeras injustiças econômicas e ambientais. No início dos anos 90, o governo chileno começou a implantar vários aterros sanitários em seu território como forma de gerenciar os crescentes fluxos de resíduos do país, o que levou as comunidades locais a fazerem campanha contra o aterro e a contaminação induzida por águas residuais de suas terras.

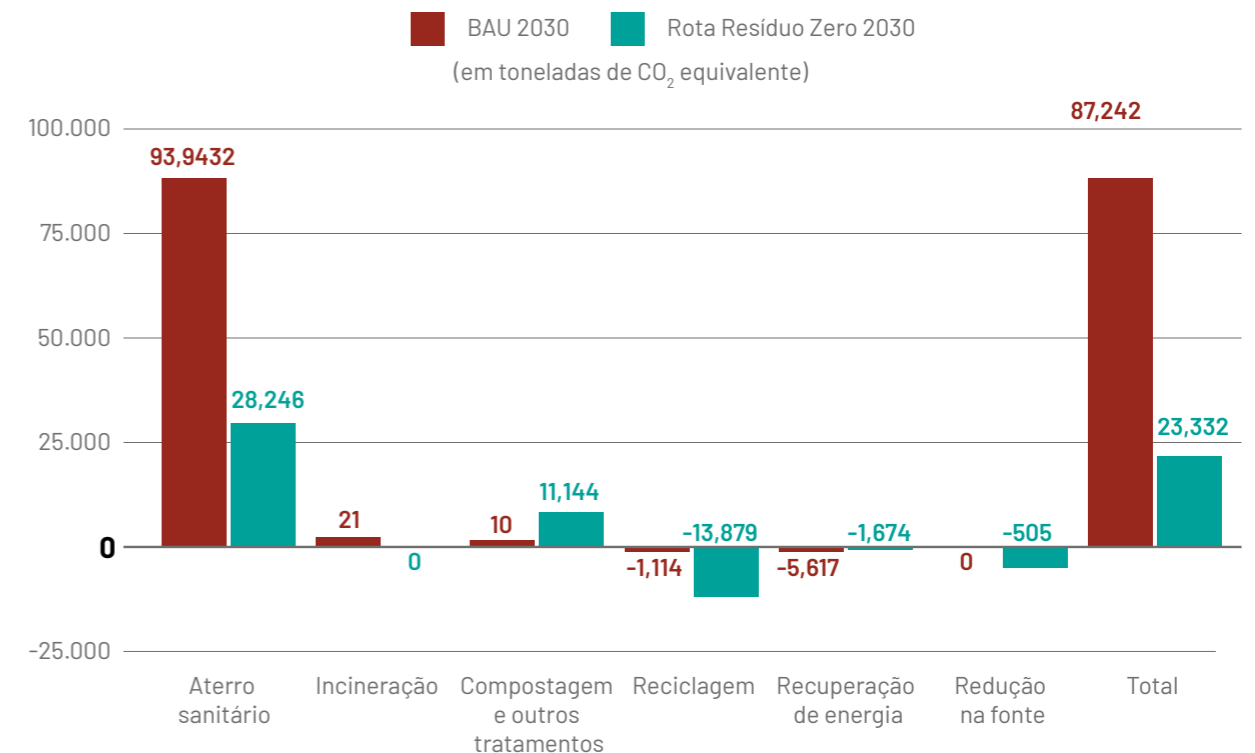
Além de um pequeno programa piloto, Temuco não possui um sistema de coleta seletiva para seus materiais recicláveis ou orgânicos, então o município coleta todos os resíduos de forma não seletiva. Esses materiais são transportados para uma estação de transferência a cerca de 25 km da cidade e, em seguida, descartados no aterro sanitário Laguna Verde, localizado na cidade de Los Angeles, a 190 km de Temuco, representando fortes encargos econômicos e ambientais para a cidade, devido ao alto custo de transporte e emissões de carbono. Tanto a estação de transferência quanto o aterro são operados por empresas privadas - GERSA e KDM Industrial, respectivamente. Uma pequena quantidade de resíduos é incinerada em uma fábrica de cimento. Para mitigar o aumento do custo de envio de seus resíduos para

fora da cidade, o município de Temuco tentou construir um incinerador na comunidade, mas não conseguiu devido à resistência da comunidade, incluindo a criação de um projeto piloto de lixo zero.

Com base em dados de 2018, a cidade recicla apenas 2% de seus resíduos, principalmente vidro (1,6%), além de quantidades marginais de outros recicláveis mistos, por meio dos chamados "pontos verdes", que são contêineres públicos onde as pessoas podem levar seus recicláveis e de onde as empresas privadas coletam. Desde 2019, o município também distribuiu 3.600 composteiras para moradores de toda a cidade, e atualmente estima que 1.576 toneladas de resíduos orgânicos sejam recuperadas anualmente. Este é um passo em direção à implementação de um programa municipal de desvio de orgânicos em Temuco, mas o município ainda precisa adotar outras ações sistêmicas. Há também um programa piloto municipal de coleta seletiva de garrafas plásticas PET e caixas de papelão em dois bairros, mas grande parte da reciclagem da cidade é realizada por centenas de catadores que operam dentro de suas fronteiras, portanto, os números reais de reciclagem devem ser maiores do que os oficiais. Costumava haver mais de dez organizações representando esses trabalhadores, mas agora existem apenas duas sobreviventes - Proyecto Andes e Mujeres Emprendedoras de Vista Verde.

Temuco em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em Temuco até 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2018 e 2) Rota Resíduo Zero, com base em consultas a grupos locais, incluindo Rede de Ação por los Derechos Ambientales (RADA). As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro	123,462 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano. Gases originários de aterros correspondem a quase totalidade das emissões.	50.073 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano, representando uma redução de 59%.
Incineração	Uma pequena quantidade de resíduos é incinerada em uma fábrica de cimento.	Nenhuma incineração de resíduos.
Compostagem e outros tratamentos	Quantidade insignificante	80% (ou 60.871 toneladas) de resíduos orgânicos compostados
Reciclagem	Quantidade mínima de resíduos reciclados.	80% de papel, papelão, vidro e metal, e 15% de plástico, têxtil e eletroeletrônicos reciclados (totalizando 16.843 toneladas)
Redução na origem	Nenhum programa	A proibição de plástico de uso único em restaurantes eliminaria 587 toneladas de plástico ao ano.
Taxa de desvio total	2%	55%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário Rota Resíduo Zero: 73%

Pontos chave

- 1** Atualmente, a maior fonte de emissões de GEE em Temuco é o metano proveniente de resíduos orgânicos depositados em aterros sanitários, que é o destino de todos os resíduos da cidade, com esforços mínimos de reciclagem ou desvio de resíduos.
- 2** No cenário Rota Resíduo Zero, **Temuco alcançaria um aumento na taxa de desvio geral de 2% para 55%, evitando emissões anuais de GEE correspondentes a 63.910 toneladas CO_{2e} em 2030.**
- 3** Essa abordagem **reduziria os resíduos remanescentes anuais em 59%, as emissões de metano em aterros sanitários em 70% e as emissões gerais de GEE em 73%, em comparação com o cenário Business as Usual 2030.**
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero prevê o desvio de 80% dos resíduos orgânicos dos aterros por meio de compostagem, reciclagem (80% de papel, papelão, vidro e metal e 15% de plástico, têxteis e eletrônicos), proibições moderadas de SUP e não incineração.
- 5** Os recicladores informais desempenham um papel crítico na reciclagem em Temuco, e a cidade ainda precisa reconhecer e apoiar os esforços de suas comunidades de base. Grupos comunitários continuam a defender que o município se torne um aliado e parceiro em seus esforços em direção a uma cidade resíduo zero.

Recomendações

- **Os resíduos orgânicos**, que constituem pelo menos 60% do total de resíduos gerados em Temuco, devem ser gerenciados principalmente por meio de um programa municipal de compostagem implementado e administrado pela cidade.
- **Os recicláveis** (vidro, papel, papelão, metais, plásticos nº1-PET e 2-PEAD), que representam aproximadamente 22,5% do fluxo total de resíduos, devem ser separados e recolhidos de porta em porta pela prefeitura para que os materiais possam ser vendidos para processamento.
- **O plástico de uso único (SUP)** usado para alimentos e bebidas é regulamentado pela Lei do Chile nº 21.368 (de agosto de 2021), com fraca fiscalização. O uso de SUP deve ser reduzido através da promoção de embalagens reutilizáveis. Grupos locais gostariam que o governo promulgasse um decreto municipal para codificar o uso de reutilizáveis, além de ter acesso a mais infraestrutura para compras a granel, a fim de se enfraquecer da cultura do descartável. Cortes mais expressivos no uso de SUP também devem ser decretados.
- Um sistema de **Banco de Alimentos** deve ser implantado e usado como um meio para redistribuir alimentos para comunidades de baixa renda e evitar que sobras de alimentos de restaurantes, quitandas, padarias, etc. sejam desperdiçadas.
- Os **catadores de materiais** recicláveis devem ser apoiados pelo município em seus esforços de coleta de materiais, recebendo equipamentos adequados, infraestrutura e suporte de certificação, para que possam competir efetivamente com os recicladores comerciais. A cidade também deve apoiar organizações de base e programas educacionais em seus esforços para treinar os residentes em práticas eficazes de redução de resíduos.
- **Materiais remanescentes** (que constituíram **30% ou menos** do fluxo de resíduos após a entrada em vigor das medidas de resíduo zero) devem ser descartados em um aterro sanitário, de acordo com o sistema que está atualmente em vigor fora de Temuco.



@Jose Luis Vargas



Escrito por: Cat Diggs and Alejandra Parra Muñoz. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

São Paulo, Brazil

Potencial de Redução de GEE em um Cenário Rota Resíduo Zero: 105%

Estatísticas principais (2020)

- **População: 11.869.860**
- **Volume total de resíduos sólidos urbanos gerados: 3.882.430 toneladas por ano**
- **Geração de resíduos per capita: 0.9 kg/dia**
- **Sistema de coleta de resíduos: coleta seletiva oficial mínima, ausência de monitoramento de atividades de reciclagem informais**
- **Percentual de desvio de resíduos: 1%, excluindo atividades de reciclagem informais**

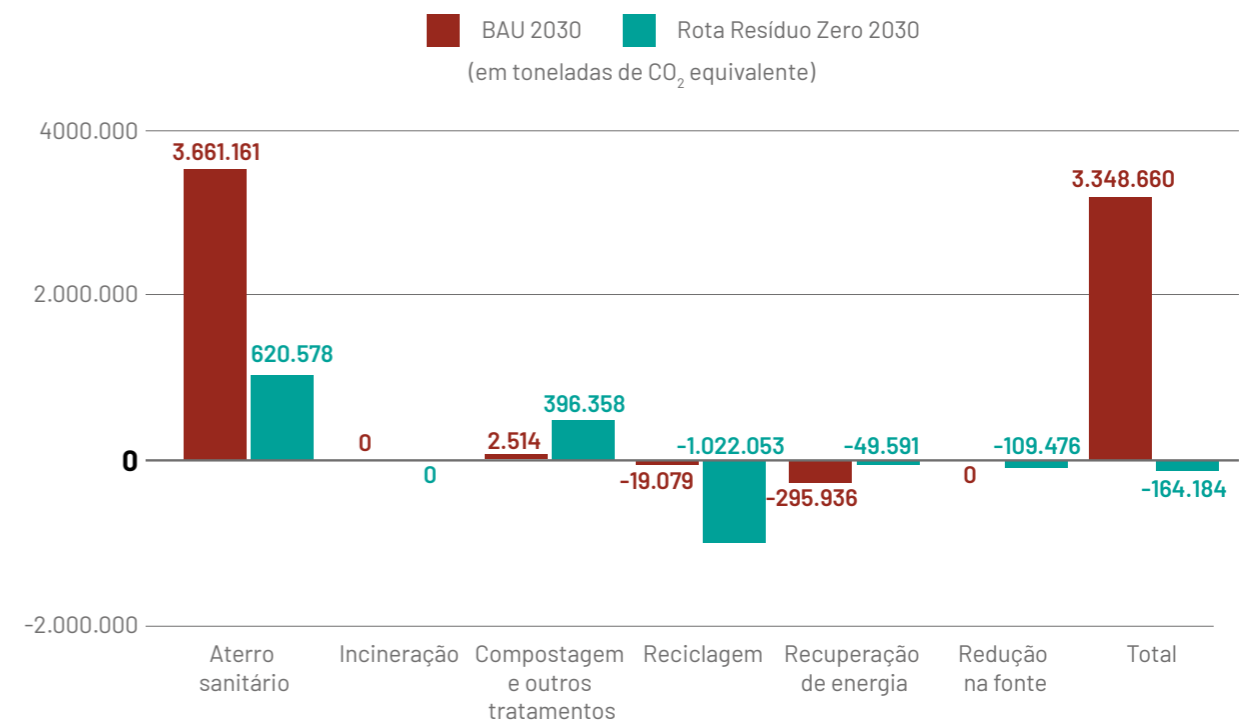
Uma das maiores cidades do mundo, São Paulo tinha uma população de quase 12 milhões de pessoas em 2020, número que deve crescer mais de meio milhão até 2030. Para gerenciar seus resíduos, a cidade depende quase que exclusivamente de aterros sanitários; 99% dos resíduos oficialmente rastreados pela cidade têm esse destino. Uma comunidade organizada de catadores e de coletivos de catadores recupera grande parte dos materiais recicláveis, mas esse fluxo é mal rastreado pela prefeitura e não está incluído nas estimativas oficiais. Isso se reflete nas baixas taxas de recuperação observadas no cenário "business as usual" nesta análise. Os orgânicos, que compõem metade do fluxo de resíduos da cidade, não têm mercado informal de recuperação e são quase exclusivamente enviados para aterros sanitários, junto com o restante do resíduos urbano coletado misturado pela cidade.

Para melhorar as taxas gerais de recuperação de materiais e lidar com os altos níveis de resíduos orgânicos, a cidade apresentou um plano para aumentar significativamente sua capacidade de tratamento mecânico-biológico (TMB) para tratar todos os resíduos urbanos mistos da cidade. Infelizmente, não é viável para a cidade aumentar a capacidade do TMB com rapidez suficiente para processar todos os resíduos urbanos até 2030, nem é possível que o TMB sozinho atinja as taxas de recuperação de recicláveis que a cidade estabeleceu no Plano de Ação Climática

(34% de papel e papelão, 25% de plástico). Em vez disso, catadores e a organização civil Instituto Pólis propuseram um cenário alternativo que integra a experiência das redes de catadores existentes para instituir a coleta seletiva de recicláveis e orgânicos e desviar materiais de aterros sanitários para compostagem e reciclagem. Esse cenário seria complementado por uma proibição de certos plásticos de uso único, reduzindo bastante a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, sem a necessidade de investimentos caros em instalações de TMB.

São Paulo em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas de emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em São Paulo até 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2019 e; 2) Rota Resíduo Zero, com base em consultas a grupos locais, incluindo o Instituto Pólis. As premissas que deram suporte a cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	4.334.595 toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano	1.939.677 toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano (redução de 55%)
Incineração	não há	não há
Compostagem e outros tratamentos	não há	1.723.724 toneladas de orgânicos compostados por ano e 1.939.677 toneladas por ano de resíduos são processados por TMB
Reciclagem	Setor de reciclagem informal significativo não incluído nos dados oficiais	Uma ação expandida do setor informal captura 715.980 toneladas adicionais de recicláveis secos por ano
Recuperação de energia	Gás de aterro sanitário capturado e queimado sem recuperação de energia	Gás de aterro é capturado e queimado sem recuperação de energia
Redução na origem	não há	Evita-se 127.327 toneladas de embalagens plásticas com a proibição de plásticos de uso único
Taxa de desvio total	1%	68%

Potencial de Redução de GEE em um Cenário Rota Resíduo Zero : 105%

Pontos chave

- 1 Uma vez que os orgânicos representam metade dos resíduos urbanos de São Paulo e a coleta seletiva e o tratamento de resíduos orgânicos são quase inexistentes, as emissões de metano de resíduos orgânicos provenientes de aterros sanitários são a principal fonte de emissões de GEE em São Paulo.
- 2 No cenário Rota Resíduo Zero, São Paulo aumentaria sua taxa geral de desvio de resíduos do aterro sanitário de 1% para 68%, evitando 3.512.844 toneladas de CO_{2eq} por ano em 2030.
- 3 Até 2030, essa abordagem reduziria os rejeitos em 55%, as emissões de metano em aterros sanitários em 83% e as emissões gerais de GEE em 105%, em comparação com o cenário Business as Usual; o sistema de resíduos será transformado em um setor de emissões negativas.
- 4 O cenário Rota Resíduo Zero inclui o desvio de 80% dos resíduos orgânicos de aterros sanitários, o aumento das taxas de reciclagem por meio da integração de catadores na coleta seletiva e a implementação da proibição de plásticos de uso único.
- 5 O plano proposto pela cidade para abordar as emissões do setor de resíduos e atingir suas metas de taxa de recuperação exclusivamente por meio do TMB é inviável; em vez disso, melhorar o tratamento de resíduos orgânicos e fortalecer os esforços de reciclagem liderados por catadores organizados aumentaria muito a porcentagem de desvio de resíduos sólidos urbanos dos aterros sanitários.

Recomendações

- **A integração de catadores de resíduos pode** expandir os atuais esforços de reciclagem informal, que representam a maior parte da reciclagem na cidade, e atingir as taxas de recuperação desejadas para certos materiais recicláveis, sem investimentos altos em infraestrutura de TMB.
- **No caso dos resíduos orgânicos**, que representam metade dos resíduos urbanos de São Paulo, mas não têm valor comercial, catadores e outros atores precisam receber financiamento para coletá-los separadamente e desviá-los dos aterros sanitários para compostagem, de forma a alcançar as reduções significativas nas emissões de GEE observadas nesta análise.
- **Proibições de plásticos de uso único** podem reduzir a quantidade de materiais difíceis de reciclar no fluxo de resíduos que, de outra forma, acabariam em aterros sanitários, economizando fundos municipais e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.



@Lana Eslânia/MNCR



Escrito por: John Ribeiro-Broomhead. Este estudo de caso foi elaborado como parte do relatório, "Resíduo Zero Para Zero Emissões: A Redução de Resíduos como a Virada de Jogo Climática (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

eThekwini (Durban), África do Sul

Potencial redução de emissões de GEE no cenário Rota Resíduo Zero: 63%

Estatísticas principais (2017)

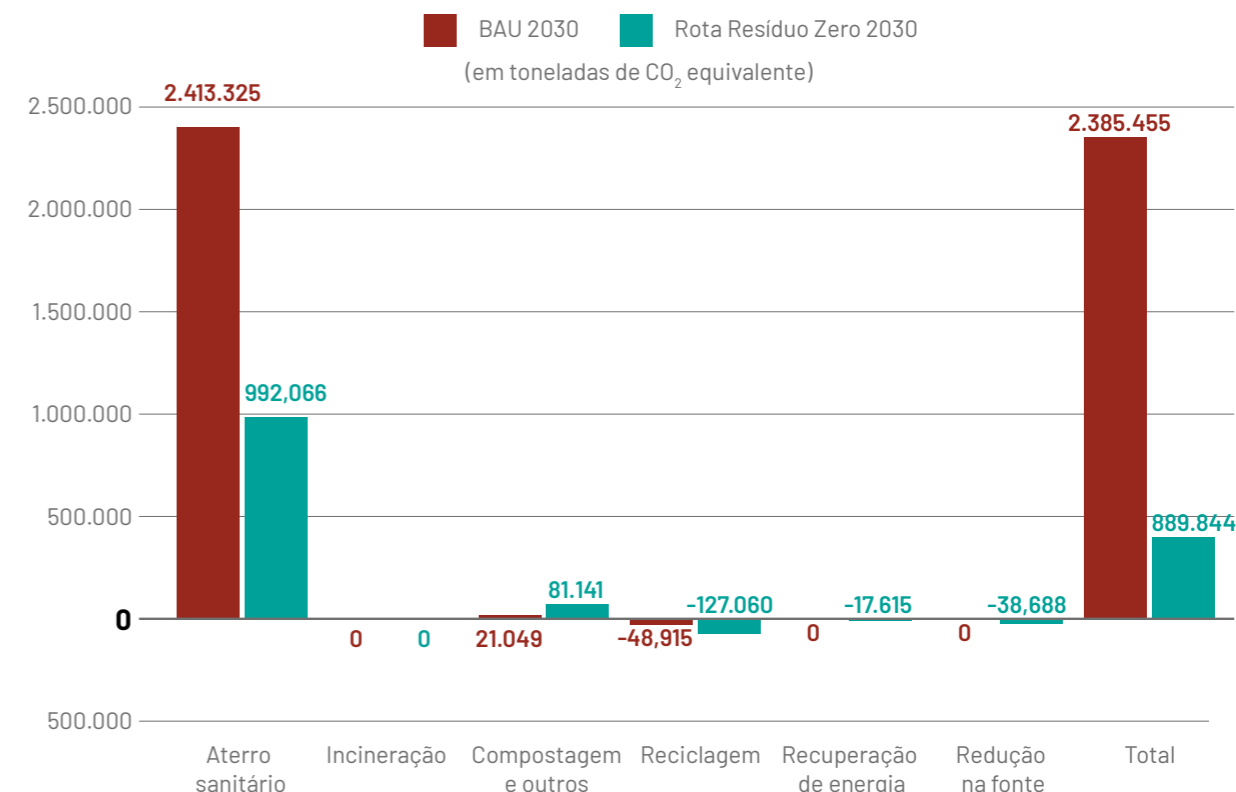
- População: 3.947.020
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 1.368.480 toneladas ao ano
- Geração de resíduos per capita: 0,95 kg/dia
- Sistema de coleta de resíduos: - <90% de coleta – percentual mínimo de coleta seletiva pelo governo municipal
- Percentual de desvio de resíduos: 10%

O município de eThekwini (Durban) abriga uma densa colcha de retalhos de bairros rurais, periurbanos e urbanos com uma variedade de recursos econômicos. Até 12% dos domicílios – principalmente em assentamentos rurais e informais – não recebem serviços oficiais de tratamento de resíduos. Com a coleta seletiva oficial em níveis insignificantes e um programa piloto de coleta seletiva curbside de recicláveis domésticos descontinuado, o município depende fortemente de catadores para a recuperação de materiais. Estimativas conservadoras de taxas combinadas de recuperação oficial e não oficial sugerem uma taxa global de recuperação de materiais de 10%, com resíduos não separados sendo enviados para aterros. Mas observações não oficiais de especialistas da área sugerem taxas de recuperação muito mais altas para recicláveis, como garrafas PET, papel e papelão, por meio do setor informal. Apesar disso, as diretrizes de Integração Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (2020) publicadas pelo Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente ainda não foram implementadas pelo município, e os trabalhadores informais do lixo seguem sem reconhecimento ou apoio. De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2016, o município estabeleceu a meta de aumentar o volume de recicláveis recuperados em 10% a cada ano, mas não há programas oficiais em vigor para atingir essa meta.

A gestão de resíduos orgânicos representa uma oportunidade significativa para o município reduzir a carga em seus aterros sanitários cada vez mais caros, com resíduos de alimentação e de jardinagem representando 43% do fluxo combinado de resíduos domésticos e comerciais. A integração e o suporte aos catadores permitem um melhor rastreamento e execução da recuperação de materiais, especialmente para materiais mais fáceis de reciclar, como papel e papelão. Isso, juntamente com a coleta separada de resíduos de alimentos e jardins, poderia reduzir as emissões de gases de efeito estufa do setor de resíduos em até 63% (ou 1.495.611 toneladas de CO_{2eq}) em relação aos níveis atuais, o que equivale a evitar a queima de 750.000 toneladas de carvão. O Plano de Ação Climática recentemente publicado pela cidade para reduzir em 80% a quantidade de restos de alimentos de boa qualidade desperdiçados geraria economias adicionais de emissões de GEE.

eThekwini em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em eThekwini até 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2020 e 2) Rota Resíduo Zero, com base em consultas a parceiros locais, incluindo o Centro de Futuro Urbano da Universidade de Tecnologia de Durban, groundWork e Asiye eTafuleni. As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	1.335.017 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano, correspondendo à totalidade das emissões de GEE	740.848 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano, correspondendo a uma redução de 45% no uso de aterros e de 59% nas emissões originárias de aterros
Incineração	0	0
Compostagem e outros tratamentos	97.283 toneladas compostadas	333.041 toneladas compostadas
Reciclagem	79.555 toneladas oficialmente; o setor informal processa um volume bem maior	268.142 toneladas mediante o fortalecimento do setor informal, resultando em 2,6 vezes a redução de GEE em relação ao cenário BAU
Recuperação de energia	0	199.824 toneladas digeridas anaerobicamente, produzindo uma redução de 17.615 toneladas de CO _{2eq} originárias da geração de energia
Redução na origem	0	Restrições à utilização de SUP evitam a geração de 44.997 toneladas de resíduos plásticos e 38.688 toneladas de emissões de CO _{2e} de efeito estufa
Taxa de desvio total	11%	47%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 63%

Pontos chave

- 1** A alta quantidade de resíduos orgânicos de eThekweni torna a coleta separada e a compostagem/digestão anaeróbica essenciais para reduzir as emissões de resíduos da cidade, principalmente dos aterros sanitários. A meta de redução do desperdício de alimentos no Plano de Ação Climática da cidade é um passo na direção certa, mas há muito mais que pode ser feito para reduzir o volume de resíduos orgânicos.
- 2** No cenário Rota Resíduo Zero, eThekweni alcançaria um aumento em sua taxa de desvio geral de 11% para 47%, evitando emissões anuais de GEE correspondentes a 1.495.611 CO₂ em 2030.
- 3** Essa abordagem reduziria os resíduos remanescentes anuais em 46%, as emissões de metano em aterros sanitários em 59% e as emissões gerais de GEE em 63%, em comparação com o cenário Business as Usual 2030
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero inclui o desvio de 80% dos orgânicos de aterros para a digestão anaeróbica (37,5%) e compostagem (62,5%), aumentando as taxas de reciclagem de papel e papelão para 80%, dobrando a quantidade de vidro e metais recuperados e introduzindo a proibição do plástico descartável.
- 5** Os recicladores informais desempenham um papel crítico na reciclagem em Durban, e a cidade ainda precisa reconhecer e apoiar seus esforços de base. Associações de catadores e ONGs de justiça ambiental continuam a defender que o município se torne um aliado e parceiro em seus esforços rumo a uma cidade resíduo zero.

Recomendações

- **Os resíduos orgânicos**, que constituem 43% do fluxo de resíduos e são responsáveis por uma grande proporção das emissões de gases de efeito estufa do município, devem ser coletados separadamente e desviados de aterros para compostagem e/ou digestão anaeróbica, seja em locais em escala comunitária, como composteiras de jardim ou em instalações maiores, dependendo das necessidades e recursos da comunidade local. Cumprir a meta estabelecida no Plano de Ação Climática do município de reduzir em 80% os resíduos de alimentos de boa qualidade no fluxo de resíduos também é fundamental para o gerenciamento das emissões relacionadas a resíduos.
- **Os recicláveis** devem ser gerenciados por meio de uma melhor integração do sistema informal de reciclagem existente, que já recupera quantidades significativas de papel, papelão e plástico que nunca entram no fluxo de resíduos e não são considerados pelos dados atuais. O município deve contar com a experiência dos catadores para administrar as estratégias de recuperação de materiais mais adequadas para cada bairro, incluindo centros de compra, coleta porta a porta e instalações de recuperação de materiais.
- **O plástico de uso único** deve ser banido para reduzir a quantidade de materiais difíceis de reciclar no fluxo de resíduos que só podem ir para aterros sanitários.



@Urban Futures Centre



Escrito por: John Ribeiro-Broomhead. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

Seul, Coreia do Sul

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 885%

Estadísticas principais (2017)

- População: 9.639.541
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 3.594.301 tons/ano
- Geração de resíduos per capita: 1,02 kg/dia
- Coleta de resíduos: 66% de coleta seletiva
- Percentual de desvio de resíduos: 59%

A cidade de Seul — lar de quase 10 milhões de habitantes — é o centro cultural, econômico, empresarial e político da Coreia do Sul, e um epicentro de geração massiva de resíduos e emissões de carbono, classificado como o décimo terceiro maior emissor mundial de gases de efeito estufa dentre todas as cidades do mundo. Desde a década de 1970, a cidade testemunhou uma rápida industrialização e expansão em todas as direções, incluindo produção e consumo em massa e um estilo de vida descartável, o que resultou no aumento na geração de resíduos.

De acordo com nossa análise de emissões de GEE, no entanto, o sistema de resíduos de Seul já é um produtor líquido negativo de GEE graças a um robusto sistema de coleta seletiva e reciclagem. A aplicação em todo o país do sistema de descarte baseado em volume tem sido a chave para recuperar mais de 95% dos resíduos de alimentos, 88% dos resíduos de metais e 79% dos resíduos de vidros. Apenas os resíduos de papel e papelão (55%) e da madeira (56%) apresentam taxas de reciclagem relativamente baixas.

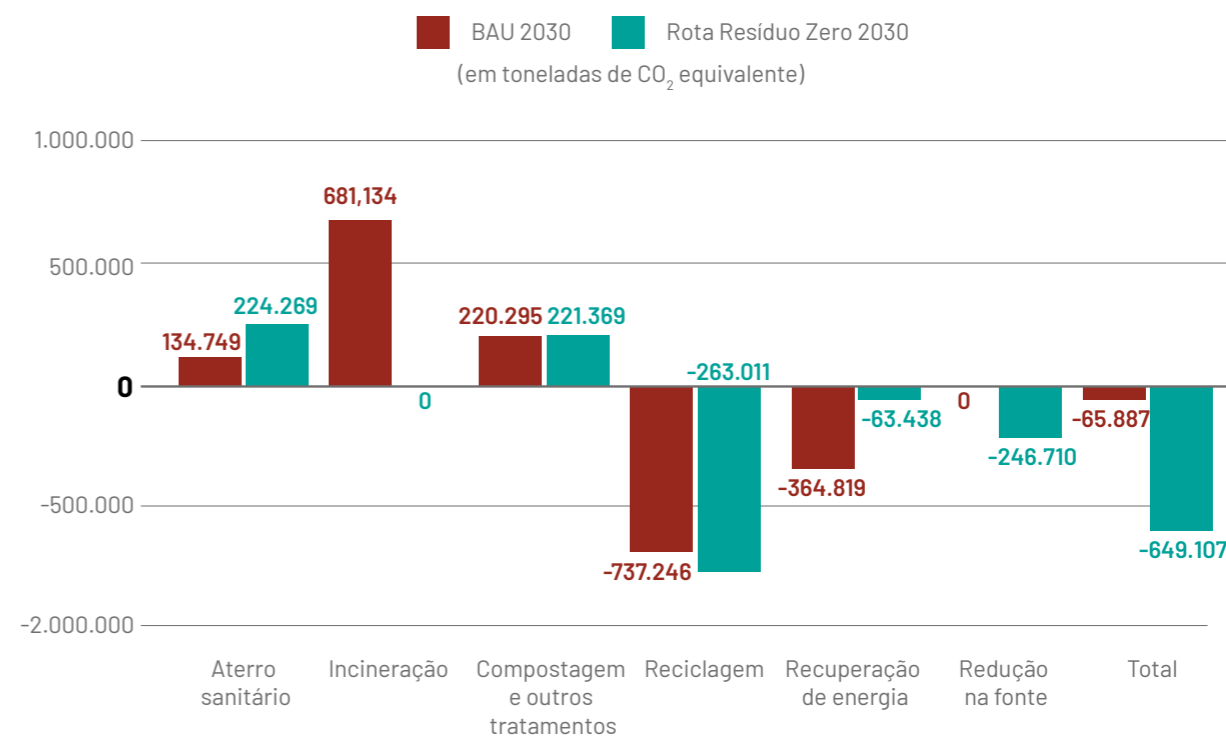
Com pouco material orgânico indo para aterros, o metano originário dos resíduos de alimentos não é uma grande preocupação; a maioria das emissões de GEE de Seul vem de seus incineradores. Atualmente, Seul opera quatro incineradores para processar um máximo de 2.850 toneladas de resíduos por dia, emitindo 681.134 toneladas de CO_{2eq}. Com a proibição direta de aterros sanitários entrando em vigor em 2026, o governo pretende construir mais incineradores na área metropolitana de Seul, de maneira similar

ao plano de construção de incineradores que a cidade tinha em 1991. Devido à forte oposição esperada das comunidades próximas, apenas quatro incineradores foram construídos na década de 1990, que acabaram recebendo resíduos de outros distritos depois de enfrentar uma baixa taxa de processamento.

Em 2030, Seul está projetando ter uma população de 9,16 milhões e geração de resíduos per capita de 1,11 kg/dia. Como é altamente improvável encontrar um lugar para aterros sanitários ou incineradores nesta cidade densamente povoada, Seul tem apenas uma solução viável: concentrar sua busca por resíduo zero na redução de resíduos na origem. A cidade já desenvolveu um roteiro para um futuro sem plástico até 2022 (em 2018), bem como uma meta de neutralidade de carbono para 2050 (em 2020), incluindo elementos-chave em termos de política de resíduos, tais como redução na origem, proibição de plástico descartável e expansão da infraestrutura de reutilização. Quando esses esforços forem atendidos com a eliminação da incineração, a cidade pode liberar o potencial de reduzir mais de 885% das emissões anuais de GEE (ou 538.220 toneladas de CO₂) até 2030, o que equivale às emissões anuais de 1,4 unidades geradoras de energia movidas a gás natural.

Seul em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em Seul até 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU), com base nos dados de 2019 e 2) Rota Resíduo Zero. As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	378.173 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano. Baixa utilização de aterros, mas ainda correspondendo a 13% das emissões de GEE.	1.057.795 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados por ano. Maior utilização de aterros, mas com aumento das emissões de GEE limitado a 89,520 toneladas CO _{2eq} .
Incineração	867.060 toneladas ao ano. Corresponde a 66% das emissões de GEE originárias de resíduos na cidade de Seul.	A não utilização de incineração remove a maior fonte de emissão de GEE: 681.134 toneladas
Compostagem e outros tratamentos	96% dos resíduos orgânicos são compostados ou utilizados como ração animal.	96% dos resíduos orgânicos são compostados ou utilizados como ração animal.
Reciclagem	Altas taxas de reciclagem fazem com que Seul tenha uma pegada de carbono ligeiramente negativa	Reforço na reciclagem de papel e papelão gera mais reduções de emissões.
Recuperação de energia	A energia gerada pela incineração dá origem ao dobro de emissões de GEE resultantes da geração de energia a ser substituída. A energia originária de gás de aterro é mínima devido ao baixo teor de orgânicos.	Recuperação mínima de energia via gás de aterro
Redução na origem	0	A proibição de uso de plásticos descartáveis reduz a geração em 188.871 toneladas
Taxa de desvio total	59%	64%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 885%

Pontos chave

- 1** O sistema de resíduos de Seul já tem pegada negativa, com 100% de coleta e 96% de taxa de desvio de resíduos orgânicos. Com pouco material orgânico indo para aterros, o metano gerado por sobras de alimentos não é uma grande preocupação; a maioria das emissões de GEE de Seul vem de seus incineradores.
- 2** No cenário Rota Resíduo Zero, **Seul alcançaria um aumento na taxa geral de desvio de 59% para 64%, evitando emissões anuais de GEE em 583.220 toneladas CO_{2e} em 2030.**
- 3** Essa abordagem reduziria os resíduos remanescentes anuais em 15%, as emissões de metano em aterros sanitários em 66% e as emissões gerais de GEE em 885%, em comparação com o cenário Business as Usual 2030.
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero inclui a eliminação gradual da incineração, expansão da proibição de sacolas plásticas, espuma plástica e outras embalagens plásticas, além do aumento da taxa de reciclagem (80%) para papel, papelão e madeira; todas as outras taxas de reciclagem permanecem constantes.
- 5** A sociedade civil, incluindo a Korea Zero Waste Movement Network, tem desempenhado um papel vital no combate às mudanças climáticas com soluções resíduo zero, liderando uma ampla gama de iniciativas, como proibições de SUP, construindo uma cultura de reutilização e reabastecimento, organizando cidades em torno do conceito resíduo zero e sensibilizando e educando a comunidade sobre redução de resíduos, produção e consumo sustentáveis e mudanças climáticas.

Recomendações

- **Eliminar gradualmente a incineração de resíduos:** O plano recente do governo municipal de construir mais incineradores até 2026 está em contradição com a meta de neutralidade de carbono do país para 2050. Fechar apenas os quatro incineradores existentes resultaria em evitar 681.134 toneladas de emissões anuais de CO_{2e} em 2030. A cidade deve desistir do plano de construir mais incineradores até 2025 e desligá-los gradualmente quando chegarem ao fim de sua vida útil nos próximos anos.
- **Proibir o plástico de uso único:** continuar e expandir as proibições de itens de uso único, como sacolas, copos, garrafas, recipientes para viagem, talheres, etc.
- **Estabelecer governança público-privada** para garantir maior apoio público às políticas de resíduo zero e apoiar institucionalmente o papel das lojas de sucata na coleta de até 80% dos materiais descartados, alterando a Lei Nacional de Planejamento e Utilização de Terras.



@Korea Zero Waste Movement Network



Escrito por: Doun Moon. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

Bandung, Indonésia

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 50%

Estatísticas principais (2017)

- População: 2.500.965
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 638.997 tons/ano
- Geração de resíduos per capita: 0,70kg/dia
- Taxa de Reciclagem: 6,64%



@Rahadiansyah

Bandung é a capital da província de Java Ocidental, com uma população de 2,5 milhões, que deve chegar a 2,6 milhões em 2030. A cada dia, Bandung recebe mais 1,2 milhão de pessoas provenientes de distritos/cidades vizinhas. De acordo com a estimativa da YPBB Bandung, a taxa de geração de resíduos em 2020 atingiu 0,70 kg/capita/dia e está projetada para atingir 0,78 kg/capita/dia até 2030. Quase metade do fluxo de resíduos é de orgânicos (44,51%) com os resíduos plásticos ficando em segundo (17%). Atualmente, há pouca reciclagem acontecendo em Bandung - apenas cerca de 6% dos resíduos são coletados para reciclagem, um processo principalmente dominado por papel e papelão (29.021,6 toneladas/ano), seguido por plástico (9.270,5 toneladas/ano) e resíduos orgânicos (4.111,1 toneladas/ano). Não há dados oficiais que registrem a quantidade de resíduos coletados pelos setores informais para reciclagem. O restante é enviado para aterro sanitário sem coleta de gás.

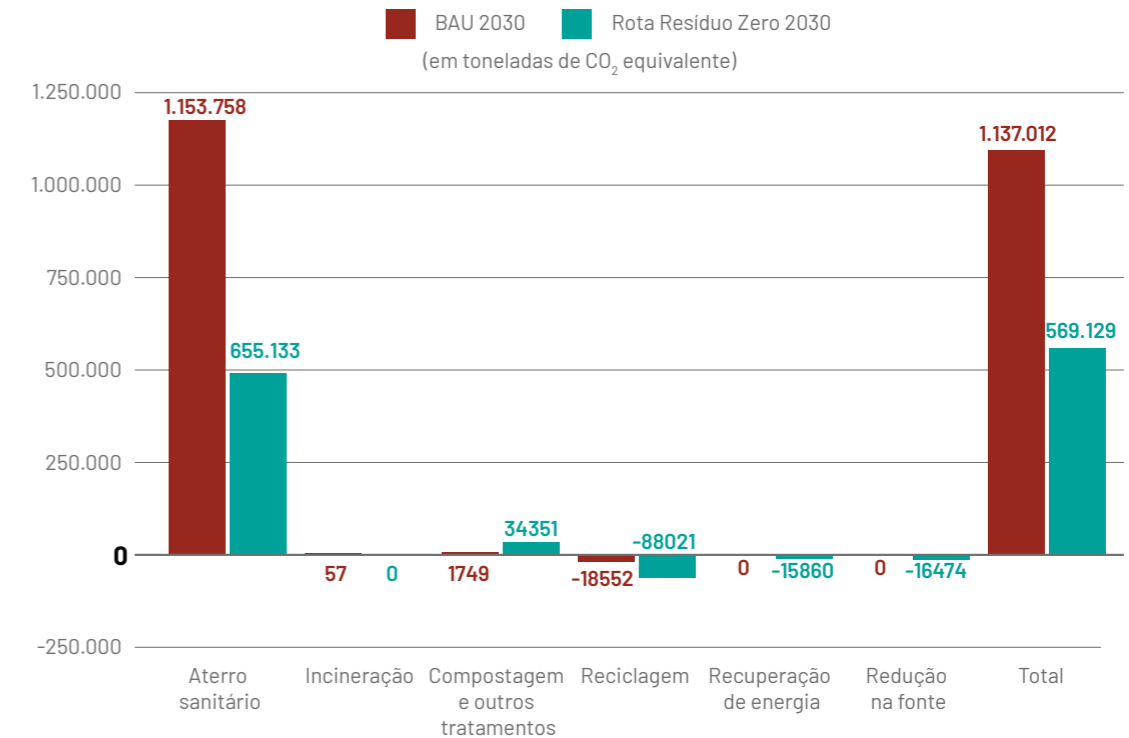
Juntamente com os resíduos gerados pelos distritos/cidades vizinhas, Bandung descarta seus resíduos no Aterro Sarimukti. O Aterro Sarimukti iniciou suas operações após o colapso do Aterro Leuwigajah (o aterro regional anterior) em 2005 - o que resultou na morte de centenas de pessoas e inundou Bandung de lixo. Depois de operar por 15 anos, o Aterro Sarimukti atingiu sua capacidade máxima e tem havido diversas ocasiões em que o processo de transporte de resíduos para este aterro tem que ser interrompido. Dada a situação, o governo planeja mudar o aterro regional para um novo local em Legok Nangka e instalar tecnologia de incineração de resíduos para geração

de energia. No entanto, devido à alta taxa de descarga cobrada na cidade, o governo de Bandung percebeu que a melhor alternativa é reduzir o lixo transportado para o aterro mediante as diferentes abordagens previstas no programa Zero Waste Cities (no idioma local: Kang Pisman).

Desde a sua criação em 2017, o Zero Waste Cities em Bandung atingiu quase 12.000 residências e 60.000 pessoas em Bandung e foi adotado como programa Kang Pisman pelo governo municipal. O composto produzido a partir do processamento de resíduos orgânicos na área também incentivou o desenvolvimento da agricultura urbana e das hortas comunitárias.

Bandung em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as estimativas para as emissões anuais de GEE associadas à gestão de resíduos em 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual (BAU) e 2) Rota Resíduo Zero com base em consultas a grupos locais, incluindo Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan (YPBB). As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	692.774 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados	Apenas têxteis, borracha e couro, fraldas, produtos de higiene e outros resíduos são depositados em aterro (403.271 ton/ano, 42% dos resíduos sólidos urbanos aterrados)
Incineração	Mínimo (queima a céu aberto e alguns incineradores de pequena escala)	Zero incineração de resíduos em instalações com geração de energia ou fornos de cimento
Compostagem e outros tratamentos	Acesso limitado a compostagem	105.721 toneladas (18,04% dos resíduos totais) compostados, incluindo resíduos de alimentação e jardinagem
Reciclagem	Reciclagem mínima por meio de iniciativas de bancos de lixo e atividades do setor informal	Desvio de 16% do total de resíduos por meio de reciclagem (papel e papelão, vidro e metal)
Recuperação de energia	Resíduos misturados são convertidos em Combustível Derivado de Resíduos (CDR) e enviados para fornos de cimento. Utilização mínima de biodigestores	54% dos resíduos alimentares (93.377 toneladas) tratados por digestor anaeróbico
Redução na origem	Programa limitado de redução de resíduos na origem com proibição apenas de sacolas plásticas de uso único pelo varejo.	Redução de 30% do total de resíduos na origem (44% através da prevenção de desperdício de alimentos e 100% através de proibições SUP e reutilização/reabastecimento de embalagens)
Taxa de desvio total	7%	42%

Estimativa de redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 50%

Pontos chave

- 1** A principal fonte de emissões de GEE em Bandung são emissões de metano geradas por resíduos orgânicos depositados em aterros.
- 2** Se a situação atual não for modificada, as emissões anuais dos aterros em Bandung chegarão a 1.153.758 toneladas de CO_{2eq} até 2030.
- 3** No cenário Rota Resíduo Zero, **Bandung alcançaria um aumento na taxa de desvio geral de 7% para 42%, evitando emissões anuais de GEE correspondentes a 498.625 toneladas CO_{2e} em 2030. Isso é equivalente a mais de 5% da meta de NDC incondicional da Indonésia.**
- 4** O cenário Rota Resíduo Zero inclui evitar que 81% dos resíduos sejam aterrados e incinerados até 2030. Mais da metade dessa porcentagem de desvio vem de programas de prevenção de desperdício de alimentos e tratamento de resíduos orgânicos (49%). Um programa agressivo de proibição de plástico de uso único, juntamente com um programa de reutilização/reabastecimento de embalagens, também resultaria em uma taxa de desvio de 17%. O percentual remanescente vem da reciclagem de vidro, metal, papel e papelão.
- 5** Essa abordagem reduziria os resíduos remanescentes anuais em 42%, as emissões de metano em aterros sanitários em 43% e as emissões gerais de GEE em 50%, em comparação com o cenário BAU 2030.

Recomendações

Os governos locais e centrais devem **garantir a coleta seletiva de 100% dos resíduos, maximizar o tratamento e privilegiar medidas de prevenção da geração de resíduos**, com foco na prevenção de desperdício de alimentos, proibição de plástico descartável e sistemas de recarga/reutilização de embalagens. Quanto ao tratamento, resíduos 100% orgânicos devem ser tratados por meio de compostagem descentralizada e digestão anaeróbia. Por fim, a coleta seletiva de lixo maximizará a reciclagem de papel e papelão, vidro e metal.

Isso pode ser feito pelo governo central por meio de reformas de políticas nacionais, que podem ser alcançadas em um tempo relativamente curto com o emprego da vontade política necessária para implementar as seguintes políticas capacitadoras:

- Criar la capacidad institucional suficiente mediante la inclusión del sector medioambiental como parte de los ser- Criar capacidade institucional suficiente por meio da inclusão do setor de meio ambiente como parte dos serviços básicos do governo. Isso permitirá que os governos locais aloquem orçamentos suficientes e executem programas de prevenção e redução de resíduos de baixa tecnologia, envolvendo trabalho intensivo.
- Fortalecer a capacidade do governo local por meio da distribuição de funções e responsabilidades.
- Atualmente, o papel de financiamento e operação do serviço de gestão de resíduos é atribuído exclusivamente ao governo local, especificamente aos Órgãos Ambientais. Uma vez que essas funções sejam distribuídas entre instituições de vários níveis, o ônus do governo local relativo à gestão de resíduos diminuirá.
- Permitir que os governos locais expandam a capacidade de aplicação da lei para uma implementação mais rápida da proibição do uso de plástico descartável como parte do alcance de uma meta nacional.
- Interromper projetos de tratamento de resíduos térmicos em andamento e planejados (ou seja, incineração de resíduos para geração de energia, queima de CDR em fornos de cimento, usinas de energia a carvão ou outras instalações industriais). Esses projetos prenderão as cidades em infraestruturas de resíduos intensivas em carbono e prejudicarão a redução da geração de resíduos e sua coleta seletiva, desperdiçando fundos públicos limitados em ativos inutilizáveis.



@YPBB



Escrito por: Yobel Novian Putra. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

Detroit, EUA

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 102%

Estatísticas principais (2017)

- População em 2021: 632.464
- Geração total de resíduos sólidos pelo município: 493.188 toneladas de resíduos ao ano (incluindo resíduos residenciais e comerciais, despejo ilegal e resíduos volumosos)
- Taxa de desvio declarada pela cidade: 4,15%
- Taxa de reciclagem curbside (2022): 38%

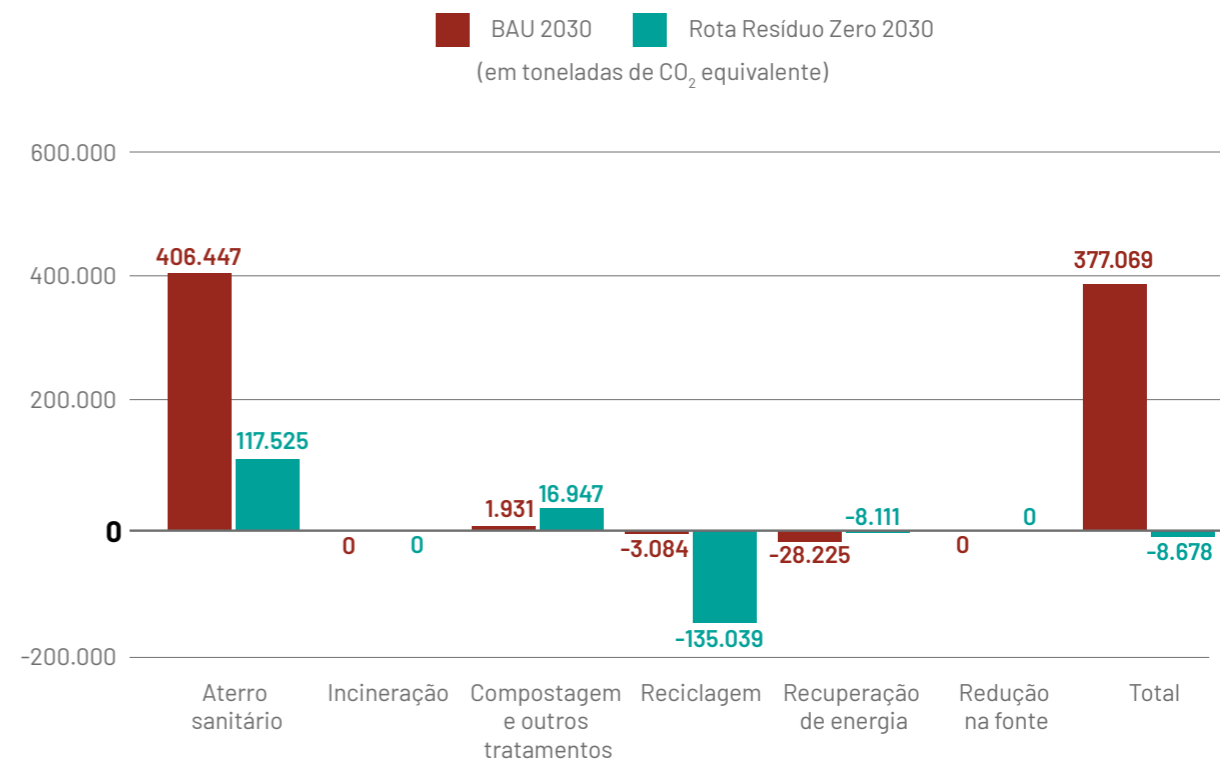
Outrora a cidade mais rica dos Estados Unidos em termos de renda per capita, Detroit passou por décadas de crise socioeconômica e atualmente é a segunda cidade de grande porte mais pobre do país, sendo a mais segregada. Apesar do fato de Detroit estar, sem dúvida, passando por um ressurgimento econômico gradual, a cidade tem lutado contra a desindustrialização, o desinvestimento e o declínio da população. Até recentemente, a cidade abrigava um dos maiores incineradores de lixo municipal dos Estados Unidos, que queimava não apenas o lixo da cidade, mas também dos subúrbios vizinhos e até do Canadá, com perdas financeiras substanciais e impactos graves sobre a saúde dos moradores. O excesso de capacidade do incinerador desencorajou o investimento em abordagens alternativas para o gerenciamento de resíduos, resultando em taxas muito baixas de reciclagem, compostagem ou outras formas de desvio de resíduos. Após décadas de esforços e campanhas de base, como a bem-sucedida campanha Breathe Free Detroit, liderada pela Zero Waste Detroit Coalition (ZWD) em colaboração com algumas de suas principais organizações membros, o East Michigan Environmental Action Council, o Great Lakes Environmental Action Council Law Center e o Ecology Center, os residentes finalmente conseguiram fechar o incinerador em 2019 e agora estão lutando para fazer a transição do sistema de gerenciamento de resíduos existente da cidade para

um sistema de gerenciamento de materiais sustentável. Confrontados com a injustiça sistêmica, os habitantes de Detroit passaram a estar na vanguarda do ativismo comunitário de base e dos esforços de organização, bem como da criação artística e cultural, para tornar sua cidade um lugar mais sustentável, equitativo e justo para se viver.

Detroit foi a última grande área metropolitana dos EUA a implementar um programa de reciclagem curbside em toda a cidade, em 2014, o que explica parcialmente a baixa taxa atual de desvio de resíduos de 4%, muito abaixo da taxa de 19,3% verificada no estado. No entanto, a taxa oficial de desvio não reflete os esforços liderados por organizações comunitárias de base de Detroit, fazendas urbanas, programas de resgate de alimentos, uma universidade e empresas locais de reciclagem e compostagem. Em 2021, essas redes populares desviaram pelo menos 2.336 toneladas de materiais, que não foram incluídas nas 19.955 toneladas de materiais que a cidade declarou como desviadas naquele mesmo ano. Dito isto, uma parte significativa das iniciativas de desvio de resíduos e desperdício zero de Detroit nos últimos 10 anos foram lideradas e/ou iniciadas pelas redes de base da cidade. Suas iniciativas incluem: implementação de um centro comunitário de coleta de lixo financiado pela cidade; aumento da taxa de participação no programa de reciclagem de fluxo único da cidade por meio de campanhas de educação e divulgação da comunidade; gerenciamento de programas de resgate de alimentos; construção de redes de compostagem descentralizadas em toda a cidade; implementação de redes informais robustas de upcycling, compartilhamento, reutilização, doação e reparo; e formação de comitês para assessorar o Conselho Municipal de Detroit sobre princípios e políticas de sustentabilidade. Atualmente, esforços colaborativos entre ativistas de base e a cidade estão ocorrendo para trazer uma instalação de recuperação de material (MRF) para Detroit, bem como para desenvolver um programa piloto de reciclagem curbside e um sistema de compostagem em toda a cidade, entre outros.

Detroit em 2030 – Business as Usual x Rota Resíduo Zero

O gráfico abaixo mostra as emissões anuais de GEE estimadas para Detroit até 2030 em dois cenários: 1) Business as Usual com base nos dados de 2021 coletados pelo Departamento de Obras Públicas (DPW) da cidade de Detroit, Resource Recycling Systems (RRS), NextCycle Michigan, e 2) Rota Resíduo Zero com base em consultas a DPW, RRS e mais de 22 parceiros comunitários, incluindo empresas locais de reciclagem e compostagem, organizações de base, fazendas urbanas, empresas e formuladores de políticas. As premissas que informaram cada cenário estão detalhadas na tabela abaixo.



Tipo de Tratamento	BAU 2030	Rota Resíduo Zero 2030
Aterro sanitário	437,466 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados-fonte de virtualmente todas as emissões	164,852 toneladas de resíduos sólidos municipais aterrados, uma redução de 62% nos resíduos aterrados e de 71% nas emissões de gases de aterro
Incineração	0	0
Compostagem e outros tratamentos	10.397 toneladas	80.338 toneladas
Reciclagem	5.731 toneladas por meio de entregas voluntárias para reciclagem e reciclagem curbside	208.405 toneladas por meio de um aumento no programa de reciclagem curbside da cidade. As reduções de emissões da reciclagem por si só são maiores do que as emissões geradas por aterro.
Recuperação de energia	-28.225 toneladas CO _{2eq} correspondentes a gases de aterro transformados em energia	-8.111 toneladas CO _{2eq} correspondentes a gases de aterro transformados em energia
Redução na origem	0	0
Taxa de desvio total	4%	59%

Potencial redução de emissões de GEE no cenário resíduo zero: 105%

Pontos chave

- 1 A principal fonte de emissões de GEE em Detroit são as emissões de metano geradas por resíduos orgânicos aterrados, que totalizarão 406.447 toneladas métricas de CO_{2eq} até 2030 no cenário Business As Usual.
- 2 No cenário Rota Resíduo Zero, Detroit alcançaria um aumento na taxa de desvio geral de 4% para 59%, evitando emissões anuais de GEE de 385.747 toneladas CO_{2e} em 2030. Isso é equivalente às emissões do uso de energia de 48.590 residências para um ano.
- 3 Essa abordagem reduziria os resíduos remanescentes anuais em 62%, as emissões de metano de aterros sanitários em 71% e as emissões gerais de GEE em 102%, em comparação com o cenário BAU 2030, transformando o setor de resíduos de Detroit de um grande emissor de GEEs (377.069 toneladas métricas de CO_{2eq} até 2030) em um setor líquido negativo (-8.678 toneladas métricas de CO_{2eq} até 2030).
- 4 O cenário Rota Resíduo Zero inclui 80% de desvio de orgânicos, vidro, metais, madeira, papel e papelão, e 15% de desvio de plástico e têxteis, com resíduos eletrônicos e outros recicláveis permanecendo aproximadamente constantes (59% de desvio geral).
- 5 As desigualdades e injustiças geracionais precisam ser abordadas para que Detroit possa efetivamente se tornar uma cidade com menos desperdício, resiliente ao clima e equitativa. Apoiar o poderoso trabalho de base que já está ocorrendo em Detroit é a chave para fortalecer soluções significativas de resíduo zero e sustentabilidade.

Recomendações

- **Maior liderança e engajamento da cidade para promover políticas resíduo zero** por meio de rastreamento de dados mais eficaz dos fluxos de RSU de Detroit; realização de uma análise de custo-benefício para aprimorar os serviços de desvio de resíduos; promoção em massa desses serviços aos residentes por meio de plataformas de mensagens (ônibus, sinalização, anúncios); investir em novas infraestruturas de desvio de resíduos existentes e muito necessárias; capacitar equipes em questões de sustentabilidade.
- **Enfrentamento dos bloqueios às políticas resíduo zero estaduais e locais através de** 1) Alteração da Lei de Descarte de Resíduos Sólidos de Michigan através da inclusão da [Parte 115](#), um pacote de 8 projetos de lei que propõe a transição de Michigan para um paradigma de gerenciamento de materiais sustentáveis; 2) Alteração da [Portaria sobre Despejo Ilegal e Resíduos Sólidos](#) de Detroit para um sistema de Gestão de Materiais Sustentáveis; 3) Aumentar as taxas cobradas pelo despejo de materiais em aterros para incentivar a redução de resíduos e o aumento da compostagem e reciclagem; 4) Remoção dos [créditos de energia renovável](#) fornecidos pelo Estado para instalações de conversão de resíduos em energia; 5) Implementação de uma lei equitativa de Responsabilidade Estendida do Produtor em Michigan; 6) [Revogação da proibição](#) (também conhecida como Lei de Preempção) ao uso de sacolas plásticas de uso único (SUP) para que municípios como Detroit possam regulamentar SUPs; 7) Desenvolvimento de oportunidades de desenvolvimento da força de trabalho lideradas pelo sindicato da área.
- **Aumento da conscientização pública por meio de educação e divulgação** para jovens em escolas públicas, residentes e empresas (prevenção de despejo de lixo em toda a cidade, desvio e redução de resíduos, campanhas e treinamentos de ciência cidadã).
- **Aumento da taxa de desvio de reciclagem de Detroit**, tornando os serviços de reciclagem disponíveis para todos até 2030; redução da contaminação por meio de aprimoramento da educação dos residentes e melhorias na reciclagem do vidro; aumento da capacidade das plantas de reciclagem e pontos de coleta de materiais recicláveis de Detroit.
- **Implementação de uma rede municipal integrada de sistemas de compostagem multiescala (domésticos, comunitários, industriais)**, aumento da infraestrutura de gestão de orgânicos da cidade; apoio aos agricultores

urbanos em seus esforços de coleta; aumento dos esforços de sensibilização e educação do público; criação de projetos de gestão local de orgânicos para entidades de grande porte; e recirculação do composto dentro das fronteiras da cidade.

- **Aumento da capacidade de resgate de alimentos da cidade**, com a adoção de uma infraestrutura centralizada de doação de alimentos como a existente em Milão; treinamento adicional do público e das empresas sobre prevenção e redução do desperdício de alimentos; e implementação de uma proibição de desperdício de alimentos em toda a cidade.
- **Localização das cadeias de suprimentos e construção de economias microcirculares** com postos comerciais sem fins lucrativos para materiais de ensino e outras doações, centros de conserto e reutilização, programa de embalagens para viagem reutilizáveis para restaurantes e mão de obra hiper-local para o processamento de materiais e mercados finais, como bem como sistemas de entrega de alimentos cultivados localmente e artigos de segunda mão.
- **Utilização de fundos equivalentes do programa NextCycle Michigan**, que pode fornecer assistência financeira para o atingimento de muitos desses objetivos. A cidade de Detroit solicitou financiamento ao NextCycle e há planos e ideias significativos para implementar muitas das recomendações acima.



@Garrett MacLean



Escrito por: Cat Diggs. Este estudo de caso foi preparado como parte do relatório "Zero Waste to Zero Emissions: How Reducing Waste is a Climate Gamechanger (GAIA, 2022)". Visite www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions para acessar o relatório completo e notas detalhadas sobre dados e métodos utilizados.

5.3. Lições aprendidas

Várias semelhanças emergem das análises de GEE das oito cidades. Primeiro, políticas e programas resíduo zero, em todas as cidades, mesmo quando implementadas de maneira incompleta, trouxeram grandes benefícios em termos de mitigação. As reduções de emissões variaram de 50% a 105% em um cenário “business as usual”. Esses cortes profundos foram alcançados com mudanças de sistema relativamente modestas, conforme descrito acima. A implementação completa do modelo resíduo zero proporcionaria cortes de emissões ainda mais significativos.

A chave para reduções profundas de emissões é a coleta e o tratamento de resíduos orgânicos separados na origem. Em todas as cidades, exceto Seul, que já coleta separadamente 96% de seus resíduos orgânicos, o metano de aterros sanitários é a principal fonte de emissões de GEE no sistema de resíduos. A coleta seletiva e o tratamento de orgânicos – geralmente por meio de compostagem – reduz essas emissões de 43% a 83%, mesmo com implementação incompleta. Essa abordagem é o único método eficaz para abordar totalmente essas emissões.

A queima de resíduos, seja com recuperação de energia ou não, resulta em grandes emissões de GEE. Em Dar Es Salaam, a única cidade neste estudo com queima a céu aberto em larga escala, acabar com a prática reduziria as emissões de GEE em quase metade da redução resultante do fim das emissões de metano provenientes de aterros sanitários (além de gerar benefícios significativos para a saúde pública). Em Seul, os cenários que continuam a incluir atividades de incineração não conseguem alcançar reduções profundas de emissões, uma vez que a incineração de resíduos é, em si, uma das principais fontes de emissões de GEE.

Enquanto os orgânicos são essenciais para a redução de emissões, a reciclagem cria a possibilidade de um setor de resíduos com resultados líquidos negativos. O aumento da reciclagem reduziu emissões entre 3% e 35%. Em São Paulo e Detroit, isso é suficiente para tornar o setor de resíduos um setor com emissões negativas – ou seja, com uma redução de emissões maior do que as emissões produzidas. A reciclagem reduz as emissões nos setores industrial, agrícola, florestal e de energia, bem como as emissões da gestão de resíduos. A separação na origem pode aumentar as taxas de reciclagem ao reduzir a contaminação cruzada (por exemplo, misturar resíduos de alimentos com papel torna o papel sem valor). As taxas de reciclagem atuais são mais baixas do que é tecnicamente possível devido à falta de incentivos financeiros para reciclar. Esses desafios financeiros afetam tanto os programas de reciclagem administrados pela cidade quanto pelo setor informal, que é a espinha dorsal da

reciclagem em muitos países. Fortalecer e incorporar o setor informal pode gerar taxas de reciclagem muito altas. Embora não capturado em nossas análises, os níveis crescentes de uso de plástico são uma ameaça às altas taxas de reciclagem: a maioria dos plásticos não é reciclável e tende a substituir outros materiais mais recicláveis.

Gerar energia a partir de resíduos não é uma medida de mitigação eficaz. As cidades que dependem da captura de gás de aterro (Detroit, São Paulo e Temuco) e da incineração (Seul) obtêm economias de GEE relativamente pequenas com o deslocamento de fontes de energia fóssil, permitindo o escape de grandes quantidades de metano (de aterros sanitários) e CO₂ fóssil (de incineradores) para a atmosfera. A coleta de gás de aterro sanitário também é de eficiência duvidosa e propensa a apresentar problemas. À medida que a rede elétrica se descarboniza, os benefícios da energia derivada de resíduos continuarão a diminuir.

Seul é um caso único, mas instrutivo: é a única cidade em nosso estudo que atualmente possui um setor de resíduos com emissões líquidas negativas, devido ao seu programa bem-sucedido de desvio de orgânicos e sua alta taxa geral de reciclagem. No entanto, seu programa é prejudicado por sua dependência de atividades de incineração, que produzem duas vezes mais GEEs do que fontes alternativas de energia. Acabar com a incineração e melhorar a reciclagem em Seul aumentaria sua economia de GEE em uma ordem de magnitude. A substituição dos incineradores existentes por energia renovável aprofundaria ainda mais esses cortes. Seul também é a cidade que mais se beneficia da redução da produção de plásticos, tanto por causa de sua alta taxa atual de uso de plástico quanto porque seu programa de redução de plástico é mais ambicioso do que o de outras cidades.

Outro tema comum é a subutilização de estratégias de redução de geração. Reduções upstream, principalmente de alimentos e plásticos, podem desencadear reduções significativas de emissões de GEE em toda a cadeia de suprimentos, bem como no setor de resíduos. Esses programas, como a proibição de sacolas plásticas e recipientes plásticos para viagem, são incipientes e devem ser drasticamente expandidos.

6.

Conclusões e recomendações

Com seu potencial para reduzir drasticamente as emissões de metano a curto prazo e até funcionar como um setor “líquido negativo”, a gestão de resíduos pode e deve desempenhar um papel fundamental na ação climática. Os sistemas resíduo zero geram mitigação, adaptação e benefícios adicionais pela redução na origem de resíduos orgânicos e não orgânicos, e seguindo a hierarquia de resíduos como linhas de ação subsequentes. Para as cidades, as estruturas resíduo zero representam uma oportunidade de protagonismo na ação climática.

Como este relatório delineou,

sistemas resíduo zero não só beneficiam a sociedade por meio da mitigação e adaptação climática, mas também promovem a saúde da comunidade, a justiça ambiental e o desenvolvimento econômico local.

Investimentos em redução de resíduos, coleta seletiva e recuperação de materiais aumentam a resiliência ambiental e podem melhorar o estado econômico da comunidade em sentido mais amplo, criando empregos verdes e novas oportunidades de negócios.

Análises anteriores e a experiência de centenas de cidades ao redor do mundo mostram que as estratégias resíduo zero representam alternativas de gestão de resíduos práticas, rápidas e acessíveis. Muitas cidades já alcançaram taxas de desvio acima

de 50% poucos anos após o início de sua implementação. Os sistemas resíduo zero são muito mais econômicos do que alternativas que exigem investimento intensivo de capital, como incineração e aterros projetados; também gera benefícios econômicos significativos em termos de novos e melhores empregos e novas oportunidades de negócios.²⁵⁰

Embora os princípios norteadores das estratégias resíduo zero sejam os mesmos em todos os lugares, a forma de implementação é específica para o contexto econômico e ambiental de cada cidade. Com grande foco no engajamento da comunidade, a implementação de sistemas resíduo zero tem reduzido consistentemente a geração de resíduos e o descarte de rejeitos, aumentando a adoção de ações de separação na origem em prazos curtos. Exemplos podem ser encontrados em todo o mundo (Vide Capítulo 2.1.).

Uma cidade resiliente é capaz de responder de forma rápida e eficaz às mudanças climáticas, de maneira equitativa e eficiente. É fundamental levar em consideração as necessidades de grupos marginalizados quando da implementação de sistemas resíduo zero desenvolvidos para atenuar os impactos das mudanças climáticas, uma vez que as mudanças climáticas causarão problemas únicos e acentuados a tais grupos. Estes grupos incluem moradores de comunidades de baixa renda e assentamentos informais, especialmente mulheres, crianças, idosos, deficientes e minorias. O trabalho de construção de resiliência deve, portanto, basear-se em uma forte teia de relações institucionais e sociais que possam fornecer uma rede de segurança para as populações vulneráveis.

Assim sendo, este relatório apresenta as seguintes recomendações:

- **Incorporar metas e políticas de resíduo zero nos planos de mitigação e adaptação climática.**

- As cidades, que têm a responsabilidade primária pela gestão de resíduos, devem adotar programas resíduo zero abrangentes, com ênfase na separação na fonte, tratamento de orgânicos e integração do setor informal.
- Financiadores e instituições financeiras devem apoiar a transição das cidades para cenários resíduo zero com medidas financeiras e técnicas.
- Os governos nacionais podem incorporar estratégias resíduo zero em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) e políticas climáticas nacionais relevantes.

- **Priorizar a prevenção do desperdício de alimentos e o banimento de plásticos de uso único.**

- A prevenção do desperdício alimentar requer uma estratégia dedicada que integre toda a cadeia de abastecimento, com intervenções do campo à mesa.
- A proibição de produtos de uso único e embalagens, principalmente de plástico, pode ser adotada em nível local ou federal.

- **Instituir coleta e tratamento seletivos de resíduos orgânicos.**

- As cidades devem desenvolver sistemas claros e fáceis de usar com sinalização uniforme e programas de divulgação dedicados para garantir altas taxas de conformidade.

- A compostagem é a opção de tratamento mais fácil, menos dispendiosa e escalável para os resíduos orgânicos.

- **Investir nos sistemas de gestão de resíduos, reciclagem e capacidade de compostagem.**

- São necessários investimentos de capital relativamente pequenos para separação na origem e coleta seletiva, instalações de recuperação de materiais, tratamento de orgânicos, etc.
- Os municípios devem criar um plano para atender aos custos operacionais contínuos, que podem ser menores em sistemas resíduo zero.

- **Estabelecer estruturas institucionais apropriadas para sistemas resíduo zero, incluindo regulamentos, programas educacionais e de extensão, e fornecer incentivos financeiros por meio de subsídios para reciclagem e compostagem.**

- As regulamentações para estabelecer um sistema resíduo zero abrangente são fundamentais, com forte ênfase em incentivos econômicos alinhados que promovam um sistema virtuoso, melhorando continuamente suas taxas de redução de resíduos.

- Subsídios e outros incentivos para a produção e uso do composto são fundamentais para o desenvolvimento desses sistemas virtuosos que podem combater os agroquímicos sintéticos altamente subsidiados.

- Programas de educação, comunicação e divulgação que garantam a inclusão de todas as partes interessadas são necessários para altas taxas de participação e conformidade.

- **Reconhecer o papel dos catadores e integrá-los totalmente ao sistema de gestão de resíduos.**

- Criar um mecanismo consultivo por meio do qual os catadores possam colaborar ativamente no desenho do sistema resíduo zero e aproveitar novas oportunidades, seja como emprego ou como empreendedores.
- Em cidades onde os recicladores informais vêm de populações historicamente excluídas, isso pode exigir o fim de práticas discriminatórias de longa data

Mais informações sobre a implementação de estratégias resíduo zero, incluindo as melhores práticas para separação na origem, como financiar estratégias resíduo zero e guias passo a passo, estão disponíveis no site da GAIA: www.no-burn.org/zw-guides.

A urgência na adoção de ações climáticas é maior do que nunca. A comunidade científica já deixou claro que não estamos fazendo o suficiente para limitar o aquecimento global ao limiar crucial de 1,5°C. No entanto, temos soluções ao nosso alcance. Como este relatório mostra, percorremos um longo caminho em nossa capacidade de identificar o que funciona melhor para as pessoas e o planeta. O desafio agora é reunir a vontade política para implementar essas soluções de forma rápida e em escala, garantindo que todas as partes interessadas sejam incluídas e que a justiça não seja sacrificada ao longo desse caminho.

As estratégias resíduo zero mostram que caminho devemos seguir e nos dão motivos para ter esperança. Começando com pequenos passos em direção à coleta seletiva de resíduos e construindo sistemas de resíduo zero para maximizar a redução da geração e a recuperação de materiais, as cidades podem amenizar as catástrofes causadas pelas mudanças climáticas, enquanto colhem benefícios adicionais em diversas frentes. Com estratégias resíduo zero, as cidades podem adotar ações concretas para fortalecer a mitigação e resiliência climática no setor de resíduos, aumentando a ambição e avançando sobre a atual defasagem frente aos compromissos nacionais sob o Acordo de Paris.



1. Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme.
2. "Solid Waste Management." World Bank. 2022. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>.
3. "Zero Waste Definition." 2018. Zero Waste International Alliance. <https://zwia.org/zero-waste-definition>.
4. Kaza, Silpa, Lisa C. Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
5. Liamzon, Catherine. 2019. "Sunshine After the Storm: A Typhoon-Ravaged City Rises to Become Zero Waste." Zero Waste Cities Asia. Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://zerowasteworld.org/wp-content/uploads/Tacloban.pdf>.
6. Oblak, Erika. 2019. "The Story of Ljubljana." 5. Zero Waste Case Studies. Zero Waste Europe. https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2019/10/zero_waste_europe_cs5_ljubljana_en.pdf.
7. Košak, Marko. 2019. "The Story of Prelog." Zero Waste Europe. <https://zerowastecities.eu/bestpractice/the-story-of-prelog>.
8. "Zero Waste Systems for Climate Mitigation Tanzania." Presentation by Ana Rocha, Nipe Fagio. <https://www.nipefagio.co.tz/publications-nipe-fagio>.
9. Dayrit, Felicia, Anne Larracas, and Gigie Cruz. 2019. "Picking Up the Baton: Political Will Key to Zero Waste." Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://zerowasteworld.org/wp-content/uploads/San-Fernando-1107.pdf>.
10. Rosa, Ferran. 2018. "The Story of Besançon." Zero Waste Europe. <https://zerowastecities.eu/bestpractice/besancon>.
11. "Estudio de Caso: Estrategia Basura Cero En Santa Juana." 2021. Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/2021/11/Serie-documentos-GAIA-Caso-7.pdf>.
12. Rastei, Elena, and Jack McQuibban. 2019. "The Story of Salacea." 12. Case Studies. Zero Waste Europe.
13. Vliet, Aimee Van. 2018. "The Story of Capannori." Zero Waste Europe. <https://zerowastecities.eu/bestpractice/best-practice-the-story-of-capannori>.
14. Rosa, Ferran. 2016. "The Story of Parma." Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/the-story-of-parma>.
15. "Recogida puerta a puerta en Usurbil." Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/buenas-practicas/Puerta_Puerta_Usurbil.aspx.
16. "Climate Data for Action—Emissions and Policies." Climate Watch. <https://www.climatewatchdata.org>.
17. Wit, de Marc, and Laxmi Haigh. 2022. "The Circularity Gap Report 2022." Circle Economy. <https://www.circularity-gap.world/2022>.
18. Opportunities to Reduce Greenhouse Gas (GHG) Emissions through Materials and Land Management Practices." 2021. Reports and Assessments. U.S. EPA. <https://www.epa.gov/smm/opportunities-reduce-greenhouse-gas-ghg-emissions-through-materials-and-land-management>.
19. Hogg, Dominic, and Ann Ballinger. 2015. "The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy." Enomia. <https://www.enomia.co.uk/reports-tools/the-potential-contribution-of-waste-management-to-a-low-carbon-economy>; Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme.
20. Pratt, Kimberley, and Michael Lenaghan. 2020. "The Climate Change Impacts of Burning Municipal Waste in Scotland: Technical Report." Zero Waste Scotland; Tabata, Tomohiro. 2013. "Waste-to-Energy Incineration Plants as Greenhouse Gas Reducers: A Case Study of Seven Japanese Metropolises." Waste Management & Research 31(11): 1110–17. <https://doi.org/10.1177/0734242X13502385>; Tangri, Neil. 2021. "Waste Incinerators Undermine Clean Energy Goals," February. <https://doi.org/10.31223/X5VK5X>.
21. Tangri, Neil and Monica Wilson. 2017. "Waste Gasification & Pyrolysis: High Risk, Low Yield Processes for Waste Management." Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Waste-Gasification-and-Pyrolysis-high-risk-low-yield-processes-march-2017.pdf>
22. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (U.S.), ed. 2018. Improving Characterization of Anthropogenic Methane Emissions in the United States. Consensus Study Report. Washington, DC: The National Academies Press.
23. Masson-Delmotte, Valérie, Panmao Zhai, Anna Pirani, Sarah L. Connors, Clotilde Péan, Sophie Berger, Nada Caud, et al., eds. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
24. "Very Strong Atmospheric Methane Growth in the 4 Years 2014–2017: Implications for the Paris Agreement - Nisbet - 2019 - Global Biogeochemical Cycles - Wiley Online Library." <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GB006009>.
25. Ravishankara, A. R., Johan C. I. Kuylenstierna, Eleni Michalopoulou, Lena Höglund-Isaksson, Yuqiang Zhang, Karl Seltzer, Muye Ru, et al. 2021. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme.
26. Bogner, J., M. Meadows, and P. Czepiel. 1997. "Fluxes of Methane between Landfills and the Atmosphere: Natural and Engineered Controls." Soil Use and Management 13 (s4): 268–77. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00598.x>; Gonzalez-Valencia, Rodrigo, Felipe Magana-Rodriguez, Jordi Cristóbal, and Frederic Thalasso. 2016. "Hotspot Detection and Spatial Distribution of Methane Emissions from Landfills by a Surface Probe Method." Waste Management, SI:Sanitary Landfilling, 55(September): 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.004>; Ravishankara, A. R., Johan C. I. Kuylenstierna, Eleni Michalopoulou, Lena Höglund-Isaksson, Yuqiang Zhang, Karl Seltzer, Muye Ru, et al. 2021. Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme.
27. Jeong, Seongeun, Xinguang Cui, Donald R. Blake, Ben Miller, Stephen A. Montzka, Arlyn Andrews, Abhinav Guha, et al. 2017. "Estimating Methane Emissions from Biological and Fossil-Fuel Sources in the San Francisco Bay Area." Geophysical Research Letters 44 (1): 486–95. <https://doi.org/10.1002/2016GL071794>; Maher, R., & Kelly, L. (2021). Maher, Ryan, and Leah Kelly. 2021. "Greenhouse Gases from Maryland's Landfills: Underestimated and Under Regulated." Environmental Integrity Project.
28. Maasackers, Joannes D., Daniel J. Varon, Aldis Elfarsdóttir, Jason McKeever, Dylan Jervis, Gourav Mahapatra, Sudhanshu Pandey, et al. 2022. "Using Satellites to Uncover Large Methane Emissions from Landfills." Science Advances 8 (32): eabn9683. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abn9683>.
29. Bogner, J., M. Meadows, and P. Czepiel. 1997. "Fluxes of Methane between Landfills and the Atmosphere: Natural and Engineered Controls." Soil Use and Management 13 (s4): 268–77. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00598.x>; Gonzalez-Valencia, Rodrigo, Felipe Magana-Rodriguez, Jordi Cristóbal, and Frederic Thalasso. 2016. "Hotspot Detection and Spatial Distribution of Methane Emissions from Landfills by a Surface Probe Method." Waste Management, SI:Sanitary Landfilling, 55(September): 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.004>; Mønster, Jacob, Jerker Samuelsson, Peter Kjeldsen, and Charlotte Scheutz. 2015. "Quantification of Methane Emissions from 15 Danish Landfills Using the Mobile Tracer Dispersion Method." Waste Management 35 (January): 177–86. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.006>; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (U.S.), ed. 2018. Improving Characterization of Anthropogenic Methane Emissions in the United States. Consensus Study Report. Washington, DC: The National Academies Press; Themelis, Nickolas J., and Priscilla A. Ulloa. 2007. "Methane Generation in Landfills." Renewable Energy 32 (7): 1243–57. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.04.020>.
30. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (U.S.), ed. 2018. Improving Characterization of Anthropogenic Methane Emissions in the United States. Consensus Study Report. Washington, DC: The National Academies Press.
31. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (U.S.), ed. 2018. Improving Characterization of Anthropogenic Methane Emissions in the United States. Consensus Study Report. Washington, DC: The National Academies Press.
32. Archer, David, Michael Eby, Victor Brovkin, Andy Ridgwell, Long Cao, Uwe Mikolajewicz, Ken Caldeira, et al. 2009. "Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide." Annual Review of Earth and Planetary Sciences 37 (1): 117–34. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100206>.
33. Gustavsson, Jenny, Christel Cederberg, and Ulf Sonesson. "Global Food Losses and Food Waste," 38; Gikandi, Lilian. "10% of All Greenhouse Gas Emissions Come from Food We Throw in the Bin." World Wide Fund for Nature. <https://updates.panda.org/driven-to-waste-report>.
34. Dorward, Leejiah J. 2012. "Where Are the Best Opportunities for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Food System (Including the Food Chain)? A Comment." Food Policy 37 (4): 463–66. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.04.006>; Salemdeeb, Ramy, David Font Vivanco, Abir Al-Tabbaa, and Erasmus K. H. J. zu Ermgassen. 2017. "A Holistic Approach to the Environmental Evaluation of Food Waste Prevention." Waste Management 59 (January): 442–50. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.042>; Venkat, Kumar. 2011. "The Climate Change and Economic Impacts of Food Waste in the United States." International Journal on Food System Dynamics 2 (4): 431–46. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v2i4.247>.
35. Seeking End to Loss and Waste of Food along Production Chain." Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/in-action/seeking-end-to-loss-and-waste-of-food-along-production-chain/en>.
36. Bottinelli, Stef. 2021. "The City of Milan's Local Food Hubs Reduce 130 Tonnes of Food Waste a Year, and Win EarthShot Prize." Food Matters Live, October 18, 2021. <https://foodmatterslive.com/article/milan-local-food-hubs-reduce-130-tonnes-of-food-waste-a-year-and-win-earthshot-prize>.
37. Morris, Jeffrey, H. Scott Matthews, and Clarissa Morawski. 2013. "Review and Meta-Analysis of 82 Studies on End-of-Life Management Methods for Source Separated Organics." Waste Management, Special Thematic Issue: Urban Mining, 33 (3): 545–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.08.004>; MRA Consulting Group. 2019. "Review of Separate Organics Collection Legislation: A Submission to NSW Environment Protection Authority." MRA Consulting Group; Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme.
38. "Methane Matters: A Comprehensive Approach to Methane Mitigation." 2022. Changing Markets Foundation, Environmental Investigation Agency, Global Alliance for Incinerator Alternatives.

39. Brown, Sally, Kristen Mclvor, and Elizabeth Hodges Snyder, eds. 2016. *Sowing Seeds in the City: Ecosystem and Municipal Services*. Springer.
40. Kaza, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
41. "Existing Situation of Solid Waste Management in Pune City, India." 2012. *Research Journal of Recent Sciences* 1(ISC-2011): 348-51.
42. The Indian Express. 2021. "PMC to End Tax Benefit to 3,081 Properties," January 9, 2021. <https://indianexpress.com/article/cities/pune/pmc-to-end-tax-benefit-to-3081-properties-7139044>
43. "Awards - SWaCH." <https://swachcoop.com/about/awards>
44. Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. *Global Waste Management Outlook*. United Nations Environment Programme.
45. Prasad, R. 2012. "Efficient Way to Turn Waste into Resource." *The Hindu*, October 17, 2012, sec. Science. <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/Efficient-way-to-turn-waste-into-resource/article12561275.ece>
46. "Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions." 2021. UN Environment Programme. <http://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>.
47. Morris, Jeffrey, Enzo Favoino, Eric Lombardi, and Kate Bailey. 2013. "What's Best to Do with the 'Leftovers' on the Way to Zero Waste?" *Ecocycle*.
48. Hoorweg, Daniel, and Perinaz Bhada-Tata. 2012. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Urban Development Series. Washington, DC, USA: World Bank Group; Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. *Global Waste Management Outlook*. United Nations Environment Programme.
49. Rosengren, Cole. "California's Local Governments Grapple with Financial and Logistical Demands of Organics Recycling Law." *Waste Dive*. <https://www.wastedive.com/news/sb-1383-part-three-california-local-government-budget-pandemic/625818>.
50. Directive 1999/31/EC of the European Parliament and of the Council of 26 April 1999 on the landfill of waste (OJ L 182 16.7.1999).
51. Bayard, R., J. de Araújo Morais, G. Ducom, F. Achour, M. Rouez, and R. Gourdon. 2010. "Assessment of the Effectiveness of an Industrial Unit of Mechanical-Biological Treatment of Municipal Solid Waste." *Journal of Hazardous Materials* 175 (1): 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.10.049>; Gioannis, G. De, A. Muntoni, G. Cappai, and S. Milia. 2009. "Landfill Gas Generation after Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste. Estimation of Gas Generation Rate Constants." *Waste Management* 29 (3): 1026-34. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.016>; Scaglia, Barbara, Roberto Confalonieri, Giuliana D'Imporzano, and Fabrizio Adani. 2010. "Estimating Biogas Production of Biologically Treated Municipal Solid Waste." *Bioresource Technology* 101(3): 945-52. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.085>; Smith, Alison, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton, and Judith Bates. 2001. *Waste Management Options and Climate Change*. European Commission DG Environment
52. Powell, Jon T., Timothy G. Townsend, and Julie B. Zimmerman. 2016. "Estimates of Solid Waste Disposal Rates and Reduction Targets for Landfill Gas Emissions." *Nature Climate Change* 6 (2): 162-65. <https://doi.org/10.1038/nclimate2804>; "Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals." 2001. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/toc.html>.
53. Boldrin, Alessio, Jacob K. Andersen, Jacob Møller, Thomas H. Christensen, and Enzo Favoino. 2009. "Composting and Compost Utilization: Accounting of Greenhouse Gases and Global Warming Contributions." *Waste Management & Research* 27(8): 800-812. <https://doi.org/10.1177/0734242X09345275>; Lou, X. F., and J. Nair. 2009. "The Impact of Landfilling and Composting on Greenhouse Gas Emissions - A Review." *Bioresource Technology*, Selected papers from the International Conference on Technologies and Strategic Management of Sustainable Biosystems, 100 (16): 3792-98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.006>; Stern, Jennifer C., Jeff Chanton, Tarek Abichou, David Powelson, Lei Yuan, Sharon Escoriza, and Jean Bogner. 2007. "Use of a Biologically Active Cover to Reduce Landfill Methane Emissions and Enhance Methane Oxidation." *Waste Management* 27(9): 1248-58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.07.018>; Barlaz, M. A., R. B. Green, J. P. Chanton, C. D. Goldsmith, and G. R. Hater. 2004. "Evaluation of a Biologically Active Cover for Mitigation of Landfill Gas Emissions." *Environmental Science & Technology* 38 (18): 4891-99. <https://doi.org/10.1021/es049605b>.
54. Barlaz, M. A., R. B. Green, J. P. Chanton, C. D. Goldsmith, and G. R. Hater. 2004. "Evaluation of a Biologically Active Cover for Mitigation of Landfill Gas Emissions." *Environmental Science & Technology* 38 (18): 4891-99. <https://doi.org/10.1021/es049605b>; Mønster, Jacob, Jerker Samuelsson, Peter Kjeldsen, and Charlotte Scheutz. 2015. "Quantification of Methane Emissions from 15 Danish Landfills Using the Mobile Tracer Dispersion Method." *Waste Management* 35 (January): 177-86. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.006>
55. Gonzalez-Valencia, Rodrigo, Felipe Magana-Rodríguez, Jordi Cristóbal, and Frederic Thalasso. 2016. "Hotspot Detection and Spatial Distribution of Methane Emissions from Landfills by a Surface Probe Method." *Waste Management, SI:Sanitary Landfilling*, 55 (September): 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.004>; Morris, Jeffrey. 2010. "Bury or Burn North America MSW? LCAs Provide Answers for Climate Impacts & Carbon Neutral Power Potential." *Environmental Science & Technology* 44 (20): 7944-49. <https://doi.org/10.1021/es100529f>; Smith, Alison, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton, and Judith Bates. 2001. *Waste Management Options and Climate Change*. European Commission DG Environment.
56. EPA, *Opportunities to Reduce Greenhouse Gas Emissions through Materials and Land Management Practices* (2009), <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/ghg-land-materials-management.pdf>
57. Friedrich, Elena, and Cristina Trois. 2013. "GHG Emission Factors Developed for the Collection, Transport and Landfilling of Municipal Waste in South African Municipalities." *Waste Management* 33 (4): 1013-26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.011>; Hillman, Karl, Anders Damgaard, Ola Eriksson, Daniel Jonsson, and Lena Fluck. 2015. *Climate Benefits of Material Recycling: Inventory of Average Greenhouse Gas Emissions for Denmark, Norway and Sweden*. Nordisk Ministerråd. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:norden:org:diva-3965>.
58. OECD. 2018. "Improving Plastics Management: Trends, Policy Responses, and the Role of International Co-Operation and Trade." *Policy Perspectives* 12. OECD Environment Policy Paper. Organization for Economic Co-operation and Development.
59. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." *Science Advances* 3 (7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
60. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." *Science Advances* 3 (7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
61. Zheng, Jiajia, and Sangwon Suh. 2019. "Strategies to Reduce the Global Carbon Footprint of Plastics." *Nature Climate Change* 9 (5): 374-78. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>
62. Vallette, Jim. 2021. "The New Coal: Plastics & Climate Change." *Beyond Plastic*. <https://www.beyondplastics.org/plastics-and-climate>
63. Hamilton, Lisa Anne, Steven Feit, Matt Kelso, Samantha Malone Rubright, Courtney Bernhardt, Eric Schaeffer, Doun Moon, Jeffrey Morris, and Rachel Labbé-Bellas. 2019. "Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet." *Center for International Environmental Law*. <https://www.ciel.org/plasticandclimate>.
64. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." *Science Advances* 3 (7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
65. Rollinson, Andrew Neil, and Jumoke Oladeho. 2020. "Chemical Recycling: Status, Sustainability, and Environmental Impacts." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*, June. <https://doi.org/www.doi.org/10.46556/ONLS4535>; Patel, Denise, Doun Moon, Neil Tangri, and Monica Wilson. 2020. "All Talk and No Recycling: An Investigation of the U.S. 'Chemical Recycling' Industry." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://doi.org/10.46556/WMSM7198>; Tabriz, Shanar, Andrew Neil Rollinson, Marieke Hoffmann, and Favoino Enzo. 2020. "Understanding the Environmental Impacts of Chemical Recycling Ten Concerns with Existing Life Cycle Assessments." *Zero Waste Europe*. https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2020/12/zwe_jointpaper_Understanding-EnvironmentallImpactsofCR_en.pdf.
66. Bergmann, Melanie, Bethanie Carney Almroth, Susanne M. Brander, Tridibesh Dey, Dannielle S. Green, Sedat Gundogdu, Anja Krieger, Martin Wagner, and Tony R. Walker. 2022. "A Global Plastic Treaty Must Cap Production." *Science* 376 (6592): 469-70. <https://doi.org/10.1126/science.aba0082>; Lau, Winnie W. Y., Yonathan Shiran, Richard M. Bailey, Ed Cook, Martin R. Stuchtey, Julia Koskella, Costas A. Velis, et al. 2020. "Evaluating Scenarios toward Zero Plastic Pollution." *Science* 369 (6510): 1455-61. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>; Borrelle, Stephanie B., Jeremy Ringma, Kara Lavender Law, Cole C. Monahan, Laurent Lebreton, Alexis McGivern, Erin Murphy, et al. 2020. "Predicted Growth in Plastic Waste Exceeds Efforts to Mitigate Plastic Pollution." *Science* 369 (6510): 1515-18. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>.
67. Fernandez Pales, Araceli, and Peter Levi. 2018. "The Future of Petrochemicals Towards More Sustainable Plastics and Fertilisers." *International Energy Agency (IEA)*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/bee4ef3a-8876-4566-98cf-7a130c013805/The_Future_of_Petrochemicals.pdf.
68. Moon, Doun. 2021. "The High Cost of Waste Incineration." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowasteworld.org/beyondrecovery>.
69. United Kingdom Without Incineration Network. 2018. "Evaluation of the climate change impacts of waste incineration in the United Kingdom".
70. Corvellec, Hervé, María José Zapata Campos, and Patrik Zapata. 2013. "Infrastructures, Lock-in, and Sustainable Urban Development: The Case of Waste Incineration in the Göteborg Metropolitan Area." *Journal of Cleaner Production*, Special Issue: Advancing sustainable urban transformation, 50 (July): 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.009>; Hoorweg, Daniel, and Perinaz Bhada-Tata. 2012. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Urban Development Series. Washington, DC, USA: World Bank Group.
71. Hogg, Dominic, and Ann Ballinger. 2015. "The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy." *Eunomia*. <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/the-potential-contribution-of-waste-management-to-a-low-carbon-economy>; Smith, Alison, Keith Brown, Steve Ogilvie, Kathryn Rushton, and Judith Bates. 2001. *Waste Management Options and Climate Change*. European Commission DG Environment; Vähk, Janek. 2019. "The Impact of Waste-to-Energy Incineration on Climate." *Policy Briefing*. Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/the-impact-of-waste-to-energy-incineration-on-climate>.
72. Barton, J. R., I. Issaias, and E. I. Stentiford. 2008. "Carbon - Making the Right Choice for Waste Management in Developing Countries." *Waste Management, OECD Workshop - Soils and Waste Management: A Challenge to Climate Change*, 28 (4): 690-98. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.033>; Hoorweg, Daniel, and Perinaz Bhada-Tata. 2012. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Urban Development Series. Washington, DC, USA: World Bank Group.
73. Há uma controvérsia considerável sobre o elemento "líquido" das metas de emissões líquidas zero sob o Acordo de Paris. O que está claro é que as oportunidades reais de remoção e sequestro de CO₂ são pequenas e incertas, principalmente em comparação com o fluxo crescente de emissões antrópicas. Aaaim, todo setor que puder atingir zero emissões deve fazê-lo; de fato, emissões antrópicas zero é o alvo desejado.
74. Tangri, Neil. 2021. "Waste Incinerators Undermine Clean Energy Goals," February. <https://doi.org/10.31223/X5VK5X>.
75. Favoino, Enzo, and Dominic Hogg. 2008. "The Potential Role of Compost in Reducing Greenhouse Gases." *Waste Management & Research* 26 (1): 61-69. <https://doi.org/10.1177/0734242X08088584>; Pezzolla, Daniela, Roland Bol, Giovanni Gliotti, Takuji Sawamoto, Aranzazu Louro López, Laura Cardenas, and David Chadwick. 2012. "Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Soils Amended with Digestate Derived from Anaerobic Treatment of Food Waste." *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26 (20): 2422-30. <https://doi.org/10.1002/rcm.6362>; Qdais, Hani Abu,

- Christoph Wuensch, Christina Dornack, and Abdallah Nassour. 2019. "The Role of Solid Waste Composting in Mitigating Climate Change in Jordan." Waste Management & Research, June. <https://doi.org/10.1177/0734242X19855424>; Silver, Whendee, Sintana Vergara, and Mayer Allegra. 2018. "Carbon Sequestration and Greenhouse Gas Mitigation Potential of Composting and Soil Amendments on California's Rangelands." University of California. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-11/Agriculture_CCCA4-CNRA-2018-002_ADA.pdf.
76. Silver, Whendee L., Marcia S. DeLonge, and Justine J. Owen. 2013. "Climate Change Mitigation Potential of California's Rangeland Ecosystems." Department of Environmental Science, Policy, and Management University of California, Berkeley. https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/w_silver_et_al_april_3013_carb.pdf.
77. "Regenerative Annual Cropping." 2020. Project Drawdown. February 6, 2020. <https://drawdown.org/solutions/regenerative-annual-cropping>.
78. Sanderman, Jonathan, Tomislav Hengl, and Gregory J. Fiske. 2017. "Soil Carbon Debt of 12,000 Years of Human Land Use." Proceedings of the National Academy of Sciences 114 (36): 9575-80. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114>.
79. Linzner, Roland, and Ulrike Lange. 2013. "Role and Size of Informal Sector in Waste Management - a Review." Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management 166 (2): 69-83. <https://doi.org/10.1680/warm.12.00012>.
80. Dias, Sonia Maria. 2016. "Waste Pickers and Cities." Environment and Urbanization 28 (2): 375-90. <https://doi.org/10.1177/0956247816657302>; Mathys, Ted. 2009. "Cooling Agents: An Examination of the Role of the Informal Recycling Sector in Mitigating Climate Change." Chintan.
81. Linzner, Roland, and Ulrike Lange. 2013. "Role and Size of Informal Sector in Waste Management - a Review." Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management 166 (2): 69-83. <https://doi.org/10.1680/warm.12.00012>; Wilson, David C, Ljiljana Rodic, Prasad Modak, Reka Soos, Ainhoa Carpintero Rogero, Costas Velis, Mona Iyer, and Otto Simonett. 2015. Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme.
82. Dias, Sonia Maria. 2016. "Waste Pickers and Cities." Environment and Urbanization 28 (2): 375-90. <https://doi.org/10.1177/0956247816657302>.
83. Allen, Cecilia, Virali Gokaldas, Anne Larracas, Leslie Ann Minot, Maeva Morin, Neil Tangri, Burr Tyler, and Bill Walker. 2012. "On the Road to Zero Waste: Successes and Lessons from around the World." Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/On-the-Road-to-Zero-Waste.pdf>.
84. Schlesinger, William. 2010. "90 Scientists Urge Congress Not to 'Cook the Books' in CO₂ Accounting for Biofuels, Other Bioenergy Sources." Cision, May 24, 2010. <https://www.prnewswire.com/news-releases/90-scientists-urge-congress-not-to-cook-the-books-in-co2-accounting-for-biofuels-other-bioenergy-sources-94741714.html>.
85. Towprayoon et al., 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 3: Solid Waste Disposal
86. Brown, Sally, Kristen McIvor, and Elizabeth Hodges Snyder, eds. 2016. Sowing Seeds in the City: Ecosystem and Municipal Services. Springer
87. Brunner, Manuela I., Daniel L. Swain, Raul R. Wood, Florian Willkofer, James M. Done, Eric Gilleland, and Ralf Ludwig. 2021. "An Extremeness Threshold Determines the Regional Response of Floods to Changes in Rainfall Extremes." Communications Earth & Environment 2 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00248-x>
88. Denchak, Melissa. 2019. "Flooding and Climate Change: Everything You Need to Know." NRDC. <https://www.nrdc.org/stories/flooding-and-climate-change-everything-you-need-know>.
89. Ide, Tobias, Anders Kristensen, and Henrikas Bartusevičius. 2021. "First Comes the River, Then Comes the Conflict? A Qualitative Comparative Analysis of Flood-Related Political Unrest." Journal of Peace Research 58 (1): 83-97. <https://doi.org/10.1177/0022343320966783>.
90. Zoleta-Nante, Doracie B. 2000. "Flood Hazard Vulnerabilities and Coping Strategies of Residents of Urban Poor Settlements in Metro Manila, The Philippines." In Floods, by Dennis J. Parker. Peeters Publishers.
91. Zoleta-Nante, Doracie B. 2000. "Flood Hazard Vulnerabilities and Coping Strategies of Residents of Urban Poor Settlements in Metro Manila, The Philippines." In Floods, by Dennis J. Parker. Peeters Publishers.
92. Jha, Abhas K., Robin Bloch, and Jessica Lamond. 2012. Cities and Flooding. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8866-2>.
93. Jha, Abhas K., Robin Bloch, and Jessica Lamond. 2012. Cities and Flooding. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8866-2>.
94. "Floods and Health: Fact Sheets for Health Professionals." 2014. World Health Organization. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0016/252601/Floods-and-health-Fact-sheets-for-health-professionals.pdf.
95. As mudanças climáticas podem ter diferentes impactos negativos nas operações de aterros sanitários; os aterros sanitários localizados perto da costa ou em áreas de baixa altitude são vulneráveis à subida do nível do mar e às tempestades. A infiltração de água da fossa pode levar a um transbordamento de resíduos dos aterros. A infiltração de água salgada pode deteriorar o revestimento impermeável das instalações de aterros sanitários. Os aumentos de temperatura podem exigir horários de coleta de resíduos mais frequentes e práticas rigorosas de gerenciamento de aterros sanitários, pois os odores serão mais fortes. Temperaturas mais altas e seca também podem aumentar os riscos de incêndio em instalações de resíduos. "Solid Waste Management: Addressing Climate Change Impacts On Infrastructure." 2012. U.S. EPA. https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/Infrastructure_SolidWasteManagement.pdf.
96. Laner, David, Johann Fellner, and Paul H. Brunner. 2009. "Flooding of Municipal Solid Waste Landfills - An Environmental Hazard?" Science of The Total Environment, Thematic Issue - BioMicroWorld Conference, 407 (12): 3674-80. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.03.006>.
97. Few, Roger. "Flooding, Vulnerability and Coping Strategies: Local Responses to a Global Threat." Progress in Development Studies 3, no. 1 (January 2003): 43-58. <https://doi.org/10.1191/1464993403ps049ra>.
98. Talavera, Catherine. 2021. "Group Pushes Waste Management to Prevent Floods." Philstar.Com, July 25, 2021. <https://www.philstar.com/nation/2021/07/25/2114927/group-pushes-waste-management-prevent-floods>.
99. Jha, Abhas K., Robin Bloch, and Jessica Lamond. 2012. Cities and Flooding. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8866-2>.
100. Diagne, Khady. 2007. "Governance and Natural Disasters: Addressing Flooding in Saint Louis, Senegal." Environment and Urbanization 19 (2): 552-62. <https://doi.org/10.1177/0956247807082836>.
101. Few, Roger. "Flooding, Vulnerability and Coping Strategies: Local Responses to a Global Threat." Progress in Development Studies 3, no. 1 (January 2003): 43-58. <https://doi.org/10.1191/1464993403ps049ra>.
102. Ojolowo, S., and B. Wahab. 2017. "Municipal Solid Waste and Flooding in Lagos Metropolis, Nigeria: Deconstructing the Evil Nexus." Journal of Geography and Regional Planning 10 (7): 174-85. <https://doi.org/10.5897/JGRP2016.0614>.
103. Hinshaw, Drew. 2015. "Ghana's Growth Spurs Uncontrollable Trash." The Wall Street Journal, June 21, 2015. <https://www.wsj.com/articles/ghanas-growth-spurs-uncontrollable-trash-1434928945>.
104. Hinshaw, Drew. 2015. "Ghana's Growth Spurs Uncontrollable Trash." The Wall Street Journal, June 21, 2015. <https://www.wsj.com/articles/ghanas-growth-spurs-uncontrollable-trash-1434928945>.
105. Ritch, Elaine, Carol Brennan, and Calum MacLeod. 2009. "Plastic Bag Politics: Modifying Consumer Behaviour for Sustainable Development." International Journal of Consumer Studies 33 (2): 168-74. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2009.00749.x>.
106. Waghmode, Vishwas. 2016. "Rewind: Plastics Continue to Clog Nullahs across Mumbai." The Indian Express, March 22, 2016. <https://indianexpress.com/article/cities/mumbai/rewind-plastics-continue-to-clog-nullahs-across-mumbai>.
107. Ritch, Elaine, Carol Brennan, and Calum MacLeod. 2009. "Plastic Bag Politics: Modifying Consumer Behaviour for Sustainable Development." International Journal of Consumer Studies 33 (2): 168-74. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2009.00749.x>.
108. Pervin, Ismat Ara, Sheikh Mohammad Mahbubur Rahman, Mani Nepal, Abdul Kalam Enamul Haque, Humayun Karim, and Ganesh Dhakal. 2019. "Adapting to Urban Flooding: A Case of Two Cities in South Asia." Water Policy 22 (S1): 162-88. <https://doi.org/10.2166/wp.2019.174>.
109. Pervin, Ismat Ara, Sheikh Mohammad Mahbubur Rahman, Mani Nepal, Abdul Kalam Enamul Haque, Humayun Karim, and Ganesh Dhakal. 2019. "Adapting to Urban Flooding: A Case of Two Cities in South Asia." Water Policy 22 (S1): 162-88. <https://doi.org/10.2166/wp.2019.174>.
110. "Vector-Borne Diseases." European Centre for Disease Prevention and Control. <https://www.ecdc.europa.eu/en/climate-change/climate-change-europe/vector-borne-diseases>.
111. Githeko, A. K., S. W. Lindsay, U. E. Confalonieri, and J. A. Patz. 2000. "Climate Change and Vector-Borne Diseases: A Regional Analysis." Bulletin of the World Health Organization 78 (9): 1136-47.
112. Githeko, A. K., S. W. Lindsay, U. E. Confalonieri, and J. A. Patz. 2000. "Climate Change and Vector-Borne Diseases: A Regional Analysis." Bulletin of the World Health Organization 78 (9): 1136-47.
113. Roy-Dufresne, Emilie, Travis Logan, Julie A. Simon, Gail L. Chmura, and Virginie Millien. 2013. "Poleward Expansion of the White-Footed Mouse (*Peromyscus leucopus*) under Climate Change: Implications for the Spread of Lyme Disease." PLOS ONE 8 (11): e80724. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080724>.
114. Tian, Huai-Yu, Peng-Bo Yu, Angela D. Luis, Peng Bi, Bernard Cazelles, Marko Laine, Shan-Qian Huang, et al. 2015. "Changes in Rodent Abundance and Weather Conditions Potentially Drive Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome Outbreaks in Xi'an, China, 2005-2012." PLoS Neglected Tropical Diseases 9 (3): e0003530. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003530>.
115. Mattah, Precious A. Dzorgbe, Godfred Futagbi, Leonard K. Amekudzi, Memuna M. Mattah, Dzedzorm K. de Souza, Worlasi D. Kartey-Attipoe, Langbong Bimi, and Michael D. Wilson. 2017. "Diversity in Breeding Sites and Distribution of Anopheles Mosquitoes in Selected Urban Areas of Southern Ghana." Parasites & Vectors 10 (1): 25. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1941-3>.
116. Mattah, P. a. D., G. Futagbi, L. K. Amekudzi, and M. M. Mattah. 2020. "Climate Variations, Urban Solid Waste Management and Possible Implications for Anopheles Mosquito Breeding in Selected Cities of Coastal Ghana." West African Journal of Applied Ecology 28 (1): 21-34. <https://doi.org/10.4314/wajae.v28i1>.
117. "Disease Prevention Through Vector Control: Guidelines for Relief Organisations." Oxfam Policy & Practice. <https://policy-practice.oxfam.org/resources/disease-prevention-through-vector-control-guidelines-for-relief-organisations-121159>.
118. Banerjee, Soumyajit, Gautam Aditya, and Goutam K Saha. 2013. "Household Disposables as Breeding Habitats of Dengue Vectors: Linking Wastes and Public Health." Waste Management 33 (1): 233-39. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.013>.
119. Rottier, Erik, and Margaret E. Ince. 2003. Controlling and Preventing Disease: The Role of Water and Environmental Sanitation Interventions. Loughborough University. https://repository.lboro.ac.uk/articles/book/Controlling_and_preventing_disease_The_role_of_water_and_environmental_sanitation_interventions/9585086/1.
120. Dieng, Hamady, Tomomitsu Satho, Fatimah Abang, Nur Khairatun Khadijah Binti Meli, Idris A. Ghani, Cirilo Nolasco-Hipolito, Hafijah Hakim, et al. 2017. "Sweet Waste Extract Uptake by a Mosquito Vector: Survival, Biting, Fecundity Responses, and Potential Epidemiological Significance." Acta Tropica 169 (May): 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.01.022>.
121. Rozendaal, Jan Arie, and World Health Organization. 1997. "Vector Control : Methods for Use by Individuals and Communities." World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41968>; Rottier, Erik, and Margaret E. Ince. 2003. Controlling and Preventing Disease: The Role of Water and Environmental Sanitation Interventions. Loughborough University.
122. Banerjee, Soumyajit, Gautam Aditya, and Goutam K Saha. 2013. "Household Disposables as Breeding Habitats of Dengue Vectors: Linking Wastes and Public Health." Waste Management 33 (1): 233-39. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.013>.
123. Directorate-General for Environment (European Commission). 2011. Soil :The Hidden Part of the Climate Cycle. LU: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/57794>.

124. Huang, J., Y. Li, C. Fu, F. Chen, Q. Fu, A. Dai, M. Shinoda, et al. 2017. "Dryland Climate Change: Recent Progress and Challenges." *Reviews of Geophysics* 55(3): 719–78. <https://doi.org/10.1002/2016RG000550>.
125. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
126. "Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016." 2017. Publication. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>.
127. Staal, Arie, Ingo Fetzer, Lan Wang-Erlandsson, Joyce H. C. Bosmans, Stefan C. Dekker, Egbert H. van Nes, Johan Rockström, and Obbe A. Tuinenburg. 2020. "Hysteresis of Tropical Forests in the 21st Century." *Nature Communications* 11(1): 4978. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18728-7>.
128. "Background Paper: Desertification in the EU." 2018. European Court of Auditors. <https://www.eca.europa.eu/en/Pages/DocItem.aspx?did=46244>.
129. Borrelli, Pasquale, David A. Robinson, Panos Panagos, Emanuele Lugato, Jae E. Yang, Christine Alewell, David Wuepper, Luca Montanarella, and Cristiano Balabio. 2020. "Land Use and Climate Change Impacts on Global Soil Erosion by Water (2015–2070)." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(36): 21994–1. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.
130. Sulaeman, Dede, and Thomas Westhoff. 2020. "The Causes and Effects of Soil Erosion, and How to Prevent It." February. <https://www.wri.org/insights/causes-and-effects-soil-erosion-and-how-prevent-it>.
131. "Special Report on Climate Change and Land." 2019. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/srcccl>.
132. McEldowney, James. 2020. "EU Agricultural Policy and Climate Change." [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651922/EPRS_BRI\(2020\)651922_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651922/EPRS_BRI(2020)651922_EN.pdf).
133. Taiwo, Adewale M. 2011. "Composting as A Sustainable Waste Management Technique in Developing Countries." <https://doi.org/10.3923/jest.2011.93.102>.
134. "Soil Organic Matter Matters." 2016. The agricultural European Innovation Partnership (EIP-AGRI). <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/soil-organic-matter-matters>.
135. Cuneen, Gary. 2018. "Analysis of the Barriers and Opportunities for the Use of Compost in Agriculture." Seven Generations Ahead. https://hub.composting-council.org/wp-content/uploads/2021/08/Barriers_Opportunities_Use_of_Compost_Agriculture_2018.pdf.
136. "Soil Organic Matter Matters." 2016. The agricultural European Innovation Partnership (EIP-AGRI). <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/soil-organic-matter-matters>.
137. García-Gil, J., C. Plaza, P. Soler-Rovira, and A. Polo. 2000. "Long-Term Effects of Municipal Solid Waste Compost Application on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass." [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00165-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00165-6).
138. Morra, Luigi, Luca Pagano, Paola Iovieno, Daniela Baldantoni, and A Alfani. 2010. "Soil and Vegetable Crop Response to Addition of Different Levels of Municipal Waste Compost under Mediterranean Greenhouse Conditions." [http://Dx.Doi.Org/10.1051/Agro/200904630\(September\)](http://Dx.Doi.Org/10.1051/Agro/200904630(September)). <https://doi.org/10.1051/agro/200904630>.
139. Ouédraogo, E., A. Mando, and N. P. Zombré. 2001. "Use of Compost to Improve Soil Properties and Crop Productivity under Low Input Agricultural System in West Africa." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84(3): 259–66. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00246-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00246-2).
140. García-Gil, J., C. Plaza, P. Soler-Rovira, and A. Polo. 2000. "Long-Term Effects of Municipal Solid Waste Compost Application on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass." [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00165-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00165-6).
141. Rivero, Carmen, T. Chirenje, L. Q. Ma, and G. Martinez. 2004. "Influence of Compost on Soil Organic Matter Quality under Tropical Conditions." *Geoderma* 123(3): 355–61. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.002>.
142. Sarwar, G., H. Schmeisky, N. Hussain, S. Muhammad, M. Ibrahim, and E. Safdar. 2008. "Improvement of Soil Physical and Chemical Properties with Compost Application in Rice-Wheat Cropping System." *Pakistan Journal of Botany (Pakistan)*.
143. Sarwar, G., H. Schmeisky, N. Hussain, S. Muhammad, M. Ibrahim, and E. Safdar. 2008. "Improvement of Soil Physical and Chemical Properties with Compost Application in Rice-Wheat Cropping System." *Pakistan Journal of Botany (Pakistan)*.
144. Warman, P. R. 2005. "Soil Fertility, Yield and Nutrient Contents of Vegetable Crops after 12 Years of Compost or Fertilizer Amendments." *Biological Agriculture & Horticulture* 23(1): 85–96. <https://doi.org/10.1080/01448765.2005.9755310>.
145. Rainbow, Arnie, and F N Wilson Ma. 2002. "Composting for Soil Improvement in the United Kingdom." In 12th ISCO Conference, 5. <https://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco12/Volumell/CompostingforSoilImprovement.pdf>.
146. Tong, Jing, Xiangyang Sun, Suyan Li, Bingpeng Qu, and Long Wan. 2018. "Reutilization of Green Waste as Compost for Soil Improvement in the Afforested Land of the Beijing Plain." *Sustainability* 10(7): 2376. <https://doi.org/10.3390/su10072376>.
147. A vermicompostagem utiliza minhocas e microorganismos para converter resíduos orgânicos em coresções nutritivas para o solo.
148. Padmavathiamma, Prabha K., Loretta Y. Li, and Usha R. Kumari. 2008. "An Experimental Study of Vermi-Biowaste Composting for Agricultural Soil Improvement." *Bioresource Technology* 99(6): 1672–81. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028>.
149. Aggelides, S. M., and P. A. Londra. 2000. "Effects of Compost Produced from Town Wastes and Sewage Sludge on the Physical Properties of a Loamy and a Clay Soil." *Bioresource Technology* 71(3): 253–59. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00074-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00074-7).
150. Annabi, M., S. Houot, C. Francou, M. Poitrenaud, and Y. Le Bissonnais. 2007. "Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities." *Soil Science Society of America Journal* 71(2): 413–23. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0161>.
151. Lin, Weiwei, Manhong Lin, Hongyan Zhou, Hongmiao Wu, Zhaowei Li, and Wenxiong Lin. 2019. "The Effects of Chemical and Organic Fertilizer Usage on Rhizosphere Soil in Tea Orchards." *PLoS ONE* 14(5): e0217018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>.
152. Nwachukwu, O., and I. Pulford. 2008. "Comparative Effectiveness of Selected Adsorbent Materials as Potential Amendments for the Remediation of Lead-, Copper- and Zinc-contaminated Soil." <https://doi.org/10.1111/J.1475-2743.2007.00141.X>; Brown, Sally, Rufus L. Chaney, Judith G. Hallfrisch, and Qi Xue. 2003. "Effect of Biosolids Processing on Lead Bioavailability in an Urban Soil." *Journal of Environmental Quality* 32(1): 100–108. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1000>.
153. An Analysis of Composting As an Environmental Remediation Technology." 1998. U.S. EPA. https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/analpt_all.pdf.
154. "An Analysis of Composting As an Environmental Remediation Technology." 1998. U.S. EPA. https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/analpt_all.pdf.
155. "Erosion Control Uses - US Composting Council." US Composting Council. <https://www.compostingcouncil.org/page/CompostErosionControlUses>.
156. "Compost Blankets." CalRecycle. <https://calrecycle.ca.gov/organics/compostmulch/toolbox/compostblankets>.
157. "Compost Filter Socks." CalRecycle. <https://calrecycle.ca.gov/organics/compostmulch/toolbox/compostsock>.
158. "Compost Filter Berms." 2019. U.S. EPA. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-compost-filter-berms.pdf>.
159. Viaene, J., J. Van Lancker, B. Vandecasteele, K. Willekens, J. Bijttebier, G. Ruyschaert, S. De Neve, and B. Reubens. 2016. "Opportunities and Barriers to On-Farm Composting and Compost Application: A Case Study from Northwestern Europe." *Waste Management* 48(February): 181–92. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.021>.
160. Viaene, J., J. Van Lancker, B. Vandecasteele, K. Willekens, J. Bijttebier, G. Ruyschaert, S. De Neve, and B. Reubens. 2016. "Opportunities and Barriers to On-Farm Composting and Compost Application: A Case Study from Northwestern Europe." *Waste Management* 48(February): 181–92. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.021>.
161. Lakhdar, Abdelbasset, Mokded Rabhi, Tahar Ghnaya, Francesco Montemurro, Naceur Jedidi, and Chedly Abdelly. 2009. "Effectiveness of Compost Use in Salt-Affected Soil." *Journal of Hazardous Materials* 171(1): 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>.
162. Lakhdar, Abdelbasset, Mokded Rabhi, Tahar Ghnaya, Francesco Montemurro, Naceur Jedidi, and Chedly Abdelly. 2009. "Effectiveness of Compost Use in Salt-Affected Soil." *Journal of Hazardous Materials* 171(1): 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>.
163. Lakhdar, Abdelbasset, Mokded Rabhi, Tahar Ghnaya, Francesco Montemurro, Naceur Jedidi, and Chedly Abdelly. 2009. "Effectiveness of Compost Use in Salt-Affected Soil." *Journal of Hazardous Materials* 171(1): 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>.
164. García-Gil, J., C. Plaza, P. Soler-Rovira, and A. Polo. 2000. "Long-Term Effects of Municipal Solid Waste Compost Application on Soil Enzyme Activities and Microbial Biomass." [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00165-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00165-6).
165. Aulinas Masó, Montserrat, and August Bonmatí Blasi. 2008. "Evaluation of Composting as a Strategy for Managing Organic Wastes from a Municipal Market in Nicaragua." *Bioresource Technology, Exploring Horizons in Biotechnology: A Global Venture*, 99(11): 5120–24. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.083>; Van Fan, Y., Lee, C. T., Klemeš, J. J., Bong, C. P. C., & Ho, W. S. (2016). Van Fan, Yee, Chew Tin Lee, Jiří Jaromír Klemeš, Cassandra Phun Chien Bong, and Wai Shin Ho. 2016. "Economic Assessment System towards Sustainable Composting Quality in the Developing Countries." *Clean Technologies and Environmental Policy* 18(8): 2479–91. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1209-9>.
166. Petrlik, Jindrich, and Lee Bell. 2020. "Toxic Ash Poisons our Food Chain." IPEN. <https://ipen.org/documents/toxic-ash-poisons-our-food-chain>
167. Rotmans, Jan, and Derk Loorbach. 2009. "Complexity and Transition Management." *Journal of Industrial Ecology* 13(2): 184–96. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00116.x>.
168. Ayers, Jessica M., and Saleemul Huq. 2009. "The Value of Linking Mitigation and Adaptation: A Case Study of Bangladesh." *Environmental Management* 43(5): 753–64. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9223-2>.
169. O'Neill, Kate. 2018. "Linking Wastes and Climate Change: Bandwagoning, Contention, and Global Governance." *WIREs Clim Change* 10(2). <https://doi.org/10.1002/wcc.568>
170. Scheinberg, Anne, Sandra Spies, Michael H. Simpson, and Arthur P. J. Mol. 2011. "Assessing Urban Recycling in Low- and Middle-Income Countries: Building on Modernised Mixtures." *Habitat International* 35(2): 188–98. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.08.004>
171. Este capítulo segue o modelo de co-benefícios apresentado por: Mayrhofer, Jan P., and Joyeeta Gupta. 2016. "The Science and Politics of Co-Benefits in Climate Policy." *Environmental Science & Policy* 57(March): 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.11.005>.
172. Ma, Shijun, Chuanbin Zhou, Jingjin Pan, Guang Yang, Chuanlian Sun, Yijie Liu, Xinchuang Chen, and Zhilan Zhao. 2022. "Leachate from Municipal Solid Waste Landfills in a Global Perspective: Characteristics, Influential Factors and Environmental Risks." *Journal of Cleaner Production* 333(January): 130234. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130234>; Białowicz, Jan Stefan, Wioletta Rogula-Kozłowska, and Adam Krasuski. 2021. "Contribution of Landfill Fires to Air Pollution – An Assessment Methodology." *Waste Management* 125(April): 182–91. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.046>; "Pollution and Health Impacts of Waste-to-Energy Incineration." 2019. Global Alliance for Incinerator Alternatives. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Pollution-Health_final-Nov-14-2019.pdf.
173. García-Pérez, Javier, Gonzalo López-Abente, Adela Castelló, Mario González-Sánchez, and Pablo Fernández-Navarro. 2015. "Cancer Mortality in Towns in the Vicinity of Installations for the Production of Cement, Lime, Plaster, and Magnesium Oxide." *Chemosphere* 128(June): 103–10. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.01.020>; "The True Toxic Toll: Biomonitoring of incineration emissions." 2021. Zero Waste Europe; "Hidden emissions: A story from the Netherlands Case Study." 2018. Zero Waste Europe and Toxico Watch; "The not-that-well hidden risks of incineration: the case of the Danish Norfors Plant." 2019. Zero Waste Europe and Toxico Watch.
174. Baptista, Ana Isabel, and Adrienne Perovich. 2019. "U.S. Municipal Solid Waste Incinerators: An Industry in Decline." The New School Tishman Environment and Design Center. <https://www.no-burn.org/u-s-municipal-solid-waste-incinerators-an-industry-in-decline>.

175. "Pollution and Health Impacts of Waste-to-Energy Incineration." 2019. Global Alliance for Incinerator Alternatives. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Pollution-Health_final-Nov-14-2019.pdf.
176. Lundqvist, Christoffer, Moniek Zuurbier, Marike Leijns, Carolina Johansson, Sandra Ceccatelli, Margaret Saunders, Greet Schoeters, Gavin ten Tusscher, and Janna G. Koppe. 2006. "The Effects of PCBs and Dioxins on Child Health." *Acta Paediatrica* (Oslo, Norway: 1992). Supplement 95 (453): 55-64. <https://doi.org/10.1080/08035320600886257>; Winneke, Gerhard, Ulrich Ranft, Jürgen Wittsiepe, Monika Kasper-Sonnenberg, Peter Fürst, Ursula Krämer, Gabriele Seitner, and Michael Wilhelm. 2014. "Behavioral Sexual Dimorphism in School-Age Children and Early Developmental Exposure to Dioxins and PCBs: A Follow-Up Study of the Duisburg Cohort." *Environmental Health Perspectives* 122 (3): 292-98. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306533>.
177. Petrlík, Jindřich, and Ralph Anthony Ryder. 2015. "After Incineration: The Toxic Ash Problem." International Pollution Elimination Network. https://ipen-china.org/sites/default/files/documents/After_incineration_the_toxic_ash_problem_2015.pdf.
178. Petrlík, Jindřich, and Ralph Anthony Ryder. 2015. "After Incineration: The Toxic Ash Problem." International Pollution Elimination Network. https://ipen-china.org/sites/default/files/documents/After_incineration_the_toxic_ash_problem_2015.pdf.
179. Coutinho, Miguel, Margaret Pereira, and Carlos Borrego. 2004. "Air Quality Impact of the Shut-down of a Hospital Waste Incinerator in the Oporto Region."
180. Bae, Hyun-Joo, Jung Eun Kang, and Yu-Ra Lim. 2020. "Assessment of Relative Asthma Risk in Populations Living Near Incineration Facilities in Seoul, Korea." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (20): E7448. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207448>.
181. Wakefield, Faith. 2022. "Top 25 Recycling Facts and Statistics for 2022." *World Economic Forum*. June 22, 2022. <https://www.weforum.org/agenda/2022/06/recycling-global-statistics-facts-plastic-paper>.
182. Martchek, Kenneth. 2006. "Modelling More Sustainable Aluminium (4 Pp)." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11 (1): 34-37. <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.231>.
183. Martchek, Kenneth. 1997. "Life Cycle Benefits, Challenges, and the Potential of Recycled Aluminium."
184. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." *Science Advances* 3 (7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
185. Lau, Winnie W. Y., Yonathan Shiran, Richard M. Bailey, Ed Cook, Martin R. Stuchtey, Julia Koskella, Costas A. Velis, et al. 2020. "Evaluating Scenarios toward Zero Plastic Pollution." *Science* 369 (6510): 1455-61. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>.
186. Huerta Lwanga, Esperanza, Jorge Mendoza Vega, Victor Ku Quej, Jesus de los Angeles Chi, Lucero Sanchez del Cid, Cesar Chi, Griselda Escalona Segura, et al. 2017. "Field Evidence for Transfer of Plastic Debris along a Terrestrial Food Chain." *Scientific Reports* 7 (1): 14071. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14588-2>.
187. Chae, Yooeun, and Youn-joo An. 2018. "Current Research Trends on Plastic Pollution and Ecological Impacts on the Soil Ecosystem: A Review." *Environmental Pollution* 240 (September): 387-95. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.008>.
188. Souza Machado, Anderson Abel de, Werner Kloas, Christiane Zarfl, Stefan Hempel, and Matthias C. Rillig. 2018. "Microplastics as an Emerging Threat to Terrestrial Ecosystems." *Global Change Biology* 24 (4): 1405-16. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>.
189. Borrelle, Stephanie B., Jeremy Ringma, Kara Lavender Law, Cole C. Monahan, Laurent Lebreton, Alexis McGivern, Erin Murphy, et al. 2020. "Predicted Growth in Plastic Waste Exceeds Efforts to Mitigate Plastic Pollution." *Science* 369 (6510): 1515-18. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>.
190. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. "Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made." *Science Advances* 3 (7): e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>. Note: this estimate includes high rates of growth in the 1950s and 1960s. In recent decades, the growth rate is 3.5-4% per year. "The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics." 2016. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/reports/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>.
191. Ellen Macarthur Foundation. 2017. "The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics and Catalysing Action." https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/NPEC-Hybrid_English_22-11-17_Digital.pdf.
192. Favoino, Enzo, and Dominic Hogg. 2008. "The Potential Role of Compost in Reducing Greenhouse Gases." *Waste Management & Research* 26 (1): 61-69. <https://doi.org/10.1177/0734242X08088584>.
193. "Global Land Outlook 2nd Edition." 2022. UNCCD. April 27, 2022. <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo2>.
194. Favoino, Enzo, and Dominic Hogg. 2008. "The Potential Role of Compost in Reducing Greenhouse Gases." *Waste Management & Research* 26 (1): 61-69. <https://doi.org/10.1177/0734242X08088584>.
195. Ribeiro-Broomhead, John, and Neil Tangri. 2020. "Zero Waste and Economic Recovery: The Job Creation Potential of Zero Waste Solutions." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <http://zerowasteworld.org/zerowastejobs>.
196. "Wastepickers to Robust Entrepreneurs: Creating Stories of Change." 2016. Hasiru Dala. https://hasirudala.in/wp-content/uploads/2020/09/HD_Annual_Report_2015-16-1.pdf.
197. "San Francisco Annual Rate Report." 2021. Recology Sunset Scavenger, Recology Golden Gate, Recology San Francisco. <https://www.sfpublicworks.org/sites/default/files/Ry2021%20Q4%20Report%20%2006132022.pdf>.
198. "Cleaning Up Waste and Recycling Management and Securing the Benefits: A Blueprint for Cities." 2015. The Los Angeles Alliance for a New Economy. <http://laane.org/wp-content/uploads/2017/06/Cleaning-Up-Waste-1.pdf>.
199. Moon, Doun. 2021. "Zero Waste Systems: Small Investment, Big Payoff." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowasteworld.org/beyondrecovery>.
200. Rosa, Ferran. 2016. "The Story of Parma." *Zero Waste Europe*. <https://zerowasteurope.eu/library/the-story-of-parma>.
201. Simon, Joan Marc. 2015. "The Story of Contarina." *Zero Waste Europe*. <https://zerowasteurope.eu/library/the-story-of-contarina>.
202. Dayrit, Felicia, Anne Larracas, and Gigie Cruz. 2019. "Picking Up the Baton: Political Will Key to Zero Waste." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowaste-world.org/wp-content/uploads/San-Fernando-1107.pdf>.
203. Liamzon, Catherine. 2019. "Sunshine After the Storm: A Typhoon-Ravaged City Rises to Become Zero Waste." *Zero Waste Cities Asia*. *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowasteworld.org/wp-content/uploads/Tacloban.pdf>.
204. "Zero Waste Cities savings calculator." *Zero Waste Europe*. <https://zerowastecities.eu/academy/savings-calculator>.
205. "Ekologi Brez Meja." *Zero Waste Europe*. <https://zerowasteurope.eu/member/ekologi-brez-meja>.
206. Moon, Doun. 2021. "The High Cost of Waste Incineration." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowasteworld.org/beyondrecovery>.
207. Baptista, Ana Isabel, and Adrienne Perovich. 2019. "U.S. Municipal Solid Waste Incinerators: An Industry in Decline." *The New School Tishman Environment and Design Center*. <https://www.no-burn.org/u-s-municipal-solid-waste-incinerators-an-industry-in-decline>.
208. Jofra Sora, Marta. 2013. "Incineration Overcapacity and Waste Shipping in Europe: The End of the Proximity Principle?" *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Overcapacity_report_2013.pdf.
209. Cooper, Michael. 2010. "Lost Bet on Incinerator Leaves Harrisburg in the Red." *The New York Times*, May 20, 2010. <https://www.nytimes.com/2010/05/21/us/21harrisburg.html>.
210. "Detroit's Waste Incinerator, USA." *Environmental Justice Atlas*. <https://www.ejatlantia.org/print/detroit-waste-incinerator-usa>.
211. Corvellec, Hervé, María José Zapata Campos, and Patrik Zapata. 2013. "Infrastructures, Lock-in, and Sustainable Urban Development: The Case of Waste Incineration in the Göteborg Metropolitan Area." *Journal of Cleaner Production*, Special Issue: Advancing sustainable urban transformation, 50 (July): 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.009>.
212. "Community Tools for Anti-Incineration Organizing." 2021. *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/2021/12/Al-Toolkit_v5.pdf.
213. "Why Oppose Incineration." *United Kingdom without Incineration Network*. <https://ukwin.org.uk/oppose-incineration>.
214. Moon, Doun. 2021. "The High Cost of Waste Incineration." *Global Alliance for Incinerator Alternatives*. <https://zerowasteworld.org/beyondrecovery>.
215. Kaza, Silpa, Lisa C. Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/211329ov.pdf>.
216. Ravishankara, A. R., Johan C. I. Kuylenstierna, Eleni Michalopoulou, Lena Höglund-Isaksson, Yuqiang Zhang, Karl Seltzer, Muye Ru, et al. 2021. *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
217. "Ministry of Environment, Forest and Climate Change notification." 2016. Government of India Ministry of Environment, Forest and Climate Change. https://cpcb.nic.in/uploads/MSW/SWM_2016.pdf.
218. Eunomia. 2020. "Packaging Free Shops in Europe. An Initial Report." *Zero Waste Europe and Reseau Vrac*. https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2020/06/2020_06_30_zwe_pfs_executive_study.pdf.
219. Ellen Macarthur Foundation. 2017. "The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics and Catalysing Action." https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/NPEC-Hybrid_English_22-11-17_Digital.pdf.
220. Vilella, M. (2021). *New Business Models Cutting Back Plastic Waste*. Sustainable Consumption Institute, University of Manchester, UK.
221. Closed Loop and Ideo. 2021. "Bringing Reusable Packaging Systems to Life Lessons Learned from Testing Reusable Cups." https://www.closedlooppartners.com/wp-content/uploads/2021/01/CLP_Bringing-Reusable-Packaging-Systems-to-Life.pdf.
222. Thrän, Daniela, Martin Dotzauer, Volker Lenz, Jan Liebetrau, and Andreas Ortwein. 2015. "Flexible Bioenergy Supply for Balancing Fluctuating Renewables in the Heat and Power Sector—a Review of Technologies and Concepts." *Energy, Sustainability and Society* 5 (1): 35. <https://doi.org/10.1186/s13705-015-0062-8>; "Using Quality Anaerobic Digestate to Benefit Crops." 2012. *Waste & Resources Action Programme*. <https://www.nutrientmanagement.org/using-quality-digestate-to-benefit-crops>.
223. "Converting Waste into Cooking Gas in Low-Income Communities." 2021. *Community Partners International*. 2021. <https://www.cpintl.org/field-notes-updates/converting-waste-into-cooking-gas-in-low-income-communities>.
224. Samson, Melanie. 2010. "Reclaiming Reusable and Recyclable Materials in Africa - A Critical Review of English Language Literature." *WIEGO Working Paper (Urban Policies) No. 16*. Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing. <https://www.wiego.org/publications/reclaiming-reusable-and-recyclable-materials-africa-critical-review-english-language-li>.
225. Mpanangombe, Wrixon, Adrian Mallory, and Elizabeth Tilley. 2021. "Poverty, Politics and Plastic: Organic Waste Sorting in Blantyre's Public Markets." *Journal of Urban Management* 10 (3): 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.05.001>; Kasiya, Cidrick, and Elizabeth Tilley. 2018. "Formalization of Informal Waste Pickers' Cooperatives in Blantyre, Malawi: A Feasibility Assessment." *Sustainability* 10 (April): 1149. <https://doi.org/10.3390/su10041149>; Oteng-Ababio, Martin. 2012. "The Role of the Informal Sector in Solid Waste Management in the Gama, Ghana: Challenges and Opportunities." *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie* 103 (September). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2011.00690.x>; Scheinberg, A., S. Spies, M. H. Simpson, and A. P. J. Mol. 2011. "Assessing Urban Recycling in Low- and Middle-Income Countries: Building on Modernised Mixtures." *Habitat International* 35 (2): 188-98. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.08.004>.
226. "Informal economy." 2020. *Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing*. <https://www.wiego.org/informal-economy>.
227. Morais, Jandira, Glen Corder, Artem Golev, Lynda Lawson, and Saleem Ali. 2022. "Global Review of Human Waste-Picking and Its Contribution to Poverty Alleviation and a Circular Economy." *Environmental Research Letters* 17 (6): 063002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6b49>.
228. Morais, Jandira, Glen Corder, Artem Golev, Lynda Lawson, and Saleem Ali. 2022. "Global Review of Human Waste-Picking and Its Contribution to Poverty Allevia-

- tion and a Circular Economy." Environmental Research Letters 17(6): 063002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6b49>; Singh, Dr Richa. "Integration of Informal Sector in Solid Waste Management: Strategies and Approaches." Centre for Science and Environment. https://cdn.cseindia.org/attachments/0.89670700_1626944339_integrating-of-the-informal-sector-richa.pdf.
- 229.** Salazar, Marlet. 2019. "Route to Zero Waste: A Flood-Prone City Shows How It's Done." Zero Waste Cities Asia. Global Alliance for Incinerator Alternatives.
- 230.** Jones, Sarah K., Nadia Bergamini, Francesca Beggi, Didier Lesueur, Barbara Vinceti, Arwen Bailey, Fabrice A. DeClerck, et al. 2022. "Research Strategies to Catalyze Agroecological Transitions in Low- and Middle-Income Countries." Sustainability Science, June. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01163-6>.
- 231.** Mpanangombe, Wrixon, Adrian Mallory, and Elizabeth Tilley. 2021. "Poverty, Politics and Plastic: Organic Waste Sorting in Blantyre's Public Markets." Journal of Urban Management 10(3): 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.05.001>.
- 232.** Barré, Juliette. 2015. "Waste market in urban Malawi." Second cycle, A2E. Uppsala: SLU, Dept. of Urban and Rural Development. January 7, 2015. <https://stud.epsilon.slu.se/7550>; Djik, Meine van. 2008. "Urban Management and Institutional Change: An Integrated Approach to Achieving Ecological Cities." January.
- 233.** "Regenerative Agriculture around São Paulo: Connect the Dots." <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/connect-the-dots>.
- 234.** "São Paulo Tackles Organic Waste | Climate & Clean Air Coalition." 2019. April 12, 2019. <https://www.ccacoalition.org/en/news/s%C3%A3o-paulo-tackles-organic-waste>.
- 235.** "São Paulo composta e cultivada." Instituto Pólis. <https://polis.org.br/projeto/sp-composta-cultiva>.
- 236.** "São paulo composta e cultivada." Instituto Pólis. <https://polis.org.br/projeto/sp-composta-cultiva>.
- 237.** Barboza, Luís Gabriel Antão, A. Dick Vethaak, Beatriz R. B. O. Lavorante, Anne-Katrine Lundebye, and Lúcia Guilhermino. 2018. "Marine Microplastic Debris: An Emerging Issue for Food Security, Food Safety and Human Health." Marine Pollution Bulletin 133 (August): 336-48. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>.
- 238.** Peixoto, Diogo, Carlos Pinheiro, João Amorim, Luís Oliva-Teles, Lúcia Guilhermino, and Maria Natividade Vieira. 2019. "Microplastic Pollution in Commercial Salt for Human Consumption: A Review." Estuarine Coastal and Shelf Science 219 (April): 161-68. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.018>.
- 239.** Simoneau, Catherine, Barbara Raffael, Simone Garbin, Eddo Hoekstra, Anja Mieth, LOPES João Filipe Alberto, and Vittorio Reina. 2017. "Non-Harmonised Food Contact Materials in the EU: Regulatory and Market Situation: Baseline study: final report." JRC Publications Repository. January 17, 2017. <https://doi.org/10.2788/234276>.
- 240.** Impact of EDCs on Hormone-Sensitive Cancer." Endocrine Society. <https://www.endocrine.org/topics/edc/what-edcs-are/common-edcs/cancer>.
- 241.** Trivedi, Bjal P. 2021. "The Everyday Chemicals That Might Be Leading Us to Our Extinction - The New York Times." The New York Times, March 5, 2021. <https://www.nytimes.com/2021/03/05/books/review/shanna-swan-count-down.html>.
- 242.** Nielsen, Pia Juul. 2021. "Hormone Disrupting Chemicals May Also Harm Children's Brains - Scientists Call for Ac-
- tion." CHEM Trust (blog). May 12, 2021. https://chemtrust.org/edcs_brain_development.
- 243.** Trasande, Leonardo, R. Thomas Zoeller, Ulla Hass, Andreas Kortenkamp, Philippe Grandjean, John Peterson Myers, Joseph DiGangi, et al. 2015. "Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union." The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 100(4): 1245-55. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-4324>.
- 244.** Calil, Juliano, Marce Gutiérrez-Graudiņš, Steffanie Munguía, and Christopher Chin. 2021. "Neglected-Environmental Justice Impacts of Marine Litter and Plastic Pollution." United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/neglected-environmental-justice-impacts-marine-litter-and-plastic-pollution>.
- 245.** "Why Oppose Incineration." United Kingdom without Incineration Network. <https://ukwin.org.uk/oppose-incineration>.
- 246.** Clay, Oliver. 2017. "In the Shadow of the UK's Biggest Incinerator - Part Two." Liverpool Echo, January 5, 2017. <http://www.liverpoolecho.co.uk/incoming/shadow-uks-biggest-incinerator-part-12406245>; Barbara. "Health Fears over Runcorn Incinerator." Runcorn and Widnes World. <https://www.runcornandwidnesworld.co.uk/news/11753701.health-fears-over-runcorn-incinerator>.
- 247.** <https://www.derbytelegraph.co.uk/news/derby-news/residents-slam-controversial-waste-plant-2021845>; Reid, Nick. 2018. "Residents Say Derby Incinerator That 'smells of Rotten Food' Should Be Shut." Derbyshire Live, September 19, 2018. <https://www.derbytelegraph.co.uk/news/derby-news/residents-slam-controversial-waste-plant-2021845>; Hawley, Zena. 2018. "Foul Smells from Sinfon Waste Plant Still Tormenting Residents after Almost a Year." Derbyshire Live, June 9, 2018. <https://www.derbytelegraph.co.uk/news/derby-news/smell-sinfon-derby-waste-plant-1641728>
- 248.** Ellison, Garret. 2020. "Toxic Waste Fixer Rises from Incinerator Shadow as Source of Stink in Detroit." Mlive, September 27, 2020. <https://www.mlive.com/public-interest/2020/09/toxic-waste-fixer-rises-from-incinerator-shadow-as-source-of-stink-in-detroit.html>.
- 249.** Baptista, Ana Isabel, and Adrienne Perovich. 2019. "U.S. Municipal Solid Waste Incinerators: An Industry in Decline." The New School Tishman Environment and Design Center. <https://www.no-burn.org/u-s-municipal-solid-waste-incinerators-an-industry-in-decline>.
- 250.** "Beyond Recovery: A Zero Waste Future for Thriving Families and Communities." 2021. Global Alliance for Incinerator Alternatives. <https://www.no-burn.org/beyond-recovery>.



Anexo: Dados e metodologia

Visite www.no-burn.org/zwze-data-and-methodology para obter as notas detalhadas sobre fontes de dados e metodologia de análise.

Agradecimentos

O relatório foi escrito por Neil Tangri, Mariel Viella, Doun Moon e Natasha Naayem com a ajuda de Cat Diggs e John Ribeiro-Broomhead. O cálculo do potencial de redução de emissões de GEE foi realizado por Neil Tangri com auxílio de John Ribeiro-Broomhead, e é baseado na 'Carbon Calculator for Zero Waste Projects' desenvolvida pelo inédit para a Mission Zero Academy.

Editores: Natasha Naayem, Doun Moon, Neil Tangri, Mariel Viella

Revisores: Ambily Adithyan, Cecilia Allen, Claire Arkin, Sonia Astudillo, Zoë Beery, Sherma Benosa, Magdalena Donoso, Jack McQuibban, Tok Oyewole, Yobel Novian Putra, Janek Vähk, Monica Wilson

Layout: Francesca Tabasso, Carlo Emilio Zummo

Comunicação: Claire Arkin e Agnes Mampusti (GAIA), Cora Bauer e Nick Colwill (Di:ga)

Este relatório não teria sido possível sem o trabalho árduo de muitas pessoas ao redor do mundo. Agradecemos as informações, conhecimento e insights para os estudos de casos em nível municipal fornecidos por:

- **Temuco:** Alejandra Parra (Red de Acción por los Derechos Ambientales)
- **São Paulo:** Victor H. Argentino de M. Vieira (Instituto Pólis)
- **Dar es Salaam:** Ana Rocha, Abdallah Mikulu, Marco Dotto, Shishikaye Wilyhard (Nipe Fagio)
- **Bandung:** David Sutasurya, Fictor Ferdinand, Nur Septiani Hayati, Viqrisyam Rizky Yuniarta (Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan)
- **Seoul:** Mi-hwa Kim (Korea Zero Waste Movement Network)
- **eThekweni (Durban):** Kira Erwin, Tamlynn Fleetwood e Dr. Tanya Dayaram (Urban Futures Centre, Durban University of Technology)
- **Detroit:** Cat Diggs (author). See the list of 40 persons who contributed to data collection and scenario development [here](#)
- **Lviv:** Iryna Myronova (*Zero Waste Lviv*)

Esta publicação foi possível, em parte, através do financiamento de UMI Fund. As opiniões expressas nesta publicação não refletem necessariamente as de UMI Fund. Este relatório ou qualquer de suas partes podem ser reproduzidos para fins não comerciais, desde que a fonte seja devidamente citada. A reprodução para venda ou fins comerciais é proibida sem permissão por escrito do detentor dos direitos autorais.

Disponível online em: no-burn.org/zerowaste-zero-emissions

DOI: [www.doi.org/10.46556/MSTV3095](https://doi.org/10.46556/MSTV3095)

Endossantes/apoiadores:

Dr. Atiq Zaman (Zero Waste Expert, Curtin University Sustainability Policy Institute, School of Design and the Built Environment, Curtin University, Western Australia)

Dr. Alejandro Gallego Schmid (Co-Lead of the Tyndall Centre's Reaching Zero Emissions Theme, and Senior Lecturer in Circular Economy and Life Cycle Sustainability Assessment at the University of Manchester (the UK))

Janez Potočnik (Co-Chair of the International Resource Panel of the UN Environment Programme, former European Commissioner for the Environment)

Ken Alex (Director Project Climate at the UC Berkeley Center for Law, Energy, and Environment)

Dr. Ana Baptista (Associate Professor of Professional Practice, Environmental Policy & Sustainability Management Program Co-Director, Tishman Environment & Design Center (TEDC))

Alexa KIELTY (Senior Coordinator | Residential Zero Waste San Francisco Department of the Environment)

Jack Macy (Zero Waste Manager San Francisco Environment Department)

Frank Hornstein (State Representative Minneapolis Minnesota)

Xuan Quach (National Coordinator Vietnam Zero Waste Alliance)

Sonia Mendoza Chairman (Mother Earth Foundation, Philippines Roshan Rai Core Member Zero Waste Himalaya)

Lucía Fernández (Waste-pickers Global Coordinator, WIEGO Institute of Urban Studies and Territory, Faculty of Architecture, Design and Urbanism Universidad de la República, Uruguay)

Dr. Jorge Emmanuel (Adjunct Professor of Environmental Science and of Engineering, Silliman University)

Trisia Farrelly (Associate Professor, Political Ecology Research Centre, Massey University, Aotearoa New Zealand)

K. Malulani Castro (Graduate Student Instructor, The University of Michigan's School for Environment and Sustainability)

Chuck Stiles (Solid Waste & Recycling Division Director, Teamsters)



©2022 Global Alliance for Incinerator Alternatives
1958 University Avenue, Berkeley, CA 94704, USA
www.no-burn.org



©2022 Global Alliance for Incinerator Alternatives
1958 University Avenue, Berkeley, CA 94704, USA
www.no-burn.org