

Título do capítulo

CAPÍTULO 4
ECONOMIA CIRCULAR: MATERIAIS E RESÍDUOS

Autor(es)

Eduardo Abbade

DOI

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350752cap4>

Título do livro

Indicadores Quantitativos da OCDE e o Brasil: meio ambiente

Organizador

Renato Baumann

Volume

5

Série

-

Cidade

Rio de Janeiro

Editora

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)

Ano

2024

Edição

1a

ISBN

9786556350752

DOI

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350752>

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2024

© Nações Unidas 2024

LC/BRS/TS.2024/9

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://repositorio.ipea.gov.br/> e <https://www.cepal.org/es/publications>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento e da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) ou as dos países que representa.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas. Os Estados-membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir este estudo sem autorização prévia. É solicitado, apenas, que mencionem a fonte e informem à CEPAL sobre essa reprodução.

Este estudo foi elaborado no âmbito do Programa Executivo de Cooperação entre a CEPAL e o Ipea.

ECONOMIA CIRCULAR: MATERIAIS E RESÍDUOS

Eduardo Abbade¹

1 INTRODUÇÃO

A estrutura física da economia é composta de recursos materiais, e sua extração, processamento e uso têm impacto no meio ambiente, na própria economia e na sociedade das nações mundiais. Para evitar o desperdício de recursos finitos e o perigo de seu uso ineficaz na economia, uma economia circular e uma gestão sustentável de materiais são essenciais. Dessa forma, indicadores de consumo de material, produção de resíduos e recuperação de materiais a partir de resíduos são usados para avaliar o progresso.

A economia circular tem emergido como uma abordagem promissora a fim de mitigar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade no sistema econômico. Ela busca maximizar a eficiência dos recursos, minimizando a extração de matérias-primas virgens e o desperdício, por meio da reutilização, reciclagem e regeneração de produtos e materiais (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Logo, essa abordagem tem o potencial de reduzir a demanda por recursos naturais finitos, diminuir a poluição e as emissões de gases de efeito estufa (GEEs), além de criar oportunidades de negócios e empregos verdes. A transição para uma economia circular requer mudanças em políticas, regulamentações e práticas empresariais, uma vez que a sua implementação efetiva envolve a colaboração de diferentes atores, incluindo governos, empresas, sociedade civil e consumidores, para promover a inovação, o *design* sustentável e a gestão adequada dos resíduos (Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016).

Os recursos materiais formam a base física da economia e são uma importante fonte de renda e empregos. Eles diferem em suas características físicas e químicas, sua abundância e seu valor para os países. A extração de matérias-primas de recursos naturais e os processos de produção e consumo relacionados têm consequências ambientais, econômicas e sociais nos países e além das fronteiras

1. Bolsista do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea) no projeto O Brasil na OCDE; professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); e doutor em agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: eduardo.abbade@ufsm.br.

nacionais. A intensidade e a natureza dessas consequências dependem do tipo e quantidade de recursos naturais e materiais usados, do estágio do ciclo de recursos em que ocorrem, da maneira como os recursos materiais são usados e gerenciados e do tipo e localização do ambiente natural de onde se originam. O crescimento econômico geralmente implica uma demanda crescente por matérias-primas, energia e outros recursos naturais, e um número cada vez maior de materiais que correm o risco de acabar como resíduos se não forem gerenciados adequadamente. As principais preocupações dizem respeito às pressões exercidas sobre os recursos naturais, os impactos ambientais negativos da extração, processamento e uso de materiais e da gestão inadequada de resíduos na saúde humana e no meio ambiente – por exemplo, poluição do ar, solo e água, mudanças climáticas, degradação dos recursos naturais, habitats e ecossistemas (OECD, 2020).

O principal desafio para os países, considerando questões relacionadas à gestão e a políticas públicas, é melhorar a eficiência dos recursos em todas as fases do ciclo de vida do material (extração, transporte, fabricação, consumo, recuperação e descarte) e em toda a cadeia de abastecimento. Isso requer ampliar o escopo das políticas de gerenciamento de resíduos de acordo com a hierarquia que classifica a prevenção de resíduos como a melhor opção a ser incentivada por meio de *ecodesign*, reutilização, reparo, reforma, remanufatura e responsabilidade estendida do produtor. Requer também integração efetiva de políticas de gerenciamento de materiais e produtos, inclusive químicos, e o uso de gerenciamento de resíduos, materiais e produtos orientados para o ciclo de vida. São exemplos disso as políticas relacionadas aos 3 Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), a gestão sustentável de materiais, a fabricação sustentável, a eficiência de recursos e as políticas de economia circular.

Estabelecer uma economia circular e eficiente em termos de recursos é fundamental para alcançar o crescimento verde e o desenvolvimento sustentável. É a forma de garantir o abastecimento adequado de materiais, gerir os impactos ambientais associados ao seu ciclo de vida e cadeia de abastecimento, e garantir que os recursos naturais não sejam degradados e permaneçam disponíveis para as gerações futuras (OECD, 2015; 2020).

2 INDICADORES PARA ECONOMIA CIRCULAR: MATERIAIS E RESÍDUOS

2.1 Indicadores sobre resíduos urbanos

Os resíduos sólidos urbanos (RSUs) consistem em itens do dia a dia que a população utiliza e depois descarta, como embalagens de produtos, aparas de grama, móveis, roupas, garrafas, restos de alimentos, jornais, eletrodomésticos, tintas e baterias. Isso vem de casas domiciliares, escolas, prédios públicos e

governamentais, hospitais e empresas.² Os RSUs quando mal gerenciados podem afetar drasticamente o meio ambiente. O despejo de resíduos a céu aberto pode ocasionar a contaminação da água e dos lençóis freáticos com poluentes orgânicos e inorgânicos. Esses resíduos também podem afetar a saúde pública, uma vez que atraem vetores de doenças e expõem as pessoas aos produtos nocivos que podem estar associados a eles.

De modo global, os indivíduos estão descartando quantidades cada vez maiores de resíduos, e sua composição apresenta uma crescente complexidade, à medida que os produtos de consumo como plásticos e eletrônicos se difundem. Isso representa um desafio para o gerenciamento dos RSUs de modo social e ambientalmente aceitável. Estratégias eficazes de gestão de resíduos dependem das características locais desses resíduos, que se modificam de acordo com as variáveis culturais, climáticas, socioeconômicas e a capacidade institucional (Vergara e Tchobanoglous, 2012).

Em nações industrializadas, onde se produzem muito mais resíduos, estes tendem a ser gerenciados formalmente em escala municipal ou regional. Em nações menos industrializadas, onde os cidadãos produzem menos resíduos, que são principalmente biogênicos, uma combinação de atores formais e informais gerencia os resíduos. Muitas políticas, tecnologias e comportamentos de gestão de resíduos fornecem uma variedade de benefícios ambientais, incluindo a mitigação das mudanças climáticas. Os principais desafios dessa gestão incluem integrar o setor informal de resíduos nas cidades em desenvolvimento, reduzir o consumo em cidades industrializadas, aumentar e padronizar a coleta e análise de dados de resíduos sólidos, e gerenciar efetivamente resíduos cada vez mais complexos, protegendo as pessoas e o meio ambiente (Vergara e Tchobanoglous, 2012).

Os RSUs são definidos como resíduos recolhidos e tratados por ou para os municípios. Abrangem resíduos domésticos, incluindo os volumosos, resíduos semelhantes de comércio e transações comerciais, edifícios de escritórios, instituições e pequenas empresas, bem como resíduos de quintal e jardim, varrição de ruas, conteúdo de contentores de lixo e resíduos de limpeza de mercados, se geridos como resíduos domésticos. A definição exclui os resíduos das redes municipais de esgoto e tratamento, bem como aqueles das atividades de construção e demolição.³

Consideram-se os resíduos das seguintes fontes de recolhimento: i) porta a porta por meio da recolha tradicional (resíduos domésticos mistos); e ii) frações recolhidas separadamente para operações de recuperação (pela recolha porta a porta

2. Disponível em: <https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/>.

3. Disponível em: <http://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>.

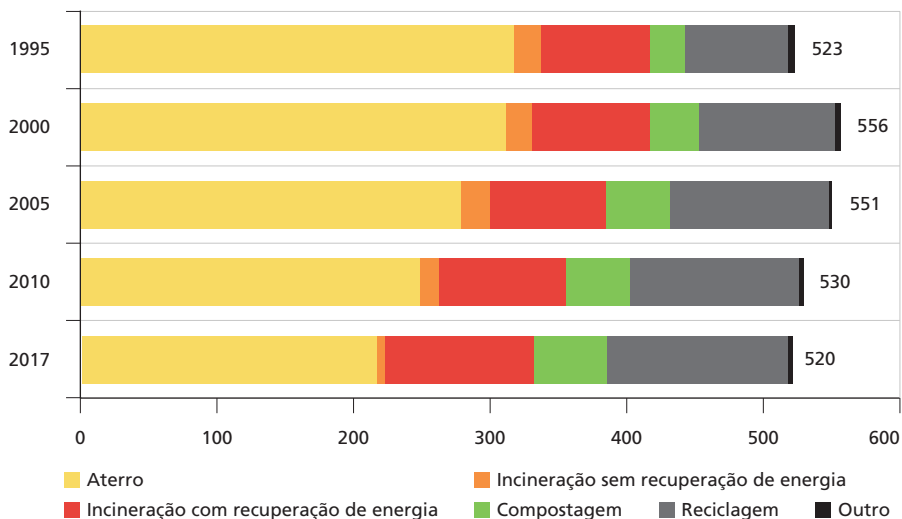
e/ou por depósitos voluntários). Assim, os resíduos urbanos são recolhidos por ou em nome dos municípios, conforme o Municipal Waste, da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A definição também inclui resíduos das mesmas fontes e de natureza e composição semelhantes que i) são recolhidos diretamente pelo setor privado (empresas ou instituições privadas sem fins lucrativos) e não pelos municípios (principalmente coleta seletiva para fins de recuperação); e ii) são provenientes de áreas rurais não atendidas por um serviço regular de resíduos, mesmo que sejam descartados pelo gerador.

Os países da OCDE fazem esforços significativos para reduzir a geração de resíduos urbanos e melhorar os métodos de gestão. O pré-tratamento mecânico e biológico é usado com o intuito de facilitar a recuperação, aumentar a eficiência da incineração e reduzir as quantidades a serem aterradas. Os fabricantes são incentivados ou obrigados a assumir a responsabilidade por seus produtos após o ponto de venda. Estados-membros da União Europeia, Japão e outros países introduziram metas de recuperação e reciclagem e monitoram o progresso por meio de indicadores (OECD, 2020). Os gráficos 1 e 2 ilustram essas tendências.

O gráfico 3 apresenta os dados disponíveis dos indicadores relativos a resíduos urbanos para os países da OCDE.

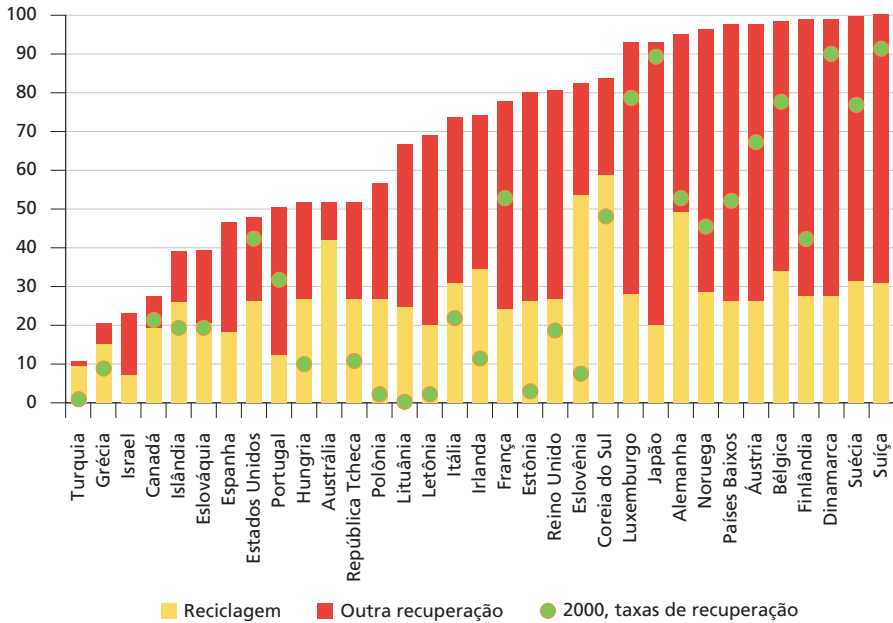
GRÁFICO 1
Tratamento de RSUs no âmbito da OCDE
(Em kg/habitante)



Fonte: OECD (2020).

GRÁFICO 2

Reciclagem e taxa de recuperação de resíduos no âmbito dos países da OCDE
(Em %)

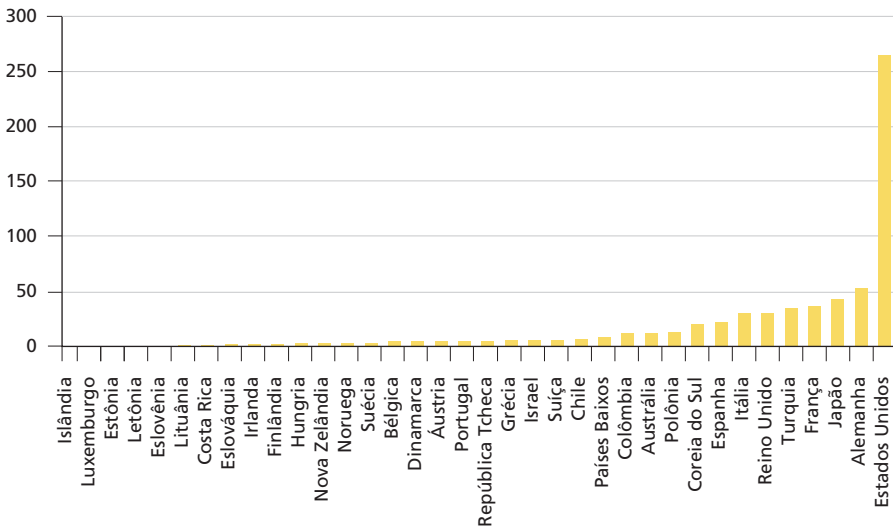


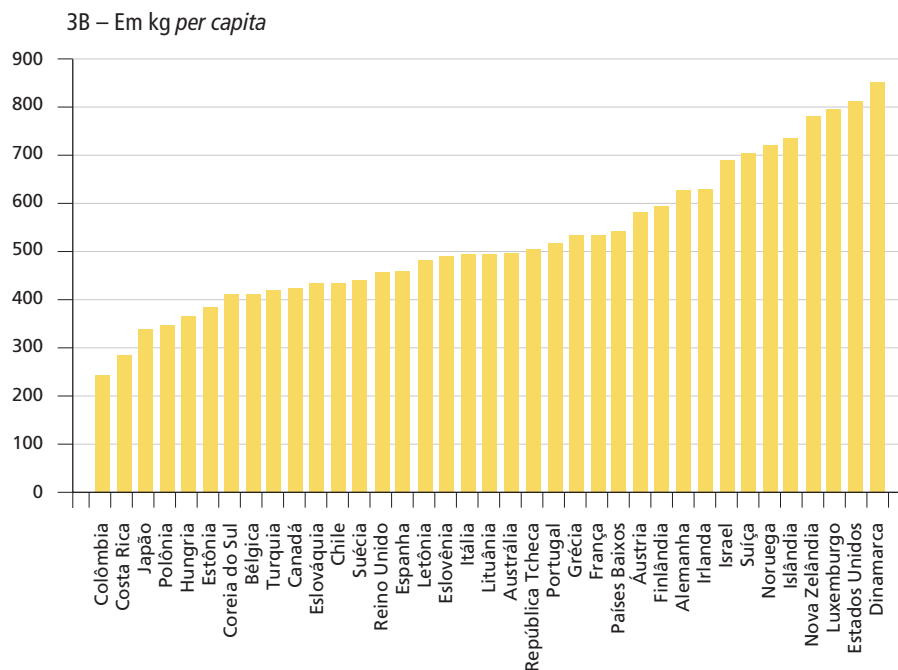
Fonte: OECD (2020).

GRÁFICO 3

Dados dos países da OCDE para resíduos urbanos

3A – Em 1 mil toneladas





Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Obs.: Último dado disponível, compreendendo o período 2017-2020.

Os dados da OCDE sobre resíduos foram fornecidos pelas autoridades dos países-membros por meio do questionário acerca do estado do ambiente (OCDE/Eurostat). Eles foram atualizados ou revisados com base em outras fontes nacionais e internacionais disponíveis para a secretaria da OCDE e de acordo com comentários recebidos dos delegados nacionais. Atualizações selecionadas também foram feitas no contexto das avaliações de desempenho ambiental da OCDE. Os dados são harmonizados pelo Grupo de Trabalho da OCDE sobre Informações Ambientais (WPEI) e se beneficiam dos esforços contínuos de qualidade de dados nos países-membros da organização, na própria OCDE e em outras organizações internacionais.⁴

Os dados para o Brasil relativos aos resíduos sólidos foram obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que é gerenciado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. Para o componente de resíduos sólidos do SNIS, cabe destacar que, em 2018, foram totalizados dados de 3.468 municípios com população urbana total de 151,1 milhões de pessoas, correspondendo, respectivamente, a 62,3% do total de municípios e a 85,6% da população urbana do país.⁵

4. Disponível em: <http://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>.

5. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/site/index>.

A tabela 1 apresenta os dados anuais para o total de resíduos sólidos domiciliares (RDOs) e resíduos sólidos públicos (RPU) em nível nacional, para o período de 2014 a 2020.

TABELA 1
RSUs no Brasil (2014-2020)

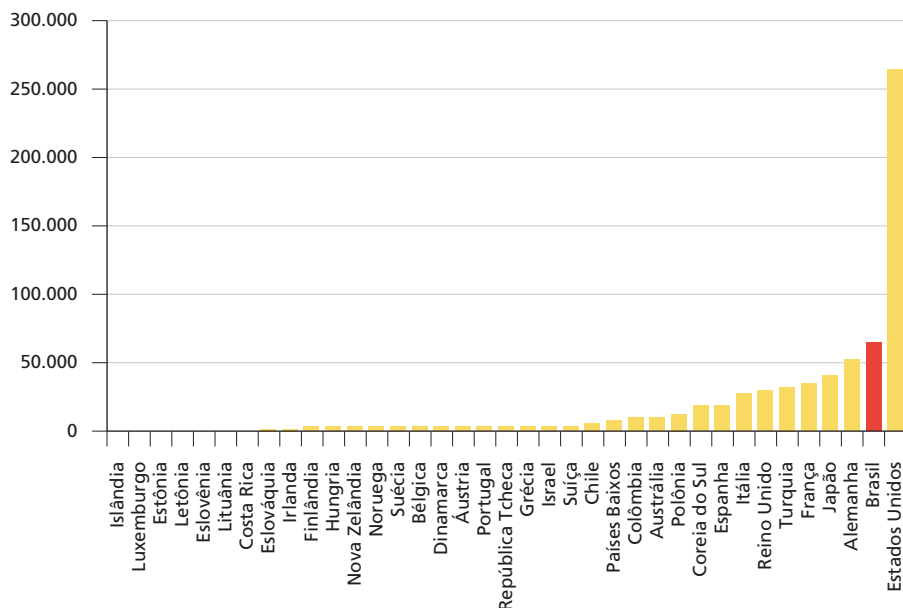
Resíduos urbanos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total RDO + RPU (milhões de toneladas)	66,40	63,90	60,00	61,90	62,80	65,10	66,60
Total RDO + RPU (quilograma <i>per capita</i> por dia)	1,05	1,00	0,94	0,95	0,96	0,99	1,01
Total RDO + RPU (quilograma <i>per capita</i>)	383,25	365,00	343,10	346,75	350,40	361,35	368,65

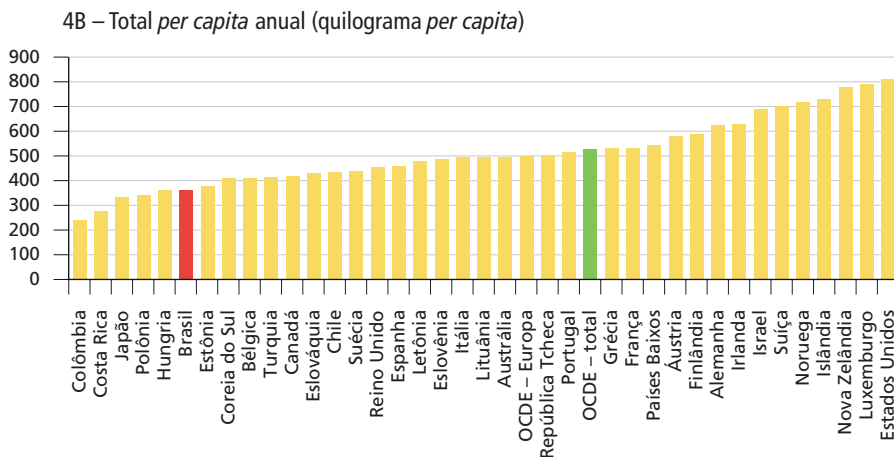
Fonte: SNIS.

Os resultados mostram que a produção de resíduos urbanos totais no Brasil atingiu a marca de 368,6 kg *per capita* em 2020. Verifica-se ainda que essa produção permanece relativamente constante no período analisado.

O gráfico 4 apresenta os dados disponíveis dos indicadores relativos a resíduos urbanos para os países da OCDE, com a inclusão dos dados do Brasil.

GRÁFICO 4
Dados dos países da OCDE e do Brasil para resíduos urbanos
4A – Total anual (1 mil toneladas)





Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Obs.: Último dado disponível, compreendendo o período 2017-2020.

Os dados revelam que o Brasil se destaca na produção absoluta de resíduos urbanos, ocupando a segunda posição no *ranking* quando incluído no rol de países-membros da OCDE. No entanto, a segunda posição possui grande distanciamento do valor absoluto de produção de resíduos apresentado pela primeira posição do *ranking*, ocupada pelos Estados Unidos. Considerando a produção *per capita* de resíduos, o Brasil apresenta uma quantidade baixa quando comparado aos membros da OCDE, uma vez que os primeiros colocados no *ranking* (Estados Unidos, Luxemburgo e Nova Zelândia) exibem uma produção *per capita* maior que o dobro da produção brasileira.

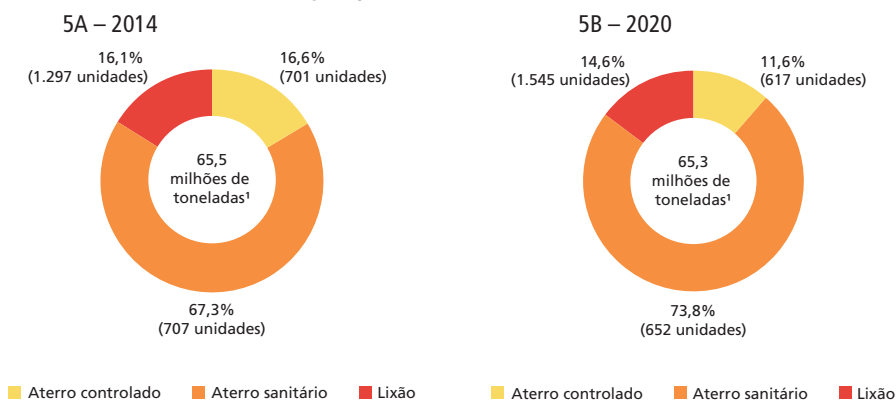
A própria OCDE destaca que em muitos países a coleta sistemática de dados ambientais tem uma história curta. As fontes estão normalmente espalhadas por uma série de agências e níveis de governo, e as informações geralmente são coletadas para outros fins. A OCDE ainda recomenda que ao interpretar esses dados deve-se ter em mente que as definições e os métodos de medição variam entre os países e as comparações entre eles requerem uma interpretação cuidadosa. Deve-se notar também que os dados aqui apresentados se referem ao nível nacional e podem ocultar grandes diferenças subnacionais.⁶

Considerando a natureza dos dados relacionados aos RSUs, e as especificidades observadas no Brasil, é importante recomendar que estudos mais detalhados sejam conduzidos em âmbito nacional. As especificidades territoriais do país, em termos de concentração de população em áreas urbanas ou rurais, aliadas à diversidade observada nas Grandes Regiões, possivelmente exigirão a análise de dados mais detalhados acerca da produção de resíduos sólidos.

6. Disponível em: <http://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>.

Outro aspecto importante é a análise do destino desses resíduos sólidos. De fato, iniciativas e metas associadas à eliminação de lixões no mundo, com especial aplicação ao caso brasileiro, exigem que a observação da situação da disposição final dos resíduos seja feita com atenção (gráfico 5).

GRÁFICO 5

Brasil: estimativas da disposição final de resíduos urbanos (2014 e 2020)

Os gráficos revelam que, apesar de ser verificada uma diminuição na porcentagem de lixo destinado aos lixões no Brasil, a quantidade de lixões aumentou de 1.297 em 2014 para 1.545 em 2020. Em contrapartida, a quantidade de aterros sanitários e controlados diminuiu de 2014 para 2020.

Levando em conta as grandes diferenças existentes entre as Grandes Regiões do Brasil, a tabela 2 mostra a disposição final dos resíduos nessas regiões em 2020.

TABELA 2

Estimativa da disposição final de resíduos urbanos nas Grandes Regiões do Brasil (2020)

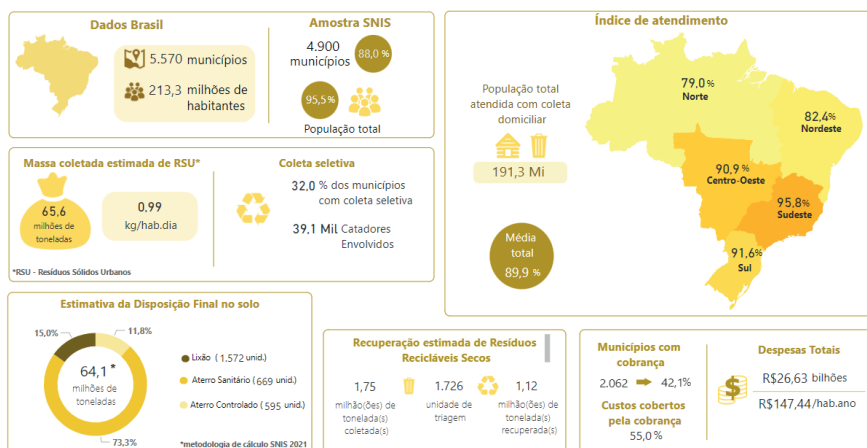
	Norte	Nordeste	Sudeste	Centro-Oeste	Sul
Disposição em lixão	32,5% (230 unidades)	31,2% (899 unidades)	2% (140 unidades)	26,4% (248 unidades)	1% (28 unidades)
Disposição em aterro sanitário	37,6% (16 unidades)	57,8% (62 unidades)	87,5% (323 unidades)	59,9% (46 unidades)	95,5% (205 unidades)
Disposição em aterro controlado	29,9% (48 unidades)	11,1% (98 unidades)	10,4% (386 unidades)	13,8% (37 unidades)	3,5% (48 unidades)

Fonte: Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Sidra/IBGE).

É possível observar que existe diferença considerável entre as Grandes Regiões do Brasil quanto à disposição final dos resíduos. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste ainda apresentam expressividade no uso de lixões como destino final de seus RSUs.

Por fim, é importante considerar a evolução dos dados históricos acerca da produção de lixo no mundo, tendo em mente a tendência de produção de resíduos sólidos nos países em termos absolutos e *per capita*. A exemplo disso, destaca-se que alguns países apresentam tendência de crescimento expressiva na produção de lixo *per capita*, como Luxemburgo, Noruega, República Tcheca e Finlândia. O Brasil, por sua vez, demonstra uma tendência de estabilidade na sua produção de lixo em termos absolutos e *per capita*.

FIGURA 1
Painel de dados do SNIS: manejo de RSUs no Brasil (2021)



Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/site/index>. Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A tabela 3 apresenta os dados relacionados à quantidade de RSUs coletados e gerenciados em instalações controladas, bem como a massa total de recicláveis secos e orgânicos, no Brasil e em suas Grandes Regiões ao longo de 2015 a 2020.

TABELA 3
RSUs coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados
(Em milhões de toneladas)

Variável	Brasil e Grandes Regiões	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Quantidade de RDOs e RPU	Brasil	65,67	61,66	63,36	62,87	65,11	66,64
	Norte	5,42	5,05	5,40	5,14	4,82	5,29
	Nordeste	19,28	17,54	17,35	17,21	18,54	18,95
	Sudeste	28,12	26,67	27,16	27,42	28,23	29,04
	Sul	7,85	7,51	7,57	7,61	7,96	8,21
	Centro-Oeste	5,00	4,89	5,88	5,49	5,56	5,15

(Continua)

(Continuação)

Variável	Brasil e Grandes Regiões	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Brasil	1,33	1,14	1,28	1,18	1,32	1,36
Massa total recuperada de recicláveis secos e	Norte	0,10	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
	Nordeste	0,13	0,13	0,14	0,18	0,14	0,13
massa total de recicláveis orgânicos	Sudeste	0,48	0,41	0,62	0,47	0,49	0,55
	Sul	0,46	0,36	0,33	0,34	0,34	0,49
	Centro-Oeste	0,16	0,21	0,15	0,15	0,31	0,15

Fonte: IBGE e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

No Brasil, a quantidade total de RDOs e RPUs apresentou flutuações ao longo dos anos, mas houve um aumento geral entre 2015 e 2020. Destacam-se as regiões Nordeste e Sudeste com expressivas quantidades de RDO e RPU. No que tange à massa total recuperada de recicláveis secos e orgânicos, no Brasil houve uma flutuação na quantidade de recicláveis recuperados ao longo dos anos. Não se verifica uma tendência clara de aumento ou diminuição no Brasil e nas suas Grandes Regiões para a quantidade total recuperada de recicláveis secos e massa total de recicláveis orgânicos.

A tabela 4 possui dados sobre a disposição final de RSUs no Brasil e em suas Grandes Regiões ao longo de 2015 a 2020.

TABELA 4

RSUs coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados, por disposição final

Brasil e Grandes Regiões	Variável	Disposição final	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Brasil	Proporção da massa para disposição final (%)	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
		Aterro controlado	14,2	12,2	10,6	11,4	12,0	11,6	
		Lixão	13,7	14,7	14,3	13,0	12,8	14,6	
		Aterro sanitário	72,1	73,0	75,1	75,6	75,2	73,8	
	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Total	64,33	60,53	62,11	61,70	63,79	65,29	
		Aterro controlado	9,13	7,41	6,59	7,00	7,64	7,58	
		Lixão	8,84	8,92	8,85	8,03	8,18	9,55	
		Aterro sanitário	46,36	44,20	46,67	46,67	47,97	48,16	
		Norte	Proporção da massa para disposição final (%)	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
				Aterro controlado	39,9	17,2	17,0	36,4	32,0
Lixão	20,9			27,7	28,1	23,7	26,2	32,5	
Aterro sanitário	39,3			55,1	54,9	39,9	41,8	37,6	
Norte	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Total	5,32	5,01	5,37	5,11	4,78	5,26	
		Aterro controlado	2,12	0,86	0,91	1,86	1,53	1,57	
		Lixão	1,11	1,39	1,51	1,21	1,25	1,71	
		Aterro sanitário	2,09	2,76	2,95	2,04	2,00	1,98	

(Continua)

(Continuação)

Brasil e Grandes Regiões	Variável	Disposição final	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nordeste	Proporção da massa para disposição final (%)	Aterro controlado	10,3	9,1	10,2	11,6	13,7	11,1
		Lixão	31,1	32,6	29,9	27,4	26,6	31,2
		Aterro sanitário	58,7	58,3	59,9	61,0	59,7	57,8
		Total	19,16	17,41	17,22	17,03	18,4	18,81
	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Aterro controlado	1,97	1,58	1,76	1,98	2,52	2,08
		Lixão	5,95	5,68	5,14	4,67	4,89	5,86
Aterro sanitário		11,24	10,15	10,32	10,38	10,99	10,87	
Sudeste	Proporção da massa para disposição final (%)	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		Aterro controlado	9,8	11,3	8,5	7,6	9,3	10,4
		Lixão	2,2	2,3	2,3	1,7	2,1	2,0
		Aterro sanitário	88,0	86,4	89,2	90,7	88,6	87,5
	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Total	27,63	26,26	26,55	26,95	27,74	28,50
		Aterro controlado	2,70	2,96	2,26	2,05	2,58	2,97
Lixão		0,62	0,61	0,62	0,46	0,58	0,58	
	Aterro sanitário	24,31	22,69	23,67	24,44	24,58	24,95	
Sul	Proporção da massa para disposição final (%)	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		Aterro controlado	7,0	5,0	4,1	5,5	5,3	3,5
		Lixão	1,1	1,3	2,2	1,9	1,6	1,0
		Aterro sanitário	91,9	93,7	93,7	92,6	93,2	95,5
	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Total	7,39	7,16	7,24	7,26	7,62	7,71
		Aterro controlado	0,52	0,36	0,30	0,40	0,40	0,27
Lixão		0,08	0,09	0,16	0,14	0,12	0,08	
	Aterro sanitário	6,79	6,71	6,78	6,72	7,10	7,36	
Centro-Oeste	Proporção da massa para disposição final (%)	Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		Aterro controlado	37,7	35,2	23,7	13,3	11,6	13,8
		Lixão	22,4	24,5	24,8	29,0	25,5	26,4
		Aterro sanitário	40,0	40,3	51,5	57,8	62,9	59,9
	Massa para disposição final (milhões de toneladas)	Total	4,83	4,69	5,73	5,35	5,25	5,01
		Aterro controlado	1,82	1,65	1,36	0,71	0,61	0,69
Lixão		1,08	1,15	1,42	1,55	1,34	1,32	
	Aterro sanitário	1,93	1,89	2,95	3,09	3,30	3,00	

Fonte: Sidra/IBGE.

Os resultados revelam que a maior parte dos resíduos foi destinada a aterros sanitários, tendo um valor de 73,8% registrado em 2020 da massa total para disposição final. Houve uma diminuição gradual na proporção de resíduos destinados a aterros controlados. Já a quantidade destinada a lixões apresentou um ligeiro aumento. Em geral, observa-se uma tendência positiva em relação à redução da disposição de resíduos em aterros controlados e lixões, com um aumento na

utilização de aterros sanitários como forma de disposição final de resíduos. Isso indica uma melhoria nas práticas de gestão de resíduos sólidos no Brasil, com maior ênfase na proteção ambiental e na saúde pública.

2.2 Indicadores sobre consumo doméstico de materiais

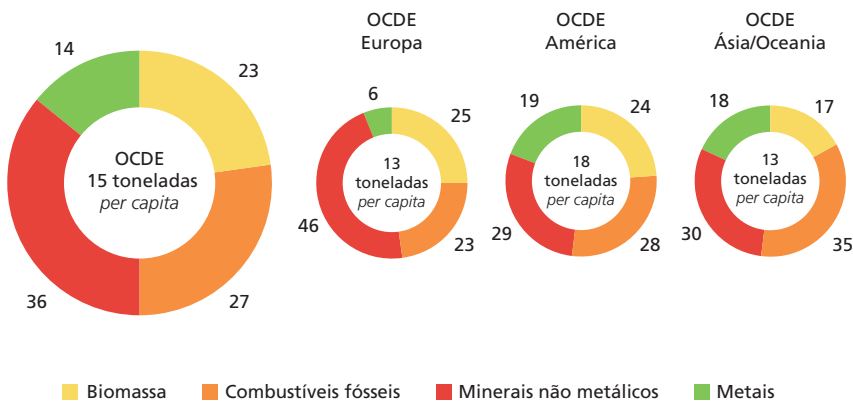
A quantidade de materiais extraídos dobrou entre 1980 e 2010, impulsionada principalmente pelo aumento de materiais de construção e industriais (OECD, 2015). Nas próximas décadas, a demanda por matérias-primas deverá aumentar ainda mais, embora em um ritmo mais lento, graças a mudanças estruturais e desenvolvimentos tecnológicos. Até 2060, a economia global está projetada para quadruplicar e o uso global de materiais dobrar (OECD, 2019).

O gráfico 6 mostra o *mix* de materiais consumidos no âmbito dos países da OCDE em 2017.

GRÁFICO 6

Mix de materiais consumidos no âmbito da OCDE (2017)

(Em toneladas per capita)



Fonte: OECD (2020).

A análise do ciclo de vida da extração e produção global de sete metais (ferro, alumínio, cobre, zinco, chumbo, níquel e manganês) e de dois materiais de construção (concreto e areia/cascalho) pela OCDE mostra uma ampla gama de consequências ambientais, incluindo impactos em acidificação, mudanças climáticas, demanda cumulativa de energia, eutrofização, toxicidade humana, uso da terra, destruição da camada de ozônio, oxidação fotoquímica e toxicidade dos ecossistemas. Os sete metais e os dois materiais de construção juntos representam quase um quarto de todas as emissões de GEEs e um sexto da demanda cumulativa de energia. No geral, a extração, o processamento e o uso de materiais geram mais da metade de todas as emissões de GEEs globalmente (OECD, 2019; 2020).

O consumo de materiais tem um impacto significativo na pegada ecológica e nas mudanças climáticas globais. Estudos científicos têm demonstrado que a extração, a produção e o descarte de materiais utilizados na fabricação de produtos contribuem para a degradação do meio ambiente e a emissão de GEEs. O consumo de materiais está fortemente relacionado com a depleção de recursos naturais, como minerais e combustíveis fósseis, e com a emissão de GEEs, principalmente em virtude da produção de energia necessária para a extração e produção de materiais (Steen-Olsen *et al.*, 2012). Além disso, o descarte inadequado de materiais, como plásticos, tem sido associado a impactos negativos nos ecossistemas terrestres e marinhos (Rochman *et al.*, 2013). Portanto, é essencial adotar práticas de consumo mais sustentáveis, como redução, reutilização e reciclagem de materiais, a fim de minimizar a pegada ecológica e as mudanças climáticas globais.

O consumo doméstico de material (*domestic material consumption* – DMC) refere-se à quantidade de materiais (em termos de peso) usados em uma economia, ou seja, materiais extraídos ou colhidos no país, mais materiais e produtos importados, menos materiais e produtos exportados. Os dados referem-se a metais, minerais não metálicos (minerais de construção, minerais industriais), biomassa (madeira, alimentos) e portadores de energia fóssil.⁷

O DMC no âmbito da OCDE aumentou junto com o crescimento econômico na década de 1990, e em ritmo mais lento a partir dos anos 2000, revelando uma dissociação do produto interno bruto (PIB). Cerca de 19 Gt de materiais são consumidos por ano; quase metade deles na região da América da OCDE. Os minerais não metálicos, principalmente para construção, e os portadores de energia fóssil representam a parcela mais importante, seguidos pela biomassa (OECD, 2020).

A pegada material, medida pelo Material Footprint, é um indicador que avalia a quantidade de recursos naturais utilizados para atender ao consumo final de um país. Isso inclui não apenas os materiais extraídos internamente, mas também os materiais incorporados em bens importados. Globalmente, a pegada material tem aumentado, refletindo a crescente demanda por produtos e o crescimento do comércio internacional. Países industrializados costumam ter uma pegada mais elevada em razão da dependência de recursos naturais para suas atividades econômicas.

Além disso, a evolução do DMC e da pegada material tem implicações significativas para o meio ambiente. A extração excessiva de recursos naturais pode levar à degradação do meio ambiente, à perda de biodiversidade, à emissão de GEEs e a outros impactos ambientais negativos. Portanto, é fundamental adotar abordagens sustentáveis e promover a transição para uma economia circular, na qual a reutilização, a reciclagem e a redução do desperdício de materiais sejam prioridades.

7. Disponível em: <http://data.oecd.org/materials/material-productivity.htm>.

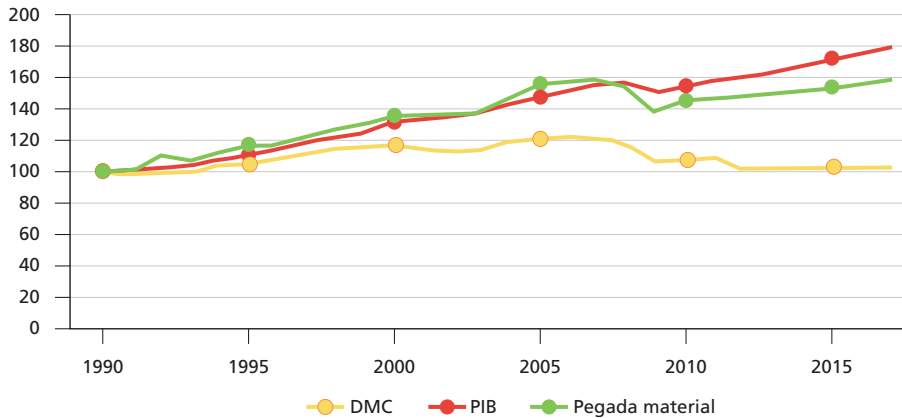
No âmbito mundial, a evolução do DMC e da pegada material é influenciada por fatores como o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico, as políticas de sustentabilidade e as mudanças nos padrões de consumo. É crucial que os países adotem estratégias para reduzir o consumo excessivo de materiais, promovendo a eficiência no uso de recursos, incentivando a economia circular e fomentando a conscientização sobre os impactos ambientais associados ao consumo.

O gráfico 7 mostra a evolução do DMC e da pegada material no âmbito dos países da OCDE e no mundo.

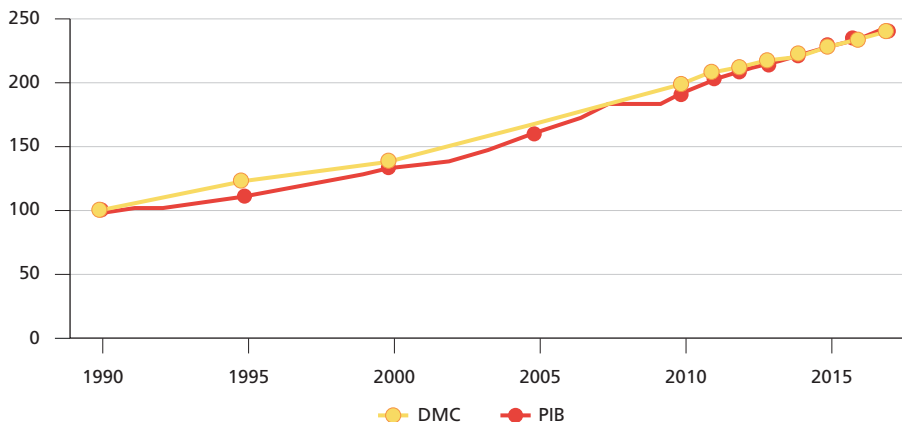
GRÁFICO 7
Evolução do DMC e da pegada material na OCDE e no mundo (1990-2017)

(1990 = 100)

7A – OCDE



7B – Mundo



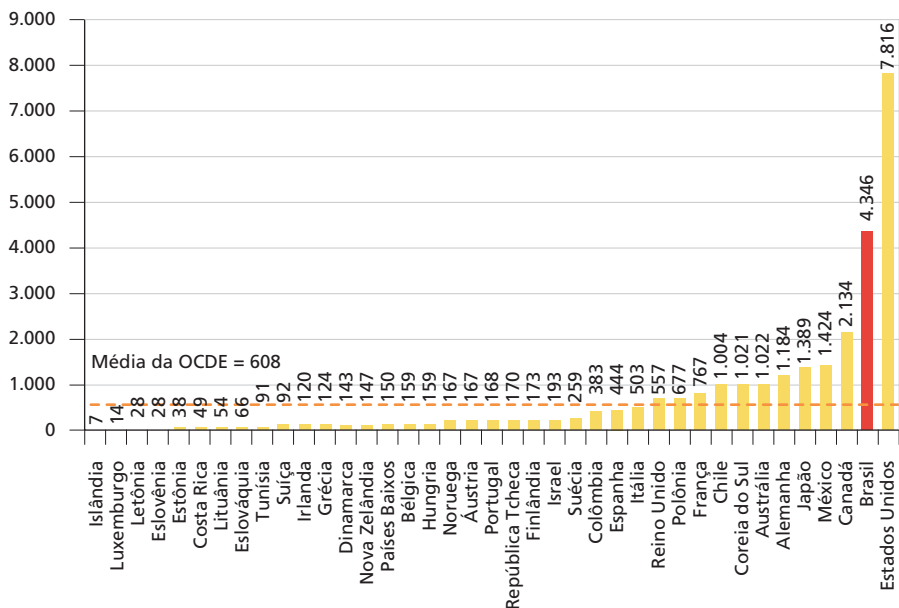
Fonte: OECD (2019) e OECD Environment Statistics (base de dados).

A evolução do DMC e da pegada material na OCDE e no mundo tem sido objeto de estudo e análise nos últimos anos. Esses indicadores fornecem *insights* importantes sobre a quantidade de materiais extraídos, processados e utilizados na produção de bens e serviços, assim como o impacto ambiental associado a esse consumo.

No contexto da OCDE, observa-se uma tendência de redução no nível de DMC a partir do início dos anos 2000. No entanto, é importante destacar que essa tendência não é homogênea entre os países da OCDE. Alguns têm conseguido reduzir a intensidade material de sua economia, ou seja, estão consumindo menos materiais por unidade de produção econômica. Isso pode ser atribuído a políticas e práticas voltadas para a eficiência no uso de recursos, a transições para uma economia circular e a mudanças nos padrões de consumo. Em contrapartida, há países que ainda apresentam altos níveis de consumo de materiais, sendo necessária a adoção de estratégias e políticas públicas que visem reduzir a pegada material.

O gráfico 8 apresenta de forma comparativa o valor do DMC total em 2019 dos países da OCDE e do Brasil.

GRÁFICO 8
DMC (2019)
(Em megatoneladas)



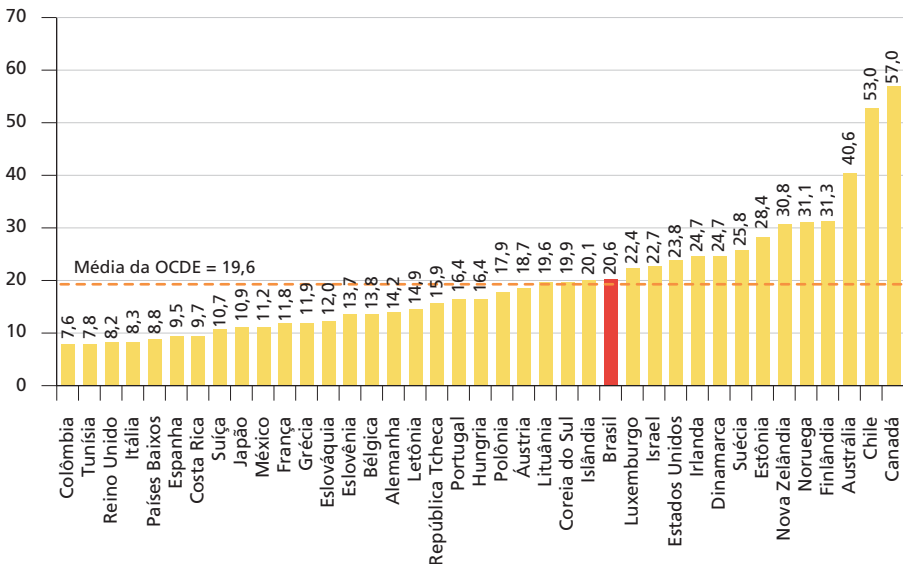
Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.
Elaboração do autor.

Em 2019, o DMC do Brasil mostrou-se entre os mais elevados considerando os países da OCDE, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos. Esse resultado pode ser atribuído à extensa dependência do Brasil de recursos naturais em setores-chave, como agricultura, mineração e energia.

O gráfico 9 apresenta de forma comparativa o valor do DMC *per capita* em 2019 dos países da OCDE e do Brasil.

De acordo com dados disponíveis de 2019, o Brasil apresentou um DMC *per capita* próximo à média da OCDE. A diversidade e a riqueza dos recursos naturais brasileiros têm sido uma força motriz para o crescimento econômico do país, mas também exigem uma gestão sustentável para evitar impactos ambientais negativos. É crucial que o Brasil busque uma abordagem equilibrada entre o desenvolvimento econômico e a preservação dos recursos naturais, alinhando-se às práticas sustentáveis adotadas pelos países da OCDE, a fim de garantir um crescimento sustentável e responsável no longo prazo.

GRÁFICO 9
DMC *per capita* (2019)
(Em toneladas *per capita*)



Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.
Elaboração do autor.

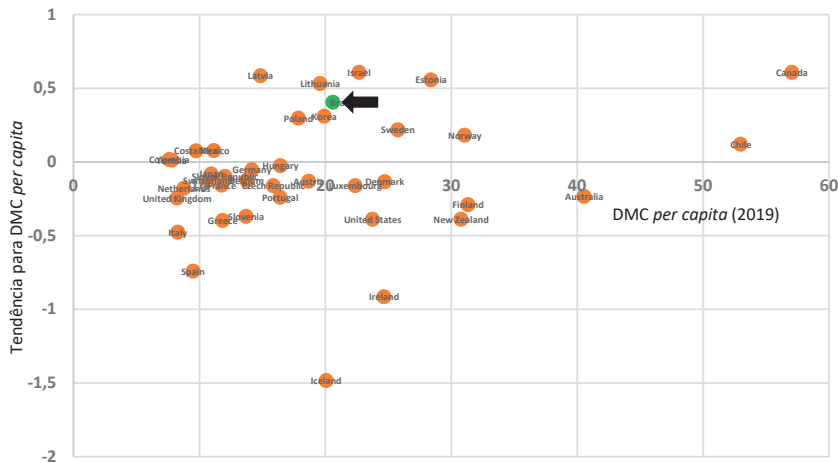
Os resultados apresentados na figura posicionam os países da OCDE quanto ao montante de DMC *per capita* e à tendência de aumento/diminuição deste indicador de consumo material. O Brasil apresenta um valor de DMC *per capita* moderado (cerca de 20 toneladas *per capita* em 2019), mas com uma tendência

de crescimento de cerca de 0,5, o que sugere que a cada ano o país verifica um aumento médio de DMC *per capita* de 0,5 tonelada *per capita* por ano.

O gráfico 10 ilustra de forma comparativa o valor da pegada material *per capita* em 2019 dos países da OCDE e do Brasil.

FIGURA 2

Mapa perceptual para confrontar o DMC *per capita* em 2019 com a tendência de crescimento do indicador nos países da OCDE e no Brasil em 2005-2019



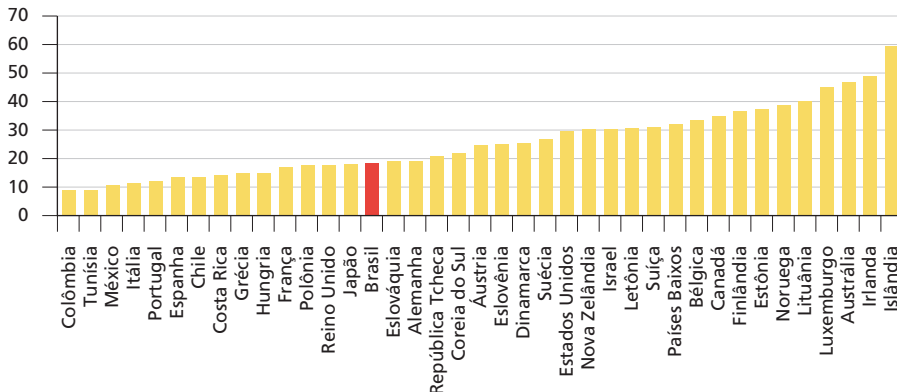
Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

GRÁFICO 10

Pegada material *per capita* (2019)
(Em toneladas *per capita*)

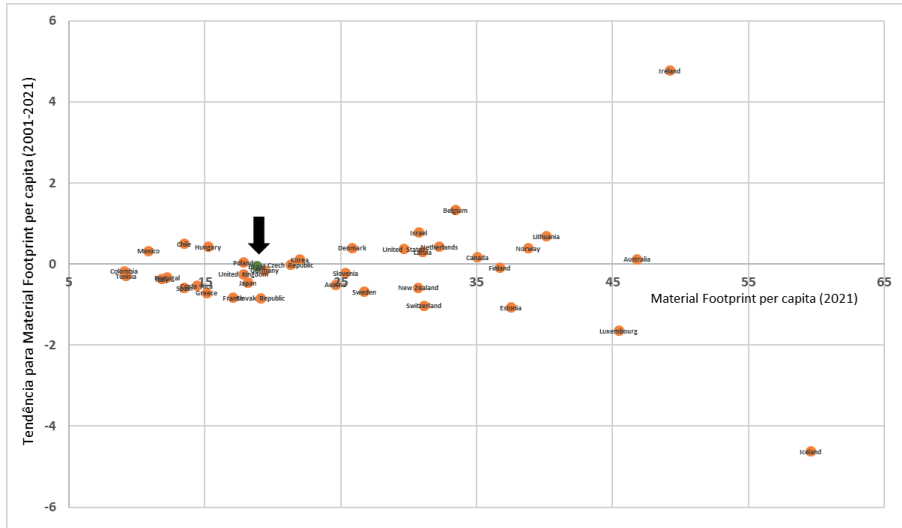


Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Elaboração do autor.

FIGURA 3

Mapa perceptual para confrontar a pegada material *per capita* em 2021 com a sua tendência de crescimento nos países da OCDE e do Brasil em 2001-2021



Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Na figura, os resultados posicionam os países da OCDE quanto ao montante de pegada material *per capita* e à tendência de aumento/diminuição deste indicador. O Brasil apresenta um valor de pegada material *per capita* baixo (cerca de 19 toneladas *per capita* em 2021), mas com uma tendência de estabilidade, sugerindo que ele possui uma tendência de manter esse nível para os próximos anos. No entanto, alguns países apresentam tendências de aumento bastante expressivas, como o caso da Irlanda e da Bélgica. Já a Islândia, embora tenha registrado um valor muito elevado em 2021, mostra tendência de decréscimo bastante significativa.

A tabela 5 apresenta dados relacionados à coleta e recuperação de resíduos sólidos no Brasil e em suas Grandes Regiões de 2015 a 2020.

TABELA 5
Taxa de reciclagem nacional por toneladas de material reciclado

Variável	Brasil e Grandes Regiões	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Brasil	65,67	61,66	63,36	62,87	65,11	66,64
	Norte	5,42	5,05	5,40	5,14	4,82	5,29
(A) Massa coletada (milhões de toneladas)	Nordeste	19,28	17,54	17,35	17,21	18,54	18,95
	Sudeste	28,12	26,67	27,16	27,42	28,23	29,04
	Sul	7,85	7,51	7,57	7,61	7,96	8,21
	Centro-Oeste	5,00	4,89	5,88	5,49	5,56	5,15
	Brasil	1,33	1,13	1,28	1,19	1,34	1,35
(B) Massa recuperada de resíduos sólidos recicláveis secos e orgânicos (milhões de toneladas)	Norte	0,10	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
	Nordeste	0,13	0,13	0,14	0,18	0,14	0,13
	Sudeste	0,48	0,41	0,62	0,47	0,49	0,55
	Sul	0,46	0,36	0,33	0,34	0,36	0,49
	Centro-Oeste	0,16	0,21	0,15	0,15	0,31	0,15
	Brasil	2,03	1,83	2,02	1,89	2,06	2,03
(C) Taxa de recuperação de resíduos sólidos recicláveis secos e orgânicos (%) C = B/A	Norte	1,85	0,59	0,74	0,78	1,04	0,57
	Nordeste	0,67	0,74	0,81	1,05	0,76	0,69
	Sudeste	1,71	1,54	2,28	1,71	1,74	1,89
	Sul	5,86	4,79	4,36	4,47	4,52	5,97
	Centro-Oeste	3,20	4,29	2,55	2,73	5,58	2,91

Fonte: Sidra/IBGE.

Os dados revelam uma mudança pouco expressiva ao longo do período analisado para a quantidade de resíduos coletados. O Brasil passou de 65,67 milhões de toneladas em 2015 para 66,64 milhões de toneladas em 2020. Entre as regiões, o Sudeste apresenta a maior quantidade de resíduos coletados, seguido por Nordeste e Sul. A soma das massas recuperadas de resíduos recicláveis secos e orgânicos mostra também uma evolução constante, com mudança pouco expressiva ao longo dos anos. Além disso, os dados para a taxa de recuperação de resíduos sólidos recicláveis secos e orgânicos, que representa a proporção entre a massa recuperada de resíduos recicláveis e a massa total coletada, mostram variações significativas ao longo dos anos para algumas regiões, assim como na análise comparativa entre elas. Embora os valores das taxas de recuperação sejam muito baixos, sugerindo que o Brasil precisa avançar muito em suas políticas de incentivo e promoção da recuperação dos RSUs, as regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram uma redução nas suas taxas de recuperação.

Uma crítica importante é que as quantidades de resíduos recuperados, tanto secos quanto orgânicos, são relativamente baixas em comparação com a massa total coletada. Isso indica a necessidade de um maior investimento em programas

de reciclagem e de conscientização da população. Além disso, a discrepância entre as regiões é evidente, com o Norte e o Nordeste apresentando números significativamente menores em relação às outras regiões. É fundamental adotar políticas e estratégias específicas nessas áreas para melhorar a recuperação de resíduos recicláveis.

2.3 Indicadores sobre produtividade material

A produtividade material é um conceito utilizado para avaliar a eficiência no uso de recursos materiais em diferentes setores da economia. Refere-se à relação entre a produção econômica e o consumo de materiais, medindo a quantidade de produtos ou serviços gerados acerca da quantidade de matéria-prima utilizada. Esse indicador é importante para avaliar a sustentabilidade e a eficiência dos processos produtivos, uma vez que um aumento na produtividade de materiais implica uma redução no consumo de recursos naturais e na geração de resíduos e poluentes. A promoção da produtividade material é fundamental para alcançar uma economia mais circular e sustentável, buscando maximizar o valor gerado com o mínimo uso de recursos (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018; OECD, 2015).

Os resíduos de todas as fontes continuam a aumentar na maioria dos países, geralmente de acordo com o crescimento populacional e econômico, com algumas exceções (por exemplo, França, Hungria, Japão, Eslováquia e Espanha). As quantidades de resíduos produzidos, sua composição e origem variam entre os países. Relacionam-se com a estrutura da economia e o nível de investimento em inovação e tecnologias mais limpas. Em muitos países, as informações permanecem insuficientes para monitorar os fluxos totais de resíduos, sua recuperação e o uso de matérias-primas secundárias na economia. As estimativas indicam que, em 2016, cerca de 12% dos recursos materiais utilizados na União Europeia provieram de produtos reciclados e materiais recuperados, o que evitou a extração de matérias-primas primárias.⁸

A produtividade material é expressa como a quantidade de produção econômica gerada (em termos de PIB) por unidade de materiais consumidos (em termos de DMC). Este indicador é medido em preços constantes em dólares usando o ano-base de 2015 e paridades do poder de compra (PPCs).⁹

O consumo de matéria-prima ou pegada material da área da OCDE aumentou 60% desde 1990 e atingiu quase 33 Gt em 2017. A pegada *per capita* é geralmente maior (25 toneladas por pessoa em média) que o DMC *per capita* (15 toneladas por pessoa em média), mas segue tendência semelhante.

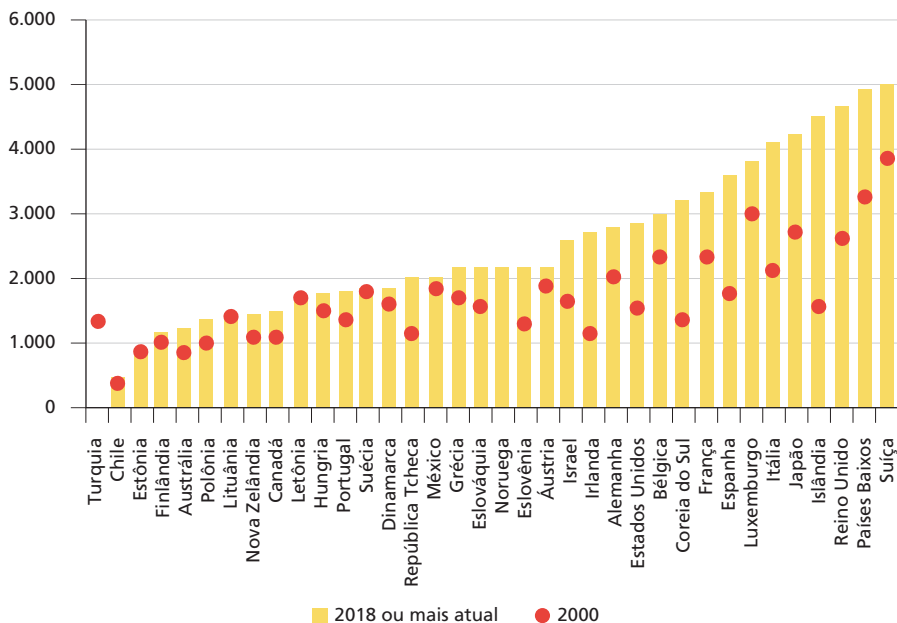
8. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat>.

9. Disponível em: <http://data.oecd.org/materials/material-productivity.htm>.

Países com altas taxas de importação e altos níveis de renda geralmente apresentam pegadas mais altas. Ao mesmo tempo, muitos materiais ainda acabam como lixo e correm o risco de se perder para a economia (OECD, 2020).

O gráfico 11 apresenta os valores da produtividade material dos países da OCDE (valor econômico gerado por tonelada de material utilizado), confrontando o desempenho de 2000 com o de 2018 (ou mais atual).

GRÁFICO 11
Produtividade material dos países da OCDE
(Em US\$/tonelada)

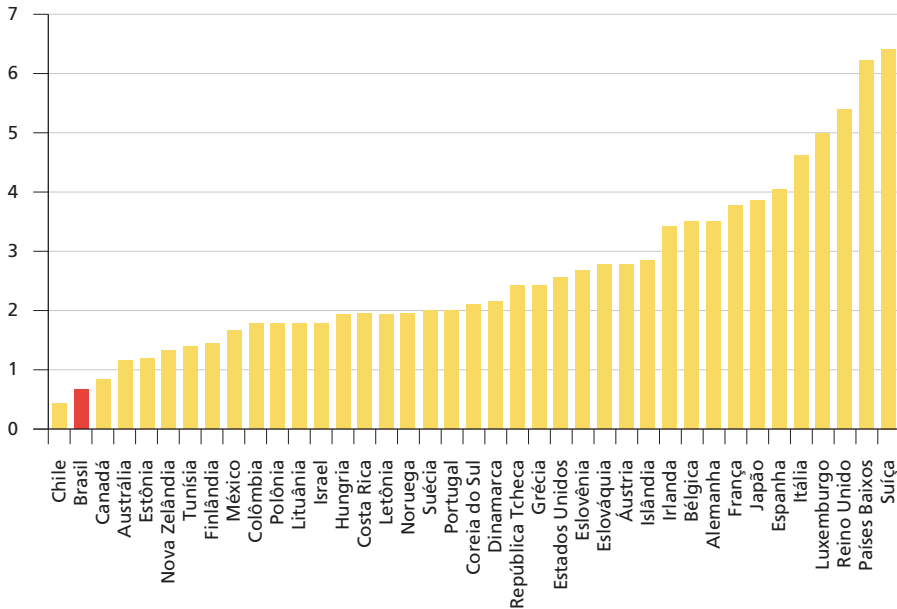


Fonte: OCDE (2020).

Desde 2000, a grande maioria dos países da OCDE experimentou melhorias na produtividade material. Hoje, eles geram em média US\$ 2.600 por tonelada de materiais consumidos, contra US\$ 1.700 por tonelada em 2000. Isso reflete ganhos de eficiência nos processos produtivos, mudanças no *mix* de materiais e substituição da produção nacional por importações. Também reflete uma demanda decrescente por materiais após a crise financeira de 2008, que levou à redução da produção econômica. Com a retomada do crescimento econômico, o DMC permaneceu estável em muitos países. Uma vez consideradas todas as matérias-primas necessárias para satisfazer a procura final nos países da OCDE, incluindo as extraídas no estrangeiro e incorporadas no comércio internacional de bens, os ganhos de produtividade são mais modestos.

O gráfico 12 apresenta os valores do produto doméstico bruto por DMC (2015 PPC) em 2019 para os países-membros da OCDE e para o Brasil.

GRÁFICO 12
Produto doméstico bruto por DMC (2015 PPC) em 2019
 (Em US\$/kg)



Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

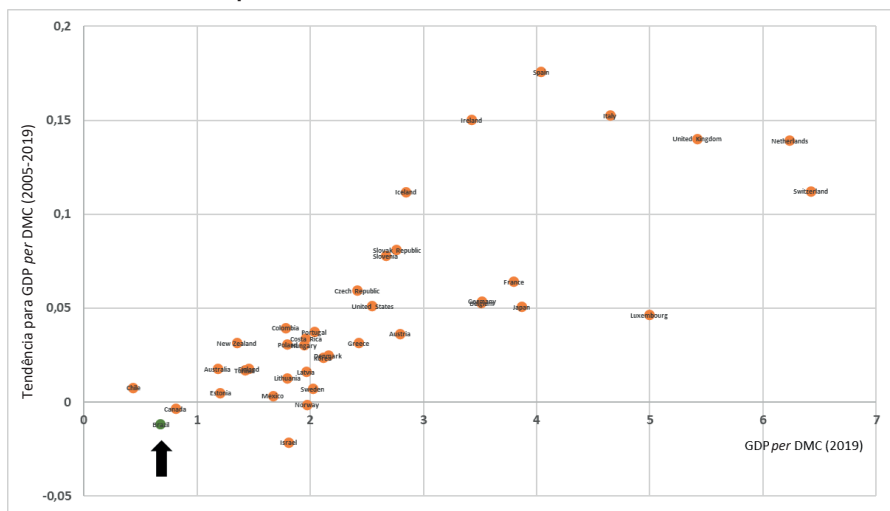
Os resultados mostram que o Brasil possui baixa agregação de valor econômico aos materiais consumidos internamente em suas atividades produtivas, o que pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo questões estruturais, políticas, econômicas e sociais que afetam sua capacidade de agregar valor aos seus produtos. O país possui uma economia que depende fortemente da exportação de *commodities*, como minérios, produtos agrícolas e recursos naturais. Com isso, o foco na extração e exportação de matérias-primas sem o desenvolvimento de indústrias de transformação local acarreta baixa agregação de valor industrial e intelectual.

O alto custo de produção no Brasil também contribui para a baixa agregação de valor. Impostos elevados, burocracia excessiva, falta de incentivos fiscais e altos custos trabalhistas podem dificultar a competitividade das indústrias nacionais. Isso leva muitas empresas a optar por importar produtos manufaturados, em vez de produzi-los localmente, reduzindo assim a agregação de valor econômico.

A falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) também é um obstáculo significativo para a agregação de valor. A inovação tecnológica impulsiona a capacidade de adicionar valor aos materiais e criar produtos de maior qualidade. No entanto, o Brasil ainda investe relativamente pouco em P&D, o que limita o potencial de agregar valor aos materiais consumidos internamente.

FIGURA 4

Mapa perceptual para confrontar o PIB por DMC em 2019 com a sua tendência de crescimento nos países da OCDE e do Brasil em 2005-2019



Fonte: OCDE. Disponível em: <https://data.oecd.org/>.

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Os resultados apresentados no gráfico posicionam os países da OCDE quanto à produtividade material, que é expressa como a quantidade de produção econômica gerada (em termos de PIB) por unidade de materiais consumidos (em termos de DMC). O Brasil apresenta baixo valor neste indicador, sugerindo uma baixa produção de valor agregado na sua produção interna. Ademais, sua tendência é de estabilidade, o que sugere que o país não tem apresentado aumento na agregação de valor econômico no seu consumo doméstico de materiais.

Os indicadores de produtividade material têm sido uma ferramenta amplamente utilizada pela OCDE e por outros órgãos internacionais para avaliar o desenvolvimento econômico e medir a eficiência do uso de recursos naturais. No entanto, tais indicadores são limitados, uma vez que geralmente se baseiam em dados agregados e médias, o que pode não refletir as diferenças significativas entre setores, regiões ou tipos de recursos naturais. Além disso, a escolha das unidades de

medida e a definição do escopo dos indicadores também podem variar entre estudos e organizações, dificultando a comparação direta e a consistência dos resultados.

Acrescente-se que os indicadores de produtividade material tendem a se concentrar principalmente na eficiência do uso de recursos, considerando apenas a relação entre a produção econômica e a quantidade de recursos utilizados. Isso pode levar a uma visão limitada do desenvolvimento econômico, ignorando outros aspectos importantes, como a equidade social, a qualidade ambiental e o bem-estar humano. A busca exclusiva pela eficiência do uso de recursos pode negligenciar os impactos socioambientais mais amplos da atividade econômica.

Ainda nesse enfoque ambiental, os indicadores de produtividade material muitas vezes não levam em conta as externalidades negativas associadas ao uso de recursos naturais, como a degradação ambiental, a poluição e as emissões de GEEs. Essas externalidades podem ter impactos significativos na sustentabilidade a longo prazo, mas podem ser subestimadas ou ignoradas pelos indicadores de produtividade material convencionais. Para uma compreensão mais abrangente do desenvolvimento sustentável, é importante adotar uma abordagem integrada que considere indicadores econômicos, socioambientais e de bem-estar humano. Além dos indicadores de produtividade material, outros, como a pegada ecológica, a intensidade de carbono e os índices de desenvolvimento humano, podem fornecer uma visão mais holística e equilibrada do progresso econômico e social.

3 CONCLUSÃO

O exame detalhado dos indicadores relacionados a economia circular, gestão de resíduos urbanos, consumo doméstico de materiais e produtividade material evidencia desafios significativos e oportunidades cruciais para o Brasil e os países da OCDE. É possível destacar algumas reflexões essenciais que orientam as considerações finais deste capítulo.

A economia circular surge como uma abordagem promissora, visando à maximização da eficiência dos recursos e à minimização do desperdício. Seu potencial para reduzir a demanda por recursos naturais finitos, diminuir a poluição e criar oportunidades de negócios verdes é inegável. Contudo, sua implementação bem-sucedida requer uma transformação profunda em políticas, regulamentações e práticas empresariais, além de uma colaboração estreita entre diversos atores. A gestão eficaz dos recursos materiais emerge como peça-chave para alcançar o crescimento verde e o desenvolvimento sustentável.

Ao focar os resíduos urbanos, observa-se que tanto o Brasil quanto os países da OCDE enfrentam desafios complexos em relação à composição desses resíduos e ao aumento contínuo de sua geração. O gerenciamento inadequado dos

resíduos pode resultar em impactos adversos ao meio ambiente e à saúde pública. As estratégias adotadas incluem coleta seletiva, reciclagem, incineração e aterramento, além de políticas de responsabilidade estendida do produtor. No entanto, a qualidade e a harmonização dos dados sobre RSUs emergem como áreas que necessitam de melhorias contínuas.

O consumo doméstico de materiais, por sua vez, destaca-se como um desafio global, impulsionado pelo crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico. A demanda crescente por matérias-primas acarreta consequências ambientais significativas, especialmente em termos de emissões de GEEs. A transição para uma economia circular torna-se imperativa, exigindo mudanças nos padrões de consumo e práticas de produção mais sustentáveis.

A análise da produtividade material revela disparidades marcantes entre o Brasil e os países da OCDE. A baixa agregação de valor econômico aos materiais consumidos internamente no Brasil reflete desafios estruturais, políticos e econômicos, como a dependência de *commodities*, o alto custo de produção e a falta de investimento em P&D. Enquanto a maioria dos países da OCDE experimentou melhorias na produtividade material desde 2000, o Brasil apresenta uma tendência de estagnação.

Esses desafios, embora abordados de maneira abrangente neste texto, são apenas alguns dos muitos aspectos a serem considerados na busca por uma economia mais sustentável. O Brasil, diante de sua complexidade e diversidade, necessita de abordagens integradas e políticas consistentes para enfrentar esses desafios e promover efetivamente a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos.

Com isso, a transição para uma economia circular e sustentável não é apenas um imperativo ambiental, mas também uma necessidade econômica e social. O caminho adiante envolve a colaboração ativa entre setores público e privado, o comprometimento com práticas mais sustentáveis e o investimento contínuo em inovação e tecnologias limpas. Ao abraçar essa visão holística, é possível trilhar o caminho rumo a um futuro mais equitativo, ambientalmente consciente e economicamente viável.

REFERÊNCIAS

GEISSDOERFER, M. *et al.* The circular economy – a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, 2016.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Material resources, productivity and the environment**. Paris: OECD, 2015.

_____. **Global material resources outlook to 2060 economic drivers and environmental consequences**. Paris: OECD Publishing, 2019.

_____. **Environment at a glance 2020**. Paris: OECD, 2020.

ROCHMAN, C. M. *et al.* Policy: classify plastic waste as hazardous. **Nature**, v. 494, n. 7436, p. 169-171, 2013.

STEEN-OLSEN, K. *et al.* Carbon, land, and water footprint accounts for the European Union: consumption, production, and displacements through international trade. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 20, p. 10883-10891, 2012.

VERGARA, S. E.; TCHOBANOGLOUS, G. Municipal solid waste and the environment: a global perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, n. 1, p. 277-309, 2012.

