



(Foto: Bernardo Dias/Câmara Municipal de Belo Horizonte. Reprodução)

Exploração acelerada dos materiais mais usados na economia compromete a saúde dos ecossistemas

Eficiência e suficiência no enfrentamento da crise planetária

* Ricardo Abramovay

Resumo

A crise socioambiental contemporânea impulsionou o surgimento da ecologia industrial, que examina como utilizamos os materiais essenciais à nossa riqueza. Ao comparar esses materiais com indicadores econômicos, como o PIB, questiona-se se estamos utilizando mais ou menos recursos ao longo do tempo e quais são os impactos desse uso, incluindo a produção de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. Este conceito, conhecido como metabolismo social, reflete a interação entre sociedade e natureza. No entanto, o uso excessivo de recursos está prejudicando os ecossistemas e afastando o mundo do cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável até 2030.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Biodiversidade; Poluição; Ecologia industrial; Crise socioambiental; Materiais que compõem nossa riqueza; Impactos sobre o clima.

Introdução

Quanto pesa tudo o que você consome durante o ano? Sua alimentação, sua roupa, os materiais para a construção de sua casa, de seu local de trabalho ou de onde você estuda, aqueles dos quais é feito seu carro ou o transporte coletivo que você utiliza e os combustíveis dos quais este transporte depende, qual o peso, em toneladas, de tudo isso? Sabemos aproximadamente quanto gastamos, em dinheiro, para adquirir os bens e os serviços de nosso uso. E a própria ciência econômica (quem fez um semestre de introdução à economia vai se lembrar disso) recomenda que não se somem bananas com bicicletas e que é melhor traduzir tudo o que forma a riqueza transacionada numa sociedade em algo que lhe é comum: os preços.

Só que o avanço da crise socioambiental contemporânea deu origem a uma disciplina (a ecologia industrial) que procura responder a uma pergunta à qual a tradição dominante na ciência econômica nunca havia se voltado: de que forma estamos usando os materiais dos quais depende nossa riqueza? Em que quantidade? Quando comparamos estes materiais com os indicadores monetários de riqueza (o Produto Interno Bruto, por exemplo), o resultado é que estamos usando cada vez mais ou cada vez menos materiais? E quais os impactos deste uso na produção dos remanescentes de nosso consumo, nas embalagens que descartamos ou nas emissões de gases de efeito estufa, derivadas da queima de combustíveis

fósseis? Qual é a relação disso tudo com as desigualdades?

O que está em jogo quando se formulam estas perguntas é a relação entre a sociedade e aquela que nos fornece as bases materiais, bióticas e energéticas para formar a riqueza, ou seja, a natureza. Da mesma forma que, no nosso corpo, o metabolismo é a reação de nossas células, transformando em energia os alimentos e a água que ingerimos, existe um metabolismo social [1], que pode ser definido como o conjunto de fluxos de materiais e de energia que ocorre entre a sociedade e a natureza. E não é preciso muita perspicácia para imaginar que nosso metabolismo social está doente. Estamos retirando da natureza materiais a um ritmo explosivo, que não permite sua regeneração [2] e que está comprometendo os mais importantes serviços ecossistêmicos dos quais dependemos (água, solos, clima, oceanos, ar limpo e biodiversidade). Pior: toda esta extração não está levando o mundo em direção ao cumprimento do mais importante compromisso multilateral contemporâneo que é atingir os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável até 2030. Mais materiais, mas nem sempre uma vida melhor.

Estas são as principais conclusões de um relatório [3] publicado recentemente pelo Painel de Recursos Internacionais (*International Resource Panel*) do Programa Ambiental das Nações Unidas (IRP/UNEP) e cujo título já é um “spoiler” de suas principais conclusões: “*Bend the trend. Pathways to a liveable planet as resource use*

spikes” (“*Inverter a tendência. Caminhos para um planeta habitável enquanto o uso dos recursos explode*”). O trabalho é o mais recente exemplar de um conjunto de pesquisas que o IRP/UNEP vem levando adiante desde 2007, quando se formou com a missão de produzir e compartilhar conhecimentos para melhorar a maneira como as sociedades contemporâneas usam os recursos que estão na base da oferta de bens e serviços. A pesquisa sobre o tema avançou muito desde o final dos anos 1990 [4].

Quais materiais e quanto?

Foi em 2011 que o IRP/UNEP publicou o primeiro relatório global sobre este tema [5]. A palavra-chave é *decoupling* (desacoplamento). Trata-se de desacoplar a riqueza de sua base material, energética e biótica (ou seja, produzir, usando cada vez menos esses recursos), para que não se esgote aquilo que a natureza nos fornece e para que os impactos do uso que fazemos desse fornecimento não se traduza em poluição, erosão da biodiversidade, emissão de gases de efeito estufa, esgotamento de água, destruição da vida dos oceanos e empobrecimento dos solos. Para desacoplar a produção de bens e serviços de sua base material, ou seja, para depender cada vez menos da extração daquilo que a natureza nos oferece, o caminho mais evidente consiste em aumentar a eficiência, por meio de inovações tecnológicas. E isso, de alguma forma, vem sendo feito.

Em 1980, por exemplo, uma lata de alumínio para o consumo de refrigerantes ou cerveja pesava em média 19 gramas. A produção era então de 41,6 bilhões de unidades. Inovações tecnológicas permitiram que, em 2010, o peso desta latinha caísse para 13 gramas. Só que, neste ano, foram vendidas 97,3 bilhões de unidades. Um telefone celular, em 1990, quando 11 milhões de unidades foram comercializadas, pesava 600 gramas. O peso caiu para 118 gramas em 2011, quando seis bilhões de assinantes usavam o aparelho [6]. As inovações tecnológicas contribuíram para reduzir o peso dos materiais usados em cada unidade, mas, com o aumento explosivo do consumo, é óbvio que o total usado de materiais aumentou. Antes de examinar os dados agregados sobre o uso de materiais e seus impactos é importante saber de quais materiais se trata (Figura 1).

A infinidade dos produtos que estão à nossa volta se apoia em quatro materiais básicos, oferecidos pela natureza e extraídos pelo trabalho humano. Quais são eles?

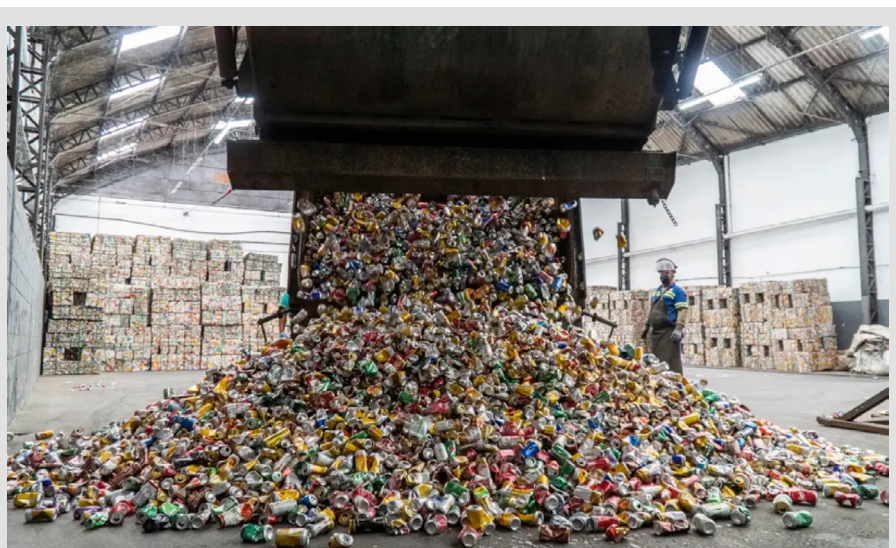
Em primeiro lugar vem a biomassa, ou seja, as culturas agrícolas, os pastos, as plantações destinadas ao consumo animal, a madeira, a pesca e a coleta. Em 1970, nada menos que 41% do peso (em toneladas) de todos os materiais que formavam a riqueza social vinha da biomassa. Com o avanço da industrialização, essa proporção cai e hoje a biomassa é apenas 26% do peso de todos os materiais. Mas isso não quer dizer que o mundo está usando menos biomassa do que 50 anos atrás. O peso total da matéria viva (biomassa) que retiramos do solo, das águas, das colheitas e das florestas era de 12,6 bilhões de toneladas em 1970 e chega hoje a 24,8 bilhões de toneladas. O Gráfico 1, extraída do relatório

“Estamos retirando da natureza materiais a um ritmo explosivo, que não permite sua regeneração e que está comprometendo os mais importantes serviços ecossistêmicos dos quais dependemos.”

do IRP, mostra esta evolução e o Gráfico 2 mostra como a participação relativa de cada um destes materiais evoluiu [3].

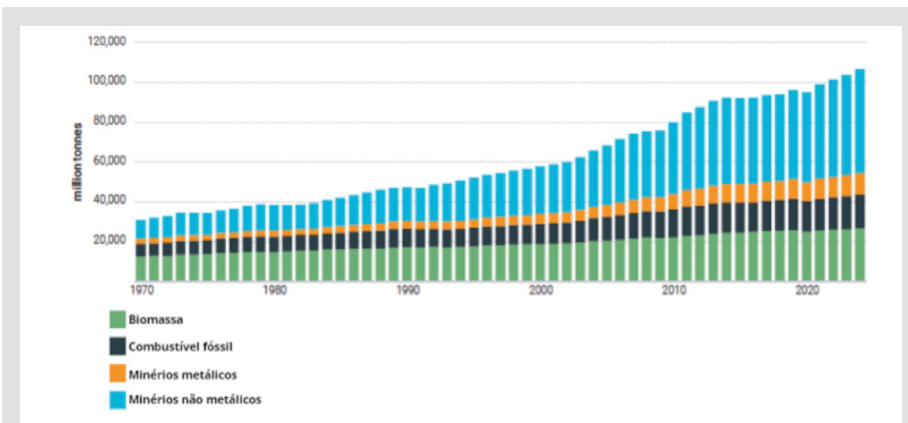
O segundo material na base da oferta contemporânea de bens e serviços são os combustíveis fósseis, ou seja, petróleo, gás natural, carvão. Pelo Gráfico 2, pode-se notar que sua participação (em toneladas) na formação da riqueza, em 1970, era maior (20%) do que hoje (16%). Só que, em termos absolutos (Gráfico 2), a extração de fósseis que era de 6,1 bilhões de toneladas em 1970 chega a 15,4 bilhões de toneladas nos dias de hoje.

O terceiro material importante na formação da riqueza social são os minerais metálicos: ferro, cobre, alumínio e outros metais não ferrosos (ouro, prata, por exemplo). Sua participação relativa na base da oferta de bens e serviços se mantém estável ao longo dos últimos 50 anos (passando de 9% para 10% do total). Mas com a acelerada industrialização global, a extração dos minerais metálicos vai de 2,7 a 9,6 bilhões de toneladas entre 1970 e os dias de hoje.



(Foto: ReciclaLatas. Reprodução)

Figura 1. Estima-se que as áreas urbanas produzam cerca de 50% do lixo mundial.



(Fonte: UNEP, 2024 [3]. Reprodução)

Gráfico 1. Extração global de materiais, quatro principais categorias de materiais, 1970-2024, milhões de toneladas.

Por fim, os materiais que hoje mais pesam na formação da riqueza (passando de 31% a 50% da extração global) são os minerais não metálicos: cimento, argila, cascalho, fundamentais para a construção civil. Em 1970, eram extraídos 9,6 bilhões de toneladas destes materiais e hoje este montante chega a 45,3 bilhões de toneladas.

Limites da eficiência

O resultado de tudo isso são números estupefacentes. Em 1970, a soma destes quatro materiais atingia 30,9 bilhões de toneladas. Cinquenta anos depois, o total chega a 106,6 bilhões de toneladas. O uso de materiais teve uma elevação de três vezes e meia neste período. Mas é importante comparar este movimento com o da própria formação da riqueza. E o que se constata é que o Produto Interno Bruto Global nesses 50 anos aumentou cinco vezes, portanto, mais do que a extração de materiais. Isso significa que a sociedade está usando os recursos com mais eficiência do que usava 50 anos

atrás, já que a oferta de bens e serviços aumentou bem mais do que a base material sobre a qual ela se apoia. O tão almejado desacoplamento parece ter acontecido, o que sinalizaria que a humanidade está usando cada vez melhor aquilo que extrai da natureza.

Mas, esta é uma conclusão apressada e errônea das informações do trabalho do IRP/UNEP. Há ao menos quatro razões que corroboram o alerta contido no título do relatório quanto ao caráter explosivo da forma como estamos extraído e usando os recursos que a natureza nos oferece.

A primeira razão é que, apesar do desacoplamento relativo entre produção e extração de recursos, em termos absolutos a quantidade de recursos de que depende

“Muito mais que carros elétricos, o essencial é incrementar a mobilidade coletiva e estimular o uso e o reaproveitamento das áreas centrais.”

a vida econômica não para de crescer, apesar das inovações tecnológicas impressionantes que ocorreram neste período. A ideia tão propagada de que a revolução digital provocaria a desmaterialização da economia global não encontra fundamento nos dados empíricos. Se a tendência atual persistir, os 106 bilhões de toneladas extraídos hoje serão 160 bilhões de toneladas em 2060, ou seja, em menos de 40 anos.

E quem imagina que o esforço em reduzir a emissão de gases de efeito estufa e de descarbonizar a oferta de energia atenuará a pegada material do sistema econômico levará um susto quando examinar os materiais necessários para produzir um carro elétrico. Uma bateria de lítio, com peso de 450 quilos, contém 11 quilos de lítio, 14 quilos de cobalto, 27 quilos de níquel, mais de 40 quilos de cobre e 50 quilos de grafite, assim como 181 quilos de aço alumínio e plástico. O fornecimento desses materiais (para um só veículo) exige o processamento de 40 toneladas de minérios. Mas, tendo em vista a baixa concentração de muitos destes minérios, isso significa a extração de 225 toneladas de materiais brutos [7]. Isso só para a bateria de um único carro [i]!

Quando se soma esta extração de materiais à tendência atual da indústria automobilística de produzir carros cada vez maiores e mais pesados, o resultado é o que um artigo recém-publicado na “Nature Energy” não hesita em chamar de obesidade, neologismo que funde mobilidade e obesidade. Nada menos que 35% dos carros elétricos

“Nas discussões sobre clima, já se generalizou a ideia de que é necessária uma transição justa, o que só será alcançado se a ênfase da descarbonização da vida econômica se concentrar no empenho em oferecer bens públicos que melhorem a vida social.”

vendidos no mundo são SUVs e os fabricantes estão oferecendo cada vez menos modelos leves. As consequências são negativas não apenas do ponto de vista do uso de materiais, mas igualmente para a organização urbana, já que o espaço

ocupado no trânsito e as próprias vagas de estacionamento são cada vez maiores. O professor Christian Brand, autor do artigo, preconiza maior taxaço para SUVs e redesenho urbano que desencoraje a compra deste tipo de veículos.

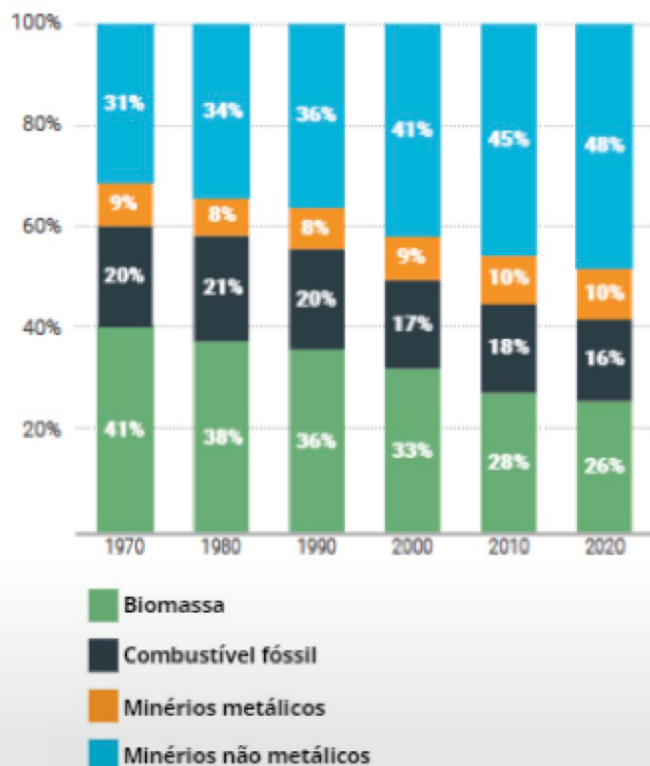
Além disso, nem sempre o desacoplamento relativo acontece. O Gráfico 3, extraído do trabalho de 2011 do IRP/UNEP [5], mostra que a produção global de grãos, dos anos 1960 até o final da primeira década do milênio, aumentou sobre a base de um uso da terra que se manteve praticamente estável, ou seja, mais produto por cada unidade de solo utilizada. Mas este desempenho produtivo apoiou-se no uso em larga escala de sementes modificadas,

cujo alto potencial se revelava por meio de fertilizantes nitrogenados. Só que o uso de fertilizantes por unidade de grãos produzida, desde os anos 1960, aumentou, ou seja, não houve sequer desacoplamento relativo [5]. Como mostram Lu e Tian (2017) [8], entre 1961 e 2017, o consumo de fertilizantes nitrogenados por unidade de colheita aumentou oito vezes.

É importante saber que os produtos químicos usados na agricultura têm impactos destrutivos sobre as águas subterrâneas e superficiais maiores que os de fontes urbanas de poluição [9].

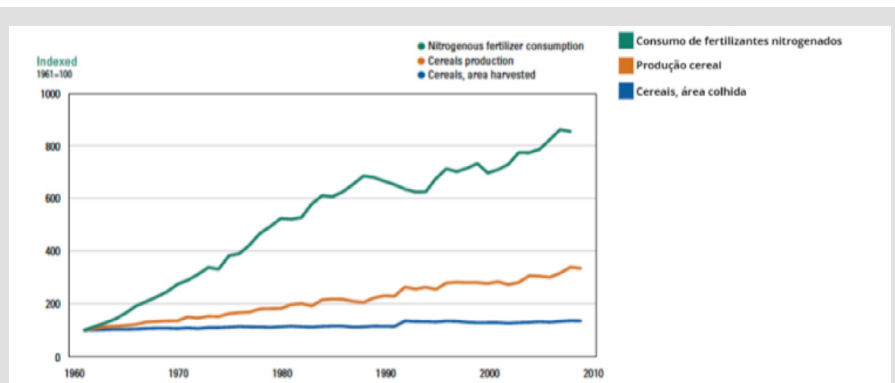
A segunda razão que fundamenta a urgência de “mudar a tendência” refere-se às desigualdades. A pegada material média, per capita, em 1970, era de 8,4 toneladas anuais. No prefácio ao relatório que o IRP/UNEP publicou em 2011 [5], Achim Steiner, então subsecretário-geral das Nações Unidas, escrevia que “nas próximas décadas, o nível de recursos usados por cada pessoa precisa cair para algo em torno de cinco a seis toneladas. Alguns países em desenvolvimento estão ainda abaixo deste nível, como a Índia, com 4 toneladas per capita e alguns países desenvolvidos, como o Canadá, têm 25 toneladas”.

E o que ocorreu desde então? Em vez de cair, esta média (per capita) subiu para 12,2 toneladas de materiais. E as desigualdades só se aprofundaram: nos países de baixa renda (quase toda a África ao Sul do Sahara e parte importante da Ásia do Sul) a pegada material per capita em 2020 continua ao redor de 4 toneladas. Já no segmento



(Fonte: UNEP, 2024 [3]. Reprodução)

Gráfico 2. Estima-se que as áreas urbanas produzam cerca de 50% do lixo mundial.



(Fonte: UNEP, 2011 [5]. Reprodução)

Gráfico 3. Crescimento Global da produção de cereais e do consumo de fertilizantes. (Fonte: UNEP, 2011 [5]. Reprodução).

mais próspero dos países de renda média (onde estão China e Brasil), a pegada ultrapassava a média mundial e chegava, em 2020, a 19 toneladas per capita, aproximando estes países da média dos países de alta renda que é de 24 toneladas per capita. É claro que tem que existir espaço para ampliar o uso de recursos por parte dos países mais pobres (para a construção de escolas, hospitais, meios de comunicação e transporte), mas isso supõe (como bem preconizava Achim Steiner) uma drástica redução na pegada material dos países ricos e mesmo no segmento mais próspero dos países de média e até de baixa renda.

A terceira razão para o alerta das Nações Unidas está na evidência de que reduzir a pegada material da economia exige transformações drásticas nos padrões de produção e de consumo. Muito mais que carros elétricos, o essencial é incrementar a mobilidade coletiva e estimular o uso e o reaproveitamento das áreas centrais para implementar iniciativas como as da "cidade de quinze minutos", modelo já aplicado em cidades como

Bogotá, Melbourne e Paris [ii]. Na moradia, a ideia de cidades compactas e conectadas e o uso de materiais alternativos aos atualmente dominantes são os caminhos para reduzir a pegada material e o uso de cimento, cuja destinação, em fim de vida é altamente problemático e que responde por quase 8% das emissões globais [10]. Na alimentação, mais do que aumentar a produtividade das áreas em que predomina a monotonia dos grãos voltados a alimentar os animais de criação industrial, a prioridade é a diversificação das paisagens agrícolas, das dietas e a correlativa redução no consumo de produtos de origem animal, hoje excessivo na maior parte do mundo [11].

A quarta razão é de natureza ético-normativa. Nas discussões sobre clima, já se generalizou a ideia de que é necessária uma transição justa, o que só será alcançado se a ênfase da descarbonização da vida econômica se concentrar no empenho em oferecer bens públicos que melhorem a vida social e se houver mecanismos financeiros para que a adaptação aos eventos climáticos extremos

tenha foco, sobretudo, para os que vivem nas áreas mais suscetíveis de serem castigadas pelas catástrofes cada vez mais frequentes. Daí se origina o vínculo, estabelecido no relatório do IRP/UNEP [3] entre transição justa e suficiência.

Vale a pena transcrever a definição deste termo pelo IRP/UNEP [3]: "Conceito que está ganhando força na agenda política e que, do ponto de vista dos recursos, refere-se à necessidade de: aumentar o uso de recursos em contextos de baixo desenvolvimento para permitir uma vida digna, enquanto se reduzem os níveis de consumo nas partes da população que vivem muito acima da capacidade do planeta".

A ênfase que, até aqui, as organizações multilaterais, as empresas e os governos colocam em ampliar a eficiência no uso dos recursos vem tendo como contrapartida aquilo que os especialistas chamam de efeito ricochete ou efeito rebote: os exemplos das latinhas de refrigerantes e de cerveja e dos celulares citados acima (aos quais se pode acrescentar os do cimento e inúmeros outros produtos) mostram que as inovações tecnológicas que conduzem à diminuição na quantidade de materiais contidos em cada unidade dos produtos tendem a baratear seus preços, a aumentar seu consumo e, portanto, a ampliar, em termos absolutos, a extração de materiais dos quais os produtos dependem. Não se trata de negar a importância da eficiência e sim de constatar que ter nela o objetivo central das políticas socioambientais não reduzirá a pressão que o

uso dos recursos exerce sobre os serviços ecossistêmicos dos quais a própria vida depende.

Conclusão

É totalmente ilusória a ideia de que a luta contra as desigualdades consiste em elevar a pegada material dos países e das pessoas mais pobres ao nível dos que estão no topo da pirâmide social. Os dados do último relatório do IRP/UNEP mostram que tal caminho só faria acelerar a destruição dos serviços ecossistêmicos que os atuais padrões de produção e consumo vêm provocando. Daí vem a ideia de explosão contida no título do trabalho do IRP/UNEP. E é por isso que ele propõe que se altere o foco da transição da eficiência para a suficiência.

É verdade que os caminhos para obter eficiência estão relativamente bem traçados e é neles que se concentram os esforços atuais da esmagadora maioria das empresas, dos governos e mesmo das organizações multilaterais. Já as rotas para que se reduza a pegada material, o que passa, antes de tudo, pela diminuição das desigualdades no uso dos recursos, nem de longe estão desenhadas. Enfrentar este dilema deveria ser tema central do multilateralismo global.

* **Ricardo Abramovay é professor sênior do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (USP) e coautor do *Policy Brief sobre Infraestrutura em Regiões Ambientalmente Sensíveis* apresentado à presidência brasileira do G20.**

Notas

[i] Agradeço ao colega Andrei Cechin, do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB), pelo envio destas preciosas informações contidas no livro de Vaclav Smil (2022) [7].

[ii] Ver: C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP. Spotlight On: 15-Minute Cities. C40 Knowledge, 2024.

Referências

[1] FISCHER-KOWALSKI, M. Society's metabolism: the intellectual history of material flow analysis, part I: 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology*, v. 2, n. 1, p. 61-78, 1998.

[2] DASGUPTA, P. *The economics of biodiversity: the dasgupta review*. London: HM Treasury, 2021.

[3] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Global Resources Outlook 2024: Bend the trend – pathways to a liveable planet as resource use spikes*. Nairobi: UNEP, 2024.

[4] HABERL, H.; WIEDENHOFER, D.; VIRÁG, D.; KALT, G.; PLANK, B.; BROCKWAY, P.; FISHMAN, T. et al. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environmental Research Letter*, v. 15, n. 6, p. 065003, 2020.

[5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth: a report of the working group on decoupling to the International Resource Panel*. Nairobi: UNEP, 2011.

[6] SMIL, V. *Making the Modern World: materials and dematerialization*. Hoboken: Wiley, 2013.

[7] SMIL, V. *How the world really works: how science can set us straight on our past, present and future*. New York: Viking, 2022.

[8] LU, C.; TIAN, H. Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth System Science Data*, v. 9, p. 181, 2017.

[9] BILLEN, G.; GARNIER, J.; LASSALETTA, L. The nitrogen cascade from agricultural soils to the sea: modelling nitrogen transfers at regional watershed and global scales. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, v. 368, p. 20130123, 2013.

[10] CHENG, D.; REINER, D. M.; YANG, F.; CUI, C.; MENG, J.; SHAN, Y.; LIU, Y.; TAO, S.; GUAN, D. Projecting future carbon emissions from cement production in developing countries. *Nature Communications*, v. 14, n. 1, p. 8213, 2023.

[11] ABRAMOVAY, R.; MARTINS, A. P. B.; SANSEVERINO, E. C.; TANGARI, J.; NUNES-GALBES, N. M. Diversity in Agriculture and Consumption: the basis for healthy and sustainable eating. In: KANT, A.; SARAN, S. *Bridging the ingenuity gap: ideas for a vibrant G20*. New Delhi: ORF and Global Policy Journal, 2024.