AGRICULTURAL POLICIES IN DEBATE

Oportunidades e desafios para uma transformação do sistema alimentar impulsionada pela bioeconomia

JORGE SELLARE
FERNANDA MARTINELLI
JAN BÖRNER

APD | DIÁLOGO AGROPOLÍTICO BRASIL · ALEMANHA
AGRARPOLITISCHER DIALOG BRASILIEN · DEUTSCHLAND

APD | DIÁLOGO AGROPOLÍTICO BRASIL · ALEMANHA
AGRARPOLITISCHER DIALOG BRASILIEN · DEUTSCHLAND

O Diálogo Agropolítico Brasil-Alemanha (APD) é um mecanismo de intercâmbio de conhecimentos e de informações sobre os desafios agroambientais bilaterais e globais. Há mais de duas décadas, a Alemanha desenvolve iniciativas semelhantes com diversos países. Elas são importantes referências para o desenvolvimento do APD no Brasil.

As atividades do APD têm como base o Memorando de Entendimento assinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Ministério da Alimentação e Agricultura da Alemanha (BMEL, na sigla em alemão). Participam do Diálogo representantes desses ministérios, do agronegócio, da academia e da sociedade civil do Brasil e da Alemanha.

O objetivo é a busca de um melhor entendimento sobre questões-chave das políticas agropecuárias e ambientais frente aos crescentes desafios agroambientais e das mudanças climáticas. O intercâmbio e a disseminação de conhecimento dão-se por meio de seminários, de fóruns, de conferências, de publicações e de viagens de intercâmbio.

SCN Quadra 1 Bloco C salas 1102-1104
Ed. Brasília Trade Center Brasília - DF
+55 61 9 9964-3731
contato@apd-brasil.de
www.apdbrasil.de
APD Brasil Alemanha
APD Brasil Alemanha

Com o apoio de:

Ministério Federal da Alimentação e Agricultura

em virtude de decisão do Bundestag Alemão

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Implementado por

GFA CONSULTING GROUP
Mandatário do BMEL
Escritório de Berlim

IAK AGRAR CONSULTING

AGROPOLÍTICA EMDEBATE

Oportunidades e desafios para uma transformação do sistema alimentar impulsionada pela bioeconomia

JORGE SELLARE
FERNANDA MARTINELLI
JAN BÖRNER

Bonn, novembro de 2023.

SOBRE ESTE ESTUDO

Este estudo foi encomendado como documento de referência pelo APD | DIÁLOGO AGROPOLÍTICO BRASIL - ALEMANHA. O seu conteúdo é de responsabilidade exclusiva dos autores. Quaisquer opiniões aqui expressas não são necessariamente representativas ou endossadas pelo APD.

AUTORES

Jorge Sellare é pesquisador sênior e líder de grupo no Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento (ZEF) da Universidade de Bonn, Alemanha. E-mail: jsellare@uni-bonn.de

Fernanda Martinelli é pesquisadora doutoranda Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento (ZEF) da Universidade de Bonn, Alemanha. E-mail: fernanda.martinelli@uni-bonn.de

Jan Börner é professor de Economia do Uso Sustentável da Terra e Bioeconomia no Institute for Food and Resources Economics (ILR) e no Center for Development Research (ZEF) da Universidade de Bonn, Alemanha. Email: jborner@uni-bonn.de

Sumário

Sumário Executivo 5

1. Introdução 7

2. Oportunidades para inovações bioeconômicas 9

2.1. Bioinsumos 9

2.2. Culturas biofortificadas 9

2.3. Carne vegetal 11

1.4. Biocombustíveis 12

3. Desafios para a expansão 14

4. A (possível) falácia dos meios de vida equitativos 17

5. Referências 18

Sumário Executivo

A Cúpula de Sistemas Alimentares da ONU propôs cinco vias de ação (*action tracks* - ATs) para a transformação do sistema alimentar. Este breve resumo discute o papel das inovações bioeconômicas em catalizar sinergias entre as cinco ATs e propõe recomendações para adoção dessas inovações e possíveis lacunas de conhecimento. Em particular, este material se concentra em quatro inovações: bioinsumos para a produção agrícola, culturas biofortificadas, substitutos de origem vegetal à proteína animal, e biocombustíveis.

Os **bioinsumos** são uma alternativa natural aos insumos agrícolas sintéticos, e podem contribuir para a produção de alimentos seguros (AT1), podendo aumentar o rendimento familiar pela redução dos custos de produção (AT4). Os bioinsumos podem melhorar a resiliência contra os choques dos insumos agrícolas (AT5), reduzindo também o impacto ambiental (AT3). As **culturas biofortificadas** que contêm maiores quantidades de nutrientes específicos podem melhorar a nutrição e combater a desnutrição (AT1), contribuindo para escolhas alimentares mais saudáveis (AT2), e podendo reduzir a necessidade de grandes quantidades de pesticidas (AT4). Os **substitutos de origem vegetal à proteína animal** têm impacto ambiental menor que a carne, mantendo o mesmo teor de micronutrientes, o que contribui para a segurança alimentar (AT1) e para a mudança nos padrões de consumo (AT2), ao mesmo tempo em que geram mais oportunidades econômicas (AT4). Por último, os **biocombustíveis** podem aumentar a segurança energética (AT5) e tornar os alimentos mais economicamente acessíveis (AT1) com a diminuição dos custos com transporte e energia. A integração com a agrossilvicultura e outras práticas de gestão sustentável da terra poderia promover uma produção positiva para a natureza (AT3), gerando empregos e oportunidades econômicas regionais (AT4).

Apesar do potencial das inovações bioeconômicas para transformar os sistemas alimentares, sua adoção ainda é baixa. Destacamos três pontos que podem auxiliar o desenvolvimento e a adoção em larga escala de inovações bioeconômicas. Em primeiro lugar, marcos regulatórios claros e coerentes podem fomentar os investimentos e facilitar o acesso a essas tecnologias, reduzindo os custos. Em segundo lugar, embora alguns desses possíveis benefícios das inovações bioeconômicas sejam fundamentados por evidências científicas, outros permanecem anedóticos. A construção de um corpo de pesquisa mais sólido sobre os impactos dessas tecnologias em cenários da "vida real" poderia ajudar a aumentar o apoio público. Em terceiro lugar, a mudança das preferências dos consumidores por

produtos alimentares mais sustentáveis exigirá provavelmente a implementação de políticas de consumo, como o aumento dos impostos sobre a carne vermelha ou a introdução de tributos climáticos. Concluímos este resumo enfatizando que os processos de mudança tecnológica não são neutros e podem resultar no aumento das desigualdades se os grupos vulneráveis não puderem ter acesso a essas inovações ou se não puderem se beneficiar das novas oportunidades de negócio geradas pelo processo de mudança tecnológica.

1. Introdução

Os sistemas alimentares são entidades complexas que existem em diversas escalas - global, regional, nacional e local - e estão associados à ampla variedade de atores e atividades envolvidas na produção, processamento, transporte e consumo de produtos alimentares e, portanto, abrangem diversos setores inter-relacionados. Por um lado, contribuem não só para a alimentação e a saúde humana, mas também para o crescimento econômico, contribuindo para 73% dos postos de trabalho nos países de baixa renda (Berdegué et al., 2023). Por outro lado, os sistemas alimentares são um dos fatores que mais contribuem para as mudanças climáticas e degradação ambiental e que mais são afetados por esses componentes. Estima-se que os sistemas alimentares contribuem para cerca de um terço de todas as emissões antropogênicas de gases de efeito de estufa (GEE) (Crippa et al., 2021) e a agricultura por si só ameace cerca de 86% de todas as espécies em risco de extinção, conforme documentado pela International Union for Conservation of Nature (Benton et al., 2021). Esses indicadores são o resultado da conversão de habitats naturais em terras agrícolas e de pastagem, e da intensificação insustentável da produção, levando ao esgotamento dos recursos hídricos e à poluição dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Sem uma transformação profunda dos sistemas alimentares globais, é improvável que alcancemos os objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

Em setembro de 2021, aconteceu a primeira Cúpula dos Sistemas Alimentares das Nações Unidas com o objetivo de gerar estratégias para tornar os sistemas alimentares mais sustentáveis, equitativos e resilientes e, assim, avançar em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). A fim de definir uma agenda de ação para a transformação dos sistemas alimentares, foram estabelecidas cinco vias de ação (Boxe). Cada uma delas abrange diferentes aspectos, desafios e oportunidades relacionados aos sistemas alimentares, mas, para evitar soluções ineficientes, elas não devem ser implementadas isoladamente. Durante a Cúpula, destacou-se o conceito multidimensional de Bioeconomia devido ao seu potencial e às oportunidades de ser utilizado como um novo paradigma de desenvolvimento que pode ser usado para unir as cinco vias de ação, contribuindo assim para aumentar a coerência e as sinergias entre iniciativas (Trigo et al., 2021; Von Braun et al., 2023).

Inovações tecnológicas novas e sistêmicas são essenciais para a transformação profunda que os sistemas alimentares exigem, que vão desde melhorias na produção agrícola e reduções nas emissões de GEE a melhorias nas opções alimentares e gestão de resíduos (Herrero et al., 2021, 2020). Estima-se que sem mudanças tecnológicas e políticas de apoio específicas, os efeitos ambientais dos sistemas alimentares poderiam aumentar entre 50 e 90% (Springmann et al., 2018). Apesar das definições conflitantes de Bioeconomia, na sua essência, ela representa uma reestruturação dos nossos sistemas de produção, impulsionada por inovações tecnológicas que utilizam recursos biológicos produzidos e adquiridos de forma sustentável, incluindo não só a utilização desses recursos biológicos para reduzir a dependência dos recursos fósseis, mas também a adesão aos princípios de circularidade e o desenvolvimento de novos produtos de base biológica que possam contribuir para o crescimento econômico. Portanto, neste breve resumo, apresentamos algumas das inovações bioeconômicas que poderiam contribuir para as cinco vias de ação, e destacamos algumas das ressalvas relacionadas às suas lacunas de adoção e conhecimentos.

Cinco vias de ação (ATs) da Cúpula dos Sistemas Alimentares da ONU

AT 1. Garantir o acesso a alimentos seguros e nutritivos para todos: permitir que todas as pessoas sejam bem nutridas e saudáveis;

AT 2. Mudança para padrões de consumo sustentáveis: promoção e criação de demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis, reduzindo o desperdício;

AT 3. Impulsionar a produção positiva para a natureza em escala suficiente: atuar sobre as alterações climáticas, reduzir as emissões e aumentar a captura de carbono, regenerar e proteger ecossistemas cruciais e reduzir a perda de alimentos e a utilização de energia, sem prejudicar a saúde ou a alimentação nutritiva;

AT 4. Promover equidade nos meios de subsistência e na distribuição de valores: aumentar a renda, distribuir riscos, expandir a inclusão, gerar empregos;

AT 5. Aumentar a resiliência às vulnerabilidades, choques e tensões: garantir a funcionalidade contínua de sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis.

Fonte: von Braun et al. (2023).

2. Oportunidades para inovações bioeconômicas

2.1. Bioinsumos

O sucesso da Bioeconomia e suas contribuições para os sistemas alimentares dependem da produção sustentável de biomassa. Nas últimas décadas, temos visto um aumento acentuado nas quantidades de insumos sintéticos utilizados por hectare de terras agrícolas, sendo o Brasil e a Argentina os principais usuários de pesticidas. Os bioinsumos (ou seja, biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes) são frequentemente promovidos como uma alternativa promissora e mais sustentável aos insumos sintéticos e, como tal, estão bem alinhados às vias de ação da Cúpula dos Sistemas Alimentares da ONU. Por melhorarem o rendimento das culturas e, ao mesmo tempo, reduzirem a dependência de agroquímicos, os bioinsumos contribuem para a produção de alimentos seguros (AT1) e têm o potencial de reduzir os custos de produção - principalmente os bioinsumos produzidos *on-farm* - aumentando assim a renda familiar (AT4). A utilização de bioinsumos é um exemplo claro de uma abordagem positiva para a natureza na produção de alimentos (AT3), pois reduz o impacto ambiental da agricultura, diminuindo a lixiviação de produtos químicos e os impactos na biodiversidade. A recente guerra Rússia-Ucrânia, que provocou um declínio na comercialização de fertilizantes e grãos, aumentando o preço dos alimentos em todo o mundo, mostrou como os sistemas alimentares podem ser suscetíveis a choques no abastecimento de insumos agrícolas (Ben Hassen e El Bilali, 2022). Investimentos em bioinsumos produzidos localmente poderiam aumentar a resiliência dos sistemas alimentares a esses choques (AT5).

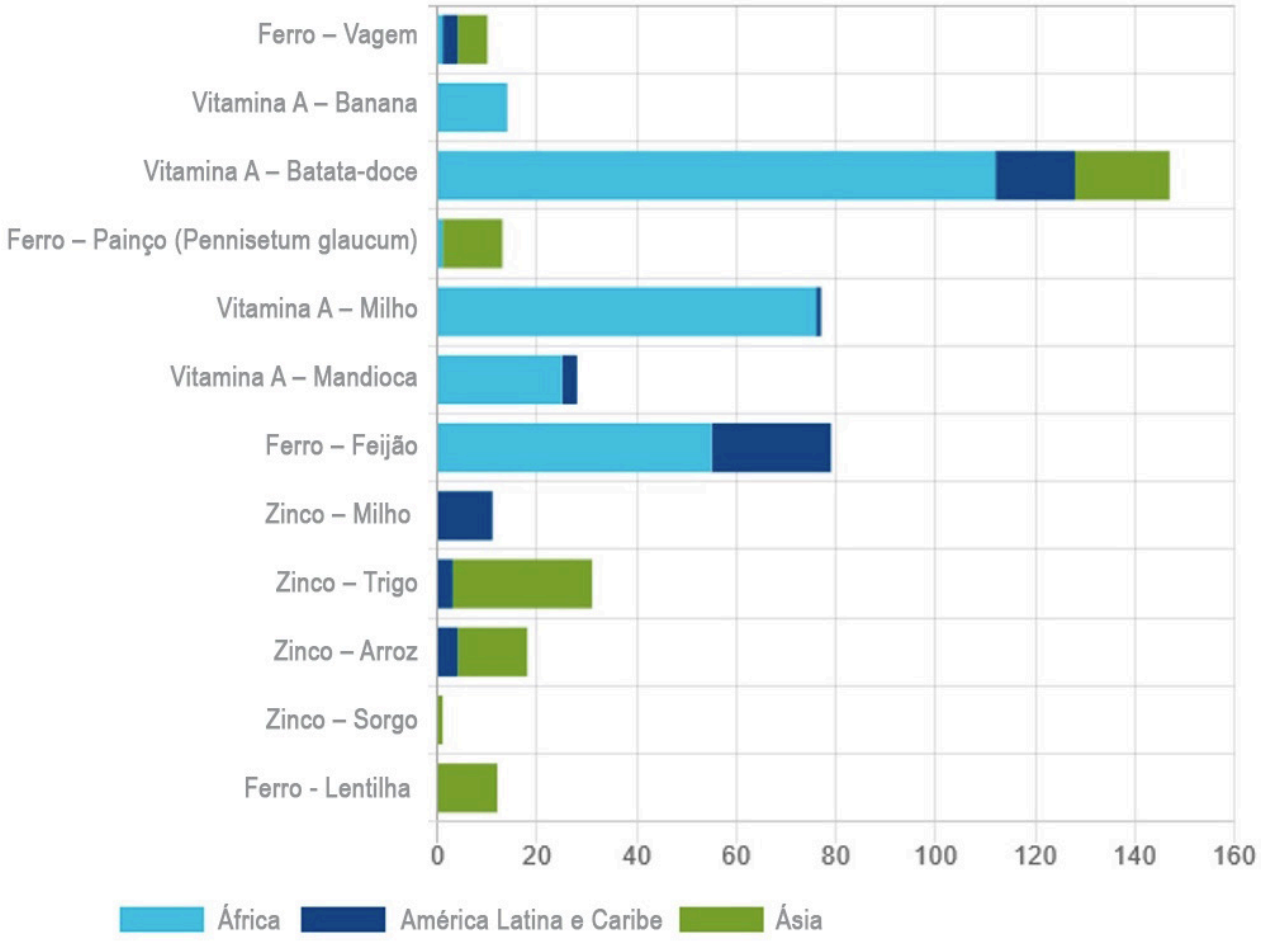
2.2. Culturas biofortificadas

Apesar dos avanços nos indicadores do ODS2 durante as últimas décadas, estima-se que cerca de 10% da população mundial esteja subnutrida. A subnutrição, ou seja, a falta de vitaminas e minerais essenciais exigidos pelo organismo para o crescimento e o desenvolvimento adequado, predomina também em muitas partes do mundo, com cerca de dois bilhões de pessoas sofrendo dessa mazela. Essa questão pode ter implicações graves

para a saúde, como o fraco desenvolvimento físico e mental das crianças, anemia, cegueira e perdas gerais de produtividade. As culturas biofortificadas, desenvolvidas através de técnicas de melhoramento convencional ou genético, são uma inovação fundamental para abordar essa questão, principalmente em contextos onde as pessoas têm acesso limitado a dietas diversas (Van Der Straeten et al., 2020).

A biofortificação foi capitaneada pelo programa de pesquisa HarvestPlus do CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), que desenvolveu variedades biofortificadas de culturas agrícolas de alimentos básicos na América Latina, África e Ásia (Figura 1). Estima-se que o HarvestPlus tenha beneficiado mais de 86 milhões de pessoas envolvidas em atividades de produção agrícola familiar, que cultivam as suas mais de 290 variedades de culturas básicas biofortificadas (Bouis e Saltzman, 2017; HarvestPlus, 2023). Essas culturas são uma solução direta para melhorar a nutrição e combater a subnutrição em populações vulneráveis (AT1). Além disso, as culturas biofortificadas desempenham um papel significativo na mudança dos padrões de consumo. Por promoverem escolhas alimentares mais saudáveis e aumentar a disponibilidade de alimentos ricos em nutrientes, essas culturas podem reduzir a demanda por fontes alimentares com utilização intensiva de recursos, apoiando uma transição para padrões de consumo mais sustentáveis (AT2). Além disso, as culturas biofortificadas podem ser cultivadas de forma que sejam mais resistentes a algumas pragas e doenças, reduzindo assim a necessidade de grandes quantidades de pesticidas, contribuindo para práticas mais sustentáveis (AT4).

Figura 1 – Número de variedades biofortificadas por região.



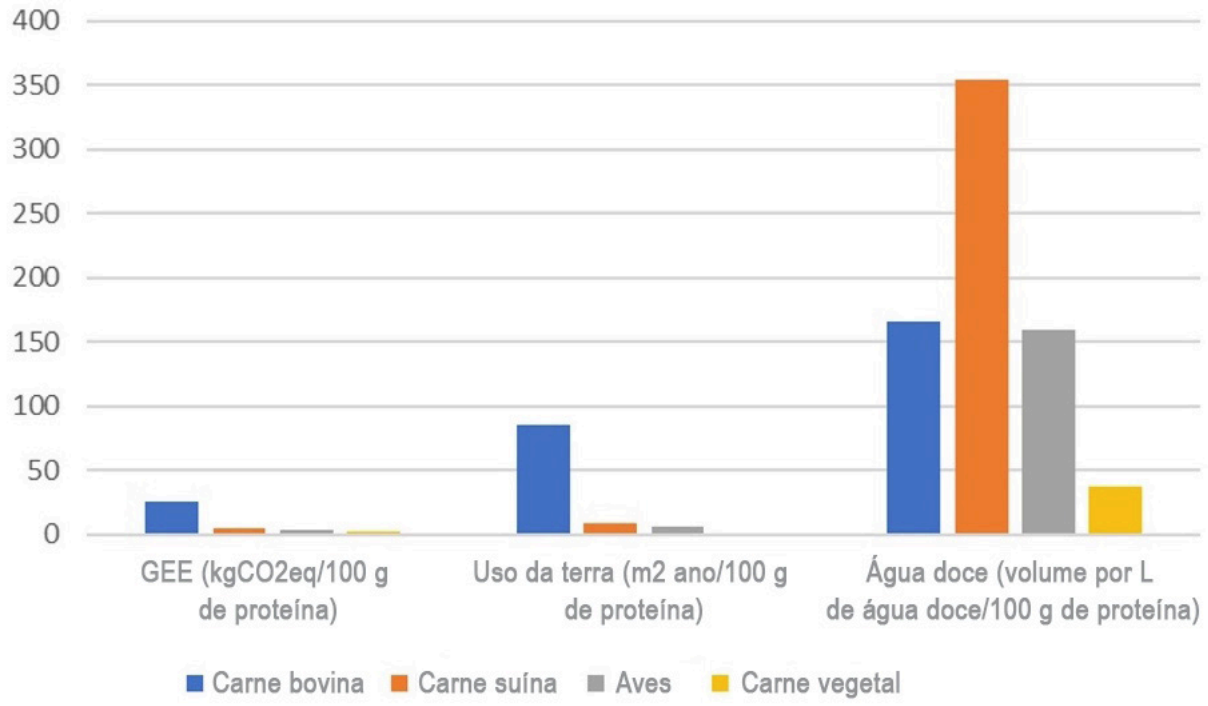
Fonte: HarvestPlus (2023).

2.3. Carne vegetal

O surgimento de substitutos da carne vegetal oferece uma série de benefícios em todas as vias de ação. Em comparação com a carne bovina, suína e de aves, a carne vegetal tem impactos ambientais significativamente menores (Figura 2). A despeito dos questionamentos relacionados ao fato de que a carne vegetal pode não conter o teor nutricional encontrado nos produtos de origem animal, pesquisas recentes mostraram que isso não procede, e que os principais produtos atualmente disponíveis no mercado têm um teor de micronutrientes comparável ao da carne bovina (Pingali et al., 2023). Portanto, esses produtos podem constituir uma opção segura e nutritiva aos consumidores com uma pegada ambiental muito menor, contribuindo tanto para a segurança alimentar através da diversificação das fontes de proteína (AT1) quanto para a mudança nos padrões de consumo (AT2). À medida que os consumidores forem optando por alternativas vegetais,

eles vão contribuindo para um sistema alimentar mais sustentável e ecologicamente consciente. Além disso, a redução na demanda por carne tradicional alivia a pressão sobre os recursos naturais, como a terra, a água e a biodiversidade. Por último, o crescimento do mercado de carnes vegetais gera emprego e incentiva a inovação na agricultura e no setor alimentar, propiciando maior equidade nos meios de vida e nas oportunidades econômicas (AT4).

Figura 2 – Impactos ambientais da carne vegetal.



Fonte: Elaboração própria com dados extraídos de Pingali et al. (2023).

1.4. Biocombustíveis

Tendo em vista que o setor energético é um dos principais fatores que contribuem para as emissões globais de GEE, a redução da dependência de energia fóssil é um componente importante para a descarbonização dos nossos sistemas alimentares. Os biocombustíveis têm o potencial de reduzir os custos de transporte e energia, tornando a distribuição de alimentos mais acessível e barata. Essa redução de custos pode beneficiar tanto os produtores quanto os consumidores, garantindo um acesso mais amplo a alimentos seguros e nutritivos (AT1). O cultivo de biomassa para biocombustíveis pode ser integrado a práticas agroflorestais e de gestão sustentável da terra. Essa integração promove uma abordagem positiva para a natureza, sequestrando carbono, melhorando a saúde do

solo e apoiando a biodiversidade (AT3). A produção de biocombustíveis também pode contribuir para a geração de empregos nas zonas rurais, proporcionando oportunidades econômicas e apoiando meios de vida equitativos, principalmente em regiões onde a produção agrícola desempenha um papel crucial na economia local (AT4). Além disso, por reduzirem a dependência dos combustíveis fósseis, que estão sujeitos à volatilidade dos preços e a problemas com abastecimento, os biocombustíveis podem aumentar a segurança e a resiliência energética, contribuindo para a resiliência global do sistema alimentar, garantindo a disponibilidade contínua de combustível para transporte e energia (AT5). Ainda assim, as políticas prévias relacionadas a biocombustíveis foram criticadas por contribuírem para aumentos dos preços dos alimentos e desmatamento como efeitos secundários indesejáveis (Havlík et al., 2011; Zilberman et al., 2013). Portanto, é importante garantir que a matéria-prima para a produção de biocombustíveis seja proveniente de sistemas de produção sustentáveis e de fluxos de biomassa (incluindo tecnologias de segunda e terceira geração) que não concorram com a produção de alimentos.

3. Desafios para a expansão

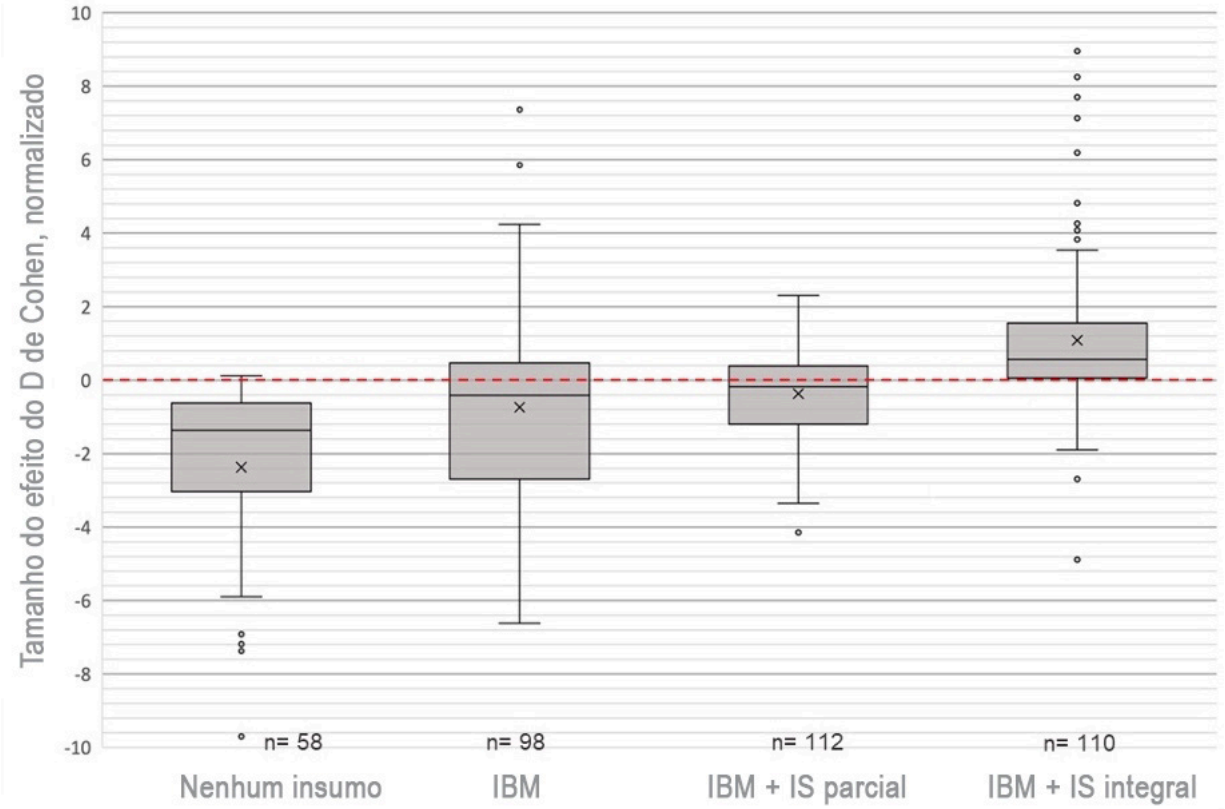
Em que pese o potencial dessas inovações bioeconômicas de contribuírem para sistemas alimentares sustentáveis, o nível de adoção ainda é baixo. Por exemplo, em 2019, os biocombustíveis ainda representavam apenas 0,7% de toda a energia consumida globalmente, e os bioinsumos representavam apenas uma fração do mercado global de insumos agrícolas. Embora cada tecnologia tenha suas particularidades e motivos para defasagem, destacamos três fatores importantes.

O primeiro é que algumas dessas tecnologias ainda carecem dos marcos regulatórios necessários para seu desenvolvimento, registro, controle de qualidade, comercialização e utilização. Regulamentos claramente definidos podem reduzir algumas das incertezas que os empreendedores enfrentam e esclarecer questões relacionadas à propriedade intelectual e à partilha de benefícios, o que é especialmente importante quando se trata de novas tecnologias baseadas em conhecimentos tradicionais e na biodiversidade local (Martinelli e Sellare, 2022), resultando em maiores investimentos nessas inovações, o que poderá, em última análise, levar a soluções mais baratas e mais eficazes, aumentando assim a aceitação e a adesão por parte dos consumidores. No entanto, marcos regulatórios concebidos com base em ideologias políticas podem ter o efeito exatamente oposto, aumentando os custos e, por vezes, banindo completamente algumas tecnologias. Essa questão é frequentemente debatida no contexto das culturas geneticamente modificadas (Van Der Straeten et al., 2020; Wu et al., 2021).

Em segundo lugar, se para algumas inovações bioeconômicas já temos décadas de evidências científicas que corroboram sua eficácia, para outras, as evidências são muito mais escassas e muitas vezes carecem de rigor. Claramente, é o caso dos insumos agrícolas. Embora existam diversos estudos que analisem os benefícios de bioinsumos específicos na produtividade, nos nutrientes do solo e na saúde das plantas, frequentemente, estes se baseiam em experiências em estufas ou em ensaios de campo controlados. Ainda faltam estudos realizados em contextos da "vida real" que se concentrem nos benefícios socioeconômicos. Ainda existe uma grande lacuna de conhecimento sobre os efeitos dos bioinsumos em cenários da "vida real" (Scherer, 2023). Apesar dessa lacuna de conhecimento, as evidências que temos disponíveis são bastante confusas. Por exemplo, a Figura 3 mostra que, quando comparados com sistemas agrícolas tradicionais que utilizam insumos sintéticos (IS), os insumos baseados em microbiomas (IBM) não têm um efeito

significativo nos rendimentos do milho, nem quando usados isoladamente, nem quando combinados com insumos sintéticos. A Figura também destaca a grande variação nos tamanhos dos efeitos encontrados na literatura. Essa incerteza e a falta de conhecimento suficiente sobre o desempenho social e econômico dos IBM foram identificadas como um dos principais motivos para as baixas taxas de adesão (Ploll et al., 2022). Além disso, é importante destacar que, para algumas tecnologias, ainda temos lacunas de conhecimento sobre como elas afetam algumas das vias de ação identificadas acima. Por exemplo, apesar dos possíveis benefícios dos biocombustíveis para a geração de emprego nas zonas rurais, evidências sobre este assunto são escassas (Bosch e Zeller, 2019).

Figura 3 – Efeitos dos insumos baseados em microbioma na produtividade do milho.



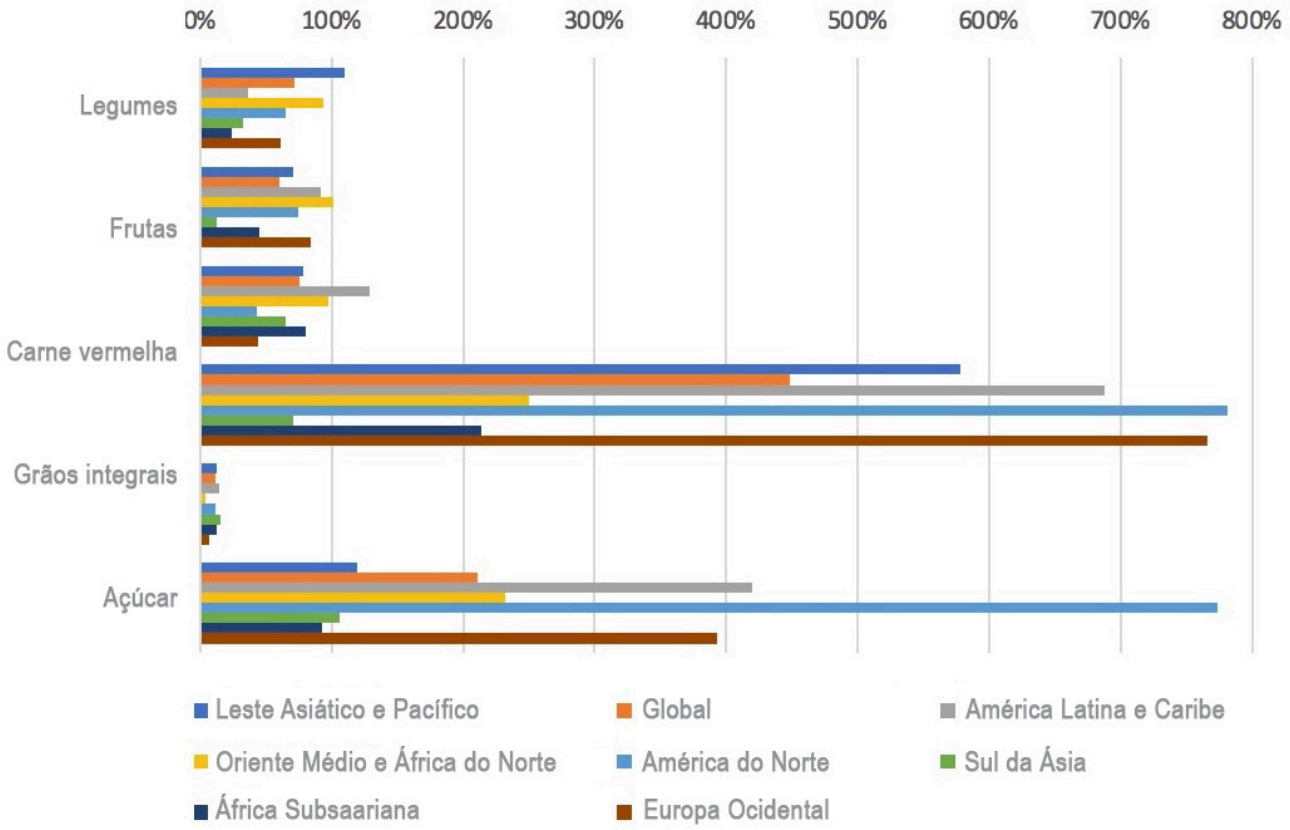
Observação: Os pontos representam os tamanhos dos efeitos encontrados em 40 estudos experimentais.

Fonte: Scherer (2023).

Um terceiro desafio para aumentar a adoção de algumas inovações bioeconômicas diz respeito às preferências dos consumidores. Embora a biofortificação de culturas básicas possa ter um papel importante na redução das deficiências de micronutrientes e a carne vegetal seja uma alternativa de baixo impacto aos produtos de origem animal, uma dieta saudável que forneça a ingestão calórica e de micronutrientes necessária deve ser composta por diversos grupos de alimentos. No entanto, observamos que o consumo

global de frutas e legumes, leguminosas e grãos integrais está abaixo da dieta de referência proposta pela Comissão EAT-Lancet (Willett et al., 2019), enquanto a carne vermelha e o açúcar são consumidos em excesso na maioria das regiões do mundo (Figura 4). A mudança alimentar é frequentemente mencionada como um requisito fundamental para reduzir os impactos negativos dos sistemas alimentares no meio ambiente e na saúde, mas concretizar essa mudança continua sendo um enorme desafio, uma vez que o consumo de alimentos está profundamente enraizado na cultura de cada região. Portanto, as inovações em produtos alimentares devem ser acompanhadas por iniciativas que favoreçam o consumo de produtos mais variados e nutritivos, tais como campanhas de conscientização, contratos de compra com escolas públicas e, por fim, políticas fiscais específicas (Cawley et al., 2019). No entanto, é importante notar que o apoio público à tributação da carne ainda é baixo e que as políticas fiscais podem ter um impacto negativo no bem-estar social das famílias de baixa renda se não forem concebidas adequadamente (Klenert et al., 2023; Perino e Schwickert, 2023).

Figura 4 – Lacuna alimentar entre os padrões alimentares em 2019 e a ingestão alimentar de referência.



Observação: As ingestões alimentares de referência foram extraídas de Willett et al. (2019).

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Global Burden of Disease Collaborative Network (2021).

4. A (possível) falácia dos meios de vida equitativos

Muito se tem dito sobre como a Bioeconomia pode criar muitas oportunidades de melhora nos meios de vida das populações do Hemisfério Sul. No entanto, até que ponto as inovações bioeconômicas podem contribuir para meios de subsistência mais equitativos, aumentando os rendimentos, distribuindo riscos, expandindo a inclusão e gerando empregos, continua sem resposta. A inovação tecnológica não é neutra; isto é, o processo de mudança técnica pode ser influenciado pelo capital, pelas competências e pela ampliação da mão-de-obra, o que beneficia diferentes segmentos da população (Acemoglu, 2002).

No contexto da Bioeconomia e da transformação dos sistemas alimentares, a crescente demanda por tecnologias que dependem de biomassa de alto volume e baixo valor poderá, num primeiro momento, criar novas oportunidades de mercado para os produtores, sem que estes tenham que fazer adaptações significativas nos seus sistemas de produção. É o caso dos biocombustíveis de primeira e até de segunda geração. No entanto, à medida que avançamos em direção a uma Bioeconomia totalmente modernizada, onde há a adoção generalizada de processos e tecnologias complexas baseadas em biomassa de baixo volume e alto valor, as oportunidades para os produtores enquanto fornecedores de biomassa tornam-se mais limitadas. As mudanças na estrutura organizacional das cadeias de valor induzidas pela introdução dessas novas tecnologias podem ter consequências importantes para a (re)distribuição do bem-estar social (Mac Clay e Sellare, 2022). Por exemplo, não sabemos como uma (hipotética) adoção generalizada de carne vegetal impactaria os diversos agentes envolvidos na indústria da carne bovina (Pingali et al., 2023) e ainda não está claro se a crescente concentração no setor global de sementes e biotecnologia resultará em elevação de preços (Deconinck, 2020). Tudo isso poderá ter consequências importantes para o acesso de grupos mais vulneráveis a essas inovações bioeconômicas e para a possibilidade desses grupos aproveitarem as novas oportunidades de negócios que surgirem do processo de mudança tecnológica.

5. Referências

Acemoglu, D., 2002. Technical Change, Inequality, and the Labor Market. Journal of Economic Literature 40, 7–72. https://doi.org/10.1257/0022051026976

Ben Hassen, T., El Bilali, H., 2022. Impacts of the Russia-Ukraine War on Global Food Security: Towards More Sustainable and Resilient Food Systems? Foods 11, 2301. https://doi.org/10.3390/foods11152301

Benton, T.G., Bieg, C., Harwatt, H., Pudasaini, R., Wellesley, L., 2021. Food system impacts on biodiversity loss: three levers for food system transformation in support of nature. Chatham House.

Berdegué, J.A., Trivelli, C., Corvalán, C., 2023. Creating more and better employment in agrifood systems. CGIAR Research Initiative on Rethinking Food Markets.

Bosch, C., Zeller, M., 2019. Large-scale biofuel production and food security of smallholders: Evidence from Jatropha in Madagascar. Food Sec. 11, 431–445. https://doi.org/10.1007/s12571-019-00904-3

Bouis, H.E., Saltzman, A., 2017. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. Global Food Security 12, 49–58. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009

Cawley, J., Thow, A.M., Wen, K., Frisvold, D., 2019. The Economics of Taxes on Sugar-Sweetened Beverages: A Review of the Effects on Prices, Sales, Cross-Border Shopping, and Consumption. Annual Review of Nutrition 39, 317–338. https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082018-124603

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F.N., Leip, A., 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food 2, 198–209. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9

Deconinck, K., 2020. Concentration in Seed and Biotech Markets: Extent, Causes, and Impacts. Annual Review of Resource Economics 12, 129–147. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102319-100751

Global Burden of Disease Collaborative Network, 2021. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Dietary Risk Exposure Estimates 1990-2019. https://doi.org/10.6069/CK3C-DY06

HarvestPlus, 2023. Accelerating Nutrition For a Food Systems Transformation 2022 Annual Report. HarvestPlus.

Havlík, P., Schneider, U.A., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., Cara, S.D., Kindermann, G., Kraxner, F., Leduc, S., McCallum, I., Mosnier, A., Sauer, T., Obersteiner, M., 2011. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. Energy Policy, Sustainability of biofuels 39, 5690–5702. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.030

Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R., Hall, A., Lee, B., Nyborg, K., Pradhan, P., Bonnett, G.D., Bryan, B.A., Campbell, B.M., Christensen, S., Clark, M., Cook, M.T., de Boer, I.J.M., Downs, C., Dizyee, K., Folberth, C., Godde, C.M., Gerber, J.S., Grundy, M., Havlik, P., Jarvis, A., King, R., Loboguerrero, A.M., Lopes, M.A., McIntyre, C.L., Naylor, R., Navarro, J., Obersteiner, M., Parodi, A., Peoples, M.B., Pikaar, I., Popp, A., Rockström, J., Robertson, M.J., Smith, P., Stehfest, E., Swain, S.M., Valin, H., van Wijk, M., van Zanten, H.H.E., Vermeulen, S., Vervoort, J., West, P.C., 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. Nat Food 1, 266–272. https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1

Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Bodirsky, B.L., Pradhan, P., Barrett, C.B., Benton, T.G., Hall, A., Pikaar, I., Bogard, J.R., Bonnett, G.D., Bryan, B.A., Campbell, B.M., Christensen, S., Clark, M., Fanzo, J., Godde, C.M., Jarvis, A., Loboguerrero, A.M., Mathys, A., McIntyre, C.L., Naylor, R.L., Nelson, R., Obersteiner, M., Parodi, A., Popp, A., Ricketts, K., Smith, P., Valin, H., Vermeulen, S.J., Vervoort,

J., Wijk, M. van, Zanten, H.H. van, West, P.C., Wood, S.A., Rockström, J., 2021. Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. The Lancet Planetary Health 5, e50–e62. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30277-1

Klenert, D., Funke, F., Cai, M., 2023. Meat taxes in Europe can be designed to avoid overburdening low-income consumers. Nat Food 4, 894–901. https://doi.org/10.1038/s43016-023-00849-z

Mac Clay, P., Sellare, J., 2022. Value chain transformations in the transition to a sustainable bioeconomy. ZEF Discussion Papers on Development Policy. https://doi.org/10.22004/ag.econ.323957

Martinelli, F.S., Sellare, J., 2022. Bio-inputs for Sustainable Agriculture in South America, Agricultural Policies in Debate.

Perino, G., Schwickert, H., 2023. Animal welfare is a stronger determinant of public support for meat taxation than climate change mitigation in Germany. Nat Food 4, 160–169. https://doi.org/10.1038/s43016-023-00696-y

Pingali, P., Boiteau, J., Choudhry, A., Hall, A., 2023. Making meat and milk from plants: A review of plant-based food for human and planetary health. World Development 170, 106316. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106316

Ploll, U., Arato, M., Börner, J., Hartmann, M., 2022. Sustainable Innovations: A Qualitative Study on Farmers' Perceptions Driving the Diffusion of Beneficial Soil Microbes in Germany and the UK. Sustainability 14, 5749. https://doi.org/10.3390/su14105749

Scherer, S.F., 2023. Microbial-based inputs and their potential to substitute synthetic inputs in maize production systems (Master thesis). University of Bonn, Bonn.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W., 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. Nature 562, 519–525. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0

Trigo, E., Chavarria, H., Pray, C., Smyth, S.J., Torroba, A., Wesseler, J., Zilberman, D., Martinez, J.F., 2021. The Bioeconomy and Food Systems Transformation. Food Systems Summit Brief. https://doi.org/10.48565/scfss2021-w513

Van Der Straeten, D., Bhullar, N.K., De Steur, H., Gruissem, W., MacKenzie, D., Pfeiffer, W., Qaim, M., Slamet-Loedin, I., Strobbe, S., Tohme, J., Trijatmiko, K.R., Vanderschuren, H., Van Montagu, M., Zhang, C., Bouis, H., 2020. Multiplying the efficiency and impact of biofortification through metabolic engineering. Nat Commun 11, 5203. https://doi.org/10.1038/s41467-020-19020-4

Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O., Hassan, M.H.A. (Eds.), 2023. Science and Innovations for Food Systems Transformation. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., Vries, W.D., Sibanda, L.M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Reddy, K.S., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J.L., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet 393, 447–492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4

Wu, F., Wesseler, J., Zilberman, D., Russell, R.M., Chen, C., Dubock, A.C., 2021. Allow Golden Rice to save lives. Proceedings of the National Academy of Sciences 118, e2120901118. https://doi.org/10.1073/pnas.2120901118

Zilberman, D., Hochman, G., Rajagopal, D., Sexton, S., Timilsina, G., 2013. The Impact of Biofuels on Commodity Food Prices: Assessment of Findings. American Journal of Agricultural Economics 95, 275–281. https://doi.org/10.1093/ajae/aas037

Expediente

Autor
Jorge Sellare, Fernanda Martinelli, Jan Börner

Projeto gráfico
Contexto Gráfico

Capa e paginação
Scriptorium design,
Kenia de Aguiar Ribeiro

Publicação
Diálogo Agropolítico
Brasil - Alemanha (APD)

Coordenação editorial
Gleice Mere, Ingo Melchers e
Carlos Alberto dos Santos

Foto da capa
Freepik.com