Impactos na saúde e no meio ambiente dos principais alimentos consumidos nos sistemas alimentares regionais do Brasil

Marhya Júlia Silva Leite [1], Lucas de Almeida Moura [1], Eduardo De Carli [1], Dirce Maria Lobo Marchioni [1], Olivier Jolliet [2], Eliseu Verly Junior [3] and Aline Martins de Carvalho [1,*]

[1] Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo 01246-904, Brasil; marhyajulialeite@usp.br (M.J.S.L.); lucasdemoura@usp.br (L.d.A.M.); edecarli@usp.br (E.D.C.); marchioni@usp.br (D.M.L.M.)
[2] Departamento de Engenharia Ambiental e de Recursos, Universidade Técnica da Dinamarca (DTU), Copenhagen 2800, Dinamarca; ojoll@dtu.dk
[3] Departamento de Epidemiologia, Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro 20550-900, Brasil; eliseujunior@gmail.com
* Correspondência: alinenutri@usp.br; Tel.: (11) 30617851

Resumo: Este estudo examina a relação entre os 1.141 alimentos mais consumidos no Brasil e seus impactos individuais e combinados na saúde e no meio ambiente. Os alimentos foram analisados em diferentes grupos de sistemas alimentares, com base na carga de saúde (DALYs) em minutos de vida saudável, utilizando o Índice Nutricional de Saúde (HENI), emissões de gases com efeito de estufa e utilização de água. Os alimentos mais consumidos foram os produtos in natura, como arroz, feijão e carne, e alguns produtos ultraprocessados, como biscoitos e refrigerantes. Nossos resultados revelaram um HENI médio de -5,89 min, com valores variando de -39,69 min de vida saudável (biscoitos recheados) a 17,22 min (peixes de água doce). Os produtos de origem animal, especialmente a carne vermelha, tiveram os custos ambientais mais elevados, contribuindo significativamente para as emissões de gases com efeito de estufa e para a utilização da água. Em contraste, os alimentos à base de plantas, como feijões e frutas, tiveram melhores pontuações HENI e menores impactos ambientais. Descobrimos também que as emissões de gases de efeito estufa atingiram até 21,3 kg CO_2eq (prato de carne bovina) e o consumo de água atingiu o pico de 306,1 L (pizza de mussarela). Nossas descobertas fornecem informações valiosas sobre as consequências reais das escolhas alimentares individuais e institucionais, demonstrando seus impactos mensuráveis na saúde e no meio ambiente. Ao ir além dos pressupostos teóricos, esta evidência reforça a defesa da integração da sustentabilidade nas políticas alimentares públicas, incluindo orientações dietéticas que considerem as especificidades regionais e as preocupações ambientais, juntamente com as recomendações nutricionais.

Palavras-chave: impacto na saúde; impacto ambiental; anos de vida ajustados por incapacidade; alimentos ultraprocessados; Brasil; sistemas alimentares; sustentabilidade

1. Introdução

Atualmente, as alterações climáticas, a obesidade e a subnutrição caracterizam uma sindemia global que representa um dos maiores desafios da era moderna, pois ameaça a segurança alimentar e nutricional global [1]. Este cenário realça a contradição entre sistemas agrícolas saudáveis e sustentáveis e a expansão do agronegócio e das grandes indústrias alimentares, mostrando que os sistemas alimentares são um dos principais motores da sindemia global. Utilizando o Painel de Especialistas de Alto Nível (2017), uma estrutura de sistema alimentar, os sistemas alimentares podem ser entendidos

como compreendendo quatro componentes interligados: produção de alimentos, ambientes alimentares, consumo de alimentos e seus impactos na saúde e no meio ambiente [2].

Em termos de produção de alimentos, em 2022, o Brasil emitiu um total de 2,3 milhões de toneladas de CO_2 equivalente, sendo a produção pecuária responsável por 77,6% dos gases de efeito estufa do sistema alimentar, tornando o país um dos maiores emissores globais, especialmente na Amazônia Legal, onde o desmatamento é impulsionado pela pecuária [3,4]. Desde 2019, o desmatamento na Amazônia ultrapassou 10.000 km2 anualmente, intensificando ainda mais as preocupações ambientais relacionadas ao uso da terra e às emissões. Dados de 1985 a 2019 indicam uma área total desmatada de aproximadamente 10,2% da Amazônia, destacando a significativa conversão de terras ao longo das décadas e suas implicações ambientais [3,4].

Em relação à parte de consumo do sistema alimentar brasileiro, a carne bovina é altamente consumida e responde por 86% da pegada de carbono da dieta, além de ser responsável por 90% do uso da terra, 77% da eutrofização e 26% do uso de água associado à produção de alimentos em 2017 [5]. Só o agronegócio utiliza cerca de 71% dos recursos hídricos do país [6], sendo a carne bovina o alimento de maior impacto ambiental, tanto em termos de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), incluindo dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH4), quanto no uso de água [7].

Além disso, estudos sobre a dieta brasileira mostram que, apesar do alto consumo de alimentos não processados, há um aumento no consumo de alimentos ultraprocessados, que representam 20% das calorias consumidas pela população brasileira [8–11]. Esta tendência tem implicações significativas para a saúde, uma vez que as doenças não transmissíveis (DNT) são a principal causa de morte em todo o mundo, sendo responsáveis por 74% das mortes globais em 2019 [12]. No Brasil, 52% dos brasileiros têm pelo menos uma DCNT, com 14% das mortes e 8% dos Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (DALYs) atribuídos a fatores dietéticos, de acordo com a Carga Global de Doenças (2019) [12]. Além disso, os alimentos ultraprocessados foram associados a 11% das mortes prematuras em adultos com idades entre 30 e 69 anos no mesmo ano [13]. Estas estatísticas destacam o papel significativo da dieta na definição dos resultados de saúde e sublinham a necessidade urgente de estratégias para promover hábitos alimentares mais saudáveis.

Embora tenham sido feitos esforços consideráveis para analisar os impactos das dietas na saúde e no ambiente, poucos estudos integraram estas dimensões em índices alimentares abrangentes, particularmente em regiões como o Sul Global [14]. Na América Latina, e especificamente no Brasil, ainda existe uma lacuna significativa no uso de métricas quantitativas para avaliar, em particular, os impactos ambientais das dietas. A maioria dos índices existentes, como o Índice Nutricional em Saúde (HENI) [15], foram desenvolvidos principalmente em países de alta renda e podem não refletir adequadamente as especificidades dos sistemas alimentares e padrões de consumo brasileiros [16,17].

Respondendo a essa lacuna, o presente estudo busca adaptar, pela primeira vez, um índice nutricional baseado nos alimentos mais consumidos nos quatro principais sistemas alimentares regionais do Brasil. Ao aplicar a metodologia HENI neste contexto e incorporar métricas de saúde e ambientais, a nossa investigação fornece uma perspectiva nova, oferecendo uma avaliação mais representativa dos impactos das escolhas alimentares no país. Esta abordagem vincula a dieta aos efeitos ambientais e à saúde. Dada a má qualidade da dieta brasileira [18], juntamente com suas implicações negativas bem documentadas para a saúde e o meio ambiente, há uma necessidade urgente de ferramentas que possam apoiar o desenvolvimento de políticas alimentares mais sustentáveis. Nosso estudo tem como objetivo examinar a relação entre os alimentos mais consumidos em diferentes partes do Brasil e seus impactos individuais e

combinados na saúde e no meio ambiente. Em última análise, esta investigação procura promover uma transição gradual para dietas que melhorem tanto o bem-estar individual como a sustentabilidade ambiental.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste estudo, foi adaptado o impacto do Índice de Nutrição em Saúde (HENI), utilizando estimativas do impacto ambiental da dieta, incluindo emissões de gases de efeito estufa (kg de equivalentes de CO_2) e uso de água (L), com base na metodologia proposta por Stylianou et al. (2021) [15]. Esta abordagem combina indicadores nutricionais e ambientais para identificar alimentos que sejam ambientalmente sustentáveis e promovam a saúde [15].

Para calcular o HENI deste estudo, a carga líquida benéfica ou prejudicial à saúde foi determinada em termos de minutos de vida saudável vinculados ao tamanho médio das porções dos alimentos mais consumidos no Brasil, considerando a demografia e as condições de saúde da população brasileira. A pesquisa utilizou dados do banco de dados de consumo de alimentos da população brasileira derivados da Pesquisa de Orçamentos Familiares – Pesquisa Nacional de Alimentação (INA 2017–2018) [16], da classificação Nova de processamento de alimentos [19], da classificação dos sistemas alimentares regionais brasileiros identificados pelo Índice Multidimensional Brasileiro de Sistemas Alimentares Sustentáveis (MISFS-R) [20] e de parâmetros ambientais relacionados ao uso da água e às emissões de gases de efeito estufa provenientes da produção de alimentos no Brasil [21].

2.1. Estimativa do Índice Nutricional em Saúde Brasileiro

O índice utiliza parâmetros da Carga Global de Doenças (GBD) [12], que correlaciona as escolhas alimentares com a mortalidade por doenças, com base em 15 fatores de risco alimentares: frutas; vegetais; leguminosas; grãos integrais; nozes e sementes; fibra; cálcio; ácidos graxos ômega-3; ácidos graxos poliinsaturados; e leite, além de altos teores de carne vermelha; carne processada; sódio; gorduras trans; e bebidas açucaradas.

Os alimentos recebem pontuações que indicam o seu impacto na saúde: pontuações positivas representam alimentos que contribuem para aumentar os minutos de vida saudável, enquanto pontuações negativas estão associadas a potenciais riscos para a saúde a longo prazo.

2.1.1. Procedimento de cálculo

O cálculo e o raciocínio foram apresentados pela primeira vez por Stylianou et al. (2021) com base no quadro GBD de 2019. Os Fatores de Risco Dietéticos (DRFs) foram avaliados usando uma abordagem comparativa de avaliação de risco adaptada para ajustes marginais no consumo de alimentos (exposição) relacionados à adição ou remoção de itens alimentares específicos da dieta [15,22]. O processo de cálculo dos DRFs incluiu várias etapas: estabelecimento de relações dose-resposta, determinação dos níveis basais de exposição e avaliação dos fatores de risco dietéticos. Esse método foi específico para sexo e faixas etárias para estimar com maior precisão a exposição de um indivíduo aos riscos alimentares, reconhecendo que cada pessoa possui um padrão alimentar distinto.

Determinando os níveis básicos de exposição

Os níveis médios de exposição específicos por idade e sexo para 15 riscos alimentares foram derivados da Pesquisa Alimentar Nacional de 2017–2018 (INA 2017–2018) [16]. A pesquisa abrange 46.164 indivíduos com mais de 10 anos em todas as

regiões do país. O consumo alimentar foi coletado por meio de dois recordatórios de 24 horas não consecutivos.

Cálculo de fatores de risco dietéticos

Os DRFs propostos por Stylianou et al. (2021) [15] foram modificados para levar em conta a não linearidade na relação dose-resposta para riscos relativos (RRs). As DRFs para cada componente dietético foram calculadas conforme a Equação (1):

$$DRF = \frac{RR_x - 1}{x} \bullet \frac{\mu BR}{\sum P_x RR_x} \quad (1)$$

Onde x representa o nível de exposição; RR é o risco relativo no nível de exposição x; P indica a população no nível de exposição x; e μBR é a taxa de carga convertida em microDALYs (μBR = (BR/100.000/365,25) × 106). Aqui, BR representa a taxa de sobrecarga (por 100 mil indivíduos). Essa equação foi aplicada a cada grupo idade-sexo no Brasil para cada par dieta-doença. A DRF global foi calculada como a média da DRF específica para idade e sexo, ponderada pelo tamanho da população.

Para o sódio, os DRFs abrangem tanto efeitos diretos à saúde (como câncer de estômago) quanto efeitos indiretos mediados pela pressão arterial sistólica (PAS) elevada, com idade, raça e estado de hipertensão atuando como modificadores de efeito (Equação (1)).

Carga de Doença

O Índice Nutricional de Saúde (HENI) para um item alimentar é uma medida recalculada do total de Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (DALYs) associados aos componentes de risco dietético, expressos como DALYs por grama desses componentes [15]. Os DALYs quantificam a soma dos anos perdidos devido à mortalidade prematura, redução da saúde ou incapacidade causada pela exposição a fatores de risco, tais como riscos alimentares. Esses riscos alimentares incluem cálcio, fibras, ácidos graxos ômega-3 derivados de frutos do mar, gorduras poliinsaturadas, gorduras trans, sódio, frutas, vegetais, leite, legumes, nozes e sementes, carne vermelha, carne processada e grãos integrais. Os dados sobre DALYs relacionados a níveis de ingestão insuficientes ou excessivos desses componentes foram provenientes do estudo Global Burden of Disease (GBD) [12].

O HENI mede os minutos de vida saudável ganhos ou perdidos devido a uma mudança marginal no conteúdo dos componentes de risco dietético da dieta de um adulto, partindo do pressuposto de que os efeitos de múltiplos riscos alimentares são independentes e aditivos e que os componentes não abordados pelo estudo GBD têm efeitos neutros na saúde. Esta metodologia foi adaptada de Stylianou et al. (2021) [15], incorporando dados históricos atualizados, incluindo os riscos relativos do GBD de 2019, e aplicando taxas de encargos específicas para a população brasileira em vez das taxas dos EUA.

O cálculo dos escores HENI envolveu três etapas principais: (1) estimar os Fatores de Risco Dietéticos (DRFs) para a população brasileira usando taxas de carga específicas da doença; (2) determinar o conteúdo de fatores de risco de alimentos individuais com base no banco de dados GBD (2019) [12]; e (3) multiplicar os DRFs pelo conteúdo do fator de risco para calcular o HENI para cada item alimentar. Os DRFs foram derivados usando otimização não linear para estabelecer curvas dose-resposta ideais com base em 81 riscos relativos específicos de risco-resultado do GBD. Isto permitiu o cálculo da alteração no risco de doença por grama de ingestão de componentes de risco na dieta. Esses resultados foram combinados com as taxas de carga (expressas em μDALYs por 100.000 pessoas por ano) para cada doença correspondente no Brasil para gerar DRFs, refletindo os μDALYs perdidos ou ganhos por grama de ingestão de componentes de risco na dieta.

Cada fator de risco dietético (DRF) foi multiplicado pela quantidade do respectivo componente de risco (em gramas) presente no tamanho médio da porção do alimento analisado (por exemplo, o teor de sódio em uma porção média de arroz). Em seguida, os riscos foram agregados e a estimativa líquida foi convertida de μDALYs em minutos de vida saudável usando a fórmula de conversão (1μDALY = 1 ano de vida saudável perdido × 365 dias × 24 horas × 60 min × 10-6 = −0,53 min de vida saudável), resultando no escore HENI específico para alimentos (Figura S1 nos Materiais Suplementares).

2.2. Alimentos mais consumidos

Banco de dados de alimentos e nutrientes

Um total de 2.534 alimentos foram referenciados no Inquérito Alimentar Nacional (INA) 2017–2018, incluindo sinônimos e diferentes métodos de preparação para 1.279 alimentos/bebidas únicos. Após agrupar sinônimos e consolidar variações, a lista utilizada com base nesses dados secundários foi refinada para um total de 1.141 alimentos e bebidas distintos. Para alinhar a composição desses alimentos às definições e unidades de medida dos nove grupos de alimentos (frutas, verduras, legumes, grãos integrais, sementes, leite, carne vermelha, carnes processadas e bebidas açucaradas) e seis nutrientes (fibra, cálcio, ômega-3 de peixe, ácidos graxos poliinsaturados – ômega-6, ácidos graxos trans e sódio) considerados fatores de risco dietético pela Global Burden of Disease, foram utilizados os bancos de dados nutricionais e as receitas padronizadas da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). 7.1 foram utilizados [23]. Isto facilitou a decomposição de preparações culinárias e produtos processados, quando necessário, em seus respectivos ingredientes [24,25].

Adotando metodologia semelhante à descrita por Fulgoni et al. (2018) e Stylianou et al. (2021), foi calculada a massa proporcional de cada grupo alimentar (g) e nutriente (g ou mg) por tamanho médio de porção/g de alimentos [15,26]. O GBD relata separadamente os efeitos das fibras de frutas, vegetais, legumes e grãos integrais, bem como das fibras de outras fontes, visto que demonstram relações distintas com os resultados de saúde analisados [27]. Consequentemente, calculamos as fibras totais como a fração derivada de alimentos/ingredientes não considerados frutas, vegetais, legumes e grãos integrais para evitar a dupla contagem dos efeitos desses últimos componentes [26]. Em particular, dados sobre ácidos graxos ômega-6, eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) – ômega-3 de peixe – em alimentos/ingredientes brasileiros não estavam disponíveis no TBCA 7.1. Assim, os valores do banco de dados do Sistema de Dados Nutricionais para Pesquisa dos EUA (NDSR versão 2008) foram emprestados para itens equivalentes do TBCA 7.1, após ajustes para diferenças entre as fontes nacionais e internacionais em relação ao conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) em alimentos/ingredientes [22].

Para identificar os alimentos mais consumidos no Brasil, estimou-se a contribuição de cada alimento/bebida único para a ingestão energética diária total para a população brasileira em geral, bem como para os quatro principais sistemas alimentares regionais do país (explicados na Seção 2.4), utilizando a abordagem proposta por Block et al. (1985) [28]. Os 20 itens alimentares com as maiores contribuições individuais cumulativas para a ingestão total de energia foram então selecionados para análises HENI mais detalhadas. Os valores HENI foram relatados por porção padrão de alimento/bebida, que foi calculada como a mediana (P50) da quantidade relatada do tamanho da porção para cada item alimentar em cada ocasião de consumo, considerando a primeira medição do recordatório alimentar de 24 horas do INA 2017–2018 [16]. Todas as análises para identificação do aporte energético e tamanho das porções dos alimentos foram realizadas com pesos, considerando a complexidade amostral da pesquisa.

Os alimentos e ingredientes consumidos pela população brasileira, segundo o INA 2017–2018 [16], foram classificados segundo a classificação Nova [19] após serem

diferenciados em receitas e não receitas de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) [23].

A classificação Nova [19] categoriza os alimentos em quatro grupos: in natura e minimamente processados, ingredientes culinários, processados e ultraprocessados. Essa estratificação de alimentos foi construída com base no grau de processamento desses alimentos, visando classificá-los de acordo com seu uso culinário, forma de consumo e impacto na saúde, conforme demonstrado na classificação Nova de alimentos [19].

Nesse contexto, alimentos in natura e minimamente processados são aqueles que não sofrem modificações significativas, apresentando apenas, como sugere sua definição, processos mínimos, representados por frutas, verduras, legumes, leguminosas, carnes, etc. O segundo grupo engloba ingredientes culinários, que são utilizados no preparo dos alimentos, como sal, açúcar e óleos. Os alimentos processados, por sua vez, apresentam algum grau de processamento por meio da implementação de técnicas culinárias e do uso de ingredientes culinários, como ocorre em queijos e pães. Por fim, os alimentos ultraprocessados alcançam maior grau de processamento e se desprendem de sua matriz alimentar original, caracterizando-se pelo uso excessivo de ingredientes culinários e aditivos, como aqueles utilizados para melhorar suas propriedades organolépticas [29].

2.3. Impacto Ambiental

Para calcular os impactos ambientais associados à produção de alimentos, foi inicialmente aplicado um fator de ajuste a cada item alimentar relatado nos recalls de alimentos para contabilizar as partes não comestíveis (como sementes, cascas e ossos). Posteriormente, os alimentos consumidos foram agrupados em 53 categorias de alimentos, como laticínios, peixes e frutas e vegetais, conforme descrito no Relatório WWF – Dobrando a Curva: O Poder Restaurador das Dietas Baseadas no Planeta [21]. Em seguida, multiplicamos a quantidade de alimentos crus consumidos (incluindo cascas e sementes) pelos valores de impacto ambiental apresentados no Relatório do WWF, que leva em consideração os alimentos produzidos internamente e importados no Brasil, abrangendo emissões de gases de efeito estufa (kg de equivalentes de CO_2) e uso de água (L). Esta estimativa foi ajustada dividindo os resultados por 1000, uma vez que as métricas do Relatório WWF são baseadas em 1000 g de alimentos crus [21].

2.4. Sistemas Alimentares Brasileiros

Os alimentos são analisados em quatro clusters de sistemas alimentares usando o Índice Multidimensional Brasileiro de Sistemas Alimentares Sustentáveis (MISFS-R). Este índice visa analisar de forma abrangente o sistema por meio de 46 indicadores nutricionais, sociais, econômicos e ambientais em diferentes estados brasileiros, identificando quatro principais sistemas alimentares regionais que compartilham desempenho semelhante entre esses indicadores, usando agrupamento K-means [20,30]. Foram selecionados alimentos que contribuem com mais de 0,5% da energia total consumida pela população em geral, e especificamente dentro dos quatro clusters.

Os clusters foram nomeados com base em elementos definidores. Por exemplo, o Cluster A, que inclui os estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, foi designado como Cinturão Agrícola devido à forte presença de atividades de produção agrícola e pecuária, que apresentam o pior desempenho nos indicadores ambientais. Da mesma forma, os demais clusters foram definidos da seguinte forma: Cluster B – Pólo Econômico Central, composto por Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, caracterizado pelo melhor índice geral e forte desempenho nos domínios do sistema alimentar, mas também exibindo as mais altas taxas de desigualdade com base em sexo e raça nas áreas rurais, bem como aumento do uso de pesticidas. Este grupo é o segundo mais elevado em termos de incidentes relatados de envenenamento por pesticidas na agricultura; Cluster C – Eixo Latente de Desenvolvimento, composto por Maranhão,

Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Sergipe e Alagoas, que apresenta a menor pontuação em indicadores nutricionais, de renda e de produtividade; e Cluster D – Fronteira de Vulnerabilidade, formado por Pará, Amazonas, Roraima e Amapá, caracterizado por um cenário de insegurança alimentar, com menor diversidade alimentar devido à redução do acesso e da disponibilidade de alimentos. Os estados dentro deste cluster apresentam uma carga maior de desnutrição infantil crônica (Figura S2 nos Materiais Suplementares).

2.5. Análise de dados

Foi utilizado o software de planilha eletrônica Microsoft Excel® versão 2021 para realizar análises descritivas dos dados, enquanto os pacotes de software Stata® versão 17 e R® versão 4.5.0 foram empregados para a criação de representações gráficas para facilitar a análise estatística e exploratória dos dados.

A simulação de Monte Carlo foi utilizada para quantificar a incerteza nos DRFs, levando em consideração as incertezas na ingestão alimentar, carga de doenças e RR nas estimativas finais. Para cada combinação idade-sexo-exposição-risco-resultado, realizamos 500 sorteios das distribuições amostrais de RR e das distribuições de incerteza da ingestão alimentar, carga de doenças e tamanho da população (supostamente normal). Esses sorteios foram usados para gerar 500 iterações com estimativas de interesse para cada grupo idade-sexo, a partir das quais reportamos os percentis 2,5 e 97,5 (intervalo de incerteza de 95%). Essas análises foram realizadas no software SAS, versão 9.4.

Além disso, as conclusões globais para todo o país foram analisadas com base no seu impacto nutricional e ambiental, bem como por nível de processamento de alimentos.

3. Resultados

3.1. Brasil

O Índice Nutricional de Saúde Brasileiro (HENI) foi estimado para 1.141 alimentos consumidos pela população brasileira, classificando-os em termos de minutos de vida perdidos (HENI negativo) ou ganhos (HENI positivo) por incapacidade. Além disso, também foi estimado o impacto ambiental desses alimentos, resultando em um ranking dos alimentos de cada região que contribuíram com mais de 0,5% da ingestão energética (Tabela S1 dos Materiais Suplementares).

Quando classificados por contribuição percentual para a ingestão energética, 33 alimentos foram identificados como contribuindo com mais de 0,5% para a dieta dos brasileiros. Esses alimentos juntos representaram 68,68% da ingestão energética total. Entre eles, os alimentos não processados contribuíram com 39,47%, os ingredientes culinários contribuíram com 6,08%, os alimentos processados contribuíram com 8,64%, os alimentos ultraprocessados contribuíram com 8,93% e as preparações culinárias contribuíram com 5,56%. Estas percentagens estão aninhadas na contribuição total dos 33 alimentos. No geral, entre esses 33 alimentos, os cinco itens que mais contribuíram significativamente para a ingestão energética no país foram os alimentos não processados, nomeadamente arroz, carne bovina, feijão, frango e carne suína.

Além disso, sete alimentos foram classificados como ultraprocessados, representando 13,00% da ingestão média diária de energia. Os alimentos ultraprocessados tiveram um HENI médio de -16,61 min, variando de -39,69 min de vida (biscoitos recheados) a 0,37 min de vida (leite achocolatado pronto para beber). Entre os 33 alimentos mais consumidos no Brasil (Tabela 1), aqueles associados à maior perda de minutos de vida saudável foram alimentos ultraprocessados e carnes, como biscoitos recheados (-39,69 min); carne de porco (-36,09 min); margarina com ou sem sal (−24,76

min); carne bovina (-21,86 min); e biscoitos salgados (-19,48 min). Os alimentos com melhores benefícios à saúde foram peixes de água doce (17,22 min); banana (8,08 min); feijão (6,53 min); e arroz com feijão (2,11 min).

Tabela 1. Alimentos que contribuem com mais de 0,5% da energia total consumida pela população brasileira, classificados de acordo com a classificação Nova, juntamente com seus respectivos valores HENI, emissões de dióxido de carbono (em kg CO_2eq), consumo de água (em litros) e consumo médio (em gramas).

Classificação Nova	Alimento	Contribuição Calórica (kcal)	Tamanho Médio da Porção (g)	HENI (′)	GHG (kg CO_2eq)	Uso de Água (L)
In natura ou minimamente processado	Arroz	10.36	119.63	−1.30	0.20	102.60
	Carne bovina	6.82	91.17	−21.86	16.40	76.30
	Feijões	6.43	168.07	6.53	0.00	0.00
	Frango	5.55	116.69	−3.88	1.40	33.90
	Carne de porco	2.43	215.59	−36.09	3.40	189.50
	Macarrão	1.54	131.18	−3.27	0.10	1.90
	Ovos de galinha	1.05	71.29	−2.00	0.30	46.90
	Farinha de mandioca	1.00	52.35	−0.70	0.10	0.00
	Banana	0.93	98.66	8.08	0.10	14.80
	Mandioca	0.73	202.01	−1.32	0.30	4.10
	Peixe de água doce	0.56	217.23	17.22	1.40	269.00
	Suco	0.56	277.62	0.19	0.10	38.80
	Suco de frutas natural	0.51	281.36	0.20	0.10	39.40
	Suco de laranja	0.50	287.03	0.20	0.10	40.60
	Leite integral	0.50	234.75	−0.40	1.00	129.70
Ingrediente culinário	Açúcar	4.62	16.89	−0.02	0.10	0.80
	Azeite	1.46	14.86	0.00	0.00	0.00
Processado	Pão francês	7.02	62.08	−6.28	0.00	1.20
	Bolo de trigo	0.83	85.83	−5.85	0.30	36.60
	Cerveja	0.79	1178.32	−0.23	1.30	11.50
Ultraprocessado	Margarina com ou sem sal	2.59	15.29	−24.76	0.10	12.40
	Biscoitos salgados	1.62	35.28	−19.48	0.00	1.10
	Refrigerantes	1.37	345.70	−6.67	0.10	0.00
	Biscoitos doces	1.04	43.47	−16.26	0.10	1.30
	Biscoitos recheados	0.90	115.98	−39.69	0.40	3.60
	Leite com chocolate pronto para beber	0.73	28.83	0.37	0.10	9.40
	Pizza de mussarela	0.68	279.75	−9.76	2.10	306.10
Preparação culinária	Café com leite	1.56	153.71	0.05	0.40	41.30
	Arroz com feijão	1.00	145.38	2.11	0.10	62.70

Prato com carne [1]	0.94	516.79	−11.27	21.30	116.60
Pão com manteiga	0.81	72.89	−5.50	0.10	13.20
Cuscuz	0.66	131.97	−1.60	0.10	2.60
Pão com queijo	0.59	125.48	−11.09	1.60	231.10

[1] Preparações incluindo carne vermelha e vegetais.

A Figura 1 apresenta a relação entre o HENI e o tamanho médio das porções dos 33 alimentos de acordo com os diferentes grupos alimentares. A maioria dos alimentos nesta classificação – 23 no total – apresentou um HENI negativo, enquanto apenas 10 exibiram um HENI positivo. Nas nossas figuras, os valores positivos são representados por círculos e os valores negativos são representados por quadrados. Ao consultá-los em formato interativo (em versão HTML no site desta revista), é possível verificar os nomes dos alimentos representados por cada observação nos gráficos.

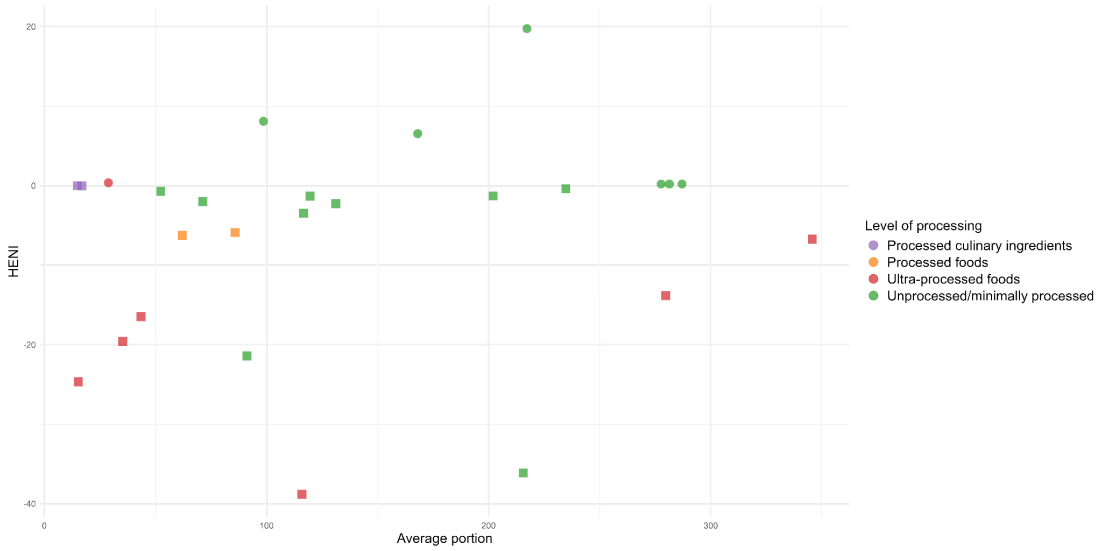

Figura 1. Relação entre o HENI e os alimentos mais consumidos no Brasil.

Os alimentos com melhores pontuações pertenciam principalmente aos grupos de peixes e mariscos, frutas e vegetais, enquanto os com piores pontuações eram dos grupos de doces e salgadinhos, carnes vermelhas e óleos vegetais (especificamente margarina com ou sem sal).

Ao analisar o impacto ambiental associado aos alimentos estudados, as emissões de gases de efeito estufa no país chegaram a 21,3 kg CO_2eq (prato de carne bovina), e o consumo de água chegou a 306,1 L (pizza de mussarela). Os alimentos que mais contribuíram negativamente para este impacto foram os alimentos não processados de origem animal, como carnes, peixes e laticínios. Por outro lado, os alimentos que contribuíram positivamente incluíram alimentos não processados de origem vegetal, como feijão e óleo vegetal, e alguns alimentos ultraprocessados, como biscoitos salgados e refrigerantes.

A partir da análise conjunta, observou-se que os alimentos com maiores benefícios à saúde e menores impactos ambientais foram os in natura: banana (8,08 min; 0,1 kg CO_2eq; 14,8 L) e feijão (6,53 min; 0 kg CO_2eq; 0 L). Por outro lado, aqueles que apresentaram os menores benefícios à saúde e os maiores impactos ambientais foram a carne suína (-36,09 min; 3,4 kg CO_2eq; 189,5 L) e a carne bovina (-21,86 min; 16,4 kg CO_2eq; 76,3 L) (Figuras 2 e 3). Ou seja, alimentos e preparações com ingredientes predominantemente de origem animal, como carne suína, bovina, frango, ovos de galinha e pizza de mussarela, são considerados os piores para a saúde humana e para o

meio ambiente, enquanto o contrário ocorre para aqueles de origem vegetal, como azeite e feijão, que podem ser caracterizados como boas opções alimentares, independentemente do seu nível de processamento (Tabela 1).

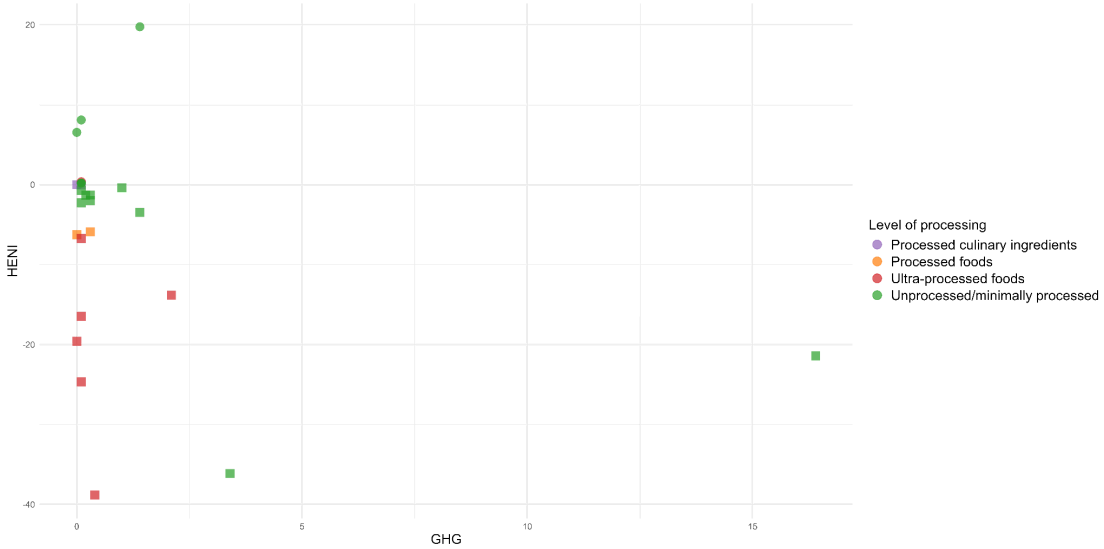

Figura 2. Relação entre o HENI e o impacto ambiental dos alimentos através das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil.

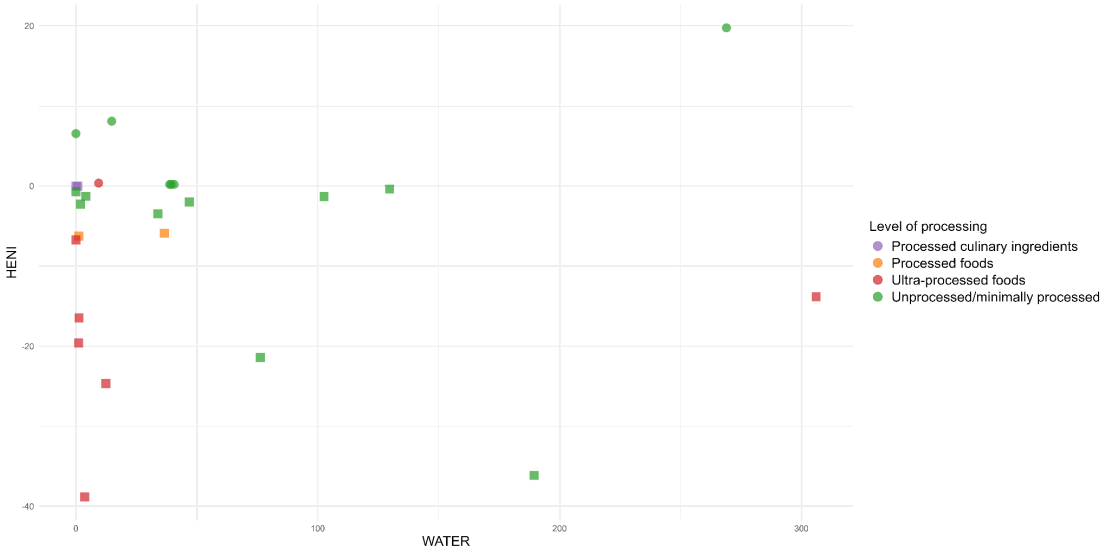

Figura 3. Relação entre o HENI e o impacto ambiental dos alimentos através do uso da água no Brasil.

3.2. Sistemas Alimentares Regionais

Ao analisar os clusters dos sistemas alimentares brasileiros (conforme descrito na Seção 2.4 da metodologia deste estudo) e compará-los com o ranking nacional geral, pouca diferença foi observada no tamanho das porções de alimentos, uma vez que os 52 alimentos eram comuns em todos os clusters, como arroz, feijão e carne bovina. No entanto, ainda foram observadas variações regionais no tamanho das porções dos alimentos, com alguns alimentos aparecendo em apenas um cluster, como o açaí com granola e pão de queijo, ou em dois clusters, como carne seca e tapioca. A presença de cada item alimentar no Brasil como um todo e em cada cluster individual é indicada por um "X" na planilha; portanto, os alimentos sem "X" para um determinado cluster não estão presentes naquele grupo específico (Tabela 2).

Tabela 2. Presença de alimentos no Brasil e clusters regionais, segundo classificação de contribuição calórica igual ou superior a 0,5%.

Alimento	Brasil	Cluster			
		A—Cinturão Agrícola	B—Centro Econômico Central	C—Eixo de Desenvolvimento Latente	D—Fronteira de Vulnerabilidade
Açúcar	X	X	X	X	X
Arroz	X	X	X	X	X
Biscoitos doces	X	X	X	X	X
Biscoitos recheados	X	X	X	X	X
Biscoitos salgados	X	X	X	X	X
Bolo de trigo	X	X	X	X	X
Café com leite	X	X	X	X	X
Carne bovina	X	X	X	X	X
Carne de porco	X	X	X	X	X
Feijões	X	X	X	X	X
Frango	X	X	X	X	X
Macarrão	X	X	X	X	X
Margarina com ou sem sal	X	X	X	X	X
Ovos de galinha	X	X	X	X	X
Pão com manteiga	X	X	X	X	X
Pão francês	X	X	X	X	X
Refrigerantes	X	X	X	X	X
Prato com carne	X	X	X	X	X
Arroz com feijão	X	X	X		X
Azeite	X	X	X		X
Banana	X	X	X	X	
Cerveja	X	X	X	X	
Farinha de mandioca	X	X		X	X
Mandioca	X	X	X	X	
Peixe de água doce	X	X		X	X
Suco de frutas natural	X	X		X	X
Leite integral	X	X	X		
Pão com queijo	X		X	X	
Pizza de mussarela	X	X	X		
Suco	X		X		X
Suco de laranja	X	X	X		
Leite com chocolate pronto para beber	X	X			

Carne seca			X	X
Pão com ovo			X	X
Peixe inteiro salgado			X	X
Tapioca			X	X
Açaí com granola				X
Baião de dois			X	
Batata doce			X	
Batata inglesa		X		
Bolo Fubá	X			
Churrasco				X
Cuscuz			X	
Farofa				X
Feijão de corda			X	
Salsicha		X		
Macarrão com carne		X		
Mingau				X
Pão de queijo	X			
Peixe inteiro de água doce				X
Queijo coalho			X	
Salada de alface, tomate e cebola	X			

À semelhança do que foi observado para o país, ao analisar o conjunto de clusters de sistemas alimentares (Figura 4), notou-se uma predominância de pontuações negativas do HENI para os alimentos mais consumidos. Entre os valores positivos, foram identificados alimentos pertencentes aos mesmos grupos em mais de um cluster, como pratos mistos, peixes e mariscos, frutas e legumes. Da mesma forma, entre os valores negativos, o grupo das carnes vermelhas foi o mais predominante nos quatro clusters. Além disso, os alimentos ultraprocessados apareceram com frequência nas listas de itens mais consumidos em todos os clusters, sendo mais prevalentes no Cinturão Agropecuário e no Pólo Econômico Central, como margarina (com ou sem sal), biscoitos salgados, biscoitos recheados e doces, refrigerantes e pizza de mussarela, todos com pontuação média negativa no HENI.

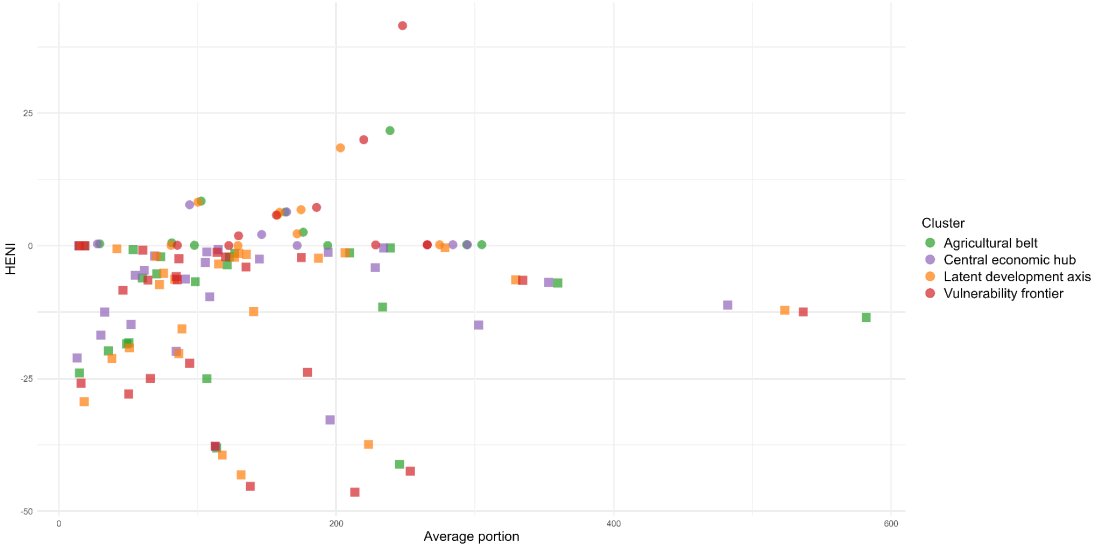

Figura 4. Distribuição do HENI por clusters de sistemas alimentares brasileiros.

Quando os resultados do HENI foram analisados segundo os clusters do sistema alimentar, com base no nível de processamento (Figura 5), constatou-se que o índice médio foi negativo principalmente para o consumo de alimentos ultraprocessados no Brasil e em todos os clusters; entretanto, apresentou alta variabilidade, com alguns alimentos apresentando valores HENI positivos. A média para cada cluster foi a seguinte: −16,3′ (Brasil), −16,6′ (Cinturão Agrícola), −15,7′ (Eixo Econômico Central), −19,5 (Eixo de Desenvolvimento Latente) e −17,9 (Fronteira de Vulnerabilidade). Nos clusters do Eixo de Desenvolvimento Latente e Fronteira de Vulnerabilidade, aqueles com maior média para alimentos ultraprocessados, o HENI variou de -61,15' (carne seca) a 17,22' (peixes de água doce) e de -61,15' (carne seca) a 41,43' (açaí com granola), respectivamente.

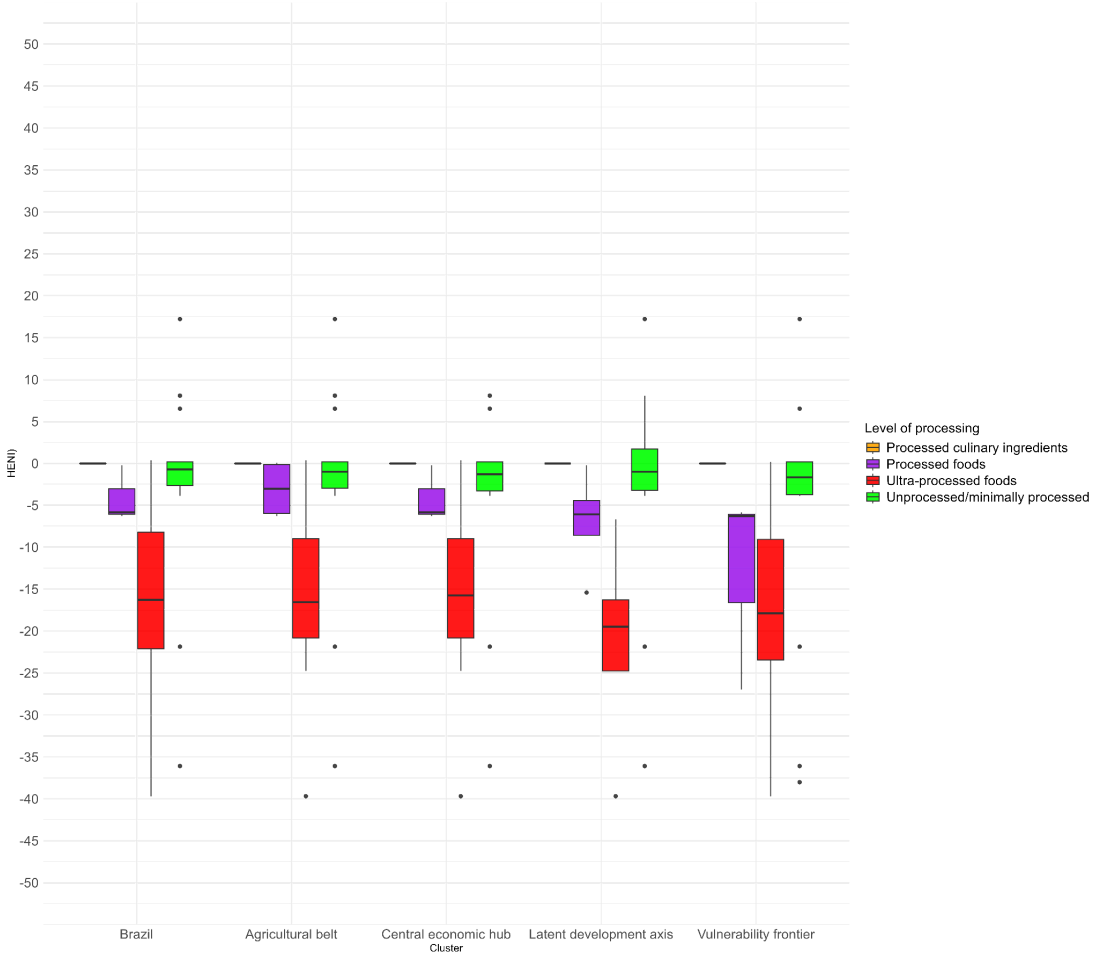

Figura 5. Boxplots do HENI por clusters de sistemas alimentares brasileiros, segundo nível de processamento.

Em termos de impacto ambiental, os alimentos com maior impacto em termos de emissões de GEE e uso de água no cluster do Cinturão Agrícola foram carne bovina (16,40 CO_2eq) e alimentos à base de carne (prato de carne bovina) (21,30 CO_2eq) e pizza de mussarela (306,10 L) e peixes de água doce (269,00 L), respectivamente. Da mesma forma, para o cluster do Pólo Económico Central, os resultados foram os seguintes: carne bovina (16,40 CO_2eq) e alimentos à base de carne (como prato de carne bovina) (21,30 CO_2eq) e pizza de mussarela (306,10 L) e pão com queijo (231,10 L). Para o cluster do Eixo de Desenvolvimento Latente, da mesma forma para as emissões de GEE, os alimentos com maior impacto foram carne bovina (16,40 CO_2eq), carne bovina (21,3 CO_2eq) e carne seca (39,30 CO_2eq), enquanto para uso de água foram peixes de água doce (269,00 L), peixes marinhos inteiros salgados (406,30) e requeijão (424,80 L). Os mesmos alimentos deste cluster foram encontrados para o cluster Fronteira de Vulnerabilidade em termos de emissões de GEE e, em relação ao uso da água, peixes inteiros de água doce (242,80 L), peixes de água doce (269,00 L) e peixes inteiros de mar salgado (406,30 L) tiveram o maior impacto (Figuras 6 e 7).

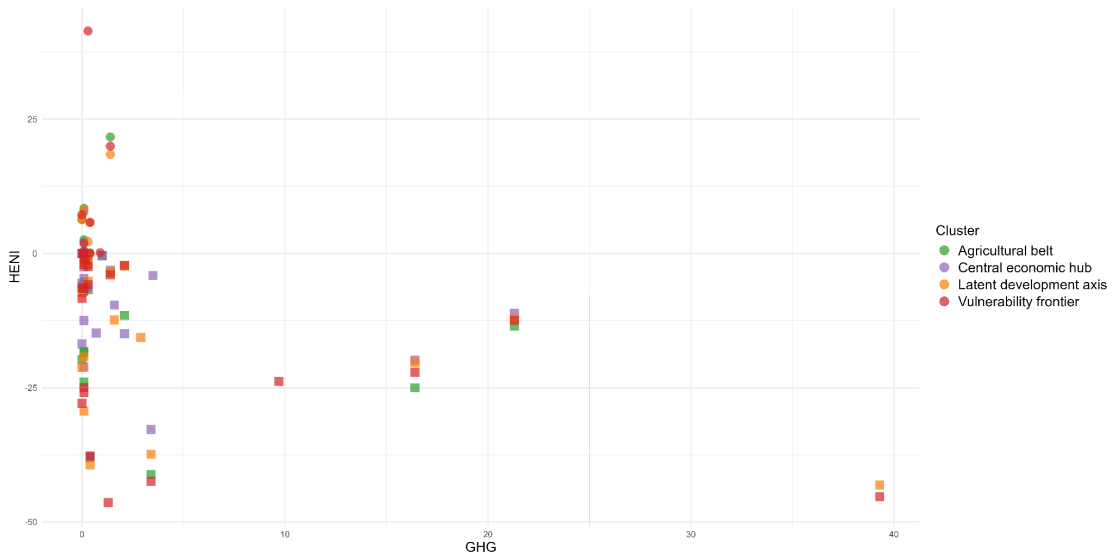

Figura 6. Relação entre o HENI e o impacto ambiental dos alimentos através das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em clusters regionais brasileiros.

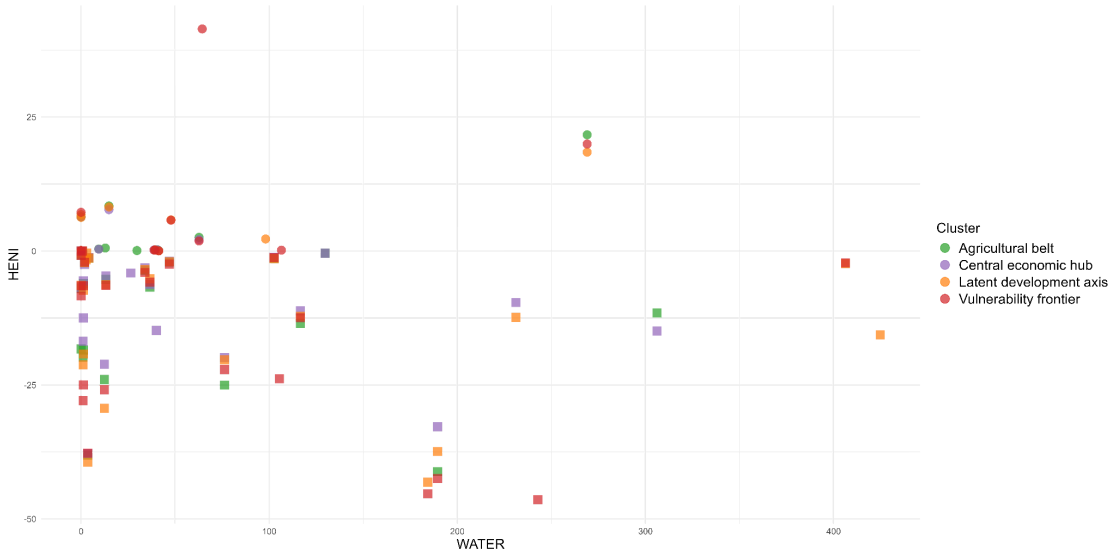

Figura 7. Relação entre o HENI e o impacto ambiental dos alimentos através do uso da água em clusters regionais brasileiros.

4. Discussão

Neste estudo, estimamos o Índice Nutricional de Saúde Brasileiro (HENI) para 1.141 alimentos consumidos no Brasil, classificando-os pelo número de minutos de vida ganhos ou perdidos por incapacidade e pelo seu impacto ambiental. Foram identificados 33 alimentos que contribuem com mais de 0,5% da energia dietética, com um HENI médio de -5,89 min, variando de -39,69 min (biscoitos recheados) a 17,22 min (peixes de água doce). O impacto ambiental destes alimentos também foi avaliado, revelando que os alimentos de origem animal, como as carnes, foram associados a maiores emissões de CO_2 e à utilização de água, enquanto os alimentos de origem vegetal, como a banana e o feijão, foram considerados mais benéficos para a saúde e o ambiente. O peixe foi uma exceção entre as carnes, com um HENI altamente positivo, enquanto a carne suína apresentou um HENI negativo baixo com impacto de carbono reduzido. Nos clusters de sistemas alimentares brasileiros, observou-se que apenas cerca de cinco grupos de alimentos representam mais de 5% da contribuição energética, e pouca variação foi

observada no tamanho das porções de alimentos, com valores HENI predominantemente negativos para alimentos de origem animal, como carnes, e alimentos ultraprocessados, como biscoitos, enquanto alimentos de origem vegetal e alimentos minimamente processados, como frutas e peixes, apresentaram valores positivos.

A biodiversidade alimentar é caracterizada pela variedade de plantas, animais e outras espécies utilizadas para alimentação dentro de um ecossistema local, regional ou nacional [31]. Por outro lado, a monotonia alimentar refere-se a um padrão no qual um indivíduo ou população consome uma gama limitada de alimentos, levando a uma falta de variedade que pode resultar em deficiências nutricionais [32]. A monotonia alimentar pode ser observada, por exemplo, em Mendonça et al. (2019), que estudaram o consumo de frutas e hortaliças em Belo Horizonte, Minas Gerais – estado do Sudeste do Brasil. Embora os níveis de consumo fossem adequados, faltava-lhes diversidade e eram influenciados pelas condições ambientais do consumidor [32,33]. A disponibilidade domiciliar de alimentos da biodiversidade brasileira, como açaí e carne seca, é essencial para promover a diversidade alimentar. No entanto, conforme observado por Gomes (2023), embora o Brasil detenha cerca de 20% da biodiversidade do planeta e alguns dos biomas mais ricos do mundo, a disponibilidade de alimentos derivados dessa biodiversidade permanece limitada [31]. Além disso, os resultados HENI observados mostraram que peixes de água doce (17–22 min), banana (8,08 min), feijão (6,53 min) e arroz e feijão (2–11 min) estavam positivamente associados à saúde, destacando a importância da biodiversidade na promoção de dietas mais saudáveis, especialmente entre a geração mais jovem dentro dos sistemas alimentares regionais. Essas descobertas podem ser valiosas ao recomendar alimentos a serem priorizados em estratégias de saúde pública destinadas a melhorar a diversidade alimentar e os resultados de saúde em todo o Brasil.

O Brasil é rico em biodiversidade, ostentando uma grande variedade de frutas, vegetais, legumes e carnes. Estudos enfatizam a importância de considerar os impactos ambientais e na saúde dos alimentos de origem vegetal e animal. Alimentos vegetais, como feijão e azeite, apresentam impactos positivos à saúde, enquanto as carnes vermelhas estão associadas a consequências negativas à saúde e ao meio ambiente, mostrando que os produtos in natura podem ter diferentes impactos à saúde e ao meio ambiente [34,35]. Esta distinção deve ser incorporada nas práticas alimentares da população. No entanto, a frequência do consumo de alimentos minimamente processados permanece limitada, com apenas 30,9% da população consumindo cinco ou mais grupos de alimentos protetores no dia anterior à entrevista [36]. Em termos ambientais, o agronegócio é responsável por 70,45% do uso de água do país, destacando a necessidade urgente de repensar os modelos de produção e consumo de alimentos, especialmente no que diz respeito à carne bovina, que é o alimento que mais consome recursos e está associado aos minutos perdidos por incapacidade [37,38]. Esta análise do consumo alimentar reflete não apenas os impactos ambientais e de saúde, mas também revela desafios adicionais relacionados às doenças não transmissíveis (DCNT) no Brasil.

A agricultura em grande escala é predominantemente orientada para produtos de exportação do país, como soja, cana-de-açúcar e milho – referidos como commodities. Estima-se que cerca de 70% da produção agrícola do país seja destinada ao mercado externo, sendo a soja o principal produto, respondendo por mais de 50% das exportações agrícolas, grande parte da qual é direcionada para a China [39,40]. Este modelo de produção concentra-se principalmente no Centro-Oeste e em partes do Sul, onde predominam a agricultura industrial e as grandes propriedades. A concentração de terras nessas regiões gerou debates sobre o acesso desigual à terra e suas consequências ambientais [41,42].

Por outro lado, a agricultura familiar é responsável por grande parte dos alimentos consumidos internamente e é mais diversificada e geograficamente dispersa [43]. Esses

pequenos produtores estão presentes em todo o país, com presença mais forte nas regiões Nordeste e Sul. A produção de alimentos como feijão, mandioca, frutas e hortaliças está intimamente ligada à agricultura familiar, que, apesar de ocupar uma parcela menor de terras em comparação ao agronegócio, desempenha papel fundamental no fornecimento de alimentos para consumo doméstico e na promoção da segurança alimentar, principalmente em comunidades rurais e vulneráveis [37,44]. Esse contraste entre a agricultura familiar e o agronegócio destaca um dos desafios enfrentados na promoção de dietas saudáveis e sustentáveis, especialmente considerando como o aumento do consumo de alimentos ultraprocessados atrasa os esforços e dificulta ainda mais o alcance da segurança alimentar e da qualidade da dieta da população.

Estudos de Martins et al. (2021) [45] e Levy et al. (2023) [9] mostraram que o aumento do consumo de alimentos ultraprocessados está associado à pior qualidade da dieta e ao aumento das vulnerabilidades sociais. Dificuldades de acesso a alimentos in natura e minimamente processados, conforme destacado por Levy et al. (2023), obscurecem conceitos críticos relacionados a uma alimentação balanceada, como a origem e as repercussões ambientais das escolhas alimentares, agravados pelo aumento da publicidade desses alimentos ultraprocessados que influenciam as escolhas pessoais dos consumidores [9]. Essa opacidade conceitual impede a promoção de hábitos alimentares saudáveis, o que está em consonância com o Direito Humano à Alimentação Adequada e Saudável, consagrado na Constituição Federal [46], e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [47].

A prevalência de doenças não transmissíveis (DCNT) no Brasil é maior nas regiões Sul e Sudeste. O Plano Nacional de Combate às Doenças Não Transmissíveis (2021–2024) visa reduzir a mortalidade através de ações específicas, como o aumento do consumo de frutas e vegetais [48]. Isto faz parte de um esforço mais amplo que foi renovado e ampliado com a adoção da "Estratégia Global para a Prevenção e Controle de Doenças Não Transmissíveis 2013–2030" pela Organização Mundial da Saúde, que busca reduzir a mortalidade prematura por DCNT em 25% até 2025, usando 2010 como base [49]. Além disso, a implementação de medidas e políticas de saúde pública também está alinhada com os ODS, que incluem metas como a promoção de dietas saudáveis e a garantia do acesso a alimentos nutritivos para todos [47]. Isto é particularmente relevante para a redução da mortalidade prematura causada por DCNT, sendo o Brasil membro da OMS e diretamente comprometido em seguir essas diretrizes, refletindo uma continuidade nas ações governamentais nos últimos anos [36]. Além disso, os padrões alimentares observados noutras regiões do país também podem estar associados à prevalência de DNT e a outros resultados de saúde, destacando a necessidade de estratégias específicas da região que considerem as diferenças culturais, económicas e ambientais no consumo alimentar.

4.1. Recomendações para pesquisas futuras

O estudo de Stylianou et al. (2021), no qual os autores desenvolveram o HENI, mostraram que pequenas mudanças na dieta focadas em alimentos específicos podem proporcionar benefícios substanciais tanto para a saúde humana como para a sustentabilidade ambiental [15]. A abordagem deles, que avalia os impactos simultâneos de diversas escolhas alimentares, é semelhante ao método deste estudo, comparando os benefícios dos alimentos minimamente processados e de origem vegetal com os custos das opções ultraprocessadas. Ambos os estudos enfatizam que a adoção de uma dieta mais rica em alimentos vegetais pode reduzir significativamente as emissões de gases com efeito de estufa e mitigar os impactos negativos na saúde. Em nosso estudo, os valores do HENI variaram de -39,69 min de vida saudável (para biscoitos recheados) a 17,22 min (para peixes de água doce), enquanto Stylianou et al [15]. relataram um intervalo de -71 min (carne enlatada com molho de tomate e cebola) a 82 min ganhos

(sardinha com molho à base de tomate). Em consonância com Stylianou et al. (2021) [15], o HENI que utilizamos adota a classificação Nova de alimentos - de acordo com seu nível de processamento - e também é adaptável, conforme discutido pelos autores, à medida que novos dados epidemiológicos, especificidades nutricionais e nutrientes de saúde pública, como vitamina D e potássio, são incorporados [28,34]. Esta adaptação contínua do HENI permitiria ajustes à evolução das recomendações dietéticas, melhorando a sua precisão e aplicabilidade. Além disso, Stylianou et al. (2021) [15] enfatizam o potencial para dietas personalizadas, permitindo aos consumidores fazer substituições que reduzam os impactos ambientais e melhorem a saúde, como a substituição de carnes processadas por peixes. Este tipo de modelo pode informar políticas alimentares, orientações governamentais, programas educativos e campanhas de rotulagem, promovendo escolhas alimentares mais saudáveis e sustentáveis. Com esta flexibilidade, o nosso HENI e abordagens semelhantes podem, portanto, orientar a política alimentar e os ajustamentos que considerem os benefícios nutricionais, incentivando uma transição gradual para dietas que promovam a saúde e a sustentabilidade ambiental. Nossas descobertas fornecem informações valiosas sobre as consequências reais das escolhas alimentares individuais e institucionais, demonstrando seus impactos mensuráveis na saúde e no meio ambiente. Ao ir além dos pressupostos teóricos, esta evidência reforça a defesa da integração da sustentabilidade nas políticas alimentares públicas, incluindo orientações dietéticas que considerem as especificidades regionais e as preocupações ambientais, juntamente com as recomendações nutricionais.

Este estudo abrange 1.141 alimentos consumidos no Brasil com base em um banco de dados nacional reconhecido e consolidado, oferecendo uma visão robusta dos hábitos alimentares em diferentes regiões e sistemas alimentares do país. Além disso, a abordagem permitiu uma análise detalhada dos impactos na saúde e no ambiente de cada alimento, integrando os efeitos na saúde e no ambiente através da combinação de dados HENI com emissões de gases com efeito de estufa e utilização de água. Isto forneceu informações sobre as consequências das escolhas alimentares, indo além dos pressupostos teóricos e destacando a relevância tanto para a saúde pública como para a sustentabilidade ambiental. Estas percepções são particularmente importantes dado o papel crescente dos alimentos nas discussões sobre as alterações climáticas, os alimentos vegetais e ultraprocessados e a biodiversidade.

4.2. Limitações

No entanto, embora o estudo tenha explorado variações regionais, não analisou barreiras relacionadas ao acesso, aquisição ou outros fatores que afetam o consumo de alimentos frescos e minimamente processados, nem abordou soluções para aumentar a diversidade alimentar entre regiões do país.

Embora o índice nutricional proposto para os alimentos mais consumidos nos sistemas alimentares regionais do Brasil seja uma ferramenta inovadora, ele pode apresentar diversas limitações. Uma dessas preocupações é a disponibilidade e a qualidade dos dados sobre o consumo alimentar nas diferentes regiões, que podem estar incompletos ou desatualizados, afetando a precisão do índice. Além disso, a considerável diversidade cultural e regional do Brasil pode dificultar a captura de variações alimentares, especialmente quando o índice se baseia apenas nos alimentos mais consumidos. Outro desafio é integrar os impactos ambientais e de saúde num único índice, uma vez que essas dimensões envolvem interações complexas que podem não ser totalmente representadas num modelo simplificado. Fatores socioeconómicos e demográficos, como o rendimento e os níveis de educação, também podem influenciar as escolhas alimentares e, consequentemente, os resultados de saúde, que podem ser difíceis de incorporar de forma abrangente no índice. Limitações adicionais incluem mudanças nos padrões alimentares ao longo do tempo, como o aumento do consumo de

alimentos ultraprocessados, que exigem atualizações constantes para manter a relevância da ferramenta.

Além disso, é importante notar a ausência de dados sobre o uso do açúcar como factor de risco, que não é coberto nas análises da Carga Global de Doenças (GBD). Essa omissão não apenas limita a compreensão dos riscos associados ao consumo excessivo de açúcar, mas também dificulta o desenvolvimento de políticas públicas eficazes para promover dietas saudáveis e sustentáveis no Brasil. Da mesma forma, o termo "prato de carne bovina" foi utilizado para agrupar preparações que contêm carne e vegetais, proporcionando uma abordagem prática para análise nutricional. Este termo permite uma avaliação simplificada e comparativa de pratos que, pela sua composição, podem variar na concentração de carnes e vegetais. O índice nutricional associado ao "prato de carne" pode ser elevado devido a dois factores principais: a concentração de carne no prato, que tende a aumentar o peso global da preparação, e os impactos ambientais associados, como o elevado uso de água e a emissão de gases com efeito de estufa, nomeadamente dióxido de carbono (CO_2). Assim, a quantidade de carne não só influencia diretamente o perfil nutricional do prato como também impacta significativamente a sua pegada ambiental, elevando o valor do índice tanto pela carga nutricional como pelos custos ambientais associados à produção de carne.

Além disso, a extrapolação para os efeitos na saúde é, de facto, influenciada por múltiplos factores, incluindo padrões alimentares individuais, estilo de vida e predisposições genéticas, que não são totalmente captados na nossa análise.

Além disso, é importante destacar que os resultados do índice são baseados em estimativas, pois estamos analisando os alimentos individualmente e não a dieta como um todo. Ao comparar os alimentos pelo seu nível de processamento, observamos que tanto os alimentos in natura quanto os minimamente processados apresentam índices nutricionais positivos e negativos. Embora, em média, os alimentos ultraprocessados tendam a apresentar resultados negativos e os alimentos não processados variem entre positivos e negativos, isso pode sugerir que a análise pode ser tendenciosa. Esta abordagem é essencialmente útil para uma investigação mais aprofundada dos impactos da carga de doenças atribuída à dieta dos brasileiros e seus impactos em termos de anos de vida perdidos e mortalidade e pode ser mais útil quando aplicada a grupos alimentares específicos, como carnes, laticínios, etc., permitindo uma análise mais detalhada e precisa. Finalmente, a aceitação e implementação do índice como ferramenta de política pública pode ser um desafio devido à resistência cultural e à necessidade de ajustes nas políticas alimentares existentes. Estas limitações podem ser abordadas através de um processo contínuo de recolha e análise de dados, juntamente com a colaboração interdisciplinar para garantir a eficácia e aplicabilidade do índice. Um exemplo relevante é o Nutri-Score, um sistema de rotulagem frontal recomendado pela União Europeia para incentivar escolhas alimentares mais saudáveis. Iniciativas semelhantes demonstram como as abordagens estruturadas à classificação dos alimentos podem apoiar os esforços de saúde pública, reforçando a importância de índices cientificamente validados na definição de políticas alimentares eficazes [50].

5. Conclusões

A análise dos alimentos mais consumidos no Brasil e seus impactos no meio ambiente e na saúde permite escolhas alimentares mais informadas. Destaca os alimentos com melhores classificações em termos de ganhos e perdas de minutos de vida, bem como da sua pegada ambiental. Os resultados revelaram que os alimentos mais consumidos no país, como arroz, feijão e carnes, apresentam níveis de processamento mais baixos, mas apresentam variações significativas em suas pegadas ambientais e impactos à saúde. Estas descobertas enfatizam a necessidade de uma

compreensão mais matizada dos padrões alimentares e das suas implicações mais amplas para a saúde pública e a sustentabilidade.

Tendo em conta estes conhecimentos, é crucial promover uma cultura de consumo que privilegie produtos ecológicos e saudáveis. Políticas públicas destinadas a melhorar o acesso e a oferta de alimentos saudáveis são essenciais para mitigar os efeitos da desigualdade social sobre o consumo. Estratégias específicas devem incluir a promoção de mudanças na dieta, afastando-se de alguns alimentos, como biscoitos, pizzas e carnes vermelhas, que estão associados a impactos ambientais e nutricionais significativos, de acordo com o nosso estudo. Estas mudanças podem ser apoiadas através de sistemas de incentivos, regulamentos e políticas que incentivem as famílias a reduzir o consumo de produtos prejudiciais à saúde humana e ao ambiente.

Nosso estudo avança no campo ao fornecer uma nova adaptação da metodologia HENI ao contexto brasileiro, oferecendo uma ferramenta abrangente para avaliar os impactos ambientais e de saúde dos padrões alimentares em diferentes partes do país. As conclusões sublinham a urgência de integrar estas métricas nas políticas de saúde pública e ambientais. A investigação futura deverá centrar-se no refinamento da metodologia para captar as características alimentares específicas do município e na exploração dos efeitos a longo prazo das mudanças alimentares na saúde pública e na sustentabilidade. Além disso, é necessária investigação a nível individual e familiar para compreender melhor os fatores que impulsionam os padrões de consumo e para desenvolver intervenções mais direcionadas para dietas mais saudáveis e sustentáveis.

Referências

1. Swinburn, B.A.; Kraak, V.I.; Allender, S.; Atkins, V.J.; Baker, P.I.; Bogard, J.R.; Brinsden, H.; Calvillo, A.; De Schutter, O.; Devarajan, R.; et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet* **2019**, *393*, 791–846.
2. HLPE. Nutrition and food systems: A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome: High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE); 2017. Available from: https://openknowledge.fao.org/items/39441a97-3237-46d3-91d9-ed1d13130420. Accessed on 17 Apr. 2024.
3. Observatório do Clima. Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos Sistemas Alimentares no Brasil. 2023. Available online: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/10/SEEG_alimentares.pdf. Accessed on 12 Apr. 2024.
4. Observatório do Clima. Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa E Suas Implicações Para as Metas Climáticas do Brasil. 2023. Available online: https://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-as-metas-climaticas-do-brasil-1970-2022. Accessed on 14 Apr. 2024.
5. Hase Ueta, M.; Tanaka, J.; Marchioni, D.M.L.; Verly, E., Jr.; Carvalho, A.M. Food Sustainability in a Context of Inequalities: Meat Consumption Changes in Brazil (2008–2017). *Environ. Dev. Sustain.* **2024**, *26*, 6377–6391. https://doi.org/10.1007/s10668-023-02967-x.
6. Montoya, M.A.; Finamore, E.B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. *Rev. Bras. De. Econ.* **2020**, *74*, 441–464.
7. Garzillo, J.M.; Poli, V.F.; Leite, F.H.; Martinez-Steele, E.; Machado, P.P.; Louzada, M.L.; Levy, R.B.; Monteiro, C.A. Food consumption in Brazil: Influence of beef on environmental impact and nutritional quality of the diet. *Rev. De. Saúde Pública* **2022**, *56*, 102.
8. da Saúde, M. *Guia Alimentar Para a População Brasileira*, 2nd ed.; Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica: Reimpr, Brasília, 2014. Available online: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/publicacoes-para-promocao-a-saude/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf/view. Accessed on 14 Jan. 2024.
9. Levy, R.B.; Claro, R.M.; Monteiro, C.A. Impact of ultra-processed foods on the quality of diets and health in Brazil: Evidence from household budget surveys. *Public. Health Nutr.* **2023**, *26*, 85–92.
10. Martins, A.P.B.; Levy, R.B.; Claro, R.M.; Moubarac, J.C.; Monteiro, C.A. Participação crescente de produtos ultraprocessados na dieta brasileira (1987-2009). *Rev. De. Saúde Pública* **2013**, *47*, 656–665.
11. Louzada, M.; Cruz, G.; Silva, K.; Grassi, A.; Andrade, G.; Rauber, F.; Levy, R.; Monteiro, C. Consumption of ultra-processed foods in Brazil: Distribution and temporal evolution 2008–2018. *Rev. De Saúde Pública* **2023**, *57*, 12. https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004744.

12. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Global Burden Disease. 2019. Available online: https://www.healthdata.org/gbd/2019. Accessed on 12 Apr. 2024.
13. Nilson, E.A.F.; Ferrari, G.; Louzada, M.L.C.; Levy, R.B.; Monteiro, C.A.; Rezende, L.F.M. Premature deaths attributable to the consumption of ultraprocessed foods in Brazil. *Am. J. Prev. Med.* **2022**, *64*, 129–136.
14. Cacau, L.T.; De Carli, E.; de Carvalho, A.M.; Lotufo, P.A.; Moreno, L.A.; Bensenor, I.M.; Marchioni, D.M. Development and Validation of an Index Based on EAT-Lancet Recommendations: The Planetary Health Diet Index. *Nutrients* **2021**, *13*, 1698. https://doi.org/10.3390/nu13051698.
15. Stylianou, K.S.; Fulgoni, V.L., 3rd.; Jolliet, O. Small targeted dietary changes can yield substantial gains for human health and the environment. *Nat. Food* **2021**, *2*, 616–627.
16. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Pesquisa Nacional de Alimentação (INA): 2017–2018*; IBGE: Rio de Janeiro, Brazil, 2020.
17. Jung, S.; Young, H.A.; Braffett, B.H.; Simmens, S.J.; Ogden, C.L. Development of a sustainable diet index in US adults. *Nutr. J.* **2024**, *23*, 46. https://doi.org/10.1186/s12937-024-00943-3. PMID: 38658958; PMCID: PMC11040758.
18. Marchioni, D.M.; Cacau, L.T.; De Carli, E.; Carvalho, A.M.; Rulli, M.C. Low Adherence to the EAT-Lancet Sustainable Reference Diet in the Brazilian Population: Findings from the National Dietary Survey 2017-2018. *Nutrients* **2022**, *14*, 1187. https://doi.org/10.3390/nu14061187. PMID: 35334839; PMCID: PMC8956109.
19. Monteiro, C.A.; Levy, R.B.; Claro, R.M.; Ribeiro de Castro, I.R.; Cannon, G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad. De. Saúde Pública* **2010**, *26*, 2039–2049.
20. Norde, M.M.; Porciuncula, L.; Garrido, G.; Nunes-Galbes, M.N.; Sarti, F.M.; Marchioni, D.M.L.; Carvalho, A.M. Measuring food systems sustainability in heterogeneous countries: The Brazilian multidimensional index updated version applicability. *Sustain. Dev.* **2022**, *31*, 91–107.
21. WWF. *Bending the Curve: The Restorative Power of Planet-Based Diets*; WWF: Gland, Switzerland, 2020. Available online: https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/bending_the_curve__the_restorative_power_of_planet_based_diets_full_report_final_pdf.pdf. Accessed on 12 Sep. 2024.
22. Murray, C.J.L.; Aravkin, A.Y.; Zheng, P.; Abbafati, C.; Abbas, K.M.; Abbasi-Kangevari, M.; Abd-Allah, F.; Abdelalim, A.; Abdollahi, M.; Abdollahpour, I. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* **2020**, *396*, 1223–1249.
23. Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas. TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. São Paulo: USP; c2022. Available from: http://www.tbca.net.br. Accessed 10 Oct. 2024.
24. Giuntini, E.B.; Coelho, K.S.; Grande, F.; Marchioni, D.M.; Carli, E.F.; Sichieri, R.; Pereira, R.A.; Purgatto, E.; Bernadette Dora Gombossy de Melo, F.; Lajolo, F.M.; et al. Brazilian Nutrient Intake Evaluation Database: An essential tool for estimating nutrient intake data. *J. Food Compos. Anal.* **2019**, *83*, 103286.
25. Coelho, K.S.; De Carli, E.; Giuntini, E.B. Metodologia para calcular a composição química de preparações a partir de receitas: Um guia prático. São Paulo: Edição dos Autores; 2023. Available from: https://pay.hotmart.com/M87342454U. Accessed 10 Oct. 2024.
26. Fulgoni, V.L., 3rd.; Wallace, T.C.; Stylianou, K.S.; Jolliet, O. Calculating Intake of Dietary Risk Components Used in the Global Burden of Disease Studies from the What We Eat in America/National Health and Nutrition Examination Surveys. *Nutrients* **2018**, *10*, 1441.
27. Gakidou, E.; Stanaway, J.D.; Afshin, A.; Lim, S.S.; Abate, D.; Abate, K.H.; Abbafati, C.; Abbasi, N.; Abbastabar, H.; Abd-Allah, F.; et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* **2017**, *390*, 1345–1422.
28. Block, G.; Dresser, C.M.; Hartman, A.M.; Carroll, M.D. Nutrient sources in the American diet: Quantitative data from the NHANES II survey. I. Vitamins and minerals. *Am. J. Epidemiol*. **1985**, *122*, 13–26.
29. Monteiro, C.A.; Cannon, G.; Levy, R.B.; Moubarac, J.C.; Louzada, M.L.; Rauber, F.; Khandpur, N.; Cediel, G.; Neri, D.; Martinez-Steele, E.; et al. Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. *Public. Health Nutr.* **2019**, *22*, 936–941.
30. Carvalho, A.M.D.; Verly, E., Jr.; Marchioni, D.M.; Jones, A.D. Measuring sustainable food systems in Brazil: A framework and multidimensional index to evaluate socioeconomic, nutritional, and environmental aspects. *World Dev.* **2021**, *143*, 105470.
31. Gomes, S.M.; Chaves, V.M.; de Carvalho, A.M.; Silva, E.B.; Menezes Neto, E.J.; Moura, G.F.; Chaves, L.S.; Alves, R.R.N.; Albuquerque, U.P.; Pereira, F.O.; et al. Biodiversity is overlooked in the diets of different social groups in Brazil. *Sci. Rep.* **2023**, *13*, 7509. https://doi.org/10.1038/s41598-023-34543-8.
32. Mendonça R de, D.; Lopes, M.S.; Freitas, P.P.; Campos, S.F.; Menezes, M.C.; Lopes, A.C.S. Monotonia no consumo de frutas e hortaliças e características do ambiente alimentar. *Rev. De. Saúde Pública* **2019**, *53*, 63.
33. De Castro, J. Geografia da fome: O dilema brasileiro: Pão ou aço. 5ª ed. Rio de Janeiro: Casa do Estudante do Brasil; 1946.
34. Louzada, M.L.C.; Martins, A.P.B.; Canella, D.S.; Baraldi, L.G.; Levy, R.B.; Claro, R.M.; Moubarac, J.C.; Cannon, G.; Monteiro, C.A.. Impact of ultra-processed foods on micronutrient content in the Brazilian diet. *Rev. De. Saúde Pública* **2018**, *52*, 80.
35. Ostfeld, R.J.; Allen, K.E. Ultra-Processed Foods and Cardiovascular Disease: Where Do We Go From Here? *JACC* **2021**, *77*, 1532–1534.

36. Ministério da Saúde. Vigitel Brasil 2021: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis; 2021. Available online: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2021.pdf. Accessed on 28 Apr. 2024.
37. FAO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 2020. https://doi.org/10.4060/ca9692en.
38. Garcia, R.; Lopes, L.; Almeida, C.; Diniz, V.L. Environmental impacts of food consumption in Brazil: How far are we from sustainable diets? *Environ. Res. Lett.* **2022**, *17*, 045012.
39. Abastecimento (CONAB) CN de. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. 2023. Available online: https://www.conab.gov.br. Accessed on 22 Nov. 2024.
40. Oliveira, R.; Schneider, S. Commodities brasileiras e suas destinações. *Rev. Bras. De. Política Agrícola* **2021**, *9*, 25–41.
41. Sauer, S.; Pereira Leite, J. Concentração fundiária e impactos ambientais. São Paulo: Editora UNESP; 2012.
42. Estatística (IBGE) IB de G e. Agricultura Familiar: Um retrato da produção de alimentos. 2017. Available online: https://www.ibge.gov.br. Accessed 12 Apr 2024.
43. Silva, S.P.; Sambuichi, R.H.R.; Alves, F.; Ciríaco, J.S. Agricultura Familiar E Alimentação Escolar: Contribuições Para a Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). 2023. Available online: https://redesrurais.org.br/artigos/artigo-fc18d3bd3544ddffc70ebf65276041f16efb15cc-arquivo.pdf. Accessed 17 Jul. 2024.
44. Bezerra, G.J.; Schlindwein, M.M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: Uma análise para Dourados, MS, Brasil. Interações. 2017. Volume 18, pp. 153–165. Available online: https://www.scielo.br/j/inter/a/rbSvyMDjy8vWQq8KPmwXCMd. Accessed 12 Jul. 2024.
45. Martins, C.A.; Levy, R.B.; Claro, R.M. The relationship between consumption of ultra-processed foods and food profile transmitted by television programs: A cross-sectional study. *Appetite* **2021**, *160*, 105107.
46. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília. 1988. Available online: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Accessed 18 Apr. 2024.
47. United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations; 2015. Available online: https://sdgs.un.org/2030agenda. Accessed on 1 Aug. 2024.
48. da Saúde, M. *Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021–2030*; Ministério da Saúde: Brasília, Brazil, 2021.
49. World Health Organization. *Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2020*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2013. Available online: https://www.who.int/publications/i/item/9789241506236. Accessed on 12 Jun. 2024.
50. Srour, B.; Hercberg, S.; Galan, P.; Monteiro, C.A.; Edelenyi, F.S.; Bourhis, L.; Fialon, M.; Sarda, B.; Druesne-Pecollo, N.; Esseddik, Y.; et al. Effect of a new graphically modified Nutri-Score on the objective understanding of foods' nutrient profile and ultraprocessing: A randomised controlled trial. *BMJ Nutr. Prev. Health* **2023**, *6*, e000599.