




CAPÍTULO 2

SOLOS (IN)FÉRTEIS, PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E O IMPACTO SOBRE A NUTRIÇÃO FUNCIONAL DOS ALIMENTOS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.479142606012>

Arilsângela de Jesus Conceição

Universidade do Estado da Bahia

Juazeiro – Bahia

<https://orcid.org/0000-0002-2242-8601>

Fábio Del Monte Coccozza

Universidade do Estado da Bahia

Juazeiro – Bahia

<https://orcid.org/0000-0002-5431-9936>

Gertrudes Macario Oliveira

Universidade do Estado da Bahia

Juazeiro – Bahia

<https://orcid.org/0000-0002-7587-5800>

RESUMO: O crescimento populacional global, projetado para ultrapassar 9,7 bilhões até 2050, intensifica a demanda por alimentos e exacerba a insegurança alimentar e nutricional. Nesse cenário, a deficiência de micronutrientes, ou “fome oculta”, decorrente da inadequação alimentar, representa um sério desafio de saúde pública com graves consequências. Estratégias como a biofortificação e a correção de solos surgem como avanços promissores para aprimorar a qualidade nutricional dos produtos agrícolas e mitigar a insegurança alimentar. Este artigo, portanto, realizou uma revisão da literatura para compreender a produção de alimentos em solos (in) férteis e analisar o impacto na obtenção de alimentos funcionais como alternativa no combate à insegurança alimentar e nutricional. A pesquisa foi conduzida nas bases de dados Pubmed, Scielo, Lilacs, Google Acadêmico e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando os descritores “Produção de alimentos”, “biofortificação”, “geologia”, “solos” e “segurança alimentar”, combinados pelo operador booleano AND. Os resultados

apontam que, embora a biofortificação ofereça benefícios nutricionais específicos e seja uma tática de curto prazo, sua eficácia e sustentabilidade são discutidas frente a fatores como a diversidade alimentar, o financiamento privado e os riscos associados aos organismos geneticamente modificados, que são detalhados ao longo do texto. A solução para a fome, a desnutrição e as deficiências de micronutrientes reside, fundamentalmente, na transformação do modelo de produção de alimentos para abordagens agroecológicas, na reestruturação dos padrões de fornecimento e acesso a alimentos de qualidade para toda a população, e na correção de deficiências de micronutrientes em solos cultiváveis para otimizar a captação de nutrientes essenciais pelas plantas. Conclui-se pela urgência de mais estudos e pela implementação de políticas públicas robustas que promovam o conhecimento aprofundado do solo e assegurem o direito à alimentação adequada para todos.

PALAVRAS-CHAVES: Produção de alimentos; biofortificação; insegurança alimentar; micronutrientes; solos.

(IN)FERTILE SOILS, FOOD PRODUCTION AND THE IMPACT ON FUNCTIONAL FOOD NUTRITION

ABSTRACT: Global population growth, projected to exceed 9.7 billion by 2050, intensifies food demand and exacerbates food and nutritional insecurity. In this scenario, micronutrient deficiency, or “hidden hunger,” resulting from dietary inadequacy, represents a serious public health challenge with severe consequences. Strategies such as biofortification and soil correction emerge as promising advances to enhance the nutritional quality of agricultural products and mitigate food insecurity. This article, therefore, conducted a literature review to understand food production in (in)fertile soils and analyze the impact on obtaining functional foods as an alternative in combating food and nutritional insecurity. The research was carried out using the Pubmed, Scielo, Lilacs, Google Scholar, and Virtual Health Library (BVS) databases, employing the combined descriptors “Food production,” “biofortification,” “geology,” “solos,” and “food security,” linked by the boolean operator AND. The results indicate that, although biofortification offers specific nutritional benefits and is a short-term tactic, its effectiveness and sustainability are debated considering factors such as food diversity, private funding, and risks associated with genetically modified organisms, which are detailed throughout the text. The solution to hunger, malnutrition, and micronutrient deficiencies fundamentally lies in transforming the food production model towards agroecological approaches, restructuring food supply and access patterns for the entire population to quality food, and correcting micronutrient deficiencies in arable soils to optimize the uptake of essential nutrients by plants. It is concluded that there is an urgent need for further studies and the implementation

of robust public policies that promote in-depth soil knowledge and ensure the right to adequate food for all.

KEYWORDS: Food production; biofortification; food insecurity; micronutrients; soils.

INTRODUÇÃO

As estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que a população mundial alcançará 9,7 bilhões de pessoas até 2050, tornando imperativo um aumento contínuo na produção de alimentos (OMS, 2019; Henty et al. 2018; Olinger, 2015). Paralelamente, mais de 2 bilhões de indivíduos globalmente sofrem com problemas de saúde decorrentes do baixo consumo de micronutrientes essenciais como vitamina A, ferro, zinco e selênio (Velu et al. 2014; OMS, 2014; FAO, 2019). Essa deficiência, conhecida como “fome oculta”, acarreta distúrbios nutricionais e fisiológicos graves, afetando particularmente crianças e mulheres gestantes (André et al. 2018).

A segurança alimentar e nutricional (SAN), conforme a legislação brasileira, é definida como o acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, sem comprometer outras necessidades básicas (Brasil, 2006). Para sua efetivação, é crucial a ampliação das condições de acesso aos alimentos, através da produção, especialmente a agricultura tradicional e familiar, e da formação de estoques reguladores e estratégicos (Brasil, 2019).

Diante desse dilema global, a ONU estabeleceu, para 2030, o objetivo de erradicar a fome, melhorar a nutrição, assegurar a SAN e promover a agricultura sustentável (ONU, 2019). Para tanto, prevê-se que a produtividade global de alimentos precise aumentar em 60% para suprir uma população de 8,5 bilhões até 2030 (Henry et al. 2018), com muitos avanços prometendo tanto o incremento da produtividade quanto a melhoria da qualidade nutricional dos produtos agrícolas (ONU, 2015).

Nesse contexto, o solo emerge como um fator primordial na determinação dos teores de nutrientes nas plantações e, consequentemente, na alimentação humana, impactando diretamente a prevalência da deficiência de micronutrientes (Seixas et al. 2020). Deficiências de micronutrientes em solos aráveis, como zinco (Zn), ferro (Fe), molibdênio (Mo) e cobre (Cu), além de selênio (Se), restringem a captação desses nutrientes essenciais pelas plantas e, por extensão, pelos seres humanos que as consomem (Camargo, 2019; Gomes, 2021; Silva et al. 2005).

A biofortificação é uma estratégia difundida para combater a ingestão insuficiente de micronutrientes em países em desenvolvimento, como o Brasil, sem comprometer a produtividade agrícola (Loureiro et al., 2018). Essa técnica visa melhorar a qualidade nutricional dos produtos pós-colheita (Shubham et al.

2020; Fardet, 2018; Moraes et al. 2012). Especificamente, a biofortificação refere-se ao processo de aumentar a concentração de nutrientes biodisponíveis na parte comestível das plantas, seja pela fertilização do solo ou pela modificação genética. A biofortificação agrônômica, por sua vez, envolve o tratamento de sementes e a aplicação de adubos com micronutrientes no solo, buscando também a elevação da solubilização e mobilização desses elementos (Zaman et al. 2017; FAO/OMS, 2001).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão da literatura para compreender a produção de alimentos em solos (in)férteis e analisar o impacto na produção de alimentos funcionais como alternativa de combate à insegurança alimentar e nutricional (IAN).

MÉTODOS

Este estudo consistiu em uma revisão da literatura, com o propósito de investigar a produção de alimentos em solos (in)férteis e analisar o impacto na obtenção de alimentos funcionais como alternativa de combate à insegurança alimentar e nutricional (IAN).

A seleção dos artigos científicos ocorreu entre julho a setembro de 2025. A pesquisa foi realizada por meio do levantamento de estudos publicados nos idiomas português, inglês e espanhol, nas seguintes bases de dados: PubMed, SciELO, LILACS, Google Acadêmico e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados os descritores combinados: “Produção de alimentos”, “biofortificação”, “geologia”, “solos” e “segurança alimentar”, com o auxílio do operador booleano AND.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos completos e disponíveis na íntegra, em todos os idiomas pesquisados. Foram excluídos estudos que não abordassem o objetivo proposto, comunicações breves, cartas ao editor, capítulos de livros, opiniões de especialistas, dissertações, teses e, em caso de duplicidade, apenas uma versão do artigo foi considerada para análise.

O processo de seleção inicial envolveu a leitura de títulos, resumos, delineamento e objetivo dos estudos. Posteriormente, a leitura integral dos artigos foi conduzida com base nos critérios estabelecidos, focando na temática da produção de alimentos em solos (in)férteis e na análise de seu impacto sobre a produção de alimentos funcionais no contexto do combate à IAN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Proporcionalmente ao crescimento da população mundial, a demanda por alimentos, que são fontes essenciais de nutrientes, tem aumentado consideravelmente (Perignon et al. 2018). Contudo, a problemática da insegurança alimentar e nutricional

(IAN) no Brasil reflete as desigualdades sociais e está intrinsecamente ligada à forma como os alimentos são produzidos (Morais et al. 2020). A deficiência de micronutrientes, decorrente da inadequação alimentar e conhecida como “fome oculta”, acarreta consequências graves e frequentemente invisíveis à saúde (Brasil, 2020; Vasconcelos, Vasconcelos e Lima, 2022). Tais condições impostam uma “carga dupla da má nutrição” ao Sistema Único de Saúde (SUS), manifestando-se pela coexistência de carências nutricionais e outros problemas relacionados à dieta (Brasil, 2022).

A deterioração do solo emerge como um fator crítico nesse cenário, com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2015) indicando que 33% dos solos mundiais estão degradados devido a problemas como erosão, compactação, salinização, contaminação e acidificação. No contexto brasileiro, o desequilíbrio de nutrientes, a erosão e a salinização são particularmente preocupantes. A formação dos solos, que são a base da produção de alimentos, depende da desintegração e decomposição das rochas, estabelecendo as fontes primárias de nutrientes (Gomes, 2021).

A perda de solos produtivos não apenas prejudica severamente a produção e a segurança alimentar, mas também amplifica a volatilidade dos preços dos alimentos e pode exacerbar a fome e a pobreza (Camargo, 2019; Olinger, 2015). Embora o uso de solo fértil seja desejável, ele nem sempre garante alta produtividade ou uma distribuição uniforme de nutrientes, resultando em baixas concentrações de micronutrientes mesmo em solos agrícolas (White, 2016; Reis et al. 2019). Adicionalmente, a crosta terrestre, marcada por interações biológicas e geológicas (Gomes, 2017), pode apresentar elementos que, embora essenciais em certas concentrações, tornam-se prejudiciais à saúde de plantas, animais e humanos em níveis elevados (Gomes, 2021).

Neste contexto de desafios nutricionais, a fortificação de alimentos, particularmente a biofortificação, tem sido proposta como uma estratégia de curto prazo para suprir déficits de vitaminas e minerais, especialmente em dietas baseadas em grandes quantidades de alimentos básicos com baixo valor nutricional (Lima, 2020; Nutti, 2011; Loureiro et al. 2018). A biofortificação, que consiste no aumento da concentração de nutrientes biodisponíveis na parte comestível das plantas por meio de fertilização do solo ou modificação genética, foi introduzida no Brasil em 2004, coordenada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em alimentos básicos (GOMES et al. 2016). A viabilidade dessa técnica depende de fatores como a capacidade da planta em absorver e armazenar micronutrientes, o tipo e composição do solo, e a mobilização desses elementos no sistema solo-planta (Saltzman et al., 2013).

Entretanto, a abordagem da biofortificação não é isenta de controvérsias. Enquanto defensores a consideram uma evolução em relação à fortificação de alimentos processados (Huey et al. 2022), críticos argumentam que o baixo teor de nutrientes em alimentos básicos decorre do melhoramento vegetal focado exclusivamente no ganho de produtividade, sem considerar a qualidade nutricional (Strobbe e Straeten, 2018). Lima (2020) traça um paralelo com a Revolução Verde, sugerindo que, assim como a modernização agrícola via mecanização e química, a revolução genética e a biofortificação podem criar uma dicotomia entre alimentos “fracos” e “fortes”.

O relatório do Fórum Brasileiro de Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (FBSSAN, 2016) adverte que a biofortificação pode levar a uma percepção inautêntica de superioridade, induzindo gestores e a população a crer que alimentos “biofortificados” são intrinsecamente mais saudáveis e nutritivos, quando, na verdade, possuem apenas uma concentração maior de um determinado nutriente em relação aos convencionais. O mesmo relatório enfatiza que “a força da natureza se baseia na diversidade e riqueza de todo o ecossistema e não na capacidade individual de uma ou outra espécie de exercer um ‘superpoder’” (FBSSAN, 2016).

A garantia da acessibilidade e a sustentabilidade dos alimentos biofortificados também são questionadas. Para se tornarem acessíveis, especialmente devido aos custos, as variedades biofortificadas necessitariam aliar mecanismos de resistência ou manutenção da produtividade (Dhaliwal et al. 2022). É fundamental considerar a redução do uso de defensivos químicos, o incentivo ao cultivo orgânico e o fornecimento de plantas adaptadas para pequenos produtores, visando benefícios abrangentes (Moraes et al. 2012). O financiamento das pesquisas sobre fortificação no Brasil, predominantemente privado e desconsiderando a participação social, com empresas como Monsanto, Bayer e Syngenta (além de fundações como Bill e Melinda Gates) envolvidas, levanta preocupações sobre o controle das “revoluções” agrícolas, desde a Revolução Verde até a biofortificação, por essas corporações (FBSSAN, 2016; Lima, 2020). O Brasil, sendo o maior consumidor de agrotóxicos e o segundo maior de transgênicos, é um exemplo emblemático dessa dinâmica (Lima, 2020).

Os riscos associados à biofortificação incluem a diminuição da agrobiodiversidade, a influência corporativa sobre instituições como a EMBRAPA, os possíveis perigos dos organismos geneticamente modificados à saúde humana, e a dúvida sobre se a biofortificação realmente resolve a “fome oculta”, considerando que a fortificação industrial e a suplementação dietética não têm erradicado as carências nutricionais (Manos e Wilkinson, 2016). Para erradicar a fome, é crucial uma compreensão abrangente de suas causas coletivas, que vão além de um mero desequilíbrio entre alimentos e população (Lima, 2020). A disponibilidade e acessibilidade de alimentos saudáveis são fatores preponderantes na prevalência da má nutrição global (Bocchi

et al. 2019; Pereira, Franceschini, Priore, 2021). A fome está intrinsecamente ligada à capacidade das pessoas de adquirir alimentos adequados e, portanto, à saúde e nutrição, envolvendo o funcionamento da economia e ações políticas e sociais (FAO, OPS, WFP y UNICEF, 2019). O retorno do Brasil ao Mapa da Fome (Lima, 2020; Oliveira, 2022) é um testemunho da ampliação da vulnerabilidade social devido à paralisação de programas de SAN e ao aumento da pobreza.

CONCLUSÃO

A degradação do solo pode ser evitada (Stefan et al. 2022), através da correção, garantindo um maior acúmulo de nutrientes essenciais às plantas ao organismo humano, podendo resultar em uma diminuição na deficiência de micronutrientes na população mundial.

No entanto, há uma necessidade de políticas públicas para o melhor conhecimento do solo e manejo adequado da terra, tal como a adoção de práticas sustentáveis de alimentos (FAO, 2015).

As opções para enfrentar as tarefas prioritárias em relação a fome, desnutrição e em especial a deficiência de micronutrientes, residem, principalmente, na transformação do modelo de produção de alimentos para modelos agroecológicos, bem como na mudança dos padrões de fornecimento e acesso aos alimentos para toda a população em relação a quantidade e qualidade (Bocchi et al. 2019; Durão, Silva, Ischkanian, 2017; Maluf et al. 2015).

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, H.P. et al. Indicadores de insegurança alimentar e nutricional associados à anemia ferropriva em 321 crianças brasileiras: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.23, n. 4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018234.16012016>.

BOCCHI, C. P. et al. A década da nutrição, a política de segurança alimentar e nutricional e as compras públicas da agricultura familiar no Brasil. **Rev Panam Salud Publica**, v. 43, n.8, 2019. Doi. org/10.26633/RPSP.2019.84.

BRASIL. **Lei nº 13.839, de 4 de junho de 2019**. Dispõe sobre alteração da Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, para prever, no conceito de segurança alimentar e nutricional, a ampliação das condições de acesso aos alimentos por meio das medidas que mitiguem o risco de escassez de água potável, bem como a formação de estoques reguladores e estratégicos de alimentos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Lei/L13839.htm#art1. Acesso em 21 de setembro de 2025.

BRASIL. **Lei nº11.346, de 15 de setembro de 2006.** Dispõe sobre a criação do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília, DF, set. 2006.

BRASIL. **Recomendação nº 007, de 11 de abril de 2022.** Recomenda medidas acerca de indicadores relativos ao estado nutricional e ao consumo alimentar nos planos de saúde municipais, estaduais, regionais e do Distrito Federal. Brasília, DF, 2022.

CAMARGO, O. A. Reações e interações de micronutrientes no solo. 2019 Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm Acesso em 20 de junho de 2025.

DHALIWAL, S. S. et al. Biofortification-A Frontier Novel Approach to Enrich Micronutrients in Field Crops to Encounter the Nutritional Security. *Molecules*. 2022 Feb 16;27(4):1340. Doi: 10.3390/molecules27041340.

DURAO, E. R. M. S.; SILVA, A. E. M.; ISCHKANIAN, P. C. Naturologia e Agroecologia: um diálogo complexo. **Cad. Natural Terap. Complem.** v. 6, n. 10, 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2019). The state of food security and nutrition in the world. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>. Acesso em 30 de novembro de 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2020). The State of Security and Nutrition in the World. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca9692en/online/ca9692en.html#tab1>. Acesso em 15 de junho de 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Rome Declaration on Nutrition. Why it matters & what can be done. Second International Conference on Nutrition (ICN2), 19-21 November 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-ml542e.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2025.

FAO, OPS, WFP y UNICEF (2019). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2019. Santiago.

FBSSAN. Fórum Brasileiro de Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. 2016. Juliana Casemiro; Vanessa Schottz (Org.). Disponível em: <https://fbssan.org.br/biblioteca/documentos/>. Acesso em 21 de junho de 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Human Vitamin and Mineral Requirements**: report of a joint FAO/WHO expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization, 2001.

GOMES, C. S. F. Geologia Médica. **Rev. Ciência Elem.**, v. 9, n. 04, 2021. Doi: 10.24927/rce2021.074.

GOMES, F. S. et al. Biofortificação: as controvérsias e as ameaças à soberania e segurança alimentar e nutricional. **Fórum Brasileiro de Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional**, Rio de Janeiro, 2016.

HENRY, R. C. et al. Food supply and bioenergy production within the global cropland

HUEY, S. L. et al. Review of the Impact Pathways of Biofortified Foods and Food Products. **Nutrients**. v. 14, n. 6, Mar, 2022. Doi: 10.3390/nu14061200. PMID: 35334857.

KOÇ, E.; KARAYIĞIT, B. Assessment of Biofortification Approaches Used to Improve Micronutrient-Dense Plants That Are a Sustainable Solution to Combat Hidden Hunger. *J Soil Sci Plant Nutr.* v. 22, n. 1, p. 475-500, 2020. Doi:10.1007/s42729-021-00663-1.

LIMA, R. O. Somos os filhos da (r)evolução? Agrotóxicos, transgênicos, biofortificação e conflitos socioambientais face a segurança alimentar e ambiental. **Confluências revista interdisciplinar de sociologia e direito**, v. 22, n. 1, p. 120 – 141, 2020.

LOPES, A.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. Fertilidade do solo, p. 2-64, 2007.

LOUREIRO, M. P. et al. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segur. Aliment. Nutr.**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 66-84, maio/ago. 2018.

MALUF, R. S. et al. Agricultura sensível à nutrição e a promoção da soberania e da segurança alimentar e nutricional no Brasil. **Cien Saude Colet** [periódico na internet] (2015/Mai). [Citado em 25/06/2022]. Está disponível em: <http://cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/agricultura-sensivel-a-nutricao-e-a-promocao-da-soberania-e-da-seguranca-alimentar-e-nutricional-no-brasil/15138?id=15138&id=15138>.

MANOS, M. G. L.; WILKINSON, J. Mapeamento de Controvérsias Socio-técnicas: o Caso da Biofortificação de Alimentos Básicos no Brasil. **Investigação Qualitativa em Ciências Sociais//Investigación Cualitativa en Ciencias Sociales**// v. 3, 2016.

MORAES, M. F. et al. Biofortificação alternativa à segurança alimentar e nutricional. **Informações Agrônomicas**. n. 140, p. 9 – 15, 2012.

MORAIS, D. C. ET AL. Indicadores de avaliação da Insegurança Alimentar e Nutricional e fatores associados: revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 7, p. 2687-2700, 2020. DOI: 10.1590/1413-81232020257.23672018.

NUTTI, R. M. A HISTÓRIA DOS PROJETOS HarvestPlus, AgroSalud E BioFORT NO BRASIL. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ. 4ª reunião biofortificação 2011.

OLINGER, Glauco. Segurança alimentar: desafio 2050. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 14-16, 2015.

OLIVEIRA, A. S. B. Monitoramento e avaliação da segurança alimentar e nutricional: um olhar sobre as publicações oficiais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 2, p. 631-640, 2022. Doi:10.1590/1413-81232022272.41332020.

ONU. (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em 10 de junho 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Documento final da Segunda Conferência Internacional sobre Nutrição**: Declaração de Roma sobre a Nutrição. Roma: OMS, 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **2019 Revision of World Population Prospects**. Genebra: OMS, 2019.

PEREIRA, N.; FRANCESCHINI, S.; PRIORE, S. Qualidade dos alimentos segundo o sistema de produção e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: revisão sistemática. *Saúde e Sociedade*, v. 29, 2021.

PERIGNON, M. et al. The bioavailability of iron, zinc, protein and vitamin A is highly variable in French individual diets: Impact on nutrient inadequacy assessment and relation with the animal-to-plant ratio of diets. *Food Chemistry*, v.238, p.73–81, 2018. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.070.

planetary boundary. *PLoS ONE*, v.13, n.3, 2018. Doi: 10.1371/journal.pone.0194695.

REIS, A. R. et al. Selenium toxicity in upland field-grown rice: Seed physiology responses and nutriente distribution using the μ -XRF technique. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 190, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110147>.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Tecnologias de Produção de Soja** / Claudine Dinali Santos Seixas... [et al.] editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, p. 347, 2020.

SILVA, C. R. et al. Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. **I. Workshop Internacional de Geologia Médica**, Rio de Janeiro, 2005. Doi:10.1017/S0029665116000598.

STEFAN D. S. et al. Review of Soil Quality Improvement Using Biopolymers from Leather Waste. **Polymers (Basel)**. 2022 May 9;14(9):1928. Doi: 10.3390/polym14091928. PMID: 35567096.

STROBBE S.; VAN DER STRAETEN D. Toward Eradication of B-Vitamin Deficiencies: Considerations for Crop Biofortification. **Front. Plant. Sci.** 2018. Doi: 10.3389/fpls.2018.00443.

VASCONCELOS, C. V. S.; VASCONCELOS, L. T. de S.; LIMA, M. R. S. Com as mãos na terra: estratégias de promoção em nutrição agroecológica. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, Umuarama**, v. 26, n. 1, p. 89-93, jan./abr. 2022.

VELU, G. ET AL. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 59, n. 3, p. 365-372, 2014.

ZAMAN, Q. U. et al. Zinc biofortification in rice: leveraging agriculture to moderate hidden hunger in developing countries. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 2, p. 147-161, 2018.