



FEW NEXUS E A GONGOCOMPOSTAGEM: SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ADUBOS E FERTILIZANTES

FEW Nexus and GONGOCOMPOSTING: sustainability in the production of fertilizers

GT04. Sociobioeconomia e exploração dos recursos naturais na Amazônia

Autor 1: Beatriz Araújo de Souza do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente PRODEMA/UFPB. E-mail: beatrizsouzalp16@gmail.com

Autor 2: Profa. Dra. Tania Nunes da Silva do Departamento de Administração PPGA/UFRGS. E-mail: tnsilva@ea.ufrgs.br

RESUMO: A pesquisa realiza uma revisão sistemática da literatura, com o propósito de mapear e analisar a produção científica nacional e internacional sobre a gongocompostagem relacionada com a abordagem *FEW Nexus*. Este método permite agrupar estudos experimentais, técnicos e institucionais para compreender como a técnica é abordada, suas potencialidades e desafios no contexto da produção de alimentos sustentável. A investigação busca identificar avanços científicos e lacunas existentes, estabelecendo uma base crítica que oriente futuras pesquisas e aplicações práticas, especialmente no que se refere à substituição de fertilizantes químicos por alternativas naturais. O estudo destaca a importância da gongocompostagem como uma prática agroecológica inovadora que contribui para a melhoria da fertilidade do solo, promoção da biodiversidade edáfica e mitigação dos impactos ambientais adversos gerados pelo uso intensivo de insumos sintéticos. Ao integrar aspectos relacionados à sustentabilidade, ciclos biogeoquímicos e à interdependência dos recursos hídricos, energéticos e alimentares, a pesquisa enfatiza a relevância desta técnica para a agricultura familiar e a Sociobioeconomia. Dessa forma, o trabalho não apenas expõe o panorama atual da gongocompostagem na literatura, mas também apresenta uma síntese crítica que subsidia a implementação e aprimoramento dessa tecnologia em propriedades rurais, principalmente no Brasil, onde seu desenvolvimento é mais expressivo.

Palavras-chave: *FEW Nexus*; Fertilizante Natural; Gongocompostagem, Inovação Sustentável, Sustentabilidade.

ABSTRACT: This research conducts an integrative literature review aimed at systematically mapping and analyzing the national and international scientific production on gongocomposting. This method enables the aggregation of experimental, technical, and institutional studies to understand how the technique is approached, its potential, and challenges within the context of agricultural sustainability. The investigation seeks to identify scientific advances and existing gaps, establishing a critical foundation to guide future research and practical applications, especially concerning the substitution of chemical fertilizers with natural alternatives. The study highlights the importance of gongocomposting as an innovative agroecological practice that contributes to improving soil fertility, promoting soil biodiversity, and mitigating the adverse environmental impacts caused by the intensive use of synthetic inputs. By integrating aspects related to sustainability, biogeochemical cycles, and the interdependence of water, energy, and food resources (*FEW Nexus* approach), the research emphasizes the relevance of this technique for food security and the circular economy. Thus, the work not only outlines the current panorama of gongocomposting in the literature but also presents a critical synthesis that supports the implementation and



improvement of this technology in rural properties, particularly in Brazil, where its development is more pronounced.

Keywords: FEW Nexus; Sustainable Innovation; Gongocomposting, Natural Fertilizer; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A abordagem *FEW Nexus*, que integra a gestão de recursos água, energia e alimentos, ressalta a interdependência desses recursos essenciais e a necessidade de um manejo sistêmico que assegure sua utilização eficiente e sustentável. A intensificação do uso de fertilizantes químicos está diretamente relacionada ao consumo elevado de energia na sua produção industrial e ao impacto negativo sobre a qualidade da água, revelando a complexidade dos desafios para alcançar um desenvolvimento agrícola sustentável. Dessa maneira, práticas que promovam a redução do uso desses insumos e que, ao mesmo tempo, favoreçam a ciclagem natural de nutrientes tornam-se fundamentais para a resiliência dos sistemas agroecológicos.

A gongocompostagem emerge como uma alternativa promissora dentro deste cenário, especialmente no Brasil, onde seu desenvolvimento científico e aplicação prática têm ganhado destaque. Esta técnica utiliza os gongolos como agente principal no processo de decomposição da matéria orgânica, pertencentes à classe Diplopoda, que se enquadra na superclasse Myriapoda e no filo Arthropoda. São conhecidos como embuás, piolhos-de-cobra ou gongolos e caracterizam-se por terem dois pares de pernas por segmento do corpo, que é cilíndrico e alongado. São pequenos invertebrados decompositores, na transformação de resíduos sólidos orgânicos em um adubo rico em nutrientes.

Essa técnica utiliza os gongolos para transformar resíduos orgânicos fibrosos em composto orgânico de alta qualidade, que pode substituir ou reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos. Além de contribuir para a melhoria da fertilidade do solo e da biodiversidade microbiana, a gongocompostagem está alinhada com os princípios da Sociobioeconomia, valorizando o reaproveitamento de resíduos e a sustentabilidade ambiental. Como é evidenciado na revisão integrativa da literatura realizada, essa técnica surge não apenas como uma inovação técnica, mas também como uma ferramenta estratégica para enfrentar as lacunas identificadas na produção de alimentos brasileira e internacional, promovendo um modelo agroecológico mais equilibrado entre essa produção e a preservação dos recursos naturais.

Assim, o trabalho apresentado dialoga diretamente com os desafios contemporâneos do desenvolvimento sustentável e sustentabilidade no Brasil, articulando os impactos dos fertilizantes químicos, as implicações do *FEW Nexus* e os benefícios da gongocompostagem. A partir de um levantamento sistematizado da produção científica, o estudo evidencia o potencial dessa técnica como uma resposta eficaz às demandas ambientais, sociais e econômicas, contribuindo para a construção de sistemas de produção de alimentos mais sustentáveis, resilientes e inclusivos.

2. MÉTODO

A metodologia utilizada foi uma revisão sistemática da literatura, com etapas para levantar e analisar a produção científica sobre gongocompostagem em âmbito nacional e internacional e relacionar com a gestão integrada de recursos que esta técnica pode oferecer, a partir da abordagem *FEW Nexus*. Para delinear o estudo, definiu-se a seguinte questão



norteadora: “Qual a produção científica no cenário nacional e internacional acerca da gongocompostagem e como ela pode se interligar com a abordagem *FEW Nexus*?”. A abordagem seguiu seis etapas clássicas: (1) definição das questões de pesquisa; (2) definição das bases de dados, critérios de inclusão e exclusão de acordo com a pergunta norteadora; (3) avaliação e seleção dos estudos a serem incluídos; (4) definição do instrumento para extração e registro dos dados coletados dos artigos selecionados; (5) análise crítica dos estudos incluídos e discussão dos resultados; (6) síntese do conhecimento obtido através da revisão integrativa. O objetivo foi mapear e analisar a produção científica sobre gongocompostagem, identificando como o tema é abordado tanto em estudos experimentais quanto em referências institucionais e técnicas; e indicar como a gongocompostagem pode estar relacionada à gestão integrada de recursos (alimento, energia e a água), tendo o fertilizante natural como produto final do processo.

Foram escolhidas fontes como a Plataforma Periódicos CAPES, Google Acadêmico e SciELO Brasil, complementadas por materiais de instituições (EMBRAPA, IFs, etc.), abrangendo múltiplos tipos de documentos. A pesquisa partiu do pressuposto de que o levantamento sistemático poderia identificar avanços, lacunas e possíveis aplicações desse método de compostagem. A coleta de dados ocorreu de maio até agosto de 2025. A análise das publicações obtidas por meio da busca no Portal de Periódicos da CAPES (2025), utilizando os descritores *Trigoniulus Corallinus* e *Composting and Vermicomposting Techniques*, evidencia uma produção científica crescente sobre a capacidade dos diplópodes de decompor materiais orgânicos.

3. GONGOCOMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM

Neste tópico será abordado como a gongocompostagem se destaca na sociobioeconomia, apresentando exemplos globais dos principais métodos de compostagem, comparando-os e demonstrando as vantagens econômicas e ambientais da técnica em análise, acoplada com a abordagem *FEW Nexus*.

O uso global dos métodos de compostagem varia conforme as características agrícolas, políticas públicas e culturais de cada região. A vermicompostagem é especialmente popular em países com agricultura urbana consolidada, como os Estados Unidos, partes da Europa e Índia, devido à facilidade de instalação e ao rápido retorno em solo doméstico (SINGH et al., 2021; JHA et al., 2022). Algumas pesquisas mostram que existem experimentos associando as minhocas a outros invertebrados, como os diplópodes. Entretanto, a gongocompostagem continua sendo a tecnologia mais acessível e replicável na produção de adubos e fertilizantes.

A compostagem aeróbica convencional ocupa grande espaço em regiões onde políticas públicas de tratamento de resíduos sólidos estão implementadas, principalmente na Europa, Estados Unidos e partes da América Latina (ALMEIDA, 2023; SOUZA, 2023). A gongocompostagem, embora pioneira no Brasil, por meio da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), ainda não possui adoção generalizada globalmente; e seu uso está começando a se expandir em propriedades rurais brasileiras, como em Roraima, onde essa tecnologia foi disseminada recentemente (EMBRAPA, 2024; OLIVEIRA et al., 2023).

3.1 Diferenciais e superioridade econômica da gongocompostagem



Entre os diferenciais e a superioridade econômica da gongocompostagem, destaca-se a alta eficiência na trituração de materiais fibrosos pelos gongolos, capazes de processar resíduos vegetais fibrosos como capim, bagaço de cana, sabugo de milho, palha, gramíneas e papelão, materiais de difícil decomposição para as minhocas convencionais (EMBRAPA, 2024; PEREIRA; COSTA, 2022). A capacidade de trituração dos gongolos, faz o custo da técnica ser mais barato, pois não é necessário nenhum processo manual ou mecânico para triturar os resíduos, como acontece na vermicompostagem. Em convergência com a gestão integrada de recursos FEW Nexus, essa habilidade diminui o uso de água e energia, recursos que são utilizados na trituração dos resíduos orgânicos na compostagem com minhocas.

A gongocompostagem é eficiente na redução do volume de resíduos, podendo diminuir até 70% do material depositado, o que contribui significativamente para a gestão sustentável de resíduos orgânicos no campo (ANTUNES, 2019). Outro aspecto importante é a parceria biológica entre a ação mecânica dos gongolos e a decomposição microbiana, que acelera a transformação dos resíduos em adubo orgânico de alta qualidade, o gongocomposto (SILVA et al., 2024). Por fim, o composto produzido atende aos requisitos para fertilizantes orgânicos e pode ser utilizado tanto como substrato para mudas quanto para a manutenção da fertilidade e incorporação de matéria orgânica em solos degradados (EMBRAPA, 2024; SILVA et al., 2024).

A técnica, também, se destaca pelo baixo custo e simplicidade de implantação, podendo ser realizada em propriedades rurais com recursos locais e investimento reduzido em infraestrutura, utilizando recipientes simples, como anéis de cimento ou composteiras forradas para conter os gongolos (EMBRAPA, 2024; OLIVEIRA et al., 2023). Até mesmo a produção das composteiras podem ser feitas de materiais recicláveis, dando a eles uma função sustentável.

3.2 Exemplos e evidências

Pesquisas recentes têm evidenciado o potencial da gongocompostagem como técnica eficiente para o manejo sustentável de resíduos orgânicos e a produção de adubo de qualidade e fertilizante natural, com aplicações na agricultura, ecologia, administração e educação ambiental. No Instituto Federal Fluminense (IFF-Cambuci), por exemplo, foi realizada uma avaliação da degradação do papel branco utilizando a gongocompostagem com insumos como papel, capim-elefante e gliricídia, em um período aproximado de 90 dias. O processo resultou em um composto que atendeu aos parâmetros legais brasileiros relativos à qualidade nutricional, demonstrando viabilidade técnica e potencial para a produção de mudas (SOUZA et al., 2023).

A EMBRAPA Agrobiologia destaca a habilidade dos gongolos como trituradores eficientes, comparando o composto produzido ao adubo gerado por minhocas, e com menor necessidade de manipulação e maior praticidade, o que resulta em uma tecnologia adequada para agricultores, especialmente em regiões como Roraima, devido à sua abundância em ambientes úmidos, escuros e com abundância de matéria orgânica em decomposição, como solos florestais, debaixo de folhas caídas, em madeira podre ou em restos de plantas e galhos.

Um estudo publicado na revista *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science* avaliou a eficiência do gongocomposto na produção de mudas de brócolis, identificando que o composto elaborado pelos gongolos apresentou melhores



propriedades físico-químicas e maior capacidade de retenção de água, favorecendo o desenvolvimento de mudas superiores em comparação a substratos orgânicos comerciais convencionais (LIMA; CARVALHO, 2023).

De forma complementar, outra pesquisa, também divulgada na mesma revista, comparou as propriedades físico-químicas do gongocomposto e do vermicomposto produzidos no Instituto Federal de Sergipe (IFS-Aracaju) com aplicação em mudas de rúcula e alface. Os resultados mostraram que o gongocomposto apresenta maiores teores de umidade, carbono, nitrogênio, cálcio e magnésio, concomitantemente a uma densidade menor, o que refletiu em maior desenvolvimento das mudas submetidas ao tratamento (SANTOS et al., 2023).

No âmbito educacional e social, projetos em Mato Grosso têm ensinado estudantes a produzir adubo orgânico por meio da gongocompostagem, em parcerias que envolvem a Universidade Federal do Mato Grosso, Rotary e EMBRAPA. Essas ações visam tanto a promoção da educação ambiental quanto a valorização da biodiversidade do solo, reformulando a percepção sobre o gongolo como um aliado na agroecologia contemporânea (MARTINS; ALMEIDA, 2023).

3.3 Panorama Mundial da Gongocompostagem

Os estudos relacionados à gongocompostagem concentram-se predominantemente no Brasil, abrangendo tanto a esfera acadêmica, por meio de publicações científicas, quanto a prática, com projetos aplicados em propriedades rurais (EMBRAPA, 2024; SOUZA et al., 2023). A distribuição geográfica dos diplópodes *Trigoniulus Corallinus*, uma das espécies mais utilizadas na gongocompostagem, é pantropical, o que sugere um potencial de adaptação dessa técnica em outros países de regiões tropicais e subtropicais (CHAPMAN; HUNTER, 2022). No entanto, não foram encontrados registros robustos de estudos internacionais ou colaborações fora do Brasil que relatem o uso de gongolos para compostagem ou sustentabilidade, indicando que essa é ainda uma tecnologia emergente e predominantemente desenvolvida em âmbito nacional.

Na Índia, pesquisas envolvendo a espécie *Xenobolus Carnifex* têm demonstrado resultados promissores na compostagem. Um macro ensaio conduzido ao longo de 45 dias avaliou a decomposição de resíduos como folhas, bagaço de cana, casca de arroz e serragem, além do efeito do millicomposto em plantas de quiabo. O composto derivado das folhas obteve melhor perfil nutricional e desempenho em planta, indicando viabilidade para aplicações agrícolas (KUMAR et al., 2023). Também há relatos sobre o uso de *pill-millipedes* do gênero *Arthrosphaera* para a transformação de resíduos sólidos urbanos em composto, com estudos de microcosmos de quatro semanas avaliando a qualidade do adubo produzido por *Arthrosphaera fumosa* e *A. magna*, especialmente a partir da serapilheira mista, focando na análise dos nutrientes do composto (SINGH; RAO, 2022).

Comparativos entre millicomposto e vermicomposto, e suas combinações com minhocas (exemplo: *Harpaphe Haydeniana* e *X. Carnifex*), evidenciaram diferenças nas características físico-químicas do composto e respostas positivas em plantas (PATEL et al., 2023). Em aplicações florestais, o uso de *Harpaphe Haydeniana* e *Spinotarsus Ccolosseus* para compostar a planta invasora *Parthenium Hysterophorus* tem sido testado visando à produção de substrato para mudas, destacando o potencial para manejo de espécies invasoras



(KUMAR et al., 2023).

Esses estudos mostram que (I) o millicomposto apresenta bom teor de nitrogênio, fósforo e potássio, com índices reduzidos da relação carbono/nitrogênio (C/N), promovendo ganhos expressivos no crescimento de culturas como quiabo, milho e feijão-preto; (II) existe viabilidade para o tratamento de resíduos urbanos e plantas invasoras; e (III) há potencial para substituição parcial de adubos minerais convencionais (SINGH; RAO, 2022; PATEL et al., 2023).

No Canadá e na região do Pacífico Norte, pesquisas com a espécie *Harpaphe haydeniana* têm focado no efeito dos gongolos na decomposição de resíduos orgânicos. Uma tese avaliou a emissão de CO₂ associada aos resíduos ingeridos por *H. haydeniana* em comparação ao resíduo orgânico não ingerido, demonstrando que a passagem pelo trato digestivo acelera a decomposição, dependendo do tipo de folha consumida (THOMPSON, 2023).

Portanto, embora o desenvolvimento da gongocompostagem esteja concentrado principalmente no Brasil, estudos internacionais com espécies similares apresentam evidências que reforçam o potencial dessa técnica como alternativa sustentável para a reciclagem de resíduos orgânicos e manejo de fertilidade do solo em variados contextos biogeográficos. Os gongolos podem ser encontrados em todos os continentes, exceto na Antártida. Canadá e Índia possuem representantes das principais ordens desse grupo, com origem evolutiva ligada aos antigos continentes Laurásia e Gondwana.

4. FEW NEXUS E A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE NATURAL

A partir de dados coletados no Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), os principais tipos de fertilizantes utilizados no Brasil são os minerais químicos à base de nitrogênio, fósforo e potássio, junto com orgânicos e organominerais, sendo que a maior parte dos fertilizantes químicos é importada, principalmente da Rússia, China e Canadá, e o país gasta anualmente cerca de US\$ 25 bilhões com esses insumos (CIVITEREZA, 2022; SILVA, 2019). O Brasil comercializou, em 2024, cerca de 45,61 milhões de toneladas de fertilizantes, dos quais 41,34 milhões foram importados, a um custo médio de importação entre US\$ 324,4 e US\$ 362,7 por tonelada, o que representa mais de US\$ 14 bilhões em importação de fertilizantes intermediários só em 2024, com movimentação em todo o setor agrícola próximo dos US\$ 25 bilhões anuais.

O volume total de fertilizantes entregues ao mercado brasileiro de acordo com os dados do PNF (Fig. 1), em 2024, foi de 45,61 milhões de toneladas, sendo eles: fertilizantes importados foi de 41,34 milhões de toneladas em 2024, um aumento de 4,8% em relação a 2023. Também foi possível identificar que os tipos de fertilizantes usados no Brasil, são: a) minerais Nitrogenados, como a ureia, o nitrato de amônio, sulfato de amônio; b) minerais Fosfatados, que são: superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico (MAP); c) minerais Potássicos: cloreto de potássio, sulfato de potássio (CIVITEREZA, 2022); d). Orgânicos: produzidos com resíduos animais ou vegetais (esterco, compostagem, torta de mamona) (EMBRAPA, 2024); e) Organominerais: mistura de orgânicos e minerais, oferecem nutrientes de forma gradual e rápida (CIVITEREZA, 2022). Logo, a gongocompostagem pode ser uma alternativa sustentável, econômica e que, quando integrada à produção de fertilizantes, reduz impactos ambientais e promove benefícios sociais e ecológicos.



1. Volumes e Valores por Tipo de Fertilizante

Tipo de Fertilizante	Volume Importado (milhões t)	Valor Importado (US\$ bilhões)	Volume em Uso (milhões t)	Preço Médio (US\$/t, nov/2024)
Cloreto de potássio (KCl)	13,6	3,6	5,73	360–365
Ureia	8,3	2,7	6,78	370–390
Sulfato de amônio (SA)	6,1	0,956	6,78	170–175
MAP	—	—	7,69	715–725
Superfosfato simples (SSP)	—	—	7,69	230–265

Fonte: elaborado com base no Plano Nacional de Fertilizantes (PNF)

Observação: Alguns fertilizantes (MAP e SSP) não tiveram dados de importação na fonte que foi consultada, mas foram incluídos seus preços médios e volumes de uso quando disponíveis. Os volumes em uso estão associados aos nutrientes principais: N (nitrogênio), P_2O_5 (fósforo) e K_2O (potássio).

4.1 Gasto Anual em Fertilizantes Químicos

Aproximadamente 85% dos fertilizantes químicos utilizados, no Brasil, são importados. Os principais países fornecedores são Rússia, China e Canadá, que fornecem os nutrientes essenciais NPK devido à baixa produção nacional (CIVITEREZA, 2022). Os fertilizantes começaram a ser usados, no Brasil, em 1895, inicialmente em áreas cafezeiras de Campinas-SP, com crescente dependência das importações, a partir dos anos 1960.

O Brasil gasta cerca de US\$ 25 bilhões por ano para importar fertilizantes químicos. Esse valor representa aproximadamente 30% do custo total da produção agrícola, e pode variar de acordo com o dólar e o cenário internacional (CIVITEREZA, 2022). O gasto aumentou significativamente nos últimos cinco anos, saindo de US\$ 8,59 bi (2018) para US\$ 24,76 bi (2022), principalmente devido ao aumento do preço internacional dos insumos.

Além dos gastos financeiros para a importação dos fertilizantes químicos, existem os gastos dos recursos básicos da vida humana na Terra: alimento, energia e água, ou seja, a produção de fertilizantes químicos requer água, energia e utilização de alimentos. Esses alimentos geram resíduos orgânicos que também geram outros resíduos. Os resíduos gerados podem ser utilizados na produção de fertilizantes naturais para o solo, porém, para que esses fertilizantes cheguem ao Brasil, é preciso serem transportados por meio de avião, embarcação,



estrada ou outros modos. Todos eles exigem gastos energéticos que poderiam ser evitados com a gongocompostagem.

4.3 Principais Prejuízos ao Solo, segundo Civitereza, 2022 e Silva, 2019:

a) Desequilíbrio nutricional: O excesso de um nutriente pode dificultar a absorção de outros, comprometendo o crescimento das plantas por antagonismo e competição entre nutrientes como potássio, cálcio e magnésio (SILVA, 2019). A gongocompostagem aliada com a gestão integrada de recursos que se tornam raros *FEW Nexus*, é capaz de produzir o adubo, rico em nutrientes, que pode melhorar na fertilidade do solo e promover a agroecologia. Assim, é possível equilibrar a qualidade nutricional do solo, sistematizando o processo de decomposição dos resíduos orgânicos por intermédio dos gongolos, barateando o custo de produção, minimizando os impactos ao solo e o gasto energético para sua produção.

b) Acidificação do solo: Fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, aumentam a acidez, dificultando a absorção de nutrientes pelas plantas e reduzindo a produtividade agrícola.

c) Salinização: O uso repetido pode levar ao acúmulo de sais na superfície, reduzindo a capacidade de cultivo e a infiltração de água (CIVITEREZA, 2022). A retenção de água no solo reduz a necessidade de irrigação, assim, diminuindo a contaminação hídrica, já que alinhado à abordagem *FEW Nexus*, pode evitar o uso de fertilizantes químicos que lixiviam para os lençóis freáticos. Com isso, disponibilizando uma melhor qualidade hídrica.

d) Intoxicação por metais pesados: Certos fertilizantes contêm impurezas e subprodutos tóxicos (chumbo, cádmio, mercúrio), contaminando o solo, água subterrânea e plantações, com riscos à saúde humana e animal.

e) Perda da biodiversidade do solo: Fertilizantes químicos podem destruir microrganismos essenciais, empobrecendo o solo e dificultando o desenvolvimento das plantas. Erosão: Fertilizantes inadequados favorecem a dispersão de misturas heterogêneas, igualmente acelerando processos erosivos e a perda de nutrientes.

f) Contaminação hídrica: O excesso de nutrientes pode ser transportado pela chuva para rios e lençóis freáticos, causando eutrofização e poluição.

Os gongolos, também, podem ser usados como bioindicadores, isso porque a sua presença e abundância indicam a qualidade do solo e da matéria orgânica, sendo sensíveis a alterações como compactação e presença de químicos. Essa gestão integrada na produção de alimentos e fertilizantes a partir dos gongolos, vai muito além da sua capacidade de produção, contribui, também, com a saúde do solo e as alterações na sua fauna revelam condições de sustentabilidade ambiental. Na perspectiva da abordagem *FEW Nexus*, a decomposição realizada pelos gongolos, dispensa o uso de energia elétrica ou mecânica e isso auxilia na valorização dos resíduos orgânicos locais, evitando transporte e processamento industrial. Sem o uso de insumos fósseis, com baixo consumo energético, favorecendo a sociobioeconomia.

4.4 *FEW Nexus, Fertilizante natural e seu benefício ambiental*



O fertilizante natural, proveniente da gongocompostagem, apresenta várias vantagens em relação ao fertilizante químico tradicional, especialmente do ponto de vista ambiental e da saúde do solo, mas há diferenças importantes em termos de fornecimento imediato de nutrientes (EMBRAPA 2024).

As vantagens do fertilizante de gongocompostagem são:

a) No eixo *Food* (Alimento): possibilita aumento da fertilidade do solo, pois o húmus produzido através da gongocompostagem enriquece o solo com matéria orgânica, nutrientes de liberação lenta e melhora a estrutura física, aeração e retenção de água, esse processo melhora a qualidade dos alimentos produzidos; nesse aspecto, a gongocompostagem se destaca pela produção de húmus rico em matéria orgânica e nutrientes de liberação lenta, que melhora a estrutura física do solo, aumenta sua fertilidade e estimula a biodiversidade microbiana. Essa característica favorece a produtividade agrícola de maneira sustentável, além de contribuir para a qualidade dos alimentos. Em comparação, os fertilizantes químicos, embora forneçam nutrientes de forma imediata, podem degradar a microbiota do solo e reduzir sua resiliência a longo prazo (EMBRAPA, 2024).

b) No eixo *Energy* (Energia): promove a recuperação e manutenção dos microorganismos benéficos, pois estimula a biodiversidade microbiana do solo, fundamental para uma agricultura sustentável, ao contrário do fertilizante químico, que pode reduzir essa biodiversidade ao longo do tempo; essa técnica apresenta baixo consumo energético, uma vez que utiliza a atividade biológica dos gongolos para a degradação da matéria orgânica. Esse processo contrasta com a produção de fertilizantes químicos, que demanda altos custos energéticos e o uso intensivo de recursos fósseis. Ademais, a prática reduz a dependência de importação e transporte de insumos industriais, minimizando a pegada energética associada ao setor agrícola.

c) No eixo *Water* (Água): Reduz o uso de insumos externos e gastos hídricos, pois o húmus do gongolo pode ser aplicado diretamente nas plantações, dispensando a necessidade de misturas ou aditivos, e pode até eliminar a adubação química em certos contextos; o fertilizante natural proveniente da gongocompostagem aumenta a capacidade de retenção hídrica do solo, diminuindo a necessidade de irrigação e contribuindo para a eficiência no uso da água. Além disso, ela evita problemas recorrentes do uso intensivo de fertilizantes químicos, como a salinização e a contaminação de corpos hídricos, fatores que comprometem a qualidade da água e o equilíbrio ecológico. É um processo sustentável, pois promove a reciclagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais, diminuindo o volume de lixo e promovendo a Sociobioeconomia.

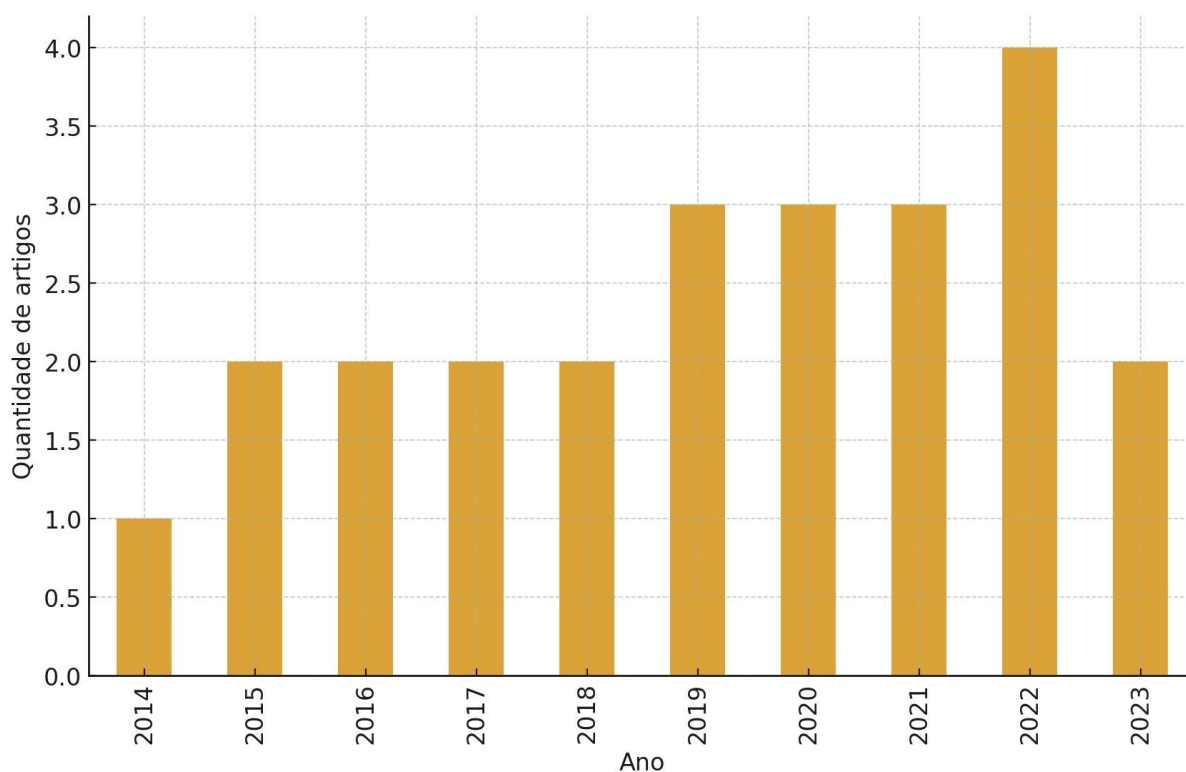
5. RESULTADOS

A demonstração da distribuição anual das publicações (Fig. 2), revela que os estudos iniciais, que datam de 2014, com intensificação a partir de 2017, tiveram um aumento ao longo dos anos. Este acréscimo reflete o interesse progressivo da comunidade científica em investigar a relação entre diplópodes, compostagem e suas aplicações ambientais. Principalmente por seu fácil acesso, eles estão distribuídos no mundo todo, com exceção da Antártida, mas com uma predominância em regiões tropicais e subtropicais. Esse aumento nas produções acerca dos diplópodes, se dá também ao reconhecimento da sua importância



ecológica, realizando a ciclagem de nutrientes, melhorando a qualidade do solo e sua influência no funcionamento dos ecossistemas terrestres (ANTUNES, 2019). Além disso, o interesse cresceu porque os diplópodes podem apresentar explosões populacionais em função de fatores ambientais, mudanças climáticas, uso de pesticidas e ausência de predadores, o que pode causar impactos econômicos e sanitários.

2. Número de Publicações por ano



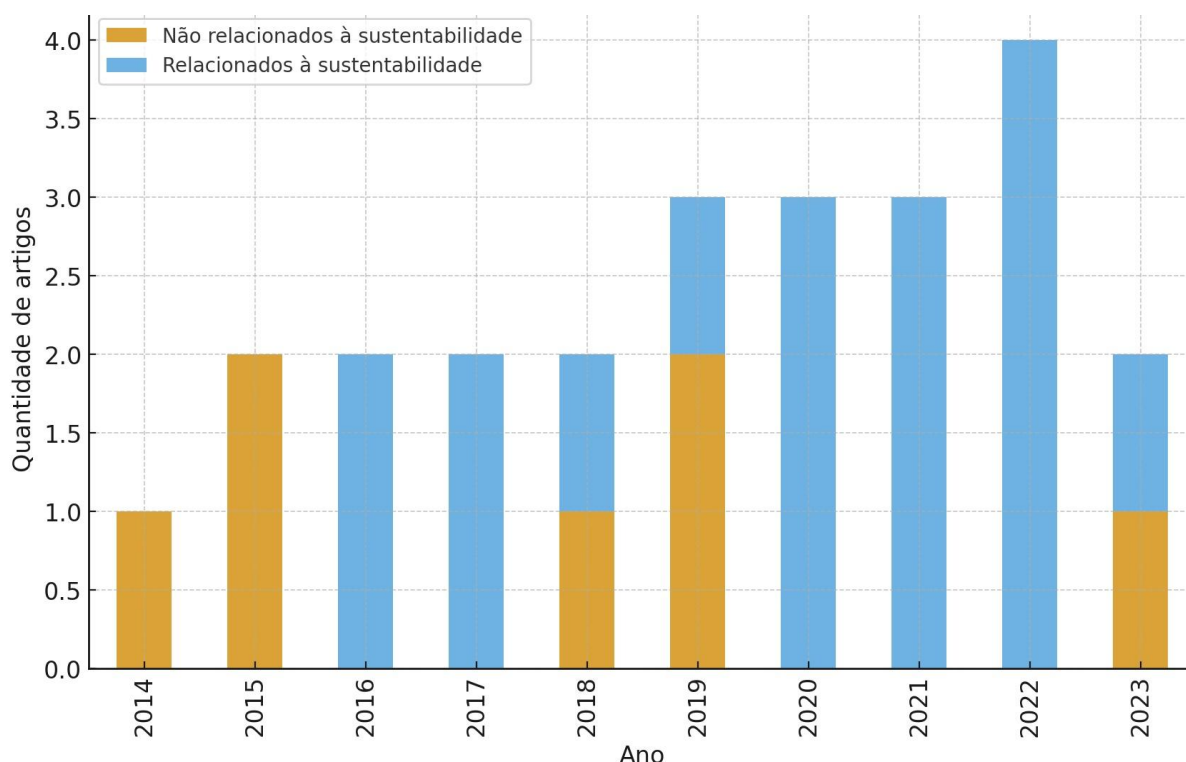
Fonte: Elaborado com base em artigos e documentos selecionados da Plataforma Periódicos CAPES, Google Acadêmico e SciELO Brasil.

Ao se diferenciar os artigos voltados para a sustentabilidade daqueles direcionados a outras perspectivas, como taxonômicas, por exemplo, observa-se (Fig. 3) que a maior parte das publicações possui enfoque voltado para o desenvolvimento sustentável. Isso se deve ao fato da gongocompostagem ser uma estratégia econômica, acessível e replicável para o sistema agrícola, gerando reparo ao solo (a partir dos fertilizantes) e produzindo alimentos de qualidade (a partir do adubo gongocompostado).

A partir de 2017, predominam trabalhos relacionados à utilização de gongocomposto e resíduos orgânicos para fins agroecológicos, produção de mudas e melhoria da qualidade do solo, o que evidencia a relevância do tema para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis. Esses fatores científicos contribuem para o crescente interesse e volume de pesquisas sobre essa inovação, não focando somente na produção, mas integrando outras áreas do conhecimento, como ecologia, solo, microbiologia, biodiversidade, biologia, química e administração no processo.



3. Publicações por ano: Sustentabilidade vs Outras Perspectivas



Fonte: Elaborado com base em artigos e documentos selecionados da Plataforma Periódicos CAPES, Google Acadêmico e SciELO Brasil.

Por outro lado, os artigos que não apresentam conexão direta com a sustentabilidade concentram-se em áreas como toxicologia, taxonomia e ecologia geral da fauna do solo. Embora importantes para a compreensão dos diplópodes em diferentes contextos, esses estudos representam uma proporção menor em relação àqueles que buscam soluções aplicadas à sustentabilidade.

Buscou-se discutir criticamente os resultados levantados, apontando o panorama atual, tendências e desafios dessa técnica na literatura e técnica brasileira e internacional. Essa estrutura torna o estudo uma síntese sobre o estado da arte na gongocompostagem, sistematizando informações para orientar futuras pesquisas e aplicações da abordagem do FEW Nexus relacionado com a gongocompostagem na produção de alimentos e fertilizantes naturais.

Observação importante: as buscas trouxeram também muitos materiais institucionais e técnicos (EMBRAPA, relatórios, comunicados, TCCs e artigos em periódicos não catalogados no SciELO), e trabalhos recentes inseridos em repositórios institucionais (IFs, IFF, ResearchGate, etc.). Alguns destes aparecem catalogados na Plataforma CAPES como registros (*proceedings*, anais, trabalhos acadêmicos), por isso a contagem na CAPES inclui uma mistura de tipos documentais.

A análise das publicações identificadas no Portal de Periódicos da CAPES (2025), evidencia um conjunto de 24 artigos que abordam desde aspectos ecológicos e taxonômicos



de diplópodes até aplicações práticas em processos de compostagem. Entre esses trabalhos, a maioria apresenta enfoque voltado para a sustentabilidade, especialmente no que se refere ao aproveitamento de resíduos agrícolas e urbanos na produção de compostos orgânicos de interesse agroecológico.

Os dados obtidos revelam uma tendência crescente de pesquisas publicadas a partir de 2017, em que o foco passa a ser a utilização da gongocompostagem como estratégia para transformar resíduos em insumos agrícolas, seja na produção de mudas (alface, rúcula e pitaya) ou na avaliação da eficiência de nutrientes do composto. Por outro lado, uma parcela menor das publicações está direcionada a estudos com menor relação direta com a sustentabilidade, como investigações de toxicidade de diplópodes em solos contaminados ou registros de novas espécies.

Esse cenário científico se conecta diretamente com a problemática dos fertilizantes químicos. A agricultura convencional, fortemente dependente de fertilizantes sintéticos, têm gerado impactos ambientais significativos, tais como: contaminação de solos e corpos d'água por nitratos e fosfatos, emissão de gases de efeito estufa durante a produção industrial e degradação da biodiversidade do solo (SOUZA et al., 2018). Além disso, a crescente demanda por insumos minerais eleva os custos de produção agrícola e aumenta a dependência externa de matérias-primas.

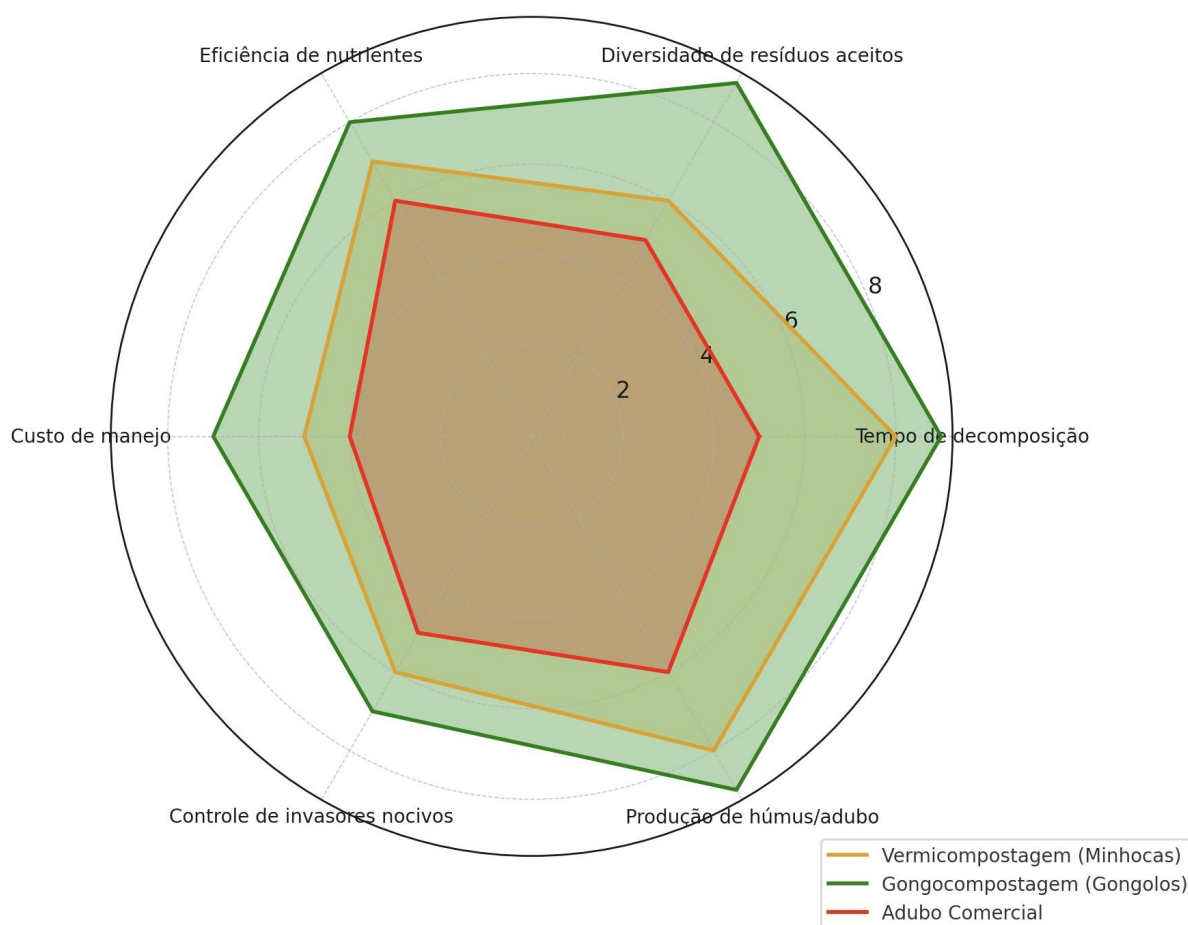
Nesse contexto, a gongocompostagem, alinhada com o *FEW Nexus*, emerge como alternativa sustentável, acessível e replicável. Os resultados discutidos nas publicações analisadas apontam que a utilização de diplópodes no processo de decomposição apresenta vantagens sobre o adubo comercial e, em alguns aspectos, também em relação à vermicompostagem tradicional. Os gongolos trituram mecanicamente a matéria orgânica, acelerando a decomposição física. Esse processo, associado à ação microbiana do intestino dos diplópodes, gera um composto mais homogêneo e rico em nutrientes em períodos relativamente curtos (90 a 180 dias) (Costa et al., 2015).

A gongocompostagem favorece a maior retenção de umidade e estruturação do substrato (Fig. 4): o gongocomposto apresentou boa retenção de água e porosidade adequada, o que favorece o desenvolvimento radicular das plantas. Por isso, ela é uma alternativa interessante para viveiros e horticultura (Araújo et al., 2013; Silva et al., 2016). Essa inovação se configura como uma prática capaz de atender às demandas do *FEW Nexus*, ao integrar seus eixos a essa tecnologia agroecológica. Nesse sentido, não apenas fortalece a produtividade agrícola, mas também reduz impactos ambientais, promovendo maior eficiência no uso dos recursos.

Também ocorre o uso sustentável de espécies nativas, ao contrário da vermicompostagem, que depende principalmente da minhoca *Eisenia fetida* (espécie exótica e de difícil adaptação em alguns climas), pois a gongocompostagem utiliza espécies nativas de diplópodes (embuás/gongolos) e isso reduz riscos ambientais e promove o uso de biodiversidade local (Costa et al., 2015). Os gongolos possuem menos predadores que as minhocas e são mais fáceis de manusear, isso torna a técnica mais fácil de ser executada e necessita de poucas manutenções, visto que eles conseguem triturar cerca de 70% da matéria orgânica sem interferência externa (EMBRAPA, 2024).



4. Comparação entre Vermicompostagem, Gongocompostagem e Adubo comercial



Fonte: Elaborado com base em artigos e documentos selecionados da Plataforma Periódicos CAPES, Google Acadêmico e SciELO Brasil.

O gráfico apresentado é um diagrama radar que compara três abordagens de manejo e fertilização orgânica: vermicompostagem (minhocas), gongocompostagem (gongolos) e adubo comercial. Cada eixo do radar representa um critério considerado relevante à avaliação da qualidade e aplicabilidade do composto/adubo: tempo de decomposição, diversidade de resíduos aceitos, eficiência de nutrientes, custo de manejo, controle de invasores nocivos e produção de húmus/adubo. A escala utilizada é qualitativa (0–10), sintetizada a partir das referências encontradas.

Os valores adicionados são uma síntese qualitativa derivada das referências encontradas: foram comparadas evidências sobre desempenho (tempo de degradação, qualidade do composto, capacidade de decompor diferentes resíduos, custo de manejo e riscos), e cada critério recebeu uma pontuação relativa entre 0 e 10. Esse procedimento tem caráter exploratório, adequado para visualização comparativa em revisão ou discussão, mas não substitui medições quantitativas específicas (por exemplo, análises químicas de NPK expresso em $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, taxas de decomposição em $\%/ \text{dia}$, ou custo monetário em $\text{R}\$/\text{t}$).

6. DISCUSSÃO



O Brasil é um dos maiores consumidores de fertilizantes químicos do mundo e depende fortemente da importação desses insumos para manter sua produção agrícola em larga escala. Essa dependência gera impactos significativos nos três pilares do *FEW Nexus*. Do ponto de vista energético, a produção e o transporte internacional de fertilizantes químicos exigem altos gastos de combustíveis fósseis, além de elevar a vulnerabilidade do setor agrícola às oscilações do mercado global e aos custos logísticos. No aspecto hídrico, a aplicação intensiva desses insumos está associada à salinização dos solos, à contaminação de aquíferos e ao comprometimento da qualidade da água disponível para consumo humano e para a irrigação agrícola. Já no eixo alimentar, essa dependência cria riscos à segurança alimentar nacional, uma vez que a oferta de fertilizantes importados impacta diretamente a produtividade das lavouras e, consequentemente, o abastecimento de alimentos.

Nesse cenário, a abordagem do *FEW Nexus* se apresenta como uma ferramenta analítica e prática para a gestão integrada desses recursos. Ao considerar simultaneamente os efeitos da agricultura sobre energia, água e alimentos, o nexo permite identificar como a dependência de fertilizantes químicos ultrapassa os limites do campo produtivo, atingindo dimensões estratégicas da segurança nacional. Uma gestão de recursos que se tornam raros orientada pela abordagem *FEW Nexus* pode, portanto, apoiar a formulação de políticas públicas que incentivem o uso de fertilizantes naturais, de baixo custo energético e com menor impacto hídrico, promovendo maior resiliência e sustentabilidade ao sistema agroalimentar.

Desse modo, a gongocompostagem desponta como uma alternativa promissora. A técnica permite transformar resíduos orgânicos urbanos e rurais em adubo e fertilizante natural, reduzindo a necessidade de importação de insumos e reinserindo nutrientes no ciclo produtivo agrícola. Ademais, os diplópodes realizam a trituração mecânica do material antes da digestão, acelerando o processo de decomposição e resultando em um composto homogêneo e rico em nutrientes disponíveis. Essa característica reforça o potencial da gongocompostagem em substituir, parcial ou totalmente, o uso de fertilizantes químicos, diminuindo gastos energéticos e impactos hídricos, além de fortalecer a autonomia dos sistemas agrícolas locais. Assim, mais do que uma prática complementar, a gongocompostagem deve ser compreendida como uma ferramenta estratégica na transição agroecológica, alinhada à lógica do *FEW Nexus*, por oferecer sustentabilidade, eficiência produtiva e soberania aos sistemas agroalimentares.

7. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. **Ciclos biogeoquímicos e equilíbrio da biosfera**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.
- ALMEIDA, J. P. et al. Gestão de resíduos orgânicos e sustentabilidade: práticas emergentes no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Sustentabilidade** - 2023.
- ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. **Agroecologia: princípios e estratégias para a agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2020.
- ALTIERI, Miguel A.; TOLEDO, Victor M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **Journal of Peasant Studies**, v. 38, n. 3, p. 587-612, 2011.
- ANTUNES, L. S. et al. Gongocompostagem: alternativa sustentável para reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 1, p. 123-134, 2019.



- ANTUNES, L. S. et al. Avaliação agronômica do húmus produzido por gongolos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 200-210, 2018.
- ARAÚJO, J. F. et al. Produção de mudas de alface com o uso de substrato preparado com gongocomposto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 574-581, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300022>.
- ARENAL, F. et al. Integrating FEW Nexus in agricultural management: challenges and solutions. **Environmental Science & Policy**, v. 140, 2024.
- BELLANDI, A.; AUGUSTIN, L. Obsolescência programada e sustentabilidade. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 13, n. 2, p. 289-307, 2009.
- BOONS, Frank; LÜDEKE-FREUND, Florian. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 9-19, 2013.
- BOGARDI, Janos J. et al. Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. Current Opinion in **Environmental Sustainability**, v. 5, n. 6, p. 635-641, 2013.
- BORGES, L. S. et al. Gongocompostagem: potencial para manejo de resíduos orgânicos em ambientes urbanos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2020.
- BRASIL. Plano Nacional de Fertilizantes (PNF). Estabelecido pelo Decreto nº 10.991, de 11 de março de 2022, alterado pelo Decreto nº 11.518, de 04 de maio de 2023. Disponível em: **Portal do Governo**. Acesso em: 14 mai. 2025.
- CHAPMAN, A.; HUNTER, D. Distribution and ecology of *Trigoniulus corallinus* in tropical regions. **Journal of Tropical Ecology**, v. 38, p. 45-59, 2022.
- CHESNAIS, François; SERFATI, Claude. A financeirização do capital produtivo. **Revista Economia e Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 341-372, 2012.
- CHICHILNISKY, Graciela. An axiomatic approach to sustainable development. **Social Choice and Welfare**, v. 13, n. 2, p. 231-257, 1996.
- CIVITEREZA, F. **Impactos ambientais na produção dos fertilizantes. Sociedade em Mudança, Tecnologias Disruptivas e Cadeias de Suprimentos**. São Paulo, Brasil, 2022. Disponível em: https://www.fateczl.edu.br/engetec/engetec_2022/5_EnGeTec_paper_118.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.
- CONNOR, P. Global water crisis and agriculture. **Water Resources Journal**, 2023.
- COSTA, C. N.; LIRA JÚNIOR, M. A.; LUCENA, L. R. R.; OLIVEIRA, F. C. E.; LIMA, M. F. de. Production and efficiency of organic compost generated by millipede in the production of lettuce seedlings. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 871-877, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131414>.
- CUNHA, L. M.; PEREIRA, M. G.; CASTRO, C. F. Compostagem de resíduos sólidos urbanos: comparação entre diferentes métodos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 123-132, 2016.
- CUNHA, R. et al. Ciclagem de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em ecossistemas: dinâmica e impactos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. 1-20, 2024.
- DRUMMOND, José Augusto. Sustentabilidade: crise e crítica. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 110, p. 55-76, 2024.
- DOVERS, Stephen R.; HANDMER, John W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992.



ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone, 1997.

ELKINGTON, John. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.

EMBRAPA. **Compostagem com gongolos: guia prático**. Brasília: Embrapa, 2021.

EMBRAPA. Gongocompostagem - Portal Embrapa. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/fazendinha-agroecologica/gongocomposto>. Acesso em: 30 ago. 2025.

FAO. **The State of Food and Agriculture: Innovation in family farming**. Rome: FAO, 2014.

FERREIRA, C. C. O FEW Nexus e a gestão integrada de recursos naturais. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. 1-15, 2020.

FLORIT, F. Agricultura sustentável: desafios e perspectivas. In: FLORIT, F. et al. **Agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

FREITAS, H. Ciclos Biogeoquímicos e fertilizantes químicos nos sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 15-30, 2025.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GATHALA, M. K. et al. Sustainable agricultural intensification using FEW Nexus approach. **Agricultural Systems**, v. 183, 2020.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

GOMES, M. A. **Indicadores de sustentabilidade para a agricultura**. Brasília: Embrapa, 2005.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.

JHA, P. K. et al. Vermicomposting in urban agriculture: benefits and challenges. **Urban Agriculture Journal**, v. 18, n. 2, p. 101-115, 2022.

KRUSE, Silvio. **Decrescimento: fundamentos para uma nova economia ecológica**. São Paulo: Editora Unesp, 2022.

KUMAR, R. et al. Application of *Xenobolus carnifex* in composting agro-industrial residues and plant growth enhancement. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 93, n. 4, p. 1121-1130, 2023.

LATOUCHE, Serge. **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

LIMA, R. S.; CARVALHO, M. F. Avaliação da produção de substrato para mudas de brócolis via gongocompostagem. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 2, p. 120-130, 2023.

LIU, X. et al. Enhanced nitrogen deposition over China. **Nature**, v. 494, p. 459-462, 2015.

LOVATO, Tânia. **Compostagem e agroecologia: práticas regenerativas para o solo**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2022.

MARTINS ALMEIDA, M. **Projetos de educação ambiental com gongocompostagem**. Parcerias Universidades e Embrapa, Mato Grosso, 2023.



MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

OLIVEIRA, M.; PEREIRA, L.; COSTA, D. Tecnologia rural sustentável: adoção da gongocompostagem em Roraima. *Revista do Instituto Agrônomo*, v. 22, n. 1, p. 78-89, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água**, 2023.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE); ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). **Perspectivas Agrícolas 2023-2032**. OECD Publishing, 2023.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 2 jul. 2025.

PATEL, Raj. **O valor das coisas: mercados e justiça social**. Rio de Janeiro: Record, 2009.

PATEL, S. et al. Comparative analysis of physical and chemical properties of millicompost and vermicompost on leafy vegetable seedlings. *Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 9, n. 1, p. 33-45, 2023.

PEDROSO, S. S. A consciência ecológica na agricultura. In: LOPES, C. A. **Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática**. Embrapa Hortaliças, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1074183/1/Sustentabilidadeehorticultura.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

PEREIRA, L.; COSTA, D. Processos biológicos na gongocompostagem: eficiência na decomposição de resíduos fibrosos. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 4, p. 310-325, 2022.

RASUL, Golam. Managing the food, water, and energy nexus for achieving the Sustainable Development Goals in South Asia. *Environmental Development*, v. 18, p. 14-25, 2016.

RINGLER, Claudia et al. **Water, food, and energy security: a nexus perspective**. *Water International*, v. 38, n. 1, p. 1-15, 2013.

SANTOS, J. A. et al. Comparação físico-química entre gongocomposto e vermicomposto e seus efeitos em mudas de rúcula e alface. *Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 8, n. 3, p. 145-158, 2023.

SCHALTEGGER, Stefan; LÜDEKE-FREUND, Florian; HANSEN, Erik G. Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, v. 6, n. 2, p. 95-119, 2012.

SILVA, A. L. da. Sustentabilidade de mercado e justiça ambiental. *Revista de Administração Pública*, v. 37, n. 2, p. 123-139, 2003.

SILVA, P. C. A.; MEDEIROS, J. F.; DANTAS, L. L. G. R.; OLIVEIRA, G. J. C.; COSTA, L. P. Vigor of zinnia seedlings produced in alternative substrate in trays. *Revista Ciência Agrônoma*, v. 47, n. 1, p. 172-180, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160020>.

SILVA, R. F. et al. Compostagem e gongocompostagem: comparativo de eficiência agrônoma. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, n. 2, p. 155-164, 2019.

SILVA, R. S.; VIANNA, S. R. **FEW Nexus: conceitos e aplicações para a sustentabilidade**. *Journal of Environmental Studies*, v. 15, n. 3, 2022.



- SILVA, F. et al. Qualidade do gongocomposto e suas aplicações na agricultura sustentável. **Revista Agroecologia**, v. 12, p. 15-27, 2024
- SILVA, L. M. S. **Agricultura Familiar e Sustentabilidade na Prática**. 2018. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/46983/1/Leandro_Moreira.pdf. Acesso em: 13 ago. 2025.
- SINGH, R. et al. Advances in vermicomposting technology: a review. **Waste Management & Research**, v. 39, n. 6, p. 756-768, 2021.
- SINGH, V.; RAO, P. Nutrient dynamics and evaluation of pill-millipedes composting efficiency with urban solid waste. **Waste Management Journal**, v. 105, p. 238-247, 2022.
- SOUZA, L. et al. Impactos ambientais do uso de fertilizantes químicos e alternativas sustentáveis. **Revista Agroecologia**, v. 11, p. 45-60, 2018.
- SOUZA, L. M. et al. Avaliação da degradação de papel branco pela gongocompostagem no Instituto Federal Fluminense. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, p. 75-86, 2023.
- STEPANYAN, Karen; LITTLEJOHN, Allison; MARGARYAN, Anoush. Sustainable e-learning: toward a coherent body of knowledge. **Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, p. 91-102, 2013.
- THOMPSON, S. **Ecological effects of Harpappe haydeniana on leaf litter decomposition in the Pacific Northwest**. Tese (Doutorado). University of Victoria, Canadá, 2023
- TILMAN, David et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671-677, 2002.
- VALLANCE, Suzanne et al. What is social sustainability? A clarification of concepts. **Geoforum**, v. 42, n. 3, p. 342-348, 2011.
- VIZEU, Fábio. Sustentabilidade e capitalismo: uma análise crítica. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 1, p. 110-114, 2012.
- VMXAGRO. **Agricultura sustentável: estratégias para reduzir água e insumos químicos**. S.l., 2024. Disponível em: <https://vmxagro.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- VOGT, Carlos. **Educação ambiental: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.
- WEITZ, Nina et al. Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. **Sustainability Science**, v. 12, n. 4, p. 531-548, 2017.