

GESTÃO INTEGRADA DO NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS: UMA ANÁLISE DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE MODELAGEM

ANNY KEY SOUZA MENDONÇA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

THAIS GUERRA BRAGA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

ANTONIO CEZAR BORNIA

Introdução

A gestão integrada dos recursos hídricos, energéticos e alimentares surgiu como uma questão premente enfrentada por todas as nações do mundo. A visão do nexo WEF abrange a necessidade de equilibrar diversos objetivos, interesses e necessidades das pessoas e do meio ambiente, levando em consideração as complexas inter-relações e interligações entre água, energia e alimentos. Para alcançar uma governança eficaz do nexo, é necessária uma gestão integrada dos recursos com o objetivo de assegurar a segurança hídrica, energética e alimentar.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Dado que o nexo entre água, energia e alimentos (WEF) desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável em um contexto global, esta pesquisa se propõe a explorar as ferramentas e abordagens utilizadas na gestão integrada desses recursos. Buscou-se entender como essas estratégias estão evoluindo ao longo do tempo e em diferentes contextos, e como estão contribuindo para a resolução de questões complexas relacionadas à segurança hídrica, energética e alimentar, promovendo, assim, um maior embasamento teórico e prático para a busca de soluções sustentáveis.

Fundamentação Teórica

O conceito do nexo água, energia e alimentos representa uma abordagem integrada e essencial para a gestão eficiente desses recursos, reconhecendo suas interdependências críticas no contexto do desenvolvimento sustentável. Para buscar soluções ambientes eficientes que guiem o desenvolvimento sustentável, alguns modelos de gestão integrada de recursos ambientais foram desenvolvidos na literatura. Neste estudo, exploramos quatro modelos amplamente reconhecidos na literatura que abordam pelo menos um dos 3 recursos do nexo WEF.

Metodologia

Esta pesquisa adota uma abordagem predominantemente teórica em relação ao seu tema central. Quanto aos seus procedimentos técnicos, insere-se no contexto de um estudo bibliográfico, fundamentando-se na análise de dados e verificações com base em trabalhos já conduzidos e documentados sobre o tema em estudo. No que tange aos objetivos estabelecidos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, uma vez que busca a obtenção de informações detalhadas e específicas relacionadas ao tópico de investigação.

Análise dos Resultados

A revisão bibliométrica aponta que o estudo do nexo WEF tem crescido a partir de 2015, e a análise de palavras-chaves apontou alguns clusters de pesquisa, entre eles sobre nitrogênio, uso da terra, mudança climática e políticas agrícolas. Foi estudada a aplicação de 4 modelos de gestão integrada, CAPRI, E3ME, IMAGE e MAGNET, os quais desempenham um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis para os desafios globais da segurança hídrica, energética e alimentar. Nenhum dos modelos aborda os 3 recursos do nexo WEF de forma conjunta, apesar de investigarem interdependências entre eles.

Conclusão

A análise da aplicação dos modelos de gestão integrada ao nexo WEF ressaltou que a implementação deles enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de coordenação interdisciplinar, o acesso a recursos técnicos e financeiros adequados e o desenvolvimento de políticas integradas. Como próximos passos de pesquisa, é imperativo aprofundar a análise dos modelos e investigar abordagens de integração mais abrangentes que considerem todos os componentes do nexo de forma simultânea.

Referências Bibliográficas

Foram utilizados para a revisão bibliográfica artigos de periódicos científicos publicados nas bases de dados Scopus e Web of Science

Palavras Chave

nexo WEF, gestão integrada, água-energia-alimento

Agradecimento a órgão de fomento

Os autores agradecem ao CNPQ e à CAPES pelo apoio financeiro.

GESTÃO INTEGRADA DO NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS: UMA ANÁLISE DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE MODELAGEM

1 INTRODUÇÃO

A gestão integrada dos recursos hídricos, energéticos e alimentares surgiu como uma questão premente enfrentada por todas as nações do mundo. Segundo estimativas da Embrapa (2018), espera-se um aumento de 50% no consumo global de água, um acréscimo de 40% no consumo de energia e a necessidade de expandir a produção agrícola em 35% até 2030.

Nesse contexto, a interdependência entre água, energia e alimentos desempenha um papel fundamental no contexto do desenvolvimento sustentável. O conceito do "Nexo Água-Energia-Alimentos" (WEF, na sigla em inglês) surge como uma abordagem abrangente para avaliar globalmente o fornecimento desses recursos naturais. De acordo com Salem et al. (2022), o nexo WEF visa promover o desenvolvimento sustentável e melhorar a qualidade de vida da população, preservando o capital natural, humano e social, enfrentando os desafios de sustentabilidade de longo prazo e protegendo os recursos naturais e o meio ambiente.

A visão do nexo WEF abrange a necessidade de equilibrar diversos objetivos, interesses e necessidades das pessoas e do meio ambiente, levando em consideração as complexas inter-relações e interligações entre água, energia e alimentos. Para alcançar uma governança eficaz do nexo, é necessária uma gestão integrada dos recursos com o objetivo de assegurar a segurança hídrica, energética e alimentar.

Dado que o nexo entre água, energia e alimentos (WEF) desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável em um contexto global, esta pesquisa se propõe a explorar as ferramentas e abordagens utilizadas na gestão integrada desses recursos. Buscou-se entender como essas estratégias estão evoluindo ao longo do tempo e em diferentes contextos, bem como como estão contribuindo para a resolução de questões complexas relacionadas à segurança hídrica, energética e alimentar, promovendo, assim, um maior embasamento teórico e prático para a busca de soluções sustentáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito do nexo água, energia e alimentos representa uma abordagem integrada e essencial para a gestão eficiente desses recursos, reconhecendo suas interdependências críticas no contexto do desenvolvimento sustentável. Este conceito adquire uma relevância ainda maior em face dos desafios globais de escassez de recursos naturais, onde a utilização eficiente e equitativa desses elementos torna-se imperativa para garantir a segurança alimentar, hídrica e energética (Namany et al., 2019; Moraes-Santos et al., 2021).

As interdependências entre os setores de água, energia e alimentos envolvem cinco aspectos críticos, conforme apontado por Torres et al. (2019). Primeiramente, os elementos água, energia e alimentos estão intrinsecamente interligados, de modo que o uso de um recurso pode ter impactos diretos sobre os outros. Em segundo lugar, esses setores econômicos estão relacionados a pelo menos um dos três elementos, destacando a importância desses recursos para a economia global. Outro ponto crucial é que quaisquer alterações em um desses elementos podem desencadear reações em cadeia nos setores associados. Por exemplo, mudanças na disponibilidade de água podem afetar diretamente a produção agrícola e o setor energético, ilustrando a interdependência desses recursos. Além disso, os impactos negativos resultantes do uso excessivo desses elementos afetam a sociedade, influenciando diretamente

a qualidade de vida das populações.

Água, energia e alimentos são elementos essenciais para o crescimento econômico e o bem-estar da população, e todos eles enfrentam uma crescente escassez. De acordo com Carrillo e Frei (2009), a capacidade dos países em fornecer esses recursos está sendo ameaçada por uma série de questões emergentes que são frequentemente abordadas na literatura científica. A comunidade global reconhece que as mudanças climáticas afetarão a disponibilidade de água doce (UNFCCC, 2011; Sharma et al., 2019; Chausson et al., 2020), e o aumento da demanda por água e energia acompanha o crescimento econômico e populacional (Boretti e Rosa, 2019).

A governança adequada dos recursos do nexu WEF é essencial para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável, bem como garantir a segurança alimentar, reduzir a pobreza, proteger a biodiversidade e promover a equidade social. Para alcançar uma governança eficaz, é imprescindível o envolvimento e participação ativa de todas as partes interessadas, incluindo governos, empresas, comunidades locais e organizações internacionais, bem como o uso de ferramentas de gestão para ajudar nas análises.

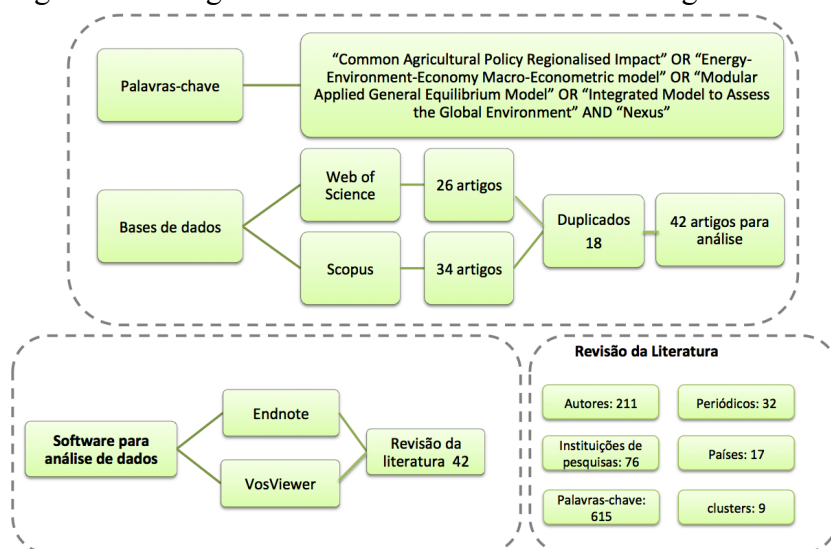
Para buscar soluções ambientes eficientes que guiem o desenvolvimento sustentável, alguns modelos de gestão integrada de recursos ambientais foram desenvolvidos na literatura. Neste estudo, exploramos quatro modelos amplamente reconhecidos na literatura que abordam pelo menos um dos 3 recursos do nexu WEF.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem predominantemente teórica em relação ao seu tema central. Quanto aos seus procedimentos técnicos, insere-se no contexto de um estudo bibliográfico, fundamentando-se na análise de dados e verificações com base em trabalhos já conduzidos e documentados sobre o tema em estudo. No que tange aos objetivos estabelecidos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, uma vez que busca a obtenção de informações detalhadas e específicas relacionadas ao tópico de investigação.

O processo de pesquisa foi estruturado em três etapas distintas, conforme delineado na Figura 1, e que serão detalhadas a seguir.

Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento metodológico



Fonte: autores.

A busca por artigos resultou na coleta de um total de 60 documentos de literatura científica, extraídos de bancos de dados da Web of Science Core Collection (com 26 documentos) e o Scopus (com 34 documentos). Estes artigos abrangem um período de publicação que varia de 2004 a 2022. Após um rigoroso processo de triagem que incluiu a remoção de 18 documentos duplicados, chegou-se a um conjunto de 42 documentos que constituem o Portfólio Bibliográfico (PB).

Em seguida, os artigos do PB foram submetidos a uma análise abrangente através da revisão bibliográfica, utilizando o software VOSViewer - Visualizing scientific landscapes. Essa escolha foi motivada pela praticidade que a ferramenta proporciona na criação e visualização de redes bibliométricas. Essa fase do estudo tem como principal objetivo identificar os principais tópicos de pesquisa, construindo redes que relacionam as palavras-chave presentes nos artigos do PB.

Por fim, um exame foi realizado sobre os documentos que compõem o Portfólio Bibliográfico, com o intuito de sistematizar os variados modelos de pesquisa que emergem dessas fontes. Essa análise visa proporcionar uma compreensão aprofundada sobre como esses modelos são aplicados em diferentes contextos de pesquisa, bem como os objetivos perseguidos por pesquisadores em todo o mundo. Além disso, buscou-se identificar os recursos naturais abordados e utilizados como parte dessas investigações, fornecendo, assim, uma visão abrangente e atualizada do estado atual do campo de estudo. Este estudo não apenas contribuirá para o avanço do conhecimento, mas também permitirá a identificação de lacunas e oportunidades para futuras pesquisas no campo.

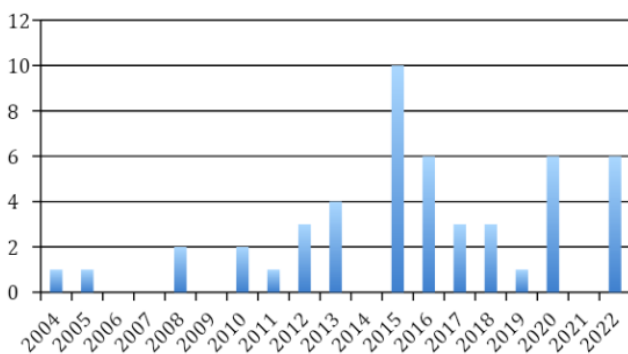
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa seção apresenta os resultados obtidos pela revisão bibliográfica dos artigos do PB. Primeiramente é apresentada uma síntese sobre a produção científica coletada e em seguida é realizado um estudo sobre os modelos de gestão integrada aplicados ao nexos WEF.

4.1 PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Nos últimos anos, mais especificamente a partir de 2015, tornou-se evidente um notável crescimento no volume de produção científica relacionada à gestão integrada do nexos água-energia-alimentos, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Artigos científicos publicados por ano.

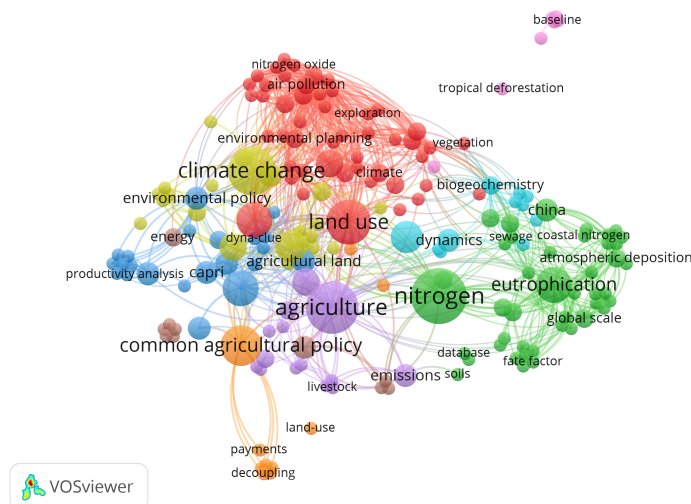


Fonte: autores.

Essa tendência marcante reflete o crescente reconhecimento da importância desse tema na comunidade acadêmica e a sua crescente relevância no contexto global, onde desafios como segurança hídrica, energética e alimentar estão se tornando cada vez mais críticos.

A análise da coocorrência de palavras-chave nos artigos representa uma abordagem valiosa para identificar temas correlatos e clusters essenciais no campo de pesquisa da gestão integrada do nexos água-energia-alimentos. A Figura 3 apresenta de forma notável nove grupos temáticos que constituem os blocos teóricos fundamentais dessa área de estudo.

Figura 3. Mapa de conexão de palavras-chave do autor.



Fonte: autores.

Essa representação visual dos clusters temáticos não apenas ressalta a diversidade e interconexão de áreas de pesquisa, mas também oferece uma visão abrangente das disciplinas que contribuem para a gestão integrada do nexos água-energia-alimentos. Esses insights são valiosos para pesquisadores e profissionais envolvidos nesse campo, pois ajudam a identificar áreas de interesse e colaboração, promovendo um entendimento mais sólido das complexas relações entre esses recursos cruciais para a sustentabilidade global.

Um dos clusters mais fortes de pesquisa tem como elemento central o nitrogênio. O nitrogênio desempenha um papel crucial na produção de alimentos, mas seu uso excessivo e ineficiente pode afetar a qualidade da água e está relacionado à energia necessária para a produção de fertilizantes nitrogenados. Portanto, a gestão adequada do nitrogênio desempenha um papel central na abordagem integrada do nexos água-energia-alimentos.

Outro importante eixo de pesquisa se relaciona com o uso da terra e a mudança climática, os quais estão interligados ao nexos WEF por meio de sua influência direta na produção de alimentos, disponibilidade de água e produção de energia.

Por fim, destaca-se o eixo de pesquisa de políticas agrícolas, estas são fundamentais para a gestão sustentável desses recursos e desempenham um papel crucial na abordagem eficaz do nexos WEF em níveis locais, regionais, nacionais e internacionais.

Esses resultados refletem a evolução e o amadurecimento da área de estudo, além de fornecer insights valiosos para a formulação de políticas públicas, tomada de decisões e planejamento estratégico em relação à governança do nexos água-energia-alimentos. O conhecimento dessas áreas temáticas essenciais permite o direcionamento de esforços para abordar os desafios ambientais e socioeconômicos atuais, buscando soluções integradas e sustentáveis para garantir a segurança e a resiliência de nossos recursos.

A evolução do campo de estudo e das políticas públicas que abordam o nexo WEF geram a necessidade de uma governança eficaz e utilização de ferramentas de gestão adequadas para mensurar o impacto das ações e acompanhar a evolução e otimização do uso desses recursos. Para melhor entender como os principais modelos de gestão integrada para abordar o nexo WEF estão evoluindo, os artigos do PB foram estudados de forma a compilar as aplicações, objetivos e usos mais recentes dos mesmos.

4.2 MODELOS DE GESTÃO INTEGRADA NO CONTEXTO DO NEXO WEF

Foram escolhidos quatro modelos de gestão integrada de recursos naturais, destacados na literatura por sua relevância e contribuição significativa para a compreensão do nexo água-energia-alimentos. Cada um desses modelos oferece uma perspectiva única e complementar sobre a complexa interação entre esses recursos críticos. A seleção desses modelos é fundamentada em critérios rigorosos que consideram sua capacidade de abordar aspectos específicos do nexo WEF:

- CAPRI (Common Agricultural Policy Regionalised Impact): Este modelo econômico computacional é amplamente reconhecido por sua capacidade de avaliar o impacto das políticas agrícolas em nível regional e nacional. Foi escolhido por sua capacidade de considerar aspectos relacionados à água e alimentos enquanto analisa políticas agrícolas, tornando-o uma escolha relevante para a compreensão das interações entre esses recursos.

- E3ME (Energy-Environment-Economy Macro-Econometric model): Este modelo macroeconômico computacional é notável por integrar informações sobre energia, meio ambiente e economia. Sua capacidade de avaliar o impacto de políticas públicas nessas áreas o torna particularmente relevante para a compreensão das implicações do recurso energético dentro do contexto do nexo WEF.

- MAGNET (Modular Applied General Equilibrium Model): Este modelo de equilíbrio é reconhecido por sua capacidade de avaliar o impacto de políticas econômicas em diversos setores econômicos. Sua escolha se baseia na sua capacidade de analisar as interdependências entre políticas econômicas, agricultura e o setor energético, fornecendo insights valiosos sobre essas relações complexas.

- IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment): Este modelo integrado desempenha um papel crucial na avaliação do impacto de políticas e atividades humanas sobre o meio ambiente global. Ao combinar informações abrangentes sobre emissões de gases de efeito estufa, mudanças climáticas, uso da terra, biodiversidade e outros indicadores ambientais, o IMAGE oferece uma visão holística dos desafios ambientais relacionados ao nexo WEF.

Cada um desses modelos será examinado em detalhes nas seções subsequentes, permitindo uma compreensão aprofundada de suas contribuições individuais para a gestão integrada do nexo água-energia-alimentos.

4.2.1 CAPRI (*Common Agricultural Policy Regionalised Impact*)

O CAPRI é uma ferramenta de avaliação que se destina a analisar políticas agrícolas, ambientais e comerciais, com um enfoque específico na União Europeia, em níveis regional e nacional. Este modelo é caracterizado como um sistema de equilíbrio parcial espacial global, empregando interações sequenciais entre módulos de oferta e mercado para conduzir suas

análises (Blanco et al., 2017). O Quadro 1 apresenta uma compilação representativa de pesquisas que fizeram uso do modelo CAPRI, demonstrando a diversidade de tópicos e abordagens exploradas por meio desta ferramenta de gestão integrada.

Quadro 1 - Revisão da literatura sobre o modelo CAPRI aplicado ao nexos

Autores	Área de Estudo	Objetivo
Gocht <i>et al.</i> (2016)	Mudança estrutural da fazenda	Analisar o impacto da incorporação da mudança estrutural agrícola na linha de base do modelo CAPRI-FT (Sistema de Impacto Regionalizado da Política Agrícola Comum - Tipo de Fazenda).
Gocht <i>et al.</i> (2016)	Pastagens e sequestro de carbono	Avaliar o impacto de uma política em toda a UE para expandir as áreas de pastagens e promover o sequestro de carbono nos solos.
Gocht <i>et al.</i> (2017)	Agrícola	Analisar os impactos econômicos e ambientais do esverdeamento da Política Agrícola Comum introduzido pela reforma de 2013 usando o modelo CAPRI
Kožar <i>et al.</i> (2012)	Agrícola	Descrever e avaliar um cenário da reforma da Política Agrícola Comum pós-2013, com foco na renda agrícola e nos impactos do mercado na agricultura europeia.
Schroeder <i>et al.</i> (2015)	Desenvolvimento rural e regional	Avaliar a abordagem de modelagem comparando os resultados do cenário com as observações dos relatórios de avaliação do desenvolvimento rural, complementados com entrevistas com especialistas e descobertas da literatura.
Blanco, María <i>et al.</i> (2017)	Mudanças Climáticas	Avaliar os impactos biofísicos e econômicos das mudanças climáticas em nível subnacional na UE, levando em conta o feedback do mercado internacional, bem como a incerteza quanto ao grau de fertilização com carbono.
Britz <i>et al.</i> (2012)	Política Agrícola Comum	Investigar os efeitos sobre a renda dos pagamentos dissociados distribuídos por tipo de fazenda ou uniformemente no nível regional dentro da União Europeia – analisa as atividades agrícolas em cada um dos 27 Estados Membros,

Fonte: autores.

Sua aplicação abrange uma ampla gama de áreas de pesquisa, abordando desde a avaliação de políticas agrícolas até as emissões de gases de efeito estufa no setor agrícola, as complexas interações entre alimentos, água e energia, e os impactos das mudanças climáticas (Gocht et al., 2016; Blanco et al., 2017; Wunderlich e Kohler, 2018).

Os estudos que se apoiam no modelo CAPRI desempenham um papel fundamental na provisão de informações cruciais para a tomada de decisões políticas e estratégicas relacionadas à agricultura e à gestão dos recursos naturais. A abordagem integrada do CAPRI permite uma análise abrangente dos efeitos das políticas agrícolas em questões ambientais, econômicas e sociais, bem como nas interações entre os sistemas de produção agrícola, energia e água.

4.2.2 IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment)

O modelo IMAGE é uma estrutura de modelagem amplamente reconhecida e empregada para avaliar os impactos das atividades humanas nos sistemas e recursos naturais em uma escala global e em um horizonte temporal de longo prazo (Blanco et al., 2017). Esta

ferramenta de gestão integrada é particularmente adequada para realizar avaliações abrangentes e prospectivas dos efeitos das mudanças climáticas, transformações no uso da terra, produção de alimentos e energia, levando em consideração o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico.

O Quadro 2 apresenta uma síntese das pesquisas que adotaram esse modelo, refletindo sua abrangência e relevância em direção à construção de um futuro mais sustentável.

Quadro 2 - Revisão da literatura sobre o modelo IMAGE aplicado ao nexu

Autores	Área de Estudo	Objetivo
De Vries <i>et al.</i> (2010)	Uso da terra, Gases de efeito estufa	Comparar três modelos baseados em processos, desenvolvidos para escala nacional (INITIATOR2), escala europeia (MITERRA) e escala global (IMAGE), no que diz respeito à sua resposta às mudanças estruturais e tecnológicas nos sistemas agrícolas com base na linha de base do IPCC para o período 2000-2030.
Liu <i>et al.</i> (2020)	Uso da terra	Desenvolvemos o módulo de biogeoquímica Dynamic InStream Chemistry (DISC)-SILICON, que faz parte do Modelo Integrado para Avaliação do Ambiente Global (IMAGE)-Dynamic Global Nutrient Model (IMAGE-DGNM)
Magnone <i>et al.</i> (2019)	Solo	Investigar o impacto da heterogeneidade do solo na estimativa de exigência de fósforo (P) em diferentes tipos de solo na África Subsaariana
Magnone <i>et al.</i> (2022)	Segurança alimentar	A África Subsaariana deve melhorar urgentemente a segurança alimentar, mas a disponibilidade de fósforo no solo é uma das principais barreiras. Por isso buscamos prever as necessidades futuras de fósforo na África Subsaariana usando dados do modelo geoquímico dinâmico de simulador de piscina de fósforo (GDPPS)
Vilmin <i>et al.</i> (2018)	Sistema aquático	Avaliar as formas e variações mensais de carregamento de nitrogênio (N) e o fósforo (P) para redes fluviais globais ao longo do século passado.
Vilmin, Mogollón, <i>et al.</i> (2020)	Águas doces superficiais	Apresentar uma nova estrutura de modelagem, o IMAGE-Dynamic Global Nutrient Model (IMAGE-DGNM), projetado para simular o ciclo biogeoquímico de múltiplos elementos e formas em bacias hidrográficas globais, usando a especificação de diferentes nutrientes
Wang <i>et al.</i> (2020)	Mares costeiros, nitrogênio	Quantificamos as entradas de nitrogênio da exportação fluvial, deposição atmosférica, descarga submarina de águas subterrâneas frescas e maricultura no Mar Amarelo/Mar de Bohai (YS/BS), Mar da China Oriental (ECS) e Mar da China Meridional (SCS) que faz fronteira com a China e outros países para o período 1970-2010
Doelman <i>et al.</i> (2022)	Nexo água-terra-alimento-clima	Quantificar as sinergias e compensações no nexu água-terra-alimento-clima (WLFC) com base em uma análise de cenário multimodelo em escala global, ao mesmo tempo em que considera as relações locais, usando os modelos IMAGE e MAgPIE.
Radu <i>et al.</i> (2016)	Políticas climáticas	Apresentar dez cenários desenvolvidos usando a estrutura IMAGE2.4 para explorar como diferentes suposições sobre políticas futuras de clima e poluição do ar influenciam as emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos.
Beusen <i>et al.</i> (2015)	Hidrologia	Desenvolver o Modelo Global de Nutrientes IMAGE- (GNM), que simula o destino do nitrogênio (N) e do fósforo (P) em águas superficiais provenientes de fontes pontuais concentradas (águas residuais de populações urbanas e rurais e águas residuais industriais) e de fontes dispersas (não pontuais), como sistemas de produção agrícola com sua aplicação de fertilizantes e manejo de esterco, e ecossistemas naturais.

Strengers <i>et al.</i> (2008)	Mudanças climáticas	Construir curvas de oferta e curvas de custo-fornecimento para plantações de carbono com base em cenários de uso da terra do IMAGEM 2.
Stehfest <i>et al.</i> (2014)	Mudanças ambientais	Uma modelagem de avaliação integrada IMAGE foi desenvolvida para entender como mudanças ambientais globais e de longo prazo e problemas de sustentabilidade se desenvolvem ao longo do tempo, impulsionados por atividades humanas, como desenvolvimento econômico e crescimento populacional.
Chen <i>et al.</i> (2022)	Mudança climática	Este artigo usa análise de decomposição para investigar as principais contribuições para mudanças nas emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários.
(Delincé <i>et al.</i> , 2015)	Mudança climática	Investigar os impactos globais de longo prazo na produtividade das culturas em diferentes cenários climáticos usando a abordagem AgMIP (Projeto de Melhoria e Intercomparação de Modelos Agrícolas).
(Winsemius <i>et al.</i> , 2013)	Hidrologia	Busca estabelecer estimativas de risco e impacto de inundação em uma resolução alta o suficiente para permitir sua combinação em uma estimativa de risco, que pode ser usada para avaliações estratégicas de risco de inundação global.

Fonte: autores.

O cerne das pesquisas que se valem deste modelo concentra-se em fornecer informações e projeções destinadas a aprofundar a compreensão de como as ações humanas podem influenciar o meio ambiente global. Dessa forma, esses estudos contribuem de maneira significativa para embasar a tomada de decisões políticas e estratégicas relacionadas à sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável.

Os estudos que utilizam o modelo IMAGE oferecem uma perspectiva essencial sobre as mudanças ambientais globais e suas implicações para o futuro. Esta abordagem integrada permite uma análise minuciosa das interações complexas entre diversos fatores, como mudanças climáticas, padrões de uso da terra, produção de alimentos e energia, bem como o impacto dessas atividades no meio ambiente e nos recursos naturais.

4.2.3 E3ME (Energy-Environment-Economy Macro-Econometric model)

O E3ME é uma ferramenta de simulação macroeconômica global que abrange a modelagem de energia, meio ambiente e economia. Este modelo integra economias em escala global, sistemas de energia, emissões de poluentes e demandas de materiais. Conforme apontado por Blanco *et al.* (2017), o E3ME é especialmente projetado para avaliar os impactos de políticas climáticas e energéticas na atividade econômica e no emprego, considerando indicadores fundamentais como o Produto Interno Bruto (PIB), o nível de emprego e as emissões de gases de efeito estufa.

O Quadro 3 destaca uma seleção das pesquisas que abordam a aplicação do modelo E3ME em gama de tópicos cruciais e atuais relacionados à gestão integrada donexo água-energia-alimentos, ilustrando a versatilidade e a relevância deste modelo no contexto da tomada de decisões políticas e estratégicas para promover a sustentabilidade e a eficiência em escalas globais.

Quadro 3 - Revisão da literatura sobre o modelo E3ME aplicado ao nexso

Autores	Área de Estudo	Objetivo
(Wiebe e Lutz, 2016)	Mudanças tecnológicas e Geração de energia renovável	Desenvolver um módulo de geração de energia renovável, que complementa modelos macroeconômicos de entrada-saída em larga escala, introduzindo mudanças tecnológicas de forma endógena no modelo.
(Brouwer <i>et al.</i> , 2018)	Renewable energy e Low-carbon economy	Propõe uma abordagem de modelagem para ajudar a avaliar várias políticas de uma perspectiva de nexso. O modelo macroeconômico global (E3ME) explora uma transição de baixo carbono por meio de diferentes conjuntos de políticas energéticas e climáticas aplicadas em diferentes escalas espaciais.

Fonte: autores.

4.2.4 MAGNET (Modular Applied General Equilibrium Model)

O MAGNET se destaca como um modelo de equilíbrio geral global que abrange de forma abrangente toda a economia, com foco específico na agricultura, processamento de alimentos e na economia da bioenergia. Sua abordagem detalhada permite uma análise minuciosa das complexas interações entre diversos setores econômicos e sua relação com a produção de alimentos e a bioenergia.

O Quadro 4 apresenta uma compilação de pesquisas que aplicaram o modelo MAGNET, ilustrando sua importância e versatilidade na abordagem de questões críticas relacionadas à gestão integrada do nexso água-energia-alimentos.

Nos anos recentes, o MAGNET tem sido empregado de forma proeminente para simular o impacto de políticas agrícolas, comerciais, fundiárias e relacionadas à bioenergia na economia global. Uma ênfase especial tem sido dada à avaliação da nutrição e da segurança alimentar familiar, questões de extrema importância em um contexto global de crescimento populacional e crescentes pressões sobre os recursos naturais (Pinnegar et al., 2021).

Através das pesquisas conduzidas com o modelo MAGNET, torna-se possível a análise de cenários diversos e a identificação das consequências econômicas decorrentes de diferentes decisões políticas e estratégias de desenvolvimento. Esta abordagem fornece a capacidade de avaliar os efeitos de políticas voltadas para a sustentabilidade, inovações tecnológicas, políticas comerciais e outros fatores relevantes para a segurança alimentar e o equilíbrio econômico global.

Quadro 4 - Revisão da literatura sobre o modelo MAGNET aplicado ao nexso

Autores	Área de Estudo	Objetivo
(Banse <i>et al.</i> , 2019)	Políticas comerciais	Modelar vários cenários de política comercial e seus efeitos na produção agrícola doméstica e no comércio na Rússia, na UE e na Alemanha para o período 2020-30.
(Springman e Freund, 2022)	Agricultura, Economia e Impacto ambiental	Construir uma estrutura de modelagem econômico-ambiental-saúde integrada para analisar opções para reformar os subsídios agrícolas que estejam alinhados com os objetivos de saúde e mudança climática de um lado e os objetivos econômicos do outro.
(Sturm e Banse, 2021)	Bioeconomia e Avaliação do impacto da política	Apresenta uma análise baseada em modelos de três diferentes caminhos de transformação para uma economia de base biológica com foco especial na Alemanha e um horizonte de tempo até 2050 usando o modelo de equilíbrio geral MAGNET.
(Van Meijl, Tabeau, <i>et al.</i> , 2020)	Segurança Alimentar	Desenvolvemos uma nova estrutura de cenário para permitir a exploração de possíveis desafios futuros com relação às mudanças climáticas.
(Philippidis <i>et al.</i> , 2020)	Bioeconomia	Empregar um modelo de simulação econômica global que combina o comportamento racional do mercado com as restrições ambientais (MAGNET) com um módulo de métricas ODS.
(Van Meijl, Shutes, <i>et al.</i> , 2020)	Segurança alimentar	Propomos uma estrutura para explorar o futuro da segurança alimentar e nutricional com foco na disponibilidade de alimentos, acesso a alimentos e um proxy razoável para a utilização de alimentos.
(Philippidis <i>et al.</i> , 2021)	Água, terra e pegadas de gases de efeito estufa	Examinar por meio do modelo MAGNET as implicações de sustentabilidade decorrentes da adoção de requisitos nutricionais diários recomendados na dieta de referência 'Lancet'.
(Brinkman <i>et al.</i> , 2020)	Segurança alimentar	Quantificar os impactos da produção de biocombustíveis nos quatro pilares da segurança alimentar para famílias urbanas e rurais em um país em desenvolvimento.

Fonte: autores.

A partir da análise dos quatro modelos estudados, foi conduzida uma sistematização que abrangeu diversos aspectos, incluindo o tipo de modelo, a abordagem principal adotada, os componentes do nexso água-energia-alimentos considerados, a cobertura geográfica em que são aplicados e os objetivos investigativos subjacentes a cada um deles. O Quadro 5 detalha essas informações para proporcionar uma visão abrangente dos modelos em questão.

A implementação desses quatro modelos enfrenta desafios significativos que requerem uma abordagem integrada e colaborativa que envolva múltiplos setores. Para superar tais desafios, é essencial fortalecer a capacidade técnica e financeira, desenvolver políticas e estratégias integradas e engajar ativamente a sociedade civil e o setor privado.

Para promover a cooperação e a colaboração eficazes, é necessário estabelecer fóruns de discussão e grupos de trabalho que congreguem representantes de diversos setores, incluindo governamental, empresarial, sociedade civil e acadêmica. O envolvimento da sociedade civil e do setor privado desempenha um papel fundamental na garantia de que as políticas e estratégias reflitam as necessidades e prioridades das comunidades locais. Além disso, a participação do setor privado pode trazer inovação e recursos financeiros adicionais para a implementação de soluções integradas.

Quadro 5 - Conjunto de modelos de gestão integrada

	CAPRI	E3ME	IMAGE	MAGNET
Tipo de modelo	Modelo agroeconômico global com detalhes regionalizados	Modelo de simulação macroeconômico global de energia, meio ambiente e economia	Modelo global de avaliação Integrada do Meio Ambiente	Modelo macroeconômico global com foco na energia, meio ambiente e economia
Abordagem Principal	Políticas agrícolas, comerciais, bioenergéticas, hídricas e impactos climáticos	Políticas energéticas e climáticas	Sustentabilidade, mudanças climáticas, uso da terra, hidrologia, biodiversidade, serviços ecossistêmicos	Políticas comerciais, agrícolas, impactos climáticos e bioenergia
Componentes do Nexos	Alimentos, água, bioenergia, meio ambiente e clima	Energia, terra, economia e clima	Ambiente, biodiversidade, solo, quantidade e qualidade da água e energia	Alimentos, terra, economia, energia e clima
Cobertura geográfica	Global			
Investiga	Investiga o uso de energia na agricultura	Usado para análise dos impactos macroeconômicos da política energética.	Usado para explorar meios para a mitigação das emissões CO ₂ .	Usado para análise da interação entre políticas climáticas, setores energéticos e economia.

Fonte: Adaptado de (Blanco, Maria *et al.*, 2017).

A coerência entre as políticas e estratégias relacionadas à água, energia e alimentos deve estar alinhada com as metas e objetivos de desenvolvimento sustentável. Ao abordar os desafios do nexos de maneira unificada, é possível promover a sustentabilidade e a resiliência econômica, social e ambiental em escala global.

5 CONCLUSÃO

Os achados deste estudo revelam que os modelos de gestão integrada relacionados ao nexos água, energia e alimentos, como o CAPRI, E3ME, IMAGE e MAGNET, desempenham um papel fundamental na busca por soluções abrangentes e sustentáveis para os desafios globais da segurança hídrica, energética e alimentar. Eles têm o potencial de promover a eficiência no uso de recursos naturais, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, impulsionar a produtividade agrícola e fortalecer a segurança alimentar, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida das comunidades e para a resiliência dos sistemas produtivos.

No entanto, é evidente que a implementação desses modelos enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de coordenação interdisciplinar, o acesso a recursos técnicos e financeiros adequados e o desenvolvimento de políticas integradas. Além disso, a adaptação dos modelos a diferentes contextos locais é uma questão crítica a ser considerada.

Como próximos passos de pesquisa, é imperativo aprofundar a análise dos modelos e investigar abordagens de integração mais abrangentes que considerem todos os componentes do nexos de forma simultânea. Isso envolverá o desenvolvimento de estratégias de colaboração

entre diferentes setores, aprimorando a capacidade técnica e financeira e fortalecendo a governança para garantir a eficácia dessas abordagens integradas.

Além disso, é fundamental explorar como esses modelos podem ser adaptados e aplicados em diferentes contextos geográficos e culturais, levando em consideração as particularidades de cada região. Isso exigirá uma pesquisa interdisciplinar e colaborativa que envolva diversas partes interessadas, incluindo governos, academia, setor privado e comunidades locais.

REFERÊNCIAS

BANSE, M. et al. From the Russian food import ban to free trade from Lisbon to Vladivostok—will farmers benefit? **Journal of International Studies**, v. 12, n. 4, 2019. ISSN 2071-8330.

BEUSEN, A. H. W. et al. Coupling global models for hydrology and nutrient loading to simulate nitrogen and phosphorus retention in surface water - Description of IMAGE-GNM and analysis of performance. **Geoscientific Model Development**, v. 8, n. 12, p. 4045-4067, 2015. ISSN 1991959X.

BLANCO, M. et al. D3. 1: Report on the “First Run” Simulation Results Of The Thematic Models: Identifying The Gaps. 2017.

BLANCO, M. et al. Climate change impacts on EU agriculture: A regionalized perspective taking into account market-driven adjustments. **Agricultural systems**, v. 156, p. 52-66, 2017. ISSN 0308-521X.

BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the world water development report. **NPJ Clean Water**, v. 2, n. 1, p. 15, 2019. ISSN 2059-7037.

BORGE-DIEZ, D.; GARCÍA-MOYA, F. J.; ROSALES-ASENSIO, E. Water energy food nexus analysis and management tools: A review. **Energies**, v. 15, n. 3, p. 1146, 2022. ISSN 1996-1073.

BRINKMAN, M. et al. The distribution of food security impacts of biofuels, a Ghana case study. **Biomass and Bioenergy**, v. 141, p. 105695, 2020. ISSN 0961-9534.

BRITZ, W. et al. EU-Wide (Regional and Farm Level) Effects of Premium Decoupling and Harmonisation Following the Health Check Reform. **GERMAN JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS**, v. 61, n. 1, p. 44-56, 2012. ISSN 0002-1121

BROUWER, F. et al. The nexus concept integrating energy and resource efficiency for policy assessments: A comparative approach from three cases. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4860, 2018. ISSN 2071-1050.

CARRILLO, A. M. R.; FREI, C. Water: A key resource in energy production. **Energy Policy**, v. 37, n. 11, p. 4303-4312, 2009. ISSN 0301-4215.

CHADEGANI, A. A. et al. A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. 2013.

CHAUSSON, A. et al. Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. **Global Change Biology**, v. 26, n. 11, p. 6134-6155, 2020. ISSN 1354-1013.

CHEN, H. H. et al. Using decomposition analysis to determine the main contributing factors to carbon neutrality across sectors. **Energies**, v. 15, n. 1, 2022. ISSN 19961073 (ISSN).

- COLUCCIA, B. et al. Assessing agricultural eco-efficiency in Italian Regions. **Ecological Indicators**, v. 116, p. 106483, 2020. ISSN 1470-160X.
- DE VRIES, W. et al. Impacts of model structure and data aggregation on European wide predictions of nitrogen and green house gas fluxes in response to changes in livestock, land cover, and land management. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 7, n. SUPPL. 1, p. 145-157, 2010. ISSN 1943815X.
- DELINCÉ, J.; CIAIAN, P.; WITZKE, H. P. Economic impacts of climate change on agriculture: The AgMIP approach. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 9, n. 1, 2015. ISSN 19313195.
- DOELMAN, J. C. et al. Quantifying synergies and trade-offs in the global water-land-food-climate nexus using a multi-model scenario approach. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 4, 2022. ISSN 17489318.
- DU, H. et al. A bibliographic analysis of recent solar energy literatures: The expansion and evolution of a research field. **Renewable Energy**, v. 66, p. 696-706, 2014. ISSN 0960-1481.
- EMBRAPA. Visão 2030 : o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 212 p. : ISBN 978-85- 7035-799- 1., 2018.
- GOCHT, A. et al. EU-wide Economic and Environmental Impacts of CAP Greening with High Spatial and Farm-type Detail. **JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS**, v. 68, n. 3, p. 651-681, SEP 2017. ISSN 0021-857X
- GOCHT, A. et al. A grassland strategy for farming systems in Europe to mitigate GHG emissions—An integrated spatially differentiated modelling approach. **Land Use Policy**, v. 58, p. 318-334, 2016. ISSN 02648377.
- GRANIT, I. Microgrids through the Energy-Water-Food Security Nexus in La Guajira, Colombia: Increasing water and food security or jeopardizing groundwater levels? **Energy Research & Social Science**, v. 93, p. 102814, 2022. ISSN 2214-6296.
- JACOBS, D. Demystification of bibliometrics, scientometrics, informetrics and webometrics. 11th DIS Annual Conference, 2010. p.19.
- KLAUER, B. et al. Stakeholder Workshops Informing System Modeling—Analyzing the Urban Food–Water–Energy Nexus in Amman, Jordan. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 11984, 2022. ISSN 2071-1050.
- KOŽAR, M. et al. Flattening and redistribution of the CAP direct payments for the EU27 regions. **Agricultural Economics (Czech Republic)**, v. 58, n. 10, p. 397-407, 2012. ISSN 0139570X.
- LI, M. et al. Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. **Agricultural Water Management**, v. 259, p. 107235, 2022. ISSN 0378-3774.
- LIU, X. et al. Exploring Long-Term Changes in Silicon Biogeochemistry Along the River Continuum of the Rhine and Yangtze (Changjiang). **Environmental Science and Technology**, v. 54, n. 19, p. 11940-11950, 2020. ISSN 0013936X (ISSN).
- MABHAUDHI, T. et al. Assessing Progress towards Sustainable Development Goals through Nexus Planning. **WATER**, v. 13, n. 9, MAY 2021. ISSN 2073-4441.

MAGNONE, D. et al. Soil Chemistry Aspects of Predicting Future Phosphorus Requirements in Sub-Saharan Africa. **JOURNAL OF ADVANCES IN MODELING EARTH SYSTEMS**, v. 11, n. 1, p. 327-337, JAN 2019. ISSN 1942-2466.

_____. The impact of phosphorus on projected Sub-Saharan Africa food security futures. **NATURE COMMUNICATIONS**, v. 13, n. 1, OCT 29 2022. ISSN 2041-1723 J9 - NAT COMMUN.

MANESH, M. F. et al. Knowledge management in the fourth industrial revolution: Mapping the literature and scoping future avenues. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 68, n. 1, p. 289-300, 2020. ISSN 0018-9391.

MORAES-SANTOS, E. C.; DIAS, R. A.; BALESTIERI, J. A. P. Groundwater and the water-food-energy nexus: The grants for water resources use and its importance and necessity of integrated management. **Land Use Policy**, v. 109, 2021. ISSN 02648377 (ISSN).

NAMANY, S.; AL-ANSARI, T.; GOVINDAN, R. Sustainable energy, water and food nexus systems: A focused review of decision-making tools for efficient resource management and governance. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 610-626, 2019. ISSN 0959-6526.

PHILIPPIDIS, G. et al. Eating your greens: a global sustainability assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 168, p. 105460, 2021. ISSN 0921-3449.

PHILIPPIDIS, G. et al. Snakes and ladders: World development pathways' synergies and trade-offs through the lens of the Sustainable Development Goals. **Journal of cleaner production**, v. 267, p. 122147, 2020. ISSN 0959-6526.

PINNEGAR, J. K. et al. Future socio-political scenarios for aquatic resources in Europe: a common framework based on shared-socioeconomic-pathways (SSPs). **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 568219, 2021. ISSN 2296-7745.

QIAN, X. Y.; LIANG, Q. M. Sustainability evaluation of the provincial water-energy-food nexus in China: Evolutions, obstacles, and response strategies. **SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY**, v. 75, DEC 2021. ISSN 2210-6707.

RADU, O. B. et al. Exploring synergies between climate and air quality policies using long-term global and regional emission scenarios. **ATMOSPHERIC ENVIRONMENT**, v. 140, p. 577-591, SEP 2016. ISSN 1352-2310.

REUTERS, T. Whitepaper using bibliometrics. **Thomson Reuters**, v. 12, 2008.

SALEM, H. S.; PUDZA, M. Y.; YIHDEGO, Y. Water strategies and water-food Nexus: challenges and opportunities towards sustainable development in various regions of the World. **SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT**, v. 8, n. 4, AUG 2022. ISSN 2363-5037.

SCHROEDER, L. A.; GOCHT, A.; BRITZ, W. The Impact of Pillar II funding: Validation from a Modelling and Evaluation Perspective. **Journal of Agricultural Economics**, v. 66, n. 2, p. 415-441, 2015. ISSN 0021857X (ISSN).

SHARMA, S. et al. Widespread loss of lake ice around the Northern Hemisphere in a warming world. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 3, p. 227-231, 2019. ISSN 1758-678X.

SPRINGMANN, M.; FREUND, F. Options for reforming agricultural subsidies from health, climate, and economic perspectives. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 82, 2022. ISSN 2041-1723.

- STEHFEST, E. et al. **Integrated assessment of global environmental change with IMAGE 3.0: Model description and policy applications**. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), 2014. ISBN 9491506714.
- STRAPASSON, A. et al. EU land use futures: modelling food, bioenergy and carbon dynamics. **Energy Strategy Reviews**, v. 31, p. 100545, 2020/09/01/ 2020. ISSN 2211-467X.
- STRENGERS, B. J.; VAN MINNEN, J. G.; EICKHOUT, B. The role of carbon plantations in mitigating climate change: Potentials and costs. **Climatic Change**, v. 88, n. 3-4, p. 343-366, 2008. ISSN 01650009.
- STURM, V.; BANSE, M. Transition paths towards a bio-based economy in Germany: A model-based analysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 148, p. 106002, 2021. ISSN 0961-9534.
- TORRES, C. J. F. et al. A literature review to propose a systematic procedure to develop “nexus thinking” considering the water–energy–food nexus. **Sustainability**, v. 11, n. 24, p. 7205, 2019. ISSN 2071-1050.
- UN. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations., 2015.
- UNFCCC. CLIMATE CHANGE AND FRESHWATER RESOURCES: A synthesis of adaptation actions undertaken by Nairobi work programme partner organizations. ISBN 92-9219-084-9. **United Nations Framework Convention on Climate Change**, 2011.
- VAN LEEUWEN, T. The application of bibliometric analyses in the evaluation of social science research. Who benefits from it, and why it is still feasible. **Scientometrics**, v. 66, n. 1, p. 133-154, 2006. ISSN 0138-9130.
- VAN LEEUWEN, T. et al. The role of editorial material in bibliometric research performance assessments. **Scientometrics**, v. 95, p. 817-828, 2013. ISSN 0138-9130.
- VAN MEIJL, H. et al. Modelling alternative futures of global food security: Insights from FOODSECURE. **Global Food Security**, v. 25, p. 100358, 2020. ISSN 2211-9124.
- VAN MEIJL, H. et al. How food secure are the green, rocky and middle roads: food security effects in different world development paths. **Environmental Research Communications**, v. 2, n. 3, p. 031002, 2020. ISSN 2515-7620.
- VILMIN, L. et al. Forms and subannual variability of nitrogen and phosphorus loading to global river networks over the 20th century. **GLOBAL AND PLANETARY CHANGE**, v. 163, p. 67-85, APR 2018. ISSN 0921-8181.
- VILMIN, L. et al. Modeling Process-Based Biogeochemical Dynamics in Surface Fresh Waters of Large Watersheds With the IMAGE-DGNM Framework. **JOURNAL OF ADVANCES IN MODELING EARTH SYSTEMS**, v. 12, n. 11, 2020. ISSN 1942-2466.
- VILMIN, L. et al. Modeling Process-Based Biogeochemical Dynamics in Surface Fresh Waters of Large Watersheds With the IMAGE-DGNM Framework. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 12, n. 11, 2020. ISSN 19422466.
- WANG, J. et al. Spatially Explicit Inventory of Sources of Nitrogen Inputs to the Yellow Sea, East China Sea, and South China Sea for the Period 1970–2010. **Earth's Future**, v. 8, n. 10, 2020. ISSN 23284277.
- WEBSTER, J.; WATSON, R. T. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. **MIS quarterly**, p. xiii-xxiii, 2002. ISSN 0276-7783.

WIEBE, K. S.; LUTZ, C. Endogenous technological change and the policy mix in renewable power generation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 739-751, 2016. ISSN 1364-0321.

WINSEMIUS, H. C. et al. A framework for global river flood risk assessments. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 5, p. 1871-1892, 2013. ISSN 10275606 (ISSN).

WUNDERLICH, A. C.; KOHLER, A. Using empirical Armington and demand elasticities in computable equilibrium models: An illustration with the CAPRI model. **Economic Modelling**, v. 75, p. 70-80, 2018. ISSN 02649993.

YIN, C. et al. Recover the food-energy-water nexus from COVID-19 under Sustainable Development Goals acceleration actions. **Science of the Total Environment**, v. 817, 2022. ISSN 00489697.