

## NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS E FLORESTA: INTEGRAÇÃO NECESSÁRIA

Marcelo Macedo Guimarães - mmgpvh@gmail.com

Eugenio Avila Pedrozo - 00010312@ufrgs.br

\* Submissão em: 24/11/2021 | Aceito em: 25/11/2021

### RESUMO

A relação entre água, energia e alimento é um tema que tem recebido atenção no meio acadêmico. Diante da escassez dos recursos naturais, da degradação que tem ocorrido não somente no Brasil, mas no mundo todo, os recursos naturais têm sérios riscos de esgotarem. E há que se pensar em uma gestão que possibilite a recuperação do meio ambiente de forma eficiente e sustentável. Compreendendo que o debate denexo envolve um conjunto de inter-relações entre os recursos naturais utilizados como insumo para os serviços básicos da vida humana, neste sentido, a presente pesquisa objetivou analisar se há possibilidade de integrar a floresta ao nexo água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras e como isso pode contribuir para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os objetivos específicos são identificar a interligação entre água, energia, alimento e floresta; apontar a necessidade de integrar a floresta ao nexo tradicional visando alcançar um desenvolvimento mais sustentável e controlar, prevenir as consequências dos impactos ambientais. A metodologia da revisão literária ocorreu com o levantamento por termos previamente identificados nas bases de dados Scopus, Web of Science e Periódico Capes, sendo a pesquisa classificada com abordagem qualitativa e método dedutivo. Os resultados apontaram que a floresta possui relação direta com os elementos água-energia-alimentos, sendo possível contribuir com as seguranças hídrica, energética e alimentar. Concluiu-se que vincular as florestas ao nexo existente, proporcionará uma maior preocupação para garantir a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental.

**Palavras-chave:** Integração; Água; Energia; Alimento; Floresta.

### WATER-ENERGY-FOOD AND FOREST NEXUS: NECESSARY INTEGRATION

### ABSTRACT

The relationship between water, energy and food is a topic that has received attention in academia. Given the scarcity of natural resources, the degradation that has occurred not only in Brazil, but worldwide, natural resources are at serious risk of depletion. And it is necessary to think about a management that enables the recovery of the environment in an efficient and sustainable way. Understanding that the nexus debate involves a set of interrelationships between natural resources used as input for the basic services of human life, in this sense, this research aimed to analyze whether there is a possibility of integrating the forest to the water-energy-food nexus, with a view to not compromising future demands and how this can contribute to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). The specific objectives are to identify the interconnection between water, energy, food and forest; point out the need to integrate the forest into the traditional nexus in order to achieve a more sustainable development

and to control and prevent the consequences of environmental impacts. The literature review methodology was carried out by surveying terms previously identified in the Scopus, Web of Science and Capes Journal databases, and the research was classified using a qualitative approach and a deductive method. The results showed that the forest has a direct relationship with the water-energy-food elements, making it possible to contribute to water, energy and food security. It was concluded that linking forests to the existing nexus will provide greater concern to ensure sustainability and environmental balance.

**Keywords:** Integration. Water. Energy. Food. Forest.

## 1 INTRODUÇÃO

O nexu água, energia e alimento (WEF) é um tema que recebeu atenção sem precedentes no meio acadêmico. Desde 2011, o ano em que o pesquisador Holger Hoff introduziu o conceito de WEF na Conferência Bonn, ele se tornou cada vez mais influente tanto para as pesquisas quanto para as políticas públicas. Sua importância deriva do fato de que os recursos hídricos, energéticos e alimentares são imperativos e insubstituíveis para a sobrevivência e o desenvolvimento da sociedade (ZHANG et al., 2021).

O nexu WEF é projetado para melhorar a compreensão e quantificação da oferta e demanda de recursos naturais, fluxos econômicos e estruturas sociais que afetam os títulos de água, energia e alimentos (BIGGS et al., 2015). É possível encontrar na literatura inúmeros estudos que consideram as interações entre nexu com outras estruturas, paradigmas ou abordagens para promover o desenvolvimento sustentável, devido ao seu potencial para ajudar a compreender sinergia e compensações de uma forma interdisciplinar (SIMPSON; JEWITT, 2019).

Estudos anteriores assumiram vários enfoques com elementos alternativos, como recursos hídricos sendo um componente central (HOFF, 2011), uso da terra-água-energia como item essencial (HOWELLS et al., 2013), alimentos como um componente central com ligações terra-água-energia (RINGLER et al., 2013), nexu WEF como avaliação e contabilização de pessoas vulneráveis aos riscos naturais e socioeconômicos (LIU et al., 2018). Outros estudos abordaram as interligações entre água, energia, alimento e desperdícios (MILANEZ et al., 2018; BELLFIELD, 2015). Entretanto, dentro dos trabalhos disponíveis na literatura, verificou-se que poucos estudos relacionam a importância da floresta ao nexu WEF.

As florestas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e fornecem benefícios diretos e indiretos cruciais para as pessoas e ao planeta (PÄRN et al., 2018). Há anos

apreciam-se as florestas como fontes de alimentos, combustíveis e materiais. Elas servem como um sumidouro gigante de carbono, removendo dióxido de carbono da atmosfera e prendendo-o em sua biomassa (SOUZA, 2012). Seu enorme sistema de raízes subterrâneas pode capturar o solo, prevenir a erosão e fornecer proteção contra inundações e deslizamentos de terra (ALROY, 2017). Elas influenciam os padrões climáticos locais, reduzem as temperaturas extremas de calor em regiões tropicais e promovem sistemas de nuvens locais que fornecem chuvas importantes (PARREIRA et al., 2021). Em suma, abundantes recursos tangíveis e serviços intangíveis.

Contudo, as altas taxas de desmatamento e degradação da terra estão transformando as paisagens a ponto de exigir proteção ambiental para desacelerar esses processos e intervenções de restauração para apoiar os fluxos de serviços ecossistêmicos (MELO et al., 2013). Sabendo-se que o debate do nexo envolve um conjunto de interligações entre os recursos naturais que são usados como insumo para serviços essenciais à vida humana, nesse sentido, esta pesquisa traz como problemática: há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexo água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras e como isso pode contribuir para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)?

Deste modo, para tal problemática levantada, aventou-se a seguinte hipótese: para garantir futuramente que as demandas dos recursos que integram o nexo água, energia, alimentos e floresta sejam supridas, torna-se necessário de forma precípua e premente, que haja uma gestão estratégica e eficiente destes recursos.

Esta pesquisa justifica-se pelo fato de que tal temática é extremamente relevante para uma tomada de decisão de forma global, sendo esta preocupação não apenas local ou nacional, mas também internacional, pois para melhorar a segurança dos recursos hídricos, energética, alimentar e florestal é necessário consciência, ações estratégicas e envolvimento de todos. Não se debruçando apenas sobre um setor, mas analisando-os na sua integralidade.

A presente pesquisa tem como objetivos: analisar se há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexo água-energia-alimentos, com vista a não comprometer as demandas futuras. Identificar por meio de uma revisão literária sobre a interligação entre água, energia e alimentos. Apontar a necessidade de integrar nesse nexo a floresta, a fim de alcançar um desenvolvimento mais sustentável para controlar e prevenir as consequências dos impactos ambientais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é composto das definições e discussões acerca de nexos WEF e floresta. Assim, entende-se que as concepções fundamentais sobre o tema serão apresentadas para orientar as análises que seguem neste estudo.

### 2.1 A Abordagem do nexo água-energia-alimentos

A abordagem ventilada na Conferência de Bonn, na Alemanha em 2011, provocou debates internacionais voltados para o desenvolvimento sustentável no que diz respeito ao nexo água-energia-alimento, impulsionando uma contribuição direcionada para o entendimento da interdependência entre estes setores (HOFF, 2011; SCOTT; KURIAN; WESCOAT, 2015; LIU et al., 2018).

A demanda pelo nexo apresentado de maneira global é reflexo do crescente aumento da população mundial que tem uma margem estimada em 9 bilhões, até 2050, e, conseqüentemente, da elevada demanda por água, energia e alimentos, que estimasse alcançar um percentual de aproximadamente 60% para a produção alimentícia, assim como da água que terá um crescimento em torno de 40%, e energia que está previsto uma elevação de 50% (FERROUKHI et al., 2015; FAO, 2017).

Os recursos naturais, ao longo do tempo foram explorados ou saqueados de maneira inapropriada para a fabricação de produtos, visto que são insumos que em sua maioria não são renováveis, acarretou a exaustão de tais recursos, ameaçando, inclusive, de extinção algumas espécies de animais e vegetais (HANSEL; RUSCHEINSKY, 2017).

E diante do uso inadequado, Rodrigues (2017) ressalta que ao considerar o nexo água-energia-alimentos é recomendado criar estratégias para a utilização destes recursos sem que cause transtornos às necessidades atuais e futuras. Torna-se crucial uma gestão que desenvolva políticas eficientes, evitando assim as possíveis ameaças ao nexo.

### 2.2 A interligação entre água-energia-alimentos

A abordagem conceitual de nexo água-energia-alimentos é complexa e interdependente, não sendo favorável pensar nestes setores de forma individual tratando-se de uma demanda que requer atitudes e medidas efetivas. Com vistas a oferecer soluções integrativas para gerir os

recursos ambientais, com o cuidado necessário que garanta a prevenção da pobreza e ampare o desenvolvimento sustentável (HOFF, 2011; NAÇÕES UNIDAS, 2016; OLIVEIRA, 2018).

O nexos água-energia-alimentos, nos estudos de Biggs et al., (2015) é conceituado como uma ferramenta que visa o alcance do desenvolvimento sustentável, levantando a questão de meios de subsistência. Tendo como propósito gerar uma estrutura integradora a fim de medir e monitorar a segurança do nexos em escalas e níveis institucionais. Acrescentando ainda que a sinergia que existe entre os setores do nexos água-energia-alimentos permite uma busca do equilíbrio na utilização e oferta de tais recursos e a exigência existente no meio ambiente (BIGGS et al., 2015).

Compartilhando do mesmo entendimento, Giatti et al (2016) reiteram que a percepção do nexos agrega ainda, a complexidade permitindo novas composições dentro do processo de multinível, interagindo com as concessões (trade-offs) e a procura por uma sinergia entre os participantes do nexos.

Oliveira (2018) ressalta que no Brasil as usinas hidrelétricas têm sua energia elétrica gerada pela utilização do recurso de água, ficando evidente que caso sobrevenha uma crise dos recursos hídricos, o sistema energético será fortemente abalado gerando outra crise que afetará o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. E, conseqüentemente, comprometerá a produção de alimentos e o consumo de água pela população.

O termo “nexos” significa o entendimento das interdependências, tensões e compensações que coadunam para que os setores estejam intrinsecamente ligados, sem possibilidades de dissociação a fim de emitir esforços que tenham por objetivo alcançar a sustentabilidade na forma mais ampla (MOHTAR; DAHER, 2012).

Considerando, principalmente, a junção do nexos e a relação existente entre eles, visto que conforme o aumento populacional há uma maior necessidade de consumir alimentos e, conseqüentemente, a ampliação no quantitativo de utilização do solo para a agricultura, o que requer um maior uso da água para a irrigação suprindo todas as demandas da agropecuária e do crescimento demográfico (DIAS et al., 2014).

### 2.3 Necessidade da gestão de recursos florestais

As florestas podem ser naturais, maduras, secundárias, plantadas, monitoradas e manejadas como qualquer outro recurso natural. Por meio da interconexão das florestas com

vínculos de água, alimentos e energia, e o papel das florestas na mitigação e adaptação ao clima, os benefícios das florestas para os humanos podem ser avaliados em global e principalmente a nível local.

Desde o início da civilização, a intensificação da exploração madeireira, o desenvolvimento de terras agrícolas e a expansão das cidades levaram ao desmatamento de 46% das florestas do mundo. (DÍAZ et al., 2019). Os produtos florestais sustentam uma indústria multibilionária da qual milhões de pessoas dependem. No entanto, apesar dos esforços louváveis de agências internacionais e governos, o manejo sustentável desses preciosos recursos continua sendo um desafio, com 7,6 milhões de hectares de floresta desaparecendo a cada ano, principalmente nas regiões tropicais (FAO, 2015).

Resguardar os serviços ambientais que as florestas oferecem e, ao mesmo tempo, persistir a se beneficiar de suas muitas riquezas de maneira sustentável se tornou um “problema perverso” (DEFRIES; NAGENDRA, 2017). As florestas são sistemas interconectados com interdependências complexas: os planos de florestamento que tentam substituir os ecossistemas perdidos podem levar a uma demanda excessiva de água e déficits sociais. (FENG et al., 2016).

A extração seletiva de madeira, mesmo em pequena escala, pode fragmentar as florestas e expor margens que eliminam o carbono e a biodiversidade (ALROY, 2017; BRINCK et al., 2017); suprimir produtos que levam ao desmatamento, como a castanha do Brasil, pode impactar negativamente os milhões que dependem da indústria, principalmente na região amazônica. Os sistemas florestais transcendem as fronteiras disciplinares e seu manejo produtivo exigirá colaboração interdisciplinar e uma compreensão holística de sua complexidade (KEITH et al., 2017).

As florestas podem ser resguardadas por meio de legislações, fiscalizações e inspeções de comando e controle. Essas medidas são as mais habituais, mas não são suficientes para proteger as florestas (CHAZDON et al., 2016). Na literatura encontram-se diversas abordagens que trabalham a conscientização e proteção das florestas, por exemplo, a agrossilvicultura, as restaurações florestais e paisagísticas (FLR) e a redução de emissões por desmatamento e degradação floresta (REDD).

A agrossilvicultura é uma abordagem que busca gerenciar os serviços florestais e a agricultura juntos. Um sistema de gestão de recursos naturais de base ecológica, a agrossilvicultura integra princípios ambientais e socioeconômicos em um esforço para cultivar árvores e arbustos ao lado de plantações (FAO, 2017). A restauração florestal e paisagística

nasceu como uma abordagem socioecológica para expandir os objetivos de restauração e as características da paisagem, como produtividade, resiliência e sustentabilidade (BRANCALIOM et al., 2019).

O REDD teve avanço na proposta intitulada “Redução Compensada do Desmatamento”, lançada pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia e parceiros, durante a nona Conferência das Partes (COP-9) da Convenção da ONU sobre Mudança Climática (MOUTINHO et al. 2011). Pela redução compensada, os países em desenvolvimento que se dispusessem, voluntariamente, e alcançassem reduções de suas emissões nacionais oriundas de desmatamento, receberiam compensação financeira internacional (MOUTINHO et al. 2011).

As disciplinas socioeconômicas também ajudaram a formular políticas para proteger as florestas existentes e, ao mesmo tempo, apoiar as economias locais, como pagamentos por serviços ecossistêmicos (PES). Esses esquemas oferecem incentivos financeiros para que os proprietários de terras protejam e gerenciem suas florestas, permitindo que a sociedade em geral se beneficie de seu gerenciamento de água, captura de carbono e biodiversidade (ARRIAGADA et al., 2018).

Com a crescente urbanização do planeta e com todos os desafios que vêm com ela, não podemos tratar as florestas de forma isolada. Ao reexaminar o valor das florestas, estamos mais perto de encontrar um equilíbrio e alcançar um estilo de vida mais sustentável. Ainda há esperança de que essas grandes sentinelas durem e persistam a inspirar as futuras gerações.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada com uma abordagem qualitativa, por meio de uma análise interpretativa, fazendo uso de uma diversidade de estratégias com suas especificidades, a fim de apresentar as contribuições do nexo-água-energia-alimento, floresta e a interação entre os dados encontrados, com a utilização de procedimentos de acordo com suas peculiaridades (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2012).

O levantamento de artigos para a presente revisão foi realizado através da busca por termos previamente determinados, nas bases de dados Scopus, Web of Science e periódicos capes. Com isso, realizaram-se pesquisas utilizando os seguintes termos: 1) “nexus” AND “water” AND “energy” AND “food”; 2) “nexus” AND “Florest”. A busca foi realizada pelos

títulos em cada base. A síntese das buscas bibliográficas e o número de publicações encontradas para cada termo podem ser vistos na tabela 1.

A busca nessas 03 (três) bases de dados se deve a obtenção de uma abordagem abrangente sobre a temática em questão. O software Rayyan e o pacote Office 2019 foram utilizados para organização e para a elaboração das Figuras e Tabelas.

**Tabela 1 – Síntese dos termos pesquisados na literatura e quantidade de publicações**

Descritores	Bases
1) "nexus" AND "water" AND "energy" AND "food"	Scopus: 783 publicações Web of Science: 685 publicações Periódicos Capes: 586 publicações
2) "nexus" AND "forest"	Scopus: 38 publicações Web of Science: 24 publicações Periódicos Capes: 26 publicações

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa demonstram que a floresta pode ser fundamental para alcançar a segurança hídrica, energética e alimentar e assim contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável. A seguir, será apresentando o papel das florestas e a interligação com os recursos: água, energia e alimento.

### 4.1 Relação entre água e floresta

A água é um denominador comum que liga quase todas as metas de desenvolvimento sustentável (ODS) das Nações Unidas. A importância da água para o homem, a indústria, a agricultura e a produção pecuária são bem conhecidas. A crescente demanda mundial por esse recurso está relacionada ao desmatamento e ao crescimento populacional, o que pode levar a um aumento significativo dos conflitos de uso (SALES FILHO et al., 2021).

A escassez de recursos hídricos pode refletir restrições ecológicas ou socioeconômicas e pode piorar em escala global, com uma série de consequências para os meios de subsistência e a saúde do ecossistema (CADORE; TOCHETTO, 2021). A cobertura da vegetação está

intimamente relacionada ao clima e a disponibilidade de água disponível em bacias hidrográficas, e essas relações podem cobrir escalas locais, regionais e continentais (ELLISON et al., 2017).

O reflorestamento pode auxiliar a reverter essa tendência (CONSTANT; TAYLOR, 2020). Plantio ou regeneração de florestas é uma estratégia fundamental para proteger e restaurar bacias hidrográficas degradadas (SALES FILHO et al., 2021). Contudo, conservar ou aumentar a cobertura florestal dentro de uma bacia hidrográfica muitas vezes compete com os usos da terra que fornecem retornos econômicos mais diretos, por exemplo agricultura, pastagens ou plantações (VAN NOORDWIJK et al., 2020).

Dessa forma, é possível verificar uma relação direta entre recursos hídricos e recursos florestais. As florestas auxiliam em fatores externos como as secas, inundações, erosão do solo e na qualidade da água.

#### 4.2 Relação entre energia e floresta

No domínio da energia, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade, tendo sido sua primeira fonte de energia, inicialmente empregada para aquecer e cozinhar alimentos (RINGLER et al. 2013).

A madeira ainda participa da matriz energética global, com maior ou menor intensidade, dependendo da região em questão. Segundo Brito (2007) seu uso é afetado pelas seguintes variáveis: nível de desenvolvimento do país, disponibilidade de florestas, questões ambientais e competição econômica com outras fontes de energia (como petróleo, gás natural, hidrelétrica, nuclear, etc.).

Conforme a International Energy Agency (2017) ainda aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas dependem da lenha para atender às suas necessidades básicas para cozinhar e aquecer. A demanda por lenha é uma fonte contínua de degradação natural do ecossistema, o que pode esgotar outros serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas, especialmente a conservação da biodiversidade e o armazenamento de carbono.

Outro papel essencial das florestas na melhoria da segurança energética é apoiar a energia hidrelétrica, pois a cobertura de árvores reduz a erosão e assoreamento do solo local, que é um grande problema com barragens hidrelétricas (ARIAS et al., 2011). Logo, há uma

interligação direta entre floresta e energia, e a preservação, o reflorestamento surge como uma das principais ferramentas para lidar com o crescente desafio de geração de energia por lenha.

#### 4.3 Relação entre alimento e floresta

Embora muitos países desenvolvidos estejam aumentando a cobertura florestal, o desmatamento em regiões tropicais e subtropicais ainda é generalizado. Com o aumento do comércio internacional de commodities de risco florestal, torna-se cada vez mais importante considerar os vínculos comerciais entre os países ao avaliar as causas das perdas e ganhos florestais (PENDRILL et al., 2019).

Durante o período de 2005-2013, 62% da perda florestal foi atribuída à expansão das áreas agrícolas comerciais, pastagens e plantações. As categorias de commodities mais comumente associadas ao desmatamento são carne bovina, produtos florestais, dendê, grãos e soja, embora haja grandes diferenças entre países e regiões (XU et al., 2021).

A repartição desigual da terra é parte desse problema, porque muitas pessoas pobres não têm acesso a terras cultiváveis e, em vez disso, vivem em paisagens degradadas marginais, ou seu acesso aos alimentos da floresta é reduzido devido aos direitos de propriedade (VAN NOORDWIJK et al., 2020).

As florestas são grandes fornecedoras de alimentos e milhares de pessoas pobres dependem delas para obter renda por meio de produtos florestais não madeireiros, por exemplo a castanha do Brasil. Na Amazônia, a carne selvagem é uma importante fonte de nutrientes para as pessoas residentes em áreas rurais. Outra região com grande exploração do comércio de carne de caça, gerando um volume considerável de receitas, são as florestas tropicais africanas (GOMBEER et al., 2021).

Assim, a relação entre alimento e floresta tem uma conexão direta. Nesse sentido as florestas possuem papel crucial na segurança alimentar. A preservação e a restauração podem, sem dúvida, melhorar na diversificação do uso da terra por meio mecanismos de reflorestamento em áreas degradadas ou improdutivas podendo melhorar a soberania alimentar.

#### 4.4 A importância de integrar a floresta ao nexos WEF

Há uma necessidade crucial de integrar a floresta ao nexos água-energia-alimentos. Haja vista o crescente desafio que as instituições, as empresas e a humanidade de forma geral

enfrentam para solucionar as ocorrências de tensões relacionada à sustentabilidade tanto de recursos naturais quanto do desenvolvimento humano. Sendo impossível vislumbrar o futuro sem que haja a disponibilidade de água, energia e sustentabilidade, sendo uma intrinsecamente ligada a outra fonte (DIAS et al., 2014).

Kobiyama (2000) afirma que os ecossistemas florestais, constituído por parte aérea (árvores) e parte terrestre (solos florestais), exercem inúmeras funções: (1) mitigação do clima; (2) redução de enchentes e recarga para os rios; (3) controle de erosão; (4) melhoramento da qualidade da água no solo e no rio; (5) atenuação de poluição atmosférica; (6) fornecimento do oxigênio e absorção dos gás carbônico; (7) prevenção contra ação do vento e ruídos; (8) recreação e educação; (9) produção de biomassa e (10) fornecimento de energia. E todas essas funções atuam simultaneamente, sendo a maioria baseada na atividade biológica da própria floresta. Apesar de todas essas valiosas funções, as florestas não têm recebido tratamento a altura de sua relevância, principalmente no Brasil.

Existem alguns impactos que são cruciais em casos de desmatamento, dentre eles estão as doenças infecciosas, perda da biodiversidade e alterações nas funções climáticas que são vitais para a floresta e que possibilita atravancar o aquecimento global (FEARNSIDE, 2020). Vale destacar, que as florestas possuem um papel valioso na seguridade hídrica, enérgica e alimentar de uma determinada região.

O nexos água-energia-alimento são fontes primordiais para o desenvolvimento humano na sociedade moderna e incluir a floresta, deixar o nexos mais fortalecido. As práticas de gestão florestal devem conservar as florestas primárias e secundárias e proteger a quantidade e qualidade das águas, mantendo e desenvolvendo funções protetoras das florestas, como proteção dos ecossistemas aquáticos e agrícola e a proteção frente a inundações e erosão (OZTURK, 2015; CHANG et al., 2016). Apesar dessa importante relação, é difícil encontrar alguma região no Brasil que não tenha sido comprometida pela devastação de matas ciliares.

Nesse sentido, há um consenso geral de que a redução dos danos causados ao meio ambiente, e conseqüente preservação da biodiversidade proporcionam além da conservação do patrimônio biológico a sobrevivência humana na terra. Cabe aos países com novas tecnologias lançarem mão de estratégias para a manutenção da vida, quer seja com novas técnicas de manejo ou uso sustentável dos recursos naturais (FEARNSIDE, 2006; SILVA; ALBUQUERQUE; AMARAL, 2017).

Para assegurar a preservação do nexo é necessário criar a segurança para cada fonte, ou seja, segurança hídrica, segurança energética, segurança alimentar e segurança florestal. Garantindo também que haja a salvaguarda dos ecossistemas, amparando-os contra a poluição e os desastres ambientais, reduzindo as alterações climáticas (BIZIKOVA; ROY; SWANSON, 2013; LECK et al., 2015).

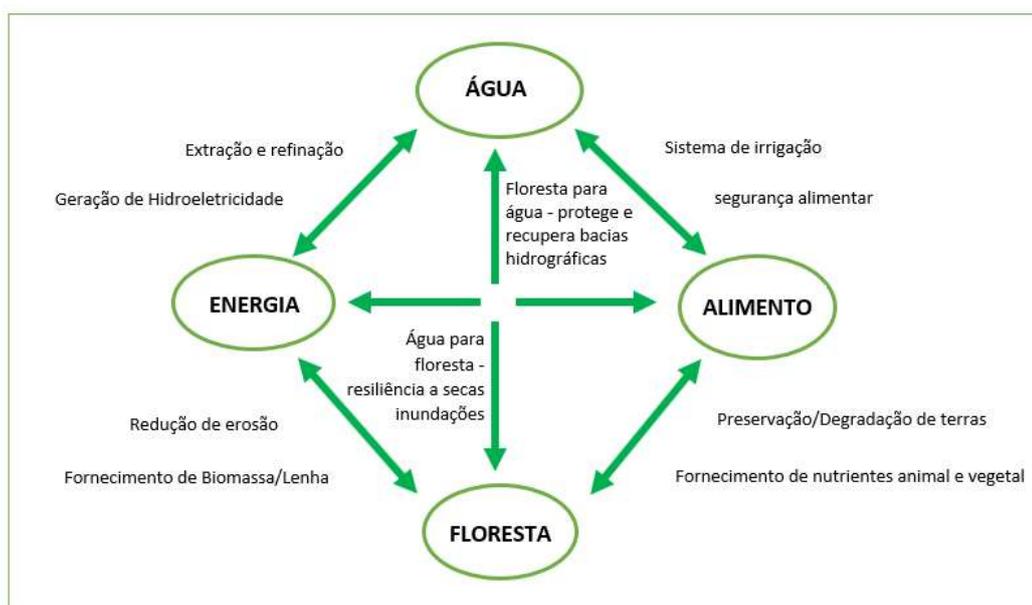
As mudanças climáticas, o que altera de forma negativa os recursos hídricos, são constatadas pela variação do clima em uma escala global por determinados períodos. Ocasionalmente mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e dentre outros fenômenos climáticos (OMER et al., 2020). E as mudanças climáticas estão ligadas ao desmatamento desordenado, o que recentemente tem se agravado, visto que no Boletim do Desmatamento da Amazônia Legal, do mês de maio de 2021, identificou um aumento de 70% relativamente ao mesmo período de 2020, perfazendo uma área de 39 quilômetros quadrados de florestas degradadas (FONSECA et al., 2021).

Diante de uma visão de luta pelo cuidado com o meio ambiente e que este é escasso em seus recursos, percebe-se que a degradação do meio ambiente resultou em mudanças climáticas e outros fatores que prejudicam a vida no planeta. Deste modo, nota-se que integrar a floresta no nexos água-energia-alimentos torna-se precípuo e premente, com vistas a manter a sustentabilidade do meio ambiente.

Destarte, desafios surgirão, pois, as relações deverão ser estreitadas para que as ações sejam implementadas a fim de alcançarem a eficácia. Para tanto, torna-se precípuo que o reconhecimento e a investigação das mais diferentes relações entre os agentes que estarão envolvidos nesse processo seja uma estratégia utilizada, ademais, é extremamente relevante a sinergia entre estes, criando assim oportunidades de enfrentamento e combate aos problemas comuns (SILVA; ALBUQUERQUE; AMARAL, 2017; BRASIL, 2018).

As questões ambientais estão fortemente ameaçadas, havendo uma busca constante voltada para o equilíbrio ambiental, que de acordo com Moraes e Ferraço (2018), tem sido considerado como uma proposta de abordagem do nexos como um equacionamento das atividades que fazem uso dos recursos naturais, para sua integralidade, entretanto, tem ido de encontro ao desempenho das atividades econômicas que precisam considerar o imperativo ambiental. A figura a seguir demonstra claramente a interação existente entre os quatro componentes do nexos-água-energia-alimento e floresta.

### **Figura1- Visão global do nexos água-energia-alimento-floresta**



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central deste artigo foi de analisar se há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexos água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras. Para tanto, foi realizada uma revisão literária com os teóricos da área para obter uma melhor visão da temática proposta.

Os resultados responderam a problemática levantada nesta pesquisa, apontando que, sim, há possibilidade de realizar a integração da floresta no nexos água-energia-alimentos, tendo em vista, que não há um modo de atender as necessidades humanas sem proteger as florestas, solos e os recursos hídricos, uma vez que para que a terra continue fornecendo o que o homem necessita: água-energia-alimento, a mesma deve ser preservada.

Para tanto foi abordado sobre a interligação entre água, energia, alimentos e floresta, sendo registrado que a água tem um papel primordial nesta relação, proporcionando uma sinergia entre os elementos do nexos. Foi evidenciado durante o estudo que a utilização de forma deficiente dos recursos hídricos poderá acarretar sérios riscos de escassez. Não obstante, do risco referenciado está ligado a água a prospecção é que afete todos os demais setores, principalmente, a floresta, tendo em vista que há uma interligação entre eles.

Entre as funções protetoras importantes das florestas estão a preservação de terras, fornecimento de biomassa para geração de energias, como fonte alternativa, fornecimento de

alimentos, geração de rendas, proteção contra secas e inundações e redução de erosão, uma vez que as mesmas defendem eficazmente a estabilidade do solo, por meio de suas árvores e resíduos orgânicos. As características da vegetação que cobre o solo influenciam mais do que nenhum outro fator sobre as perdas de solo por erosão e redução da água armazenada no subsolo. Logo, fica evidente a importância de se manter a cobertura vegetal.

Há que se mencionar que os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, foram alcançados, uma vez que todos os recursos naturais fazem parte de uma estrutura que supre as necessidades da população, e uma fonte de recursos está intrinsecamente ligado ao outro.

Desse modo, conclui-se que ao integrar a floresta ao nexos já existente, água-energia-alimentos, proporcionará uma maior preocupação para garantir a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental e conseqüente atingir os ODS estipulados pela ONU, haja vista o grande crescimento demográfico, o consumo de água, de energia e de alimentos aumentará. Entretanto, é necessário estratégias e planejamento de todos os países, organizações e sociedade para uma gestão eficiente dos recursos naturais, com vistas a assegurar as demandas atuais e futuras.

Este trabalho contribui inicialmente de alguma forma para estimular a busca por novas pesquisas neste campo de estudo, como uma maneira de alargar a visão e obter mais conhecimento nesta área de integração da floresta no nexos água-energia-alimentos, subsidiando o equilíbrio sustentável dos recursos naturais e vinculando nas agendas de política públicas. Sugere-se para novas pesquisas, aplicar os conceitos teóricos demonstrado na figura 1, em locais com bioma degradado combinando com outras teorias que contribuam para o conhecimento e compreensão do fenômeno discutido, como por exemplo as contribuições da governança ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ALROY, John. Efeitos da perturbação do habitat na biodiversidade da floresta tropical. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 23, pág. 6056-6061, 2017.
- ARRIAGADA, Rodrigo et al. Analysing the impacts of PES programmes beyond economic rationale: Perceptions of ecosystem services provision associated to the Mexican case. **Ecosystem Services**, v. 29, p. 116-127, 2018.
- ARIAS, Mauricio E. et al. Paying the forest for electricity: a modelling framework to market forest conservation as payment for ecosystem services benefiting hydropower generation. **Environmental Conservation**, v. 38, n. 4, p. 473-484, 2011.

- BARDAZZI, Elisa; BOSELLO, Francesco. Critical Reflections on Water-Energy-Food Nexus in Computable General Equilibrium Models: A Systematic Literature Review. **Environmental Modelling & Software**, p. 105201, 2021.
- BELLFIELD, Helen. Water, energy and food security nexus in Latin America and the Caribbean. **Global Canopy Programme**, 2015.
- BIGGS, E. et al. Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods. **Environmental Science & Policy** 54: 389-397, 2015.
- BIZIKOVA, Livia et al. **The water-energy-food security nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management**. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Fortalecimento comunitário em unidade de conservação: desafios, avanços e lições aprendidas no Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)**. [recurso eletrônico]. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, Programa Áreas Protegidas da Amazônia. – Brasília, DF: MMA, 2018.
- CADORE, Jéssica Stefanello; TOCHETTO, Márcio. Recursos Hídricos: Panorama Geral do Setor e Perspectivas ao Atendimento da Agenda 2030. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, 2021.
- CONSTANT, Natasha Louise; TAYLOR, Peter John. Restoring the forest revives our culture: Ecosystem services and values for ecological restoration across the rural-urban nexus in South Africa. **Forest Policy and Economics**, v. 118, p. 102222, 2020.
- CHANG, Y. et al. Quantifying the water-energy-food nexo: situação atual e tendências. **Energias** 9 (2), 65. 2016.
- CHAZDON, Robin L. et al. When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. **Ambio**, v. 45, n. 5, p. 538-550, 2016.
- DEFRIES, Ruth; NAGENDRA, Harini. Ecosystem management as a wicked problem. **Science**, v. 356, n. 6335, p. 265-270, 2017.
- DIAS, R. et al. Utilização de ferramentas livres para gestão do nexo água e energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Vol. 30:109-126, 2014.
- DÍAZ, Sandra et al. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. **Science**, v. 366, n. 6471, 2019.
- ELLISON, D.; MORRIS, C. E.; LOCATELLI, B.; et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. **Global Environmental Change**, v. 43, p. 51-61, 2017.
- FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment 2015: How are the World's Forests Changing?** 2015
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Brasília, 2017.
- FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Coordenação de Pesquisas em Ecologia-CPEC. **Acta Amazônica, VOL. 36(3) 2006: 395 – 400**. 2006.
- FEARNSIDE, Philip Martin. O próximo coronavírus virá da Amazônia? Desmatamento e o risco de doenças infecciosas. **Amazônia Real**. 2020.
- FERROUKHI, R. et al. Renewable Energy in the Water, Energy & Food Nexus. **IRENA**. 2015.
- FONSECA, A. et al. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (maio 2021)** SAD. Belém: Imazon. 2021.
- GIATTI, L.L. et al. O nexo água, energia e alimentos aplicados no contexto da Metrópole Paulista. **Estudos Avançados**. 30/88: 43-61, 2016.
- GOMBEER, Sophie et al. Exploring the bushmeat market in Brussels, Belgium: a clandestine luxury business. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, n. 1, p. 55-66, 2021.

- HANSEL, Cláudia Maria; RUSCHEINSKY, Aloísio. **Riscos socioambientais e precaução: direitos humanos face a face do consumo.** Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade [recurso eletrônico] Marcia Maria Dosciatti de Oliveira et al (org.). Caxias do Sul, RS: Educus, 2017.
- HOFF, H. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. **Stockholm Environment Institute**, Stockholm. 2011.
- LECK, H. et al. Tracing the Water–Energy–Food Nexus: Description, Theory and Practice. **Geography Compass**, 9/8, p. 445–460, 2015.
- LIU, J. et al. **Nexus approaches to global sustainable development.** Nature Sustainability, v. 1, p. 466-76, 2018.
- KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. **Revista OESP Construção**, São Paulo: Estado de São Paulo, Ano 5, n. 32, p.112-117, 2000.
- MACHEL, J. et al. The water energy food nexus – challenges and emerging solutions. **Environmental Science Water Research & Technology** 1: 15-16, 2015
- MARIANI, L. et al. Análise de oportunidades e desafios para o Nexo Água-Energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** 37: 9-30, 2016.
- MELO, F. P. L., ARROYO-RODRÍGUEZ, V., FAHRIG, L., MARTÍNEZ-RAMOS, M. & TABARELLI, M. **On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes.** Trends Ecol. Evol. 28, 462–468 (2013).
- MILANEZ, Artur Yabe et al. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. 2018.
- MOHTAR, R. H.; DAHER, B. Water, energy, and food: The ultimate nexus. Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering. **CRC Press, Taylor and Francis Group**, 2012.
- MOHTAR, Rabi H. **Opportunities in the Water-Energy-Food Nexus Approach: Innovatively driving economic development, social wellbeing, and environmental sustainability.** 2021.
- MORAES, G. G. B. L; FERRAÇO, A. A. G. F. A Abordagem Científica-Instrumental do Nexus Water-Food-Energy como método para a construção de uma política ambiental integrada na gestão dos recursos hídricos. **Revista Videre**, Dourados, v.10, 19, p. 53-68, 2018.
- MOUTINHO P, STELLA O, LIMA A et al. **REDD no Brasil: um enfoque amazônico: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal – REDD.** 2011
- NAÇÕES UNIDAS. Desenvolvimento da agricultura, segurança alimentar e nutrição, Relatório do Secretário Geral, Item 25. **71ª Sessão da Assembleia Geral da UN**, Nova York. 2016.
- PÄRN, J., VERHOEVEN, J.T.A., BUTTERBACH-BAHL, K. ET AL. Nitrogen-rich organic soils under warm well-drained conditions are global nitrous oxide emission hotspots. *Nat Commun* 9, 1135 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03540-1>
- OLIVEIRA, Emerson Roberto de. **Percepção e aprendizado de jovens sobre o nexo água-energia-alimentos: Estudo de caso em Caraguatatuba-SP.** Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá – SP. 2018.
- OMER, A. et al. Water scarcity in the YellowRiver Basin under future climate change and human activities. **Science of the Total Environment**, v. 749, p. 1-13, 2020.

- OZTURK, Ilhan. Sustainability in the food-energy-water nexus: Evidence from BRICS (Brazil, the Russian Federation, India, China, and South Africa) countries. **Energy**, v. 93, p. 999-1010, 2015.
- PENDRILL, Florence et al. Deforestation displaced: trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 5, p. 055003, 2019.
- RINGLER, Claudia; BHADURI, Anik; LAWFORD, Richard. The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency?. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 6, p. 617-624, 2013
- RODRIGUES, C. J. M. **O Nexo água-energia-alimento aplicados ao contexto da Amazônia Paraense**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2017.
- SCOTT, Christopher A.; KURIAN, Mathew; WESCOAT, James L. The water-energy-food nexus: Enhancing adaptive capacity to complex global challenges. In: **Governing the nexus**. Springer, Cham, 2015. p. 15-38.
- SALES FILHO, Pedro Cardoso et al. Relação entre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Irani, localizada no oeste de Santa Catarina, região Sul do Brasil e a cobertura vegetal das biomas Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 112-118, 2021.
- SILVA, Luiz Everson da Silva; ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; AMARAL, Wanderlei do. Uso sustentável da biodiversidade e conservação de recursos naturais. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável**. Guaju, Matinhos, v.3, n.1, p. 2-10, jan./jun. 2017.
- SIMPSON, Gareth B.; JEWITT, Graham PW. The development of the water-energy-food nexus as a framework for achieving resource security: a review. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, p. 8, 2019.
- SOUZA, Cintia Rodrigues de. **Dinâmica de carbono em floresta explorada e em floresta nativa não explorada na Amazônia**. 2012.
- PARREIRA, Ivonete et al. IMPACTOS ANTRÓPICOS NO CLIMA. **Agrarian Academy**, v. 8, n. 15, 2021.
- UNESCO - United Nations World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2014: **Water and Energy**, 2014. v. 1. Paris: UNESCO, 2014.
- XU, X., SHARMA, P., SHU, S. et al. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. **Nat Food** 2, 724–732, 2021.
- VAN NOORDWIJK, Meine et al. Restoration of land based on nature centered on people through agroforestry systems: a typology. **Land**, v. 9, n. 8, p. 251, 2020.
- Zhang P, Zhou Y, Xie Y, Wang Y, Li B, Li B, Jia Q, Yang Z, Cai Y. **Assessment of the water-energy-food nexus under spatial and social complexities: A case study of Guangdong-Hong Kong-Macao**. *J Environ Manage*. 2021