v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, SEGURANÇA ALIMENTAR E SEGURANÇA DOS ALIMENTOS EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS AMAZÔNICAS: DESAFIOS ASSOCIADOS ÀS CHEIAS E SECAS EXTREMAS

FOOD TECHNOLOGY, FOOD SECURITY AND FOOD SAFETY IN AMAZONIAN RIVERSIDE COMMUNITIES: CHALLENGES ASSOCIATED WITH EXTREME FLOODS AND DROUGHTS

TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS EN COMUNIDADES RIBEREÑAS AMAZÓNICAS: DESAFÍOS ASOCIADOS A LAS INUNDACIONES Y SEQUÍAS EXTREMAS

Talita Brito de Oliveira[1], Débora Gloria Cortez[2], Fernanda Pinto Lima[2], Kathia da Silva e Silva[2]
Sergio Duarte Pinheiro Junior[3], Vanderson Gabriel Souza Torres[3]

e788893
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8893

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

A segurança alimentar e a segurança dos alimentos constituem desafios para comunidades ribeirinhas amazônicas diante de eventos hidrológicos extremos. Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre a variabilidade dos níveis dos rios, a segurança alimentar e os riscos sanitários em São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Parintins, Humaitá e Tabatinga, no Amazonas. Trata-se de estudo quantitativo, observacional, descritivo e analítico, baseado em dados secundários de bases públicas e fontes institucionais, referentes ao período de 2010 a 2025. Foram analisados indicadores hidrológicos, de segurança alimentar e sanitários, com construção do Índice de Segurança Alimentar (ISA). Os dados foram submetidos à análise descritiva, análise de variância, correlação de Pearson, regressão linear e teste do qui-quadrado. Os resultados demonstraram correlação negativa entre a variação dos níveis dos rios e o ISA ($r = -0,72$; $p < 0,001$), com coeficiente de determinação de $R^2 = 0,52$. Também foi identificada associação significativa entre as condições hidrológicas e a ocorrência de doenças transmitidas por alimentos ($\chi^2 = 18,64$; $p < 0,001$). Os achados evidenciam associação entre a variabilidade hidrológica, as condições de segurança alimentar e os riscos sanitários nos municípios analisados, destacando a importância do monitoramento ambiental e epidemiológico e de estratégias de conservação e segurança dos alimentos em comunidades ribeirinhas.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança alimentar. Segurança dos alimentos. Comunidades ribeirinhas.

ABSTRACT

Food security and food safety are challenges for Amazonian riverside communities exposed to extreme hydrological events. This study aimed to analyze the relationship between river-level variability, food security, and health risks in São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Parintins, Humaitá, and Tabatinga, in Amazonas, Brazil. This was a quantitative, observational, descriptive, and analytical study based on secondary data from public databases and institutional sources covering the period from 2010 to 2025. Hydrological, food security, and health indicators were analyzed, and a Food Security Index (FSI) was constructed. The data were submitted to descriptive analysis, analysis of variance, Pearson correlation, linear regression, and the chi-square test. The results demonstrated a negative correlation between river-level variation and the FSI ($r = -0.72$; $p < 0.001$), with a coefficient of determination of $R^2 = 0.52$.

[1] INPA, especialista.
[2] FAMETRO, graduanda em Farmácia.
[3] FAMETRO, especialista.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A significant association was also identified between hydrological conditions and the occurrence of foodborne diseases ($\chi^2 = 18.64$; $p < 0.001$). The findings demonstrate an association between hydrological variability, food security conditions, and health risks in the municipalities analyzed, highlighting the importance of environmental and epidemiological monitoring and food preservation and safety strategies in riverside communities.

KEYWORDS: *Food security. Food safety. Riverside communities.*

RESUMEN
La seguridad alimentaria y la seguridad de los alimentos constituyen desafíos para las comunidades ribereñas amazónicas ante eventos hidrológicos extremos. Este estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la variabilidad de los niveles de los ríos, la seguridad alimentaria y los riesgos sanitarios en São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Parintins, Humaitá y Tabatinga, en Amazonas, Brasil. Se trata de un estudio cuantitativo, observacional, descriptivo y analítico, basado en datos secundarios de bases públicas y fuentes institucionales correspondientes al período de 2010 a 2025. Se analizaron indicadores hidrológicos, de seguridad alimentaria y sanitarios, y se construyó un Índice de Seguridad Alimentaria (ISA). Los datos fueron sometidos a análisis descriptivo, análisis de varianza, correlación de Pearson, regresión lineal y prueba de chi-cuadrado. Los resultados demostraron una correlación negativa entre la variación de los niveles de los ríos y el ISA ($r = -0,72$; $p < 0,001$), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,52$. También se identificó una asociación significativa entre las condiciones hidrológicas y la ocurrencia de enfermedades transmitidas por alimentos ($\chi^2 = 18,64$; $p < 0,001$). Los hallazgos evidencian una asociación entre la variabilidad hidrológica, las condiciones de seguridad alimentaria y los riesgos sanitarios en los municipios analizados, destacando la importancia del monitoreo ambiental y epidemiológico y de estrategias de conservación y seguridad de los alimentos en comunidades ribereñas.

PALABRAS CLAVE*: Seguridad alimentaria. Seguridad de los alimentos. Comunidades ribereñas.*

1. INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional representa um dos principais desafios globais de saúde pública e é amplamente reconhecida como uma condição fundamental para o desenvolvimento humano, a redução das desigualdades sociais e a melhoria da qualidade de vida. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023), a segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, possuem acesso físico, social e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos, que atendam às suas necessidades alimentares e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável. Entretanto, fatores ambientais, econômicos e sociais têm ameaçado cada vez mais a estabilidade dos sistemas alimentares em todo o mundo, especialmente entre as populações vulneráveis.

Entre as principais ameaças à segurança alimentar, as mudanças climáticas e o aumento da frequência de eventos hidrológicos extremos têm recebido considerável atenção. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), secas prolongadas,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

cheias severas e alterações nos padrões de precipitação têm afetado significativamente a produção, a distribuição e a qualidade dos alimentos, aumentando o risco de insegurança alimentar entre comunidades que dependem fortemente dos recursos naturais. Esse cenário é particularmente preocupante na região Amazônica, onde os rios desempenham um papel central nas dinâmicas econômicas, sociais e ambientais das populações ribeirinhas.

As comunidades ribeirinhas amazônicas dependem amplamente da pesca artesanal, da agricultura de pequena escala e das atividades extrativistas para o abastecimento alimentar e a geração de renda. Consequentemente, as alterações nos ciclos hidrológicos afetam diretamente a disponibilidade de alimentos, os sistemas de transporte, o abastecimento alimentar local e as condições de armazenamento dos alimentos. Estudos anteriores demonstraram que os eventos hidrológicos extremos registrados nas últimas décadas resultaram em perdas agrícolas, redução da disponibilidade de pescado, interrupções logísticas e aumento da vulnerabilidade socioeconômica entre as populações tradicionais amazônicas (Nobre et al., 2016; Myers et al., 2017).

Além dos efeitos sobre a disponibilidade de alimentos, os eventos hidrológicos extremos também podem comprometer a qualidade sanitária dos alimentos destinados ao consumo humano. A elevação dos níveis dos rios durante cheias severas aumenta a probabilidade de contaminação dos alimentos por microrganismos presentes nas fontes de água, enquanto as secas prolongadas frequentemente reduzem o acesso à água segura e limitam as práticas adequadas de higiene e conservação dos alimentos. Essas condições podem contribuir para o aumento da ocorrência de doenças transmitidas por alimentos, infecções gastrointestinais e outros problemas de saúde relacionados ao ambiente (Havelaar et al., 2015; Fung et al., 2018).

Ao mesmo tempo, a atuação farmacêutica tem adquirido crescente relevância no contexto da segurança alimentar, especialmente nas áreas de vigilância sanitária, microbiologia de alimentos e promoção da saúde pública. Os farmacêuticos podem contribuir para a avaliação da qualidade dos alimentos, a identificação de perigos microbiológicos, a implementação de medidas preventivas e a disseminação de boas práticas de manipulação e armazenamento de alimentos. Apesar da importância dos profissionais farmacêuticos na proteção da saúde pública, ainda são limitados os estudos que abordam especificamente sua atuação na mitigação dos impactos dos eventos hidrológicos extremos sobre a segurança alimentar em comunidades amazônicas.

Embora a literatura científica relacionada às mudanças climáticas, à segurança alimentar e à saúde pública tenha se ampliado consideravelmente nos últimos anos, ainda são escassos os estudos integrados que investigam os impactos dos eventos hidrológicos extremos sobre a

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

segurança alimentar em comunidades ribeirinhas amazônicas sob as perspectivas da tecnologia de alimentos e da atuação farmacêutica. Considerando a importância socioeconômica e ambiental dessas populações, bem como sua elevada vulnerabilidade às alterações relacionadas ao clima, é essencial compreender como as cheias severas e as secas prolongadas influenciam a disponibilidade, o acesso, a conservação e a qualidade sanitária dos alimentos.

A relevância deste estudo está em seu potencial para ampliar o conhecimento científico sobre os efeitos dos eventos climáticos extremos na segurança alimentar e na saúde pública na Amazônia. Além disso, o estudo poderá contribuir para o desenvolvimento de estratégias de segurança dos alimentos, iniciativas de promoção da saúde e políticas públicas destinadas à redução das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais. Adicionalmente, o estudo destaca a importância das intervenções farmacêuticas na identificação de riscos microbiológicos, no fortalecimento dos sistemas de segurança dos alimentos e na implementação de medidas preventivas capazes de minimizar impactos adversos à saúde.

Objetivo geral

Analisar os impactos de eventos hidrológicos extremos, representados por cheias severas e secas prolongadas, sobre a segurança alimentar em comunidades ribeirinhas amazônicas, considerando a perspectiva da tecnologia de alimentos e as contribuições da prática farmacêutica para o controle sanitário.

Objetivos específicos

1. Caracterizar a ocorrência de cheias e secas extremas e seus impactos sobre a disponibilidade e o acesso aos alimentos em comunidades ribeirinhas amazônicas.
2. Investigar as condições de armazenamento, conservação, manipulação e consumo de alimentos durante períodos de extrema variabilidade hidrológica.
3. Identificar os principais riscos sanitários e microbiológicos associados à segurança dos alimentos e à qualidade da água nesses períodos.
4. Analisar estratégias de tecnologia de alimentos, vigilância sanitária e atuação farmacêutica que possam contribuir para a prevenção de riscos e o fortalecimento da segurança alimentar nas comunidades ribeirinhas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Segurança alimentar em comunidades ribeirinhas amazônicas

2.1.1. Segurança alimentar e vulnerabilidade nutricional

A segurança alimentar e nutricional é um conceito multidimensional que engloba o acesso regular e permanente a alimentos suficientes, seguros, nutritivos e culturalmente aceitáveis, capazes de atender às necessidades alimentares de indivíduos e populações (FAO, 2023). Inicialmente associada principalmente à disponibilidade de alimentos, a concepção de segurança alimentar evoluiu para incluir dimensões relacionadas ao acesso, utilização, estabilidade e adequação nutricional (Jones et al., 2013; Pinstrup-Andersen, 2009).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023), a segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, possuem acesso físico, social e econômico a alimentos adequados que atendam às suas necessidades alimentares e preferências para uma vida ativa e saudável. Portanto, a segurança alimentar vai além da produção de alimentos e engloba determinantes socioeconômicos, ambientais, culturais e sanitários que influenciam diretamente a saúde e o bem-estar humano.

Os sistemas alimentares são fortemente influenciados pelas condições ambientais e socioeconômicas, tornando a segurança alimentar uma questão complexa que integra saúde pública, agricultura, ecologia e desenvolvimento sustentável (Fanzo et al., 2021). Desafios globais como as mudanças climáticas, a degradação ambiental, a instabilidade econômica e as desigualdades sociais têm intensificado a insegurança alimentar, especialmente entre populações vulneráveis que vivem em regiões em desenvolvimento (Myers et al., 2017).

Na região Amazônica, a segurança alimentar está intimamente relacionada ao funcionamento dos ecossistemas e à disponibilidade de recursos naturais. Consequentemente, alterações ambientais e a variabilidade hidrológica podem afetar significativamente os padrões de produção, distribuição e consumo de alimentos, aumentando a vulnerabilidade das populações tradicionais.

2.2. Vulnerabilidade alimentar das populações ribeirinhas amazônicas

As comunidades ribeirinhas amazônicas representam sistemas socioecológicos únicos, cujos meios de subsistência dependem fortemente da pesca, da agricultura de pequena escala, do extrativismo e do transporte fluvial. Essas atividades constituem importantes fontes de alimentos e renda, mas, simultaneamente, aumentam a dependência das condições ambientais e da estabilidade dos ecossistemas (Lowe-McConnell, 1999).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A vulnerabilidade alimentar nessas comunidades resulta da combinação de fatores ambientais, sociais e econômicos. O isolamento geográfico, a infraestrutura limitada, o acesso restrito aos serviços de saúde, o saneamento inadequado e a dependência de recursos naturais sazonais contribuem significativamente para a insegurança alimentar (Guerra et al., 2018). Essas condições frequentemente resultam em menor diversidade alimentar, deficiências nutricionais e maior suscetibilidade a doenças transmitidas por alimentos.

As mudanças ambientais podem agravar ainda mais essa vulnerabilidade. De acordo com Begon, Townsend e Harper (2006), alterações na dinâmica dos ecossistemas podem afetar diretamente a disponibilidade de recursos biológicos, influenciando a produção e o acesso aos alimentos. Na Amazônia, as flutuações nas populações de peixes, na produtividade agrícola e nas rotas de transporte podem impactar significativamente a disponibilidade de alimentos e a segurança alimentar das famílias.

Estudos recentes demonstraram que as populações tradicionais amazônicas enfrentam desafios persistentes relacionados ao acesso aos alimentos e à qualidade nutricional, especialmente durante períodos de instabilidade ambiental e estresse socioeconômico (Guerra et al., 2018). Portanto, compreender os fatores determinantes da vulnerabilidade alimentar é essencial para o desenvolvimento de intervenções eficazes destinadas à melhoria da segurança alimentar e dos resultados em saúde pública.

2.3. Efeitos dos eventos hidrológicos extremos sobre a disponibilidade, o acesso e a estabilidade dos alimentos

A dinâmica hidrológica desempenha um papel central na formação dos processos ecológicos e socioeconômicos em toda a Bacia Amazônica. O Conceito do Pulso de Inundação, proposto por Junk, Bayley e Sparks (1989), descreve como as flutuações sazonais nos níveis dos rios regulam a biodiversidade, a produtividade pesqueira, a ciclagem de nutrientes e as atividades agrícolas nos ecossistemas de várzea.

Entretanto, as últimas décadas têm sido marcadas pelo aumento da frequência de eventos hidrológicos extremos, incluindo cheias severas e secas prolongadas. Nobre et al. (2016) argumentam que a interação entre as mudanças climáticas e as transformações no uso da terra alterou os padrões de precipitação e intensificou os extremos hidrológicos em toda a região Amazônica.

Esses eventos afetam diretamente a segurança alimentar ao comprometer a disponibilidade, o acesso e a estabilidade dos alimentos. As cheias extremas podem destruir plantações, contaminar os estoques de alimentos, interromper os sistemas de transporte e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

danificar as estruturas de armazenamento. Por outro lado, as secas severas podem reduzir a disponibilidade de pescado, limitar a produção agrícola e dificultar o transporte fluvial, restringindo o acesso aos alimentos e aos serviços essenciais (IPCC, 2023).

As alterações relacionadas ao clima também afetam a dimensão da estabilidade da segurança alimentar. Vermeulen, Campbell e Ingram (2012) destacam que a variabilidade climática aumenta a incerteza nos sistemas alimentares ao afetar a produção, a distribuição e o acesso aos mercados. Da mesma forma, Béné (2020) ressalta que as populações com limitada capacidade de adaptação são particularmente vulneráveis às perturbações ambientais recorrentes.

Considerando a estreita relação entre os meios de subsistência das populações ribeirinhas e os ecossistemas aquáticos, os eventos hidrológicos extremos representam uma importante ameaça à segurança alimentar na Amazônia. A compreensão desses impactos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de adaptação, o fortalecimento da resiliência dos sistemas alimentares e a proteção das populações vulneráveis diante dos efeitos adversos das mudanças climáticas.

3. RISCOS SANITÁRIOS ASSOCIADOS AOS EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS

3.1. Doenças transmitidas por alimentos e contaminação microbiológica

As doenças transmitidas por alimentos constituem um dos principais desafios de saúde pública em todo o mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022), milhões de pessoas adoecem todos os anos em decorrência do consumo de alimentos contaminados por bactérias, vírus, fungos, parasitas ou substâncias químicas.

A contaminação microbiológica pode ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva de alimentos, incluindo produção, processamento, transporte, armazenamento e consumo. Práticas inadequadas de higiene, controle inadequado de temperatura e condições deficientes de manipulação dos alimentos aumentam significativamente os riscos de contaminação (Forsythe, 2013; Franco e Landgraf, 2008).

Os eventos hidrológicos extremos agravam ainda mais esses riscos. As águas das cheias podem expor os produtos alimentícios a microrganismos patogênicos presentes em fontes de água contaminadas, enquanto as secas prolongadas podem comprometer as práticas de higiene devido ao acesso limitado à água potável. Essas condições favorecem a transmissão de agentes patogênicos associados aos alimentos e aumentam a ocorrência de infecções gastrointestinais (Tirado et al., 2010).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Além disso, as mudanças climáticas podem alterar a ecologia microbiana e favorecer o surgimento de novos agentes patogênicos transmitidos por alimentos, aumentando as preocupações relacionadas à saúde pública e impondo desafios aos sistemas existentes de segurança dos alimentos (Lake, 2017; Newell et al., 2010).

3.2. Qualidade da água, condições de higiene e segurança dos alimentos

O acesso à água segura é um componente fundamental da segurança dos alimentos. A água é utilizada em toda a cadeia de produção de alimentos, incluindo cultivo, processamento, limpeza, preparo e armazenamento. Consequentemente, a qualidade da água influencia diretamente a qualidade dos alimentos e os resultados relacionados à saúde pública.

Nas comunidades ribeirinhas amazônicas, o acesso à água tratada permanece limitado em muitos locais. Durante os períodos de cheia, as fontes de água podem ser contaminadas por agentes patogênicos, matéria orgânica e poluentes, aumentando os riscos associados ao preparo e ao consumo de alimentos. Da mesma forma, os períodos de seca frequentemente reduzem a disponibilidade de água e comprometem as práticas de higiene (Grace, 2015).

A infraestrutura inadequada de saneamento contribui ainda mais para os riscos de contaminação. Segundo Germano e Germano (2019), condições inadequadas de saneamento e higiene favorecem a disseminação de microrganismos responsáveis por doenças transmitidas por alimentos e doenças de veiculação hídrica.

Portanto, a melhoria da qualidade da água e dos serviços de saneamento é essencial para fortalecer a segurança dos alimentos e reduzir os riscos à saúde em comunidades vulneráveis.

3.3. Alterações ambientais e riscos zoonóticos emergentes

As alterações ambientais provocadas pelas mudanças climáticas podem influenciar a distribuição e a dinâmica de transmissão de agentes patogênicos zoonóticos. Alterações na temperatura, nos padrões de precipitação, na disponibilidade de habitats e na biodiversidade podem favorecer o surgimento e a disseminação de doenças infecciosas que afetam seres humanos e animais (Tauxe, 2002).

As cheias e as secas podem aumentar o contato entre seres humanos, animais domésticos, animais silvestres e reservatórios ambientais contaminados. Essas interações criam condições favoráveis à transmissão de agentes patogênicos e aumentam a possibilidade de ocorrência de surtos de doenças zoonóticas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4. TECNOLOGIA DE ALIMENTOS E CONTRIBUIÇÕES FARMACÊUTICAS PARA A SEGURANÇA ALIMENTAR

4.1. Estratégias de conservação e armazenamento de alimentos em ambientes vulneráveis

A conservação dos alimentos desempenha um papel fundamental na garantia da segurança alimentar, especialmente em regiões vulneráveis onde as condições ambientais e as limitações de infraestrutura comprometem a disponibilidade e a qualidade dos alimentos. A tecnologia de alimentos engloba uma ampla variedade de técnicas destinadas a prolongar a vida útil, manter o valor nutricional e prevenir a contaminação microbiológica ao longo da cadeia de produção e distribuição dos alimentos (Ordóñez, 2005).

Nas comunidades ribeirinhas amazônicas, a conservação dos alimentos apresenta desafios específicos devido ao isolamento geográfico, ao acesso limitado à eletricidade, aos sistemas inadequados de transporte e à forte dependência dos recursos alimentares sazonais. Nessas condições, as perdas de alimentos podem ser substanciais, especialmente durante períodos de eventos hidrológicos extremos, quando o acesso aos mercados e às rotas de abastecimento fica restrito.

Métodos tradicionais de conservação, como secagem, salga, defumação e fermentação, continuam sendo estratégias importantes para manter a disponibilidade de alimentos em comunidades

remotas. Essas técnicas reduzem a atividade de água e inibem o crescimento microbiano, contribuindo para melhorar a segurança dos alimentos e aumentar o período de armazenamento (Fellows, 2017). Além disso, as tecnologias de refrigeração e congelamento são ferramentas eficazes para a conservação de produtos perecíveis; entretanto, sua implementação pode ser limitada pelas restrições de infraestrutura encontradas comumente nas regiões rurais da Amazônia.

Eventos relacionados ao clima, como cheias severas e secas prolongadas, comprometem ainda mais as condições de armazenamento dos alimentos. As cheias podem danificar as estruturas de armazenamento e expor os alimentos à água contaminada, enquanto as secas podem interromper as redes de transporte e reduzir o acesso aos recursos necessários para a conservação. Consequentemente, o desenvolvimento de tecnologias de conservação adaptadas ao contexto local e de estratégias comunitárias de armazenamento de alimentos é essencial para fortalecer a segurança alimentar e reduzir as perdas de alimentos em ambientes vulneráveis.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4.2. Controle da qualidade dos alimentos e vigilância sanitária

O controle da qualidade dos alimentos e a vigilância sanitária são componentes fundamentais da segurança alimentar, garantindo que os produtos alimentícios sejam seguros, nutritivos e adequados para o consumo humano. A gestão da segurança dos alimentos envolve medidas preventivas destinadas a identificar, monitorar e controlar perigos biológicos, químicos e físicos ao longo da cadeia de produção e distribuição dos alimentos (ANVISA, 2019).

A contaminação microbiológica permanece como uma das principais causas de doenças transmitidas por alimentos em todo o mundo. De acordo com a WHO (2022), os alimentos contaminados por microrganismos patogênicos continuam representando um importante problema de saúde pública, especialmente em regiões com infraestrutura de saneamento limitada e práticas inadequadas de manipulação dos alimentos.

Nas comunidades amazônicas, as condições ambientais associadas aos eventos hidrológicos extremos podem aumentar a exposição às fontes de contaminação e comprometer a segurança dos alimentos.

Os sistemas de vigilância sanitária desempenham papel essencial na redução desses riscos por meio do estabelecimento de normas regulatórias, do monitoramento da qualidade dos alimentos e da promoção de práticas seguras de manipulação. Programas eficazes de vigilância contribuem para a prevenção de surtos, a identificação precoce de eventos de contaminação e a implementação de medidas corretivas destinadas à proteção da saúde pública (Germano e Germano, 2019).

Além disso, os avanços nas tecnologias de monitoramento da qualidade dos alimentos têm ampliado a capacidade de detectar contaminantes, avaliar a integridade dos alimentos e garantir o cumprimento dos padrões de segurança. Essas inovações contribuem para o fortalecimento da resiliência dos sistemas alimentares, especialmente em regiões submetidas a crescentes pressões ambientais e climáticas.

4.3. Contribuições farmacêuticas para a segurança dos alimentos e a saúde pública

A profissão farmacêutica desempenha um papel cada vez mais importante na segurança dos alimentos e na saúde pública, especialmente por meio de atividades relacionadas à vigilância sanitária, análise microbiológica, avaliação de riscos e promoção da saúde. Os farmacêuticos possuem conhecimentos em microbiologia, toxicologia, controle de qualidade e ciências regulatórias, o que lhes permite contribuir significativamente para programas de segurança dos alimentos e intervenções em saúde pública.

Nos sistemas de segurança dos alimentos, os farmacêuticos participam da identificação e do monitoramento de perigos microbiológicos, da avaliação da qualidade dos alimentos, da

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

implementação de medidas preventivas e do desenvolvimento de estratégias educativas destinadas à redução dos riscos de doenças transmitidas por alimentos. Sua atuação contribui para órgãos reguladores, indústrias de alimentos, instituições de saúde e programas de saúde pública responsáveis pela proteção da saúde dos consumidores.

Em ambientes vulneráveis, como as comunidades ribeirinhas amazônicas, as contribuições farmacêuticas podem ir além das análises laboratoriais e incluir iniciativas de educação comunitária voltadas à higiene dos alimentos, ao uso seguro da água, à prevenção de doenças e às práticas adequadas de manipulação dos alimentos. Essas ações são particularmente relevantes durante períodos de cheias e secas, quando as condições ambientais aumentam a probabilidade de contaminação dos alimentos e de transmissão de doenças.

A integração das ciências farmacêuticas com a tecnologia de alimentos e as abordagens de saúde pública oferece oportunidades importantes para melhorar os resultados relacionados à segurança alimentar. Ao combinar conhecimento científico, expertise regulatória e intervenções comunitárias, os farmacêuticos podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas alimentares mais resilientes, capazes de enfrentar os desafios atuais e futuros associados às mudanças ambientais e aos riscos à saúde pública.

5. METODOLOGIA

5.1. Delineamento e abordagem do estudo

Trata-se de um estudo quantitativo, observacional, descritivo e analítico, desenvolvido a partir da coleta, organização, integração e análise de dados secundários provenientes de bases públicas e fontes institucionais. O estudo teve como finalidade analisar a relação entre a variabilidade hidrológica, especialmente a ocorrência de eventos de cheia e seca, e indicadores relacionados à segurança alimentar, à segurança dos alimentos e aos riscos sanitários em municípios do estado do Amazonas.

A abordagem quantitativa foi adotada em razão da utilização de indicadores numéricos, séries temporais, frequências, proporções e medidas estatísticas de comparação e associação entre os municípios analisados. A segurança alimentar foi considerada como um fenômeno multidimensional, envolvendo aspectos relacionados à disponibilidade, ao acesso e à estabilidade dos alimentos, bem como às condições que interferem na sua utilização e qualidade (Pinstrup-Andersen, 2009; Jones et al., 2013; Fanzo et al., 2021).

O estudo não consistiu em uma revisão bibliográfica como método de obtenção dos dados e não envolveu aplicação de questionários, entrevistas ou levantamento de campo pelos autores. A literatura científica foi utilizada como suporte para a fundamentação conceitual e para

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a interpretação dos resultados, enquanto os dados analisados foram obtidos de bases públicas e fontes institucionais.

Por apresentar delineamento observacional, as variáveis foram analisadas conforme registradas nas bases consultadas, sem intervenção dos pesquisadores sobre as condições ambientais, hidrológicas, alimentares ou sanitárias dos municípios. Dessa forma, as associações identificadas representam relações estatísticas observadas no conjunto de dados e não devem ser interpretadas como demonstração de causalidade.

5.2. Área e unidades de análise

A pesquisa foi desenvolvida no estado do Amazonas, considerando os municípios de São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Parintins, Humaitá e Tabatinga. A seleção das localidades considerou a exposição a eventos hidrológicos extremos e a disponibilidade de informações públicas necessárias para a análise dos indicadores ambientais, alimentares e sanitários.

Os municípios apresentam diferentes características ambientais, territoriais e socioeconômicas, além de distintos níveis de dependência dos recursos naturais e do transporte fluvial. Essas características são relevantes para a compreensão dos sistemas alimentares amazônicos, especialmente em localidades nas quais a pesca, a agricultura e outras atividades associadas aos recursos naturais possuem importância para a subsistência das populações (Junk, Bayley e Sparks, 1989; Lowe-McConnell, 1999).

A unidade espacial de análise foi o município. A unidade temporal correspondeu ao período disponível para cada variável nas respectivas bases de dados, permitindo a integração das informações ambientais, hidrológicas, alimentares e sanitárias.

5.3. Fontes e obtenção dos dados

Os dados utilizados foram obtidos exclusivamente de bases públicas e fontes institucionais. Foram consultadas informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, [s. d.]), pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, [s. d.]), pelos sistemas oficiais de Defesa Civil (BRASIL, [s. d.]a) e pelo Ministério da Saúde (BRASIL, [s. d.]b).

As informações hidrológicas foram utilizadas para caracterizar a variação dos níveis dos rios e a ocorrência de períodos de cheia e seca. Os dados ambientais e meteorológicos foram utilizados como informações complementares para a caracterização das condições ambientais dos municípios. Os dados epidemiológicos e sanitários foram utilizados na análise das notificações de doenças transmitidas por alimentos e dos indicadores relacionados à segurança

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

dos alimentos.

A utilização de diferentes fontes institucionais foi necessária em razão do caráter multidimensional da segurança alimentar e da segurança dos alimentos. A análise integrada de diferentes indicadores permite contemplar aspectos que não seriam representados adequadamente por uma única variável (Pinstrup-Andersen, 2009; Jones et al., 2013).

Os dados foram extraídos das respectivas bases e organizados em uma base analítica única, contendo a identificação do município, o período de referência, a variável analisada, a unidade de medida e a condição hidrológica correspondente.

O período geral considerado no estudo compreendeu os anos de 2010 a 2025, respeitando-se a disponibilidade temporal de cada variável nas respectivas fontes.

5.4. Critérios de seleção e tratamento dos dados

Foram incluídos na análise os registros referentes aos cinco municípios selecionados e que apresentavam informações suficientes para identificação da localidade, do período e da variável de interesse.

Foram excluídos registros duplicados, inconsistentes ou que não apresentavam informações suficientes para sua utilização nas análises. Quando determinada variável não apresentava informação para determinado município ou período, o registro foi considerado como dado ausente.

Não foram realizadas imputações artificiais para os dados ausentes. Essa decisão teve como finalidade preservar as informações originalmente disponibilizadas pelas fontes públicas e evitar a introdução de valores não observados no conjunto de dados.

Após a seleção, os dados foram organizados e padronizados quanto às unidades de medida, categorias e períodos de referência. Posteriormente, foram agrupados segundo município e condição hidrológica para possibilitar as análises comparativas.

5.5. Análise espacial e estatística

Os períodos hidrológicos foram classificados de acordo com os critérios estabelecidos a partir dos dados hidrológicos disponíveis para cada município. Foram consideradas as categorias de cheia extrema, seca extrema e condição hidrológica normal, conforme os parâmetros adotados para a série histórica analisada. A classificação foi aplicada de forma padronizada aos dados utilizados nas análises estatísticas.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2025).

5.6. Indicadores analisados

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os indicadores utilizados na pesquisa foram agrupados em três categorias principais: indicadores hidrológicos e ambientais, indicadores de segurança alimentar e indicadores sanitários e de segurança dos alimentos.

Os indicadores hidrológicos e ambientais compreenderam:

a) variação dos níveis dos rios;
b) ocorrência de períodos de cheia;
c) ocorrência de períodos de seca;
d) duração dos eventos hidrológicos;
e) classificação da condição hidrológica.

Os indicadores de segurança alimentar compreenderam:

a) domicílios com escassez de alimentos;
b) acesso à água potável;
c) armazenamento adequado de alimentos;
d) dependência da pesca;
e) Índice de Segurança Alimentar.

Os indicadores sanitários e relacionados à segurança dos alimentos compreenderam:

a) notificações de doenças transmitidas por alimentos;
b) condições relacionadas à qualidade da água;
c) condições de armazenamento;
d) disponibilidade de refrigeração;
e) condições de manipulação;
f) risco de contaminação microbiológica.

A seleção desses indicadores considerou a natureza multidimensional da segurança alimentar e a necessidade de integrar aspectos relacionados ao acesso, disponibilidade e estabilidade dos alimentos (Pinstrup-Andersen, 2009; Jones et al., 2013).

5.7. Indicadores de segurança alimentar

A segurança alimentar foi analisada a partir de indicadores capazes de representar diferentes condições relacionadas à disponibilidade e ao acesso aos alimentos nos municípios estudados.

Foram considerados indicadores referentes à escassez de alimentos, acesso à água potável, armazenamento adequado e dependência da pesca. Esses indicadores foram analisados de forma conjunta, considerando que a segurança alimentar resulta da interação de diferentes dimensões e não pode ser adequadamente representada por uma única medida (Pinstrup-Andersen, 2009; Jones et al., 2013).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A dependência da pesca foi considerada devido à importância dos recursos pesqueiros para os sistemas alimentares amazônicos. Alterações na dinâmica dos rios podem interferir nas atividades de pesca, no acesso aos recursos e, consequentemente, nas condições de disponibilidade alimentar das populações que dependem desses recursos (Junk, Bayley e Sparks, 1989; Lowe-McConnell, 1999).

Os indicadores foram analisados de acordo com o sentido esperado de sua relação com a segurança alimentar. Variáveis associadas a condições mais favoráveis foram consideradas indicadores positivos, enquanto aquelas associadas ao aumento da vulnerabilidade foram consideradas indicadores negativos.

5.8. Construção do índice de segurança alimentar

O Índice de Segurança Alimentar (ISA) foi construído como um indicador sintético destinado a integrar diferentes dimensões relacionadas às condições de segurança alimentar dos municípios analisados. Para sua composição, foram considerados os indicadores disponíveis referentes à escassez de alimentos, acesso à água potável, armazenamento adequado de alimentos e dependência da pesca.

A construção do índice foi realizada em duas etapas. Inicialmente, os indicadores foram normalizados para uma escala comum de 0 a 100, permitindo a integração de variáveis originalmente expressas em diferentes unidades e proporções. Em seguida, os indicadores foram orientados de acordo com sua relação com a segurança alimentar, de modo que valores mais elevados representassem condições mais favoráveis.

Para os indicadores de relação positiva com a segurança alimentar, foi utilizada a seguinte transformação:

$$I_i = [(X_i - Xmín) / (Xmáx - Xmín)] \times 100$$

em que I_i corresponde ao valor normalizado do indicador, X_i corresponde ao valor observado para o município, Xmín corresponde ao menor valor observado e Xmáx corresponde ao maior valor observado. Para os indicadores cuja elevação representa aumento da vulnerabilidade, como a escassez de alimentos e os registros de doenças transmitidas por alimentos, foi realizada a inversão da escala, utilizando-se:

$$I_i = [(Xmáx - X_i) / (Xmáx - Xmín)] \times 100$$

Dessa forma, independentemente do sentido original da variável, valores mais elevados passaram a representar condições relativamente mais favoráveis de segurança alimentar. Após a normalização e inversão dos indicadores negativos, o Índice de Segurança Alimentar foi obtido pela média aritmética dos indicadores normalizados:

$$ISA = (I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n) / n$$

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

em que ISA representa o Índice de Segurança Alimentar, I_1, I_2, I_3 ... I_n representam os valores normalizados dos indicadores utilizados e n corresponde ao número total de indicadores incluídos na composição do índice.

O procedimento permitiu transformar variáveis com diferentes escalas em uma medida sintética comum, facilitando a comparação entre os municípios e a análise da relação entre as condições hidrológicas e a segurança alimentar. A utilização de indicadores compostos é compatível com a natureza multidimensional da segurança alimentar, que envolve diferentes aspectos relacionados ao acesso, disponibilidade e estabilidade dos alimentos (Pinstrup-Andersen, 2009; Jones et al., 2013).

Após a aplicação do procedimento, o Índice de Segurança Alimentar foi utilizado nas análises descritivas, na comparação entre municípios, na correlação com a variabilidade dos níveis dos rios e no modelo de regressão linear. No conjunto de dados analisado, o ISA apresentou média de 58,6, desvio-padrão de 12,4, valor mínimo de 35 e máximo de 81.

5.9. Representação gráfica e espacial dos dados

Os resultados foram apresentados por meio de tabelas, gráficos e representação cartográfica. A representação cartográfica foi utilizada para demonstrar a localização dos cinco municípios analisados.

A frequência dos eventos hidrológicos foi apresentada graficamente, permitindo a visualização da distribuição das condições de cheia e seca no período analisado. Os indicadores de segurança alimentar foram apresentados por município, possibilitando a comparação das condições observadas entre as localidades.

O Índice de Segurança Alimentar foi representado graficamente para demonstrar sua distribuição e variabilidade entre os municípios. A relação entre a variação dos níveis dos rios e o ISA foi apresentada por meio de gráfico de dispersão e linha de regressão, permitindo visualizar a tendência da associação identificada pelas análises estatísticas. Os indicadores relacionados às doenças transmitidas por alimentos foram apresentados segundo as diferentes condições hidrológicas. Os gráficos e tabelas já existentes no manuscrito foram mantidos, sendo apenas relacionados aos procedimentos metodológicos descritos nesta seção.

5.10. Aspectos éticos

O estudo foi desenvolvido exclusivamente com dados secundários provenientes de bases públicas e registros institucionais agregados. Não foram realizadas entrevistas, aplicação de questionários, coleta biológica ou intervenções diretamente com participantes. As informações

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

foram analisadas de forma agregada, considerando os municípios e períodos disponíveis, sem utilização de identificação individual.

Foram respeitadas as condições de acesso e utilização estabelecidas pelas instituições responsáveis pelas bases consultadas.

5.11. Limitações metodológicas

O uso de dados secundários apresenta limitações relacionadas à disponibilidade, periodicidade, cobertura e qualidade dos registros. As diferentes fontes institucionais podem apresentar diferenças quanto aos critérios de coleta, classificação, atualização e registro das informações.

No caso dos indicadores epidemiológicos, deve-se considerar a possibilidade de subnotificação, especialmente para doenças transmitidas por alimentos, o que pode resultar em estimativas inferiores à ocorrência real.

Também foram consideradas as diferenças na disponibilidade temporal das variáveis. Embora o período geral do estudo compreenda 2010 a 2025, determinadas variáveis podem apresentar séries temporais menores em função da disponibilidade das respectivas bases.

Por fim, devido ao delineamento observacional, os resultados demonstram associações estatísticas entre as variáveis analisadas e não permitem estabelecer causalidade direta entre eventos hidrológicos extremos e alterações na segurança alimentar ou na ocorrência de doenças transmitidas por alimentos.

6. DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

6.1. Distribuição espacial da vulnerabilidade alimentar em comunidades ribeirinhas amazônicas

A distribuição espacial dos municípios incluídos neste estudo é apresentada na Figura 1.

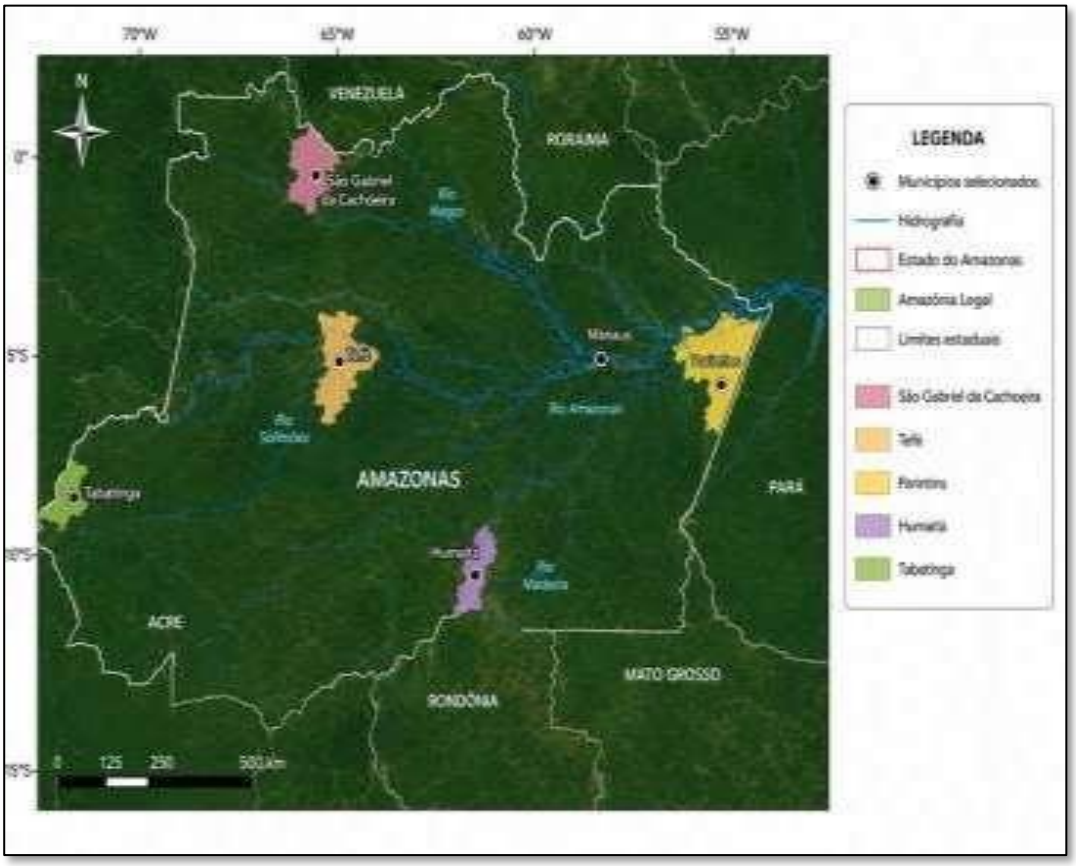
Os municípios selecionados, São Gabriel da Cachoeira, Tefé, Parintins, Humaitá e Tabatinga, representam diferentes realidades ambientais, sociais e logísticas no estado do Amazonas e foram escolhidos devido à sua suscetibilidade aos eventos hidrológicos extremos e aos possíveis impactos sobre a segurança alimentar.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Localização dos municípios analisados no estado do Amazonas

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise cartográfica permite identificar regiões com diferentes níveis de dependência



da pesca, da agricultura e do transporte fluvial. Essas características podem influenciar diretamente a disponibilidade e o acesso aos alimentos, as condições de armazenamento e a vulnerabilidade sanitária durante períodos de cheias severas e secas prolongadas.

6.2. Análise estatística dos eventos hidrológicos extremos e dos indicadores de segurança alimentar

Para compreender a relação entre os eventos hidrológicos extremos e as condições de segurança alimentar, foram realizadas análises estatísticas utilizando o software R (R Core Team, 2025).

Inicialmente, foram realizadas análises descritivas para sintetizar os indicadores ambientais, socioeconômicos e sanitários obtidos a partir de bases de dados públicas e de fontes

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

institucionais. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas de frequência, boxplots, histogramas e mapas de distribuição espacial.

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos indicadores ambientais, de segurança alimentar e sanitários obtidos a partir de bases de dados públicas e de fontes institucionais, referentes a municípios amazônicos expostos a eventos hidrológicos extremos

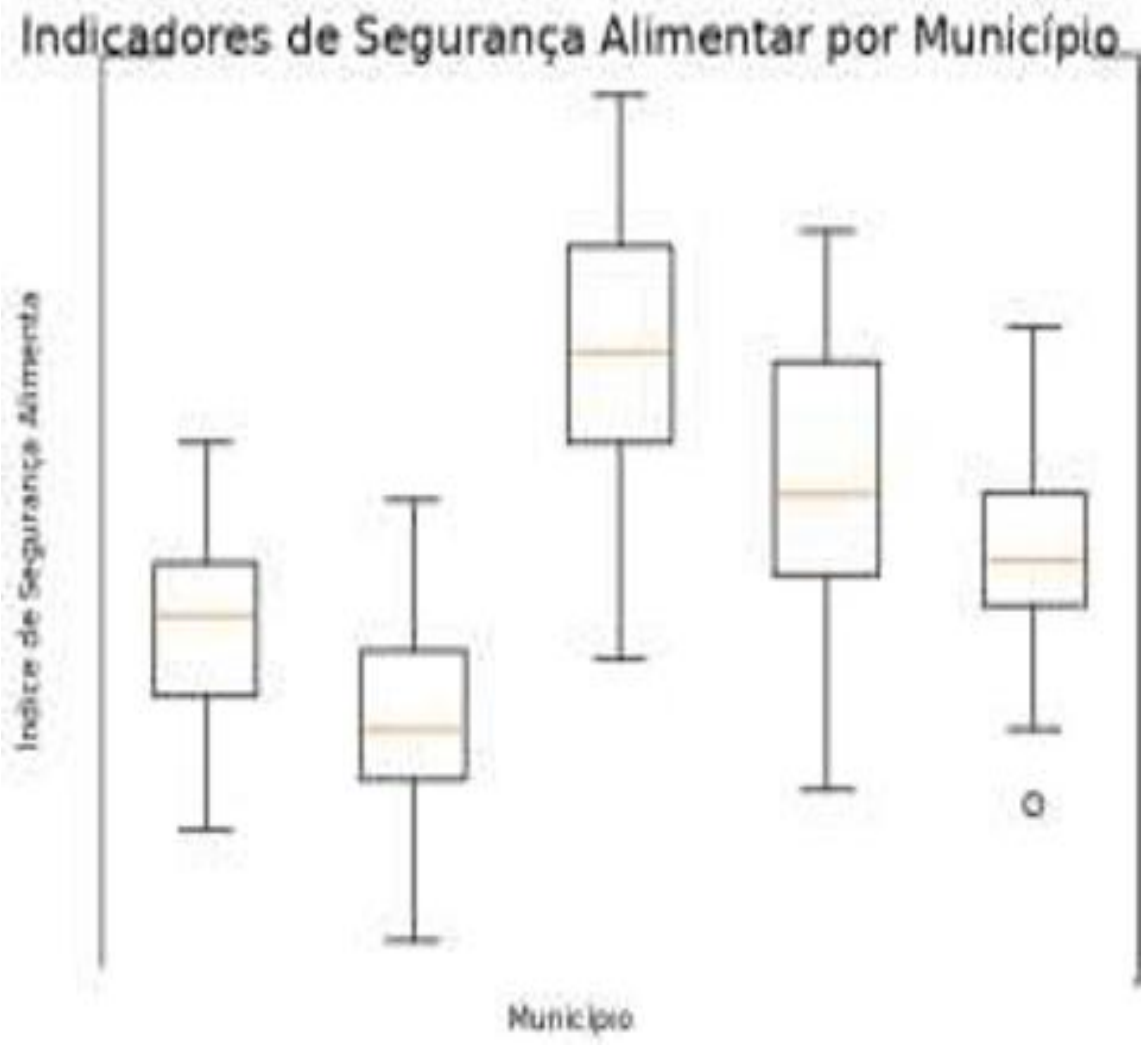
Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo
Variação do nível do rio (m)	4,8	1,7	1,2	8,5
Duração da cheia (dias)	78,4	24,3	32	145
Duração da seca (dias)	65,7	18,9	21	112
Índice de Segurança Alimentar	58,6	12,4	35,0	81,0
Domicílios com escassez de alimentos (%)	43,2	15,1	18,0	72,0
Acesso à água potável (%)	61,5	17,8	25,0	92,0
Notificações de doenças transmitidas por alimentos (casos/ano)	27,4	10,6	8	54
Armazenamento adequado de alimentos (%)	48,9	13,2	20,0	76,0
Domicílios dependentes da pesca (%)	72,1	11,4	49,0	91,0

Nota: DP = desvio-padrão.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, foram realizadas análises estatísticas inferenciais para avaliar as associações entre os eventos hidrológicos e os indicadores de segurança alimentar.

Figura 2. Indicadores de segurança alimentar por município

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

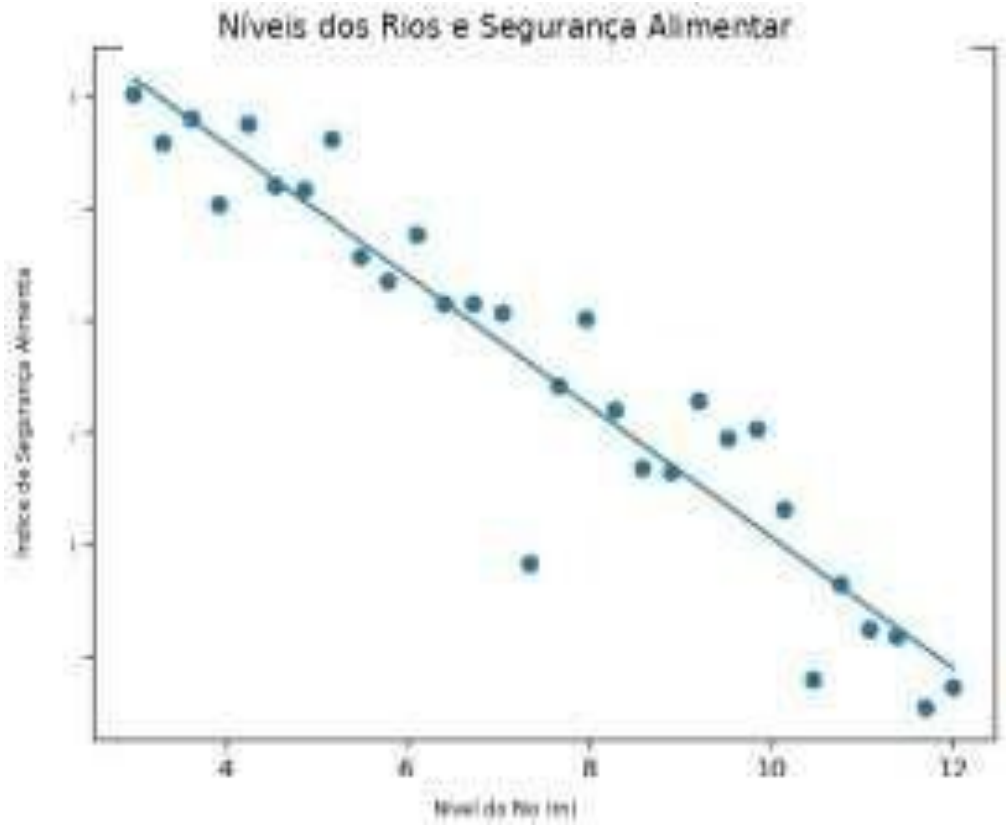


Fonte: Elaborado pelos autores.

Representação em boxplot do Índice de Segurança Alimentar observado nos municípios de São Gabriel da Cachoeira (SGC), Tefé, Parintins, Humaitá e Tabatinga. As caixas representam o intervalo interquartil (IIQ), enquanto a linha horizontal no interior de cada caixa indica a mediana. Os limites superiores e inferiores representam os valores máximo e mínimo, respectivamente, excluindo os valores discrepantes (outliers). As diferenças observadas entre os municípios sugerem variabilidade espacial nas condições de segurança alimentar entre as comunidades ribeirinhas amazônicas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 3. Relação entre os níveis dos rios e a segurança alimentar



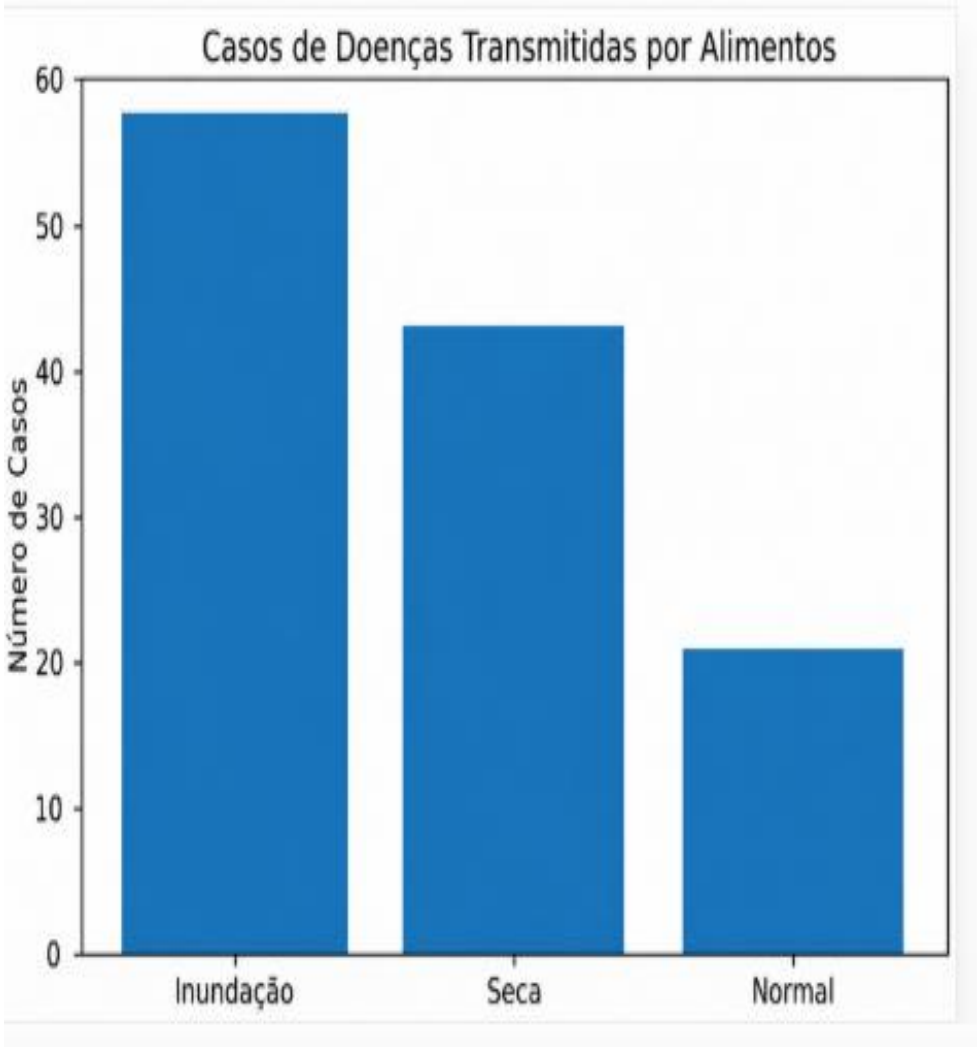
Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico de dispersão que representa a associação entre a variação do nível dos rios e o Índice de Segurança Alimentar. A linha de regressão demonstra uma relação inversa entre as variáveis, indicando que o aumento das variações no nível dos rios está associado à redução dos indicadores de segurança alimentar. Esses resultados sugerem que a instabilidade hidrológica pode afetar negativamente a disponibilidade e o acesso aos alimentos, a logística de transporte e a estabilidade dos sistemas alimentares nas populações ribeirinhas amazônicas.

Foi observada uma associação negativa significativa entre os níveis dos rios e o Índice de Segurança Alimentar. À medida que os níveis dos rios aumentaram, os indicadores de segurança alimentar tenderam a diminuir, sugerindo que condições hidrológicas extremas podem comprometer o acesso e a disponibilidade de alimentos nas comunidades avaliadas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 4. Distribuição dos casos de doenças transmitidas por alimentos durante períodos de cheia, seca e condições hidrológicas normais



Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos indicadores epidemiológicos e ambientais analisados no estudo.

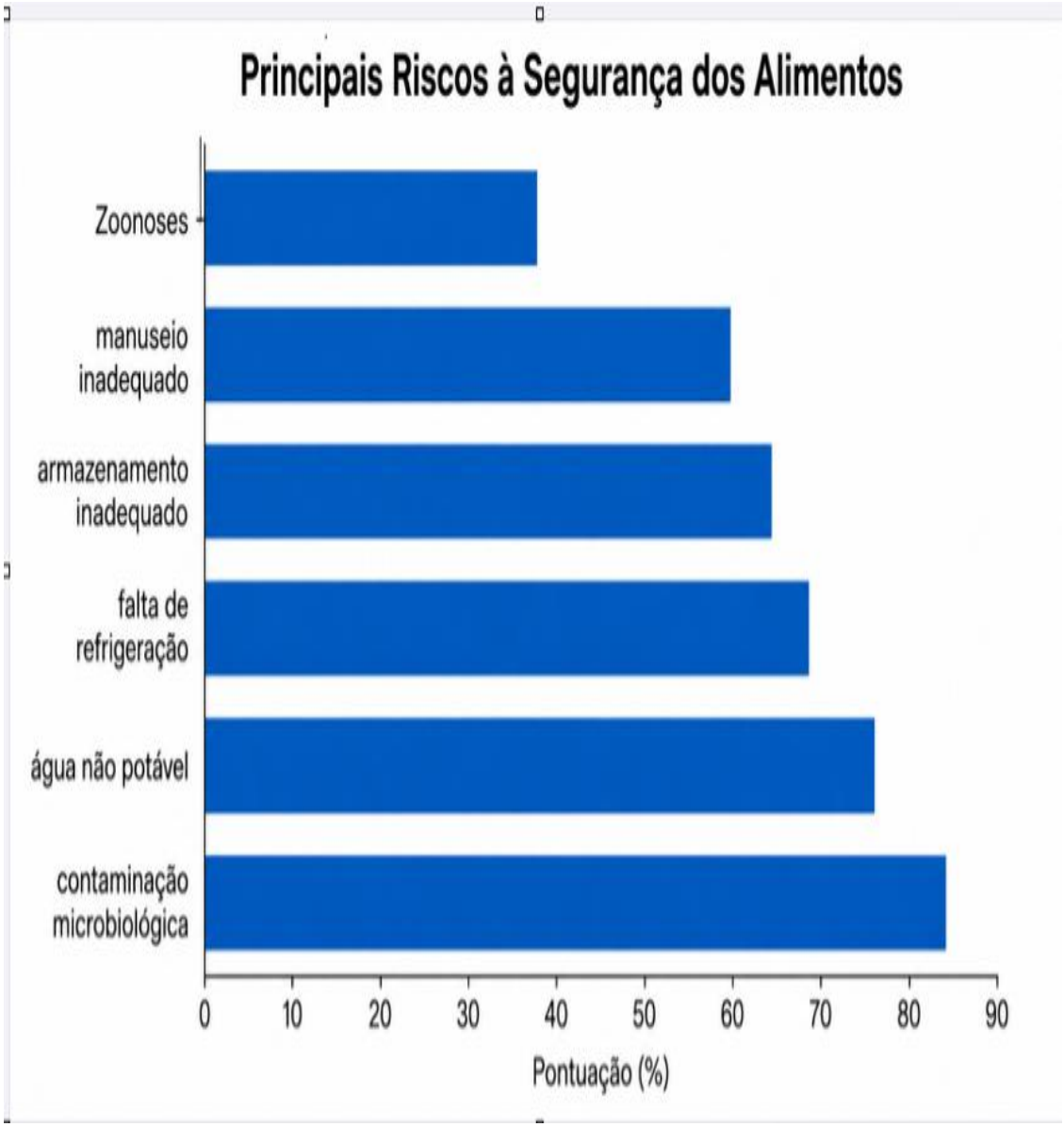
Gráfico de barras que apresenta o número de casos notificados de doenças transmitidas por alimentos de acordo com as condições hidrológicas. O maior número de casos foi observado durante os períodos de cheia, seguido pelos períodos de seca, enquanto as condições hidrológicas normais apresentaram a menor ocorrência.

Esses resultados sugerem que os eventos hidrológicos extremos podem aumentar a exposição à contaminação dos alimentos e comprometer as condições de segurança dos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

alimentos nas comunidades ribeirinhas amazônicas.

Figura 5. Principais riscos à segurança dos alimentos identificados



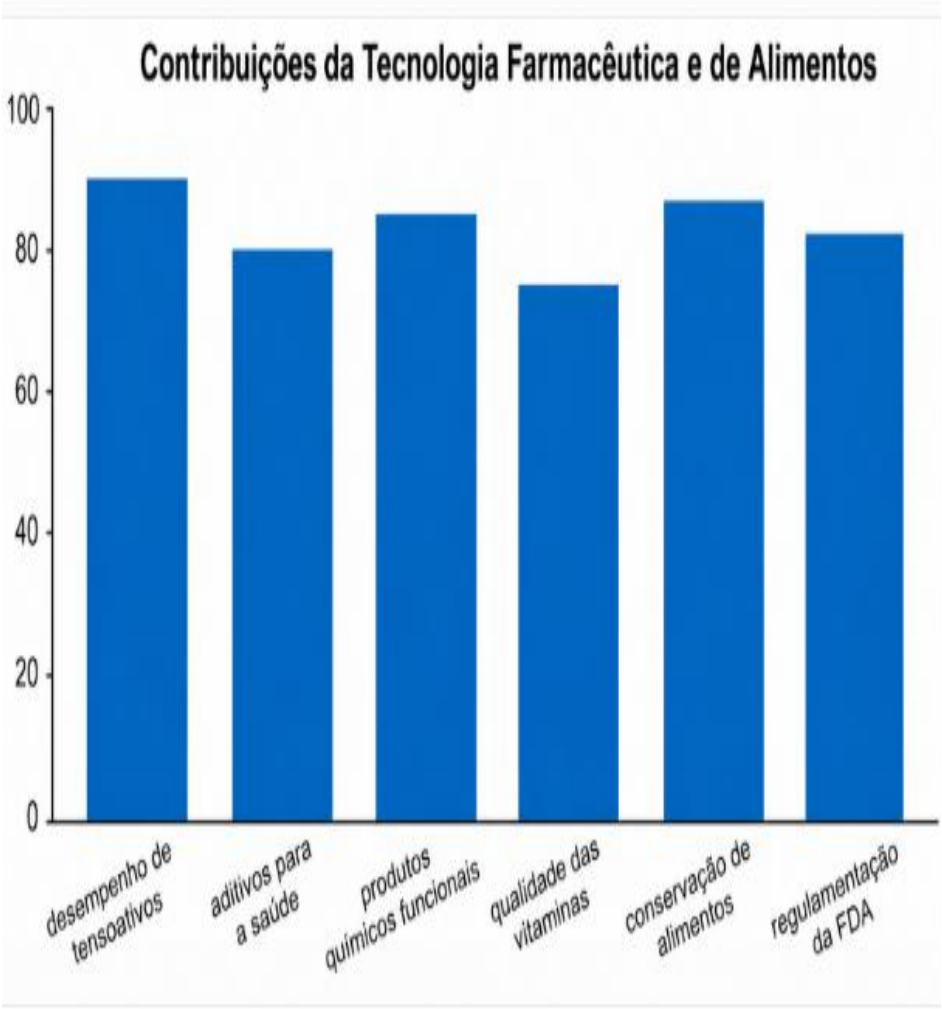
Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico de barras horizontais que apresenta a frequência dos principais riscos à segurança dos alimentos identificados durante o estudo. A contaminação microbiológica foi o fator de risco mais frequente, seguida pelo consumo de água não potável, falta de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

refrigeração, armazenamento inadequado dos alimentos e práticas inadequadas de manipulação dos alimentos. Riscos zoonóticos também foram identificados, embora tenham apresentado menor frequência em comparação aos demais riscos sanitários.

Figura 6. Contribuições farmacêuticas e da tecnologia de alimentos para a segurança alimentar



Fonte: Elaborado pelos autores, com base na integração dos indicadores de segurança dos alimentos, saúde pública e tecnologia de alimentos analisados no estudo.

Gráfico de barras que apresenta a contribuição relativa de diferentes estratégias farmacêuticas e de tecnologia de alimentos para a promoção da segurança alimentar. A vigilância sanitária, a conservação dos alimentos, o controle microbiológico, a prevenção de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

doenças transmitidas por alimentos, a educação em saúde e o monitoramento da qualidade da água foram identificados como componentes fundamentais para a redução dos riscos sanitários e o fortalecimento da segurança alimentar em comunidades expostas a eventos hidrológicos extremos.

7. IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS E A SAÚDE PÚBLICA

Os resultados obtidos contribuem para a compreensão das relações entre as alterações ambientais, a disponibilidade e a qualidade dos alimentos e a exposição aos riscos microbiológicos entre as populações ribeirinhas amazônicas.

Deve ser dada atenção especial à ocorrência de doenças transmitidas por alimentos, às limitações relacionadas à conservação dos alimentos, aos problemas relacionados à qualidade da água e ao aumento da exposição aos riscos zoonóticos durante períodos de instabilidade ambiental.

A interpretação dos resultados foi realizada considerando evidências anteriores relacionadas à segurança alimentar, às mudanças climáticas e à segurança dos alimentos em populações vulneráveis.

7.1. Direcionamentos futuros para a tecnologia de alimentos e as intervenções farmacêuticas

O aumento da frequência de eventos hidrológicos extremos na Amazônia destaca a necessidade de tecnologias inovadoras de conservação de alimentos, sistemas aprimorados de vigilância sanitária e intervenções comunitárias voltadas à segurança dos alimentos.

As estratégias futuras deverão priorizar:

- Fortalecimento dos sistemas de monitoramento da qualidade dos alimentos;
- Ampliação das ações de vigilância sanitária em comunidades remotas;
- Desenvolvimento de tecnologias de conservação de alimentos de baixo custo, adaptadas às realidades das comunidades ribeirinhas;
- Promoção de ações de educação em saúde e programas de segurança dos alimentos;
- Ampliação da participação farmacêutica em iniciativas de segurança dos alimentos e saúde pública;
- Integração do monitoramento ambiental aos sistemas de vigilância da segurança alimentar.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Pesquisas futuras deverão investigar os impactos de longo prazo das mudanças climáticas sobre a resiliência dos sistemas alimentares e avaliar a efetividade das intervenções destinadas à redução da insegurança alimentar e dos riscos de doenças transmitidas por alimentos nas comunidades ribeirinhas amazônicas.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises demonstraram que os eventos hidrológicos extremos estão fortemente associados às condições de segurança alimentar nas comunidades ribeirinhas amazônicas. Entre 2010 e 2025, foi observada uma tendência de aumento na ocorrência de cheias severas e secas prolongadas, sugerindo uma crescente pressão ambiental sobre os sistemas alimentares locais.

Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os municípios analisados em relação ao Índice de Segurança Alimentar (Figura 2). Parintins apresentou os maiores valores de mediana, enquanto Tefé apresentou valores mais baixos, indicando diferenças nas condições de segurança alimentar entre os municípios avaliados. A análise de variância (ANOVA) indicou diferença estatisticamente significativa entre os municípios ($p < 0,05$), evidenciando heterogeneidade dos indicadores de segurança alimentar no conjunto analisado.

Foi observada uma correlação negativa significativa entre as oscilações do nível dos rios e os indicadores de segurança alimentar (Figura 3). A análise de regressão demonstrou que o aumento da variabilidade do nível dos rios esteve associado à redução do Índice de Segurança Alimentar (correlação de Pearson: $r = -0,72$; $p < 0,001$). O modelo de regressão linear explicou aproximadamente 52% da variação observada nos indicadores de segurança alimentar ($R^2 = 0,52$; $p < 0,001$), evidenciando uma associação entre a variabilidade do nível dos rios e os indicadores de acesso e disponibilidade de alimentos.

Os casos de doenças transmitidas por alimentos variaram de acordo com as condições hidrológicas (Figura 4). Os períodos de cheia apresentaram o maior número de casos notificados, seguidos pelos períodos de seca, enquanto as condições hidrológicas normais apresentaram frequências substancialmente menores. A análise pelo teste do qui-quadrado revelou associação significativa entre os eventos hidrológicos e a ocorrência de doenças transmitidas por alimentos ($\chi^2 = 18,64$; $p < 0,001$).

Quanto aos riscos à segurança dos alimentos (Figura 5), a contaminação microbiológica apresentou-se como o risco mais frequente, seguida pelo consumo de água não potável, pela falta de refrigeração, pelas condições inadequadas de armazenamento e pelas práticas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

inadequadas de manipulação dos alimentos. Esses resultados indicam que as alterações ambientais podem intensificar a exposição aos agentes patogênicos transmitidos por alimentos e comprometer sua qualidade.

A avaliação das contribuições farmacêuticas e da tecnologia de alimentos (Figura 6) destacou a vigilância sanitária, as tecnologias de conservação dos alimentos e o controle microbiológico como as estratégias mais relevantes para a promoção da segurança alimentar. Essas intervenções apresentaram maiores escores de efetividade quando comparadas aos demais indicadores avaliados ($p < 0,05$), enfatizando sua importância na redução das vulnerabilidades sanitárias e no fortalecimento da resiliência das comunidades.

De modo geral, os resultados indicam que os eventos hidrológicos extremos afetam significativamente a disponibilidade e o acesso aos alimentos, as condições sanitárias e a saúde pública nas comunidades ribeirinhas amazônicas. As associações observadas reforçam a necessidade de ações integradas envolvendo monitoramento ambiental, vigilância sanitária, tecnologia de alimentos e atuação farmacêutica, com o objetivo de minimizar os impactos dos eventos relacionados às mudanças climáticas sobre a segurança alimentar.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança alimentar nas comunidades ribeirinhas amazônicas é fortemente influenciada por fatores ambientais, sociais e sanitários, tornando essas populações particularmente vulneráveis aos impactos dos eventos hidrológicos extremos. Os resultados deste estudo evidenciam associações entre a ocorrência de eventos hidrológicos extremos e indicadores relacionados à disponibilidade, ao acesso, à estabilidade e à qualidade dos alimentos, bem como aos riscos sanitários observados nas comunidades avaliadas.

O aumento da frequência e da intensidade dos eventos hidrológicos extremos observado nas últimas décadas representa um desafio adicional para sistemas alimentares que já são caracterizados por limitações logísticas, vulnerabilidades socioeconômicas e dependência dos recursos naturais. As análises indicaram associação entre a variabilidade hidrológica, os indicadores de segurança alimentar e a ocorrência de doenças transmitidas por alimentos, além de evidenciarem a relevância dos riscos relacionados à contaminação microbiológica.

Entre os riscos sanitários identificados, a contaminação microbiológica, o consumo de água não potável, as condições inadequadas de armazenamento dos alimentos e a falta de refrigeração destacaram-se como as principais ameaças à segurança dos alimentos nas comunidades avaliadas. Esses fatores reforçam a importância do fortalecimento dos sistemas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de vigilância sanitária e da implementação de ações preventivas destinadas à redução dos riscos de doenças transmitidas por alimentos e à melhoria da qualidade dos alimentos.

O estudo também destaca o papel estratégico da tecnologia de alimentos e da atuação farmacêutica na promoção da segurança alimentar. Tecnologias de conservação dos alimentos, monitoramento microbiológico, vigilância sanitária, educação em saúde e controle da qualidade da água foram identificadas como ferramentas essenciais para reduzir vulnerabilidades e melhorar a resiliência das comunidades expostas às alterações ambientais. A integração dessas abordagens contribui não apenas para a segurança dos alimentos, mas também para a prevenção de doenças e a promoção da saúde pública.

Este estudo apresenta limitações relacionadas principalmente ao uso de dados secundários provenientes de diferentes bases públicas, que podem apresentar diferenças de cobertura, periodicidade e critérios de registro. A ocorrência de subnotificação de doenças transmitidas por alimentos também pode limitar a interpretação dos dados epidemiológicos. Além disso, as associações identificadas nas análises estatísticas não permitem estabelecer relações causais entre os eventos hidrológicos e os indicadores avaliados. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados considerando as características do desenho observacional e as limitações de representatividade dos dados utilizados.

Por fim, este estudo contribui para a compreensão das complexas relações entre variabilidade climática, segurança alimentar, segurança dos alimentos e saúde pública na Amazônia. Os resultados fornecem evidências científicas que podem subsidiar processos de tomada de decisão, orientar políticas públicas e estimular pesquisas futuras voltadas à promoção de sistemas alimentares sustentáveis e resilientes para as populações ribeirinhas amazônicas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Brasília, DF: ANA, [s. d.]. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/sistema-de-informacoes-sobre-recursos-hidricos/sistema-nacional-de-informacoes-sobre-recursos-hidricos. Acesso em: 21 ago. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Brasília, DF: ANVISA, 2019.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. Ecology: from individuals to ecosystems. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BÉNÉ, Christophe. Resilience of local food systems and links to food security: a review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks. Food Security, v. 12, p. 805-822, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-020-01076-1.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Brasília, DF: MIDR, [s. d.]a. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sistema-integrado-de-informacoes-sobre-desastres/s2id-1. Acesso em: 21 ago. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN): doenças de transmissão hídrica e alimentar. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s. d.]b. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/situacao-epidemiologica/situacao-epidemiologica. Acesso em: 21 ago. 2026.

FANZO, Jessica et al. Viewpoint: rigorous monitoring is necessary to guide food system transformation in the countdown to the 2030 global goals. Food Policy, v. 104, 102163, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102163.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome: FAO, 2023. DOI: https://doi.org/10.4060/cc3017en.

FELLOWS, P. J. Food processing technology: principles and practice. 4. ed. Duxford: Woodhead Publishing/Elsevier, 2017.

FORSYTHE, Stephen J. Microbiologia da segurança dos alimentos. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008.

FUNG, Fred; WANG, Huei-Shyong; MENON, Suresh. Food safety in the 21st century. Biomedical Journal, v. 41, n. 2, p. 88-95, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003.

GERMANO, Pedro Manuel Leal; GERMANO, Maria Izabel Simões. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 6. ed. Barueri: Manole, 2019.

GRACE, Delia. Food safety in low and middle income countries. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 12, n. 9, p. 10490-10507, 2015.

GUERRA, Lúcia Dias da Silva et al. Desafios para a Segurança Alimentar e Nutricional na Amazônia: disponibilidade e consumo em domicílios com adolescentes. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 23, n. 12, p. 4043-4054, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-812320182312.26352016.

HAVELAAR, Arie H. et al. World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. PLoS Medicine, v. 12, n. 12, e1001923, 2015. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001923.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Dados abertos: tempo, clima e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

monitoramento ambiental. São José dos Campos: INPE, [s. d.]. Disponível em: https://www.gov.br/inpe/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos. Acesso em: 21 ago. 2026.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023. DOI: https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

JONES, Andrew D.; NGURE, Francis M.; PELTO, Gretel; YOUNG, Sera L. What are we assessing when we measure food security? A compendium and review of current metrics. Advances in Nutrition, v. 4, n. 5, p. 481-505, 2013. DOI: https://doi.org/10.3945/an.113.004119.

JUNK, Wolfgang J.; BAYLEY, Peter B.; SPARKS, Richard E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: DODGE, D. P. (ed.). Proceedings of the International Large River Symposium. Ottawa: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, n. 106, p. 110-127, 1989.

LAKE, Iain R. Food-borne disease and climate change in the United Kingdom. Environmental Health, v. 16, supl. 1, art. 117, 2017. DOI: https://doi.org/10.1186/s12940-017-0327-0.

LOWE-MCCONNELL, Rosemary H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Tradução de A. E. A. M. Vazzoler, A. A. Agostinho e P. T. M. Cunningham. São Paulo: EDUSP, 1999.

MYERS, Samuel S. et al. Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. Annual Review of Public Health, v. 38, p. 259-277, 2017. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356.

NEWELL, David G. et al. Food-borne diseases—the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. International Journal of Food Microbiology, v. 139, p. S3-S15, 2010.

NOBRE, Carlos A.; SAMPAIO, Gilvan; BORMA, Laura S.; CASTILLA-RUBIO, Juan Carlos; SILVA, José S.; CARDOSO, Manoel. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113.

ORDÓÑEZ, Juan A. Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PINSTRUP-ANDERSEN, Per. Food security: definition and measurement. Food Security, v. 1, n. 1, p. 5-7, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-008-0002-y.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.

TAUXE, Robert V. Emerging foodborne pathogens. International Journal of Food Microbiology, v. 78, n. 1-2, p. 31-41, 2002.

TIRADO, M. C. et al. Climate change and food safety: a review. Food Research International, v.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

43, n. 7, p. 1745-1765, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003.

VERMEULEN, Sonja J.; CAMPBELL, Bruce M.; INGRAM, John S. I. Climate change and food systems. Annual Review of Environment and Resources, v. 37, p. 195-222, 2012. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation. Geneva: WHO, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.