

METODOLOGIA DO FLUXO LTBT NA ANÁLISE DA CFEM E DA GESTÃO TERRITORIAL: PROPOSTA E APLICAÇÃO AO CIRCUITO DO CAULIM EM VITÓRIA DO JARI (AP)

LTBT FLOW METHODOLOGY IN THE ANALYSIS OF CFEM AND TERRITORIAL MANAGEMENT: PROPOSAL AND APPLICATION TO THE KAOLIN CIRCUIT IN VITÓRIA DO JARI (AP)

Kevin Delinsk Bomfim Stadler

Aluno de Graduação de Física 6º período
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: setembro de 2025 a janeiro de 2027
kstadler.fis@ufrj.br

Fábio Giusti Azevedo de Britto

Orientador, formação acadêmica, D.Sc.
COPTM/CETEM
fgbritto@cetem.gov.br

Luciana Marelli Mofati

Coorientadora, Geógrafa, D.Sc.
Bolsista PCI-DA
lumofati@gmail.com

RESUMO

A mineração é um vetor econômico relevante no Brasil, mas gera externalidades socioambientais que extrapolam os limites dos municípios produtores. Para amenizar esses impactos, a Lei nº 13.540/2017 incluiu municípios afetados por infraestruturas de logística e transporte no rateio da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Contudo, persistem lacunas na delimitação objetiva dessas áreas no espaço geográfico. Este trabalho objetiva propor e aplicar a metodologia do Fluxo LTBT (Lavra, Transporte, Beneficiamento e Transformação) como um modelo de auditoria territorial do circuito produtivo mineral. Baseando-se em pesquisa exploratória e estudo de caso do caulim em Vitória do Jari (AP), operado pela CADAM S.A., o modelo revelou a fragmentação espacial entre a lavra amapaense e o beneficiamento e escoamento no Pará. Essa dispersão gera desafios na repartição fiscal da CFEM e expõe Vitória do Jari a expressivos passivos ambientais e déficits estruturais, apesar do repasse de R\$ 43,76 milhões acumulados entre 2010 e 2024. Conclui-se que o modelo LTBT é eficaz para mapear desconexões territoriais e balizar a governança tributária. Adicionalmente, destaca-se que o aproveitamento tecnológico de rejeitos caulínicos para sintetizar zeólitas e metacaulim surge como alternativa promissora para converter passivos em ativos sustentáveis no Vale do Jari.

Palavras chave: Mineração; CFEM; caulim; logística mineral; fluxo LTBT.

ABSTRACT

Mining is a significant economic driver in Brazil, yet it generates socio-environmental externalities that extend beyond the borders of producing municipalities. To mitigate these impacts, Law No. 13,540/2017 included municipalities affected by logistic and transport infrastructure in the distribution of the Financial Compensation for the Exploitation of Mineral Resources (CFEM). However, gaps persist in the objective spatial delineation of these areas. This study aims to propose and apply the LTBT Flow (Extraction, Transport, Processing, and Transformation) methodology as a territorial audit model for the mineral production chain. Based on exploratory research and a case study of kaolin in Vitória do Jari (AP), operated by

CADAM S.A., the model revealed the spatial fragmentation between extraction in Amapá and processing and shipping in Pará. This dispersion creates challenges in the fiscal distribution of the CFEM and exposes Vitória do Jari to significant environmental liabilities and structural deficits, despite cumulative transfers of R\$ 43.76 million between 2010 and 2024. It is concluded that the LTBT model is effective for mapping territorial disconnections and guiding tax governance. Additionally, it is highlighted that the technological reuse of kaolin tailings to synthesize zeolites and metakaolin emerges as a promising alternative to convert liabilities into sustainable assets in the Jari Valley.

Keywords: Mining, CFEM, kaolin, mineral logistic; LTBT flow.

1. INTRODUÇÃO

A atividade minerária figura como um dos vetores estruturantes da economia brasileira exercendo papel determinante na arrecadação fiscal e no desenvolvimento socioeconômico regional. Não obstante sua relevância econômica, a exploração de recursos minerais deflagra repercussões de ordem ambiental, social, logística e territorial que transpassam as fronteiras administrativas do município minerador. Visando a mitigação financeira dessas externalidades, a Constituição Federal de 1988 instituiu a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) - posteriormente normatizada pelas Leis nº 7.990/1989 e nº 8.001/1990 e substancialmente reformulada pela Lei nº 13.540/2017. O principal avanço decorrente desta revisão legislativa constitui a incorporação dos “municípios afetados pela atividade de mineração”, chancelando o reconhecimento de que localidades não produtoras integram a cadeia de valor mineral ao sediarem etapas de transporte (ferrovias e minerodutos) ou ao suportarem o desgaste da infraestrutura logística (operações portuárias de escoamento, instalações de beneficiamento industrial e estruturas de disposição de rejeitos). Contudo, persistem lacunas metodológicas no que tange à delimitação objetiva dos entes federativos efetivamente impactados. Embora o arcabouço normativo estabeleça balizas para o rateio dos recursos da CFEM, carece-se de um instrumental analítico capaz de contemplar, de maneira sistêmica, as articulações da cadeia produtiva mineral e suas respectivas reflexões no espaço geográfico (ANM, 2024). No caso do caulim explorado na bacia do Rio Jari, a extração mineral ocorre no município de Vitória do Jari (Amapá), enquanto o transporte minerodutoviário, o beneficiamento e a infraestrutura portuária situam-se em Munguba (Distrito de Almeirim, Pará). Essa dinâmica fracionada expõe o município produtor primário aos passivos ambientais e territoriais da lavra (ex.: barragens de rejeitos e pressão sobre infraestruturas urbanas), enquanto parte expressiva das etapas industriais e de agregação de valor ocorre além de suas fronteiras estaduais e municipais. Para conferir transparência e rigor analítico a esse ecossistema tributário e logístico, faz-se necessária a aplicação de ferramentas metodológicas integradas. Assim, este trabalho propõe uma abordagem alicerçada no Fluxo LTBT (Lavra/Produção, Transporte, Beneficiamento e Transformação), com a premissa de que a mineração se estrutura como uma rede cujas fases operacionais se dispersam espacialmente. Ao sistematizar tais etapas sob a perspectiva de um fluxo contínuo, viabiliza-se a apreensão dos vetores de propagação das externalidades no território, bem como a identificação dos atores e espaços submetidos às especificidades de cada etapa produtiva. Para validar a execução do modelo proposto, adota-se como estudo de caso o município de Vitória do Jari, situado no estado do Amapá, no qual o circuito espacial produtivo do caulim sintetiza uma cadeia integrada de articulação entre extração, beneficiamento e escoamento.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia do Fluxo LTBT para a análise espacial sistemática do trajeto do Caulim oriundo do município de Vitória do Jari, bem como do impacto econômico e fiscal em municípios mineradores, estabelecendo um modelo de auditoria territorial que auxilie na compreensão do impacto e na avaliação da distribuição da CFEM para municípios afetados por infraestrutura logística e portuária.

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa, fundamentada nos procedimentos da pesquisa bibliográfica e da análise documental dividida em três fases principais:

- Fase 1: Concepção Teórica do Fluxo LTBT
- Fase 2: Coleta de Dados e Caracterização Territorial
- Fase 3: Análise Integrada e Estudo de Caso

3.1. Concepção Teórica da Metodologia do Fluxo LTBT

A metodologia do Fluxo LTBT (Lavra/Produção, Transporte, Beneficiamento e Transformação) foi desenvolvida pelo Núcleo de Estudos Território e Mineração (NETMin), do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI). Trata-se de uma abordagem desenhada para apoiar a gestão territorial, o planejamento público e a formulação de políticas econômicas e socioambientais no que tange às regiões sob influência das atividades minerárias, com a finalidade central de compreender as implicações logísticas da cadeia produtiva e prover uma visão sistêmica da cadeia de valor dos minerais industriais. Para cumprir esse propósito, a metodologia decompõe a cadeia produtiva mineral em quatro nós analíticos encadeados:

Lavra/Produção: Mapeamento do ponto de extração do minério bruto (run of mine - ROM)

Transporte: Identificação dos modais logísticos de escoamento (minerodutos, rodovias, ferrovias e vias fluviais) e das zonas territoriais cortadas pela infraestrutura.

Beneficiamento: Mapeamento das unidades físicas/químicas de processamento mineral e geração de rejeitos.

Transformação: Análise dos elos de consumo industrial, agregação de valor local/regional e potencial de economia circular.

3.2. Coleta de Dados

Para a base de dados, foi realizado o enquadramento legal através do inventário e a análise do arcabouço normativo regulatório da CFEM, contemplando a Constituição Federal de 1988, as Leis nº 7.990/1989, nº 8.001/1990 e nº 13.540/2017, além dos atos normativos expedidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM) pertinentes à distribuição da receita arrecadada. Adicionalmente, como bases de dados secundárias, realizou-se a análise dos dados do Anuário Mineral Brasileiro (ANM) e dados do IBGE. Paralelamente, foi feita a revisão documental de informações de mercado publicadas na Brasil Mineral sobre a empresa KaMin LLC / CADAM S.A, além de ações do Ministério Público do Estado do Amapá (MP-AP) e do Informativo Vitória do Jari - Amapá (GIUSTI et al., 2026).

3.3. Estudo de Caso

A metodologia foi aplicada ao estudo empírico do circuito espacial produtivo do caulim no município de Vitória do Jari (AP). Para tanto, a partir dos dados respectivos ao desenvolvimento socioeconômico do município, além do uso e dotação mineral do Caulim (GIUSTI et al. 2026) e bases de dados da Brasil Mineral, bem como de informações da própria empresa (KaMin/CADAM) foi possível mapear as rotas logísticas, os nós de beneficiamento e os vetores de destinação da produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como principal contribuição analítica desta investigação, apresenta-se o construto metodológico denominado Fluxo LTBT, fundamentado na articulação sistêmica de quatro dimensões operacionais do circuito mineral: Lavra/Produção, Transporte, Beneficiamento e Transformação. Em contraposição às abordagens convencionais – historicamente restritas ao locus da extração –, o modelo proposto apreende a mineração sob a ótica de um sistema territorial integrado, no qual os diferentes entes municipais desempenham funções especializadas no âmbito da divisão territorial do trabalho.

4.1. Panorama Socioeconômico e Territorial de Vitória do Jari (AP)

O município de Vitória do Jari situa-se no extremo sul do Estado do Amapá. Com área territorial de aproximadamente 2.508,98 km² e população recenseada de 11.291 habitantes (2022) (estimada em 11.899 em 2025), o município apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,619, abaixo da capital Macapá (0,733).

Tabela 1: Comparativo socioeconômico de Vitória do Jari com a capital do estado Macapá.

Indicador Socioeconômico	Vitória do Jari (AP)	Macapá (Capital)
População (2022)	11.291 pessoas	442.933 pessoas
PIB per capita (2023)	R\$ 26.884,18	R\$ 41.701,25
Rendimento nominal mensal per capita de até ½ salário mínimo (2010)	51,2%	39,0%
Esgotamento Sanitário (2022)	5,47%	15,52%
Urbanização de Vias Públicas (2010)	0%	8,8%

Fonte: IBGE Cidades, 2026.

A economia local é caracterizada por forte dependência do funcionalismo público local e de empregos na indústria vizinha de celulose (Jari Celulose, em Monte Dourado/PA), além de cooperativas extrativistas (açaí, castanha-do-pará e madeira manejada) (Governo do Estado do Amapá, 2026). O município abriga também a Reserva Extrativista do Rio Cajari, cobrindo cerca de 16% de seu território no setor norte (ICMBio).

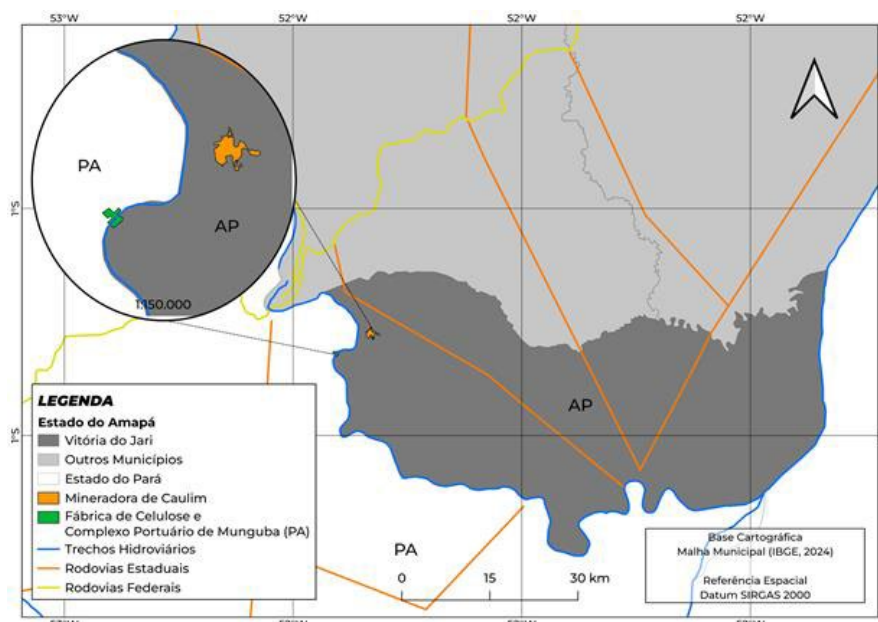
4.2. Aplicação do Fluxo LTBT

A empresa regente do circuito do caulim na região é a CADAM S.A. Em 2012, a Vale S.A. alienou sua participação de 61,5% na CADAM S.A. para a estadunidense KaMin LLC pelo valor de US\$ 30,1 milhões (Vale, 2012). A Aplicação do modelo LTBT ao caso revela a seguinte configuração espacial e operacional.

Tabela 2: Matriz do fluxo LTBT aplicado ao caulim em Vitória do Jari (AP).

Etapas LTBT	Infraestrutura / Atores Associados	Escopo Geográfico / Operacional
Lavra / Produção	Mina Morro do Felipe / KaMin/CADAM	Localizada em Vitória do Jari, tem capacidade de 1,6Mt/ano de ROM
Transporte	Mineroduto / KaMin/CADAM	Executa a travessia interestadual (Amapá - Pará) com escoamento em polpa por tubulação de 5,8km de extensão.
Beneficiamento	Usina / KaMin/CADAM	Planta de beneficiamento em Vila Munguba (Almeirim/PA) com capacidade de 700 mil t/ano, onde também está localizado o complexo portuário marítimo-fluvial.
Transformação	Mercado Global	Direcionado predominantemente ao mercado de revestimento de papel (couché), tintas, borrachas e plásticos.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Brasil Mineral e KaMin/CADAM.



Fonte: Vitória do Jari, Amapá: informativo, CETEM/NETMin, 2026.

Figura 1: Mapa de localização da mineradora CADAM S.A., fábrica de papel e complexo portuário.

4.3. CFEM

A base de cálculo da CFEM incide sobre o faturamento líquido da venda do produto mineral. A alíquota é distribuída conforme os seguintes percentuais regulamentados pela Lei nº 13.540/2017: 7% para a Agência Nacional de Mineração (ANM); 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); 1,8% para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM); 0,2% para o IBAMA; 15% para o Estado onde ocorre a produção; 60% para o Município onde ocorre a produção; 15% para Municípios afetados pela atividade mineral (quando a produção não ocorre em seu território). Caso o município possua direito ao repasse

simultaneamente como produtor e afetado, prevalece o critério que lhe conceder o maior valor financeiro. No circuito da CADAM S.A., a separação entre a Mina Morro do Felipe (Vitória do Jari/AP) e a Usina de Beneficiamento/Porto de Munguba (Almeirim/PA) levantou intensos debates jurídicos e fiscais. Como a extração bruta (Lavra) ocorre em Vitória do Jari (AP), o município possui direito à cota de 60% como município produtor. Contudo, devido a disputas sobre o ponto de ocorrência do faturamento líquido e ao transporte via mineroduto para outro estado, o Ministério Público do Estado do Amapá (MP-AP) passou a acompanhar a devida distribuição dos valores arrecadados pela ANM. Apesar de ser o segundo maior município beneficiado pela CFEM da substância caulim no Brasil entre 2010 e 2024 (atrás apenas de Ipixuna do Pará/PA) com uma arrecadação de R\$43,76mi (ANM, 2026), Vitória do Jari sofre com a fragilidade na gestão pública e na aplicação dessas receitas (MP-AP). O Tribunal de Contas do Estado do Amapá (TCE-AP) apontou recorrentes falhas na governança e na transparência do uso desses recursos pelo poder público municipal.

4.4. Riscos Socioambientais e Oportunidades de Agregação de Valor

A extração mineral e as etapas iniciais de beneficiamento do caulim demandam intensa alteração da paisagem e supressão vegetal, além do manejo de grandes volumes de rejeitos sólidos e efluentes do processo de lavagem e purificação (LUZ et al., 2008). A gestão contínua desses rejeitos caulíníticos constitui um passivo socioambiental permanente no território, demandando monitoramento constante quanto à qualidade dos recursos hídricos e da cobertura vegetal nas áreas do entorno da bacia do Rio Jari. O município também apresenta 0% de vias urbanizadas e apenas 5,47% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2022). Além disso, episódios recorrentes de cheias no Rio Jari afetam desproporcionalmente populações vulneráveis (com 56% dos lares em áreas de risco chefiadas por mulheres)(PRUDÊNCIO et al., 2025). A vocação mineral do caulim não deve se limitar à exportação de matéria-prima bruta ou purificada. Há um vasto potencial tecnológico para a síntese de zeólitas (especialmente Zeólita A/NaA) a partir da calcinação de rejeitos caulíníticos da Mina do Jari e tratamento hidrotérmico alcalino (SILVA FILHO et al., 2015). As zeólitas possuem alto valor agregado e aplicação no tratamento de efluentes, adsorção de metais pesados e despoluição ambiental (MAIA et al., 2015). Outras rotas incluem o desenvolvimento de metacaulim para cimentos de baixa pegada de carbono e cerâmica vermelha (tijolos, telhas e revestimentos) (GIUSTI et al., 2026).

5. CONCLUSÕES

A metodologia do Fluxo LTBT demonstrou ser um instrumento conceitual e analítico eficaz para mapear as desconexões territoriais entre a extração (Lavra), a logística (Transporte), o beneficiamento (Beneficiamento) e a agregação de valor (Transformação) na mineração brasileira. Analisando a cidade de Vitória do Jari (AP), percebe-se que, embora o município receba repasses expressivos da CFEM por sediar a Mina Morro do Felipe (CADAM/KaMin), o retorno em termos de qualidade de vida, infraestrutura básica e saneamento é criticamente baixo. A verticalização produtiva regional, com apoio a estudos tecnológicos de aproveitamento dos rejeitos de caulim para a fabricação de zeólitas, metacaulim, bem como produtos finais de papel revestido, tijolos e telhas pode representar o caminho mais promissor para transformar o passivo socioambiental em ativos econômicos de longo prazo para o Vale do Jari.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através da bolsa de iniciação científica, que foi fundamental para a realização deste estudo. Agradeço aos pesquisadores, Fábio Giusti e Luciana Mofati pelas orientações para o respectivo trabalho. Por fim, gostaria de agradecer aos pesquisadores do NetMin pela colaboração.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). Anuário Mineral Brasileiro. Brasília, DF: ANM, 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). Guia fácil CFEM: municípios afetados. Brasília, DF: ANM, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudos/manuais-e-procedimentos/guia-facil-cfem_municipios-afetados.pdf. Acesso em: 18 jul. 2026.

AMAPÁ (Estado). Governo do Estado do Amapá. Vitória do Jari. Macapá: Governo do Amapá, 2026. Disponível em: <https://cidades.portal.ap.gov.br/conteudo/municipios/vitoria-do-jari>. Acesso em: 15 jul. 2026.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Institui a compensação financeira pelo resultado da exploração de recursos minerais. Brasília, DF: Presidência da República, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17990.htm. Acesso em: 15 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Define os percentuais da distribuição da compensação financeira... Brasília, DF: Presidência da República, 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18001.htm. Acesso em: 15 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis nºs 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990... Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113540.htm. Acesso em: 15 jul. 2026.

BRASIL MINERAL. Cadam. São Paulo: Brasil Mineral, 2025. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/maiores/cadam>. Acesso em: 15 jul. 2026.

GIUSTI, Fábio A. B. et. al. Vitória do Jari, Amapá: informativo. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2026. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/3022>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama: Vitória do Jari. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/vitoria-do-jari/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2026.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Plano de manejo da Reserva Extrativista do Rio Cajari. Brasília, DF: ICMBio, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/resex-do-rio-cajari/arquivos/pm_resex_rio_cajari_versao_final-1.pdf. Acesso em: 18 jul. 2026.

KAMIN LLC. América Latina. [S. l.]: KaMin, [s.d.]. Disponível em: <https://www.kamin.com/pt/company/latin-america>. Acesso em: 15 jul. 2026.

LUZ, A. B.; Campos, A. R.; Carvalho, E. A.; Bertolino, L. C.; Scorzelli, R. B. Argila - Caulim. In: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 255-294.

MAIA, Ana A. B. et al. Utilização de rejeito de caulim da Amazônia na síntese de zeólita A. *Cerâmica*, São Paulo, v. 53, n. 237, p. 319-324, set. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132007000300017>

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO AMAPÁ (MPAP). MP-AP visita mineradora e debate compensação financeira pela exploração de recursos minerais em Vitória do Jari. Macapá: MPAP, 2020. Disponível em: <https://mpap.mp.br/noticias/gerais/mp-ap-visita-mineradora-e-debate-compensacao-financeira-pela-exploracao-de-recursos-minerais-em-vitoria-do-jari>. Acesso em: 29 jul. 2026.

PRUDÊNCIO, Maria Clara et al. Vitória do Jari, no sul do Amapá, expõe desigualdade climática com mulheres chefiando casas em áreas de risco. *InfoAmazonia*, 3 jul. 2025. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2025/07/03/vitoria-do-jari-no-sul-do-amapa-expoe-desigualdade-climatica-com-mulheres-chefiando-casas-em-areas-de-risco/>. Acesso em: 29 jul. 2026.

SILVA FILHO, Severino H. da. et al. Síntese da Zeólita A com elevado grau de ordem estrutural a partir de um rejeito de caulim da região do Jari, *Perspectiva*, Erechim, v. 39, n. 147, p. 67-72, set. 2015.