

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Novo contorno do arco do desmatamento: A Gestão de Áreas Protegidas pode mitigar o risco a Povos Indígenas Isolados?

Daniel Figueiredo Silva, Ubirajara Oliveira, Daniel Cangussu, Maria Auxiliadora Drumond

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.18172>

Submetido em: 2026-09-28

Postado em: 2026-09-30 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

A moderação deste preprint recebeu o(s) endosso(s) de:

- Laura Furquim (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8425-3125>)
- Britaldo Silveira Soares Filho (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7703-946X>)

NOVO CONTORNO DO ARCO DO DESMATAMENTO: A Gestão de Áreas Protegidas pode mitigar o risco a Povos Indígenas Isolados?

THE NEW CONTOUR OF THE ARC OF DEFORESTATION: Can Protected Area Management Mitigate Risk to Isolated Indigenous Peoples?

Daniel Fernandes de Figueiredo Silva¹, Ubirajara Oliveira², Daniel Rocha Cangussu Alves³, Maria Auxiliadora Drumond⁴

¹ Frente de Proteção Etnoambiental Madeira, Coordenação-Geral de Índigenas Isolados e de Recente Contato, Fundação Nacional dos Povos Indígenas (Funai), Porto Velho, Rondônia, Brasil. <https://orcid.org/0009-0001-5221-7768>

² Centro de Sensoriamento Remoto, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-4877-5414>

³ Frente de Proteção Etnoambiental Madeira, Coordenação-Geral de Índigenas Isolados e de Recente Contato, Fundação Nacional dos Povos Indígenas (Funai), Porto Velho, Rondônia, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5744-6319>

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-0677-6673>

RESUMO

Os Povos Indígenas Isolados da Amazônia vivem sob pressão crescente. Localizá-los e defender seus territórios depende de expedições caras e arriscadas e de decisões de gestão que raramente contam com evidência espacial. Um Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados (IRPII) reúne quinze vetores de pressão territorial, sintetizados por Análise de Principais Componentes, e pergunta se a gestão de áreas protegidas pode conter a ameaça. Um modelo espacial autorregressivo combinado (SAC) mede a relação entre o IRPII e atributos de gestão de Unidades de Conservação (UC). O que protege não é a categoria da Unidade de Conservação, mas a qualidade da gestão e a sobreposição com Terras Indígenas. A alocação de recursos é reativa, só as UCs mais ameaçadas são apoiadas. A modelagem espacial instrumentaliza a gestão de áreas protegidas e confere base empírica à política indigenista brasileira.

Palavras-chave: Povos Indígenas Isolados; Análise de Principais Componentes; Gestão de Áreas Protegidas; Amazônia.

ABSTRACT

Isolated Indigenous Peoples in the Amazon live under mounting pressure. Locating them and defending their territories depends on costly, high-risk expeditions and on management decisions that rarely draw on spatial evidence. A Risk Index for Isolated Indigenous Peoples (IRPII) combines fifteen drivers of territorial pressure, synthesized through Principal Component Analysis, and asks whether protected area management can contain the threat. A spatial autoregressive combined (SAC) model measures the relationship between the IRPII and management attributes of Conservation Units (UCs). Protection depends not on the category of the Conservation Unit but on management quality and overlap with Indigenous Lands. Resource allocation is reactive: only the most threatened UCs receive support. Spatial modeling provides an instrument for protected area management and an empirical basis for Brazilian Indigenous policy.

Key-words: Isolated Indigenous Peoples, Principal Component Analysis, Protected Area Management, Amazon

1 Introdução

A bacia Amazônica é uma paisagem historicamente moldada e ocupada por sociedades indígenas (Levis et al., 2018). Estima-se que mais de oito milhões de pessoas, falando quase mil línguas, ocupavam a região antes de 1492; séculos de massacres, epidemias e expropriação reduziram essas populações a uma fração (Clement et al., 2015; Pagliaro; Azevedo; Santos, 2005). O avanço predatório da fronteira econômica, iniciado no Brasil colônia, continua impondo pressões à sociobiodiversidade. É nesse contexto que o isolamento dos Povos Indígenas surge como estratégia de sobrevivência (Cangussu, 2026).

A Amazônia brasileira abriga a maior quantidade de Povos Indígenas Isolados (PII) no mundo, formando um arquipélago de diversidade cultural em um oceano de pressões territoriais. A decisão de isolamento perpassa por séculos de interação e sobrevivência a episódios traumáticos, e deve ser vista como um processo pendular, em constante mudança, não como um fato permanente (Cangussu, 2021, 2026). Essas populações preservam formas de organização social, culturais e econômicas tradicionais, fundamentadas em um profundo relacionamento com seus territórios ancestrais.

O Arco do Desmatamento é uma faixa em forma de crescente ao longo das bordas sul e leste da bacia Amazônica, onde as taxas de conversão florestal são mais altas. Estende-se de Paragominas, no Pará, a Rio Branco, no Acre, impulsionado pela abertura da Transamazônica, da BR-163 e da BR-319 e por créditos agrícolas subsidiados durante a ditadura (Fearnside, 2005; Nepstad et al., 1999).

O avanço do Arco acelerou na última década, com Amazonas, Acre e Rondônia como nova fronteira agropecuária (Goebel et al., 2025). Durante o Governo Bolsonaro, o desmatamento no interior das terras de PII chegou a quadruplicar entre 2019 e 2022, aumento de 308% em relação à média dos quatro anos anteriores (Aparicio et al., 2026)

Atualmente, existem 124 Registros de PII (RPII) no Brasil, ocupando 58 Terras Indígenas (TIs), todas contidas no Bioma Amazônico. Trata-se de um banco de dados historiográfico, representado por meio de uma malha de pontos, que integra o trabalho de instituições governamentais e associações civis (organizações não-governamentais), como o Conselho Indigenista Missionário (CIMI) e o Instituto Socioambiental (ISA). (Loebens; Neves, 2011; Ricardo; Gongora, 2019).

A proteção desses povos apoia-se em uma hierarquia normativa que vai do internacional ao local. A Constituição Federal de 1988, art. 231, assegura aos indígenas sua organização social, costumes, línguas e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam; a Convenção nº 169 da OIT reconhece a autodeterminação sobre seus modos de vida e o direito à consulta livre, prévia e informada (Organização Internacional do Trabalho, 1989).

Até o fim da década de 1980, a política indigenista operava por tutela, atração e contato forçado, prática que introduziu epidemias fatais em povos sem imunidade adquirida. A Portaria nº 1.901/1987 inverteu essa lógica ao definir o isolamento como premissa da proteção, inaugurando a Política do Não-Contato (Cangussu, 2021; Ricardo; Gongora, 2019).

A legislação condiciona a demarcação de uma Terra Indígena de PII à qualificação feita pelas Frentes de Proteção Etnoambiental, que discrimina registros confirmados ($n = 36$) de registros em estudo ($n = 88$). A confirmação exige vestígios de cultura material recente, como cestarias, cerâmicas e acampamentos abandonados, pois ecofatos como quebradas e tiradas de mel não bastam (Cangussu, 2021, 2026).

Essa discriminação vai na contramão do princípio da precaução. Enquanto registros confirmados avançam, lentamente, nas fases de demarcação, os registros em estudo seguem desprotegidos, recebendo recursos apenas para expedições de localização (Cangussu, 2026).

Mesmo com registros confirmados, a demarcação é morosa: exige portaria da presidência da Funai, portaria do Ministério da Justiça e decreto presidencial, e pode levar décadas (Ribeiro et al., 2026).

Terras Indígenas não são as únicas áreas protegidas do Brasil que podem proteger PIIs. Muitas vezes, as UCs são a última fronteira de proteção de PII contra o avanço do desmatamento e ocupação do território, sobretudo frente a morosidade na demarcação de TIs. Uma análise de sobreposição entre *buffers* de 10 quilômetros de 124 registros de PII na Amazônia e áreas protegidas revela que 51 registros (41,13%) se encontram dentro de UCs. Desses, 29 registros (23,38% dos 124) encontram-se em áreas de sobreposição entre TIs e UCs, e o restante (22, 17,74%) são protegidos apenas por UCs. Apenas 8 registros (6,5%) encontram-se totalmente fora de UCs e TIs (Cangussu, 2026).

Os desafios da ocorrência de PII em Unidades de Conservação começam no desenho institucional. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985/2000, reproduz o quadro de “natureza apesar das pessoas” (Mace, 2014), definindo o grupo Proteção Integral como “manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana” (Brasil, 2000). A ocupação humana é vedada em Reservas Biológicas e Estações Ecológicas, embora a floresta seja manejada por povos indígenas há mais de oito mil anos ((Clement et al., 2015). Dos treze objetivos do SNUC, apenas o décimo terceiro considera algum fator social, e ainda assim para proteger recursos, não pessoas (Brasil, 2000).

O desalinhamento é concreto. A Floresta Nacional de Balata-Tufari abriga um registro de remanescentes Juma isolados, mas seu Plano de Manejo, de 2019, não cita a ocorrência de PII no território e destina 52% da área a manejo florestal empresarial (ICMBio, 2019). A experiência não é isolada.

O uso de UC para pesquisa em territórios de PII também pode desencadear o extermínio de populações inteiras em caso de contato, dado o despreparo imunológico

desses povos frente a patologias como a COVID-19, sobretudo quando não há diálogo com a Funai e as Frentes de Proteção Etnoambiental (Cangussu, 2026).

Um dos mecanismos formais de mensuração da gestão de Unidades de Conservação é o Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão (SAMGe), desenvolvido pelo ICMBio. O sistema avalia as interações entre três elementos, os usos do território, os recursos e valores e as ações de manejo, a partir de questionários respondidos pelas equipes gestoras (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2023, 2025). Dessas interações derivam seis indicadores, entre eles a Nota de Insumos, que mede se a unidade dispõe do orçamento necessário para executar suas ações de manejo, e uma Nota de Efetividade Geral, que sintetiza o conjunto.

A avaliação da gestão exige considerar também o Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), criado em 2002 (Decreto nº 4.326/2002). É hoje a maior iniciativa mundial de conservação de florestas tropicais, apoiando 120 Unidades de Conservação em 62,5 milhões de hectares (Fearnside, 2003; Soares-Filho et al., 2023).

Entre 2008 e 2020, UCs apoiadas pelo ARPA registraram redução adicional de desmatamento de 9% nas de Proteção Integral e 39% nas de Uso Sustentável, evitando a supressão de 264 mil hectares a um custo inferior a R\$ 4 por tonelada de CO₂ não emitida (Soares-Filho et al., 2023).

Apesar dos avanços do ARPA na contenção do desmatamento e dos instrumentos de avaliação como o SAMGe, ainda há uma lacuna crítica: não existe uma avaliação sistemática e espacialmente explícita de como a gestão de áreas protegidas se relaciona com a proteção de Povos Indígenas Isolados especificamente. Estudos recentes mapearam o risco a estoques de carbono ((Walker et al., 2014) e a vulnerabilidade climática de áreas protegidas (Lapola et al., 2020). A vulnerabilidade de todas as Terras Indígenas da Amazônia também foi quantificada a partir de ameaça, exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (Rorato et al., 2022). No entanto, nenhum estudo quantificou a vulnerabilidade de PII às ameaças antrópicas dentro de

Unidades de Conservação (Aparicio et al., 2026; Cangussu, 2021; Loebens; Neves, 2011; Ricardo; Gongora, 2019).

As métricas tradicionais de estudos de impacto não capturam as pressões a que Povos Indígenas Isolados estão sujeitos. Tampouco existe um índice que sintetize espacialmente esse conjunto de vetores de risco em escala regional, *pixel a pixel*. Elaborar um Índice de Risco para Povos Indígenas Isolados pode permitir a priorização de expedições de localização pelas Frentes de Proteção Etnoambiental, alocação de recursos da CGIIRC, e subsídio à tomada de decisão na arena política de governança territorial. Diante da escalada recente das invasões e do desmantelamento de políticas ambientais (Aparicio et al., 2026), é urgente quantificar espacialmente o risco que os registros de PII enfrentam e avaliar se a gestão qualificada de áreas protegidas constitui barreira efetiva contra essas ameaças.

Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte pergunta: a gestão de áreas protegidas pode mitigar o risco a Povos Indígenas Isolados na Amazônia? Para isso, temos como objetivos: (i) construir um Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados (IRPII) que sintetize espacialmente as principais ameaças antrópicas a esses povos; e (ii) testar a associação entre o IRPII e a efetividade de gestão de Unidades de Conservação, medida pelo SAMGe, além de atributos como categoria, área, densidade de borda, sobreposição com Terras Indígenas e apoio do ARPA. Espera-se que maiores valores de efetividade e insumos, o apoio do ARPA e categorias de manejo mais restritivas estejam negativamente associados aos valores médios do IRPII.

2 Métodos

2.1 Recorte Espacial

O recorte espacial abrange Unidades de Conservação da Amazônia Legal que se interseccionam com um *buffer* de 20 quilômetros de Registros de Povos Indígenas Isolados. A Amazônia Legal é uma classificação administrativa que compreende os estados que abrigam o bioma amazônico. A adição do *buffer* de 20 quilômetros permite levar em consideração a movimentação dos grupos pelo território, e tem função de minimizar as limitações impostas por uma base composta por uma malha de pontos. Como a base de dados é uma malha simples de pontos, adicionar um *buffer* possibilita análises de sobreposição. *Buffers* mais conservadores de 10 quilômetros já foram utilizados (Cangussu, 2026), mas nesta análise, foi escolhido uma distância que reflete melhor os padrões de movimento dentro de fragmentos. As UCs que não continham dados integrais de gestão no SAMGe foram excluídas das análises, resultando em uma amostra final de 57 UCs com presença de RPII (1).

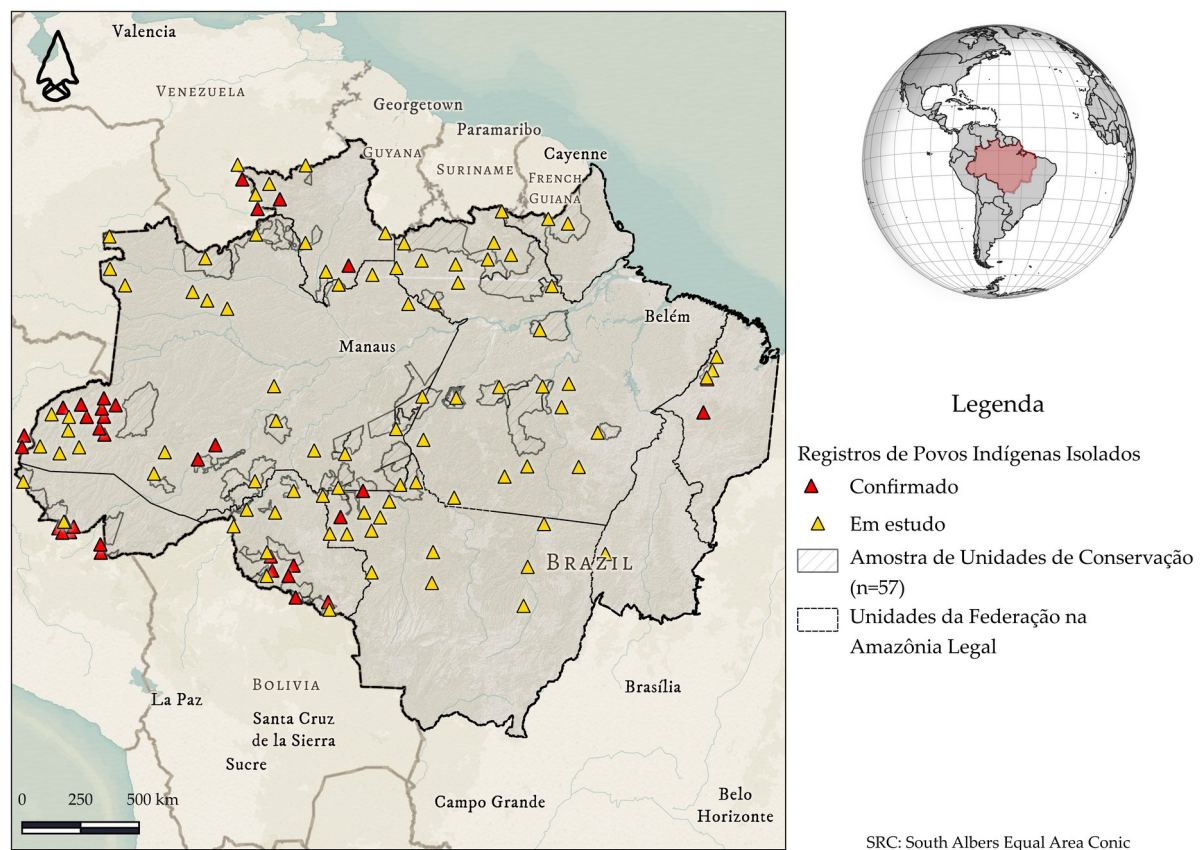


Figura 1: Unidades de Conservação analisadas na Amazônia Legal brasileira e RPII associados

2.2 Base de Dados e Variáveis

Selecionamos 15 variáveis espaciais representativas de vetores de pressão antrópica e degradação ambiental que podem afetar Povos Indígenas Isolados, combinando influências diretas, como a frequência de queimadas e o desmatamento, e indiretas, como a proximidade de silos e armazéns. Desmatamento, mineração e queimadas reduzem a terra disponível para habitar, rompem a contiguidade da floresta e diminuem a abundância de espécies de interesse para caça, pesca, cultivo e construção de abrigo (Loebens; Neves, 2011; Ricardo; Gongora, 2019). A escolha considerou a cadeia logística do agronegócio, da mineração e do garimpo, incluindo escoamento, regularização fundiária e infraestrutura intermediária, variáveis comumente associadas ao desmatamento em modelos de uso e cobertura da terra na Amazônia (Barni; Fearnside; Graça, 2015; Fearnside et al., 2009; Soares-Filho et al., 2010, 2016, 2006). O Cadastro Ambiental Rural, por sua vez, é indicador indireto de

pressão fundiária, frequentemente acionado para reivindicar ocupação de áreas ainda em regularização, incluindo territórios indígenas (Supremo Tribunal Federal, 2022).

A escolha também reflete os desafios de ocupação de PII em zonas de conflito. Os Awá-Guajá, por exemplo, dependem da dinâmica das tiradas de mel, e a queda na abundância de abelhas nativas, ocasionada pelo desmatamento e pela fragmentação florestal, desloca a ocupação para áreas menos descaracterizadas. O mesmo pode ocorrer em registros de outros grupos de língua Tupi (Cangussu et al., 2022).

O garimpo ilegal é um dos vetores mais violentos de ameaça em territórios de PII. Trata-se de uma atividade estratificada, mecanizada e capitalizada, composta por uma teia de atores que vai do trabalhador mais humilde ao empresário ligado ao capital estrangeiro, e associada a crimes ambientais, tráfico de pessoas, exploração sexual e trabalho análogo à escravidão (Molina, 2023). Além da fragmentação florestal e do envenenamento de rios por mercúrio, o garimpo introduz risco sanitário em povos sem qualquer esquema vacinal.

O Quadro 1 detalha as variáveis selecionadas e sua origem. Os mapas de cada variável se encontram no Apêndice 1.

Quadro 1: Origem e categoria das variáveis que compõem o IRPII

Vetor	Variável
Ameaças diretas	Desmatamento acumulado (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2024)
	Frequência de queimadas (Projeto MapBiomas, 2025)
	Garimpo Ilegal (Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada, 2025)
	Hidrelétricas (Projeto MapBiomas, 2025)
Infraestrutura e logística	Rodovias (Ministério dos Transportes, 2025)

	Ferrovias (Ministério dos Transportes, 2025)
	Aeródromos (Projeto MapBiomias, 2025)
	Infraestrutura portuária (Projeto MapBiomias, 2025)
	Linhas de transmissão (Projeto MapBiomias, 2025)
Cadeia do agronegócio	Armazéns e Silos (Projeto MapBiomias, 2025)
	Frigoríficos (Projeto MapBiomias, 2025)
Questões fundiárias e minerárias	Cadastro Ambiental Rural (Serviço Florestal Brasileiro, 2025)
	Títulos Minerários (Agência Nacional de Mineração, 2026)
Contexto local	Hidrografia (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2017)
	Malha Municipal (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025)

2.3 Pré-processamento

Um único *script* do *software* Dinamica EGO 8.10 calcula a distância para as variáveis e passos seguintes do pré-processamento, como reamostragem por método bilinear.

Utilizamos a transformação logarítmica para reduzir a assimetria das distribuições. O logaritmo natural preserva a maioria da variabilidade dos dados nas distâncias mais próximas das variáveis, atribuindo um peso e importância mais suaves conforme a distância aumenta:

$$\beta = \ln (d + 1)$$

(Equação 1)

Onde:

β = Variável transformada;

d = distância.

A constante d evita erros matemáticos em *pixels* com valor zero. A técnica Min-Max (Equação 2) normalizou os valores das variáveis entre 0 e 1. A normalização garante que a Análise de Principais Componentes (PCA) compare variáveis em escalas diferentes.

$$\beta' = (\beta - \beta_{min}) \div (\beta_{max} - \beta_{min}) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

β' = Valor normalizado;

β = valor da variável;

β_{min} = valor mínimo do mapa;

β_{max} = valor máximo do mapa.

2.4 Análise e soma de Componentes Principais (PCA)

A Análise de Principais Componentes (PCA) reduziu a dimensionalidade das variáveis e criou o índice, também no *software* Dinamica EGO 8.10. Adaptamos o PCA de um *script* do *plugin* em *Python* do BioDinamica (Oliveira et al., 2019). O submodelo foi publicado na loja do *software* para utilização por outros usuários. Nesse novo *script*, a reamostragem tornou-se opcional com escolha de fator de reamostragem (anteriormente, havia redução da resolução espacial pela metade) e removemos um bloco *try/except*, que omitia erros de execução. O restante do *script* permanece inalterado, utilizando especialmente a biblioteca *NumPy* para decompor os valores e montar a Matriz de Correlação.

A soma ponderada dos Principais Componentes (PCs) significativos gerou o Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados (IRPII, Equação 3), onde o peso dos componentes corresponde à sua proporção de variância explicada:

$$\text{Índice IRPII} = \sum (PC_n \cdot \omega_n)$$

(Equação 3)

Onde:

PC = Principais Componentes;

ω = Variância explicada;

n = PCs com eigenvalor > 1 no Critério de Kaiser.

Caso os autovetores indicassem correlação inversa (ou seja, valores altos indicando baixa ameaça), multiplicamos os componentes por -1 antes da soma para garantir que o índice tivesse a mesma direção.

Tanto os PCs quanto o índice final apresentaram distribuição não-normal ($p < 0,05$).

2.5 Gestão de Áreas Protegidas e Modelo Espacial Autorregressivo Combinado (SAC)

As Estatísticas Zonais no *software* QGIS 3.40 extraíram os valores médios e desvio-padrão de IRPII por Unidades de Conservação. Calcular o coeficiente de variabilidade, a partir do desvio-padrão e média, permite analisar se os dados são representativos, ou se a média descaracteriza a heterogeneidade de cada UC. Valores abaixo de 30% de coeficiente de variabilidade são aceitáveis e menores que 15% são preferíveis, ambos justificando o uso da média. Valores acima de 30% indicam que a média não é representativa da heterogeneidade da UC (Warrick; Nielsen, 1980). Unimos a base do CNUC com os resultados da última avaliação do SAMGe (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2025). Finalmente, a Calculadora *Raster* calculou a densidade de borda (em metros por hectare) de cada feição.

Para investigar a relação entre o IRPII (variável dependente) e o gerenciamento de cada Unidade de Conservação (variáveis independentes), escolhemos alguns

atributos: densidade de borda, tamanho da área total, presença de sobreposição com Terras Indígenas (ou dupla afetação), categoria da UC, adesão ao Programa Áreas Protegidas da Amazônia e as pontuações de efetividade e de insumos do SAMGe.

Dada a natureza geográfica do índice final, derivado de distâncias de diversas variáveis, assumiu-se que as observações não são independentes, há autocorrelação espacial. Portanto, foi escolhido o Modelo Espacial Autorregressivo Combinado (SAC, do inglês *Spatial Autoregressive Combined*, Equação 4), que contempla não só a defasagem na resposta como também o erro nos resíduos indicando que variáveis omitidas podem ser regionalizadas.

O modelo SAC apresentou melhor ajuste que os modelos baseados somente em defasagem ou em erro. A matriz de pesos foi construída pela função de K-Vizinhos Mais Próximos, com vizinhança de três Unidades de Conservação. Valores elevados de K homogeneízam o efeito da vizinhança, enquanto valores menores preservam a estrutura local de autocorrelação (Dormann et al., 2007). Testamos iterações com K entre três e oito: o menor valor produziu o modelo mais ajustado, com menor AIC. Quantificamos a autocorrelação espacial do IRPII médio por meio do I de Moran global e repetimos o teste sobre os resíduos do modelo ajustado, para verificar se a estrutura espacial havia sido absorvida. A equação simplificada do modelo foi:

$$y = \rho Wy + X\beta + \lambda$$

(Equação 4)

Onde:

y = IRPII;

ρ = coeficiente autorregressivo espacial;

W = matriz de pesos espaciais ($K = 3$)

X = variáveis explicativas das UCs;

β = vetor de coeficientes associados às variáveis explicativas;

λ = coeficiente de erro.

A função *sacsarlm*, da biblioteca *spatialreg*, calculou o modelo SAC. Para comparar os melhores modelos, usamos o Critério de Informação de Akaike (AIC, do inglês *Akaike's Information Criterion*), por meio da função *AICtab*, da biblioteca *bblme*. O AIC penaliza a complexidade dos modelos em função da explicabilidade dos dados. O modelo escolhido será aquele com maior aptidão (*fitness*) em função da quantidade de parâmetros.

3 Resultados

3.1 Os principais componentes do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados (IRPII)

A Análise de Principais Componentes demonstrou eficácia na redução da dimensionalidade dos dados espaciais. A análise de PCA revelou quatro principais componentes (PC) explicativos no Critério de Kaiser (Eigenvalor > 1), explicando, juntos, 57,6% da variabilidade dos dados. Esses componentes são constituídos por todas as 15 variáveis em diferentes pesos. Cada uma das variáveis está presente com o peso mínimo de 0,36 em, pelo menos, um dos PCs (1).

Tabela 1: Variabilidade explicada por cada principal componente significativo e composição de pesos.

Variável	PCA1 (29,9%)	PCA2 (10,7%)	PCA3 (9,6%)	PCA4 (7,4%)
Rodovias	-0,699	0,115	0,049	0,018
Frigoríficos	-0,751	-0,119	-0,062	0,050
Armazéns e silos	-0,838	0,018	-0,040	0,083
Frequência de queimadas	0,365	-0,247	0,277	0,091
Municípios	-0,736	0,104	0,327	0,116
Linhas de transmissão	-0,823	-0,101	0,106	-0,179
Infraestrutura portuária	0,178	-0,102	0,785	0,185
Garimpo Ilegal	-0,022	-0,766	-0,227	0,194
Desmatamento	-0,302	-0,612	0,352	0,215
Cadastro Ambiental Rural	-0,532	-0,027	0,296	0,216
Hidrelétricas	-0,610	-0,165	-0,310	-0,224
Aeródromos	-0,661	-0,116	-0,254	0,228
Títulos Minerários	0,130	-0,698	-0,007	-0,429
Hidrografia	-0,206	-0,026	0,028	-0,450
Ferrovias	-0,411	0,070	0,467	-0,607

A agregação das variáveis dentro de cada componente revela estruturas coerentes de pressão. O PC1, que explica 29,9% da variabilidade, é dominado pela cadeia do agronegócio e pela urbanização, com as maiores cargas em armazéns e silos (-0,838), linhas de transmissão (-0,823), frigoríficos (-0,751) e rodovias (-0,699). O PC2 (10,7%) capturou a ameaça mais direta, com maior carga em garimpo ilegal (-0,766), títulos minerários (-0,698) e desmatamento acumulado (-0,612). O PC3 (9,6%) e o PC4 (7,4%) destacaram os modais de escoamento, com infraestrutura portuária (0,785) e ferrovias (0,467) no PC3, e ferrovias (-0,607) e hidrografia (-0,450) no PC4. As interações entre os três primeiros componentes são visualizadas na Figura 4: onde a logística do agronegócio (vermelho) coincide com desmatamento e garimpo (azul), o mapa é colorido de roxo.

A soma dos PCs pode gerar sentidos contraditórios, uma vez que o PCA é uma construção ortogonal. Multiplicar o sinal negativo de PC3 garante que os vetores majoritários deste PC estão na mesma direção do restante dos PCs, mas a heterogeneidade de sinal interna do PC limita a interpretação dos vetores menos representativos. Garimpo ilegal e aeródromos, por exemplo, teriam direção oposta ao risco no PC3. Há uma limitação também no PC1, pois a frequência de queimadas tem sinal oposto ao risco. Entretanto, este vetor não figura entre os que compõem a maioria do componente. A heterogeneidade de sinais afeta sobretudo as variáveis de baixa carga, e o seu efeito na média zonal por UC é pequeno diante da dominância do PC1, embora não tenha sido quantificado.

A soma ponderada dos componentes compõe um índice com predominância do desenho do PC1, embora se observem regiões onde PC2, PC3 e PC4 se expressam com maior peso (Figura 5). Os valores médios por UC, usados no modelo, aparecem na Figura 6, em cinco categorias de quebras naturais de Jenks.

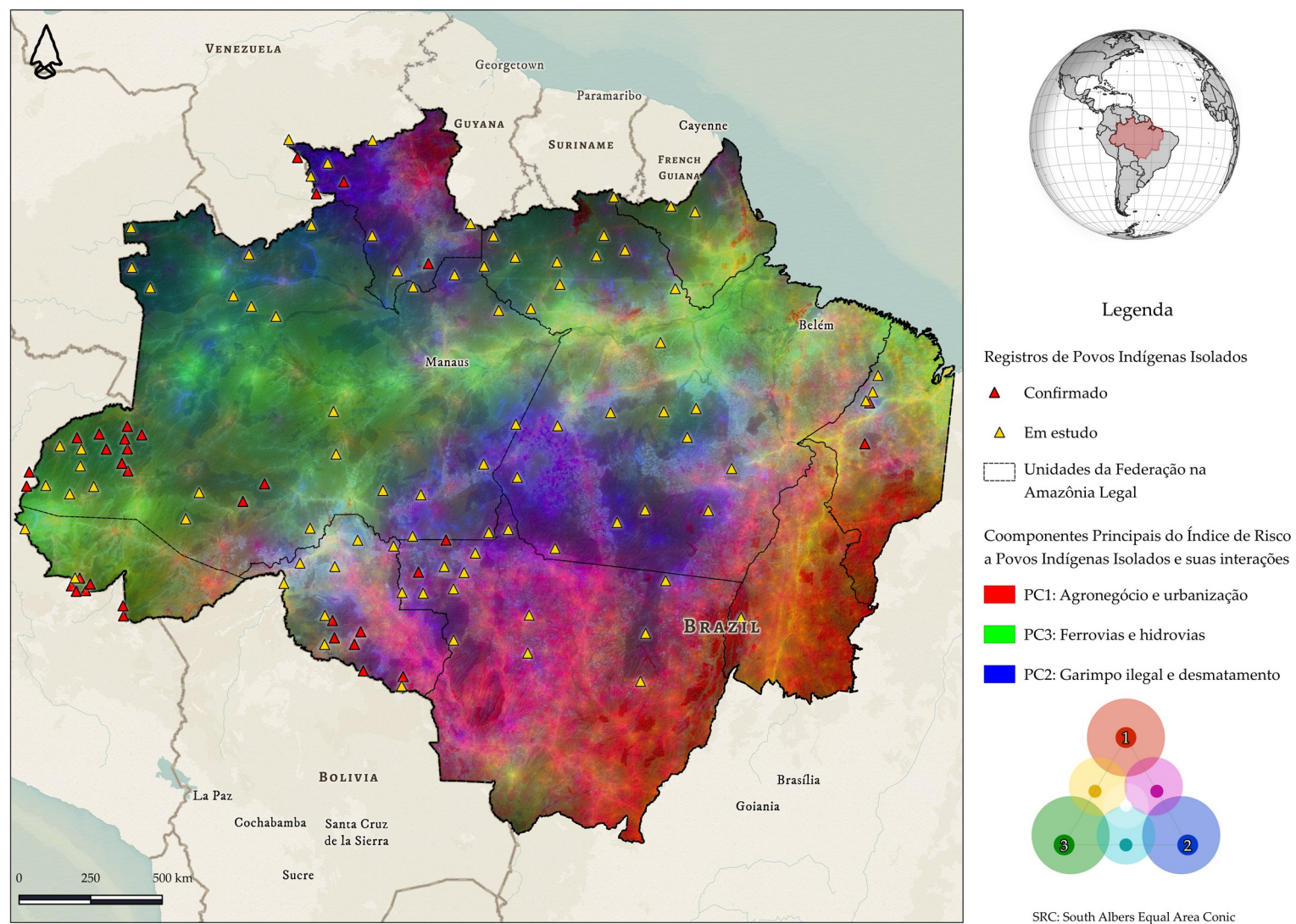


Figura 2: Interações entre os três principais componentes do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados na Amazônia Legal brasileira

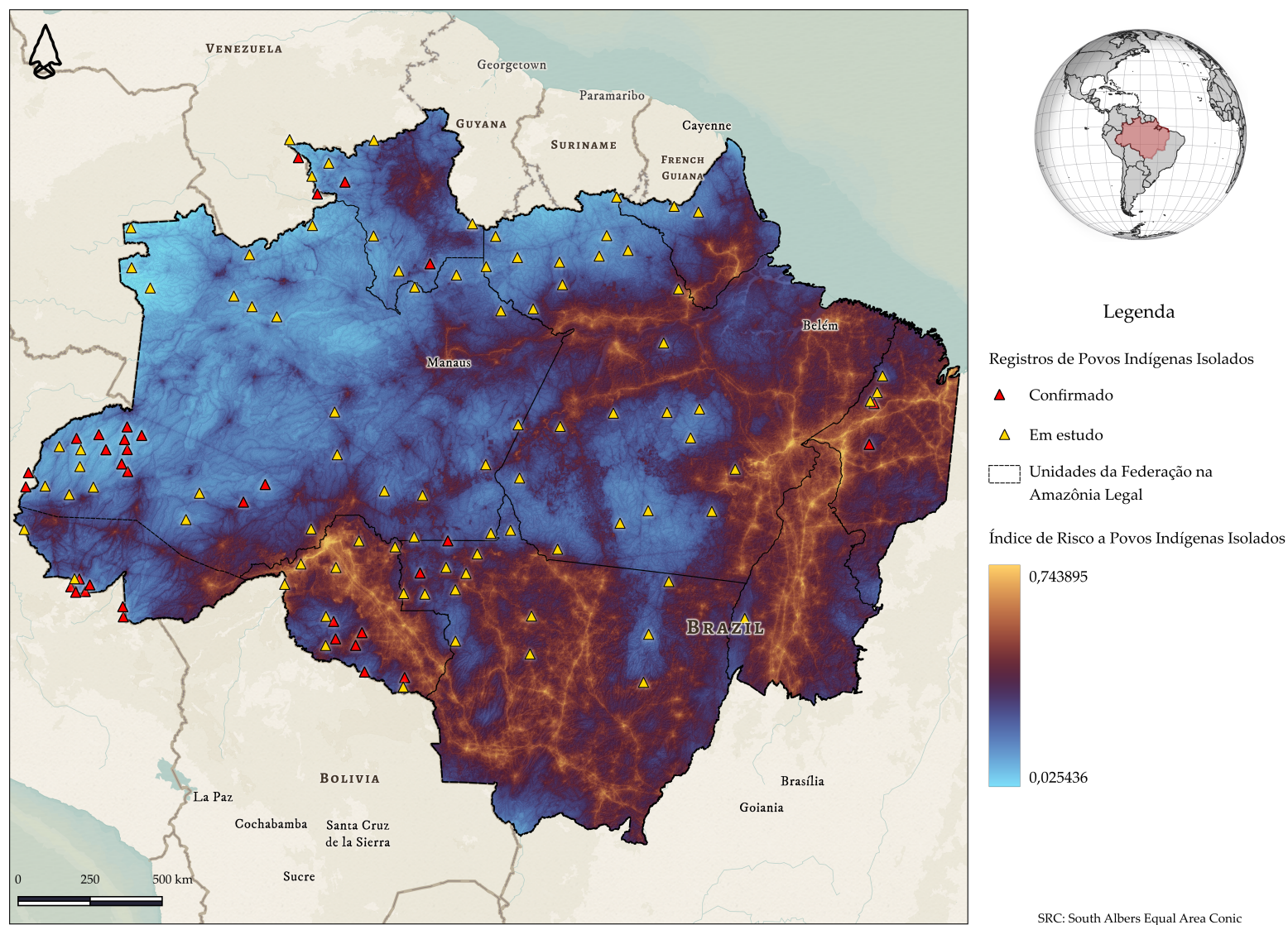


Figura 3: Mapa do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados na Amazônia Legal brasileira

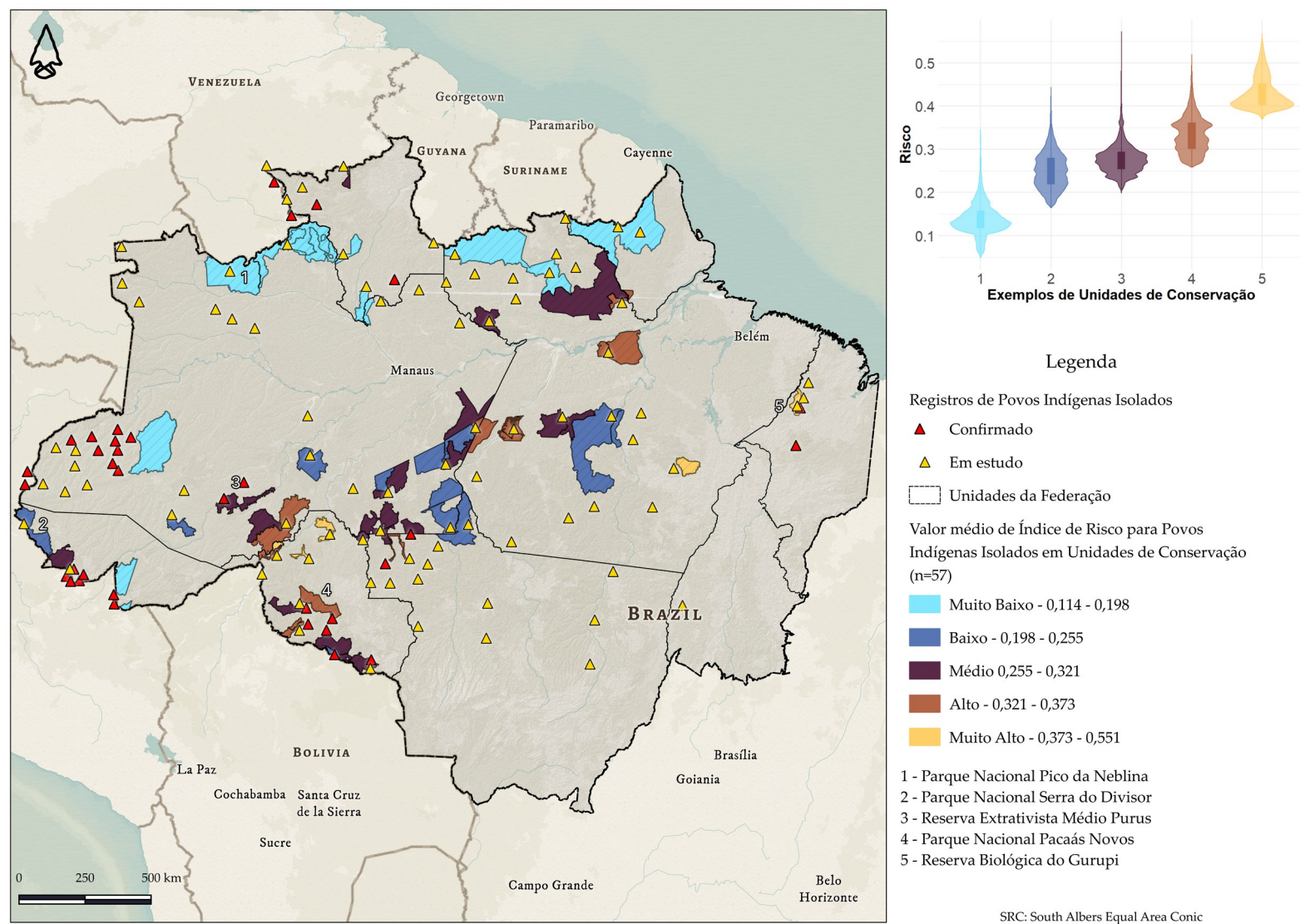


Figura 4: Mapa de categorias de valores médios do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados por Unidade de Conservação analisadas

3.2 Gestão de Áreas Protegidas e Modelo Espacial Autorregressivo Combinado (SAC)

As UCs com registros de PII abrangem categorias de manejo, tamanhos e esferas de gestão heterogêneas (Tabela 2). Predominam unidades federais (n = 38; 66,7%) sobre estaduais (n = 19; 33,3%); 32 (56,1%) pertencem ao grupo Uso Sustentável e 25 (43,9%) ao de Proteção Integral. Quanto aos instrumentos básicos de governança, 73,7% (n = 42) possuem plano de manejo público e 82,5% (n = 47) possuem conselho gestor formalizado.

Tabela 2: Composição de categorias e grupos de manejo das UCs com RPII.

Categoria	Grupo	N	% UCs	% Área
Estação Ecológica	PI	8	14,0%	18,2%
Parque Estadual	PI	5	8,8%	7,9%
Parque Nacional	PI	9	15,8%	28,1%
Reserva Biológica	PI	3	5,3%	2,6%
Floresta Estadual	US	5	8,8%	11,4%
Floresta Nacional	US	12	21,1%	13,8%
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	US	1	1,8%	5,0%
Reserva Extrativista	US	14	24,6%	12,9%

O conjunto protege 47.266.000 ha, com média de 537 mil ha por unidade, variando de 79 mil ha até mais de 4,2 milhões de hectares. O coeficiente de variação do IRPII indicou baixa variabilidade em 44 UCs (77,1%) e variabilidade moderada (< 30%) nas 13 restantes. Há heterogeneidade interna, mas a média não a descaracteriza, o que justifica seu uso como variável-resposta sem perda substancial de informação espacial.

Entre as unidades com maiores médias de IRPII predominam Florestas Nacionais, categoria menos restritiva quanto à ocupação e ao uso do que outras do mesmo grupo e esfera. A heterogeneidade da base completa se reflete nesse conjunto.

O modelo SAC apresentou o melhor ajuste para avaliar a influência das variáveis de gestão sobre o IRPII, superando em AIC os modelos de defasagem espacial, de erro espacial e o modelo linear clássico, inclusive versões mais parcimoniosas com dez parâmetros (AIC = -141,79 contra -116,13 do modelo linear). O modelo convergiu com 57 observações e 15 parâmetros, com variância residual de $\sigma^2 = 0,0025$.

A matriz de pesos espaciais (W), baseada em uma vizinhança de três UCs ($k = 3$), revelou que os determinantes da pressão não operam de forma isolada no espaço. O modelo capturou significância no coeficiente autorregressivo de erro ($\lambda = 0,565$; EP = 0,198; $z = 2,85$; $p < 0,01$), o que indica que variáveis regionais omitidas, como, por exemplo, aspectos socioeconômicos, históricos ou culturais, exercem influência espacialmente sobre o IRPII nas UCs. Em contrapartida, a defasagem espacial da variável resposta não apresentou significância estatística ($\rho = 0,283$; EP = 0,255; $z = 1,11$; $p = 0,267$), o que indica que o índice de uma UC não determina diretamente o de suas vizinhas, mas que ambas respondem a um contexto regional compartilhado.

Subtraído o efeito da autocorrelação espacial, o modelo indicou dinâmicas contrastantes e estatisticamente significativas quanto ao papel da governança. A Nota de Efetividade Geral do SAMGe apresentou correlação negativa com o IRPII ($\beta = -0,267$; $p = 0,023$), indicando que UCs com gestão consolidada e metas bem executadas estão relacionadas com áreas com menor IRPII. Em contrapartida, a Nota de Insumos apresentou correlação positiva ($\beta = 0,218$; $p < 0,001$), ou seja, os recursos estão alocados onde há mais risco. A sobreposição com Terras Indígenas demonstrou ser um fator de proteção estatisticamente significativo ($\beta = -0,038$; $p = 0,039$).

Por fim, a Densidade de Borda ($\beta = 0,010$; $p = 0,151$), o Tamanho da Área Total em escala logarítmica ($\beta = -0,005$; $p = 0,155$), as diferentes Categorias de Manejo ($p > 0,165$ em todas as categorias) e a Adesão ao Programa ARPA ($\beta = -0,029$; $p = 0,119$) não apresentaram significância ($p > 0,05$). O sumário completo das estimativas do modelo e os coeficientes de cada variável explicativa podem ser observados na Tabela 3 e no respectivo *Forest Plot* (5).

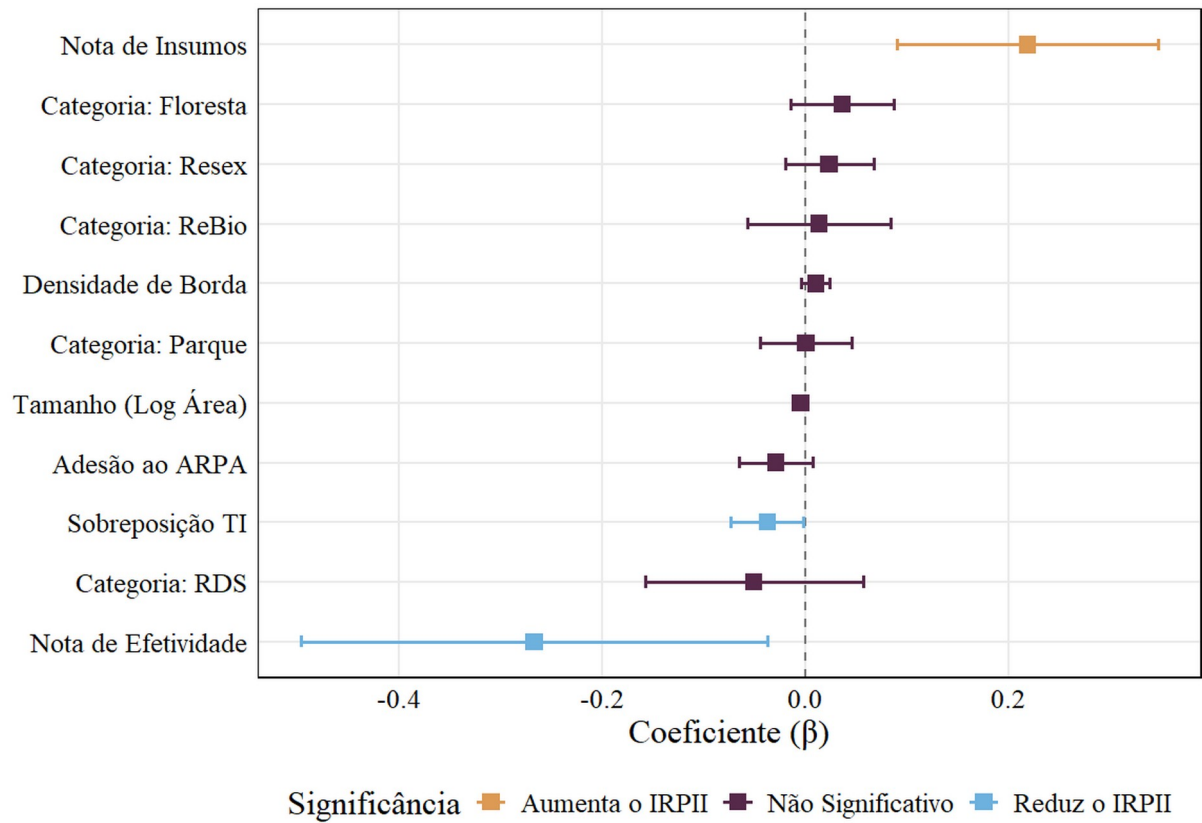


Figura 5: Forest Plot com valor dos coeficientes por variável explicativa

Tabela 3: Sumário de estimativas β , Erro Padrão e z-score para cada variável, e estimativas estatísticas do modelo

Variável	β	Erro Padrão	z	p
Intercepto	0,279	0,108	2,58	0,01
Tamanho (log Área)	-0,005	0,003	-1,42	0,155
Densidade de Borda	0,01	0,007	1,44	0,151
Categoria de Manejo: Floresta	0,036	0,026	1,39	0,165
Categoria de Manejo: Parque	0,001	0,023	0,03	0,978
Categoria de Manejo: Reserva Biológica	0,014	0,036	0,38	0,703

Categoria de Manejo: RDS	-0,051	0,055	-0,92	0,355
Categoria de Manejo: Reserva Extrativista	0,023	0,022	1,05	0,294
Sobreposição com Terra Indígena	-0,038	0,018	-2,06	0,039
Adesão ao ARPA	-0,029	0,019	-1,56	0,119
Nota de Efetividade (SAMGe)	-0,267	0,117	-2,28	0,023
Nota de Insumos (SAMGe)	0,218	0,066	3,33	<0,001
Parâmetros espaciais				
ρ	0,283 (EP = 0,255; z = 1,11; p = 0,267)			
λ	0,565 (EP = 0,198; z = 2,85; p = 0,004)			
σ^2 residual	0,00254 (σ = 0,050)			

4 Discussão

O Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados expôs o Arco do Desmatamento em sua configuração atual, após a consolidação da expansão do agronegócio (Figura 5). Seus limites avançaram para o interior da Amazônia Legal por meio das hidrovias, das novas rodovias e das estruturas de energia, transporte e urbanização. No início dos anos 2000, Rondônia respondia por apenas 10% do desmatamento total da Amazônia Legal, e o Acre, por 3% (Fearnside, 2005). A conformação atual do Arco mede o quanto essa expansão avançou.

O PC1 mostra o Arco já dentro da Amazônia Legal, não mais confinado à borda leste-sul. Responsável por quase um terço da variabilidade, indica que armazéns e silos, linhas de transmissão, frigoríficos, rodovias e aeródromos formam a infraestrutura principal da fronteira, que opera de maneira sistêmica. Silos e frigoríficos sinalizam uma cadeia consolidada de produção agropecuária, o maior vetor isolado de desmatamento; as rodovias viabilizam o escoamento e induzem a ocupação em suas bordas, produzindo o padrão de espinha de peixe visível em imagens de satélite (Barni; Fearnside; Graça, 2015; Fearnside, 2005; Nepstad et al., 1999; Soares-Filho et al., 2006). O PC1 já cobre a quase totalidade do Mato Grosso e do Tocantins, a maior parte de Rondônia e porções significativas do Maranhão.

A coexistência espacial dessas variáveis em um componente principal aponta territórios que já foram configurados e consolidados em contextos de exploração das terras. A ocorrência Povos Indígenas Isolados nesses contextos significa alto grau de exposição a uma lógica sistêmica de valorização de *commodities* em função de ambientes com funções ecológicas conservadas. A incidência do PC1 pode, inclusive, preceder o desmatamento, garimpo, queimadas e grilagem de terras, variáveis que compõem o PC2.

O PC2 capturou ameaças mais imediatas: garimpo ilegal, títulos minerários e desmatamento acumulado. O desmatamento atua simultaneamente como causa e consequência, abrindo estradas vicinais que facilitam o acesso a áreas antes florestadas

e consolidando a ocupação fundiária. Os títulos minerários indicam estruturas regularizadas de mineração, mas também compõem os elos de lavagem do garimpo ilegal (Molina, 2023).

A Análise de Principais Componentes mostra que povos que habitam áreas com valores altos dos mesmos componentes estão sujeitos a ameaças similares. Isso não é novidade. A contribuição está em testar se a gestão das áreas protegidas que contêm esses registros altera o risco a que estão expostos

Os cinco estudos de caso examinados durante a construção do índice, um para cada categoria de risco, não são reproduzidos aqui por envolverem informação territorial sensível sobre registros de Povos Indígenas Isolados. Três padrões, contudo, atravessam todos eles e sustentam a leitura do modelo. Primeiro, unidades cujo plano de manejo menciona explicitamente a ocorrência de registros de PII e traduz essa menção em zoneamento apresentaram menores valores médios de IRPII, independentemente da categoria de manejo. Segundo, as maiores notas de insumos concentraram-se em unidades com poucas metas e programas em execução, o que sugere que o indicador reflete tanto disponibilidade quanto baixa demanda de recursos. Terceiro, onde há conselho gestor ativo com participação indígena ou articulação com a Frente de Proteção Etnoambiental, a proteção dos registros aparece incorporada às rotinas de fiscalização e pesquisa; onde não há, expedições e obras podem ser aprovadas sem que a proximidade de registros seja mencionada. O que distingue as unidades não é o rótulo de proteção, mas a existência de uma gestão que reconheça a presença desses povos.

A distribuição do IRPII por Unidade de Conservação, mesmo simplificada pela média, confirma que o índice se relaciona com as características estruturais e de governança das UCs. Discutimos primeiro os atributos formativos, depois os de gestão e orçamento.

Nem o tamanho ($\beta = -0,005$; $p = 0,155$) nem a densidade de borda ($\beta = 0,010$; $p = 0,151$) apresentaram significância. No caso do tamanho, o uso da média por UC causa

perda de informação: a Estação Ecológica do Grão Pará, com mais de 4,2 milhões de hectares, pode conter áreas de altíssima pressão nas bordas e ainda assim exibir média baixa. Capturar essa relação exigiria analisar variância, assimetria e percentis, não apenas a média.

A densidade de borda tampouco foi significativa. Uma UC com bordas extensas pode tê-las voltadas para Terras Indígenas, para outras UCs ou para floresta não convertida, contextos de risco muito distintos. Embora habitats mais fragmentados apresentem diversidade α até 13,6% menor (Gonçalves-Souza et al., 2025), o resultado sugere que o contexto da unidade, suas sobreposições e sua gestão explicam melhor o risco do que a geometria.

A vizinhança é uma das características estruturais que mais importam, mas não da forma esperada. A vizinhança com UCs não tem influência direta ($q = 0,283$; $p = 0,267$). Esperávamos que UCs com vizinhanças mais preservadas tivessem menor risco.

A sobreposição com Terras Indígenas foi o único atributo estrutural significativo ($\beta = -0,038$; $p = 0,039$): UCs sobrepostas a TIs apresentam menores valores médios de IRPII. É bem estabelecido que Terras Indígenas estão entre as áreas protegidas mais eficazes da Amazônia na contenção do desmatamento e do fogo (Nepstad et al., 2006; Walker et al., 2014). Mesmo com objetivos distintos e diálogo interinstitucional limitado, UCs e TIs têm efeito complementar, em parte porque a vigilância exercida pelos próprios habitantes não depende da logística e do financiamento que condicionam o monitoramento dos órgãos ambientais.

Os resultados revelam uma tensão institucional importante para o SNUC e para a gestão ambiental. Um dos instrumentos de proteção efetivos para as Unidades de Conservação da Amazônia não consta no SNUC e nem é responsabilidade de órgãos ambientais diretamente. É a demarcação de Terras Indígenas. Adiar demarcações não apenas viola direitos constitucionais, também aumenta o risco para Povos Indígenas Isolados e para a integridade ecológica das UCs.

O ARPA não apresentou significância ($\beta = -0,029$; $p = 0,119$), embora a direção do coeficiente indique associação negativa. A ausência de evidência não atesta ineficácia: o impacto do programa sobre o desmatamento é bem documentado (Soares-Filho et al., 2023). A amostra é pequena e apenas 29 das 57 UCs (50,8%) participam do programa. Além disso, o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação registra a adesão como campo booleano, sem distinguir as três fases do ARPA, que têm objetivos e financiamentos distintos.

Unidades em estágio inicial, sem plano de manejo e sem conselho, são incapazes de incorporar a política do não-contato à sua gestão. Pesquisa científica e ecoturismo ocorrem sem consulta à Funai, e ações de fiscalização podem se aproximar de áreas de registro sem o conhecimento das Frentes de Proteção Etnoambiental. O risco de contato acidental, com consequências potencialmente fatais, é previsível (Cangussu, 2026).

As categorias de manejo não apresentaram significância ($p > 0,165$ em todas), resultado que contraria a literatura. Estudos de modelagem indicam que categorias mais restritivas, sobretudo de Proteção Integral, contêm melhor o desmatamento do que as de Uso Sustentável (Pereira; Ferreira, 2021; Soares-Filho et al., 2010). Na realidade amazônica, porém, as exceções são a regra: presença humana onde não é permitida, licenças minerárias dentro de áreas de Proteção Integral, zoneamentos não respeitados.

Tanto a UC com o maior IRPII quanto a de menor valor médio pertencem à mesma categoria, Estação Ecológica, grupo de Proteção Integral e categoria IUCN Ia. Ambas têm as mesmas restrições de uso e as mesmas exigências de plano de manejo. O que as separa é o contexto regional, capturado pelo coeficiente de erro espacial, a efetividade da gestão e a sobreposição com Terras Indígenas. A categoria é, sozinha, insuficiente para proteger PII.

O resultado expõe um problema persistente do SNUC: a linguagem jurídica é hostil à presença humana. Definir Proteção Integral como “manutenção dos

ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana” nega séculos de coevolução entre sociedades indígenas e floresta (Brasil, 2000; Mace, 2014). Na Amazônia, a floresta não persiste apesar das pessoas; ela existe, na forma atual, por causa delas. A ocupação e o manejo indígena produziram as Terras Pretas de Índio e as florestas com alta densidade de castanheiras e palmeiras (Clement et al., 2015; Levis et al., 2017, 2018). Que um povo habite uma Reserva Biológica não torna sua presença ilegal; torna a tipologia do SNUC inadequada à realidade amazônica.

Postas as distinções entre o que é e o que não é significativo no plano estrutural, resta discutir a governança: a Nota de Insumos e a Nota de Efetividade, sensíveis tanto à política orçamentária quanto ao manejo de cada gestor.

O resultado mais contraintuitivo deste estudo é a correlação positiva entre a Nota de Insumos do SAMGe e o IRPII ($\beta = 0,218$; $p < 0,001$). As Unidades de Conservação com mais recursos financeiros e estruturais são aquelas inseridas em contextos de maior risco para Povos Indígenas Isolados. É possível interpretar esse resultado de duas maneiras. A primeira é que a correlação positiva indica um padrão de alocação reativo, baseado no resultado do modelo. Isto é, com repasses federais limitados, os órgãos ambientais direcionam os fundos onde a pressão e desmatamento são mais intensos.

É uma forma de viés de sobrevivência, que ocorre quando a análise recai apenas sobre os casos que sobreviveram a um processo, ignorando os que foram eliminados. O exemplo clássico é o das aeronaves que retornavam da Segunda Guerra: reforçar os pontos perfurados nos aviões que voltaram é reforçar justamente as regiões cujo dano não é fatal (Mangel; Samaniego, 1984).

Unidades sob pressão elevada são mais visíveis: seus conflitos fundiários são documentados, o desmatamento vira notícia, há demandas jurídicas e mobilização da sociedade civil. Essa visibilidade atrai financiamento emergencial e desloca recursos para onde a crise já está em curso. UCs em contextos de baixo risco, por sua vez, recebem apenas o suficiente para manter funções básicas e acumulam pressões sem

remediação. O resultado é uma política que gere crises em vez de antecipá-las, embora prevenir custe menos que remediar. O Brasil investe apenas 15,5% do necessário para a gestão adequada de UCs, e 76% das unidades federais têm recursos insuficientes (Silva et al., 2021).

Há uma segunda interpretação. As maiores notas de insumos apareceram em unidades com poucas metas e programas em execução, o que sugere que uma nota elevada pode refletir menor necessidade de recursos, e não maior disponibilidade. Para a proteção de PII, portanto, o que importa não é a magnitude do indicador, mas a existência de ações efetivamente direcionadas a esses povos.

Finalmente, a Nota de Efetividade Geral do SAMGe ($\beta = -0,267$; $p = 0,023$) foi a variável com maior poder explicativo no modelo. UCs com gestão consolidada e metas bem executadas apresentam menores valores de IRPII. Não há evidência que suporte que métricas internacionais de efetividade bem estabelecidas (como *Management Effectiveness Tracking Tool*) estão relacionadas com melhores resultados de conservação (Nolte; Agrawal, 2013). Já o SAMGe, um sistema de análise de gestão nacional, foi capaz de explicar o risco para PIIs, com forte correlação entre melhores resultados de gestão e menos risco e pressão ambiental.

O achado desloca a discussão sobre o desenho institucional. Nem o SNUC nem o SAMGe foram concebidos para proteger Povos Indígenas Isolados, e não há aqui evidência de que categorias de manejo bastem. Ainda assim, uma boa gestão mitiga o risco, o que reposiciona o papel dos gestores de unidade e reforça o argumento da descentralização (Cangussu, 2026). Seu principal benefício é a redundância: um órgão pode operar quando o outro falha, como no período em que a Funai foi desaparelhada, sem novas demarcações nem expedições de localização (Aparicio et al., 2026).

Para tornar a gestão mais efetiva para a proteção de PII propomos duas intervenções prioritárias e viáveis, que visam integrar e melhorar o diálogo interinstitucional, descentralizar a proteção de PIIs, atualmente concentrada na CGIIRC e nas FPEs.

A primeira é a revisão do zoneamento das unidades com registros de PII. A localização das Unidades de Manejo Florestal deve considerar o que se sabe sobre a movimentação desses povos, e a extração de espécies de interesse etnobotânico precisa ser revista. Espécies-chave para a alimentação, como *Bertholletia excelsa*, palmeiras dos gêneros *Attalea*, *Oenocarpus* e *Astrocaryum* e as colmeias de abelhas nativas, devem ser tratadas como alvo de conservação (Cangussu; Shiratori; Furquim, 2021; Diniz; Cangussu, 2023). A exploração madeireira em ciclos de 30 anos já é insuficiente para a recuperação das espécies lenhosas, e mais ainda quando a soberania alimentar de um povo depende dessas mesmas árvores (Fearnside, 2003).

A segunda é a incorporação de indígenas e indigenistas aos Conselhos Gestores das UCs que abrigam registros de PII, por meio de um assento permanente destinado ao órgão indigenista ou a representante indicado pela Funai. Hoje esses conselhos se constituem sem representação obrigatória do único órgão com conhecimento técnico dos protocolos de não-contato. O resultado é que pesquisas, expedições e obras podem ser aprovadas sem que a proximidade de registros seja sequer mencionada (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2019a, 2019b).

Ambas as ações são medidas de coerência para efetivar o artigo 231 da Constituição Federal e a Convenção nº 169 da OIT (Organização Internacional do Trabalho, 1989). A hierarquia normativa que protege os PII já existe; falta que ela desça até a escala local, refletindo-se no conselho gestor, no plano de manejo e na concessão madeireira. São intervenções viáveis, que não exigem nova legislação nem a criação de novas áreas protegidas, apenas a ampliação da interpretação corrente sobre gestão de áreas protegidas.

Quatro limitações delimitam o alcance destes resultados. Primeiro, o desenho é transversal: as associações entre governança e risco são consistentes com um efeito protetor da gestão, mas não o demonstram, e a causalidade reversa, isto é, áreas de menor pressão serem mais fáceis de gerir bem, permanece explicação plausível. A dissociação entre efetividade, de sinal negativo, e insumos, de sinal positivo, torna a

remotidade um confundidor improvável quando tomada isoladamente, mas não a exclui. Segundo, o modelo estima 15 parâmetros sobre 57 unidades, razão de 3,8 observações por parâmetro, abaixo da recomendada; a não significância de tamanho, densidade de borda, categoria e ARPA deve ser lida como ausência de evidência, e não como evidência de ausência, dado o risco de erro tipo II. Terceiro, a variável-resposta é a média zonal de um índice limitado ao intervalo [0,1]; como os valores observados se concentram no interior da escala, longe dos limites, a aproximação gaussiana é razoável, mas uma regressão beta espacialmente explícita seria a extensão natural. Quarto, o vetor de garimpo ilegal depende de detecção e é subnotificado, o que subestima o componente associado, e sua forma de impacto é difusa, propagando-se pela cadeia trófica a partir dos rios, o que a distância aos pontos mapeados não capta integralmente. Séries temporais de alocação orçamentária e de efetividade permitiriam separar o efeito da gestão do efeito da exposição.

5 Conclusão

A gestão de áreas protegidas pode mitigar o risco a Povos Indígenas Isolados, mas não da forma esperada. Não há evidência de que a categoria da unidade, a densidade de borda, o tamanho ou a participação no ARPA se associem a menor risco. O que se associa é a qualidade da gestão e a sobreposição com Terras Indígenas.

O índice também expõe um viés de sobrevivência na alocação de recursos: as unidades já mais ameaçadas são as que recebem apoio. A proteção reage em vez de antecipar. Um índice de risco pixel a pixel como o IRPII contribui para inverter essa ordem, ao indicar a direção de crescimento da ameaça antes que ela se estabeleça.

Nem o SNUC nem o SAMGe foram desenhados para proteger PII, e ainda assim a boa gestão os protege. Descentralizar essa proteção, hoje concentrada na Funai, amplia a rede de salvaguarda e deixa de fazê-la pesar sobre um só órgão.

Daí as duas recomendações: rever o zoneamento das unidades com registros de isolados, para que o manejo florestal respeite a movimentação e as espécies de que esses povos dependem, e reservar, nos conselhos gestores, um assento permanente ao órgão indigenista ou a lideranças indígenas. O arcabouço legal já existe. Falta fazê-lo descer até o conselho gestor, até o mapa de zoneamento, até a trilha.

6 Contribuição de autoria

Daniel Fernandes de Figueiredo Silva: conceituação, análise formal, investigação, metodologia, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. Ubirajara Oliveira: conceituação, supervisão, validação, escrita - revisão e edição. Daniel Rocha Cangussu Alves: conceituação, supervisão, validação. Maria Auxiliadora Drumond: conceituação, supervisão, validação, escrita - revisão e edição.

7 Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

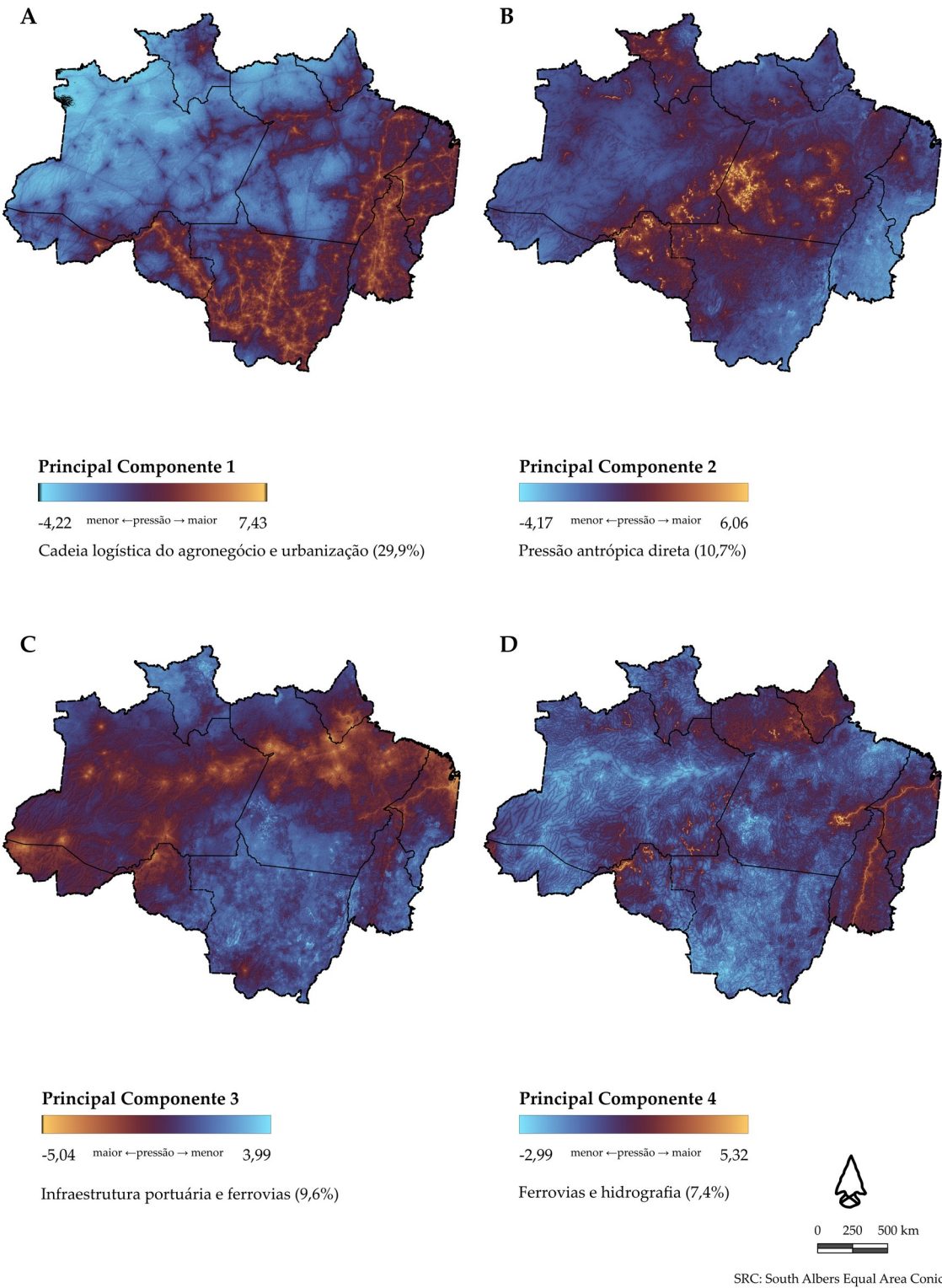
8 Disponibilidade de dados

O submodelo de Análise de Principais Componentes está publicado na loja do software Dinamica EGO; os scripts de análise estão disponíveis em repositório do GitHub no link: <https://github.com/ffsdaniel/modelagem-multiescalas-para-protecao-de-povos-indigenas-isolados/tree/main> .

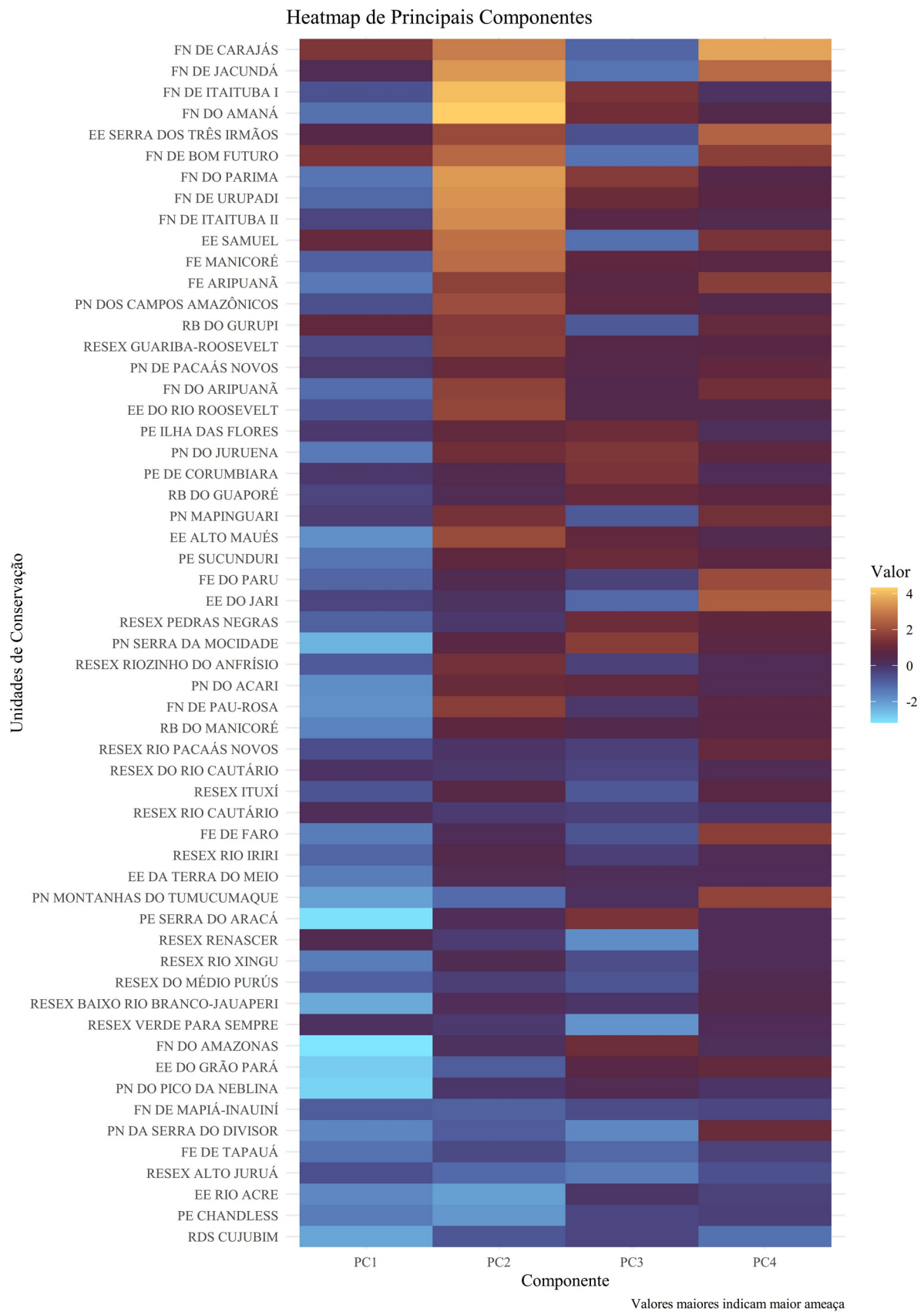
9 Declaração de Uso de Inteligência Artificial

Durante a preparação deste manuscrito, os autores utilizaram o Claude (*Anthropic*) como apoio à busca de referências bibliográficas, tradução do título e resumo para o inglês e adequação e padronização da formatação durante a fase editorial. Todo o conteúdo gerado foi revisado e editado pelos autores. A concepção do estudo, as análises, a interpretação dos resultados e as conclusões são de autoria exclusiva dos autores, que assumem integral responsabilidade pelo conteúdo publicado.

10 Apêndice



Apêndice 1: Mapa de Principais Componentes do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados



Apêndice 2: Mapa de Calor de Médias de Principais Componentes do Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados nas Unidades de Conservação analisadas

Apêndice 3: Valores médios de Índice de Risco a Povos Indígenas Isolados por Unidade de Conservação, em ordem crescente

Unidade de Conservação	UF	Grupo	Categoria	Categoria IUCN	Área (km²)	ARPA	SAMGe: Efetividade	SAMGE: Insumos	Sobreposição com TIs	Média de IRPII
FN DO AMAZONAS	AM	US	Floresta	VI	19.441,6	Não	0,40	0,41	Sim	0,11
PE SERRA DO ARACÁ	AM	PI	Parque	II	18.727,4	Não	0,27	0,00	Sim	0,12
EE DO GRÃO PARÁ	PA	PI	Estação Ecológica	Ia	42.036,7	Sim	0,69	0,80	Sim	0,14
PN DO PICO DA NEBLINA	AM	PI	Parque	II	22.523,9	Não	0,51	0,55	Sim	0,14
RDS CUJUBIM	AM	US	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	VI	24.219,1	Sim	0,54	0,63	Sim	0,16
PN SERRA DA MOCIDADE	AM, RR	PI	Parque	II	3.593,7	Sim	0,66	0,76	Sim	0,17
EE RIO ACRE	AC	PI	Estação Ecológica	Ia	793,9	Sim	0,60	0,75	Sim	0,17
PN MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE	AP, PA	PI	Parque	II	38.651,3	Sim	0,55	0,56	Sim	0,19
PE CHANDLESS	AC	PI	Parque	II	6.934,6	Sim	0,63	0,70	Sim	0,19
RESEX BAIXO RIO BRANCO-JAUAPERI	AM, RR	US	Reserva Extrativista	VI	5.806,2	Não	0,41	0,34	Sim	0,20
PN DO ACARI	AM	PI	Parque	II	8.964,2	Sim	0,52	0,79	Não	0,22
EE DA TERRA DO MEIO	PA	PI	Estação Ecológica	Ia	33.731,1	Sim	0,51	0,78	Sim	0,24

EE ALTO MAUÉS	AM	PI	Estação Ecológica	Ia	6.665,5	Sim	0,42	0,83	Não	0,24
RB DO MANICORÉ	AM	PI	Reserva Biológica	Ia	3.591,4	Sim	0,52	0,64	Não	0,24
PN DO JURUENA	AM, MT	PI	Parque	II	19.570,1	Não	0,64	0,77	Sim	0,24
PE SUCUNDURI	AM	PI	Parque	II	7.960,6	Sim	0,53	0,53	Sim	0,25
FE DE TAPAUÁ	AM	US	Floresta	VI	8.814,7	Não	0,62	0,63	Não	0,25
RESEX RIO XINGU	PA	US	Reserva Extrativista	VI	3.030,0	Sim	0,62	0,75	Sim	0,25
PN DA SERRA DO DIVISOR	AC	PI	Parque	II	8.375,5	Sim	0,55	0,65	Não	0,25
RESEX PEDRAS NEGRAS	RO	US	Reserva Extrativista	VI	1.242,8	Não	0,58	0,50	Sim	0,25
FN DE MAPIÁ-INAUINÍ	AM	US	Floresta	VI	3.689,5	Não	0,62	0,78	Sim	0,25
FN DE PAU-ROSA	AM	US	Floresta	VI	9.853,1	Não	0,50	0,80	Não	0,26
FE DE FARO	PA	US	Floresta	VI	6.140,0	Não	0,51	0,63	Sim	0,27
RESEX RIO IRIRI	PA	US	Reserva Extrativista	VI	3.989,8	Não	0,62	0,77	Sim	0,28
RESEX DO MÉDIO PURÚS	AM	US	Reserva Extrativista	VI	6.005,5	Sim	0,52	0,66	Sim	0,28
RESEX ALTO JURUÁ	AC	US	Reserva Extrativista	VI	5.379,8	Não	0,55	0,60	Sim	0,28
FE ARIPUANÃ	AM	US	Floresta	VI	3.287,4	Não	0,50	0,38	Sim	0,28
FN DO PARIMA	RR	US	Floresta	VI	1.094,8	Não	0,41	0,56	Sim	0,29

FN DO ARIPUANÃ	AM	US	Floresta	VI	7.512,9	Não	0,62	0,77	Não	0,29
RB DO GUAPORÉ	RO	PI	Reserva Biológica	Ia	6.157,9	Sim	0,65	0,93	Sim	0,30
FE DO PARU	PA	US	Floresta	VI	36.100,1	Não	0,50	0,49	Sim	0,30
PE DE CORUMBIARA	RO	PI	Parque	II	3.800,8	Não	0,54	0,64	Não	0,30
RESEX RIO PACAÁS NOVOS	RO	US	Reserva Extrativista	VI	3.462,4	Sim	0,59	0,80	Sim	0,30
RESEX RIOZINHO DO ANFRÍSIO	PA	US	Reserva Extrativista	VI	7.370,3	Sim	0,57	0,77	Sim	0,31
PE ILHA DAS FLORES	RO	PI	Parque	II	898,3	Não	0,32	0,50	Sim	0,31
FN DE URUPADI	AM	US	Floresta	VI	5.379,9	Não	0,57	0,83	Não	0,31
RESEX ITUXÍ	AM	US	Reserva Extrativista	VI	7.773,8	Sim	0,53	0,66	Sim	0,31
FE MANICORÉ	AM	US	Floresta	VI	833,6	Não	0,54	0,31	Não	0,31
EE DO RIO ROOSEVELT	MT	PI	Estação Ecológica	Ia	979,7	Sim	0,60	0,56	Não	0,32
PN DOS CAMPOS AMAZÔNICOS	AM, RO, MT	PI	Parque	II	9.613,1	Não	0,58	0,77	Sim	0,32
FN DO AMANÁ	PA	US	Floresta	VI	6.826,4	Não	0,47	0,85	Não	0,32
RESEX GUARIBA- ROOSEVELT	MT	US	Reserva Extrativista	VI	1.376,7	Sim	0,58	0,58	Sim	0,32
RESEX DO RIO	RO	US	Reserva	VI	751,3	Sim	0,74	0,95	Sim	0,33

CAUTÁRIO			Extrativista							
RESEX RIO CAUTÁRIO	RO	US	Reserva Extrativista	VI	1.486,9	Sim	0,59	0,68	Sim	0,33
PN DE PACAÁ S NOVOS	RO	PI	Parque	II	7.061,2	Não	0,55	0,64	Sim	0,33
FN DE ITAITUBA I	PA	US	Floresta	VI	2.130,9	Não	0,55	0,85	Não	0,34
EE DO JARI	AP, PA	PI	Estação Ecológica	Ia	2.311,1	Sim	0,63	0,56	Não	0,35
FN DE ITAITUBA II	PA	US	Floresta	VI	3.977,5	Não	0,54	0,87	Sim	0,36
RESEX VERDE PARA SEMPRE	PA	US	Reserva Extrativista	VI	12.892,9	Sim	0,64	0,88	Não	0,36
PN MAPINGUARI	AM, RO	PI	Parque	II	17.769,1	Sim	0,53	0,79	Sim	0,37
RESEX RENASCER	PA	US	Reserva Extrativista	VI	2.096,6	Sim	0,62	0,80	Não	0,37
RB DO GURUPI	MA	PI	Reserva Biológica	Ia	2.714,7	Não	0,51	0,82	Sim	0,43
EE SERRA DOS TRÊS IRMÃOS	RO	PI	Estação Ecológica	Ia	889,6	Sim	0,51	0,85	Não	0,44
FN DE JACUNDÁ	RO	US	Floresta	VI	2.208,2	Não	0,67	0,82	Não	0,47
EE SAMUEL	RO	PI	Estação Ecológica	Ia	689,9	Sim	0,51	0,72	Não	0,47
FN DE BOM FUTURO	RO	US	Floresta	VI	1.000,8	Não	0,52	0,64	Não	0,50
FN DE CARAJÁS	PA	US	Floresta	VI	3.912,5	Não	0,52	0,70	Sim	0,54

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas** 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE)**. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/sistema-de-informacoes-geograficas-da-mineracao-sigmine>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

APARICIO, Miguel *et al.* Povos indígenas isolados ante as políticas da extrema direita brasileira no governo (2019-2022). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 21, p. e20240088, 2026.

BARNI, Paulo Eduardo; FEARNSIDE, Philip Martin; GRAÇA, Paulo Maurício Lima de Alencastro. Simulating Deforestation and Carbon Loss in Amazonia: Impacts in Brazil's Roraima State from Reconstructing Highway BR-319 (Manaus-Porto Velho). **Environmental Management**, v. 55, n. 2, p. 259–278, 1 fev. 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Brasília, 18 jul. 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 14 maio. 2026

CANGUSSU, Daniel. **Manual Indigenista Mateiro: Princípios de botânica e arqueologia aplicados ao monitoramento e proteção dos territórios dos povos indígenas isolados na Amazônia**. Dissertação de mestrado—Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2021.

CANGUSSU, Daniel *et al.* Do mel ao arco das cinzas: sobre a ecologia das abelhas e dos territórios dos povos indígenas isolados na fronteira amazônica. **Revista Brasileira de Linguística Antropológica**, v. 14, p. 277–314, 29 dez. 2022.

CANGUSSU, Daniel. **Ecologias do não-contato: Uma revisão crítica das bases socioecológicas aplicadas à salvaguarda dos territórios de povos indígenas isolados na Amazônia**. Tese de Doutorado—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2026.

CLEMENT, Charles R. *et al.* The domestication of Amazonia before European conquest. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1812, p. 20150813, 7 ago. 2015.

DORMANN, Carsten *et al.* Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. **Ecography**, v. 30, n. 5, p. 609–628, out. 2007.

FEARNSIDE, Philip M. Conservation Policy in Brazilian Amazonia: Understanding the Dilemmas. **World Development**, v. 31, n. 5, p. 757–779, maio 2003.

FEARNSIDE, Philip M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FEARNSIDE, Philip Martin *et al.* Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 208–233, 2009.

GOEBEL, Luan Gabriel Araujo *et al.* The impact of Amazon deforestation is magnified by changing the configuration of forest cover. **Environmental Conservation**, v. 52, n. 3, p. 108–117, set. 2025.

GONÇALVES-SOUZA, Thiago *et al.* Species turnover does not rescue biodiversity in fragmented landscapes. **Nature**, v. 640, n. 8059, p. 702–706, 2025.

ICMBIO. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Balata-Tufari/AM**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-balata-tufari/arquivos/plano_de_manejo_flona_de_balata_tufari.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão (SAMGe): manual**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://samge.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 8 abr. 2026

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **SAMGe: Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão**. Disponível em: <https://samge.icmbio.gov.br/uploads/home/2024_04_19/Manual_SAMGe_Ciclo_2023_V4-20240419223429.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **TerraBrasilis - Supressão da vegetação nativa para a Amazônia Legal**. Disponível em: <<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/507294db-a789-42dd-9158-9dea77d9293f>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

LAPOLA, David M. *et al.* A climate-change vulnerability and adaptation assessment for Brazil's protected areas. **Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology**, v. 34, n. 2, p. 427–437, abr. 2020.

LEVIS, C. *et al.* Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. **Science**, v. 355, n. 6328, p. 925–931, 3 mar. 2017.

LEVIS, Carolina *et al.* How People Domesticated Amazonian Forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, 17 jan. 2018.

LOEBENS, Guenter Francisco; NEVES, Lino João de O. **Povos indígenas isolados na Amazônia**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2011.

MACE, Georgina M. Whose conservation? **Science**, v. 345, n. 6204, p. 1558–1560, 26 set. 2014.

MANGEL, Marc; SAMANIEGO, Francisco J. Abraham Wald's Work on Aircraft Survivability. **Journal of the American Statistical Association**, v. 79, n. 386, p. 259–267, 1 jun. 1984.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Banco de Informações de Transportes (BIT)**. , 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bit-mapas>>. Acesso em: 8 abr. 2026

MOLINA, Luísa. **Terra rasgada: como avança o garimpo na Amazônia brasileira**. Brasília: Aliança em Defesa dos Territórios, 2023. Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/o3l00008.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2026.

NEPSTAD, D. *et al.* Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 65–73, fev. 2006.

NEPSTAD, Daniel C. *et al.* Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, v. 398, n. 6727, p. 505–508, abr. 1999.

NOLTE, Christoph; AGRAWAL, Arun. Linking management effectiveness indicators to observed effects of protected areas on fire occurrence in the Amazon rainforest. **Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology**, v. 27, n. 1, p. 155–165, fev. 2013.

OLIVEIRA, Ubirajara *et al.* BioDinamica: a toolkit for analyses of biodiversity and biogeography on the Dinamica-EGO modelling platform. **PeerJ**, v. 7, p. e7213, 12 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Convenção sobre Povos Indígenas e Tribais em Países Independentes.** , 1989. Disponível em: <https://trt2.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/OIT/OIT_169.html#Convencao_169>. Acesso em: 9 abr. 2026

PAGLIARO, Heloísa; AZEVEDO, Marta Maria; SANTOS, Ricardo Ventura (ORGS.). **Demografia dos povos indígenas no Brasil.** [S.l.]: Editora FIOCRUZ, 2005.

PEREIRA, Jorge Luis Gavina; FERREIRA, Leandro Valle. The effectiveness of the categories of protected areas in containing deforestation in the legal Amazon. **Boletim de Geografia**, n. 39, 23 set. 2021.

PROJETO MAPBIOMAS. **Dados de Infraestrutura.** Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/dados-de-infraestrutura/>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

REDE AMAZÔNICA DE INFORMAÇÃO SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA. **Garimpo Ilegal.** Disponível em: <<https://www.raisg.org/pt-br/mapas/>>. Acesso em: 8 abr. 2026.

RIBEIRO, Fabio *et al.* **Relatório de Fundamentação da Destinação da Terra Indígena Tanaru.** BrasíliaObservatório dos Direitos Humanos dos Povos Indígenas Isolados e de Recente Contato, , 2026. Disponível em: <<https://povosisolados.org/wp-content/uploads/2026/05/TANARU-Relatorio-de-Fundamentacao-da-Destinacao.pdf>>. Acesso em: 13 maio. 2026

RICARDO, Fany Pantaleoni; GONGORA, Majoí Fávero. **Cercos e resistências: povos indígenas isolados na Amazônia brasileira.** 1. ed. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2019.

RORATO, Ana C. *et al.* Environmental vulnerability assessment of Brazilian Amazon Indigenous Lands. **Environmental Science & Policy**, v. 129, p. 19–36, mar. 2022.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural.** Disponível em: <<https://consulta.car.gov.br/geoservices>>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SILVA, José Maria Cardoso da *et al.* Funding deficits of protected areas in Brazil. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104926, 1 jan. 2021.

SOARES-FILHO, Britaldo *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 15 jun. 2010.

SOARES-FILHO, Britaldo *et al.* Brazil's Market for Trading Forest Certificates. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0152311, 6 abr. 2016.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira *et al.* Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–523, mar. 2006.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira *et al.* Contribution of the Amazon protected areas program to forest conservation. **Biological Conservation**, v. 279, p. 109928, 1 mar. 2023.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) n. 991: povos indígenas isolados e de recente contato**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/arguicao-de-descumprimento-de-preceito-fundamental-adpf-n-991-povos-indigenas>. Acesso em: 8 abr. 2026

WALKER, Wayne *et al.* Forest carbon in Amazonia: the unrecognized contribution of indigenous territories and protected natural areas. **Carbon Management**, v. 5, n. 5–6, p. 479–485, 2014.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Field. *In: Applications of Soil Physics*. New York: Elsevier, 1980. p. 319–344.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.