

DETECÇÃO DE FRAUDES E IRREGULARIDADES EM TERRAS INDÍGENAS POR SISTEMA IA DE INTEGRIDADE AMBIENTAL

Projeto de Pesquisa apresentado à Escola do Ministério Público da União (ESMPU) como requisito de participação no processo seletivo de concessão de bolsas.

Eixo temático: Meio Ambiente e Sustentabilidade

Edital ESMPU: 0209/2025

SUMÁRIO

1	Introdução	2
2	Objetivos geral e específicos	5
3	Público-alvo	6
4	Revisão de literatura	6
5	Metodologia	8
6	Produtos, serviços e impactos esperados	9
7	Gerenciamento de risco	11
8	Cronograma mensal	11
9	Grupo de pesquisa.....	12
10	Despesas e serviços	13
11	Valor total do projeto.....	13
12	Considerações finais	13
	Referências bibliográficas	14

1 Introdução

1.1 Problema de Pesquisa

Há indícios recorrentes de corrupção em procedimentos de licenciamento ambiental e na governança fundiária que incidem sobre terras indígenas, com efeitos sobre integridade ambiental, captura regulatória e acesso à justiça. As bases de licenças, registros/cadastros e imagens de satélite são fragmentadas e pouco interoperáveis, elevando custos de triagem e tempo de resposta institucional. O quadro pode ser agravado pela insuficiência de ferramentas auditáveis para priorização institucional sem risco de violação de garantias processuais (devido processo, LGPD e contestabilidade).

1.2 Justificativa

O projeto propõe um sistema de inteligência artificial (IA) para auxiliar na detecção de fraudes e irregularidades em geral em terras indígenas. Este sistema de IA é composto por um fluxo automatizado e auditável de processamento de dados e modelos de IA (*pipeline* de IA), interfaces de análise geoespacial com explicabilidade, e protocolos de governança/LGPD e uso probatório em processos judiciais.

A fundamentação dialoga com a Convenção das Nações Unidas contra a Corrupção (UNCAC)¹; com a Convenção Americana sobre Direitos Humanos (CADH, Pacto de San José)²; com o Protocolo Adicional à Convenção Americana em matéria de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (Protocolo de San Salvador, DESC)³ - inclusive quanto a meio ambiente, água e alimentação; com a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT)⁴ - consulta e participação, recursos naturais; com a Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas (UNDRIP)⁵; com a Declaração Americana sobre os Direitos dos Povos Indígenas (Organização dos Estados Americanos, OEA)⁶; e com o Acordo de Escazú⁷ - acesso à informação, participação e justiça ambiental, assinado pelo Brasil. Converge ainda com o Acordo

¹ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Convenção das Nações Unidas contra a Corrupção (UNCAC). Nova Iorque: ONU, 2003.

² ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. Convenção Americana sobre Direitos Humanos (Pacto de San José). San José: OEA, 1969.

³ ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. Protocolo de San Salvador: Protocolo Adicional à Convenção Americana em matéria de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. San Salvador: OEA, 1988.

⁴ ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Convenção nº 169 sobre Povos Indígenas e Tribais. Genebra: OIT, 1989.

⁵ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas (UNDRIP). Nova Iorque: ONU, 2007

⁶ ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. Declaração Americana sobre os Direitos dos Povos Indígenas. Santo Domingo: OEA, 2016

⁷ COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. Acordo de Escazú: Acesso à informação, participação pública e justiça em assuntos ambientais na América Latina e no Caribe. Escazú: CEPAL, 2018

de Paris⁸, com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB, art. 8(j))⁹, com a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens Ameaçadas de Extinção (CITES)¹⁰, com a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Ramsar)¹¹ e a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)¹². A jurisprudência interamericana (casos *Pueblo Indígena Kichwa de Sarayaku vs. Equador* e *Comunidades Indígenas Membros de la Asociación Lhaka Honhat (Nuestra Tierra) vs. Argentina*)¹³ reforça a consulta prévia, a proteção territorial e os direitos ambientais e culturais. No plano nacional, diagnósticos oficiais salientam a insuficiência de integração e cruzamento de bases para controle e fiscalização, recomendando integração interbancos, priorização por risco e transparência de indicadores.¹⁴ As normativas internacionais e internas reforçam a utilidade pública do sistema proposto para detecção estruturada de fraudes e irregularidades com explicabilidade e governança. Com isso, o Ministério Público da União amplia a capacidade de triagem e priorização, reforça integridade institucional e efetiva direitos de povos indígenas, com transparência e controle social por indicadores agregados (resguardados sigilos).

O projeto entregará um protótipo funcional auditável, um guia operacional, protocolos/notas técnicas, artigos científicos, relatórios, atividade de extensão e plano de replicabilidade.

1.3. Questão de Pesquisa

Em que medida, e sob quais salvaguardas de governança algorítmica e de direitos humanos, um fluxo automatizado e auditável de processamento de dados e modelos de IA (*pipeline* de IA) que cruza licenças ambientais, registros fundiários e imagens de satélite consegue identificar, com explicabilidade auditável, irregularidades indicativas de corrupção em procedimentos que incidem sobre terras indígenas, produzindo evidências úteis e acionáveis para a atuação do MPF e outros ramos do MPU?

1.4. Relação com os Eixos Temáticos e Transversais

a) Eixos temáticos

Meio Ambiente e Sustentabilidade (eixo principal): O projeto cria um sistema inteligente de cruzamento de dados (licenças ambientais, cadastros/registro de terras e séries satelitais) para

⁸ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris. Paris: ONU, 2015

⁹ CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Rio de Janeiro: ONU, 1992

¹⁰ CITES. Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens Ameaçadas de Extinção. Washington, DC: 1973

¹¹ CONVENÇÃO DE RAMSAR. Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Ramsar). Ramsar: 1971

¹² ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD). Paris: ONU, 1994.

¹³ CORTE INTERAMERICANA DE DIREITOS HUMANOS. *Pueblo Indígena Kichwa de Sarayaku vs. Equador*, 2012; *Comunidades Indígenas Membros de Lhaka Honhat vs. Argentina*, 2020. San José: Corte IDH.

¹⁴ BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Caderno – Fiscalizações de Agricultura e Organização Agrária* (v. 6). Brasília: TCU, s.d. e BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Determinações e recomendações sobre integração de bases e priorização por risco em políticas agrárias*. Brasília: TCU, s.d.

detectar indícios de corrupção ligados a danos ambientais em terras indígenas. A abordagem combina métricas espaço-temporais e explicabilidade dos alertas, permitindo triagem e priorização de casos ambientais complexos, prevenção de ilícitos (desmatamento, uso irregular do solo, garimpo) e resposta rápida com base técnica auditável. Os produtos (protótipo funcional, guia operacional, protocolos/notas técnicas, relatórios, atividade de extensão e plano de replicabilidade) fortalecem a integridade ambiental e a sustentabilidade da atuação institucional. **Cooperação e Efetivação de Direitos** (com ênfase em povos indígenas): A proposta reconhece povos indígenas como vítimas de padrões de corrupção sistêmica que atravessam licenciamento e governança fundiária. O fluxo automatizado e auditável de IA subsidia respostas coordenadas (cível, penal e estrutural), com cadeia de custódia digital, governança algorítmica/LGPD e indicadores agregados que favorecem acesso à informação, participação e controle social, respeitados sigilos legais. O guia operacional e os protocolos oferecem instrumentos práticos para a efetivação de direitos (territoriais, culturais e ambientais), inclusive por meio de medidas de tutela coletiva e estrutural. **Crime Organizado e Estado Democrático de Direito:** Ao sinalizar incongruências e padrões atípicos (por exemplo, licenças incompatíveis com zoneamento, mutações registrais suspeitas, atividade extrativa sem lastro autorizativo), o projeto desarma assimetrias informacionais típicas de arranjos corruptos e de cadeias ilícitas (grilagem, garimpo, captura regulatória). A explicabilidade e os logs de auditoria dão suporte à responsabilização com respeito ao devido processo e aos padrões probatórios, reforçando o Estado de Direito e a confiança pública na utilização ética e transparente de IA.

b) Eixos Transversais

- **Direitos Humanos:** A proposta promove a proteção de direitos territoriais e culturais de povos indígenas e do direito coletivo a um meio ambiente equilibrado, articulando governança algorítmica, explicabilidade, contestabilidade e cadeia de custódia digital para resguardar devido processo e proporcionalidade. Os produtos acadêmicos e institucionais (guia operacional, protocolos e atividade de extensão) orientam a aplicação responsável das evidências geradas.
- **Gênero, raça e etnia:** Reconhece-se que a corrupção ambiental e fundiária produz impactos desproporcionais sobre povos indígenas, com atenção a recortes de gênero. Para mitigar discriminações, prevê-se auditoria de viés algorítmico, uso de dados desagregados quando possível e participação qualificada na validação de indicadores de risco, com registro transparente dos resultados nos relatórios e no guia.
- **Internacionalização:** O projeto ancora-se em instrumentos internacionais anticorrupção, ambientais e de proteção de povos indígenas, e dialoga com a jurisprudência interamericana pertinente. Adota-se boas práticas globais de IA responsável e de monitoramento satelital, com foco

na replicabilidade metodológica, na produção de artigos nacionais e internacionais e em um plano de disseminação e expansão institucional.

- **Melhoria Institucional:** A implementação de um fluxo automatizado e auditável (pipeline de IA) qualifica a triagem e a priorização de casos, reduz o tempo de análise preliminar e padroniza procedimentos de governança, LGPD, explicabilidade, logs e padrões probatórios. O protótipo funcional, o catálogo e dicionário de dados, o guia operacional e os relatórios estruturam a adoção sustentável da solução.

- **Responsabilidade Social:** A disponibilização de indicadores agregados, com observância de sigilos legais, favorece transparência e controle social, contribuindo para prevenir danos ambientais e proteger modos de vida em terras indígenas. A atividade de extensão e as recomendações em notas técnicas aproximam o conhecimento produzido das comunidades e instituições envolvidas, reforçando a confiança pública no uso ético de IA.

2 Objetivos geral e específicos

a) Objetivo geral

Desenvolver, validar e documentar um fluxo automatizado e auditável de processamento de dados e modelos de IA (*pipeline* de IA) que integre licenças ambientais, cadastros/registro de terras e imagens de satélite para detectar e priorizar indícios de corrupção e fraudes em procedimentos que incidem sobre terras indígenas, estabelecendo padrões de governança, explicabilidade, LGPD e uso probatório responsável aplicáveis no âmbito institucional.

b) Objetivos específicos

1. Integrar bases oficiais (licenças/EIA-RIMA/condicionantes; cadastros/registro; TIs; séries satelitais), com padronização, georreferenciamento, deduplicação e trilha de auditoria.
2. Construir indicadores de risco jurídico-ambiental/fundiário a partir de regras de conformidade e métricas espaço-temporais das imagens.
3. Priorizar situações fora do padrão, combinando regras e um mecanismo de detecção não decisório, com métricas de qualidade e validação simples.
4. Assegurar explicabilidade e cadeia de custódia: cada alerta explicará qual documento, qual regra e qual imagem o sustentam; registros com logs e versionamento.
5. Governança de IA/LGPD: checklists, limites de automação, auditorias de viés/impacto e critérios transparentes de priorização.
6. Transferência institucional: co-desenho com usuários, capacitação, guia operacional e plano de replicação (requisitos mínimos e indicadores de acompanhamento).

Hipóteses que serão objeto de investigação

(i) *Integridade, direitos e não discriminação*. O uso do sistema preserva garantias jurídicas e não produz vieses indevidos: as taxas de falsos positivos/negativos não diferem de forma relevante entre Terras Indígenas e áreas comparáveis (controlados fatores contextuais). Checklists, trilhas de auditoria e registro de versões aumentam a confiança do usuário e reduzem incidentes de cadeia de custódia.

(ii) *Metodológicas*. O desempenho permanece estável ao variar janelas temporais e amostras; transfere-se com ajustes mínimos para domínios correlatos; e reduz o tempo de análise por caso sem perda estatisticamente significativa de qualidade (boa custo-efetividade).

(iii) *Substanciais*. O sistema detecta casos relevantes com metas mínimas pré-definidas; o cruzamento multifonte (licenças + cadastros/registro + satélite) supera o uso isolado de cada base; explicabilidade aumenta a aceitação e melhora a priorização; e convergência de anomalias eleva a probabilidade de iniciativas e desfechos institucionais (p. ex., recomendações, PICs, inquéritos civis, TACs, ações).

Observação sobre teste das hipóteses: aplicação de amostras rotuladas, controles estatísticos, experimentos A/B e séries temporais, com métricas pré-fixadas (precisão, recall, F1, AUC e tempo de análise) para permitir corroboração ou refutação.

3 Público-alvo

O público-alvo direto são membros e servidores do Ministério Público da União que atuam em meio ambiente, populações indígenas, patrimônio público/anticorrupção, área criminal e tutela coletiva/estrutural, aos quais o sistema oferece triagem qualificada e priorização com explicabilidade auditável, reduzindo o tempo de análise preliminar e padronizando procedimentos de ingestão, integração e validação de dados com cadeia de custódia digital, logs e checklists de conformidade. O projeto contempla também público externo impactado pelos resultados, especialmente comunidades indígenas e suas organizações representativas, que se beneficiam de maior proteção territorial, transparência sobre riscos agregados e respostas coordenadas a danos ambientais e fundiários; igualmente, órgãos e entidades parceiras da administração pública, defensorias e advocacia pública, tribunais de contas, organizações da sociedade civil e academia podem utilizar os insumos produzidos (protocolos, notas técnicas e indicadores agregados, observados os sigilos legais) para controle social, prevenção de ilícitos, cooperação institucional e difusão de boas práticas. Prevê-se disponibilização de materiais de extensão e ações de comunicação acessíveis às comunidades atendidas, de modo a reforçar a compreensão sobre o uso responsável de IA e os canais de participação e contestação.

4. Revisão de literatura

A literatura sobre corrupção em recursos naturais e governança fundiária indica que violações

ambientais e fraudes registrais frequentemente decorrem de arranjos opacos no licenciamento e na cadeia fundiária, com efeitos desproporcionais sobre territórios tradicionais¹⁵. Estudos de políticas públicas e economia institucional apontam a necessidade de mecanismos analíticos para detectar padrões atípicos e reduzir assimetrias informacionais entre órgãos de controle e agentes regulados.¹⁶ Em paralelo, a área de sensoriamento remoto mostra, há mais de uma década, que séries temporais de satélite (p. ex., *Landsat*, *Sentinel*) permitem monitorar mudança de uso do solo, supressão vegetal e abertura de vias, viabilizando alertas quase em tempo real quando combinadas a camadas vetoriais de interesse (limites de terras indígenas, unidades de conservação, polígonos de licenças)¹⁷. Plataformas de análise geoespacial em escala (como infraestruturas tipo *Earth Engine*) e produtos consolidados (p. ex., mapas globais de cobertura florestal) tornaram exequível integrar múltiplas fontes para priorização de risco ambiental.¹⁸ No campo de IA aplicada à integridade pública, pesquisas sobre detecção de anomalias consolidam abordagens não supervisionadas e semi-supervisionadas para apontar desvios em dados heterogêneos¹⁹, enquanto trabalhos de explicabilidade e fairness estabelecem requisitos para uso responsável de modelos em decisões com impacto jurídico: justificativas legíveis, avaliação de viés e trilhas de auditoria que assegurem cadeia de custódia digital e contestabilidade²⁰. Em termos normativos, a literatura em direitos humanos e povos indígenas fornece parâmetros de consulta e participação, proteção territorial e meio ambiente saudável, alinhando o emprego de tecnologias a marcos internacionais anticorrupção e ambientais²¹.

¹⁵ INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). Agrobandidagem e a expansão da fronteira na Amazônia Sul-Occidental. *Boletim de Análise Político-Institucional (BAPI)*, n. 36, Brasília: Ipea, 2024; KOLSTAD, I.; SØREIDE, T. Corruption in natural resource management: implications for policy makers. *Resources Policy*, v. 34, n. 4, p. 214–226, 2009. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420709000221>, acesso em 20 de out 2025. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). *Dinâmicas da violência e da criminalidade na Região Norte do Brasil*. Brasília: Ipea, 2023.

¹⁶ TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL – BRASIL. *Governança fundiária frágil, fraude e corrupção: um terreno fértil para a grilagem de terras*. Brasília: Transparência Internacional – Brasil, 2021. MOTTA, Filipe Mendes; MENDONÇA, Ricardo Fabrino. Assimetria informacional, poder e sistemas deliberativos: uma análise de conflitos ambientais em Minas Gerais. *Revista de Sociologia e Política*, Curitiba, v. 31, e008, 2023. DOI: 10.1590/1678-98732331e008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-98732331e008>. Acesso em: 20 out. 2025

¹⁷ FELIX, Filipe Castro; TAVARES, André Silva; COUTINHO, Alexandre Camargo; ANTUNES, João Francisco Gonçalves; ESQUERDO, Júlio César Dalla Mora. Uso de séries temporais Sentinel-2 para mapeamento de classes de cobertura vegetal do Norte de Rondônia. *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Galoá Proceedings*, 2023, p. 2052-2055. Disponível em: <https://proceedings.science/p/164590>. Acesso em: 20 out. 2025.

¹⁸ CORRÊA, Ana Paula Saragossa, Inteligência artificial e geotecnologias na fiscalização agrícola: proposta metodológica aplicada ao município de Jussara-GO, in *Anais do XXX Seminário Interno da Pós-Graduação em Geografia – IESA/UFG (SINPGeo)*. Goiânia: UFG, 2025, p. 45-55

¹⁹ SCHIEFLER, Gustavo. O uso de IA generativa pela administração pública. *Consultor Jurídico (ConJur)*, São Paulo, 17 mar. 2024. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2024-mar-17/o-uso-de-ia-generativa-pela-administracao-publica/>. Acesso em: 20 out. 2025.

²⁰ RIGHI IVAHY BADARÓ, Gustavo Henrique. Os standards metodológicos de produção na prova digital e a importância da cadeia de custódia. *Boletim IBCCRIM*, São Paulo, v. 29, n. 343, p. 7–9, 2024. Disponível em: https://publicacoes.ibccrim.org.br/index.php/boletim_1993/article/view/1325, Acesso em: 20 out. 2025 e OLIVEIRA, V. M. ISO 27037 Diretrizes para identificação, coleta, aquisição e preservação de evidência digital. Disponível em <https://academiadeforensedigital.com.br/iso-27037-identificacao-coleta-aquisicao-e-preservacao-de-evidencia/aqui>, acesso em: 20 out. 2025

²¹ SARLET, Ingo Wolfgang e FENSTERSEIFER, Tiago. *Curso de Direito Ambiental*, 5ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 2025; CARVALHO RAMOS, André de. *Curso de Direitos Humanos*, 12ª ed. São Paulo: Saraiva, 2025; SOUZA JUNIOR, Angelo Aparecido. *A convenção nº 169 da OIT sobre direitos indígenas no Brasil: Uma abordagem acerca da propriedade indígena no Brasil*. Londres: Novas Edições Acadêmicas, 2017

Lacunas do estado da arte: (i) Apesar de evidências setoriais, são raros os estudos que integram ponta a ponta três camadas: licenciamento ambiental, cadastro/registro de terras e séries satelitais em um fluxo automatizado e auditável apto à triagem probatória. (ii) Faltam arranjos que combinem, no mesmo sistema, regras jurídico-regulatórias (para garantias e rastreabilidade) e modelos de anomalia (para ganho de detecção), com explicabilidade ao nível exigido por atores jurídicos. (iii) Faltam protocolos de governança de IA específicos para atuação ministerial, cobrindo LGPD, logs, versionamento e limites de automação vinculados a padrões probatórios. (iv) São escassas avaliações quase-experimentais que mensurem valor incremental do cruzamento multifonte face a fontes isoladas. (v) Há déficit de estudos com recorte indígena que validem o desempenho e a não discriminação (falsos positivos/negativos) comparando Terras Indígenas e áreas não indígenas sob controles contextuais. (vi) Poucos trabalhos documentam planos de replicabilidade, o que dificulta escala e sustentabilidade pós-projeto. O presente projeto se posiciona exatamente nessas lacunas: entrega um sistema inteligente de cruzamento de dados com explicabilidade e trilha de auditoria, articulando camadas jurídicas e geoespaciais, validado com métricas objetivas e salvaguardas de direitos, e acompanhado de guia operacional e plano de replicabilidade para adoção institucional.

5. Metodologia

A pesquisa é exploratória–descritiva, com componente explicativo. Exploratória, porque integra bases heterogêneas (licenciamento, cadastro/registro e séries satelitais) para criar indicadores inéditos; descritiva, ao mapear padrões espaço-temporais de risco; e explicativa, ao testar hipóteses sobre a convergência de anomalias e seus vínculos com indícios de corrupção que incidem sobre Terras Indígenas.

O trabalho segue seis fases, alinhadas ao cronograma. Na Fase 1, levantam-se e organizam-se as bases oficiais, padronizando formatos e ativando trilha de auditoria desde o início (cadeia de custódia digital). Na Fase 2, traduzimos normas em regras de conformidade e combinamos com indicadores geoespaciais para gerar sinais de alerta compreensíveis. A Fase 3 implementa um mecanismo de priorização que apenas destaca situações fora do padrão, sempre com explicações sobre as razões do alerta. A Fase 4 valida resultados por métricas simples (precisão, recall, F1, AUC) e por teste de retirada controlada de camadas — comparamos o desempenho usando todas as bases e, depois, retirando uma por vez (licenças, cadastros/registro ou satélite) para medir o ganho específico de cada fonte. A Fase 5 realiza oficinas com membros e servidores para ajustar limiares, telas e fluxos, fixando limites de automação (o sistema não decide nem substitui o juízo jurídico). A Fase 6 entrega guia operacional, protocolos (LGPD, segurança, contestação, custódia) e plano de replicabilidade.

Os métodos de coleta concentram-se em análise documental de atos e sistemas oficiais (licenças, processos, pareceres, cadastros e matrículas, limites oficiais de TIs), complementados por imagens de satélite como contexto fático (antes/depois de alterações na cobertura vegetal). Haverá entrevistas institucionais sem dados sensíveis, voltadas a rotinas de triagem e instrução; observação limitada de procedimentos para desenhar fluxos e checklists; e escuta técnica com órgãos parceiros e sociedade civil apenas em nível agregado.

Em ética e proteção de dados, aplica-se necessidade e minimização: usa-se apenas o indispensável à pesquisa. O acesso a dados institucionais fica condicionado a autorização prévia e expressa do órgão custodiante; sem autorização, o piloto segue exclusivamente com fontes públicas. Observam-se LGPD e sigilo (sem base com dados sensíveis; pseudonimização/anonimização quando houver risco de identificação). A cadeia de custódia digital é assegurada por logs de acesso e versionamento (data, hora, usuário), controle de perfis e verificação de integridade. Toda explicação do alerta identifica qual documento, qual regra e qual imagem o fundamenta, permitindo verificação e contestação.

A análise combina geoprocessamento e estatística descritiva (distribuições, séries temporais e mapas de evidência) com regras jurídico-regulatórias e o mecanismo de priorização. O universo abrange atos de licenciamento e eventos registrais que incidem sobre Terras Indígenas em recorte piloto da Amazônia Sul-Ocidental, na janela 2019–2025 (ajustável à disponibilidade/qualidade dos dados). As unidades de análise são eventos (licenças, condicionantes, mutações, detecções satelitais), polígonos (TIs e entornos) e municípios-piloto. As entrevistas institucionais dirigem-se a membros e servidores das áreas ambiental, patrimônio público/anticorrupção, criminal e tutela coletiva, com amostragem intencional e por saturação temática, sem coleta de dados sensíveis.

6 Produtos, serviços e impactos esperados

- a. **Produtos esperados.** O projeto entregará, ao longo de 24 meses, dois relatórios analíticos parciais e um relatório final, todos com achados, métricas e recomendações; até dois artigos científicos (um sobre o método de cruzamento licenças–cadastros/registro–satélite e outro sobre governança de IA com ênfase em explicabilidade, LGPD e cadeia de custódia); um conjunto de publicações técnicas (Guia Operacional para uso do painel e dossiês; Manual de Boas Práticas de Governança de IA com checklists, limites de automação e contestação; e Caderno de Indicadores com definições e interpretações); protocolos e modelos de peças (triagem e priorização, cadeia de custódia digital, auditoria de viés, LGPD e limites de automação, além de modelo de Nota Técnica e de Recomendação/Ofício); um painel geoespacial prototípico para geração de dossiês explicáveis por caso; e materiais de capacitação (roteiro de oficina e FAQ jurídico-técnico). Esses produtos aceleram a triagem de casos ambientais e fundiários relacionados a Terras Indígenas, padronizam critérios e

checklists, fortalecem a transparência por meio de trilhas de auditoria e explicações por alerta e disponibilizam peças-modelo reutilizáveis em procedimentos cíveis, criminais e estruturais, alinhados à LGPD e a padrões probatórios.

- b. **Impactos esperados.** Do ponto de vista institucional, espera-se ganho de eficiência na priorização e na montagem de dossiês, maior transparência (*logs* e explicações) e aumento de eficácia na seleção de casos relevantes e no direcionamento de medidas. Cientificamente, o estudo demonstra, com métricas, o valor incremental do cruzamento multifonte e avança a discussão de governança de IA aplicada à atuação ministerial (explicabilidade, contestação e limites). No plano social, contribui para a proteção de povos indígenas e do meio ambiente por respostas mais rápidas e fundamentadas, com indicadores agregados que favorecem o controle social e a cooperação com órgãos de fiscalização e registros. Em termos tecnológicos, consolida ferramentas e protocolos reutilizáveis sobre a infraestrutura existente do MPU, com padrões de integração e de registro que podem ser replicados em outros temas sensíveis. A proposta não depende de contratações externas, nem de nova infraestrutura, sendo integralmente executada pela equipe com recursos já disponíveis.
- c. **Aplicações da pesquisa para o MPU.** Os resultados beneficiam diretamente as áreas de Meio Ambiente, Populações Indígenas, Patrimônio Público/Anticorrupção, Criminal e Tutela Coletiva/Estrutural, além de núcleos de inteligência e dados/SIG. Serão legados metodologias (fluxos padronizados de integração, validação e regras de conformidade), ferramentas (painel prototípico de dossiês explicáveis e scripts documentados, reaplicáveis pela TI interna) e protocolos (triagem e priorização, cadeia de custódia digital, auditoria de viés, LGPD e limites de automação). As aplicações diretas incluem recomendações administrativas, ações judiciais e extrajudiciais, estudos e notas técnicas e o acompanhamento de políticas públicas com indicadores agregados. Entre os beneficiários internos, contam-se membros e servidores das áreas citadas (com apoio de TI/dados). Entre os externos, comunidades indígenas e suas organizações, órgãos de fiscalização e registros, defensorias, tribunais de contas e sociedade civil. Estima-se impacto inicial sobre a triagem e a instrução de procedimentos envolvendo TIs no recorte 2019–2025, com possibilidade de expansão anual conforme a adoção.
- d. **Replicabilidade e sustentabilidade.** O arranjo é transferível para outros ramos e temas (p. ex., unidades de conservação e patrimônio público), pois os módulos são documentados e as regras, parametrizáveis, exigindo apenas dados mínimos e perfis de acesso. A sustentabilidade decorre de indicadores e protocolos de uso contínuo (precisão/recall por unidade, tempo médio de triagem, dossiês contestados e confirmados) e de um plano de monitoramento semestral (M12, M18 e M24) que acompanha desempenho, viés, adoção por unidades e melhorias, com manutenção realizada pela própria equipe interna, sem custo adicional

7 Gerenciamento de risco

Risco	Classificação	Estratégia de mitigação
Acesso a dados institucionais negado/tardio	Alto	“Trilho” alternativo só com fontes públicas ; pedido formal com base legal, LGPD e prazo de resposta .
Qualidade/integração de dados heterogêneos	Alto	ETL inicial (padronização/validação/logs) e teste de retirada controlada de camadas para manter desempenho.
LGPD e sigilo	Médio	Pseudonimização/anonimização , perfis de acesso, logs e termos de responsabilidade.
Baixa adesão dos usuários	Médio	Co-desenho , explicações legíveis nos alertas, checklists simples, treinamento curto e canal de feedback .
Cronograma/atrasos	Médio	Marcos trimestrais , buffers de 2–4 semanas, revisão mensal e controle de escopo .
Mudanças de prioridade institucional	Médio	Alinhamentos bimestrais e entregas incrementais (relatórios/guias).
Desempenho/viés do mecanismo de priorização	Médio	Validação cega (precisão/recall/F1/AUC), auditoria de viés e limites de automação .
Valor probatório/cadeia de custódia	Médio	Versionamento , logs (data/hora/usuário), registro das regras e vínculo a documentos oficiais .
Licenças/termos de uso de dados e imagens	Baixo	Priorizar fontes públicas , registrar licenças e substituir datasets quando preciso.
Rotatividade da equipe	Baixo	Manual do projeto , repositório organizado e pareamento .

8 Cronograma mensal

ID	Etapas/Atividades	Início	Término
Mês 1	Plano de Projeto e Matriz de Riscos:	1/2/2026	28/02/2026
Mês 1	Plano detalhado; matriz de riscos; inventário de bases; checklists LGPD/custódia (v1); minutas de pedidos de acesso (se houver).	1/2/2026	28/02/2026
Mês 2	Ambiente e Trilhas de Auditoria Ativadas	1/3/2026	31/03/2026
Mês 2	Ambientes configurados; perfis de acesso; logs ativos; pedidos de dados institucionais protocolados (se aplicável).	1/3/2026	31/03/2026
Mês 3	ETL Geoespacial (v1) e Catálogo de Regras (v1)	1/4/2026	30/04/2026
Mês 3	Padronização/limpeza inicial; dicionário de dados (v1); mapeamento normativo em regras de conformidade (v1).	1/4/2026	30/04/2026
Mês 4	Integração Básica Concluída (v1)	1/5/2026	31/05/2026
Mês 4	Georreferenciamento e integração de licenças, cadastros/registro e satélite; validações de integridade.	1/5/2026	31/05/2026
Mês 5	Indicadores de Risco (v1) e Roteiro de Entrevistas	1/6/2026	30/06/2026
Mês 5	Primeira bateria de indicadores; telas iniciais do painel; roteiros aprovados para entrevistas institucionais.	1/6/2026	30/06/2026
Mês 6	Protótipo do Motor de Priorização (v0)	1/7/2026	31/07/2026
Mês 6	Mecanismo de priorização acoplado às regras; piloto interno com dados públicos; painel (v0).	1/7/2026	31/07/2026
Mês 7	Regras (v2) e Entrevistas – Rodada 1	1/8/2026	31/08/2026
Mês 7	Ampliação/ajuste de regras; início das entrevistas com membros/servidores; registro de achados (sem dados sensíveis).	1/8/2026	31/08/2026
Mês 8	Dossiê Explicável (v1)	1/9/2026	30/09/2026
Mês 8	Séries temporais satelitais operacionais; mapas de evidência; dossiê por caso com explicações legíveis.	1/9/2026	30/09/2026

Mês 9	Relatório Técnico Breve (v0)	1/10/2026	31/10/2026
Mês 9	Métricas iniciais (precisão/recall/F1/AUC) em amostra piloto; oficina de co-desenho (1).	1/10/2026	31/10/2026
Mês 10	Nota Técnica – Valor por Fonte	1/11/2026	30/11/2026
Mês 10	Teste de retirada controlada de camadas (sem licenças / sem cadastros / sem satélite) e análise comparativa.	1/11/2026	30/11/2026
Mês 11	Painel (v1) e Auditoria de Viés – Rodada 1	1/12/2026	31/12/2026
Mês 11	Refinos do motor/regras; painel com explicações; auditoria de viés (1ª rodada); melhorias de usabilidade.	1/12/2026	31/12/2026
Mês 12	Relatório Parcial 1 e Capacitação (Turma 1)	1/1/2027	31/01/2027
Mês 12	Descrição das entregas/produtos do mês 12: Relatório Parcial 1 (achados + métricas + riscos) e oficina de capacitação para usuários internos.	1/1/2027	31/01/2027
Mês 13	Integração Ampliada (v2)	1/2/2027	28/02/2027
Mês 13	Novas integrações (se autorizadas); expansão amostral; ajustes nos indicadores.	1/2/2027	28/02/2027
Mês 14	Protocolos LGPD/Custódia (v2)	1/3/2027	31/03/2027
Mês 14	Consolidação de protocolos (LGPD, perfis, logs, versionamento, cadeia de custódia) e documentação.	1/3/2027	31/03/2027
Mês 15	Relatório de Robustez (v1)	1/4/2027	30/04/2027
Mês 15	Testes de robustez temporal (janelas alternativas) e estabilidade por sub-regiões.	1/4/2027	30/04/2027
Mês 16	Submissão – Artigo Científico 1	1/5/2027	31/05/2027
Mês 16	Artigo 1 (método/aplicação) submetido; painel (v2).	1/5/2027	31/05/2027
Mês 17	Guia Operacional (beta) e Peças-Modelo	1/6/2027	30/06/2027
Mês 17	Guia Operacional (beta); modelos de Nota Técnica e de Recomendação/Ofício.	1/6/2027	30/06/2027
Mês 18	Painel (v3) e Plano de Replicabilidade (esboço)	1/7/2027	31/07/2027
Mês 18	Versão estável do painel; plano de replicação (requisitos, papéis e indicadores).	1/7/2027	31/07/2027
Mês 19	Ensaio de Replicação e Checklists	1/8/2027	31/08/2027
Mês 19	Testes em subdomínios/unidades-piloto; checklists de replicação (v1).	1/8/2027	31/08/2027
Mês 20	Relatório Parcial 2 e Manual de Governança (beta)	1/9/2027	30/09/2027
Mês 20	Relatório Parcial 2; capacitação (turma 2); Manual de Boas Práticas de Governança de IA (beta).	1/9/2027	30/09/2027
Mês 21	Relatório de Viés/Impacto (v2)	1/10/2027	31/10/2027
Mês 21	Auditoria final de viés/impacto; ajustes de limites de automação; testes finais do fluxo de dossiês.	1/10/2027	31/10/2027
Mês 22	Submissão – Artigo Científico 2	1/11/2027	30/11/2027
Mês 22	Artigo 2 (governança/explicabilidade/LGPD) submetido; Guia Operacional (v2).	1/11/2027	30/11/2027
Mês 23	Caderno de Indicadores e Protocolos Finais	1/12/2027	31/12/2027
Mês 23	Consolidação do caderno de indicadores e protocolos definitivos; plano de monitoramento pós-projeto.	1/12/2027	31/12/2027
Mês 24	Relatório Final e Entregas Finais	1/1/2028	31/1/2028
Mês 24	Relatório Final; Guia Operacional (final); Plano de Replicabilidade; encerramento e prestação de contas.	1/1/2028	31/1/2028

9 Grupo de pesquisa

Participantes	Qts.	Valor	Duração em meses	Valor total
Líder de grupo de pesquisa (Obrigatório)	1	R\$ 4.000,00	24	R\$ 96.000,00
Pesquisador/a doutor/a	2	R\$ 3.500,00	24	R\$ 168.000,00
Pesquisador/a mestre/a	0	R\$ 2.500,00		
Assistente de pesquisa	1	R\$ 1.500,00	24	R\$ 36.000,00
Auxiliar acadêmico	0	R\$ 500,00		
Auxiliar Técnico Nível I	0	R\$ 1.800,00		
Auxiliar Técnico Nível II	1	R\$ 2.200,00	24	R\$ 52.800,00
VALOR TOTAL	5		24	R\$ 352.800,00

10 Despesas e serviços

Serviço ou recurso: Passagens aéreas (ida/volta) – evento final em Brasília (ESMPU)
Descrição: Deslocamento de 7 participantes (membros da equipe e até 2 palestrantes convidados) para apresentação dos resultados e evento final na sede da ESMPU.
Justificativa: Custeio permitido pelo edital, apenas quando virtual não for viável; necessário para a realização do evento presencial final.
Período previsto: Mês 24 (evento final; planejamento M22–M24)
Valor previsto: R\$ 12.488,00
Serviço ou recurso: Diárias – evento final em Brasília (ESMPU)
Descrição: 14 diárias (2 por participante: chegada na véspera e dia do evento).
Justificativa: Custeio permitido pelo edital quando o encontro virtual não for viável; garante participação integral nas atividades do evento.
Período previsto: Mês 24 (evento final; planejamento M22–M24)
Valor previsto: R\$ 16.800,00

****Total estimado de custeio (passagens + diárias): R\$ 29.288,00.****

Demais serviços (gráfica e intérprete), quando necessários e autorizados, não têm imputação de valores nesta fase

11 Valor total do projeto

O custo total estimado para a execução deste projeto é de **R\$ 382.088,00**, incluindo os valores das bolsas e os demais recursos financeiros indispensáveis para sua realização (

12 Considerações finais

A proposta oferece uma resposta concreta a um problema público de alta relevância: fraudes e irregularidades que incidem sobre terras indígenas, frequentemente associadas a arranjos corruptos no licenciamento e na cadeia fundiária. Faz isso com um sistema de IA voltado à integridade, que não decide nem substitui o juízo jurídico, mas organiza evidências, prioriza casos e explica cada alerta com base em documentos oficiais, séries satelitais e regras de conformidade. O desenho preserva LGPD, cadeia de custódia digital, contestabilidade e limites claros de automação,

adequando a tecnologia ao uso probatório responsável. O projeto é exequível com recursos internos, sem contratações externas e sem novas infraestruturas, entregando um protótipo funcional, protocolos institucionais (LGPD, logs, governança de IA), modelos de peças e guias operacionais que ficam como legado permanente para o MPU. A abordagem foi pensada para o cotidiano da atuação ministerial: ganho de eficiência na triagem, transparência (trilhas de auditoria), melhor direcionamento de medidas cíveis, criminais e estruturais e cooperação com órgãos de fiscalização e registros. Ao mesmo tempo, promove proteção efetiva de povos indígenas e do meio ambiente, alinhada a compromissos internacionais assumidos pelo país. Em termos estratégicos, trata-se de um investimento baixo e controlado frente ao potencial de impacto institucional e social, com replicabilidade para outros temas (unidades de conservação, patrimônio público). A Escola Superior do MPU, ao selecionar esta proposta, lidera o padrão nacional de governança de IA aplicada à tutela coletiva e ao combate à corrupção ambiental/fundiária, transformando um desafio difuso em procedimentos claros, auditáveis e sustentáveis.

Referências bibliográficas – 10 principais fontes

- BADARÓ, Gustavo Henrique Righi Ivahy. Os standards metodológicos de produção na prova digital e a importância da cadeia de custódia. *Boletim IBCCRIM*, São Paulo, v. 29, n. 343, p. 7–9, 2024. Disponível em: https://publicacoes.ibccrim.org.br/index.php/boletim_1993/article/view/1325 Acesso em: 20 out. 2025
- CARVALHO RAMOS, André de. *Curso de Direitos Humanos*, 12ª ed. São Paulo: Saraiva, 2025
- CORRÊA, Ana Paula Saragossa, Inteligência artificial e geotecnologias na fiscalização agrícola: proposta metodológica aplicada ao município de Jussara-GO, in *Anais do XXX Seminário Interno da Pós-Graduação em Geografia – IESA/UFG (SINPGeo)*. Goiânia: UFG, 2025, p. 45-55
- FELIX, Filipe Castro; TAVARES, André Silva; COUTINHO, Alexandre Camargo; ANTUNES, João Francisco Gonçalves; ESQUERDO, Júlio César Dalla Mora. Uso de séries temporais Sentinel-2 para mapeamento de classes de cobertura vegetal do Norte de Rondônia. *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. Galoá Proceedings, 2023, p. 2052-2055. Disponível em: <https://proceedings.science/p/164590> Acesso em: 20 out. 2025.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). Agrobandidagem e a expansão da fronteira na Amazônia Sul-Occidental. *Boletim de Análise Político-Institucional (BAPI)*, n. 36, Brasília: Ipea, 2024;
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). *Dinâmicas da violência e da criminalidade na Região Norte do Brasil*. Brasília: Ipea, 2023.
- MOTTA, Filipe Mendes; MENDONÇA, Ricardo Fabrino. Assimetria informacional, poder e sistemas deliberativos: uma análise de conflitos ambientais em Minas Gerais. *Revista de Sociologia e Política*, Curitiba, v. 31, e008, 2023. DOI: 10.1590/1678-98732331e008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-98732331e008> Acesso em: 20 out. 2025
- SARLET, Ingo Wolfgang e FENSTERSEIFER, Tiago. *Curso de Direito Ambiental*, 5ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 2025
- SOUZA JUNIOR, Angelo Aparecido. *A convenção nº 169 da OIT sobre direitos indígenas no Brasil: Uma abordagem acerca da propriedade indígena no Brasil*. Londres: Novas Edições Acadêmicas, 2017
- TRANSPARÊNCIA INTERNACIONAL – BRASIL. *Governança fundiária frágil, fraude e corrupção: um terreno fértil para a grilagem de terras*. Brasília: Transparência Internacional – Brasil, 2021.