

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ERMESON FREITAS DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UNIDADES  
DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**

**BELÉM-PA**

**2023**

ERMESON FREITAS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UNIDADES DE  
CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientador(a): Prof. Dra. Maria de Lourdes Ruivo

Coorientadora: Prof. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima

BELÉM-PA

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)**

---

- S586a Silva, Ermeson Freitas.  
Avaliação da vulnerabilidade ambiental de Unidades de Conservação  
da Amazônia Legal Brasileira / Ermeson Freitas Silva. — 2023.  
42 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Lourdes Ruivo  
Coorientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,  
Belém, 2023.
1. Índice de Vulnerabilidade. 2. Unidades de Conservação.  
3. Amazônia. I. Título.

CDD 621.3678

---

ERMESON FREITAS DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UNIDADES  
DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais


Data de aprovação: 30/06/2023

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 MARIA DE LOURDES PINHEIRO RUIVO  
Data: 07/09/2023 18:52:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof.<sup>a</sup> Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo  
Doutora em Agronomia  
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

Documento assinado digitalmente  
 JOAO MARCIO PALHETA DA SILVA  
Data: 14/09/2023 22:21:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. João Marcio Palheta  
Doutor em Geografia  
Universidade Federal do Pará – UFPA

Documento assinado digitalmente  
 JOSE FRANCISCO BERREDO REIS DA SILVA  
Data: 13/09/2023 15:05:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. José Francisco Berredo Reis da Silva  
Doutor em Geologia e Geoquímica Universidade  
Federal do Pará – UFPA

Documento assinado digitalmente  
 MARIA ISABEL VITORINO  
Data: 16/09/2023 21:10:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Isabel Vitorino  
Doutora em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará – UFPA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda minha família Freitas e Silva. Em especial, a meus pais Jonison Pompeu e Eliete Freitas por investirem, apoiarem e proporcionarem a educação necessária para que eu chegasse até aqui e a minha irmã Joelle Freitas pelo apoio e parceria.

Agradeço ao meu Amor Laiane Freire, por todo o suporte, motivação e inspiração durante toda a jornada na conclusão deste trabalho, sua presença foi fundamental e sou grato por tê-la em minha vida. Te amo.

Agradeço de coração aos meus amigos de faculdade, cuja companhia foi fundamental para enfrentarmos juntos grandes obstáculos e, no fim, alcançarmos nossos objetivos. Em especial, quero expressar minha profunda gratidão ao Rafael Meireles, um verdadeiro amigo, cujo apoio e amizade foram inestimáveis ao longo dessa jornada acadêmica.

Agradeço a todos os professores da graduação que contribuíram para minha formação e todos os valorosos ensinamentos adquiridos.

Agradeço, em especial, a minha orientadora e coorientadora Dr<sup>a</sup> Maria de Lourdes e Dr<sup>a</sup> Aline Meiguins, pelo apoio e suporte ao longo de toda a caminhada.

Agradeço a Universidade Federal do Pará por me aceitar como aluno, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

## RESUMO

O presente trabalho avaliou a vulnerabilidade de unidades de conservação da Amazônia Legal Brasileira no período de 2012 a 2021. Por meio da análise de indicadores de exposição e sensibilidade, foram identificadas as principais ameaças enfrentadas por essas áreas protegidas, incluindo cobertura florestal, atividade econômica, acesso, recursos naturais, humanos e econômicos, e estes foram consolidados em um índice final de vulnerabilidade. Os valores médios do componente de exposição e sensibilidade para os indicadores de queimadas e pastagens foram os mais altos, o que destaca os efeitos significativos dessas ameaças nas unidades de conservação. Os resultados obtidos forneceram insights importantes sobre os desafios enfrentados pelas unidades de conservação e destacaram a necessidade de compreender e monitorar sua vulnerabilidade para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo. Essas informações são fundamentais para embasar a tomada de decisões e a implementação de políticas e medidas direcionadas à proteção e sustentabilidade dessas áreas.

**Palavras-chave:** índice de vulnerabilidade; unidades de conservação; Amazônia.

## **ABSTRACT**

The present work assessed the vulnerability of conservation units in the Brazilian Legal Amazon from 2012 to 2021. Through the analysis of exposure and sensitivity indicators, the main threats faced by these protected areas were identified, including forest cover, economic activity, access, natural, human and economic resources, and these were consolidated into a final vulnerability index. The average values of the exposure and sensitivity component for the fire and pasture indicators were the highest, which highlights the significant effects of these threats on protected areas. The results obtained provided important insights into the challenges faced by protected areas and highlighted the need to understand and monitor their vulnerability in order to develop effective conservation and management strategies. This information is essential to support decision-making and the implementation of policies and measures aimed at protecting and sustaining these areas.

**Keywords:** vulnerability index; conservation units; Amazon.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização das Unidades de Conservação na Amazônia Legal Brasileira. ....	17
Figura 2 - Estrutura conceitual de vulnerabilidade.....	21
Figura 3 - Índice de Exposição das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021 .....	27
Figura 4 - Índice de Sensibilidade das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.....	28
Figura 5 - Índice de Impacto Potencial das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.....	30
Figura 6 - Índice de Capacidade Adaptativa das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.....	31
Figura 7 - Índice de Vulnerabilidade das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.....	32
Figura 8 - Valores dos indicadores de EX (A), SE (B) e CA (C) para as 15 Unidades de Conservação mais vulneráveis, em ordem crescente na vertical. ....	34



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Unidades de Conservação</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Zona de Amortecimento</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Vulnerabilidade</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>16</b>
2.5.1	Objetivo Geral .....	16
2.5.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Definindo ameaças</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Vulnerabilidade e seus componentes</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Indicadores do componente Exposição (EX)</b> .....	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Indicadores do componente Sensibilidade (SE)</b> .....	<b>22</b>
<b>3.6</b>	<b>Indicadores do componente Capacidade Adaptativa (CA)</b> .....	<b>23</b>
<b>3.7</b>	<b>Índice de Vulnerabilidade Ambiental</b> .....	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Exposição</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Sensibilidade</b> .....	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Impacto Potencial</b> .....	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Capacidade Adaptativa</b> .....	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Vulnerabilidade Ambiental</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>
	<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos anos 2000, após a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizada no Rio de Janeiro em 1992 para discutir as concepções do desenvolvimento sustentável, criou-se um dos principais dispositivos legais da política brasileira para conservação de áreas naturais, a Lei Federal nº 9985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que regulamente a criação, implantação e gestão das unidades de conservação divididas em Proteção Integral e Uso Sustentável.

Apesar da implementação do SNUC, estas áreas vêm sofrendo impactos ambientais decorrentes das pressões de atividades antrópicas como a degradação florestal, queimadas, exploração madeireira e atividade de agropecuária. Isto tem comprometido seu estado de conservação e conseqüentemente aumentado sua vulnerabilidade a diversas ameaças.

Neste contexto, surgem questionamentos acerca das medidas prioritárias para aprimorar a gestão de territórios protegidos, bem como do impacto do contexto local na preservação e conservação dos recursos naturais e culturais. Além disso, surge a necessidade de quantificar e comunicar de forma concisa as informações aos gestores e à sociedade em geral. Torna-se fundamental identificar estratégias eficientes para otimizar a proteção dessas áreas e promover a conscientização sobre sua importância para a sustentabilidade ambiental e cultural.

A identificação de indicadores e modelagem de índices ambientais são importantes instrumentos de avaliação das áreas protegidas visto a complexa distribuição espacial destas áreas influenciados por aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos (MASULLO et al., 2019).

O objetivo deste estudo é propor a avaliação da vulnerabilidade ambiental das UCs da Amazônia Legal Brasileira a partir da modelagem de um índice de vulnerabilidade baseada em indicadores, de modo permitir a medir o nível de ameaças associados as exposições e sensibilidades conduzidos por atividades antrópicas e a capacidade adaptativa aos impactos ambientais no período de 2012 até 2021. Partimos da perspectiva de vulnerabilidade proposto pelo IPCC (McCARTHY et al., 2001; PATWARDHAN et al., 2007; RORATO et al., 2022) em uma abordagem que se fundamenta em indicadores para retratar tanto a exposição quanto a sensibilidade às ameaças mais significativas, bem como a capacidade adaptativa das UCs no enfrentamento dessas ameaças.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Unidades de Conservação

Áreas protegidas são legalmente estabelecidas no Brasil e apresentam diversas características, mas seguem o dilema de conciliar a relação sociedade-natureza com o desenvolvimento econômico e uso dos recursos naturais com a preservação ambiental (DE BRITO, 2021).

Estas áreas são constituídas atualmente no Brasil por Unidades de conservação, Terras indígenas e Quilombos. Ainda, há as áreas militares e os assentamentos que compõem o extenso mosaico de áreas preservadas no país.

A fim de regulamentar o art. 225 da Constituição Federal do Brasil de 1988, foi sancionada a Lei Federal nº 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) a qual conceitua em seu Art. 2º no item I - Unidade de Conservação (UC) como territórios e seus recursos ambientais com limites definidos e características naturais relevantes instituídas pelo poder público a fim de conservar e aplicar garantias adequadas de proteção sob regime especial de administração (BRASIL, 2000).

Ainda, a Lei em seu Art. 7 divide as UCs em dois grupos: Proteção Integral e Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral (PI) objetivam apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, exceto dos casos previstos em Lei. As UCs de Usos Sustentável (US) têm a finalidade de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Estes grupos são compostos por categorias de UCs conforme o Art.8º do SNUC. As categorias de PI são constituídas por: Estação Ecológica (ESEC), Reserva Biológica (REBIO), Parque Nacional (PARNA), Monumento Natural (MN) e Refúgio da Vida Silvestre (REVIS). E as de US são constituídas por: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna (REFAU), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Algumas categorias de unidades de conservação sob administração estadual têm alteração no nome com a troca do termo nacional por estadual: Floresta Estadual (FLOTA) e Parque Estadual (PE).

## 2.2 Zona de Amortecimento

Conforme disposto na Lei n. 9.985/2000, todas as UC devem possuir Zonas de Amortecimento (ZA), exceto APAs e RPPNs, definida como: o entorno de uma UC, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre ela. Porém, a Lei não regulamenta as dimensões desta zona, orientando apenas sua criação no ato legal de criação da UC ou posteriormente em plano de manejo com prazo máximo de cinco anos para ser elaborado, conforme indica seu Art. 27 §3 (BRASIL, 2000).

O conceito de ZA tem fundamento legal na Lei nº 6.902/1981, como discute Brito et al. (2021), sendo a primeira a considerar uma borda de proteção de UCs ao dispor sobre a criação de ESEC e APA, porém apesar de mencionada, não é definida a dimensões de abrangência deste entorno. Posteriormente, o Decreto Federal nº 99.274/90 que regulamenta a Lei nº 6.902/1981 e a Lei nº 6.938/1981, define em seu Artigo 27 um raio de dez quilômetros ao entorno de UCs para qualquer atividade que possa afetar a biota ser subordinada às normas editadas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Caso a UC não possua sua ZA definida em Plano de Manejo ou no ato legal de criação, a Resolução do CONAMA n. 428/2010 determina a distância de três quilômetros para o licenciamento de empreendimentos que necessitem de EIA/RIMA, e ainda, revoga a Resolução n. 13/1990 a qual delimitava o raio de dez quilômetros. Por sua vez, a Resolução n. 428/2010 é alterada pela Resolução n. 473/2015 em seu §2º do Art. 1º e o inciso III do Art. 5º prorrogando o prazo para mais 5 anos em relação ao licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental que possam afetar a biota das UCs ou suas ZAs.

Existe um acirrado debate sobre estes conceitos, pois ainda há no meio jurídico uma interpretação de que para fins de licenciamento ambiental, é aplicável a “área circundante” descrita no art. 27 do Decreto 99.274/1990 de dez quilômetros. A área circundante ou de transição não se confunde com a zona de amortecimento. A zona de transição aplica-se a todas as categorias de manejo, definido um raio de dez quilômetros. As zonas de amortecimento terão restrições e limites estabelecidos pelo órgão competente a partir do plano de manejo da unidade de conservação.

Apesar da Resolução do CONAMA n. 428/2010 definir um raio de três quilômetros para o licenciamento de empreendimentos com significativo impacto ambiental, Brito (2021) avalia que a aplicação desse limite prejudica a inclusão de áreas importantes como nascentes e fragmentos florestais essenciais para a preservação da unidade de conservação.

### 2.3 Vulnerabilidade

O estudo da vulnerabilidade ambiental geralmente ocorre em áreas delimitadas ou em sistemas ecológicos humano-ambiente. Os índices de vulnerabilidade têm a capacidade de identificar e priorizar estas áreas, setores ou grupos populacionais mais vulneráveis, aumentando a conscientização e servindo como parte de uma estratégia de monitoramento (NGUYEN et al., 2016). O desenvolvimento do índice de vulnerabilidade geralmente inclui a seleção de indicadores, normalização ou padronização para uma escala comum e agregação a um valor final.

A escolha dos indicadores deve se basear nos fatores físicos, ambientais e sociais relacionados aos componentes de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. Em segundo lugar, é importante destacar que a normalização dos dados para uma escala sem unidade comum e a subsequente soma dos dados normalizados é frequentemente utilizada para superar problemas de incomensurabilidade na combinação de vários indicadores. Por fim, a etapa de agregação diz respeito à forma como os indicadores transformados, normalizados e ponderados são combinados no índice final utilizado (Tate, 2013).

Diferentes regimes de governança de áreas têm contribuído para a conservação da vegetação nativa. Unidades de Conservação (UCs), Terras Indígenas (TIs), Territórios Quilombolas (TQs) e até mesmo áreas privadas e militares.

O país possui 1.173.776 km<sup>2</sup> de Terras Indígenas (TIs), distribuídas em 732 territórios. A Amazônia Legal abriga a maior parte das TIs do Brasil, totalizando 424 áreas que correspondem a uma extensão de 1.153.444 km<sup>2</sup>. Esse número representa cerca de 23% do território amazônico e 98,25% de todas as TIs existentes no país que abrigam 305 etnias indígenas (ISA, 2022; IBGE, 2010).

Formalmente, as áreas protegidas brasileiras são regidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e considera duas categorias, as Unidades de conservação de uso restrito e as de uso sustentável. Além disso, existem outros territórios que contribuem para a conservação florestal: Territórios quilombolas e Terras Indígenas (TIs) (ALVES-PINTO et al., 2022). Este estudo, destaca a importância dessas áreas na conservação da biodiversidade, comparando Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Territórios Quilombolas, estes dois últimos sendo mais eficazes e até iguais em relação a UCs na redução da conversão da vegetação nativa e promoção da regeneração.

Diversos estudos têm demonstrado a importância de Unidades de Conservação, porém poucos tentaram medir o grau de vulnerabilidade dessas áreas. Avaliar a vulnerabilidade

ambiental de áreas protegidas tem se mostrado uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão e direcionamento de políticas públicas para a conservação florestal na Amazônia.

O Brasil continua a ser um país com uma das maiores extensões de áreas protegidas (APs) no mundo, com cerca de  $2,5 \times 10^6$  km<sup>2</sup> de reservas terrestres e marinhas sob vários regimes de manejo (BRASIL, 2023). A Amazônia concentra mais de 50% das áreas protegidas do Brasil (LAPOLA et al., 2020). Estas áreas são eficazes para conter a conversão da vegetação nativa e promover a regeneração (ALVES-PINTO et al., 2022). A região é considerada uma das mais importantes do mundo em termos de conservação da biodiversidade, abrigando diversas unidades de conservação, terras indígenas e outras áreas protegidas. Além disso, a região amazônica também é alvo de diversos desafios relacionados à preservação ambiental, como o desmatamento, a mineração ilegal e a conversão da vegetação nativa.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2023), o Brasil conta atualmente com mais de 2.500 áreas protegidas, que abrangem mais de 13% do território nacional. Na Amazônia brasileira, a porcentagem de áreas protegidas é ainda maior, ultrapassando os 30%. No entanto, a efetividade dessas áreas na conservação da biodiversidade e na promoção do desenvolvimento sustentável ainda é objeto de debate e desafios persistentes são enfrentados pelos gestores dessas unidades.

Apesar desses números expressivos, o Brasil ainda está longe de cumprir a meta 11 de Aichi da Convenção sobre Diversidade Biológica, que estabelece a proteção de 17% das áreas continentais e 10% das áreas marinhas e costeiras até 2020 (LAPOLA et al., 2020).

Além disso, as áreas protegidas brasileiras enfrentam desafios significativos, como desmatamento, incêndios florestais, invasões de terras, exploração ilegal de recursos naturais, como a mineração e conflitos fundiários, que colocam em risco a biodiversidade e as comunidades locais que dependem dessas áreas (PERES et al., 2016).

O Boletim de Desmatamento SAD de julho de 2020, publicado pelo Imazon (FONSECA, 2020) detectou 1.147 km<sup>2</sup> de desmatamento na Amazônia Legal, uma redução de 11% em relação a julho de 2019. Desse total, 18% ocorreram em Unidades de Conservação (UC). Ainda, dados divulgados pelo INPE (2021), revelam uma área desmatada de 9.762 km<sup>2</sup> para o período de agosto de 2018 a julho de 2019. Esse valor representa um aumento de 29,54% em relação à taxa de desmatamento apurada pelo PRODES de 2018 que foi de 7.536 km<sup>2</sup>. Nas unidades de conservação o incremento foi de 44.74%.

Ainda, o segundo os alertas do sistema DETER, cerca de 72% de todo garimpo realizado na Amazônia, entre janeiro e abril de 2020 ocorreu em Unidades de Conservação. Durante todo o ano de 2020 as UCs mais desmatadas por mineração no Pará foram: Área de Proteção

Ambiental do Tapajós (30,34 km<sup>2</sup>), Floresta Nacional do Amaná (4,95 km<sup>2</sup>), Floresta Nacional do Crepori (1,83 km<sup>2</sup>), Floresta Nacional de Saracá-Taquera (1,68 km<sup>2</sup>), Floresta Nacional do Jamanxim (1,51 km<sup>2</sup>).

A pesquisa de Sonter et al. (2017), analisou imagens espaciais e mudanças na paisagem em 50 minas ativas na Amazônia no período de 2005 a 2015, onde o desmatamento total induzido pela mineração foi de 11.670 km<sup>2</sup>. Cerca de 90% ocorreram fora do local de extração, em outros termos, a devastação fora das minas (buffer de 70 km) foi 12 vezes maior do que dentro. Isto está associado ao estabelecimento das infraestruturas de mineração e a ocorrência de desmatamento secundários relativos à expansão urbana como suporte a força de trabalho crescente e atividades econômicas indiretas.

As análises de Rudke et al. (2020), revelam a pressão que as atividades de mineração causam em UC do Estado de Rondônia mesmo em categorias proibidas para estas atividades. Por meio de um Índice de pressão Mineral (IPM) e indicadores, seu estudo destaca que as áreas de uso sustentável são as mais suscetíveis a esta pressão e as degradações ambientais principalmente nas zonas de amortecimento, pois estão associadas a atividades indiretas como a construção de novas estradas, escoamento de produtos e urbanização impulsionadas pelas moradias para quem extrai o minério.

O conceito de vulnerabilidade no contexto sociedade-ambiente foi discutido no terceiro e quarto relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (McCARTHY et al., 2001; PATWARDHAN et al., 2007) onde vulnerabilidade é definida como o grau em que um sistema é suscetível a danos ou não tem a capacidade de lidar com efeitos adversos em face da mudança. Este conceito pode ser aplicado às Unidades de Conservação (UC), pois configuram um sistema composto tanto pelo ambiente natural como por populações associadas a este ecossistema por meio de atividades econômicas ou de subsistência. Além disso, atividades indiretas ou externas às UCs podem interferir em sua função protetora do ambiente.

Diversos estudos têm demonstrado a vulnerabilidade de áreas protegidas às mudanças climáticas, no entanto, não se determina o grau de vulnerabilidade associadas a outros fatores de riscos ambientais relacionados principalmente as atividades humanas. Rorato et al. (2022) desenvolvem a construção da vulnerabilidade de TIs as ameaças ambientais não relacionadas as mudanças climáticas e identifica quais TIs são mais vulneráveis avaliando o impacto potencial (associado a exposição e sensibilidade) e a capacidade adaptativa dessas áreas diante das mudanças ou ameaças.

Lapola et al., (2020), avaliaram a vulnerabilidade de áreas protegidas (TIs e UCs) às mudanças climáticas. Das 993 áreas protegidas (APs) analisadas, apenas 17 (1,7%) foram

classificadas como altamente vulneráveis às mudanças climáticas, cobrindo 20.611 km<sup>2</sup> e localizadas na Mata Atlântica, no Cerrado e na Amazônia. Quinze das 17 APs altamente vulneráveis (88%) visavam ao uso sustentável dos recursos naturais com a presença de pessoas tradicionais e todas eram terras indígenas.

#### **2.4 Justificativa**

Até o momento, estudos sobre a vulnerabilidade das Unidades de Conservação (UCs) na Amazônia se concentraram em avaliações de risco ou vulnerabilidade relacionados aos indicadores e impactos das mudanças climáticas, mas há uma lacuna no conhecimento em relação a ameaças ambientais relacionadas ao desmatamento, degradação florestal e mineração. Considerando que as UCs na Amazônia estão cada vez mais sujeitas a diversas ameaças, é necessário investigar a vulnerabilidade ambiental desses territórios para promover o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de conservação mais eficazes.

Investigar a vulnerabilidade das UCs a ameaças ambientais pode ajudar na alocação mais eficiente de recursos para conservação e na identificação de áreas que precisam de medidas mais urgentes de proteção.



## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo Geral**

Avaliar a Vulnerabilidade Ambiental de Unidades de Conservação da Amazônia Legal Brasileira por meio do Índice de Vulnerabilidade Ambiental a partir dos Índices de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- a) Modelar o Índice de Vulnerabilidade Ambiental para cada Unidade de Conservação, de modo a avaliar o nível de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa no período de 2012 a 2021;
- b) Identificar quais Unidades de Conservação apresentam os maiores níveis de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa e, Vulnerabilidade Ambiental.

### 3 METODOLOGIA

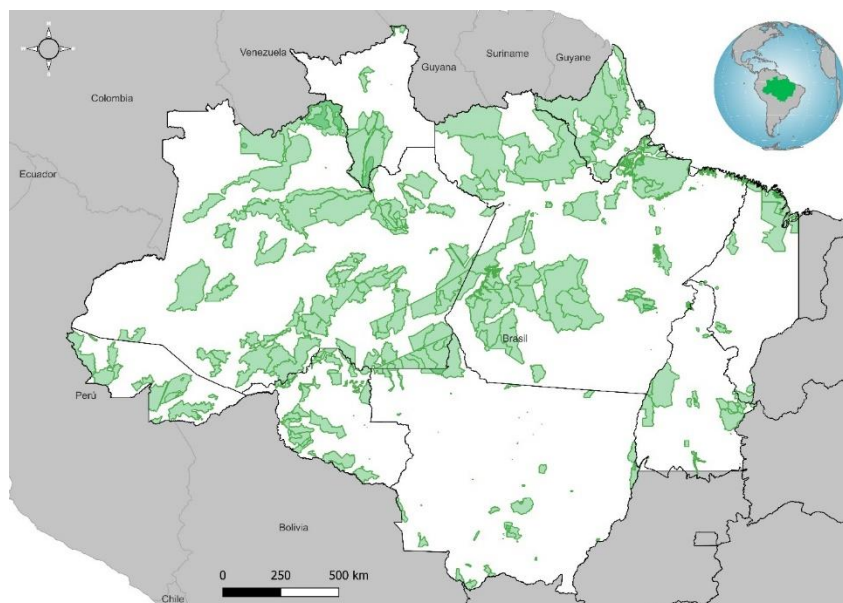
#### 3.1 Área de estudo

A Amazônia Legal Brasileira (ALB) é uma região geopolítica oficialmente definida pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Foi criada pela Lei nº 1.806 em 6 de janeiro de 1953, com revisões posteriores para ajustar sua delimitação em conformidade com as mudanças político-administrativas do território brasileiro para fins de desenvolvimento e gestão. Abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, e Mato Grosso, bem como as áreas localizadas ao norte do paralelo 13° S dos estados de Tocantins e Goiás, e a oeste do meridiano 44° W do estado do Maranhão (Figura 1) (BRASIL, 2012).

A Região conta com uma área de aproximadamente 5 milhões de km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 58,9% do território brasileiro e concentra a maior parte de áreas protegidas brasileiras com 355 UCs distribuídas em seu território (BRASIL, 2023).

O bioma amazônico é a principal formação florestal presente na ALB, abrangendo cerca de 65% de sua área total. Este bioma é composto principalmente por florestas tropicais primárias, incluindo a floresta ombrófila e estacional. Por outro lado, apenas cerca de 15% da área é coberta por vegetação de cerrado e florestas de transição, que incluem campos e campinaranas (MAY; MILLIKAN; GEBERA, 2016).

Figura 1 - Localização das Unidades de Conservação na Amazônia Legal Brasileira.



Fonte: (IBGE, 2022; BRASIL, 2023).

Foram selecionadas apenas as Unidades de Conservação (UCs) contidas integralmente na Amazônia Legal e as que ultrapassavam os limites foram recortadas. Para nossa análise, nos concentramos nas UCs com área superior a 50 km<sup>2</sup>, totalizando 270 UCs. Isso se deve ao fato de que, com a resolução dos dados utilizados, seria difícil inferir a vulnerabilidade e a capacidade de adaptação de UCs com áreas menores, apesar de UCs menores tenderem a ser mais vulneráveis. Essa seleção excluiu 24% das UCs, 85 unidades. No entanto, elas representam menos de 0,1% da área total das UCs da Amazônia Legal (BRASIL, 2023; LAPOLA et al., 2020).

Como a proposta deste estudo é avaliar os impactos ambientais históricos e atuais do grau de vulnerabilidade das UCs amazônicas, definimos o período de análise de dez anos completos (2012 até 2021).

### **3.2 Definindo ameaças**

Dentre os principais fatores que ameaçam as Unidades de Conservação, destacam-se os impactos decorrentes da redução da cobertura vegetal, tais como o desmatamento, a degradação florestal e as queimadas, além da facilidade de acesso promovida por meio de estradas e atividades econômicas como a exploração madeireira, a mineração, a agricultura e a pecuária (RORATO et al., 2022).

De maneira geral, existe um consenso sobre a eficácia das Unidades de Conservação (UCs) na prevenção do desmatamento, porém o estudo de Vedovato et al. (2016), destaca a vulnerabilidade dessas áreas à exploração madeireira, tanto legal quanto ilegal. Argumenta-se que a proximidade de estradas, atividades agrícolas e desmatamento podem contribuir para um aumento na degradação florestal através do fogo, resultando em novos níveis e padrões de fragmentação da floresta (CABRAL et al., 2018).

O desafio das avaliações de vulnerabilidade é operacionalizar o arcabouço teórico (TATE, 2013). A seleção do que deve ser incluído depende do sistema em risco, do contexto e da intenção da avaliação. Uma das três abordagens é geralmente usada em avaliações de vulnerabilidade: uma abordagem participativa, baseada em modelos de simulação ou baseada em indicadores (NGUYEN et al., 2016). A última abordagem, a aplicada neste estudo, é a mais utilizada. Considera um conjunto de indicadores para explicar os três componentes de vulnerabilidade: exposição (EX), sensibilidade (SE) e capacidade adaptativa (CA) (RORATO et al., 2022).

Consideramos neste estudo, três dimensões relacionadas as ameaças ambientais para os componentes de exposição e sensibilidade: cobertura florestal, atividade econômica e acesso. Para a Capacidade Adaptativa foram avaliadas as dimensões recursos naturais, humanos e econômicos.

Tabela 1- Componentes de vulnerabilidade, suas dimensões, indicadores, pesos e fonte de dados.

(continua)

Componente	Dimensão	Indicador	Quantificação	Peso	Período	Fonte de dados
EX	Cobertura florestal	Desmatamento	área desmatada acumulada em ZA (%)	166	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Prodes (INPE)
			área florestal degradada acumulada em ZA (%)	154	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Degrad/Deter (INPE)
	Cobertura florestal	Incêndio	área queimada acumulada em ZA (%)	98	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Produto de área queimada (MODIS)
	Atividade econômica	Agricultura	área de lavoura em ZA (%)	118	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Mapbiomas (2022)
	Atividade econômica	Gado	área de pastagem em ZA (%)	156	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Mapbiomas (2022)
	Atividade econômica	Mineração	nº ocorrências de mineração em ZA	171	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	ANM (2022)
	Acesso	Estradas	Densidade de estradas em ZA (km/km <sup>2</sup> )	137	2016 e 2021	DNIT (2022)
SE	Cobertura florestal	Desmatamento	área desmatada acumulada em UC (%)	166	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Prodes (INPE)
			área florestal degradada acumulada em UC (%)	154	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Degrad/Deter (INPE)
	Cobertura florestal	Incêndio	área queimada acumulada em UC (%)	98	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Produto de área queimada (MODIS)

(conclusão)

Componente	Dimensão	Indicador	Quantificação	Peso	Período	Fonte de dados
	Atividade econômica	Agricultura	área de lavoura em UC (%)	118	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Mapbiomas (2022)
	Atividade econômica	Gado	área de pastagem em UC (%)	156	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	Mapbiomas (2022)
	Atividade econômica	Mineração	nº ocorrências de mineração em UC	171	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	ANM (2022)
	Acesso	Estradas	densidade de estradas em UC (km/km <sup>2</sup> )	137	2016 e 2021	DNIT (2022)
CA	Recursos naturais	Integridade da cobertura florestal	Índice de maior mancha florestal UC+ZA (%)	189	2012–2021	Mapbiomas (2021)
	Recursos Naturais	Integridade da cobertura florestal	Porcentagem da área central da paisagem UC+ZA (%)	183	2012–2021	Mapbiomas (2022)
	Recursos Naturais	Integridade da superfície de água	Extensão da superfície de água UC+ZA (%)	154	2020	Mapbiomas (2022)
	Recursos Humanos	Arranjo institucional	Participação em Projetos/Programas	149	2012–2021	MMA/CNUC (2022)
	Recursos econômicos	Rendas externas	Total de investimentos (R\$)	123	2012–2016, 2017–2021, 2012–2021	MMA/ARPA (2022)
	Recursos Humanos	Aspecto legal	Categoria da UC	90	2021	MMA/CNUC (2022)
	Recursos Humanos	Arranjo institucional	Efetividade da gestão da UC (FAUC) (%)	112	2012–2021	MMA/ARPA (2022)

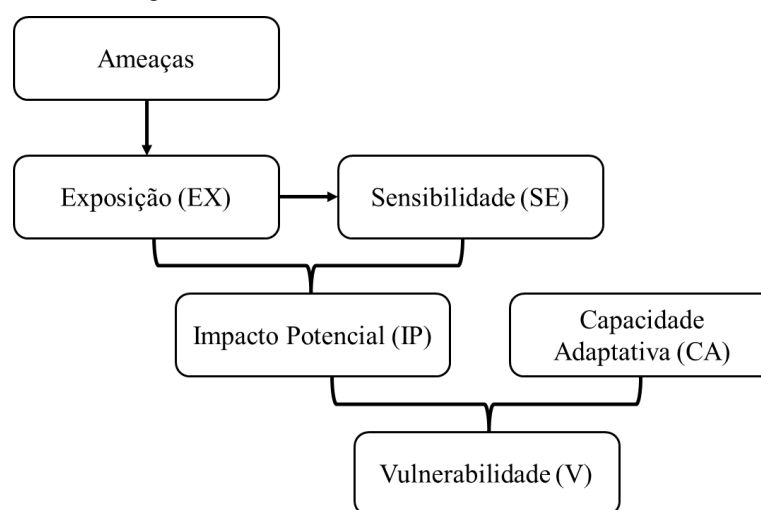
Adaptado de Rorato et al. (2022).

### 3.3 Vulnerabilidade e seus componentes

No âmbito deste estudo, é utilizada a definição de vulnerabilidade proposta no terceiro e quarto relatório de avaliação do IPCC o qual trabalha a definição dos componentes-chaves: exposição (EX), sensibilidade (SE) e capacidade adaptativa (CA). A vulnerabilidade de um sistema seja humano-ambiente, ambiental ou humano está relacionada às ameaças ou mudanças às quais ele é exposto, e o impacto potencial dessas ameaças ou mudanças refletem a sua sensibilidade (RORATO et al., 2022).

A Figura 2 ilustra os componentes formadores da vulnerabilidade. A exposição e a sensibilidade determinam o impacto potencial, e este pode ser minimizado pela capacidade adaptativa do sistema avaliado. A integração do impacto potencial e das capacidades adaptativas definem a vulnerabilidade do sistema, ou seja, um sistema caracteriza-se como vulnerável se for exposto aos impactos das ameaças, se for sensível a esses impactos e se tiver baixa capacidade de lidar com esses impactos (NGUYEN et al., 2016).

Figura 2 - Estrutura conceitual de vulnerabilidade.



Adaptado de Nguyen et al. (2016) e Rorato et al. (2022).

### 3.4 Indicadores do componente Exposição (EX)

A definição de exposição conforme discutido por Lindoso (2017), refere-se à fonte de perturbação, que é um elemento externo ao sistema em análise. Geralmente, a exposição é caracterizada de acordo com sua natureza, duração, magnitude e frequência do estímulo. A exposição também é descrita como a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos, infraestrutura ou bens econômicos, sociais ou culturais em áreas ou ambientes que podem ser impactados negativamente (NGUYEN et al., 2016).

A exposição abrange os indicadores a partir das seguintes ameaças externas calculadas dentro da zona de amortecimento (ZA) de 10 km a partir dos limites das UCs: desmatamento, degradação florestal, incêndio, pecuária, agricultura, estradas e mineração. A escolha da distância de 10 km tem como base o consenso de estudos anteriores que adotaram a mesma medida para identificar ameaças em áreas protegidas, além disso, a mesma medida é adotada pela legislação.

Para o cálculo do índice de exposição das Unidades de Conservação (UCs) consideramos as seguintes ameaças: o desmatamento, a degradação florestal, o fogo, a agricultura, a pecuária, o acesso rodoviário e a mineração. Para cada indicador, foram utilizados dados específicos para determinar o percentual acumulado de área afetada em relação à área total da zona de amortecimento (ZA) de cada UC para período total de 2012 até 2021.

O indicador de exposição das UCs ao desmatamento e a degradação florestal foram calculados como o percentual acumulado de áreas desmatadas e degradadas em relação à área da ZA em cada período, a partir dos dados do Programa de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e para o indicador degradação florestal as fontes dos dados foram no sistema DEGRAG (até 2016) e DETER (2017 até 2021), áreas sobrepostas foram descontadas (INPE, 2021).

Da mesma forma, o indicador incêndio foi calculado como a porcentagem acumulada de área queimada em relação à área da ZA para cada período, usando dados do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Global Burned Area Product (Collection 6)* (GIGLIO et al., 2018). Este produto resulta da detecção diária de áreas ardidas com uma resolução espacial de 500 m. Sobreposições foram descontadas.

Os indicadores de exposição das UCs à agricultura e pecuária foram estimados pelo percentual de áreas de pastagens e lavouras em relação à área da ZA ao final do período de 2021. Para tanto, utilizamos os mapas anuais de uso e cobertura da terra (LULC) da Amazônia brasileira desenvolvidos a partir da série temporal do Projeto Mapbiomas com resolução espacial de 30 metros (MAPBIOMAS, 2022).

O indicador de exposição das UCs ao acesso rodoviário foi expresso pela densidade de estradas da BF no período de 2021. A densidade de estradas foi calculada dividindo-se a soma dos comprimentos das estradas da ZA pela área da ZA (km/km<sup>2</sup>). Os dados foram extraídos das bases do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Finalmente, o indicador de exposição à mineração foi expresso como o número de ocorrências de atividades minerárias na ZA entre os anos de 2012 e 2021, com dados compilados pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

### **3.5 Indicadores do componente Sensibilidade (SE)**

Sensibilidade diz respeito às propriedades intrínsecas do sistema que o tornam mais ou menos propenso a ser afetado por um estímulo específico. É a tendência do sistema a ser

modificado, impactado, danificado ou sofrer perdas quando exposto a um distúrbio ou a ameaças (LINDOSO, 2017).

Da mesma forma que o componente exposição, a sensibilidade engloba as mesmas ameaças e os mesmo cálculos, porém os sete indicadores são calculados dentro dos limites das Unidades de Conservação.

### **3.6 Indicadores do componente Capacidade Adaptativa (CA)**

A capacidade adaptativa é uma característica dos sistemas socioecológicos que envolve fatores internos e externos. Ela consiste na habilidade de gerir, se adaptar e se recuperar de perturbações ambientais. Em trabalhos anteriores, a capacidade adaptativa é descrita como a capacidade de ajustar processos, estruturas e práticas para moderar danos ou reduzir impactos da mudança climática, ou como a habilidade de planejar e se preparar para uma ameaça, e implementar medidas técnicas antes, durante e depois do distúrbio. Alguns estudos associam a capacidade adaptativa com a noção de direitos, referindo-se à disponibilidade de opções e condições de acesso a essas opções através de arranjos institucionais e/ou recursos individuais (LINDOSO, 2017).

A Capacidade adaptativa aponta para as respostas que as Unidades de Conservação apresentam quando expostas a impactos ou a forma como se adaptam as mudanças decorrentes deles. Os indicadores escolhidos são: integridade da cobertura florestal calculada pelo Índice de Maior Mancha (LPI) e Porcentagem da Área Central da Paisagem (CPLAND), a extensão da superfície de água, os programas de apoio à gestão de UCs como o ARPA e GEE, a efetividade da gestão calculado pela Ferramenta de Avaliação de Unidades de Conservação (FAUC) do programa de ARPA, o total de investimentos associados ao ARPA e a categoria da UC classificada.

McGarigal et al. (2012) propuseram o uso de métricas da paisagem para avaliar a estrutura e a configuração dos fragmentos e a capacidade adaptativa das paisagens. Duas métricas amplamente utilizadas são o Índice de Patch Maior (LPI, do inglês Largest Patch Index) e a Porcentagem da Área Central da Paisagem ou Índice de Núcleo (CPLAND, do inglês Core Area Percentage). O LPI mede o tamanho do maior fragmento em relação à área total da paisagem, fornecendo informações sobre a presença de grandes áreas contíguas. Já o CPLAND avalia a proporção da área central da paisagem em relação à área total, destacando a importância e a conectividade dos fragmentos centrais. Essas métricas são úteis para compreender a configuração da paisagem e sua capacidade de sustentar a biodiversidade e os processos



ecológicos, auxiliando na identificação de áreas prioritárias para conservação e manejo sustentável (ALVES et al., 2021).

A FAUC é uma ferramenta de avaliação da efetividade da gestão de UCs que permite acompanhar o avanço dos processos de consolidação da gestão e orientar os esforços dos gestores baseadas em seis elementos de avaliação: planejamento, insumos, processos, produtos, resultados, e reflexão e melhoria. A FAUC adotada neste estudo compreende 16 indicadores, considerados como marcos referenciais, e demonstram os avanços da situação de cada UC e são utilizados para avaliar os resultados do programa (BRASIL, 2023). A capacidade adaptativa está estreitamente relacionada com o estado dos recursos naturais e o nível socioeconômico de desenvolvimento.

O estudo do MapBiomas Água de 2021 (MAPBIOMAS, 2021) oferece uma visão abrangente da distribuição e extensão dos corpos d'água no Brasil, incluindo rios, lagos, lagoas e reservatórios. Esses dados são fundamentais para a análise da capacidade adaptativa das áreas protegidas, uma vez que a presença e a extensão da superfície de água podem desempenhar um papel crucial na resiliência dos ecossistemas aquáticos.

A disponibilidade de uma ampla superfície de água também pode contribuir para a mitigação de certos impactos, como as mudanças climáticas, atuando como reservatórios naturais de água e oferecendo habitats diversos para espécies aquáticas. Além disso, a presença de corpos d'água em unidades de conservação pode promover serviços ecossistêmicos importantes, como o fornecimento de água potável, a conservação da biodiversidade e o suporte a atividades socioeconômicas sustentáveis.

Portanto, ao considerar a extensão da superfície de água como um indicador de capacidade adaptativa integrante da vulnerabilidade, é possível avaliar o potencial de resposta das unidades de conservação frente às ameaças ambientais.

Em relação ao indicador de categoria das UCs, atribuímos valores conforme a classificação dada pelo SNUC de acordo com os níveis de restrição de uso e interferência. Os valores atribuídos a cada classificação foram: Estação Ecológica (ESEC) = 3; Reserva Biológica (REBIO) = 2; Parque (PE/PARNA) = 4; Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) = 5; Monumento Natural (MN) = 5; Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) = 7; Reserva Extrativista (RESEX) = 7; Floresta (FLONA/FLOTA) = 7; Área de Proteção Ambiental (APA) = 8; Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) = 7. Valores maiores indicam maior nível de interferência e menor restrição. Estes valores em seguida foram normalizados utilizando o método máximo-mínimo inverso, pois quanto maior o nível de interferência menor será a capacidade de adaptação do ambiente.

### 3.7 Índice de Vulnerabilidade Ambiental

A normalização dos indicadores foi aplicada junto a uma abordagem aditiva para fornecer uma transformação linear que preserva a classificação e correlação dos dados originais e permiti que indicadores com diferentes unidades e escalas sejam somados (RECKIEN, 2018). Para superar incompatibilidades, os indicadores foram redimensionados para valores entre 0 e 1 usando o método máximo-mínimo (NGUYEN et al., 2016; TATE, 2013).

A diversidade de características dos indicadores pode afetar diferentemente a vulnerabilidade das UCs em análise, por isso a ponderação foi aplicada conforme os pesos e critérios adotados por Rorato et. al (2022) para TIs, considerando que apresentam graus de ameaças e características ambientais semelhantes comparadas as UCs.

A partir da combinação linear ponderada e uma abordagem aditiva, os indicadores foram combinados em um valor final para cada componente de vulnerabilidade (EX, SE e AC) por UCs, conforme as equações (1), (2), (3). A abordagem aditiva consiste na soma de indicadores que contribuem fortemente para a vulnerabilidade ambiental de um determinado sistema (Reckien, 2018).

$$EX = \sum_{i=m}^n (Vex_i \times Pex_i) \quad (1)$$

$$SE = \sum_{i=m}^n (Vse_i \times Pse_i) \quad (2)$$

$$CA = \sum_{i=m}^n (Vca_i \times Pca_i) \quad (3)$$

Onde:

$Vex_i$  = o valor calculado para o indicador EX;

$Pex_i$  = o peso atribuído para o indicador EX;

$Vse_i$  = o valor calculado para o indicador SE;

$Pse_i$  = o peso atribuído para o indicador SE;

$Vca_i$  = o valor calculado para o indicador CA;

$Pca_i$  = o peso atribuído para o indicador CA.

Em seguida os componentes são combinados no índice de vulnerabilidade (V) por UCs. A vulnerabilidade resulta da interação entre a exposição e a sensibilidade do sistema frente a diversas ameaças, ou seja, o impacto potencial, enquanto a capacidade adaptativa indica a habilidade do sistema em minimizar o impacto dessas ameaças. As equações (4) e (5) expressam o cálculo da do impacto potencial e da vulnerabilidade, respectivamente.

$$IP = EX + SE \quad (4)$$

Onde:

IP = índice de impacto potencial;

EX = índice de exposição;

SE = índice de sensibilidade.

$$V = \frac{IP + (1 - CA)}{3} \quad (5)$$

Onde:

V = índice de vulnerabilidade;

IP = índice de impacto potencial;

CA = índice de capacidade adaptativa.

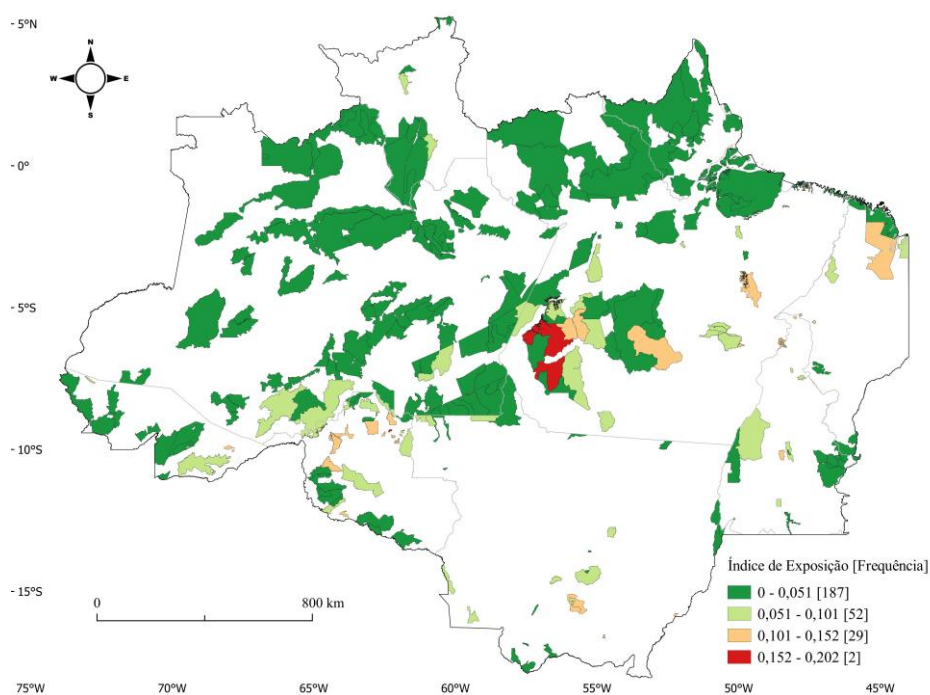
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Exposição

Os resultados revelaram índices de exposição (EX) predominantemente baixos para a maioria das Unidades de Conservação (UCs), variando de 0 a 0,202. Notavelmente, aquelas situadas ao longo das margens direitas do Rio Amazonas e dentro do arco do desmatamento exibiram valores mais elevados, situados predominantemente na faixa de 0,051 a 0,202. Em comparação, as localizadas a esquerda das margens do Rio Amazonas obtiveram valores mais baixos ( $< 0,051$ ).

Os valores encontrados corroboram com os aspectos legais das UCs no que diz respeito as suas restrições às atividades antrópicas e demonstra que elas cumprem bem seu papel de conservação ambiental (Figura 3).

Figura 3 - Índice de Exposição das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.



Fonte: Autor.

Apenas 11,5% das UCs estão acima do valor de 0,100. A UC mais exposta com o valor máximo de 0,202 é a APA do Tapajós localizada no sudoeste do Estado do Pará, e aproximadamente 70% das UCs avaliadas estão abaixo de 0,051.

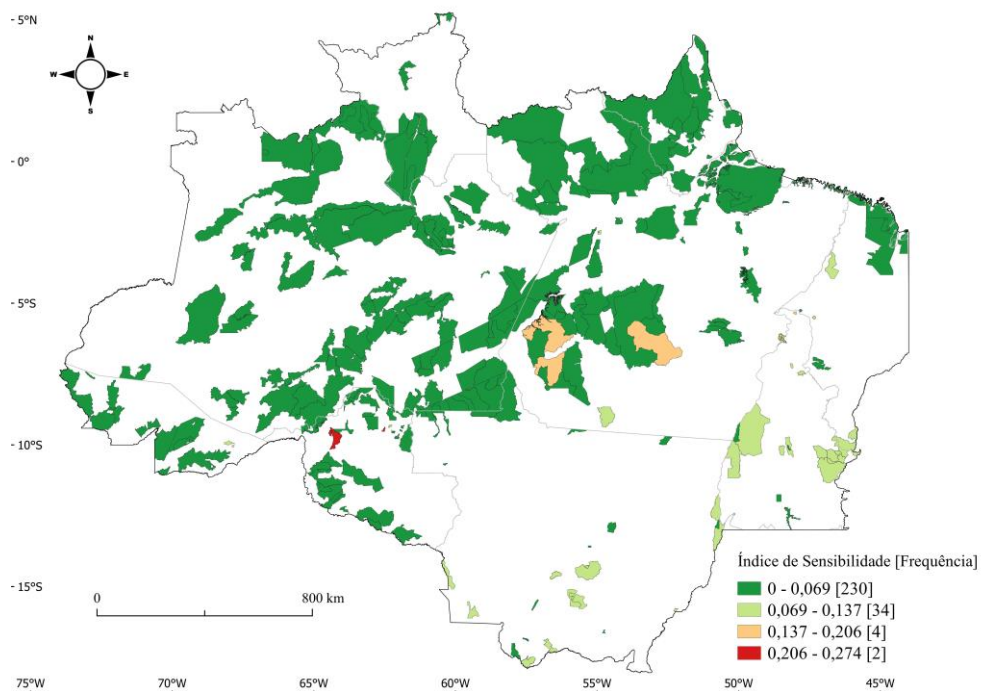
Conforme também é destacado pelo estudo do Mapbiomas (2021) para o sudoeste paraense, a região concentra diversas áreas de garimpo ao longo dos Rios Tapajós e Jamanxim. O indicador de mineração para esta UC apresentou o valor máximo de 1, este valor é justificável, pois sua zona de amortecimento é delimitada majoritariamente por rios, nos quais concentram-se os principais garimpos da região.

## 4.2 Sensibilidade

Os resultados obtidos para o Índice de Sensibilidade (SE) variou de 0 a 0,274. A UC mais sensível foi a FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum localizada no Estado de Rondônia (Figura 4). Os resultados de Rudke et. al (2020) também destacam esta UC como uma das mais pressionadas por processos minerários com 99% de sua área com interesse potencial e passível de exploração minerária.

Das 15 UCs com maiores índices de SE, apenas duas são de Proteção Integral o PES da Serra dos Martírios/Andorinhas e a REBIO Nascentes Serra do Cachimbo (Tabela 1). Isso indica que as categorias de Proteção integral apresentam um efeito inibidor às ameaças ambientais e ao impacto potencial delas.

Figura 4 - Índice de Sensibilidade das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.



Fonte: Autor.

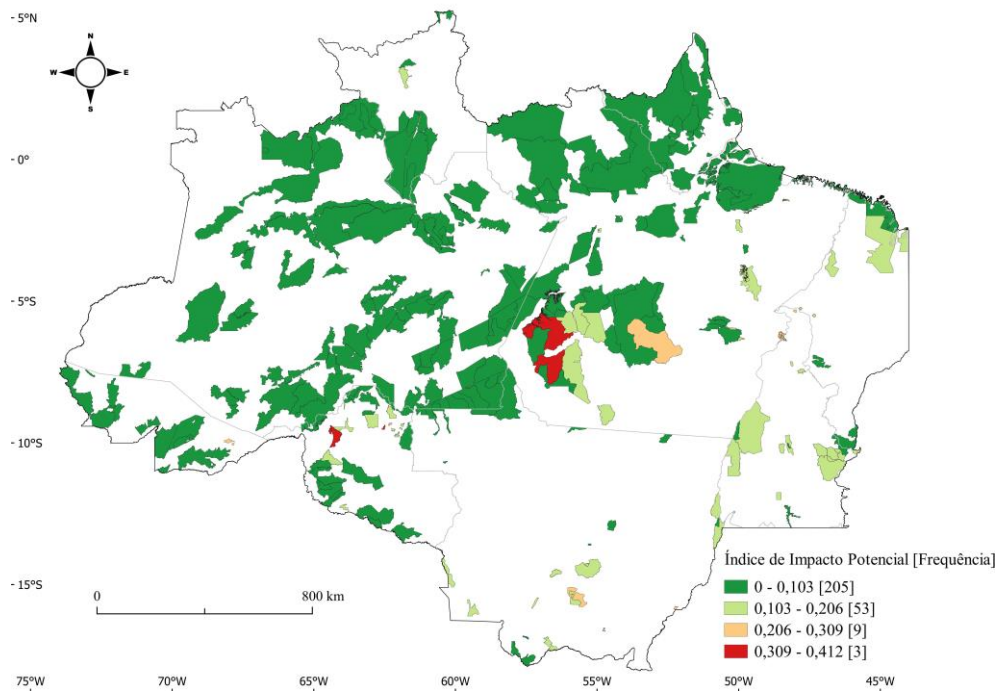
As UCs que apresentaram os maiores valores de sensibilidade (SE) estão distribuídas no arco do desmatamento (Figura 4), com destaque para a FLOTA Rendimento Sustentado Mutum (0,274) e a RESEX Jaci-Paraná (0,241) localizadas ao norte do Estado de Rondônia, e a APA do Tapajós (0,179) localizada no sudoeste do Estado do Pará. Em geral, o índice de sensibilidade foi superior ao de exposição, devido às categorias menos restritivas das Unidades de Conservação (UCs) em destaque.

Estes resultados diferem dos encontrados por Rorato et al. (2022) em Terras Indígenas (TIs), indicando que as ameaças ambientais também são maiores dentro dos limites das UCs comparada as ameaças externas, ou seja, a exposição. Além disso, as ameaças se concentram também nas zonas de amortecimento das UCs, assim como ocorre nas TIs, evidenciando que as restrições ambientais estabelecidas pelos órgãos e legislações ambientais têm um efeito positivo na conservação interna dessas áreas.

### **4.3 Impacto Potencial**

Por meio da combinação dos Índices de EX e SE, estimou-se o Índice de Impacto Potencial (IP), variando de 0 a 0,412. Destacam-se a APA do Tapajós, no Estado do Pará, e a FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum, no Estado de Rondônia, com os valores mais expressivos de 0,412 e 0,382, respectivamente (Figura 5). A RESEX Jaci-Paraná também apresentou valores superiores a 0,353, posicionando essas áreas como as mais suscetíveis e sensíveis às ameaças ambientais em comparação com as demais UCs.

Figura 5 - Índice de Impacto Potencial das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.

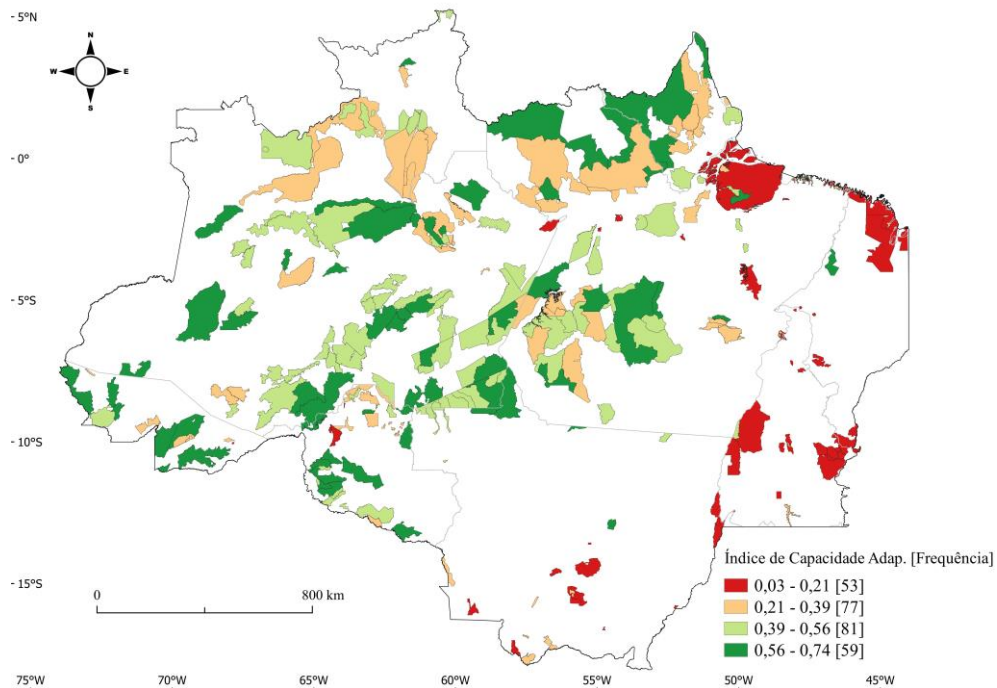


Fonte: Autor.

#### 4.4 Capacidade Adaptativa

O índice de Capacidade Adaptativa variou de 0,033 a 0,74 com a APA Jalapão apresentando o valor mínimo e o PARNA Montanhas do Tumucumaque, o valor máximo. Aproximadamente 36% das UCs tiveram valores maiores que 0,5 (98 UCs). Esta disparidade indica que as UCs não são uniformes em termos de sua resiliência e habilidade para responder a fatores de risco, refletindo possíveis diferenças nas políticas de gestão, infraestrutura, recursos disponíveis e grau de pressão antrópica (Figura 6).

Figura 6 - Índice de Capacidade Adaptativa das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.



Fonte: Autor.

A distribuição geográfica das UCs com menor capacidade adaptativa revela um padrão concentrado em alguns estados da Amazônia Legal. A análise aponta que as UCs com menor capacidade adaptativa têm uma maior incidência nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia.

O índice de núcleo, enquanto indicador de capacidade adaptativa de maior média, destaca a vital importância da preservação e conectividade das áreas centrais da paisagem na sustentação dos processos ecossistêmicos e da biodiversidade.

#### 4.5 Vulnerabilidade Ambiental

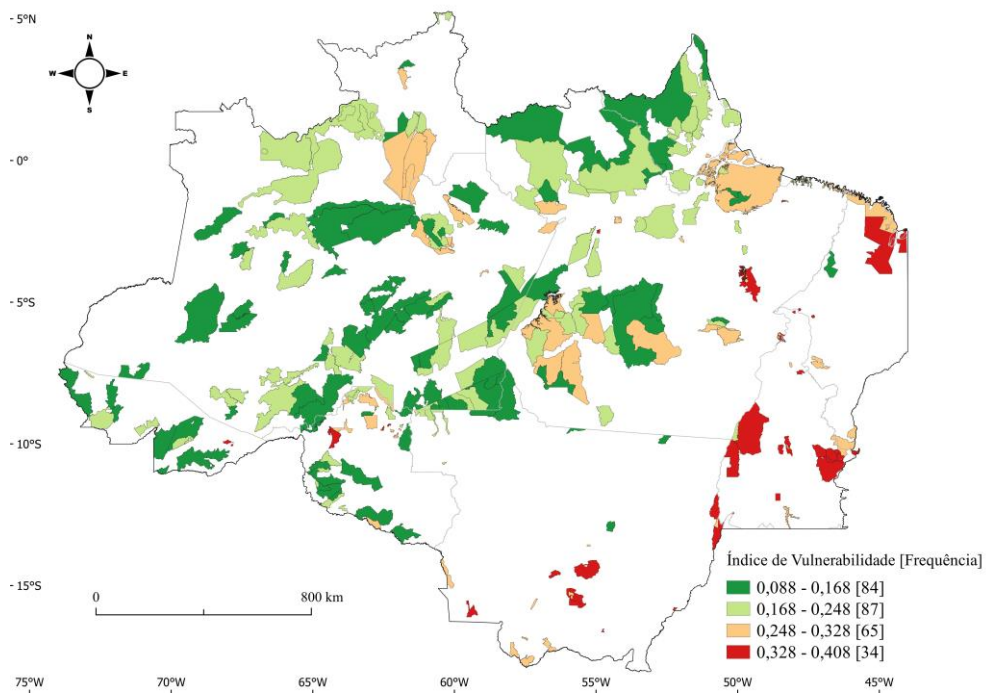
O Índice de Vulnerabilidade apresentou uma variação considerável entre as Unidades de Conservação (UCs), indo de 0,088 a 0,408. A constatação de que a Reserva Extrativista (RESEX) Jaci-Paraná se posicionou como a UC mais vulnerável, enquanto o Parque Nacional (PARNA) Montanhas do Tumucumaque foi identificado como o menos vulnerável, reflete diferenças significativas nas condições ambientais dessas áreas. A notável capacidade adaptativa do PARNA Montanhas do Tumucumaque pode ser atribuída, em parte, a uma menor



pressão humana e à presença de um terreno acidentado e de difícil acesso. Essa configuração da paisagem favorece a resistência do ecossistema às ameaças externas, evidenciando a eficácia de suas estratégias de conservação e manejo.

A distribuição geográfica das UCs mais vulneráveis nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Rondônia e Acre sugere padrões regionais de fragilidade ambiental (Figura 7). Esses resultados destacam a necessidade de abordagens diferenciadas de manejo e conservação em diferentes áreas da Amazônia Legal Brasileira. Enquanto o PARNA Montanhas do Tumucumaque serve como um exemplo de sucesso na proteção contra ameaças, a vulnerabilidade acentuada da RESEX Jaci-Paraná ressalta a urgência de intervenções específicas para minimizar os impactos ambientais e sociais nessas regiões.

Figura 7 - Índice de Vulnerabilidade das Unidades de Conservação da Amazônia Legal no período de 2012 a 2021.



Fonte: Autor.

Adicionalmente, destaca-se que a APA do Tapajós apresenta o menor nível de restrição em comparação com as outras categorias de unidades de conservação, o que a torna mais suscetível às ameaças antrópicas. De fato, essa categoria de UC é representada por oito das 15 UCs mais vulneráveis (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices de Exposição, Sensibilidade, Impacto Potencial, Capacidade Adaptativa e Vulnerabilidade.

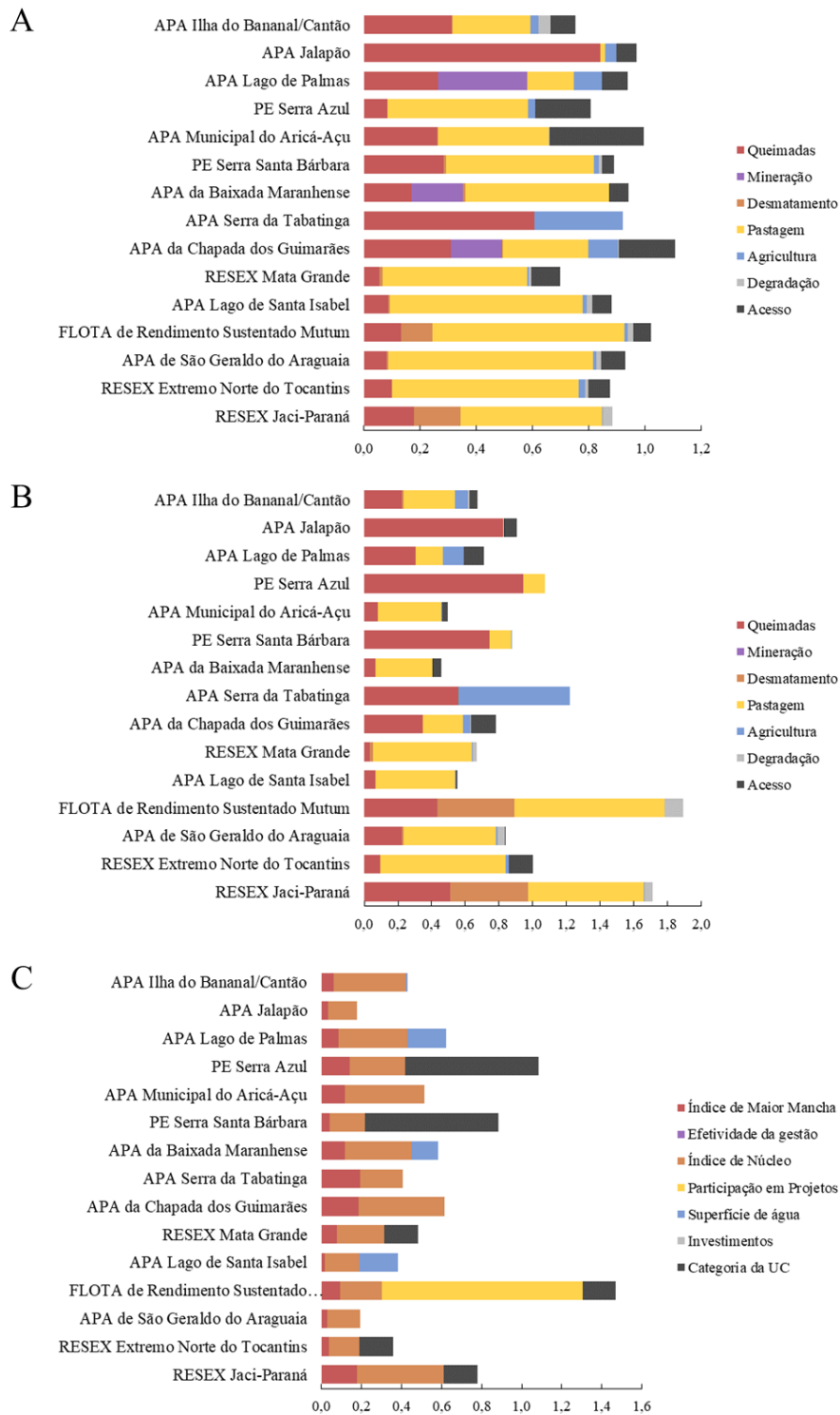
Ordem	Exposição	Sensibilidade		Impacto Potencial		Capacidade Adaptativa		Vulnerabilidade		
	UC	Valor	UC	Valor	UC	Valor	UC	Valor	UC	
1	APA do Tapajós	0,202	FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,274	FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,412	APA Jalapão	0,033	RESEX Jaci-Paraná	0,408
2	RESEX Angelim	0,168	RESEX Jaci-Paraná	0,242	APA do Tapajós	0,382	APA de São Geraldo do Araguaia	0,036	RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,405
3	RESEX Rio preto-jacundá	0,143	APA do Tapajós	0,180	RESEX Jaci-Paraná	0,353	RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,050	APA de São Geraldo do Araguaia	0,404
4	FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,138	PE da Serra dos Martírios/Andorinhas	0,155	PE da Serra dos Martírios/Andorinhas	0,285	APA do Rio Curiaú	0,053	FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,397
5	APA de São Geraldo do Araguaia	0,131	RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,147	RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,266	APA Lago de Santa Isabel	0,064	APA Lago de Santa Isabel	0,380
6	RESEX Castanheira	0,131	APA Triunfo do Xingu	0,141	APA Triunfo do Xingu	0,251	RESEX Mata Grande	0,073	RESEX Mata Grande	0,376
7	PE da Serra dos mártrios/andorinhas	0,130	APA Serra da Tabatinga	0,133	APA de São Geraldo do Araguaia	0,248	RESEX Marinha de Soure	0,074	APA Da Chapada Dos Guimarães	0,368
8	RDS Pucuruí - Ararã	0,129	APA Igarapé são Francisco	0,122	RESEX Angelim	0,247	APA Serra da Tabatinga	0,075	APA Serra da Tabatinga	0,365
9	RESEX Aquariquara	0,129	APA de São Geraldo do Araguaia	0,117	APA Igarapé São Francisco	0,232	APA Ilha do Bananal/Cantão	0,079	APA Municipal do Aricá-Açu	0,362
10	APA Lago de Santa Isabel	0,123	PE Águas do Cuiabá	0,115	PE Serra Azul	0,221	APA Meandros do Araguaia	0,082	PE Serra Santa Bárbara	0,362
11	APA da Baixada Maranhense	0,122	PE Serra Azul	0,113	APA Lago do Amapá	0,220	APA de Alter do Chão	0,085	APA da Baixada Maranhense	0,362
12	APA Lago do Amapá	0,121	PE Encontro das Águas	0,109	APA da Chapada dos Guimarães	0,216	PE do Jalapão	0,086	APA Lago de Palmas	0,361
13	RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,119	PARNA do Araguaia	0,103	APA Lago de Santa Isabel	0,205	APA Foz do Rio Santa Tereza	0,092	PE Serra Azul	0,361
14	APA da Chapada dos Guimarães	0,119	RESEX Mata Grande	0,102	RESEX Mata Grande	0,200	RESEX do Ciriáco	0,092	APA Jalapão	0,359
15	PE de Guajará-Mirim	0,119	APA Lago do Amapá	0,099	RESEX Rio Preto-Jacundá	0,197	PE do Guirá	0,094	APA Ilha do Bananal/Cantão	0,358

Fonte: Autor.

De acordo com os resultados obtidos por Rorato et al. (2022), o componente de sensibilidade apresenta uma maior variação na contribuição dos indicadores para o valor total do componente em comparação ao componente de exposição (Figura 8). Os indicadores do componente sensibilidade em destaque são pastagem (0,687), queimadas (0,512) e desmatamento (0,460).

Na Figura 8, listamos as 15 UCs mais vulneráveis em relação a cada componente. Dentre elas, os maiores valores para os indicadores de exposição correspondem a pastagem (0,502), queimadas (0,178) e desmatamento (0,166).

Figura 8 - Valores dos indicadores de EX (A), SE (B) e CA (C) para as 15 Unidades de Conservação mais vulneráveis, em ordem crescente na vertical.



Fonte: Autor.

O índice de capacidade adaptativa (CA) para as três UCs mais vulneráveis (RESEX Jaci-Paraná, RESEX Extremo Norte do Tocantins e APA de São Geraldo do Araguaia)

apresentaram os indicadores efetividade da gestão; participação em projetos; superfície de água e investimentos com valores zerados. A FLOTA Rendimento Sustentado Mutum foi a quarta mais vulnerável, porém obteve bons indicadores de Índice de Núcleo (0,210) e Participação em Projetos (1,0). Esta UC foi a única entre as 15 mais vulneráveis que participa do Projeto ARPA o que demonstra os bons resultados dessa iniciativa governamental.

O índice de núcleo teve a maior média (0,270) entre os indicadores de capacidade adaptativa das 15 UCs mais vulneráveis. Portanto, o alto valor médio do índice de núcleo entre as UCs mais vulneráveis indica a presença de áreas centrais bem conectadas, o que pode contribuir para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos nessas regiões (Figura 7).

As duas UC com maiores índice de SE apresentam os maiores indicadores de desmatamento ambas com 0,460, e altos valores para o indicador pastagem, com 0,888 para a FLORSU Mutum e 0,687 para a RESEX Jaci-paraná, ambas localizadas no Estado de Rondônia. Nossos resultados corroboram os achados de Araújo et al. (2017, p. 92) e Vedovato et al. (2016), que indicam que, no período de 2012 a 2015, cerca de 87% do desmatamento na Amazônia Legal ocorreu nos Estados do Pará e Rondônia. Essas áreas de desmatamento estão frequentemente próximas a importantes infraestruturas, como redes de estradas e usinas hidrelétricas.

Os valores médios do componente de exposição e sensibilidade para os indicadores de queimadas e pastagens foram os mais altos (Apêndice 1) o que destaca os efeitos significativos dessas ameaças nas Unidades de Conservação. Estes valores são explicados pela maior suscetibilidade da paisagem a incêndios florestais, especialmente nas fases iniciais do processo de desmatamento, onde as bordas das áreas desmatadas são mais propensas a queimadas. Paisagens fragmentadas, caracterizadas por manchas menores e uma maior proporção de bordas, são mais suscetíveis ao fogo em comparação a paisagens com florestas contínuas e preservadas.

Essa maior suscetibilidade pode ser atribuída a mudanças na configuração estrutural da floresta, que resultam em menor retenção de umidade, maior temperatura e maior exposição a massas de ar seco e ventos. Consequentemente, o acúmulo de biomassa morta nessas áreas fragmentadas aumenta a disponibilidade de combustível, tornando-as mais propensas a incêndios florestais.

## 5 CONCLUSÃO

O índice de vulnerabilidade e os índices exposição, sensibilidade, impacto potencial e capacidade adaptativa mostraram-se eficientes na identificação de UCs sob pressão e impactos causados pelos indicadores incluídos na análise. A variação no Índice de Capacidade Adaptativa, destaca a heterogeneidade das Unidades de Conservação (UCs) na Amazônia Legal e reflete as discrepâncias em políticas de intervenção e ameaças antrópicas.

A concentração de UCs com menor capacidade adaptativa nos estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia demonstrou a urgência de novas abordagens, considerando o histórico de impactos humanos nessa região. O índice de núcleo, destacou a resiliência dessas UCs num contexto adverso e favorável a degradações.

A avaliação da vulnerabilidade mostrou-se uma ferramenta efetiva de pronta-resposta no embasamento de decisões e na implementação de políticas e práticas de conservação e manejo. A formulação do Índice de Vulnerabilidade é complexa e depende da normalização e da seleção dos indicadores, passíveis de mudanças conforme os objetivos do que se quer avaliar.

O estudo aprimora a compreensão da vulnerabilidade de UCs e identifica quais são as mais vulneráveis, e permite ao gestor alocar recursos humanos e financeiros, implementar medidas de proteção e combater ameaças na vastidão da Amazônia Legal Brasileira.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. T. R. *et al.* Effects of settlement designs on deforestation and fragmentation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 109, p. 105710, out. 2021.
- ALVES-PINTO, H. N. *et al.* The role of different governance regimes in reducing native vegetation conversion and promoting regrowth in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v. 267, p. 109473, mar. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1, p. 45-48.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro nacional de unidades de conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 12 jan. 2023. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm). Acesso em 05 nov. 2021.
- CABRAL, A. I. R. *et al.* Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. **Applied Geography**, v. 100, p. 101–115, nov. 2018.
- FONSECA, A. *et al.* **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (julho de 2020) SAD**. [S.l.]: Imazon, v. 8, 2020. Disponível em: <https://imazon.org.br/wp-content/uploads/2020/08/SAD-JULHO-2020.pdf>. Acesso em 07 set. 2021.
- GIGLIO, L. *et al.* The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, p. 72–85, nov. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 20 set. 2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Programa de monitoramento da Amazônia e demais biomas (PRODES)**. Desmatamento, 2021 – Amazônia Legal – Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL-ISA. **Povos indígenas do Brasil**. 2022. Disponível em: [https://pib.socioambiental.org/pt/P%C3%A1gina\\_principal](https://pib.socioambiental.org/pt/P%C3%A1gina_principal). Acesso em 15 jan. 2023.
- LAPOLA, D. M. *et al.* A climate-change vulnerability and adaptation assessment for Brazil's protected areas. **Conservation Biology**, v. 34, n. 2, p. 427–437, abr. 2020.
- LINDOSO, D. P. Vulnerabilidade e resiliência: potenciais, convergências e limitações na pesquisa interdisciplinar1. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 4, p. 127–144, out. 2017.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – mapeamento da superfície de água no Brasil (Coleção 2), 2021. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias\\_A%CC%81gua\\_2023\\_final.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias_A%CC%81gua_2023_final.pdf). Acessado em 25 mar. 2023.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil (Coleção 7), 2022. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MASULLO, Yata Anderson Gonzaga; GURGEL, Hellen; LAQUES, Anne-Elizabeth. Avaliação da efetividade de áreas protegidas: conceitos, métodos e desafios. **GEOgraphia**, Niterói, v. 21, n.46, maio/ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2019.v21i46.a14396>. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/geographia/article/view/14396/0>. Acesso em: 12 fev. 2023.

MAY, P.H; MILLIKAN, B.; GEBERA, M.F. **The context of REDD+ in Brazil**: drivers, agents, and institutions. 3rd edition. Bogor, Indonésia: CIFOR, 2016.

MCCARTHY, James J. *et al.* (ed.). **Climate change 2001**: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

McGARIGAL, Kevin. **FRAGSTATS help**. Amherst, MA, USA, University of Massachusetts. v. 182, 2015.

NGUYEN, T. T. X. *et al.* Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. **Ocean & Coastal Management**, v. 123, p. 18–43, Abr. 2016.

PATWARDHAN, A. *et al.* Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. **Climate Change**, p. 779-810, 2007.

PERES, C. A. *et al.* Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 4, p. 892–897, Jan. 2016.

RECKIEN, D. What is in an index? Construction method, data metric, and weighting scheme determine the outcome of composite social vulnerability indices in New York City. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 5, p. 1439–1451, Jun. 2018.

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

RUDKE, A. P. *et al.* Impact of mining activities on areas of environmental protection in the southwest of the Amazon: A GIS- and remote sensing-based assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 263, e 110392, 2020.

SONTER, L. J. *et al.* Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications 2017 8:1**, v. 8, n. 1, p. 1–7, Out. 2017.

TATE, E. Uncertainty analysis for a social vulnerability index. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, n. 3, p. 526–543, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00045608.2012.700616>.

VEDOVATO, L. B. *et al.* The extent of 2014 forest fragmentation in the Brazilian Amazon. **Regional Environmental Change**, v. 16, n. 8, p. 2485–2490, Dez. 2016.



## APÊNDICE A

(continua)

Unidade de Conservação	Queimadas	Mineração	Desmatamento	Pastagem	Agricultura	Degradação	Acesso	ex	v
RESEX Jaci-Paraná	0,178	0,000	0,166	0,502	0,002	0,035	0,000	0,111	0,408
RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,097	0,000	0,003	0,663	0,025	0,009	0,079	0,119	0,405
APA de São Geraldo do Araguaia	0,079	0,000	0,006	0,730	0,013	0,016	0,087	0,131	0,404
FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,131	0,000	0,111	0,685	0,011	0,019	0,063	0,138	0,397
APA Lago de Santa Isabel	0,085	0,000	0,008	0,684	0,014	0,021	0,070	0,123	0,380
RESEX Mata Grande	0,055	0,000	0,012	0,514	0,005	0,009	0,103	0,098	0,376
APA da Chapada dos Guimarães	0,309	0,182	0,001	0,306	0,107	0,001	0,201	0,119	0,368
APA Serra da Tabatinga	0,607	0,000	0,000	0,000	0,314	0,000	0,000	0,037	0,365
APA da Baixada Maranhense	0,169	0,182	0,010	0,510	0,000	0,001	0,069	0,122	0,362
PE Serra Santa Bárbara	0,282	0,000	0,009	0,526	0,019	0,011	0,042	0,093	0,362
APA Municipal do Aricá-Açu	0,261	0,000	0,003	0,393	0,002	0,003	0,333	0,108	0,362
PE Serra Azul	0,084	0,000	0,000	0,500	0,025	0,000	0,199	0,108	0,361
APA Lago de Palmas	0,263	0,318	0,000	0,165	0,101	0,000	0,091	0,105	0,361
APA Jalapão	0,841	0,000	0,000	0,018	0,038	0,000	0,072	0,017	0,359
APA Ilha do Bananal/Cantão	0,312	0,000	0,003	0,277	0,029	0,042	0,090	0,066	0,358
Média	0,250	0,045	0,022	0,462	0,047	0,011	0,100	0,100	0,375
Unidade de Conservação	Queimadas	Mineração	Desmatamento	Degradação	Acesso	Pastagem	Agricultura	se	v
RESEX Jaci-Paraná	0,512	0,000	0,460	0,053	0,000	0,687	0,001	0,242	0,408
RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,096	0,000	0,000	0,000	0,141	0,743	0,019	0,147	0,405
APA de São Geraldo do Araguaia	0,223	0,000	0,010	0,045	0,000	0,549	0,007	0,117	0,404
FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,433	0,000	0,460	0,109	0,000	0,888	0,000	0,274	0,397
APA Lago de Santa Isabel	0,066	0,000	0,000	0,001	0,012	0,473	0,002	0,082	0,380
RESEX Mata Grande	0,033	0,000	0,020	0,026	0,000	0,587	0,001	0,102	0,376

(continua)

Unidade de Conservação	Queimadas	Mineração	Desmatamento	Degradação	Acesso	Pastagem	Agricultura	se	v
APA da Chapada dos Guimarães	0,347	0,000	0,000	0,006	0,147	0,239	0,042	0,097	0,368
APA Serra da Tabatinga	0,558	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,661	0,133	0,365
APA da Baixada Maranhense	0,067	0,000	0,000	0,000	0,053	0,337	0,000	0,066	0,362
PE Serra Santa Bárbara	0,741	0,000	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000	0,093	0,362
APA Municipal do Aricá-Açu	0,081	0,000	0,000	0,000	0,032	0,376	0,005	0,072	0,362
PE Serra Azul	0,942	0,000	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000	0,113	0,361
APA Lago de Palmas	0,303	0,000	0,000	0,000	0,118	0,164	0,124	0,086	0,361
APA Jalapão	0,822	0,000	0,000	0,000	0,075	0,006	0,000	0,092	0,359
APA Ilha do Bananal/Cantão	0,225	0,000	0,010	0,009	0,047	0,304	0,076	0,088	0,358
Média	0,363	0,000	0,064	0,017	0,042	0,375	0,072	0,120	0,375
Unidade de Conservação	LPI	Efetividade da gestão	CPLAND	Participação em Projetos	Superfície de água	Investimentos	Categoria da UC	ca	v
RESEX Jaci-Paraná	0,179	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000	0,167	0,128	0,408
RESEX Extremo Norte do Tocantins	0,037	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,167	0,050	0,405
APA de São Geraldo do Araguaia	0,029	0,000	0,165	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,404
FLOTA de Rendimento Sustentado Mutum	0,093	0,000	0,210	1,000	0,000	0,000	0,167	0,220	0,397
APA Lago de Santa Isabel	0,018	0,000	0,173	0,000	0,190	0,000	0,000	0,064	0,380
RESEX Mata Grande	0,077	0,000	0,238	0,000	0,000	0,000	0,167	0,073	0,376
APA da Chapada dos Guimarães	0,187	0,000	0,426	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,368
APA Serra da Tabatinga	0,193	0,000	0,213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,075	0,365
APA da Baixada Maranhense	0,117	0,000	0,334	0,000	0,130	0,000	0,000	0,103	0,362
PE Serra Santa Bárbara	0,040	0,000	0,178	0,000	0,000	0,000	0,667	0,100	0,362
APA Municipal do Aricá-Açu	0,116	0,000	0,399	0,000	0,000	0,000	0,000	0,095	0,362
PE Serra Azul	0,141	0,000	0,276	0,000	0,000	0,000	0,667	0,137	0,361
APA Lago de Palmas	0,084	0,000	0,347	0,000	0,190	0,000	0,000	0,109	0,361
APA Jalapão	0,032	0,000	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,359

(conclusão)

Unidade de Conservação	LPI	Efetividade da gestão	CPLAND	Participação em Projetos	Superfície de água	Investimentos	Categoria da UC	ca	v
APA Ilha do Bananal/Cantão	0,061	0,000	0,359	0,000	0,010	0,000	0,000	0,079	0,358
Média	0,094	0,000	0,270	0,067	0,035	0,000	0,133	0,094	0,375

Fonte: Autor.