



ANÁLISE COMPARATIVA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO PERÍMETRO MARGINAL DO RESERVATÓRIO DO FUNIL

Pedro Barbieri Durigan¹

Kalill José Viana da Páscoa²

Arianis Ibeth Santos Nicolella^{3,4}

Juliana Dias Pedroso⁵

Newton La Scala Jr.⁶

Resumo

Este estudo analisou o uso e ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor do reservatório do Funil, comparando os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) com uma classificação visual das áreas. Os resultados revelam que 54% das APPs são classificadas como Áreas Consolidadas, ocupadas antes de 22 de julho de 2008, 24% como Reservas Legais e 22% como Remanescentes de vegetação nativa. O município de Ibituruna destaca-se por ter a maior proporção de Áreas Consolidadas (61,1%), enquanto Lavras apresenta a maior cobertura de vegetação nativa (36,9%). Ijaci, por sua vez, possui a maior proporção de Reservas Legais (26,1%), além de expressivo uso antrópico, refletindo o intenso processo de especulação imobiliária. A comparação entre os dados do CAR e a classificação visual indica uma diferença significativa na cobertura vegetal, com o CAR registrando 46% das APPs cobertas por vegetação, contra apenas 23% na análise visual. Essa disparidade pode ser atribuída à exclusão de áreas urbanas e à subdeclaração de imóveis rurais no CAR. Conclui-se que há uma variação considerável no uso e ocupação das APPs entre os municípios, ressaltando a necessidade de estratégias de manejo e conservação adaptadas às especificidades locais para garantir a preservação ambiental e a sustentabilidade dos recursos hídricos do reservatório.

Palavras-chave: Uso do solo; Cadastro Ambiental Rural; Uso consolidado; Conservação ambiental.

¹ Estudante de Pós-graduação, Agronomia (Ciências do Solo), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – pedro.durigan@unesp.br

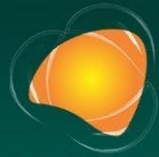
² Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências Florestais - kalill.pascoa@ufla.com.

³ Estudante de Pós-graduação, Agronomia (Ciências do Solo), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - santos.nicolella@unesp.br

⁴ Professora Assistente, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuárias, Panamá - Departamento de Suelos y Agua - arianis.santos-n@up.ac.pa

⁵ Estudante de Pós-graduação, Agronomia (Ciências do Solo), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – j.pedroso@unesp.br

⁶ Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – Departamento de Ciências Exatas - la.scala@unesp.br



INTRODUÇÃO

A matriz energética do Brasil é reconhecida por sua diversidade, com a energia hidrelétrica desempenhando um papel predominante (EPE, 2023). A abundância de recursos hídricos no país favoreceu a construção de inúmeros reservatórios, que, embora sejam considerados uma fonte de energia mais limpa em comparação às baseadas em combustíveis fósseis (HUNT et al., 2022), não estão isentos de contestações relacionadas aos seus impactos ambientais locais (CUARTAS et al., 2022).

Entre os principais impactos ambientais decorrentes da construção de reservatórios, destacam-se: (i) a retirada de vegetação nativa durante a fase de enchimento, resultando na perda de habitat para a flora e fauna locais; (ii) o aumento da decomposição de matéria orgânica nas áreas alagadas, intensificando a emissão de dióxido de carbono e metano, gases que contribuem para o aquecimento global; (iii) a redução da correnteza, levando à deposição de sedimentos que, normalmente, seriam transportados rio abaixo, assoreando o reservatório e reduzindo sua vida útil (OSMAN et al., 2023); (iv) a restrição de movimentos migratórios de peixes, impactando negativamente sua reprodução (QUADRONI et al., 2023); e (v) a perda da vegetação ripária, que desempenha um papel crucial na formação de corredores ecológicos, essenciais para o fluxo de fauna e dispersão vegetal (ALFREDSEN et al., 2022).

A legislação ambiental brasileira classifica as margens dos reservatórios hídricos destinados à geração de energia como áreas de preservação permanente (APPs) (MOURÃO; NEULS; NINNI, 2022). Essas áreas têm como objetivo proteger o entorno dos reservatórios, controlando o assoreamento, além de servir de abrigo para a fauna e flora, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e a qualidade das águas.

No entanto, em algumas situações, essas faixas de APP não são respeitadas, com proprietários utilizando as terras até a margem dos lagos. Em resposta, órgãos ambientais têm exigido que as concessionárias realizem a demarcação das APPs nas propriedades ribeirinhas e indenizem os proprietários afetados (MOURÃO; NEULS; NINNI, 2022).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Diante desse cenário, planos de preservação e monitoramento ambiental são extremamente importantes para garantir o desenvolvimento sustentável das áreas adjacentes aos reservatórios das usinas hidrelétricas, minimizando os impactos ambientais decorrentes de sua instalação. Com políticas eficazes, a vida útil do reservatório pode ser estendida ao seu potencial máximo, mantendo a capacidade de geração de energia da usina ao longo dos anos, inclusive durante as estações de seca.

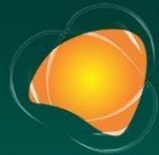
Este trabalho tem como objetivo diagnosticar a situação atual das áreas de preservação permanente ao redor do lago da Usina Hidrelétrica Engenheiro José Mendes Junior, também conhecida como Usina do Funil. Para isso, foram utilizadas imagens de alta resolução obtidas por veículos aéreos não tripulados (VANT), permitindo a classificação do uso e ocupação dessas áreas e a identificação dos principais conflitos de uso. Além disso, essa classificação foi comparada com os dados declarados pelos proprietários ribeirinhos no Cadastro Ambiental Rural (CAR), a fim de avaliar a qualidade e precisão das informações ambientais declaradas.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado na área circundante ao reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, localizada no Rio Grande, a 950 km da sua foz, abrangendo partes dos municípios de Lavras, Ijaci, Itumirim, Ibituruna, Bom Sucesso e Perdões, no sul do estado de Minas Gerais (Figura 1). As coordenadas geográficas da área de estudo variam entre 21°06'24'' e 21°13'60'' de latitude S e 45°04'38'' e 44°54'13'' de longitude W.

O reservatório do Funil, situado a 808 metros acima do nível do mar em sua capacidade operacional máxima, possui uma área inundada de 40,49 km² e um volume de armazenamento de 285 milhões de m³ de água. A área de drenagem totaliza 15.153 km², sendo os principais afluentes o Rio Grande, Rio das Mortes, Rio Capivari e Rio do Cervo. Construído em 2002, o reservatório tem uma largura média de 583 m e um perímetro de 305,9 km (CONSÓRCIO CVRD/CEMIG, 2001).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A Tabela 1 apresenta o perímetro e a área do reservatório pertencente a cada um dos municípios.

Tabela 1: Quantitativo do perímetro da margem e área do reservatório do Funil por município.

Município	Perímetro da margem (km)	Área do reservatório (ha)	%
Bom Sucesso	55,4	576,5	17%
Ibituruna	54,9	380,8	11%
Ijaci	60,1	1000,9	30%
Itumirim	60,9	701,8	21%
Lavras	36,0	290,6	10%
Perdões	38,6	360,6	11%
Total	305,9	3311,2	

Determinação das áreas de preservação permanente

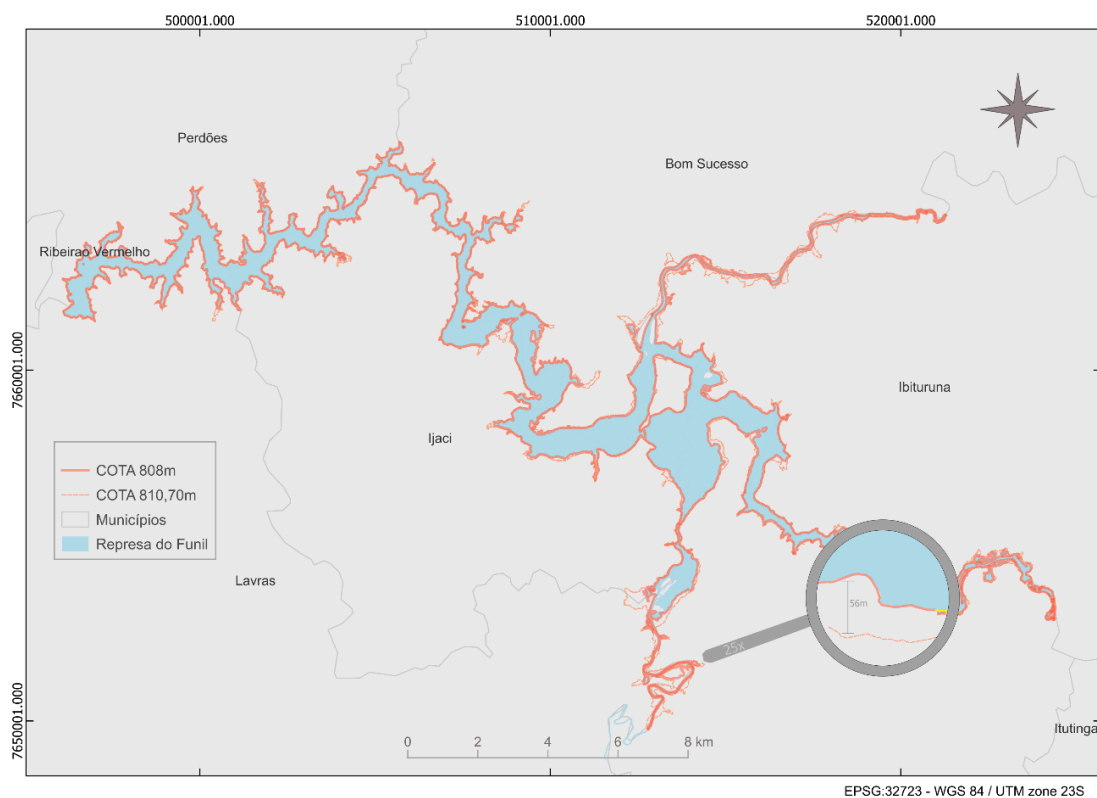
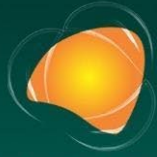


Figura 2: Delimitação da APP do reservatório conforme as cotas máxima e mínima.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Para definir as áreas de preservação permanente (APP) ao redor do reservatório, foi utilizado o disposto no artigo 62 do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012). Este artigo estabelece que, em reservatórios artificiais destinados à geração de energia, com contratos de concessão assinados antes da Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001 (como é o caso da Usina do Funil, cuja autorização foi assinada em 2 de outubro de 2000), a APP deve considerar a distância entre o nível máximo operacional normal (808 m) e a cota máxima em eventos de grandes cheias (810,7 m), conforme ilustrado na Figura 2. Para este caso específico, a aplicação do artigo 5º do Código Florestal, que delimita faixas mínimas e máximas de APP em áreas rurais e urbanas, não é aplicável. As cotas altimétricas foram obtidas utilizando dados do Modelo Digital de Elevação do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), obtidos junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* - USGS), e utilizados para a confecção das curvas de nível.

Mapeamento da área

O mapeamento das APPs foi realizado utilizando um VANT equipado com sensor RGB, gerando um ortomosaico com resolução espacial de 8,31 cm. As imagens de alta resolução foram utilizadas para a classificação visual do uso e ocupação do solo, empregando o *software* QGis (versão 3.28.1). As áreas foram classificadas em cinco categorias de cobertura do solo: i) Mata, ii) Pastagem, iii) Cultura agrícola, iv) Área antropizada, e v) Outros (Figura 3). O sistema de referência de coordenadas utilizado foi o EPSG:32723 - WGS 84 / UTM zone 23S. Ao final da classificação, foi gerado um *shapefile* contendo a delimitação de toda a APP, detalhando as áreas correspondentes a cada classe de cobertura do solo (em hectares).

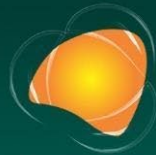


Figura 3: Classes de uso e ocupação do solo consideradas durante a classificação das APPs.

Análise comparativa com o Cadastro Ambiental Rural

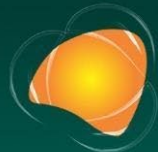
Os dados vetoriais das propriedades ao longo do perímetro do reservatório foram obtidos do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). Após correções geométricas e topológicas, esses dados foram convertidos para o formato *shapefile*, incluindo informações sobre: i) APP, ii) Reserva Legal, iii) Remanescente de Vegetação Nativa, e iv) Área Consolidada. A interseção entre os dados classificados das APPs e as classes declaradas no CAR foi então avaliada para identificar a qualidade e precisão das informações ambientais declaradas pelos proprietários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação da ocupação do uso do solo da APP

A Tabela 2 apresenta os resultados quantitativos da classificação de uso e ocupação das áreas de APP ao redor do reservatório do Funil, com a classe de uso em hectares para cada município e sua relação com a porcentagem total da APP.

Tabela 2: Classificação de uso e ocupação das áreas de APP ao entorno do reservatório do Funil por município.

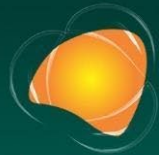


EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Município	Área (ha)					
	Pastagem	Mata	Uso Antrópico	Cult. Agrícola	Outros	Total
Ibituruna	118 (16,2%)	32,5 (4,5%)	0,8 (0,1%)	1,1 (0,2%)	21,7 (3%)	174,1 (23,9%)
Itumirim	93,8 (12,9%)	32,9 (4,5%)	17,7 (2,4%)	5,6 (0,8%)	3,3 (0,5%)	153,3 (21%)
Bom Sucesso	73,8 (10,1%)	40,6 (5,6%)	4,1 (0,6%)	0 (0%)	15,2 (2,1%)	133,7 (18,3%)
Ijaci	64,4 (8,8%)	30,5 (4,2%)	21,2 (2,9%)	0,2 (0,03%)	10,0 (1,4%)	126,4 (17,3%)
Lavras	73,9 (10,1%)	17,4 (2,4%)	2,3 (0,3%)	0,1 (0,01%)	5,6 (0,8%)	99,3 (13,6%)
Perdões	23,1 (3,2%)	14,5 (2%)	4,2 (0,6%)	0,1 (0,1%)	1,2 (0,2%)	43,1 (5,9%)
Total	447,0 (61,2%)	168,4 (23,1%)	50,3 (6,9%)	7,1 (1,0%)	56,9 (7,8%)	729,8 (100%)

A análise revela que as APPs ao redor do reservatório do Funil são predominantemente ocupadas por pastagem, totalizando 447 hectares, o que representa cerca de 61% da área total. Ibituruna destaca-se com a maior área dedicada à pastagem (118 ha). Já as matas nativas, com um total de 168,4 hectares, correspondem a aproximadamente 23% das APPs. Áreas de uso antrópico somam 50,3 hectares (6,9%), sendo Ijaci o município com a maior proporção de ocupação antrópica. Enquanto Culturas agrícolas somam apenas 7,1 ha (1%).

A Figura 4 complementa a análise, exibindo a porcentagem de ocupação por classe em cada município. Considerando a área ocupada por pastagem, observa-se variações entre os municípios, onde Lavras apresenta 74%, enquanto em Ijaci essa porcentagem é de 51%, respectivamente o maior e menor percentual entre os municípios. Em relação as áreas com mata, destaca-se Perdões com a maior porcentagem (34%), enquanto Lavras tem a menor, com apenas 18%.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

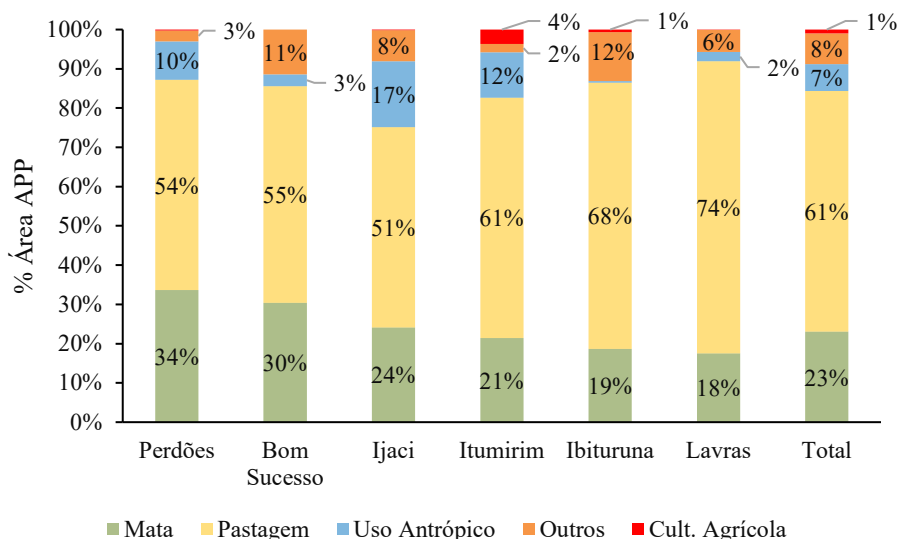
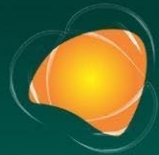


Figura 4: Porcentagem de uso e ocupação do solo nas áreas APP ao entorno do reservatório do Funil por município segundo classificação visual.

Segundo Coelho e Pereira (2010), durante a fase de EIA Rima para a construção do reservatório, o diagnóstico do meio socioeconômico das áreas diretamente afetadas - ADA indicava uma paisagem afetada por atividades antrópicas, com predomínio de pastagens (74,5), áreas agrícolas (17%) e matas (5,78%). Na época, a paisagem rural caracterizava-se pelo cultivo de café e por culturas temporárias, como milho, feijão e cana, além de pastos e pequenos maciços de florestas plantadas de eucalipto.

Contudo, a construção do reservatório intensificou as alterações na paisagem, principalmente considerando isoladamente as APPs criadas, já que tais locais antes da construção não necessariamente eram áreas protegidas por lei. Coelho e Pereira (2010) ainda discutiram em seu trabalho, na época, como deveria ocorrer o processo de ocupação do solo das áreas situadas no entorno do lago, destacando o potencial para projetos de turismo, e lazer. Segundo os autores, as atividades turísticas deveriam ser incentivadas, como forma de integrar o empreendimento à região. Nota-se, que o município de Ijaci foi o que apresentou a maior proporção de uso antrópico nas APPs, atingindo 17%, o dobro da média geral (7%). Esse elevado índice de ocupação antrópica é atribuído ao intenso processo ocupação das margens do reservatório por condomínios residenciais, impulsionado pela alta especulação imobiliária na região. Processo esse influenciado no caso de Ijaci pelo Plano Diretor do Município, que enquadrou algumas áreas ao entorno do reservatório como “área de expansão urbana” (HUNT et al., 2022).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

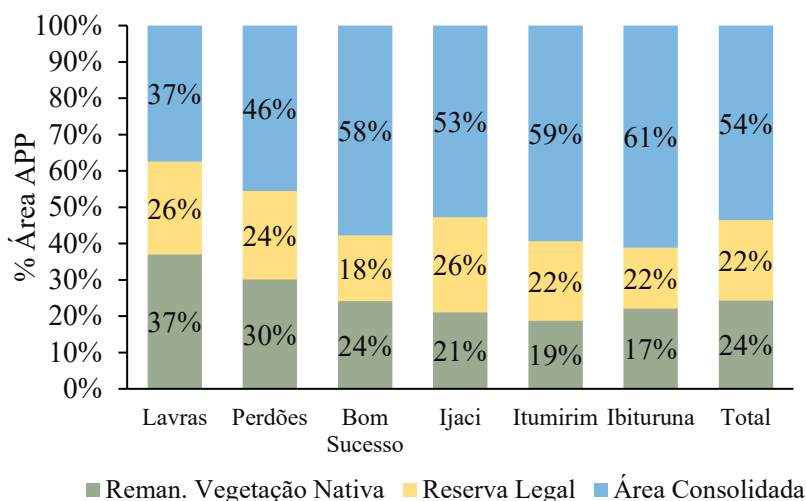
Por outro lado, um aumento da área da APP coberta por Matas seria interessante, principalmente considerando as funções ambientais das APPs, de estabilidade das encostas e margens dos corpos d'água e corredores de fauna. Tal fato serviria como filtro, diminuindo o carreamento de partículas resultantes dos processos erosivos, que intensificam o assoreamento do reservatório e consequentemente, diminuem a vida útil do mesmo, reduzindo inclusive a qualidade das águas. (COLLYER et al., 2022)

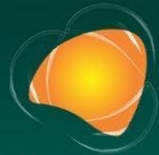
Classificação da APP com Dados do Cadastro Ambiental Rural

A Tabela 3 e a Figura 5 detalham os resultados da declaração de uso segundo o CAR.

Tabela 3: Dados do CAR de uso e ocupação das APP ao entorno do reservatório do Funil por município.

Município	Área(ha)			
	Área Consolidada	Rem. Veget. Nativa	Reserva Legal	Total
Ibituruna	31,0	11,2	8,5	50,7
Itumirim	45,3	14,3	16,7	76,3
Bom Sucesso	39,3	16,4	12,3	68,1
Ijaci	39,5	15,8	19,6	75,0
Lavras	18,7	18,5	12,8	50,1
Perdões	12,7	8,4	6,8	27,9
Total	186,6	84,7	76,9	348,1





EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Figura 5: Porcentagem do uso e ocupação do solo nas áreas APP ao entorno do reservatório do Funil por município segundo dados do CAR.

Em média, 54% dos dados observados do CAR ao redor do reservatório do Funil são classificadas como Áreas Consolidadas, ou seja, áreas ocupadas antes de 22 de julho de 2008, enquanto 24% são identificadas como Reserva Legal, e 22% são Remanescentes de vegetação nativa. Destaca-se o município de Ibituruna, onde as Áreas Consolidadas representam 61,1% do total. Lavras é o município com a maior proporção de áreas cobertas por vegetação nativa remanescente, atingindo 36,9%. Já Ijaci lidera em termos de Reservas Legais, com 26,1% da área total destinada a essa categoria. Esses dados demonstram a variação significativa nos dados cadastrados entre os diferentes municípios, refletindo dados em níveis distintos de preservação e impacto humano ao longo do reservatório.

É relevante notar que a análise visual abrangeu uma área de 729,8 hectares de APP, enquanto o CAR registrou apenas 348,1 hectares, diferença que pode ser atribuída à exclusão de áreas urbanas e à falta de declaração de alguns imóveis rurais no CAR.

Enquanto, a análise visual indicou que apenas 23% da delimitação de APPs estão cobertas por mata, os dados observados do CAR sugerem uma cobertura vegetal de 46% em referência ao total analisado, revelando uma diferença considerável. Essa disparidade pode ser explicada pelo fato de que o CAR abrange principalmente áreas rurais, onde a presença de vegetação nativa tende a ser mais significativa. Além disso, como os dados do CAR são autodeclaratórios, há uma margem para erros ou superestimação das áreas de vegetação nativa e reserva legal. Muitos desses dados ainda não passaram por uma validação oficial pelos órgãos ambientais estaduais, o que pode contribuir para a discrepância observada entre as porcentagens da análise visual e as registradas no CAR.

Divergências entre a Classificação por Análise Visual e os Dados do CAR

A Tabela 4 destaca as divergências entre os dados do CAR e a classificação visual.

Tabela 4: Divergência entre a classificação visual e os dados cadastrados no CAR.

Classes no CAR	Área Análise Visual (ha)					
	Pastagem	Mata	Cultura Agrícola	Uso Antrópico	Outros	Total
Reserva Legal	27,2	38,7	0,0	0,8	10,2	76,9
Reman. Veg. Nativa	36,1	39,8	0,1	0,9	7,8	84,7
Área Consolidada	140,8	26,2	4,9	10,3	4,3	186,5



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Total	204,1	104,6	5,0	12,0	22,3	348,1
--------------	--------------	--------------	------------	-------------	-------------	--------------

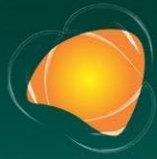
Observou-se que apenas 75% das áreas registradas como Remanescente de Vegetação Nativa e Reserva Legal no CAR correspondem à classe 'Mata' na análise visual. O restante foi classificado como Área Consolidada, sugerindo que vegetação rala ou pastagem pode ter sido indevidamente registrada como vegetação nativa no CAR. As áreas de pastagem também mostraram inconsistências, com algumas sendo erroneamente classificadas como Reserva Legal e Remanescente de Vegetação Nativa, o que pode ser devido à presença de vegetação arbustiva esparsa em áreas de pastagem.

Para minimizar tais discrepâncias, recomenda-se uma revisão mais detalhada das áreas declaradas no CAR, especialmente em casos onde há uma mistura de vegetação nativa e usos antrópicos. Além disso, uma combinação de técnicas de sensoriamento remoto de alta resolução com verificações em campo poderia melhorar a precisão da classificação de uso e ocupação do solo.

CONCLUSÕES

Existe uma predominância de área de pastagem no entorno do reservatório do Funil. A área coberta por vegetação nativa poderia ser aumentada, de forma a garantir a sua função ecológica de proteção dos corpos hídricos. Comparando os dados da classificação visual com o CAR são identificados alguns usos conflitantes ou problemas declaratórios. Isso demonstra que o uso de dados do CAR para uma análise de cobertura e uso do solo pode exigir correções, presumindo que a qualidade dos dados auto declaratórios não sejam os mais adequados.

As análises realizadas sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor do reservatório do Funil revelam uma significativa variação no uso e ocupação do solo entre os municípios envolvidos. A discrepância observada entre os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a classificação visual, especialmente no que tange à cobertura vegetal, destaca a complexidade da gestão dessas áreas, onde o CAR aponta uma maior presença de vegetação em áreas rurais em contraste com a análise visual. O município de Ibituruna, com uma alta concentração de Áreas Consolidadas, e Ijaci, com expressiva ocupação antrópica devido ao desenvolvimento imobiliário, ilustram o impacto humano crescente na região, que demanda atenção para assegurar a preservação ambiental. A expansão de



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

vegetação nativa nas APPs é crucial para aumentar a estabilidade das encostas, melhorar a qualidade das águas e prolongar a vida útil do reservatório, conforme indicam os dados analisados. Assim, as conclusões reforçam a necessidade de estratégias diferenciadas de manejo e conservação, adaptadas às realidades locais, para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e a proteção efetiva das APPs ao longo do reservatório

REFERÊNCIAS

- ALFREDSSEN, K. et al. A synoptic history of the development, production and environmental oversight of hydropower in Brazil, Canada, and Norway. *Hydrobiologia*, v. 849, n. 2, p. 269–280, 1 jan. 2022.
- COELHO, S. J.; PEREIRA, J. A. A. A paisagem na área de influência da Usina Hidrelétrica do Funil (UHE-FUNIL), percebida através do EIA-RIMA. *Paisagem e Ambiente*, v. 28, p. 133-148, 2010.
- CUARTAS, L. A. et al. Recent Hydrological Droughts in Brazil and Their Impact on Hydropower Generation. *Water (Switzerland)*, v. 14, n. 4, p. 601, 1 fev. 2022.
- HUNT, J. D. et al. Energy crisis in Brazil: Impact of hydropower reservoir level on the river flow. *Energy*, v. 239, p. 121927, 15 jan. 2022.
- MOURÃO, R. R.; NEULS, G. S.; NINNI, K. Hydropower in the News: how Journalists do (not) Cover the Environmental and Socioeconomic Costs of Dams in Brazil. *Environmental Communication*, v. 16, n. 6, p. 822–835, 18 ago. 2022.
- OSMAN, A. I. et al. Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. *Environmental Chemistry Letters*, v. 21, n. 2, p. 741–764, 1 abr. 2023.
- QUADRONI, S. et al. Editorial: Hydropower: From ecology to policy. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, p. 1118157, 4 jan. 2023.