FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER

Eficiência energético-ambiental de hidrelétricas - Estabelecimento de limiares admissíveis para o Indicador Área Reservatório/Potência (IAP)

Relatório Técnico – Versão Publicação

Grupo de Trabalho instituído pela ORDEM DE SERVIÇO N.º 382/2024 – DT

Bióloga Simoni Rossi de Matos (DIGEN)

Bióloga Anita Macedo de Campos (DIGEN)

Bióloga Juliana Gonçalves da Silva (DIGEN)

Biólogo Cleber Arruda Spolavori (DIMAN)

Bióloga Lori Inês Rossi da Motta (GERNOR)

Eng. Florestal Emerson Couto da Rocha (GERPLA)

PORTO ALEGRE, DEZEMBRO DE 2024

Sumário

1. INTRODUÇÃO 3
1.1 Justificativas e objetivos 3
1.2 Contextos e desafios na avaliação de impactos de hidrelétricas 4
1.3 Conceitos norteadores: Hierarquia da Mitigação e No Net Loss 6
2. METODOLOGIA APLICADA 8
2.1 Referencial técnico 8
2.2 Indicador Área Reservatório / Potência (IAP) 9
2.3 Base de dados 10
2.3.1. Escala Territorial 10
2.3.2. Similaridades entre bacias hidrográficas considerando os fatores de meio físico 13
3. RESULTADOS 14
3.1 IAPs Limite 14
3.2 Regulações e orientações do GT 16
3.3 Considerações finais 16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativas e objetivos

Em 1 de fevereiro de 2024, foi instituído grupo de trabalho (GT) com a finalidade de estabelecer critérios e diretrizes referentes aos limites de permissão de supressão de vegetação nativa, em relação à potência gerada a partir de fonte hídrica – CODRAN 3510.20.

A necessidade do estabelecimento desses limites foi identificada pela equipe técnica, lotada na Divisão de Energia da FEPAM, em razão do crescente número de processos de licenciamento ambiental para aproveitamentos hidrelétricos com baixa geração energética e extensas áreas de intervenção, que também implicam em supressão de vegetação nativa.

Atualmente, a demanda por energia elétrica vem aumentando aceleradamente, assim como, o desenvolvimento de novas tecnologias para aproveitamento de outras fontes de geração, para além da hidrelétrica. Tais fontes alternativas podem se mostrar melhores opções quanto à eficiência energética implicando em menores impactos ambientais, a depender do impacto avaliado. Portanto, é imperioso compreender a eficiência energética de empreendimentos que vem sendo implantados, especialmente quando balizados pelas áreas impactadas. Assim, tendo como objetivo maior, o desenvolvimento de uma regulação para que empreendimentos hidrelétricos com baixa eficiência energética e ambiental não sejam licenciados.

Considerando-se esse cenário, assim como tentativas de conciliar o desenvolvimento e a conservação ambiental, o presente Grupo de Trabalho objetiva desenvolver limiares e estabelecer critérios que orientem a tomada de decisão no licenciamento ambiental de hidrelétricas.

O presente Estudo Técnico contemplará os resultados da primeira fase estabelecida pelo Grupo de Trabalho, a qual visou à elaboração de proposta de um indicador de eficiência energética-ambiental: o Indicador Área Reservatório/Potência (IAP), definindo limites máximos a serem admitidos para o licenciamento e implantação de aproveitamentos hidrelétricos.

A regulação pretendida com a implantação de limiares consiste em ferramenta importante na análise prévia de empreendimentos, tornando-se um primeiro filtro para projetos ineficientes. Sendo assim, a análise definitiva da viabilidade ambiental de empreendimentos continuará sendo executada em cada processo, mediante análise qualitativa das áreas e dos impactos previstos. Além disso, visa que empreendimentos ineficientes não prossigam em licenciamento, e assim, promova que impactos sejam evitados e minimizados desde a fase de concepção do projeto.

Os registros do referido grupo de trabalho constam no Processo Administrativo Eletrônico do Estado do Rio Grande do Sul (PROA) nº PROA nº 23/0567-0001189-8.

1.2 Contextos e desafios na avaliação de impactos de hidrelétricas

A implantação de empreendimentos hidrelétricos causa impactos ambientais e sociais em diferentes níveis e escalas. O contexto da expansão de geração de energia no Brasil vem trazendo uma mudança no panorama, em que se multiplicam empreendimentos de baixa geração energética, nem sempre com áreas de intervenção pequenas.

Impactos ambientais de hidrelétricas usualmente estão relacionados com as áreas que necessitam ser alteradas para o estabelecimento das estruturas permanentes do projeto, em especial a área de alague do reservatório, o trecho do rio com vazão reduzida, bem como as áreas das estruturas temporárias e de apoio, como os canteiros de obras, acessos e bota-foras. A magnitude dos danos específicos de cada projeto depende de muitas variáveis, destacando-se a sensibilidade e a extensão dos ambientes a serem alterados, atingindo de formas distintas os ecossistemas aquáticos e terrestres.

Em relação aos ecossistemas aquáticos, ocorre a simplificação e substituição da comunidade aquática nas áreas de intervenção, em especial na área do reservatório decorrente do aumento dos níveis de água, e nos trechos de rio com vazão de água reduzida pelo desvio para o circuito hidráulico. A mitigação de impactos sobre ambientes aquáticos é de difícil execução. Recuperações e compensações de ambientes aquáticos não são comuns no contexto hidrelétrico, sendo mais efetivas as medidas de prevenção, que visam evitar e minimizar impactos.

Quanto aos ecossistemas terrestres, a implantação de hidrelétricas acarreta na supressão de ambientes em margens de rios, majoritariamente florestais e ciliares, abarcando gradientes de habitats. A mitigação nesse cenário terrestre se dá por evitar ou reduzir supressão em áreas especiais, por resgates de propágulos, recuperação de áreas degradadas e compensações por plantio de mudas ou aquisição de áreas. Usualmente, compensações são efetivadas por aquisição e destinação de áreas equivalentes, já cobertas por florestas maduras, sob responsabilidade do empreendedor, conforme previsto em normativas legais vigentes, como Lei 11.428/2006 e IN SEMA 01/2018. Tal destinação de áreas é uma importante ferramenta de compensação, já que o empreendedor fica responsável pela manutenção e conservação de um ambiente que já existe, além disso, evita a perda florestal por supressão em cenários de forte antropização.

Em um contexto global de perda de biodiversidade acentuada, é importante compreender que a floresta que foi suprimida para a implantação do empreendimento não será efetivamente compensada. Qualitativamente, o vale do rio com as margens totalmente cobertas por vegetação que outrora existia não retornará a existir completamente como antes. Após a conclusão da implantação, haverá a ocupação pelas estruturas do empreendimento, áreas de apoio em processo de recuperação, área demarcada como APP do reservatório e, em algum local, a área de compensação. Os habitats que foram suprimidos dificilmente serão os mesmos das áreas adquiridas para a compensação; a altitude em relação ao nível da água do rio não será a mesma, assim como o índice de umidade, o solo, a exposição às cheias, entre outras variáveis que possam ser

analisadas. Quantitativamente, a floresta suprimida não será recriada em um novo local; a compensação ocorre apenas na manutenção de áreas de florestas maduras já existentes. Assim, do ponto de vista da paisagem e da biodiversidade, há perdas, pois a compensação não resulta em um ganho ambiental efetivo (incremento de área florestal).

Dessa forma, a mitigação de impactos negativos de projetos hidrelétricos é cada vez mais importante, considerando o cenário atual de mudanças climáticas, perda acelerada de biodiversidade e da necessidade contínua de desenvolvimento econômico e infraestruturas. Atualmente há numerosos requerimentos de licenciamento de projetos pequenos em geração energética, porém com uma miríade de arranjos construtivos e, consequentemente, grande amplitude de extensão quanto às áreas de intervenção. Soma-se a isso a falta de mecanismos institucionais para investigar objetivamente a efetividade das medidas mitigadoras prometidas no licenciamento frente àquelas realmente implantadas. Especialmente considerando que mitigações devem ser implantadas em todas as fases do licenciamento, desde a concepção do projeto quando se avaliam alternativas locacionais e tecnológicas, com o estabelecimento de indicadores claros para a avaliação da efetividade na redução do impacto mitigado.

Ao fortalecer as etapas iniciais da Hierarquia da Mitigação (contextualizada no item 1.3), evitamento e minimização, os impactos estarão reduzidos para futuras medidas de recuperação e compensação, visto que as áreas impactadas deverão ser ajustadas e minorizadas. Logo, pode-se considerar que, ao implementar o indicador de eficiência, ocorre o fortalecimento da Avaliação de Impactos Ambientais, a partir da aplicação das etapas iniciais da Hierarquia da Mitigação, avançando, assim, na busca pela meta 'No Net Loss' (NNL - contextualizada no item 1.3) na implantação desse tipo de projeto.

A aplicação eficaz da hierarquia de mitigação no contexto do NNL enfrenta desafios, especialmente em países como o Brasil, onde os ecossistemas apresentam alta complexidade e rica biodiversidade. Setores como o de geração hidrelétrica, que frequentemente demandam grandes áreas e causam impactos irreversíveis, tornam a execução plena dessa hierarquia ainda mais desafiadora. No entanto, a hierarquia da mitigação é uma prática indispensável para a conservação ambiental em empreendimentos de infraestrutura.

Embora o conceito de NNL represente um avanço significativo na mitigação de impactos ambientais, sua implementação exige rigor e uma adaptação cuidadosa às condições locais para garantir um saldo líquido positivo para a biodiversidade. No contexto do licenciamento ambiental, a publicação de diretrizes e normativas regulatórias torna-se fundamental para fortalecer a gestão ambiental e apoiar a tomada de decisão. Tais regulamentações asseguram que as etapas de evitação e minimização sejam tratadas com a devida seriedade, transformando-as em ações efetivas e não apenas em formalidades.

1.3 Conceitos norteadores: Hierarquia da Mitigação e No Net Loss

Considerando os desafios globais na implantação da Avaliação de Impactos Ambiental, assim como no desenvolvimento sustentável e na conservação da biodiversidade, a Hierarquia da Mitigação (CEQ, 2000) foi desenvolvida como uma abordagem para organizar e ordenar os esforços para a mitigação de impactos ambientais de projetos e políticas. A adesão à hierarquia da mitigação vem sendo reconhecida internacionalmente como uma ferramenta importante para reduzir os impactos negativos de diferentes projetos (SAHLEY et al., 2017). A Hierarquia propõe a organização das medidas mitigadoras em categorias sequenciais: as que evitam impactos, as que minimizam, as que recuperam e as que compensam os impactos negativos (JACOB; PIOCH; THORIN, 2016; LARSEN; KØRNØV; CHRISTENSEN, 2018). Em alguns contextos se utiliza também uma categoria adicional das medidas que potencializem os impactos positivos.

Seguindo essa diretriz, tais categorias de mitigações devem ser implantadas ordenadamente, pois assim primeiramente e desde a fase de desenvolvimento do projeto, todo e qualquer impacto possível de ser evitado, deve ser evitado; após esgotadas essas mitigações que se avança para as que minimizam e reduzam a dimensão ou intensidade dos impactos; posteriormente implanta-se as mitigações que recuperem os impactos e por fim, deve-se compensar quaisquer impactos resultantes do projeto e que não tenham sido totalmente neutralizados.

Essas etapas, executadas em sequência, formam uma abordagem sistemática para reduzir ao máximo a degradação ambiental de projetos que causem danos ao ecossistema. Essa sequência não é apenas teórica, mas sim um princípio norteador que integra o planejamento ambiental e a gestão de projetos, buscando o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação da biodiversidade (McKENNEY; KIESECKER, 2010).

Evitamento:

A primeira etapa da hierarquia da mitigação, evitar, consiste na prevenção de impactos ambientais antes mesmo que eles ocorram. Esse nível envolve o planejamento detalhado do projeto para evitar áreas ecologicamente sensíveis ou habitats ameaçados, considerando, quando possível, alternativas que reduzam o impacto ambiental. Estudos indicam que a prevenção de impactos é o método mais eficaz e econômico para proteção de ecossistemas, uma vez que, ao evitar a degradação, elimina-se a necessidade de intervenções corretivas ou compensatórias que, em geral, são menos eficientes e mais dispendiosas (McKENNEY; KIESECKER, 2010). Em projetos hidrelétricos, essa etapa pode incluir o redirecionamento de acessos e até mesmo a alteração do local da barragem para proteger áreas de alta biodiversidade.

O evitamento é a primeira e mais importante etapa da hierarquia da mitigação e exige que impactos sejam antecipados e eliminados antes que sejam tomadas decisões que levem a tais impactos (PHALAN et al.,

2018). Existem preocupações de que o evitamento de impactos seja frequentemente ignorado, mal compreendido e mal aplicado (VILLARROYA; BARROS; KIESECKER, 2014). Medidas de evitamento podem tanto ser aplicadas individualmente em projetos específicos, quanto no sistema de licenciamento. Em projetos específicos, o evitamento pode ser alcançado quando as alternativas são totalmente consideradas antes e durante a avaliação de impacto, como identificação de alternativas tecnológicas, locacionais e temporais, incluindo até o cancelamento do projeto (PHALAN et al., 2018).

Minimização:

Quando a prevenção não é viável, a próxima etapa é minimizar os impactos, ajustando o escopo e as técnicas do projeto para reduzir ao máximo a interferência ambiental. A minimização pode abranger práticas como a adoção de tecnologias mais limpas, modificações no design do projeto ou no processo construtivo, além de práticas que diminuem a escala e a duração das atividades em áreas de alta sensibilidade ecológica (GARDNER et al., 2013). No caso de empreendimentos hidrelétricos, essa etapa pode significar a escolha de arranjos tecnológicos que reduzam o alagamento de áreas naturais e diminuam a extensão dos impactos diretos sobre a vegetação e os habitats terrestres e aquáticos.

Recuperação:

A etapa de recuperação ou restauração se aplica quando impactos negativos já ocorreram e precisam ser revertidos. Essa etapa visa a recuperação de ecossistemas diretamente degradados pelo projeto, restaurando sua funcionalidade ecológica e biodiversidade. Restauração pode incluir ações como o reflorestamento, a recuperação de áreas úmidas ou a reabilitação de habitats danificados. Embora considerada uma ação de alto custo e de longa duração, a restauração é essencial para reduzir a perda de biodiversidade e auxiliar na regeneração dos serviços ecossistêmicos afetados. No entanto, estudos indicam que, mesmo com as melhores práticas, os ecossistemas restaurados frequentemente não atingem a mesma complexidade e funcionalidade dos originais, destacando a importância das etapas anteriores (MORRIS et al., 2006).

Compensação:

A compensação é a última etapa da hierarquia da mitigação e ocorre quando os impactos ambientais persistem mesmo após as medidas de prevenção, minimização e recuperação. Nesta fase, o objetivo é compensar as perdas por meio de ações que restaurem ou protejam ecossistemas equivalentes ao habitat afetado pelo projeto. A compensação frequentemente envolve a criação de áreas protegidas ou a restauração de ecossistemas em outras regiões, visando substituir a biodiversidade perdida (BULL et al., 2013). Essa estratégia, contudo, é criticada por sua eficácia limitada: mesmo com as técnicas mais avançadas, a criação de novos habitats não replica a complexidade dos ecossistemas originais e pode levar décadas ou até séculos para alcançar um nível de equivalência ecológica (MORRIS et al., 2006).

Adicionalmente, é importante destacar que a compensação ambiental por meio da destinação de áreas equivalentes também enfrenta questionamentos, especialmente quando o foco está na vegetação florestal. Embora a preservação dessas áreas seja essencial, essa abordagem não compensa diretamente a vegetação suprimida, pois conserva algo que já existe, sem adicionar à paisagem uma nova área natural que possa efetivamente contrabalançar a área perdida para o desenvolvimento do projeto.

No Net Loss:

O conceito de "No Net Loss" (NNL), ou "Sem Perda Líquida", emergiu como uma estratégia de conservação ambiental voltada a mitigar os impactos negativos que atividades de desenvolvimento humano causam sobre a biodiversidade. A premissa fundamental do NNL é assegurar que qualquer perda de biodiversidade, habitats naturais ou serviços ecossistêmicos ocasionada por projetos de infraestrutura seja compensada e neutralizada, de modo que o saldo líquido das intervenções seja neutro ou positivo para o meio ambiente (TEN KATE; BISHOP; BAYON, 2004). Esse conceito é amplamente adotado em políticas públicas e privadas, especialmente em setores como infraestrutura, mineração e geração de energia, nos quais as intervenções sobre a biodiversidade são mais profundas e complexas.

Dessa forma, seguindo a abordagem da Hierarquia da Mitigação, ao final de todas as mitigações, o resultado esperado é que todos os impactos tenham sido neutralizados pelo conjunto das medidas mitigadoras que foram implantadas ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. E assim, seria possível atingir a meta NNL, em que o desenvolvimento do projeto exemplificado não acarretou perdas líquidas, usualmente expresso em valores de biodiversidade ou bem-estar social ou qualquer indicador ambiental/social. Da mesma forma, pode haver casos (apesar de raros) em que a compensação destinada pode ter ultrapassado o impacto e assim, pode-se considerar que o projeto teve Net Gain, ou Ganho Líquido nos valores avaliados.

2. METODOLOGIA APLICADA

2.1 Referencial técnico

Em julho de 2024, foi finalizado o Grupo de Trabalho instituído pela Ordem de Serviço Nº 276/2024-DT, com a apresentação do Relatório Técnico intitulado "Impactos cumulativos de hidrelétricas na sub-bacia do Rio Turvo e Rio da Prata". Esse trabalho objetivou avaliar os impactos cumulativos que poderiam ser causados na referida sub-bacia na hipótese de implantação de todos os empreendimentos hidrelétricos em tramitação na FEPAM relativos a essa área. A partir disso, propôs um cenário regulado dando subsídios à tomada de decisão pelas equipes técnicas de licenciamento, promovendo a redução de danos ambientais. O estudo apresentou como base metodológica a utilização de indicadores de eficiência do projeto dos aproveitamentos hidrelétricos em avaliação, em contraponto à fragilidade do ambiente, no qual, esses pretendiam se inserir.

Um dos indicadores de eficiência de projeto adotado neste estudo foi o Indicador Área Reservatório/Potência (IAP), adaptado de Compte (2014) em análises semelhantes. Enquanto Compte aplicou o indicador com base na área terrestre inundada e na potência firme, esse trabalho adotou a relação entre a potência instalada e a área total do reservatório. Essa abordagem possibilitou uma avaliação mais ampla, envolvendo tanto o ambiente aquático quanto o terrestre, alinhando-se ao contexto de licenciamento ambiental do Estado.

O IAP foi utilizado em dois instrumentos de avaliação, primeiramente compôs o CEA (Componente de Eficiência Ambiental) de cada empreendimento analisado e posteriormente na obtenção do IAP da sub-bacia Turvo-Prata a partir dos dados dos empreendimentos já existentes. Esse IAP calculado para sub-bacia foi estabelecido, então, como IAP máximo a ser admitido na sub-bacia, na hipótese de novos licenciamentos de aproveitamentos hidrelétricos serem solicitados.

Como resultados, o estudo apresentou um ranking de eficiência ambiental dos empreendimentos instalados e planejados, um mapeamento de fragilidades ambientais e interesse especial à proteção, bem como uma proposta de regulações e orientações para o licenciamento ambiental. Dentre as regulações, destaca-se o zoneamento com restrições específicas a empreendimentos hidrelétricos.

Com o aprendizado obtido através do Grupo de Trabalho Turvo-Prata, no que tange ao estabelecimento de IAP máximo, o presente GT buscou a aplicar essa metodologia-base, ampliando-a para outros territórios do Estado do Rio Grande do Sul, com objetivo de apresentar uma proposta de regulação no que tange à eficiência energético-ambiental mínima a ser aceita para licenciamento de empreendimentos hidrelétricos.

2.2 Indicador Área Reservatório / Potência (IAP)

O **Indicador Área Reservatório / Potência (IAP)** adotado neste estudo é calculado pela relação entre a área do reservatório de água (hectares) e a potência instalada (MW) do empreendimento. O IAP traduz a magnitude do impacto da área alagada para gerar uma dada potência, uma vez que, na maioria dos casos, na área do reservatório ocorrerão os maiores impactos de um empreendimento hidrelétrico, tanto no ambiente aquático quanto no terrestre. Diante disso, pode-se dizer que quanto maior o IAP, menor é a eficiência ambiental do empreendimento.

$$IAP = \frac{Área\ reservatório}{Potência}$$

Após a tabulação e análise dos dados, foram calculados e definidos IAPs para cada um dos agrupamentos de Bacias Hidrográficas, com base em suas similaridades físicas (geomorfologia, relevo, declividade). O cálculo do IAP do agrupamento foi realizado a partir da média de IAPs individuais, considerando todos os empreendimentos licenciados na sua área de abrangência.

Neste estudo, foi adotada a nomenclatura "IAP Limite" com referência ao valor máximo admissível como um parâmetro para o licenciamento de novos empreendimentos hidrelétricos.

2.3 Base de dados

A base de dados primária foi fornecida pela Divisão de Informática (DIS/FEPAM) extraída do Sistema Oracle da FEPAM no dia 16/07/2024. Todos os dados de registro inerentes aos licenciamentos relacionados ao CODRAM 3510,20 nos sistemas FEPAM, até a referida data, foram contemplados.

Foram incluídos na base de dados, os empreendimentos com licenças emitidas em vigor e/ou com licenciamento em andamento em fase posterior à prévia, ou seja, os que tiveram emitidas as Licenças Prévias (LP/LPER), Licenças Prévias e de Instalação Unificadas (LPI), Licenças de Instalação (LI/LIER) e Licenças de Operação (LO/LOER). Os empreendimentos com licenciamento prévio em análise não foram incluídos.

Os dados foram compilados em formato de planilha Excel e incrementados com outras informações de projeto pela consulta aos processos, dentre as quais, destacam-se: potência instalada, categoria de porte, área de alague, coordenadas geográficas, tipo de adução e tipo de licenciamento. Tais informações fomentaram o cálculo do IAP de cada empreendimento, o qual foi adicionado à planilha.

Os empreendimentos hidrelétricos em operação, cujo licenciamento foi regularizado pela FEPAM, foram descartados, uma vez que esses foram implantados em época anterior ao licenciamento ambiental, portanto não tiveram qualquer análise de viabilidade ambiental. Dentre esses empreendimentos, há projetos com arranjos tecnológicos não usuais, que contam com reservatórios de acumulação e regularização de nível, ou ainda, contam com transposição de bacia hidrográfica. Tais características influenciam significativamente na área de alague e/ou potência e já não participam das solicitações de licenciamento ambiental nas últimas três décadas. Sendo assim, a remoção da análise de empreendimentos regularizados, visa obter resultados alinhados ao que vêm sendo praticado por esta Fundação.

Posteriormente, no programa QGIS, foram plotados os empreendimentos com licenças emitidas para análise da escala territorial, avaliando informações quanto à distribuição geoespacial com sobreposição de camadas: bacias hidrográficas, regiões hidrográficas e unidades geomorfológicas.

2.3.1. Escala Territorial

Os limites das regiões hidrográficas e suas respectivas bacias hidrográficas observaram o estabelecido no Decreto nº 53.885 de 16/01/2018 e seguem ilustrados no mapa constante na Figura 1, a seguir.

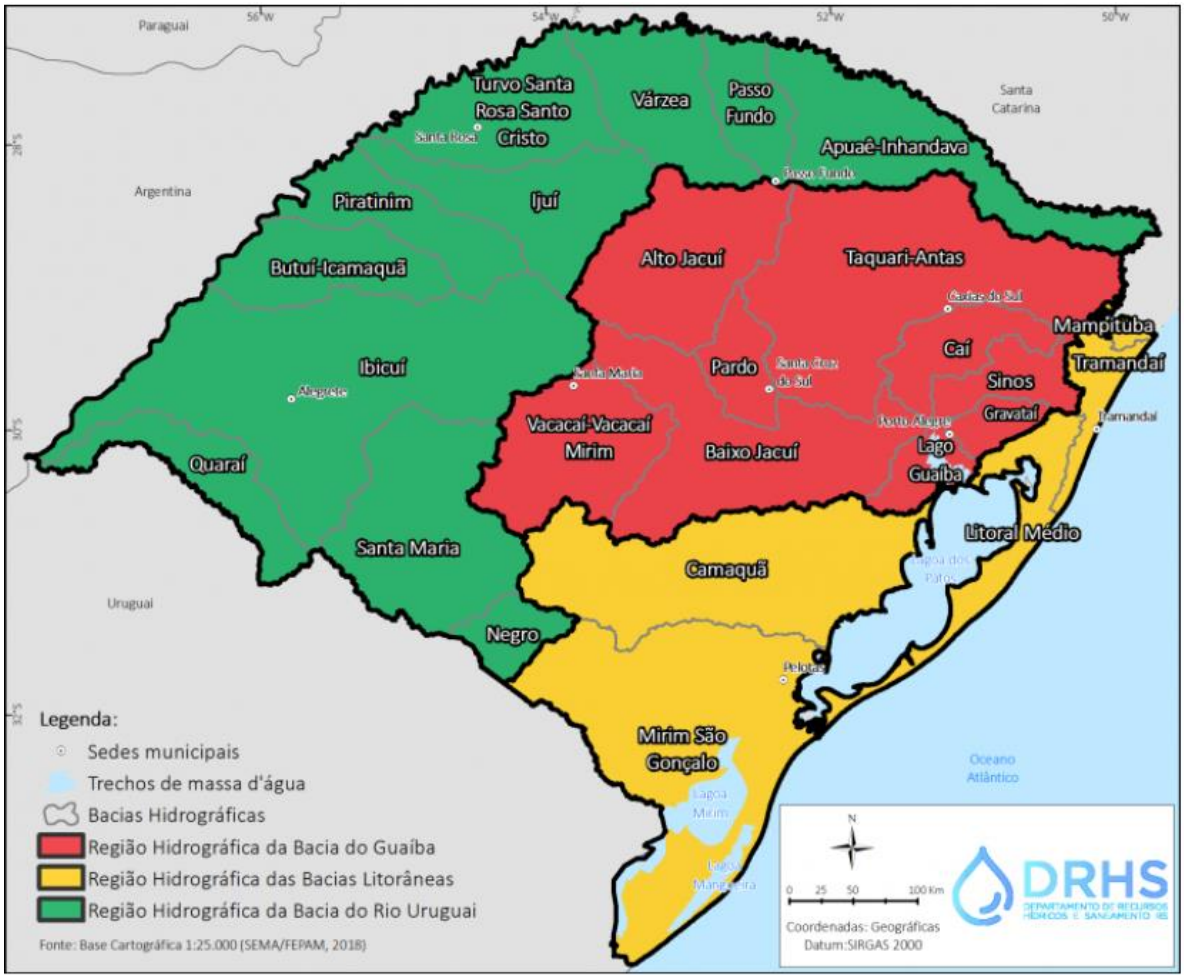

Figura 1. Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul disponível em https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas.

Para este estudo, foram consideradas apenas as bacias hidrográficas com participação no Planalto Meridional e com potencial hidrelétrico comprovado. Esse potencial foi evidenciado pela presença de rios inventariados pela ANEEL, pela existência de empreendimentos já instalados e por projetos em fase de licenciamento ambiental na FEPAM. Sendo assim, foram consideradas as seguintes bacias:

- Região Hidrográfica do Guaíba: Taquari-Antas, Pardo, Caí, Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Sinos.
- Região Hidrográfica do Rio Uruguai: Apuaê-Inhandava, Passo Fundo, Várzea, Turvo-Sta Rosa-Sto Cristo, Ijuí, Piratinim, Butuí-Icamaquã, Ibicuí.

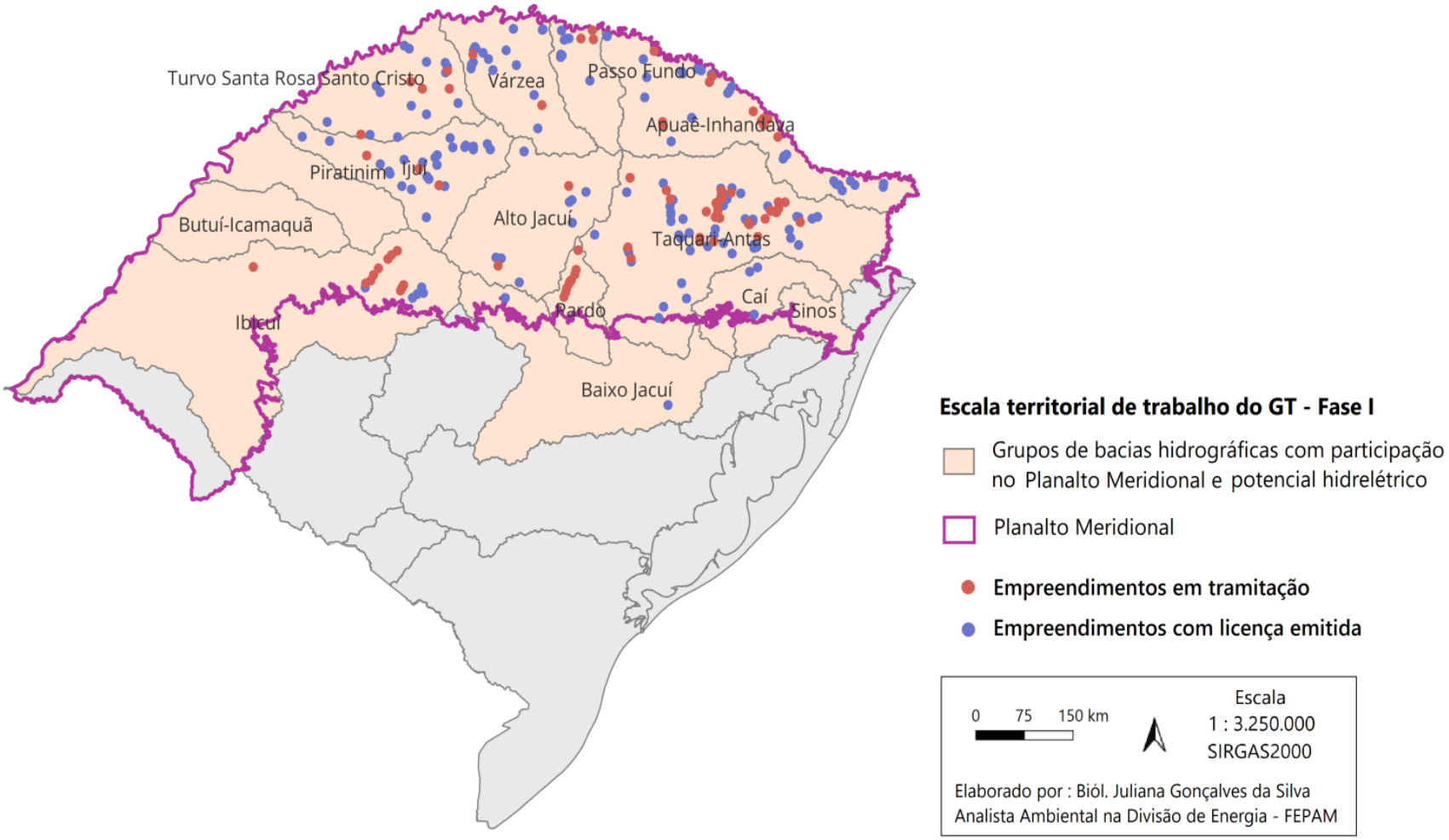

Figura 2. Escala territorial de trabalho.

2.3.2. Similaridades entre bacias hidrográficas considerando os fatores de meio físico

A definição da escala territorial levou em consideração, além das bacias hidrográficas, características de meio físico que as tornam similares entre si, sobretudo nas questões que impactam as dimensões de reservatórios artificiais.

A análise qualitativa de similaridade entre as bacias hidrográficas foi conduzida pelo Departamento de Qualidade Ambiental (DQA) da Fepam, com base em fatores do meio físico, incluindo substrato geológico, geomorfologia, aspectos gerais do relevo e, especialmente, o gradiente topográfico (declividade). A partir dos resultados apresentados, foram prospectados três agrupamentos, conforme apresentado na Tabela 01.

Tais agrupamentos são subdivisões da escala territorial para possibilitar a definição de IAPs Limite e sua aplicação no licenciamento ambiental de aproveitamentos hidrelétricos.

Tabela 1. Agrupamentos de Bacias Hidrográficas com base em similaridades inerentes ao meio físico.

Agrupamento Taquari	Agrupamento Apuaê	Agrupamento Ijuí
Taquari-Antas	Apuaê-Inhandava	Ijuí
Caí	Várzea	Turvo-Sta Rosa-Sto Cristo
Pardo	Passo Fundo	Ibicuí
Baixo Jacuí		Piratinim
Sinos		Butuí-Icamaquã
		Alto Jacuí

3. RESULTADOS

3.1 IAPs Limite

Os valores de IAP médio calculados para cada agrupamento de bacias hidrográficas estão listados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 3. Tais valores incorporam os resultados obtidos ao longo do estudo e consistem em parâmetro norteador de referência para o licenciamento de aproveitamentos hidrelétricos em cada unidade de gestão hidrográfica.

Tabela 2. IAPs limite calculados para cada agrupamento de bacias hidrográficas.

Bacias Hidrográficas	Nome do Agrupamento	Nº Emptos Licenciados	IAP Limite Proposto
Taquari-Antas Caí Baixo Jacuí Pardo Sinos	Taquari	51	**3,92**
Apuaê-Inhandava Várzea Passo Fundo	Apuaê	45	**2,78**
Ijuí Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo Ibicuí Alto Jacuí Piratinim Butuí-Icamaquã	Ijuí	51	**7,31**

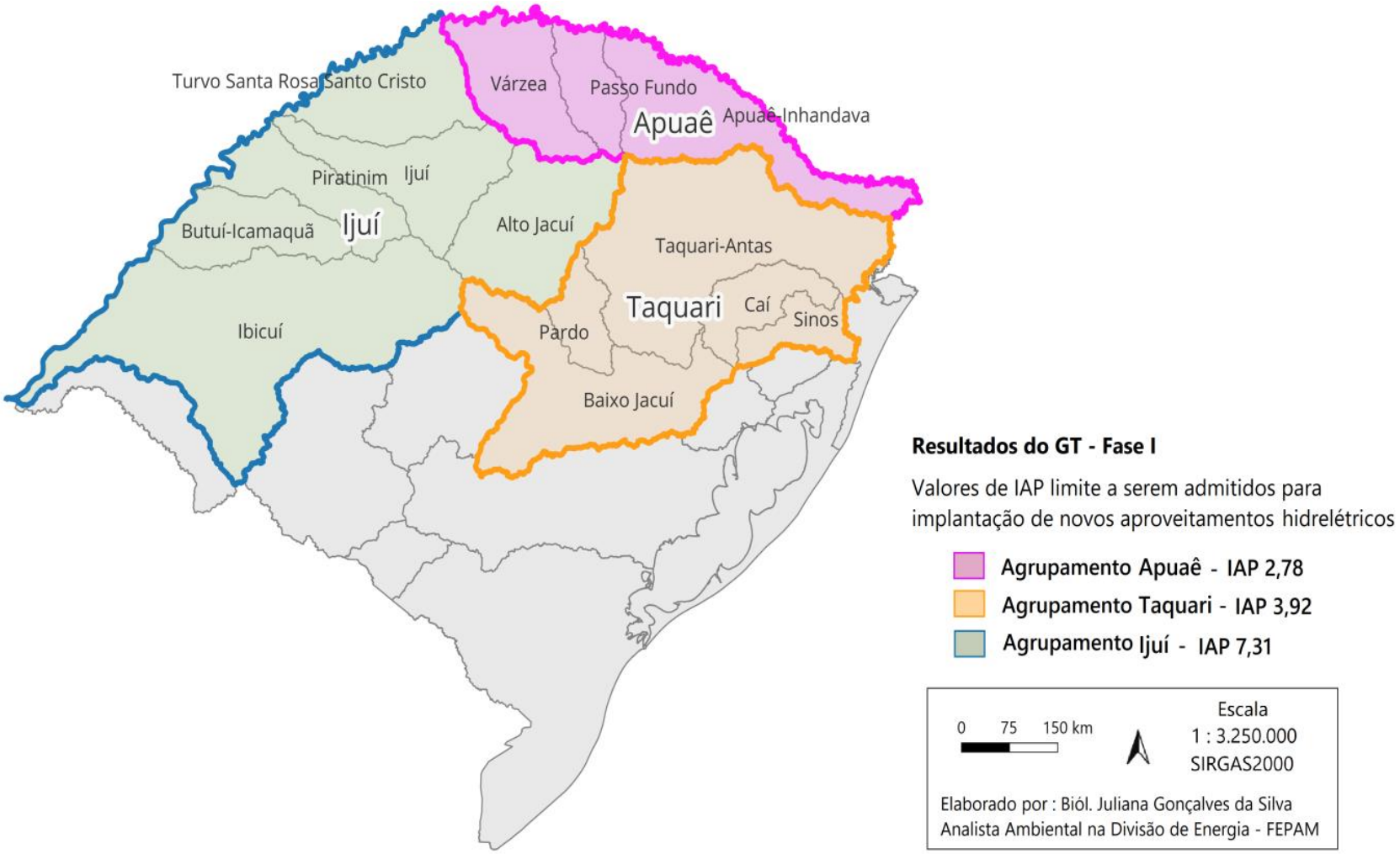

Figura 3. Síntese dos resultados: Valores de IAP limite estabelecidos para cada bacia hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul, conforme o agrupamento definido.

3.2 Regulações e orientações do GT

Os resultados do GT configuram orientações e regulações em relação ao IAP limite para cada agrupamento de bacias hidrográficas. Esse parâmetro visa assegurar que as decisões de licenciamento sejam baseadas em critérios técnicos claros e fundamentados, minimizando os impactos ambientais e promovendo uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

Com a aplicação deste indicador, todos os empreendimentos que ultrapassarem o limite estabelecido deverão realizar ajustes em seus projetos, de modo a aumentar sua eficiência e reduzir seus impactos ambientais. Caso não atinjam os padrões exigidos, ficarão impedidos de obter sua licença ambiental, assegurando que apenas empreendimentos com boa eficiência possam ser implementados. Essa abordagem visa promover um equilíbrio entre o desenvolvimento energético e a preservação ambiental, garantindo que os empreendimentos hidrelétricos contribuam de maneira mais sustentável para a matriz energética.

Recomenda-se que essa norma não seja aplicada a empreendimentos em processo de reativação e/ou repotenciação, desde que possuam reservatório consolidado, ou seja, aqueles que não envolvam a ampliação do barramento ou a alteração da cota de alague. Tais casos, por não gerarem novos impactos ambientais oriundos da formação do reservatório, devem ser analisados de forma distinta, dispensando-se a aplicação do parâmetro estabelecido para novos empreendimentos.

Destaca-se que as particularidades de cada ambiente impactado e de cada empreendimento devem ser analisadas pela equipe técnica da FEPAM. Caso sejam identificadas eventuais exceções à regra geral, mediante Parecer Técnico fundamentado, poderão ser admitidos IAPs superiores ao limite preestabelecido. Essa flexibilidade garante que o processo de licenciamento considere contextos específicos, promovendo uma avaliação mais justa e técnica de cada empreendimento, alinhando-se aos princípios de eficiência e sustentabilidade ambiental.

3.3 Considerações finais

O produto desenvolvido pelo GT consiste em um indicador de eficiência energético-ambiental, simples, porém de enorme importância, uma vez que trata da área de alague do reservatório e, assim, representa ambientes aquáticos e terrestres que são afetados por hidrelétricas. Da mesma forma, é uma avaliação preliminar quanto à razoabilidade entre a energia que será gerada frente à área que será impactada. Trata-se de um primeiro filtro do licenciamento para a avaliação da eficiência dos empreendimentos, em que os projetos que estiverem dentro dos limites estabelecidos poderão ter sequência na avaliação de impactos ambientais.

Com a implantação de limites bem definidos, como os propostos por esse Grupo de Trabalho, pretende-se evitar que empreendimentos demasiadamente ineficientes ambientalmente sigam sua tramitação normal e sejam licenciados sob o subterfúgio da energia ser considerada utilidade pública. Considerando todos os serviços ambientais prestados pelas áreas alvo desses empreendimentos, é possível afirmar que a sociedade tem maior benefício negando empreendimentos ineficientes ambientalmente, que impactam de maneira significativa diversos ecossistemas sensíveis para fornecer uma baixa quantidade de energia

A aplicação do IAP limite funciona, dessa forma, como uma ferramenta que busca evitar e minimizar impactos ambientais, desde a fase de concepção dos projetos. Permite que empreendedores e projetistas que desejem seguir com seus projetos, (re) avaliem a dimensão das áreas a serem impactadas, especificamente em relação à área de alague do reservatório.

Os produtos e implicações pretendidos por esse GT, também nas fases futuras, tornam-se importantes ferramentas na busca da implementação e fortalecimento da Hierarquia da Mitigação no contexto do licenciamento de hidrelétricas na FEPAM/RS. Pretende-se avançar para outros indicadores como a área de efetiva supressão de ambientes naturais, considerando que atualmente há projetos com áreas de alague muito pequenas (e que passariam nesse primeiro filtro), porém, com impactos inerentes à abertura de longos canais de adução e acessos, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BULL, J. W.; et al. Biodiversity offsets in theory and practice. *Oryx*, v. 47, n. 3, p. 369-380, 2013.

CEQ, C. on E.Q. *Protection of the environment (under the National Environmental Policy Act)*. Washington, DC, USA, 2000.

COMPTE, V. X.; et al. Estudo da relação área inundada, potência firme e legislação ambiental em hidrelétricas. Anais do *2º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto*, p. 671-677, Ouro Preto – MG, 2014.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. *Impactos cumulativos de hidrelétricas na sub-bacia do Rio Turvo e Rio da Prata - Relatório Técnico*. Processo Administrativo Eletrônico do Estado do Rio Grande do Sul (PROA) nº 24/0567-0000110-3. Porto Alegre, 2024.

GARDNER, T. A.; et al. Biodiversity offsets and the challenge of achieving no net loss. *Conservation Biology*, v. 27, n. 6, p. 1254-1264, 2013.

JACOB, C.; PIOCH, S.; THORIN, S. The effectiveness of the mitigation hierarchy in environmental impact studies on marine ecosystems: A case study in France. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 60, p. 83-98, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.001.

LARSEN, S. V.; KØRNØV, L.; CHRISTENSEN, P. The mitigation hierarchy upside down – a study of nature protection measures in Danish infrastructure projects. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 36, p. 287-293, 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1443260.

LEDEC, George; QUINTERO, Juan David. *Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for Site Selection of Hydroelectric Projects*. 2003. Disponível em: https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/f7c81f1b-6c6b-5ec8-953d-79c4fc75c584/full. Acesso em: 8 nov. 2024.

McKENNEY, B. A.; KIESECKER, J. M. Policy development for biodiversity offsets: A review of offset frameworks. *Environmental Management*, v. 45, n. 1, p. 165-176, 2010.

MORRIS, R. K. A.; et al. The creation of compensatory habitat—Can it secure sustainable development? *Journal for Nature Conservation*, v. 14, n. 2, p. 106-116, 2006.

PHALAN, B.; et al. Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first stage of the mitigation hierarchy. *Oryx*, v. 52, p. 316-324, 2018. DOI: https://doi.org/10.1017/S0030605316001034.

QUÉTIER, F.; LAVOREL, S. Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: Key issues and solutions. *Biological Conservation*, v. 144, n. 12, p. 2991-2999, 2011.

SAHLEY, C. T.; et al. Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 66, p. 53-65, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.003.

TEN KATE, K.; BISHOP, J.; BAYON, R. *Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case*. International Union for Conservation of Nature, 2004.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. Policy development for environmental licensing and biodiversity offsets in Latin America. *PLoS One*, v. 9, 2014. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107144.