



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS, CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Elizabeth Eny Gusmão Tarouco

Contradições da compensação ambiental em usinas hidrelétricas: análise da legislação e do potencial do conhecimento ecológico local para a restauração

Florianópolis
2026

Elizabeth Eny Gusmão Tarouco

Contradições da compensação ambiental em usinas hidrelétricas: análise da legislação e do potencial do conhecimento ecológico local para a restauração

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luís Hettwer Giehl
Coorientadora: Dra. Mariah Wuerges

Florianópolis
2026

Tarouco, Elizabeth Eny Gusmão
Contradições da compensação ambiental em usinas
hidrelétricas : Análise da legislação e do potencial do
conhecimento ecológico local para a restauração /
Elizabeth Eny Gusmão Tarouco ; orientador, Eduardo Luís
Hettwer Giehl, coorientadora, Mariah Wuerges, 2026.
47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,
Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Compensação ambiental. 3.
Restauração Ecológica. 4. Conhecimento ecológico local. 5.
Homogeneização biótica. I. Giehl, Eduardo Luís Hettwer.
II. Wuerges, Mariah. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Elizabeth Eny Gusmão Tarouco

Contradições da compensação ambiental em usinas hidrelétricas: análise da legislação e do potencial do conhecimento ecológico local para a restauração

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Local Florianópolis, 22 de junho de 2026.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Dr. Eduardo Luís Hettwer Gieh
Orientador

Profa. Dra. Sofia Zank
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Daniel Dutra Saraiva
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2026.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho nasce das experiências vivenciadas por mim, autora, ao longo da atuação com comunidades atingidas por barragens. O trabalho também é permeado pela experiência atuando na área do licenciamento ambiental e presenciando processos de compensação ambiental de grandes empreendimentos do setor energético. Ao longo dos últimos anos, pude perceber em campo a grande contradição e a grande lacuna que existe no setor legislativo referente às compensações ambientais e às violências sistêmicas sofridas pelas comunidades atingidas por estes grandes empreendimentos.

O presente trabalho se apresenta como uma tentativa de vincular o debate socioambiental e ecológico, buscando expor uma lacuna no campo das ciências biológicas, que é a exclusão do componente humano dos ecossistemas, que se reflete nas legislações ambientais, gerando sistemáticas perdas de direitos ao longo dos anos. Buscamos também expor a ausência de mecanismos legais que efetivamente assegurem que esses grandes empreendimentos compensem os impactos que estão gerando sobre o meio ambiente e as comunidades afetadas, tentando compreender de que forma essa organização atual da legislação corrobora com esse sistema de geração de impactos sobre a diversidade biológica e cultural.

Com esta breve apresentação, lhe convidamos a uma leitura deste trabalho com uma perspectiva aberta a dialogar com as diversas temáticas que perpassam essa realidade do setor energético brasileiro.



A



B



C



D

Figura 01 – Fotos representativas da minha experiência junto às comunidades atingidas pela UHE São Roque. A) árvores mortas dentro do reservatório da barragem. B) reservatório da UHE São Roque com grande proliferação de macrófitas. C) imagem de audiência pública realizada na comunidade do Ramo Verde, adjacente ao reservatório da UHE. D) registro de casa e galpão de uma família atingida pelo enchimento do reservatório da barragem.

Fonte: Imagens A, B e C registradas pela autora. Imagem D, retirada do documentário “Usina de São Roque: o colapso social nos municípios catarinenses”, disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=MAWT611PZNM&t=15s>>.

AGRADECIMENTOS

“Os laços de significados que criamos entre nós e os demais seres são o que nos sustenta no mundo” - Geni Núñez

Agradeço imensamente à todas as pessoas incríveis que tive a honra de partilhar a vida nesses últimos anos. Tenho muita sorte de fazer parte de uma rede tão linda de pessoas das quais me ensinaram e continuam me ensinando tanto. Primeiramente gostaria de agradecer à minha família que acreditou e apoiou meu sonho de me tornar bióloga, que viu o brilho nos meus olhos e me incentivou a sonhar o mais alto que eu pudesse imaginar. À minha mãe, meu pai, meu irmão, minhas tias e tios, primas e primos, minhas madrinhas e padrinhos, agradeço imensamente pelo cuidado e apoio, sem vocês, eu não teria chegado aonde cheguei.

Agradeço também à minha segunda família que conheci nesse curso incrível que é a biologia. Principalmente às pessoas maravilhosas do Cabio e Geabio, com vocês aprendi a enxergar o mundo, as injustiças, a indignação e a força da mobilização coletiva e autogestionada. Essas pessoas me formaram, me acolheram, me mostraram uma biologia que luta em defesa da vida. Me mostraram um futuro que eu acredito, um futuro coletivo.

Sou muito grata ao Laboratório de Diversidade & Conservação (Div&Con), por ter sido minha segunda casa, por ser muito mais que um laboratório de pesquisas, mas um lugar tão humano e acolhedor, que entendeu quando precisei me afastar e me recebeu de portas abertas quando pude voltar. Aprendi tanto com tantas pessoas que conheci neste espaço, pude ouvir e ser ouvida, pude aprender, questionar, sempre com muito acolhimento. Sou muito grata em especial ao Eduardo e Mariah por me orientarem de forma tão compreensiva durante esses últimos 2 anos. Pude experimentar, errar, voltar atrás, mudar. E vocês me deram apoio durante todo esse processo. Sou muito grata ao Div&Con por essa experiência.

Agradeço também aos movimentos sociais da Via Campesina, em especial ao Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, que me apresentou a um mundo de injustiça que é invisibilizado, mas também me mostrou que a organização popular tem muita força. Força para ir atrás de conquistar seus direitos que são sistematicamente negados. Agradeço o tanto que as famílias do movimento nos acolheram e compartilharam a realidade da luta pelos seus direitos.

Agradeço às pessoas maravilhosas que conheci no meu trabalho, que tiveram grande influência na minha formação. Trabalhar na área ambiental não é fácil, mas vocês me oportunizaram um espaço de grande aprendizado e muitos questionamentos, com espaço para discussão e para repensar o papel das profissionais da biologia. Me fizeram entender a importância da ferramenta do licenciamento ambiental, que mesmo que ainda haja muito a se melhorar, é uma ferramenta que tenta frear, mesmo que um pouco, os impactos desse desenvolvimento econômico desenfreado.

Sou grata à UFSC, ao Centro de Ciências Biológicas, ao Departamento de Ecologia e Zoologia e a todos os professores que contribuíram para minha formação. Aos colegas de curso, que estiveram presentes nos momentos difíceis. Agradeço à Capes, pelo apoio financeiro da bolsa PIBIC, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, agradeço à todas as pessoas que contribuíram para que essa pesquisa se concretizasse e agradeço às pessoas que estão disponibilizando seu tempo para ler esse trabalho.

“Sempre estivemos perto da água, mas parece que aprendemos muito pouco com a fala dos rios.”

“Os rios, esses seres que sempre habitaram os mundos em diferentes formas, são quem me sugerem que, se há futuro a ser cogitado, esse futuro é ancestral, porque já estava aqui.”

“Vivem na e da água, essa potência de vida que vem sendo plasmada pela presença barulhenta dos humanos urbanos, que sempre querem mais e, se preciso for, constroem Belo Monte, Tucuruí, fazem barragens em tudo quanto é bacia para satisfazer a sede infinita de suas cidades, casa dos que já não sabem viver nas águas e nas florestas.”

Futuro Ancestral – Ailton Krenak

RESUMO

A construção de usinas hidrelétricas (UHEs) no Rio Canoas (SC) – Campos Novos, Garibaldi e São Roque – tem causado perda de habitat e desestruturação de florestas ribeirinhas, contribuindo para a homogeneização biótica e impactando negativamente as comunidades tradicionais ribeirinhas. Este trabalho analisou como a legislação ambiental federal e estadual influencia os processos de compensação ambiental desses empreendimentos e investigou o potencial do Conhecimento Ecológico Local (CEL) das populações atingidas para orientar a restauração e promover a diversidade beta. Foram comparadas três listas de espécies arbóreas para cada UHE: (i) a lista de espécies propostas pelo empreendimento para compensação ambiental; (ii) a lista obtida por amostragem em campo com a metodologia de parcelas; e (iii) a lista proveniente de entrevistas com agricultores ribeirinhos que residem ou residiam próximos ao rio. Empregaram-se análises de diversidade alfa e beta, PERMANOVA e ordenação NMDS. A análise de 24 marcos legais demonstrou ausência de parâmetros ecológicos robustos e de mecanismos efetivos de participação social na maioria das normas. Os resultados evidenciaram que as listas de compensação são reduzidas em comparação com a amostragem de campo e com o Conhecimento Ecológico Local (CEL). A fonte dos dados (compensação, campo ou entrevista) explica 48% da variação composicional, enquanto a variável barragem (Garibaldi, Campos Novos e São Roque) não teve efeito significativo. As listas de compensação se mostraram mais isoladas em relação aos dados de campo e ao CEL, indicando que os projetos de compensação padronizados se afastam do esperado para uma área de recuperação ambiental, promovendo a homogeneização biótica. Conclui-se que a integração do CEL aos projetos de restauração pode ampliar a diversidade beta e promover a heterogeneização ambiental, sendo necessária uma revisão legal que incorpore critérios ecológicos claros e garanta o protagonismo das comunidades atingidas.

Palavras-chave: Compensação ambiental. Restauração ecológica. Conhecimento ecológico local. Homogeneização biótica. Florestas ribeirinhas.

ABSTRACT

The construction of hydroelectric dams (UHEs) on the Canoas River (SC) – Campos Novos, Garibaldi, and São Roque – has caused habitat loss and disruption of riparian forests, contributing to biotic homogenization and negatively impacting traditional riverside communities. This study analyzed how federal and state environmental legislation influences the environmental compensation processes of these enterprises and investigated the potential of Local Ecological Knowledge (LEK) of affected populations to guide restoration and promote beta diversity. Three tree species lists were compared for each UHE: (i) the list of species proposed by the enterprise for environmental compensation; (ii) the list obtained from field sampling using the plot methodology; and (iii) the list derived from interviews with riverside farmers who live or used to live near the river. Alpha and beta diversity analyses, PERMANOVA, and NMDS ordination were employed. The analysis of 24 legal frameworks demonstrated the absence of robust ecological parameters and effective social participation mechanisms in most regulations. The results showed that the compensation lists are reduced compared to field sampling and Local Ecological Knowledge (LEK). The data source (compensation, field, or interview) explains 48% of the compositional variation, while the dam variable (Garibaldi, Campos Novos, and São Roque) had no significant effect. The compensation lists were more isolated from field data and LEK, indicating that standardized compensation projects deviate from what is expected for an environmental restoration area, promoting biotic homogenization. We conclude that integrating LEK into restoration projects can increase beta diversity and promote environmental heterogenization, requiring a legal revision that incorporates clear ecological criteria and guarantees the protagonism of affected communities.

Keywords: Environmental compensation. Ecological restoration. Local ecological knowledge. Biotic homogenization. Riparian forests.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. A BIODIVERSIDADE E A HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA	13
1.2. A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	14
1.2.1. A Compensação Ambiental de Grandes Empreendimentos e a Legislação Ambiental	15
1.2.2. Conhecimento Ecológico Local e Restauração Ecológica	16
2. MÉTODOS	19
2.1. ÁREA DE ESTUDO	19
2.2. COLETA DE DADOS	20
2.2.1. Levantamento Bibliográfico	20
2.2.2. Dados da Vegetação	20
2.3. ANÁLISE DE DADOS	22
2.3.1 Análise de Dados da Legislação	22
2.3.2 Análise de Dados da Vegetação	23
3. RESULTADOS	25
3.1 ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	25
3.1.1 Análise da Legislação Federal	27
3.1.2 Análise da Legislação Estadual	32
3.2 ANÁLISE DOS DADOS DE VEGETAÇÃO	35
4 DISCUSSÃO	38
4.1 A COMPENSAÇÃO AMBIENTAL DE USINAS HIDRELÉTRICAS DO RIO CANOAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL E ESTADUAL	38
4.2 O USO DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	39
5. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A compensação ambiental exigida para usinas hidrelétricas no Brasil revela profundas contradições entre os projetos executados e a efetiva restauração da biodiversidade. Embora a legislação federal e estadual estabeleça instrumentos como o licenciamento e a compensação obrigatória para mitigar impactos, a prática tem se mostrado insuficiente. Ao mesmo tempo, a legislação ambiental historicamente exclui as populações tradicionais locais dos processos decisórios acerca do licenciamento ambiental desses empreendimentos, escancarando ainda mais as contradições e disputas territoriais existentes. Diante disso, entre conflitos sociais, políticos e econômicos, será possível restaurar a biodiversidade de uma forma socialmente justa e ecologicamente embasada?

1.1. A BIODIVERSIDADE E A HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

No atual contexto, vivemos uma acelerada perda de biodiversidade em escala global. Esse fenômeno vem sendo impulsionado por grandes mudanças no uso da terra e pela destruição e degradação de habitats. Estima-se que aproximadamente 50% da cobertura terrestre já foi modificada, e cerca de 40% da produtividade primária é consumida por atividades humanas (McGill et al. 2015). De acordo com Liu et al. (2019), cerca de 36 a 37% das espécies de plantas avaliadas globalmente estão ameaçadas de extinção. Essas transformações afetam a capacidade dos ecossistemas de manter funções essenciais, como a produtividade, a ciclagem de nutrientes e a regulação climática, especialmente em cenários de rápidas mudanças ambientais (Isbell et al., 2011). Essa perda de biodiversidade impacta diretamente a integridade dos processos ecológicos que sustentam os ecossistemas.

A perda de diversidade tem ocorrido em diferentes escalas, embora nem todas as escalas tenham recebido a devida atenção. A diversidade beta corresponde à variação na composição de espécies entre diferentes locais ou ao longo de gradientes espaciais, refletindo a heterogeneidade biótica da paisagem (McGill et al., 2015). Quando essa heterogeneidade se reduz, ou seja, quando diferentes locais se tornam mais semelhantes em sua composição, ocorre a homogeneização biótica (Socolar et al., 2016; McKinney & Lockwood, 1999). Nesse processo, as espécies locais, muitas vezes raras e endêmicas, são substituídas por espécies generalistas e amplamente distribuídas, o que reduz a

diversidade biológica e compromete a resiliência dos ecossistemas (Cardinale et al., 2011). Assim, embora a perda de diversidade beta envolva a homogeneização e simplificação ecológica, ela ainda é frequentemente ignorada no âmbito das políticas de conservação e licenciamento ambiental.

A homogeneização biótica é intensificada por múltiplos fatores antrópicos, incluindo a fragmentação de habitats, a introdução de espécies invasoras e as mudanças climáticas. Esses processos atuam de forma sinérgica, selecionando espécies com características funcionais semelhantes (como alta capacidade de dispersão e ampla tolerância ambiental) e eliminando aquelas com características associadas a nichos especializados (Püttker et al., 2020 e Holl et al., 2022). Na Mata Atlântica, a homogeneização biótica e, em proporções menores, a heterogeneização biótica, tem sido documentadas em múltiplos estudos (revisão em Kramer et al. 2023). Ainda assim, alguns tipos de vegetação com alta relevância ecológica dentro da Mata Atlântica, como é o caso das florestas ribeirinhas, ainda não foram suficientemente avaliadas em relação aos padrões de diversidade beta resultantes dos fatores relacionados à homogeneização biótica.

As florestas ribeirinhas são ecossistemas vulneráveis à homogeneização devido à sua dependência de regimes naturais de inundação e à sua função como corredores ecológicos. Essas florestas constituem zonas de transição entre ambientes aquáticos e terrestres, onde a heterogeneidade hidrológica promove a coexistência de espécies com diferentes níveis de adaptação ao estresse hídrico (Giehl & Jarenkow, 2008). Contudo, a construção de barragens (Usinas Hidrelétricas - UHE) para geração de energia elétrica, altera o regime de vazão dos rios, suprime áreas de vegetação ribeirinha, fragmenta habitats e provoca o deslocamento compulsório de populações tradicionais ribeirinhas (Allan & Castillo, 2007; Palmer & Ruhi, 2019; Silva, 2013). Neste contexto, foi evidenciado, nas florestas ribeirinhas na bacia do Rio Canoas (SC), que áreas com maior perda de habitat causada por barragens tiveram substituição de espécies especialistas por pioneiras generalistas (Wuerges et al., 2024).

Quando múltiplos barramentos são construídos em sequência na mesma bacia hidrográfica, os efeitos cumulativos podem agravar ainda mais a perda de diversidade e a homogeneização regional. Contudo, o licenciamento ambiental, ao analisar cada empreendimento isoladamente, desconsidera esses efeitos sinérgicos e de larga escala, resultando em uma subestimação dos impactos (Rigotti & Bisolo, 2013). Wuerges et al. (2024) analisaram três UHEs construídas sequencialmente no Rio Canoas-SC e a perda

de habitat causada pelos empreendimentos, e identificaram um padrão de heterogeneização local em áreas com baixa perda de habitat, mas homogeneização regional em áreas mais impactadas. Essa abordagem fragmentada do licenciamento ambiental, ao desconsiderar os efeitos cumulativos, não apenas subestima os impactos sobre a diversidade beta, mas também influencia a forma como os mecanismos legais propõem a compensação ambiental, sendo frequentemente executadas também de forma isolada.

1.2. A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

1.2.1. A Compensação Ambiental de Grandes Empreendimentos e a Legislação Ambiental

Diante dos impactos ambientais e sociais causados por grandes empreendimentos, a legislação brasileira instituiu instrumentos como o licenciamento ambiental e a compensação obrigatória, mas sua efetividade tem sido questionada. A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Resolução CONAMA 001/1986 estabeleceram a necessidade de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) para atividades potencialmente poluidoras, incluindo usinas hidrelétricas (UHEs). No entanto, o licenciamento ambiental é frequentemente guiado por interesses político-econômicos, desconsiderando direitos coletivos e difusos ao meio ambiente equilibrado, que são garantidos pela constituição federal. Propostas de flexibilização continuam sendo pautadas, ameaçando ainda mais o sistema de proteção ambiental. Dessa forma, a existência de instrumentos legais de proteção ambiental não garante sua aplicação efetiva, principalmente quando prevalecem lógicas de aceleração e redução de custos (Gonçalves & Sales, 2019).

A compensação ambiental obrigatória, prevista na legislação para empreendimentos que causam degradação ambiental, tem sido executada de forma padronizada e tecnicista, resultando em plantios homogêneos. A execução da compensação frequentemente se restringe ao uso de um conjunto restrito de espécies de fácil propagação, que não mitiga minimamente a degradação dos ecossistemas nativos (Holl et al., 2022; De Almeida et al., 2024). Como resultado, as espécies que comumente se estabelecem e proliferam em áreas compensadas são aquelas com características generalistas, pioneiras, de sementes pequenas e ampla distribuição, o que conduz à

simplificação trófica, à redução da diversidade funcional e genética e à homogeneização biótica das paisagens compensadas. Dessa forma, a compensação ambiental, tem reforçado, ao invés de mitigar, os processos de perda de diversidade beta e de resiliência ecológica (Holl et al., 2022).

A legislação ambiental brasileira também historicamente negligenciou o reconhecimento dos direitos das populações atingidas por barragens. Não existiam definições legais sobre quem são os atingidos, quais as formas de indenização ou os direitos sociais e econômicos a serem respeitados. As famílias desapropriadas frequentemente recebem valores insuficientes para adquirir novas terras produtivas, permanecendo com parcelas não alagadas que não garantem sua subsistência (Silva, 2013). A Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens - PNAB (2023) é uma exceção, representando um avanço ao criar o Programa de Direitos das Populações Atingidas por Barragens (PDPAB) e estabelecendo a obrigatoriedade de reparação integral e de comitês locais de negociação. Contudo, a efetivação da lei depende da atuação dos órgãos ambientais (Municipal, Estadual e Federal) e do Poder Judiciário, e que propostas de simplificação do licenciamento ameaçam retroceder nesses direitos. Assim, o reconhecimento formal ainda não se traduziu em participação efetiva das comunidades nas decisões sobre a implantação dos empreendimentos (Gonçalves & Sales 2019).

Os impactos sociais das barragens vão muito além da perda de terras, atingindo a saúde física e mental, a identidade cultural e as redes de apoio comunitário. Estudos apontam que a construção de UHEs na bacia do Rio Uruguai provocou aumento significativo de doenças infectocontagiosas, problemas cardiorrespiratórios, transtornos psicossociais (estresse, ansiedade, depressão) e acidentes de trabalho, com impactos mais severos nos períodos de construção e pós-construção (Nothaft et al., 2021). Em casos mais graves, foram registrados sentimento de frustração, medo e impotência entre os atingidos, além de casos de suicídio associados à ruptura dos vínculos territoriais (Nothaft et al., 2021). Wuerges et al. (2024) destacam que, em uma amostragem de 75 pessoas deslocadas pelas UHEs do Rio Canoas, 27 mudaram-se para áreas rurais distantes do rio e 14 para centros urbanos, perdendo o contato com o ambiente que detinham conhecimento acumulado por até quatro gerações. Essa desestruturação, compromete a transmissão intergeracional de saberes e práticas, levando à erosão do conhecimento ecológico local (Berkes, 2004). Portanto, a exclusão das comunidades dos

processos de decisão não é apenas uma injustiça social, mas também uma perda de informações para a restauração ecológica.

1.2.2. Conhecimento Ecológico Local e Restauração Ecológica

Em contraste com o modelo tecnicista, como no caso das compensações ambientais obrigatórias, que utilizam plantios em linha, poucas espécies e com baixa diversidade, o Conhecimento Ecológico Local (CEL) se apresenta como um importante subsídio com potencial para orientar ações de restauração mais diversas e socialmente justas. O CEL é um corpo cumulativo de conhecimentos, práticas e cosmovisões, transmitido de geração em geração por transmissão cultural, sobre a relação dos seres vivos entre si e com o meio ambiente. É um saber experiencial, contextualizado e dinâmico, que integra aspectos ecológicos, materiais, culturais e espirituais (Berkes, Folke & Colding, 2000). Nesse sentido, as comunidades não devem ser vistas como grupos estáticos e isolados, mas como redes sociopolíticas complexas, em constante transformação, com capacidade de aprender e se adaptar. Essa perspectiva é fundamental para a restauração, pois reconhece que os seres humanos são parte integrante dos ecossistemas e não apenas gestores externos (Berkes, 2004).

A conservação baseada em comunidades propõe a integração entre o conhecimento científico e o CEL, reconhecendo que os sistemas sociais e ecológicos estão indissociavelmente ligados (Berkes, 2004). O conceito de Sistemas Socioecológicos – SSE (Ostrom, et al., 1990), analisa a gestão de recursos naturais por meio dessas conexões, enfatizando que a maior inclusão de atores, cooperação e aprendizagem podem levar a estados mais resilientes. Esse conceito já foi aplicado, por exemplo à governança da água, destacando a necessidade de flexibilidade institucional e capacidade de adaptação a cenários de incerteza (Marques et al., 2020). No caso da restauração de florestas ribeirinhas, isso significa criar espaços de decisão compartilhada entre empreendedores, órgãos ambientais, comunidades atingidas, comunidade científica e organizações da sociedade civil interessadas, em vez de impor planos de compensação elaborados unilateralmente pelas empresas.

Os princípios estabelecidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica (SER) reforçam a necessidade de engajamento das partes interessadas, integração de múltiplos tipos de conhecimento e adoção de gestão adaptativa. A SER (2019; 2024) define oito princípios para a restauração ecológica eficaz, destacando o princípio 1 – “A restauração

ecológica envolve as partes interessadas” – que enfatiza que a participação deve ocorrer na fase conceitual, permitindo que as comunidades ajudem a definir a visão, os objetivos e os métodos de implementação e monitoramento. A gestão adaptativa, descrita como um ciclo de explorar alternativas, prever resultados, implementar, monitorar e ajustar, é apresentada como ferramenta essencial para lidar com a incerteza e as mudanças nas condições ambientais e sociais (SER, 2019).

A restauração deve ser entendida como um processo de transformação social e política, e não apenas como um conjunto de técnicas para recuperar atributos ecológicos (Tedesco et al., 2023). Tedesco et al. (2023) destacam que a restauração não ocorre no vácuo social: “porque uma iniciativa preocupada principalmente com a geração de benefícios ecológicos não pode existir fora de um contexto social”. Portanto, ignorar o sistema social nas avaliações de impacto e nos projetos de compensação significa ignorar aspectos fundamentais da diversidade biocultural dessas áreas (Wuerges, 2024).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a compensação ambiental e possíveis contradições em três usinas hidrelétricas do Rio Canoas (SC). Foram investigadas três questões: (i) a legislação federal e estadual reconhece a população local como detentora de direitos ambientais e prevê mecanismos de participação social continuada?; (ii) a legislação federal e estadual aponta critérios ecológicos para serem implementados na compensação ambiental?; e (iii) qual o potencial do CEL das comunidades ribeirinhas locais atingidas pelos empreendimentos para a restauração ecológica?

2. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai ocupa cerca de 3% do território brasileiro, estendendo-se pelos estados do Rio Grande do Sul (74%) e Santa Catarina (26%) (ANA, 2015). Dentro dessa bacia, a vegetação abrange porções da Mata Atlântica e de seus ecossistemas associados, como a Floresta Ombrófila Mista, a Floresta Estacional Decidual, a Floresta Estacional Semidecidual, os Campos Naturais, além do Pampa, configurando um dos principais corredores ecológicos de biodiversidade da região, abrigando diversas espécies endêmicas (IBGE, 2012).

A Bacia do Rio Canoas, que integra a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, está inserida em uma formação de Floresta Ombrófila Mista, marcada pela acentuada presença do pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*). Ainda assim, a vegetação local inclui características florestais de Floresta Estacional Decidual (FED), categorizando um ambiente de transição entre duas formações florestais (Klein, 1978). A área também é marcada pela presença de diversas Usinas Hidrelétricas (UHEs), cujos barramentos e reservatórios artificiais são construídos em sequência ao longo do curso do rio. Há também duas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em operação e uma em fase de licenciamento, bem como projetos de novos empreendimentos ainda não iniciados (SDS, 2017; AIBH, 2021).

O presente estudo foca em três grandes hidrelétricas construídas ao longo do Rio Canoas, na região serrana de Santa Catarina: UHE Campos Novos, UHE Garibaldi e UHE São Roque. A primeira é a UHE Campos Novos, que entrou em operação no ano de 2007, foi construída entre os municípios de Campos Novos e Celso Ramos. Pertence à empresa ENERCAN (Campos Novos Energia S/A) e possui capacidade instalada de 880 MW. O empreendimento possui um reservatório de água de 2.900 hectares para garantir sua operação. A segunda é a UHE Garibaldi, que entrou em operação no ano de 2013, sendo construída entre os municípios de Abdon Batista, Cerro Negro e Anita Garibaldi. Pertence à empresa Rio Canoas Energia S.A. (CTG Brasil) e possui capacidade instalada de 191 MW. O empreendimento possui um reservatório de água de 2.679 hectares para sua operação. A terceira e mais recente é a UHE São Roque, que foi construída entre os municípios de Vargem e São José do Cerrito. Segundo dados da empresa Nova Participações S.A, proprietária do empreendimento, a usina tem

capacidade instalada de 135 MW, entrando em operação no ano de 2022. O empreendimento possui um reservatório de água de 4.537 hectares para sua operação. De forma combinada, as três UHEs somam, portanto, mais de 10 mil ha de área inundada.

Além do impacto sobre a biodiversidade local e regional (Wuerges et al., 2024), a região serrana do estado de Santa Catarina vem sendo, desde o início das obras desses empreendimentos, impactada social, econômica e politicamente, pela perda de áreas de terra produtiva (Silva, 2013). Isso tem resultado no empobrecimento das famílias, especialmente aquelas com pequenas unidades produtivas, pois o valor recebido como indenização pelos empreendimentos, referente a parcialidade ou totalidade da propriedade alagada, não foi suficiente para a compra de novas terras produtivas (Silva, 2013).

2.2. COLETA DE DADOS

O presente estudo dá continuidade às pesquisas iniciadas por Wuerges (2024) e Mantovani-Silva (2022), utilizando os conjuntos de dados previamente coletados por esses trabalhos, especificamente, as listas de espécies arbóreas obtidas por amostragem em campo e por entrevistas com comunidades ribeirinhas. A esses dados, acrescentamos uma nova fonte de informação: as listas de espécies utilizadas nos programas de compensação ambiental das usinas hidrelétricas, o que permite uma nova análise comparativa entre as três fontes, conforme será detalhado a seguir. Adicionalmente, o estudo incorpora uma análise da legislação ambiental federal e estadual, avaliando os principais marcos legais vigentes.

2.2.1. Levantamento Bibliográfico

Foram levantados e analisados os principais marcos da legislação federal e estadual acerca do Licenciamento Ambiental e da Compensação Ambiental exigida para os empreendimentos. Neste levantamento, foram avaliadas as exigências legais e como estas influenciam o processo de compensação da vegetação suprimida para a implantação de grandes empreendimentos, no âmbito da promoção, ou não de diversidade beta.

2.2.2. Dados da Vegetação

Amostragem da vegetação

A coleta de dados de vegetação da área de estudo foi realizada previamente (Wuerges et al., 2024; Mantovani-Silva, 2022), usando parcelas de 10 × 10 m com o número de parcelas ajustado ao tamanho dos fragmentos amostrados. O levantamento da vegetação em campo abrangeu a área de influência das três UHEs construídas no leito do Rio Canoas: Garibaldi, Campos Novos e São Roque. Os trabalhos objetivaram: 1) analisar as diferenças entre as comunidades florestais próximas ao Rio Canoas e as mais distantes; e 2) avaliar a riqueza e composição de espécies em fragmentos florestais impactados pelas UHEs (Wuerges et al., 2024; Mantovani-Silva, 2022).

Foram amostrados indivíduos arbóreos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 15 cm, bem como aqueles com ramificação abaixo de 1,3 m de altura, desde que pelo menos um dos ramos atingisse o perímetro mínimo exigido na altura do peito. A identificação taxonômica das espécies baseou-se em literatura especializada e em plataformas digitais de referência. Os dados foram coletados entre 2020 e 2022 (Wuerges et al., 2024; Mantovani-Silva, 2023). A partir do levantamento de campo, as espécies registradas foram organizadas em três listas, cada uma correspondente a um dos empreendimentos estudados: Garibaldi, Campos Novos e São Roque.

Acesso ao conhecimento ecológico local sobre as espécies (entrevistas)

O trabalho de Wuerges (2024), além de fazer um levantamento da vegetação da área de estudo anteriormente citada, realizou entrevistas semiestruturadas com as pessoas que residiam, ou ainda residem, nas comunidades atingidas pelas UHEs Garibaldi, Campos Novos e São Roque. As entrevistas buscaram avaliar o impacto social, psicológico e econômico causado pela implantação das UHEs nas comunidades ribeirinhas. Estas comunidades estão historicamente ligadas ao manejo da floresta ribeirinha e do rio, assim, também foi objetivado com as entrevistas, obter uma listagem livre, por parte das pessoas entrevistadas, das espécies que ocorriam na margem do Rio Canoas anteriormente à implantação dos empreendimentos, com base na percepção do valor cultural das principais espécies arbóreas da região e de seu uso tradicional por essas comunidades. As entrevistas foram realizadas na casa das pessoas e as listas de espécies obtidas foram sistematizadas para obtenção de uma listagem de espécies arbóreas regionais (Wuerges, 2024).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética sob protocolo nº 58148022.7.0000.0121, e foram entrevistadas 75 pessoas moradoras da região, em sua maioria com origem na agricultura familiar e que antes moravam (ou ainda residem em áreas remanescentes) nas áreas que foram alagadas pela construção dos empreendimentos. O método de amostragem seguiu uma estrutura de “bola de neve”, no qual são elencados inicialmente informantes-chaves e estes indicam outras pessoas para serem entrevistadas, até o momento em que as indicações começam a repetir-se (Albuquerque; De Lucena; Neto, 2014). Os informantes-chave foram pessoas escolhidas com base em um levantamento piloto, que foi estruturado em 5 grupos focais para garantir diversidade no aspecto das respostas. Os grupos focais foram compostos por 1) pessoas que permanecem morando no local onde sempre residiram – ou muito próximo ainda na beira do rio; 2) pessoas que foram reassentadas para áreas rurais – não necessariamente perto de onde moravam; 3) pessoas que foram deslocadas para centros urbanos; 4) pessoas que foram para reassentamentos rurais coletivos; e 5) mulheres atingidas (Wuerges, 2024).

Listas de compensação

Por fim, foram obtidas as listagens das compensações propostas e/ou executadas pelas empresas responsáveis pelas três UHEs. Os documentos foram obtidos por meio de solicitação ao Instituto do Meio Ambiente (IMA), autarquia estadual de fiscalização e proteção do meio ambiente em Santa Catarina. Os documentos oficiais completos foram obtidos apenas para o processo de Licenciamento Ambiental (ferramenta legal de fiscalização durante o processo de estudos ambientais prévios, instalação e operação de empreendimentos) da empresa São Roque Energética junto ao IMA. Dentre estes documentos, foram analisados o “PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – AUTORIZAÇÃO DE CORTE Nº 882/2021 – Processo VEG/84035/CRP” e o “PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DA FAIXA CILIAR - RELATÓRIO SEMESTRAL JANEIRO A JUNHO/2024”, nos quais consta a lista de espécies e os métodos de execução a serem aplicados pela empresa responsável pelo replantio do entorno do lago da UHE. No âmbito dos empreendimentos UHE Campos Novos e UHE Garibaldi, o Instituto do Meio Ambiente (IMA) disponibilizou apenas a listagem de espécies utilizadas pelos empreendimentos para a compensação ambiental.

2.3. ANÁLISE DE DADOS

2.3.1 Análise de Dados da Legislação

Foram identificadas as principais legislações ambientais federais e estaduais aplicadas no Licenciamento Ambiental, somando 24 marcos legais. Este arcabouço legal foi analisado em especial segundo os seguintes critérios:

- 1) Definição de parâmetros ecológicos para exigência de compensações ambientais aos empreendimentos;
- 2) Reconhecimento do ser humano como sujeito de direitos ambientais no âmbito do Licenciamento e presença de mecanismos de participação continuada.

A análise da legislação gerou um quadro explicativo apresentando a presença ou ausência desses critérios em cada legislação. Com estes resultados, foi possível avaliar se os marcos legais vigentes favorecem ou não o aumento da diversidade beta na compensação ambiental e a participação ou não das comunidades locais nos processos decisórios do licenciamento.

2.3.2 Análise de Dados da Vegetação

Ao final do levantamento dos dados da vegetação, obtivemos um total de três listas de espécies para cada uma das três UHEs foco do trabalho:

- 1) Lista de amostragem da vegetação realizada pela metodologia de parcelas (amostragem);
- 2) lista de espécies formadas a partir do acesso ao conhecimento ecológico local (entrevistas);
- 3) lista de espécies indicadas por cada empreendimento para a compensação ambiental (compensação).

Para comparar os componentes da diversidade presentes nas três listas de espécies (amostragem, entrevistas e compensação), foram calculados indicadores relativos à diversidade alfa e beta. A diversidade alfa foi representada pela riqueza de espécies de cada lista e para cada empreendimento. Para avaliar a diversidade beta, as listas foram comparadas em termos da composição de espécies. Para isso, foi calculada uma matriz de dissimilaridade entre as listas, de onde foi obtido o componente de mudança de espécies (“replacement”) do índice de Jaccard e, assim, desconsiderando a

diferença de riqueza entre as listas (Legendre & De Cáceres, 2013). Para visualizar as diferenças de composição de espécies, foi realizada uma Ordenação Multidimensional Não Métrica (NMDS), e os escores obtidos foram utilizados para construir um diagrama de ordenação. Para testar a significância estatística das diferenças na composição de espécies, foi realizada uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (Permanova) com 999 permutações, considerando a “fonte dos dados” (amostragem, entrevistas, compensação) como principal variável explicativa. Além disso, foi incluída a “barragem” (Garibaldi, Campos Novos, São Roque) como uma variável adicional, de forma a poder avaliar a generalidade dos resultados ou se estes seriam dependentes da lista regional de espécies, isto é, de cada barragem.

3. RESULTADOS

3.1 ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

O Brasil possui um grande arcabouço legal acerca do meio ambiente, objetivando garantir o direito ao meio ambiente saudável. Como ponto de partida, a Constituição Brasileira prevê, conforme Art n° 225, que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. De forma complementar, para esclarecer e desenvolver o exposto no Art. N° 225, foram elaboradas diversas normas e leis em diferentes níveis administrativos. Ao longo do histórico de construção da legislação ambiental brasileira federal e estadual foram propostos diversos marcos importantes. Dentre eles, foram selecionados 24 marcos considerados relevantes para as análises aqui propostas (Quadro 01). A maior parte não atendeu ao primeiro critério, de definir parâmetros ecológicos para compensações ambientais, e tampouco o segundo critério, de reconhecer seres humanos como sujeito de direitos ambientais e propor critérios de participação continuada. A partir deste levantamento, será feita a seguir uma análise cronológica da legislação no âmbito federal e estadual.

Quadro 01 - Quadro resumo da legislação ambiental analisada.

Legislação	Âmbito	Assunto	Enquadramento ao Critério 1*	Enquadramento ao Critério 2**
<u>Decreto N° 24.643 de 10 de Julho de 1934</u>	Federal	Código das Águas	Não	Não
<u>Lei N° 6.938 de 31 de Agosto de 1981</u>	Federal	Política Nacional do Meio Ambiente	Não	Não
<u>Resolução CONAMA N° 001, de 23 de Janeiro de 1986</u>	Federal	Critérios e Diretrizes para a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental	Parcialmente	Parcialmente
<u>Resolução CONAMA N° 237, de 19 de Dezembro de 1997</u>	Federal	Empreendimentos e Atividades Sujeitos ao Licenciamento Ambiental	Não	Não
<u>Lei N° 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998</u>	Federal	Lei de Crimes Ambientais	Não	Não

<u>Lei nº 9.795, de 27 de Abril de 1999</u>	Federal	Política Nacional de Educação Ambiental	Não	Parcialmente
<u>Resolução CONAMA Nº 369, de 28 de Março de 2006</u>	Federal	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, para supressão de APP	Não	Não
<u>Lei Nº 11.428 de 22 de Dezembro de 2006</u>	Federal	Lei da Mata Atlântica	Parcialmente	Não
<u>Decreto Nº 6.660 de 21 de Novembro de 2008</u>	Federal	Regulamenta Dispositivos da Lei Nº 11.428/2006, que Dispõe Sobre a Utilização a Proteção da Vegetação Nativa do Bioma Mata Atlântica.	Parcialmente	Não
<u>Resolução CONAMA Nº 429, de 28 de Fevereiro de 2011</u>	Federal	Dispõe sobre a metodologia de recuperação de APPs	Parcialmente	Não
<u>Lei Complementar Nº 140, de 8 de Dezembro de 2011</u>	Federal	“Lei do Licenciamento Ambiental”	Não	Não
<u>Lei Nº 12.651 de 25 de Maio de 2012</u>	Federal	Novo Código Florestal	Não	Não
<u>Decreto Federal Nº 8.972 de 23 de Janeiro de 2017</u>	Federal	Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa	Não	Não
<u>Lei Nº 14.755 de 15 de Dezembro de 2023</u>	Federal	Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens	Não	Sim
<u>Resolução CONAVEG Nº 4, de 25 de Novembro de 2024</u>	Federal	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - Planaveg 2025-2028	Não	Sim
<u>Lei Nº 15.190, de 8 de Agosto de 2025</u>	Federal	Lei Geral do Licenciamento Ambiental	Não	Não
<u>Instrução Normativa ICMBio nº27 de 28 de Agosto de 2025</u>	Federal	Estabelece diretrizes para a implementação de ações de restauração ecológica em Unidades de Conservação Federais	Parcialmente	Parcialmente
<u>Instrução Normativa Conjunta IBAMA / ICMBIO Nº 1, de 4 de Agosto de 2025</u>	Federal	Estabelece as diretrizes e procedimentos gerais para direcionar obrigações do	Parcialmente	Não

		administrado recuperação recomposição vegetação nativa	pela ou da	
<u>Lei Nº 14.675, de 13 de Abril de 2009</u>	Estadual	Código Estadual do Meio Ambiente	Não	Não
<u>Decreto Nº 2.955 de 20 de Janeiro de 2010</u>	Estadual	Procedimentos Para o Licenciamento Ambiental	Não	Não
<u>Instrução Normativa Nº 16</u>	Estadual	Recuperação de Áreas Degradadas	Não	Não
<u>Instrução Normativa Nº 44</u>	Estadual	Produção de Energia Hidrelétrica	Não	Não
<u>Instrução Normativa Nº 46</u>	Estadual	Reposição Florestal	Não	Não
<u>Instrução Normativa Nº 84</u>	Estadual	Compensação de Reserva Legal	Parcialmente	-

*Critério 1 - Definição de parâmetros ecológicos para exigência de compensações ambientais aos empreendimentos.

**Critério 2 - Reconhecimento do ser humano como sujeito de direitos ambientais e proposição de mecanismos de participação continuada.

3.1.1 Análise da Legislação Federal

O Código das Águas, Decreto Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934, define as Águas Públicas, Águas Comuns e Águas Particulares, fazendo a diferenciação entre os domínios a nível de União, Estado e Município. Este Código também define a desapropriação, em caso de utilidade pública, como a construção de hidrelétricas, e a concessão das águas públicas para uso privado no caso desses empreendimentos. Ao definir a desapropriação e a concessão do uso da água, o Código prevê ainda a indenização aos proprietários desapropriados, porém não estabelece parâmetros para a indenização, estando a cargo do empreendimento essa efetivação, sem a garantia de direitos integrais aos desapropriados.

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981, define o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e que estrutura as autarquias e a responsabilidade dos órgãos públicos acerca da proteção do meio ambiente. Esta Política define ainda os instrumentos do SISNAMA, como a Avaliação de Impactos Ambientais e o Licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. Por

outro lado, a Política Nacional do Meio Ambiente não define parâmetros ecológicos para compensação, também não prevendo direitos no âmbito social.

A Resolução Conama Nº 001, de 23 de Janeiro de 1986, apresenta critérios para a elaboração de Estudos de Avaliação de Impacto Ambiental. Estes critérios incluem avaliação do meio físico (solo, ar, água), meio biótico (fauna, flora, espécies indicadoras, raras e ameaçadas de extinção) e meio socioeconômico (economia, recursos humanos locais, monumentos arqueológicos), além de definição de medidas mitigadoras para os impactos ambientais previstos. A Resolução prevê parâmetros mínimos para o estudo ecológico local, porém não prevê compensação ambiental com tais critérios. No âmbito social, é prevista a execução do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e da realização de audiência pública para a população local. Porém, estas ferramentas não são suficientes para garantir o reconhecimento dos direitos das populações locais, pois as audiências são espaços informativos e não deliberativos, ou seja, a população local não possui poder decisório dentro do processo.

A Resolução Conama Nº 237, de 19 de Dezembro de 1997, e a Lei Complementar Nº 140, de 8 de Dezembro de 2011 (“Lei do Licenciamento Ambiental”), detalham o processo de licenciamento ambiental. Em conjunto, estas definem a cooperação e as responsabilidades entre as autarquias do SISNAMA, as licenças ambientais (LP - Licença Prévia, LI - Licença de Instalação, LO - Licença de Operação), os prazos e as etapas do processo de licenciamento. Porém, em ambas as legislações, faltam critérios ecológicos e sociais para o processo de licenciamento, sendo delegado aos órgãos ambientais estaduais a definição de critérios.

A Lei de Crimes Ambientais, Lei Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, é um grande marco na política ambiental, pois prevê penalidades às pessoas que cometerem infrações relativas à crimes ambientais, além de definir quais são os crimes relativos à fauna e à flora. Porém, esta Lei não abarca a complexidade relacionada com grandes empreendimentos infratores, principalmente em caso de empreendimentos de utilidade pública ou mesmo empreendimentos estatais. Para estes casos, não há qualquer explicitação dos direitos ambientais relativos às pessoas residentes adjacentes ao empreendimento, nos casos em que uma empresa em meio ao processo de licenciamento ambiental, ou já licenciada, infrinja direitos ambientais e sociais. A Lei também é omissa sobre a forma ou os parâmetros de indenização por crimes ambientais quando infringidos às pessoas.

A Política Nacional de Educação Ambiental, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, define um importante direito ambiental, o direito à educação ambiental a todos. Além disso, esta Política define que o SISNAMA é uma das entidades responsáveis pela promoção de educação ambiental. Assim, a partir da vigência desta Política, se torna comum condicionar as licenças ambientais emitidas pelo SISNAMA à exigência de execução de Programa de Educação Ambiental pelos empreendimentos licenciados. Por um lado, tais Programas são entendidos como uma forma de mitigação/compensação para a população local, diante dos impactos causados pela implantação de empreendimentos. Por outro lado, mesmo que extremamente importante, apenas a educação ambiental é insuficiente para a mitigação ou a compensação para a população atingida, sendo necessários outros mecanismos legais com parâmetros de compensação justa para as populações atingidas.

A Resolução CONAMA Nº 369, de 28 de Março de 2006, dispõe sobre os casos excepcionais onde vegetação de Áreas de Preservação Permanente (APP) pode ser suprimida. Um destes casos é a implantação de obras de utilidade pública, como é o caso de hidrelétricas. Porém, esta Resolução não prevê parâmetros ecológicos para a compensação das áreas suprimidas, deixando a cargo das autarquias estaduais a definição dos parâmetros para a compensação.

A Lei da Mata Atlântica, de 22 de Dezembro de 2006, e o Decreto Nº 6.660 de 21 de Novembro de 2008, definem a vegetação nativa da Mata Atlântica, bem como seus domínios. Conforme previstos nestas, é impedida a supressão de vegetação primária ou secundária em estágio avançado de regeneração, a não ser por necessidade de obra de utilidade pública. A supressão da vegetação da Mata Atlântica passa ainda a ser condicionada à compensação ambiental, por meio de destinação de área preservada equivalente para o Poder Público (doação), por instituição de Servidão florestal, ou por criação de RPPN, ou por meio de plantio de espécies nativas, em área equivalente à suprimida. Ambas as legislações representam ferramentas importantes para a proteção da Mata Atlântica, assegurando a compensação pós supressão, embora que, mesmo definindo que a compensação deve ser executada com espécies nativas, não são apresentados outros parâmetros ecológicos para a compensação.

A Resolução Conama Nº 429, de 28 de Fevereiro de 2011, dispõe sobre os métodos de recuperação de Áreas de Preservação Permanentes, apontando três estratégias principais de recuperação: 1) condução da regeneração natural de espécies nativas; 2) plantio de espécies nativas; e 3) plantio de espécies nativas conjugado com a

condução da regeneração natural de espécies nativas. A Resolução aponta medidas que devem ser tomadas durante a prática, como combate às espécies invasoras, controle do fogo e, quando do plantio, “buscar compatibilidade com a fitofisionomia local”. No caso de empreendimentos de utilidade pública, é permitido o uso do banco de sementes e de plântulas das áreas autorizadas para supressão. Mesmo contendo orientações importantes, a Resolução ainda não prevê parâmetros ecológicos suficientemente práticos sobre a estrutura esperada das comunidades recuperadas, como fatores relacionados à sucessão ecológica, variabilidade genética e filogenética, utilização de sistemas de referência, entre outros fatores que contribuem para a heterogeneização. A Resolução também não prevê a integração do conhecimento ecológico local nas práticas de recuperação, principalmente em casos de empreendimentos de utilidade pública.

O Código Florestal é uma importante ferramenta pois estabelece as Áreas de Preservação Permanentes, Reserva Legal e estabelece a Reposição Florestal em caso de supressão da vegetação nativa. O Código Florestal teve sua primeira publicação em 1934, com o Decreto nº 23.793, de 23 de Janeiro de 1934, sendo revogado pela Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que também foi revogada a partir da publicação do Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Mesmo em sua versão mais recente, o Código Florestal não estabelece critérios ecológicos para a reposição da vegetação nativa, além de possuir um texto focado em formações florestais, não abrangendo a complexidade de outras formações de vegetação nativas distintas de florestas, e ainda destina às autarquias estaduais a responsabilidade de definição e avaliação da reposição. No âmbito social, a lei prevê facilitação ao acesso à programas governamentais às pequenas propriedades (até 4 módulos fiscais), porém não atesta a garantia de direitos perante processos de licenciamento.

A Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg), Decreto Federal Nº 8.972 de 23 de Janeiro de 2017, objetiva impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras e impulsionar a recuperação, a regeneração, a recomposição da vegetação e a restauração ecológica da vegetação. Esta Política institui a Comissão Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Conaveg), com objetivo de coordenar a implementação do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg). De forma complementar, a Resolução CONAVEG Nº 4, de 25 de Novembro de 2024 estabelece uma atualização no Planaveg para o período 2025-2028, com a meta de restaurar 12 milhões de hectares em todo o país até 2030. A atualização prevê o incentivo para proprietários aderirem ao Programa de Regularização Ambiental

(PRA), além de incentivo à formação de coletores de sementes e viveiristas de base comunitária, para produção de mudas para restauração. Também prevê o apoio a povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais na compilação e sistematização do seu saber tradicional. Por mais que o Planaveg não proponha parâmetros ecológicos para a compensação ambiental de grandes empreendimentos, ele considera a compensação ambiental compulsória do licenciamento como uma forma de impulsionar o processo de restauração. O Planaveg também demonstra grande potencial para a inserção das comunidades como protagonistas na restauração dos ecossistemas brasileiros, reconhecendo o conhecimento ecológico local como ferramenta importante no processo de restauração.

A Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens (PNAB), Lei Nº 14.755 de 15 de Dezembro de 2023, é um marco legal importante para as comunidades atingidas por grandes empreendimentos de utilidade pública. Esta Política cria um Programa de Direitos das Populações Atingidas por Barragens (PDPAB) e estabelece regras de responsabilidade social do empreendedor com as comunidades atingidas. Estas regras abrangem a indenização aos proprietários no ato da desapropriação, algo que ainda não era definido em legislação, ficando a cargo do empreendedor. A PNAB define o sujeito atingido e os impactos sociais e econômicos aos quais estão sujeitos, definindo os direitos integrais dessas populações, como a reparação integral dos bens e prevendo a liberdade de escolha dos atingidos sobre a forma como preferem negociar a indenização. A PNAB se destaca no âmbito da implantação de grandes e pequenos empreendimentos hidrelétricos, pois garante o reconhecimento das comunidades como sujeitos de direitos dentro do processo de licenciamento, além de assegurar um canal de comunicação entre os atingidos e a empresa. Isso se dá pela instituição do Comitê Local, do qual outros órgãos públicos podem participar, como a Defensoria Pública e o Ministério Público, com o objetivo de efetivar os direitos integrais das populações atingidas.

A nova Lei Geral do Licenciamento Ambiental, Lei Nº 15.190, de 8 de Agosto de 2025, foi proposta originalmente em 2021, criando novas categorias de Licenças Ambientais simplificadas, visando a facilitação e a agilidade de obtenção destas licenças, em detrimento do licenciamento ambiental e da análise de impacto dos empreendimentos. A Lei assinada em 2025, foi aprovada mediante veto parcial, sendo excluídas do texto uma série de propostas e artigos inconstitucionais e contrários ao interesse público de preservação do meio ambiente. O texto integral aprovado e publicado insere quatros

novos modelos de Licenças Ambientais: Licença Ambiental Especial (LAE), Licença Ambiental por Adesão e Compromisso (LAC), Licença Ambiental Única (LAU) e Licença de Operação Corretiva (LOC). Todas estas novas licenças simplificam o processo de licenciamento, sendo a autoridade licenciadora competente do SISNAMA que definirá a Licença cabível a depender do porte e capacidade poluidora do empreendimento em questão. A Lei também aprova a renovação automática das Licenças no caso de empreendimentos de baixo e médio impacto, sem necessidade de análise prévia dos órgãos competentes. A Lei Geral do Licenciamento Ambiental é uma proposta de atualização de mecanismos legais em favor à simplificação do licenciamento em alguns casos, não apresentando parâmetros ecológicos para a compensação ambiental dos empreendimentos, ficando isto a cargo das autarquias estaduais, além de não prever explicitamente o ser humano como digno de direitos ambientais nos processos de licenciamento.

Ainda no âmbito federal, destacam-se duas normas recentes que representam avanços parciais, embora ainda insuficientes. A primeira é a Instrução Normativa ICMBio nº 27, de 28 de agosto de 2025, que estabelece diretrizes para a implementação de ações de restauração ecológica em Unidades de Conservação Federais. Esta Instrução determina que o material biológico utilizado deve ser proveniente da região e incentiva que povos e comunidades tradicionais devem ser consultados. Em seu art. 4º, a norma estabelece que, quando se tratar de intervenção em território tradicional, estas comunidades devem ser protagonistas do processo. O Anexo II da Instrução incentiva a valorização das práticas locais, o monitoramento pela comunidade, a aquisição de insumos de origem local e a capacitação e inclusão das comunidades. No entanto, o Anexo III, que trata dos parâmetros de avaliação dos projetos de restauração, embora valorize o manejo adaptativo e o controle de espécies exóticas, não apresenta indicadores mínimos ou métodos específicos para aferição da qualidade ecológica da restauração. A segunda é a Instrução Normativa Conjunta IBAMA/ICMBIO nº 1, de 4 de agosto de 2025, que, por sua vez, estabelece diretrizes e procedimentos gerais para direcionar obrigações de recuperação ou recomposição da vegetação nativa. Seu § 1º determina que, sempre que possível, deve ficar demonstrada a equivalência ecológica entre a área disponível para projeto de restauração e a área impactada a qual está sendo compensada. A norma exige que o plano de restauração apresente indicadores mínimos, mas não especifica os parâmetros ecológicos para estabelecer os indicadores da restauração. Esta segunda Instrução também não menciona a participação ou consulta a comunidades tradicionais.

3.1.2 Análise da Legislação Estadual

A Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009, cria o Código Estadual do Meio Ambiente. Além disso, a Lei institui o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) como instância superior do Sistema Estadual do Meio Ambiente e atribui o Instituto do Meio Ambiente (IMA) como órgão executor. A Lei estabelece os parâmetros básicos do licenciamento ambiental estadual, mas não define critérios ecológicos para compensação ambiental. Tampouco prevê direitos sociais ou o reconhecimento de comunidades tradicionais como sujeitos de direitos no processo de licenciamento.

O Decreto nº 2.955, de 20 de janeiro de 2010, que regulamenta os procedimentos para o licenciamento ambiental em Santa Catarina. O Decreto obriga a realização de audiência pública para toda atividade ou empreendimento que exigir Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Apesar de poder ser vista como positiva como instrumento de participação, a audiência pública tem se mostrado insuficiente para garantir o reconhecimento dos direitos das populações locais. O Decreto prevê ainda tópicos mínimos para as solicitações de licenças ambientais, mas não apresenta critérios quanto ao âmbito da compensação ambiental.

A Instrução Normativa IMA nº 16 define os conceitos de área degradada, recuperação, recomposição e restauração. A Instrução também estabelece as modalidades de recuperação de áreas degradadas, entre elas a Recomposição de Vegetação Nativa, definida como "o conjunto de técnicas adotadas para restituição de um ecossistema o mais próximo possível da sua condição original". A Instrução determina ainda a elaboração do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e estabelece que deve ser dada preferência ao plantio de espécies nativas ameaçadas de extinção. No entanto, a Instrução não define parâmetros ecológicos específicos para a restauração, tampouco menciona a participação das comunidades adjacentes.

A Instrução Normativa IMA nº 44, define a documentação necessária ao licenciamento e estabelece critérios para apresentação de planos, programas e projetos ambientais para implantação de atividades de produção de energia hidrelétrica. Quanto ao critério ecológico, esta Instrução não estabelece parâmetros para a compensação ou mitigação dos impactos ambientais, limitando-se a exigir que estes tópicos de compensação e mitigação sejam apresentados, sem conter critérios mínimos ou parâmetros ecológicos. Quanto ao critério social, a Instrução apenas determina que,

durante a solicitação das licenças ambientais, o pedido de concessão deve ser publicado no Diário Oficial do Estado e em periódico de circulação na comunidade onde se insere o projeto. Para a caracterização socioeconômica da área adjacente ao empreendimento, a norma exige a identificação de áreas passíveis de desapropriação, o cadastro de proprietários e, em caso de “remoção de população” (termo utilizado na Instrução Normativa), deve-se apresentar dimensionamento preliminar e caracterização econômica e social da população a ser removida, bem como a indicação de locais propostos para reassentamento. No entanto, a Instrução não estabelece parâmetros para a compensação social em caso de desapropriação, nem prevê a participação das comunidades atingidas no processo do licenciamento.

A Instrução Normativa IMA nº 46, que dispõe sobre a Reposição Florestal, lista a documentação necessária para a entrada com o processo e estabelece, em seu Anexo III, o termo de referência para elaboração de Projeto de Reposição Florestal. O termo de referência lista itens a serem considerados no projeto, como espécies, área de plantio, sistema de cultivo, preparo do solo e descrição dos métodos de manejo. Por outro lado, o termo não apresenta nenhum parâmetro ecológico base para nortear as escolhas das espécies e do manejo durante a execução da reposição florestal. A Instrução também não menciona qualquer participação da comunidade adjacente nos projetos de Reposição Florestal.

A Instrução Normativa IMA nº 84, que trata da Compensação de Reserva Legal, estabelece que a análise da área proposta para compensação deve contemplar estudos como o plano de bacia hidrográfica e o Zoneamento Ecológico-Econômico. Esta Instrução sugere ainda priorizar a formação de corredores ecológicos e recuperar áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade, áreas de maior fragilidade ambiental e áreas não agricultáveis. Por outro lado, a Instrução não define parâmetros ecológicos específicos para a compensação.

A análise dos 24 marcos legais federais e estaduais revela um padrão consistente de lacunas na definição de parâmetros ecológicos e na garantia de participação social efetiva. As normas federais, priorizam a viabilidade dos empreendimentos sem estabelecer critérios ecológicos práticos. No âmbito estadual, as Instruções Normativas limitam-se a listar procedimentos e tópicos mínimos, sem definir métricas ecológicas objetivas para a compensação. Quanto à participação social, a maioria das normas restringe-se a audiências públicas, instrumentos meramente informativos e não deliberativos, com exceção da Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por

Barragens (PNAB, 2023) e do Planaveg (2024), que avançam ao prever comitês locais e incentivar viveiristas comunitários, mas carecem de regulamentação mais detalhada e de aplicação efetiva. Assim, o arcabouço legal vigente, tanto federal quanto estadual, não oferece subsídios suficientes para orientar projetos de compensação que revertam a homogeneização biótica e incorporem o conhecimento ecológico local.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS DE VEGETAÇÃO

Nesta seção, avaliamos dados provenientes de três fontes distintas, amostragem em campo por equipe especializada, entrevistas com comunidades ribeirinhas afetadas (Conhecimento Ecológico Local – CEL) e listas de espécies utilizadas nos programas de compensação ambiental das empresas, a fim de verificar se essas diferentes abordagens (amostragem e entrevistas) se relacionam de forma adequada com os planos de compensação executados pelas empresas responsáveis pelos empreendimentos.

Os resultados evidenciam diferenças acentuadas na riqueza de espécies entre as três fontes de dados analisadas – Amostragem em campo, Entrevistas e Lista de Compensação dos Empreendimentos (Quadro 2). A amostragem em campo registrou valores maiores, com 80 espécies em Garibaldi, 93 em Campos Novos e 73 em São Roque. As entrevistas com as comunidades locais resultaram em 36 espécies para Garibaldi, 37 para Campos Novos e 66 para São Roque, indicando um conhecimento ecológico local consolidado. O maior número de espécies registrado para a região da UHE São Roque reflete o fato de essa comunidade ter sido afetada mais recentemente pelo enchimento do reservatório (em 2022), permanecendo ainda relativamente coesa e com maior proximidade ao seu território original, o que favoreceu a participação nas entrevistas, ao contrário das comunidades atingidas por barragens mais antigas (Garibaldi e Campos Novos), cujo processo de desagregação e dispersão já é mais avançado*. Em contraste, as listas de compensação ambiental apresentaram apenas 24 espécies para Garibaldi, 56 para Campos Novos (somando-se as duas áreas de compensação do empreendimento) e 25 para São Roque. Essa diferença no número de espécies aponta para uma possível simplificação florística nos projetos de compensação, que empregam um número reduzido de espécies em comparação com a diversidade registrada em campo e potencialmente reconhecida pelas comunidades locais.

Quadro 2 - Matriz de número de espécies por empreendimento separado por fonte.

	Garibaldi	Campos Novos	São Roque
Amostragem	80	93	73
Entrevistas	36*	37*	66
Compensação	24	56**	25

*A participação nas entrevistas pelos atingidos das barragens de Garibaldi e Campos Novos foi menor quando comparado com São Roque.

**Campos Novos possui 2 áreas de compensação com espécies diferentes, as listas das duas áreas foram combinadas, descontando-se as espécies repetidas.

Para além da riqueza, a variação na composição de espécies (diversidade beta) diferiu de acordo com a fonte dos dados (fator “fonte”; Permanova; $R^2 = 0,48$; pseudo-F = 3.1217; $P = 0,002$), um resultado que se mostrou consistente entre as regiões (fator “barragem”; Permanova; $R^2 = 0,21$; pseudo-F = 1.4157; $P = 0,194$). As diferenças de composição e os fatores associados podem ser visualizados por meio do diagrama de ordenação (NMDS, Fig. 02). Além disso, o resultado visual sugere ainda uma diferença um pouco maior entre a lista da compensação em comparação com as demais listas (devido ao afastamento entre compensação e as demais fontes no eixo horizontal do diagrama). Já as listas do levantamento em campo e entrevistas se diferenciaram em termos do segundo eixo (vertical), que captura uma parcela secundária da variação dos dados.

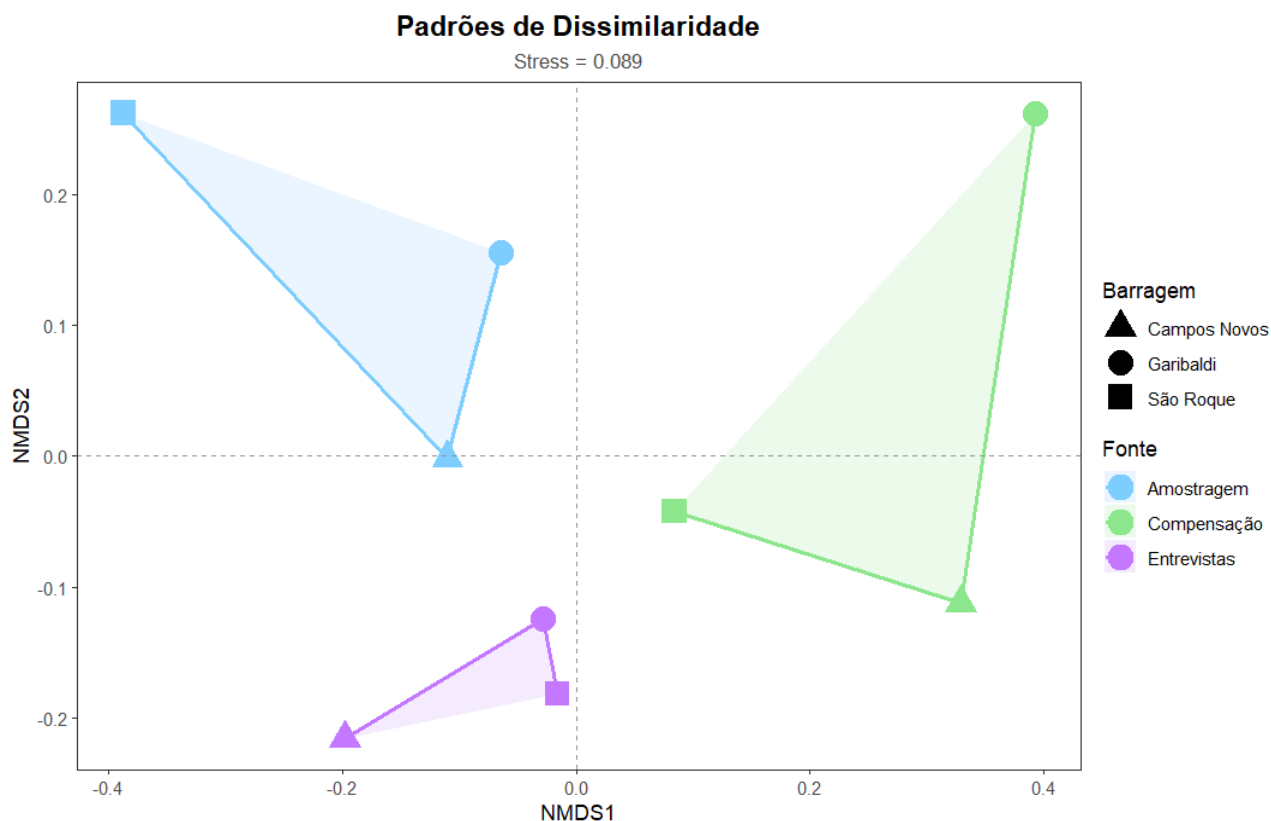


Figura 02 - Padrões de Dissimilaridade entre as Fontes e as Barragens. Os pontos foram coloridos por fonte (roxo claro para entrevistas, azul claro para amostragem, verde claro para compensação) e moldados por barragem (triângulo para Campos Novos, círculo para Garibaldi e quadrado para São Roque).

Com base nos resultados apresentados, a origem da lista de espécies utilizada em projetos de restauração ou compensação ambiental é o principal fator resposta da composição florística esperada para a área. A maior distinção entre a lista de compensação da empresa e as demais fontes (amostragem em campo e conhecimento ecológico local) evidencia que os projetos de compensação ambiental, não refletem a diversidade presente nas florestas ribeirinhas, potencialmente substituindo comunidades florísticas complexas por plantios padronizados com poucas espécies generalistas, o que promove a homogeneização biótica. Por outro lado, a sobreposição parcial entre as listas oriundas de entrevistas e da amostragem em campo indica que o conhecimento ecológico local captura uma parcela significativa da diversidade real da vegetação, aproximando-se da amostragem em campo e incluindo espécies raras e especialistas ausentes das listas de compensação dos empreendimentos. Além disso, a irrelevância da região de estudo (“barragem”) sugere que a simplificação florística pode estar fortemente vinculada à lógica padronizada dos programas de compensação ambiental. Dessa forma, a análise dos dados de vegetação evidencia a necessidade de revisão das práticas atuais, incorporando critérios ecológicos mais rigorosos e valorizando o conhecimento tradicional como

ferramenta para a construção de estratégias de restauração socioecológica efetivas, capazes de reverter a perda de diversidade beta e promover a resiliência das florestas ribeirinhas.

4 DISCUSSÃO

4.1 A COMPENSAÇÃO AMBIENTAL DE USINAS HIDRELÉTRICAS DO RIO CANOAS E A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL E ESTADUAL

Com base na análise da legislação e de dados empíricos, percebemos uma dificuldade em alinhar a legislação e fontes potencialmente relevantes, como as comunidades locais, que podem deter conhecimento ecológico próprio. A análise de dados empíricos sugere que os projetos de compensação ambiental conduzidos pelas empresas responsáveis pelas UHEs analisadas (São Roque, Garibaldi e Campos Novos) não têm sido capazes de mitigar os processos de perda de biodiversidade e homogeneização biótica nas florestas ribeirinhas do Rio Canoas. Isso se dá porque as listas de espécies usadas pelas empresas para a compensação ambiental são reduzidas e distintas quando comparadas à riqueza registrada nos inventários de campo (Quadro 2 e Fig 2) e, em parte, também quando comparada com as entrevistas com as comunidades.

A diversidade beta é um indicador central para compreender os impactos nos ecossistemas. A diversidade beta, raramente considerada, é também muito relevante pois sua redução está associada ao aumento da similaridade florística entre áreas, geralmente resultando na substituição de espécies especializadas por generalistas (McGill et al. 2015; Socolar et al., 2016). As listas das compensações, ao privilegiar espécies de ampla distribuição e deixar de contemplar espécies raras e especialistas, atua justamente nesse sentido, promovendo a homogeneização biótica e fragilizando a resiliência ecológica (Cardinale et al., 2011; McKinney & Lockwood, 1999). Estudos anteriores já haviam apontado que plantios de restauração conduzidos sem parâmetros claros tendem a ser mais semelhantes entre si do que aos remanescentes florestais originais, excluindo espécies raras e reduzindo a diversidade beta (De Almeida et al., 2024). Essa restauração padronizada conduz ainda à simplificação trófica e ao empobrecimento funcional dos ecossistemas (Holl et al., 2022).

Falhas na compensação ambiental, como as mencionadas anteriormente, estão inevitavelmente relacionadas às limitações da legislação ambiental brasileira, tanto em nível federal quanto estadual. A análise da legislação ambiental (Quadro 01) revelou que, desde o Código das Águas (1934) até a recente Lei Geral do Licenciamento Ambiental (2025), as normas priorizam a viabilidade da implantação de empreendimentos sem

estabelecer parâmetros ou critérios ecológicos robustos para a compensação. A Resolução CONAMA 001/1986, por exemplo, exige avaliação do meio biótico, mas não vincula essa avaliação a critérios de compensação. O Código Florestal (2012) e a Lei da Mata Atlântica (2006) determinam a compensação em função de supressão, mas delegam aos estados a definição dos parâmetros e critérios, gerando uma lacuna que tem sido preenchida por práticas simplificadas. No âmbito estadual, as Instruções Normativas do IMA (nº 16, 44, 46) também carecem de parâmetros e critérios ecológicos específicos, limitando-se a exigir a apresentação de projetos sem critérios que garantam um mínimo de recuperação ecológica das áreas durante o processo de compensação.

Nenhuma das normas analisadas exige que os projetos de compensação considerem a heterogeneidade florística regional ou o uso de ecossistemas de referência como modelo. Consequentemente, os programas de compensação ambiental têm reforçado, ao invés de mitigar, a homogeneização biótica (De Almeida et al., 2024; Wuerges et al., 2024). Nossos resultados sugerem que a simplificação florística observada não é um problema localizado, mas sim parte de uma lógica padronizada de compensação, já que os resultados foram semelhantes para as três barragens avaliadas.

Além das lacunas ecológicas, a legislação também falha no reconhecimento das comunidades tradicionais como sujeitos de direitos ambientais (Vainer, 2008). Até a aprovação da Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens – PNAB (2023), a única referência legal à dimensão social era a Política Nacional de Educação Ambiental (1999), que restringe a participação comunitária a programas educativos, insuficientes para garantir direitos. Muito menos reconhece que as comunidades podem portar conhecimento ecológico que poderia orientar o processo de mitigação ou compensação. A PNAB representa um avanço importante ao definir o sujeito atingido, as formas de indenização e a criação de Comitês Locais de negociação com a empresas. No entanto, como mostrado na análise das Instruções Normativas estaduais (especialmente a IN IMA nº 44), os mecanismos de participação ainda são frágeis e frequentemente limitados a audiências públicas. A desestruturação das comunidades ribeirinhas, que perdem seus territórios, modos de vida e saberes acumulados (Berkes, Folke & Colding, 2000; Silva, 2013), é agravada por essa exclusão sistemática.

4.2 O USO DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Em contraste com a abordagem padronizada da compensação ambiental, o Conhecimento Ecológico Local (CEL) das comunidades ribeirinhas apresenta potencial para enriquecer as estratégias de restauração e promover a diversidade beta. A maior proximidade entre listas oriundas de entrevistas e as listas da amostragem em campo por especialistas indica que o CEL captura de forma mais satisfatória a diversidade real da vegetação, do que as listas usadas na compensação. As espécies citadas pelos atingidos incluem táxons que não constam nas listas dos empreendimentos, muitos dos quais provavelmente são espécies raras, especialistas ou com valor cultural e ecológico relevante para a região. Esse saber, transmitido por gerações (Berkes, 2004), não apenas complementa os inventários florísticos, mas também pode oferecer informações espaciais que são frequentemente ignoradas pelos projetos convencionais. Ao incluir espécies ausentes das listas de compensação, o CEL poderia contribuir para aumentar a diversidade alfa e, sobretudo, a diversidade beta entre áreas restauradas, ajudando a reverter o processo de homogeneização biótica. Logo, o CEL pode ser uma ferramenta estratégica para promover ou manter a diversidade e, ainda, contribuir para reintroduzir um conjunto geneticamente e floristicamente diverso de espécies, incluindo espécies raras e ameaçadas (Holl et al. 2022).

Para que o potencial previsto para o CEL se concretize, é necessário adotar uma abordagem de restauração socioecológica, que reconhece a interdependência entre sistemas sociais e ecológicos (Berkes, Folke & Colding, 2000). Como demonstrado na análise da legislação, o licenciamento e a compensação ambiental historicamente excluem as comunidades afetadas. Nesse âmbito, a restauração deve propor colocar as comunidades como parceiras ativas no planejamento, execução e monitoramento dos projetos, o que implica compreender a restauração não apenas como um conjunto de técnicas ecológicas, mas como um processo de transformação social e política, no qual se reconhece que as populações ribeirinhas são detentoras de saberes e direitos (Tedesco et al., 2023). A alternativa implica não apenas utilizar o CEL para listagens de espécies, mas poderia também envolver os moradores na coleta de propágulos, na gestão de viveiros florestais comunitários e no monitoramento de longo prazo, criando possibilidades de reinserção econômica, fortalecimento da identidade cultural e geração de renda local (Tedesco et al., 2023). Essa participação pode ser viabilizada por sistemas de governança adaptativa e de cogestão (Marques et al., 2020; Ostrom, 1990). A gestão adaptativa, baseada em experimentação, monitoramento e aprendizado contínuo, permite que os projetos de restauração sejam ajustados conforme os resultados obtidos e as

condições locais, incorporando o feedback das comunidades. A cogestão, por sua vez, cria canais institucionais para que as decisões sejam tomadas de forma compartilhada entre empreendedores, órgãos ambientais e comunidades. Esses princípios estão alinhados com os oito princípios da Sociedade para a Restauração Ecológica (SER, 2019), que destacam a importância de engajar as partes interessadas desde a concepção do projeto, integrando múltiplos tipos de conhecimentos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que os projetos de compensação ambiental das três usinas hidrelétricas do Rio Canoas (Campos Novos, Garibaldi e São Roque) não têm sido capazes de reverter os processos de perda de biodiversidade e homogeneização biótica nas florestas ribeirinhas. Enquanto a amostragem em campo registrou entre 73 e 93 espécies por empreendimento e o conhecimento ecológico local identificou de 36 a 66 espécies, muitas delas raras, especialistas ou com valor cultural, as listas oficiais de compensação empregam apenas 24 a 56 espécies, predominantemente generalistas e de ampla distribuição. Essa discrepância evidencia que as listas utilizadas pelas empresas são quantitativa e qualitativamente reduzidas em comparação com a riqueza registrada nos inventários de campo (Quadro 2 e Fig. 2) e, em parte, também com aquela proveniente das entrevistas com as comunidades. Ao privilegiar espécies de fácil propagação em detrimento da heterogeneidade regional, essa lógica padronizada de plantio contribui para a homogeneização biótica em vez de mitigá-la. Portanto, a compensação ambiental, tal como executada pelas empresas, falha em promover a recuperação efetiva das florestas ribeirinhas e em manter a diversidade beta.

A análise da legislação ambiental federal e estadual revela lacunas significativas na definição de parâmetros ecológicos e na garantia de participação social efetiva. Ao examinar 24 marcos legais, observou-se que a maioria das normas não define parâmetros ecológicos suficientemente práticos sobre a estrutura esperada das comunidades recuperadas, como fatores relacionados à sucessão ecológica, variabilidade genética e filogenética, utilização de sistemas de referência, entre outros elementos que contribuem para a heterogeneização. Além disso, a legislação limita a participação social a audiências públicas, instrumentos meramente informativos e insuficientes para garantir direitos ou incorporar o Conhecimento Ecológico Local (CEL). Em contrapartida, o CEL mostrou-se uma ferramenta com potencial para enriquecer as listas de espécies, capturando de forma mais satisfatória a diversidade real e incluindo táxons raros e especialistas ausentes das compensações oficiais. Esse saber, transmitido por gerações, não apenas complementa os inventários florísticos, mas também pode oferecer informações espaciais sobre distribuição de espécies e práticas de manejo adaptadas às condições locais. Portanto, a integração do CEL aos projetos de restauração constitui uma alternativa para ampliar a diversidade beta e reverter a homogeneização biótica.

Para que o potencial do CEL se concretize, é necessário adotar uma abordagem de restauração ecológica que reconheça a interdependência entre sistemas sociais e ecológicos e coloque as comunidades como parceiras ativas no planejamento, execução e monitoramento dos projetos. Isso implica não apenas utilizar o CEL para listagens de espécies, mas também envolver os moradores na coleta de propágulos, na gestão de viveiros florestais comunitários e no monitoramento de longo prazo, criando possibilidades de reinserção econômica, fortalecimento da identidade cultural e geração de renda local. Tais práticas podem ser viabilizadas por sistemas de governança adaptativa e cogestão, alinhando-se aos princípios da Sociedade para a Restauração Ecológica (SER, 2019). Com base nesses achados, recomenda-se a revisão da legislação ambiental federal e estadual para incluir parâmetros ecológicos objetivos e mecanismos de participação contínua que garantam o protagonismo das comunidades atingidas. Assim, a compensação ambiental poderá transformar-se em um instrumento efetivo de recuperação ecológica e justiça socioambiental, conciliando a conservação da biodiversidade com o respeito aos direitos e saberes das populações tradicionais.

REFERÊNCIAS

- AIBH. **Avaliação Integrada da Bacia Hidrográfica Do Rio Canoas**. 2021. [s.l.: s.n.].
- ALBUQUERQUE, U. P.; DE LUCENA, R. F. P.; NETO, E. M. DE F. L. **Selection of research participants**. In: Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology. [s.l.] Springer, 2014. p. 1–13.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Human Impacts**. In: ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. (Eds.). Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Second ed. Dordrecht: Springer, 2007. p. 317–357
- BERKES, F. **Rethinking Community-Based Conservation**. Conservation Biology 18, 621–630 (2004).
- BERKES, F.; FOLKE, C.; COLDING, J. **Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience**. [s.l.] Cambridge University Press, 2000.
- CARDINALE, B. J. et al. **The functional role of producer diversity in ecosystems**. American Journal Of Botany. v. 98, n. 3, p. 572-592, 2011.
- DE ALMEIDA, C., REID, J. L., DE LIMA, R. A. F., PINTO, L. F. G. & VIANI, R. A. **G. High-diversity Atlantic Forest restoration plantings fail to represent local floras**. Perspectives in Ecology and Conservation S2530064424000658 (2024) doi:10.1016/j.pecon.2024.12.001.
- GIEHL, E. L. H.; JARENKOW, J. A. **Gradiente estrutural no componente arbóreo e relação com inundações em uma floresta ribeirinha, rio Uruguai, sul do Brasil**. Acta Bot. Bras. 22, 741–753 (2008).
- GONÇALVES, B. B.; SALES, J. D. O. **Licenciamento ambiental no atual modelo energético: o caso das barragens no Rio Madeira**. VID 11, 15–46 (2019). Doi: 10.30612/videre.v11i22.11092.
- HOLL, K. D.; LUONG, J. C.; BRANCALION, P. H. S. **Overcoming biotic homogenization in ecological restoration**. Trends in Ecology & Evolution, v. 37, n. 9, p. 777–788, 2022.
- IBGE (ED.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012.
- ISBELL, F. et al. **High plant diversity is needed to maintain ecosystem services**. Nature 477, 199–202 (2011).

KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina, Herbário "Barbosa Rodrigues" - Itajaí S.C.**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis S.C. 1978.

KRAMER, J. M. F., ZWIENER, V. P. & MÜLLER, S. C. **Biotic homogenization and differentiation of plant communities in tropical and subtropical forests.** Conservation Biology 37, e14025, 2023.

LEGENDRE, P.; DE CÁCERES, M. **Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning.** Ecology Letters, vol. 16, no. 8, p. 951–963, 2013.

LIU Y. U. et al. **A multicriteria decision making approach to prioritise vascular plants for species -based conservation.** Biological Conservation. v. 234. p. 221-240, 2019.

MANTOVANI-SILVA - **Efeitos da implementação de barragens e projetos de compensação sobre comunidades de florestas ribeirinhas na bacia do Rio Canoas.** 2023.

MARQUES, A. R. et al. **Governança da água no Vale do Paraíba Paulista: rede de atores e sistemas socioecológicos.** Ambiente & Sociedade, v. 23, e01381, 2020.

MCGILL, B. J. et al. **Fifteen forms of biodiversity trend in the anthropocene.** Trends in Ecology & Evolution, v. 30, n. 2, p. 104–113, 2015.

MCKINNEY, M; LOCKWOOD, J. **Biotic Homogenization: A Few Winners Replacing Many Losers in the Next Mass Extinction.** Trends in Ecology & Evolution. v.14. p. 450-453, 1999.

NOTHAFT, S. C. D. S. et al. **Implantação de usinas hidrelétricas em Santa Catarina: impactos na saúde da população atingida.** Aletheia v.54, 55–66 (2021). Doi: 10.29327/226091.54.2-6.

OSTROM, E. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

PALMER, M. & RUHI, A. **Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration.** Science 365, eaaw2087 (2019).

PÜTTKER, T. et al. **Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-depended species.** Biological Conservation, v. 241, p. 108368, 2020.

RIGOTTI, J. A.; BISOLO, F. D. C. **Considerações Sobre os Impactos de Empreendimentos Hidrelétricos nas Regiões Hidrográficas do Extremo e Meio Oeste de Santa Catarina , Brasil** . Considerations on Hydropower Impacts in Western and Midwestern River Basin Districts of Santa Catarina. Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2013.

SDS. **Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina**. [s.l: s.n.].

SER et al. **International principles and standards for the practice of ecological restoration**. Second edition. Restoration Ecology 27, (2019).

SILVA, A. B. **A mercantilização dos bens naturais no setor elétrico: o caso da UHE Barra Grande**. Aleph, p. 138 f. : il., 2013.

SOCOLAR, J. B. et al. **How Should Beta-Diversity Inform Biodiversity Conservation?** Trends in Ecology & Evolution, v. 31, n. 1, p. 67–80, 2016.

TEDESCO, A. M., et al. **Beyond Ecology: Ecosystem Restoration as a Process for Social-Ecological Transformation**, Trends in Ecology & Evolution, 38.7 (2023), pp. 643–53.

VAINER, C. B. **O conceito de “Atingido”**: uma revisão do debate. In: ROTHMAN, Franklin Daniel. Vidas alagadas: conflitos socioambientais, licenciamento e barragens. Viçosa-MG: UFV, 2008. P. 39-63

WUERGES, M. **Impactos socioecológicos desencadeados por barragens na Bacia do Rio Canoas, Mata Atlântica, sul do Brasil**. (2024). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal de Santa Catarina.

WUERGES, M. et al. **Local heterogenization and regional homogenisation linked to habitat loss induced by dams in riparian forests of the Brazilian Atlantic Forest**. Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 25240, 24 out. 2024.