



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO AGRONOMIA

Juliana Machado Ferreira

Estrutura demográfica e dinâmica populacional da bromélia endêmica *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma reófito ameaçada de extinção na área de influência da hidrelétrica PCH Ibirama

Florianópolis

2022

Juliana Machado Ferreira

Estrutura demográfica e dinâmica populacional da bromélia endêmica *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma reófito ameaçada de extinção na área de influência da hidrelétrica PCH Ibirama

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Prof. Dr. Tiago Montagna

Florianópolis

2022

Ferreira, Juliana
Estrutura demográfica e dinâmica populacional da
bromélia endêmica *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma reófito
ameaçada de extinção na área de influência da hidrelétrica
PCH Ibirama / Juliana Ferreira; orientador, Tiago
Montagna, 2022.
47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Agronomia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

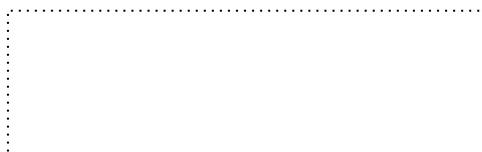
1. Agronomia. I. Montagna, Tiago. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III.
Título.

Juliana Machado Ferreira

**Estrutura demográfica e dinâmica populacional da bromélia endêmica *Dyckia
ibiramensis* Reitz, uma reófito ameaçada de extinção na área de influência da
hidrelétrica PCH Ibirama**

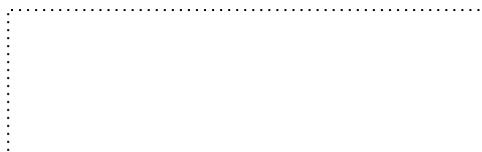
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso de Agronomia

Florianópolis, 29 de novembro de 2022.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



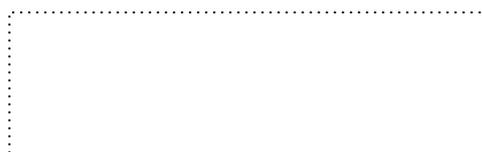
Prof. Tiago Montagna, Dr.

Orientador



Prof. Maurício Sedrez dos Reis, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.(a) Juliana Márcia Rogalski, Dr.(a)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia / RS

Florianópolis, 2022.

Água de beber
Bica no quintal
Sede de viver tudo

E o esquecer
Era tão normal que o tempo parava
E a meninada respirava o vento
Até vir a noite e os velhos falavam
Coisas dessa vida

Eu era criança
Hoje é você
E no amanhã, nós [..]

Milton Nascimento

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina por ter sido minha casa ao longo desses anos e por ter me proporcionado, além da formação profissional, minha formação enquanto cidadã. Agradeço imensamente por ter feito parte dessa comunidade. Sempre sentirei orgulho de ter me formado em uma universidade pública, gratuita e de qualidade

Agradeço ao Núcleo de Educação Ambiental da UFSC por todos os conhecimentos compartilhados, amizades construídas e experiências inesquecíveis que levarei para a vida. Agradeço também ao Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da UFSC pelos aprendizados proporcionados e pelas pessoas que o compõe. Agradeço também ao meu orientador Tiago que me ajudou muito ao longo desse processo de formação.

Deixo minha calorosa gratidão a todas as pessoas que estiveram presentes na minha formação, professores e amigos, sem os quais certamente não seria quem sou hoje. Agradeço às amizades e amores que fiz na UFSC e que certamente estarão no meu coração pra vida toda. Fica aqui meu agradecimento especial ao Nicolas, pelo carinho e companheirismo, e aos meus amigos do lado esquerdo do peito Pamis, Thi, Manu, Bia, Rodrigo, Caio, Carol, Isa, Chico e todas as pessoas que estiveram comigo nesta trajetória.

Por fim, agradeço profundamente à minha mãe Débora e ao meu pai Paulo César por todo apoio, amor e cuidado dado ao longo da vida, sem vocês nada disso seria possível. Agradeço à minha vó Eva por ter cuidado de mim e me ensinado o valor da alimentação saudável e ao vô João por ter me mostrado que a vida pode ser leve mesmo que tudo pareça difícil. Agradeço também à minha vó Brasília que me aproximou dos animais e da terra e ao meu vô Rubens que sempre me lembrou de não acreditar em tudo a primeira vista.

RESUMO

As pressões antrópicas sobre os ecossistemas são as principais ameaças à sobrevivência das espécies, especialmente por causarem perda e fragmentação de habitats. A crescente demanda por energia elétrica pressiona a expansão do parque gerador brasileiro, o que implica na ampliação do aproveitamento hidrelétrico. A construção de hidrelétricas provoca alterações no fluxo hidrológico e interferência na dinâmica sensível dos ecossistemas ripários. A bromélia *Dyckia ibiramensis* é uma reófito endêmica de ocorrência restrita às margens rochosas rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC. A espécie está situada na área de influência da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Ibirama que entrou em operação em 2010. Por isso, desde 2008 a bromélia vem sendo monitorada por meio de estudos genéticos e demográficos. Este trabalho tem o objetivo de analisar a estrutura demográfica e a dinâmica populacional da espécie *D. ibiramensis*. Para tanto, em 2022 foi realizado um censo demográfico, no qual, as rosetas foram classificadas de acordo com seu diâmetro (classe 1 < 15cm; classe 2 >15< 30cm; classe 3 > 30cm) e presença de estruturas reprodutivas (R - reprodutivas; NR - não reprodutivas). Os resultados apontam para a importância das subpopulações 1 e 5 que somam 83,3% do total de 4.839 indivíduos contabilizados no censo e concentram 89,4% das rosetas reprodutivas. Quanto à estrutura demográfica, observou-se que 41,35% das rosetas pertence à classe 3, com mais de 30 cm de diâmetro. Foram contabilizadas 680 rosetas reprodutivas, o que representa 14,05% do total de indivíduos da espécie. Após a construção da hidrelétrica houve uma redução populacional drástica verificada no censo demográfico realizado em 2015 ($R_t = - 0,58$). Após esse período, foi observado um crescimento populacional entre os censos de 2015 e 2018 que se intensificou nos últimos quatro anos ($R_t = 0,44$). Apesar do resultado positivo relacionado ao crescimento populacional, a estrutura demográfica da espécie indica o envelhecimento da população. Além disso, por se tratar de uma espécie vulnerável e restrita, com poucos indivíduos e dependente das condições variáveis do ambiente lótico, a continuidade do monitoramento é indispensável para sua conservação *in situ* no médio-longo prazo.

Palavras-chave: conservação; espécie ameaçada; Bromeliaceae; demografia.

ABSTRACT

Anthropic pressures over the ecosystems are the main threats to species survival once they cause habitats loss and fragmentation. Crescent demand for electric power pushes the generation park's expansion, which implies in increasing the hydroelectric uses of waterbodies. Hydroelectric constructions cause modification in hydrologic fluxes and interferes in the sensible riparian ecosystems dynamic. The bromeliad *Dyckia ibiramensis* is rheophyte and endemic its occurrence is restricted to the rocky banks of Itajaí do Norte River in Ibirama (SC). The species occurs in the influence area of the small hydroelectric plant PCH Ibirama which is in operation since 2010. Because of that, since 2008 the species has been monitored by genetic and demographic studies. This study aims to analyze the demographic structure and the population dynamics of *D. ibiramensis*. To do that, a demographic census was carried out in 2022, in which, the rosettes were classified according with their diameter (class 1 < 15cm; class 2 >15< 30cm; class 3 > 30cm) and presence of reproductive structures (R – reproductive; NR - non-reproductive). The results point out the importance of subpopulations 1 and 5, which account for 83,3% of the 4.839 rosettes counted in the census and concentrate 89,4% of the reproductive rosettes. Regarding the demographic structure, it was observed that 41,35% of the rosettes belong to class 3, with more than 30cm of diameter. It was counted 680 reproductive rosettes, which represents 14,05% of the total number of the individuals of the species. After the hydroelectric construction, a drastic populational reduction was verified in the census accomplished in 2015 ($R_t = - 0,58$). After this period, a populational growth was observed between the 2015 and 2018 census, which was intensified ($R_t = 0,44$). However, despite the positive result related with the populational growth, the species demographic structure points to the aging of the population. Besides that, the species is vulnerable and restricted, with a small population and dependent of the lotic environment conditions, therefore, monitoring the species is imperative to its conservation *in situ* in the medium-long term.

Keywords: conservation; threatened species; Bromeliaceae; demography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo sobre os principais eventos históricos que marcaram o processo de estruturação do setor elétrico brasileiro.....	18
Figura 2 – Mapa de localização da ocorrência de <i>Dyckia ibiramensis</i> no rio Itajaí do Norte Ibirama/SC.....	25
Figura 3 – Linha do tempo sobre o processo de licenciamento ambiental do empreendimento hidrelétrico PCH Ibirama e histórico dos estudos genéticos e demográficos realizados com a espécie <i>Dyckia ibiramensis</i>	26
Figura 4 – Local de ocorrência da <i>Dyckia ibiramensis</i>	29
Figura 5 - Mapa de localização das subpopulações de <i>Dyckia ibiramensis</i> ao longo do rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC.....	30
Figura 6 - Distribuição das subpopulações com ocorrência natural da espécie <i>Dyckia ibiramensis</i> ao longo do rio Itajaí do Norte encontradas no Censo 2008.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de rosetas por classes de diâmetro e classes reprodutivas em cinco pontos de ocorrência natural de <i>Dyckia ibiramensis</i>	33
Tabela 2 - Área ocupada em metros quadrados (m ²) e densidade de indivíduos por metro quadrado (rosetas/m ²) em cada subpopulação avaliada.....	34
Tabela 3 - Total de indivíduos da espécie <i>Dyckia ibiramensis</i> contabilizados nos censos realizados e a taxa de crescimento populacional em cada período.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	BREVE HISTÓRICO DA ESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL.....	14
2.2	LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS.....	18
2.3	O EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO PCH IBIRAMA: O CASO DA BROMÉLIA ENDÊMICA <i>Dyckia ibiramensis</i> Reitz.....	23
2.4	CONSERVAÇÃO DE REÓFITAS.....	27
3	OBJETIVOS	28
3.1	OBJETIVO GERAL.....	28
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4	METODOLOGIA.....	29
4.1	LOCAL E ESPÉCIE DE ESTUDO.....	29
4.2	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	31
5	RESULTADOS	32
5.1	CENSO DEMOGRÁFICO 2022.....	32
5.2	CENSOS DEMOGRÁFICOS ANTERIORES	35
6	DISCUSSÃO	37
7	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A espécie humana sempre modificou o meio ambiente de acordo com suas necessidades e culturalidades. Porém, no período histórico recente a humanidade vem submetendo os ecossistemas à dinâmica capitalista, referendada pelo negacionismo climático (GASTALDI, 2019). A ação antrópica sobre o ambiente deu um salto nos últimos dois séculos e hoje é equiparada às forças geofísicas que determinam a evolução do planeta (STEFFEN *et al.*, 2015). Tais alterações no ambiente marcariam o início de uma nova era geológica, o Antropoceno (ARTAXO, 2014).

Diante das evidências científicas que confirmavam a origem antrópica da crise ambiental (PINTO *et al.*, 2020), as mudanças climáticas foram colocadas no centro do debate mundial. As alterações no clima estão associadas ao aumento da concentração dos chamados Gases do Efeito Estufa (GEEs), por isso, os princípios expostos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (1992) e no Protocolo de Quioto (1997) estabeleceram como meta global a redução da emissão destes gases.

A redução da emissão de GEEs perpassa por alterações nas matrizes energéticas dos países. Neste quesito, o Brasil, por possuir matriz elétrica baseada na fonte hidráulica, apresenta vantagem com relação aos demais países que têm sua matriz energética dependente de combustíveis fósseis (EPE, 2021). Vale destacar que em termos mundiais as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são vistas como uma alternativa de energia renovável e de baixo impacto ambiental (LEÃO, 2008).

Diante de tal conjuntura global concomitante à crise energética enfrentada pelo Brasil no final da década de 1990 (GOMES; VIEIRA, 2009), estimula-se a ampliação do parque gerador hidrelétrico brasileiro (ANEEL, 2022). Assim, a partir de 2002 verifica-se o aumento do número de hidrelétricas. De acordo com dados da ANEEL (2022), o número de hidrelétricas no Brasil passou de 490 em 2002 para 1.476 em 2022.

Dentre os diversos impactos ambientais provocados pela construção de usinas hidrelétricas, estão a perda e a fragmentação de habitats, que são consideradas as principais ameaças às espécies endêmicas da Mata Atlântica (JANKE, 2014). As espécies reófitas são ainda mais vulneráveis aos impactos provocados por estes empreendimentos, uma vez que sua sobrevivência e manutenção na natureza está diretamente relacionada aos corpos d'água (HUGHES; COLSTON; MOUNTFORD, 2005).

Em Santa Catarina, de acordo com Klein (1979), algumas bromélias do gênero *Dyckia* ocorrem como reófitas, associadas aos rios com declividades acentuadas e inúmeros saltos e corredeiras (VAN STEENIS, 1981). A bromélia *Dyckia ibiramensis* Reitz é uma reófito endêmica que ocorre naturalmente nas margens rochosas do Rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC, adaptada a condições ambientais extremas e variáveis (REITZ, 1983). A espécie está classificada como criticamente em perigo de acordo com a Resolução CONSEMA nº 51/2014 (SANTA CATARINA, 2014).

A espécie endêmica apresenta uma distribuição muito restrita ao longo do rio Itajaí do Norte na Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu. Em 2002 foi emitida pela Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA), atual IMA, a Licença Ambiental Prévia (LAP) para construção do empreendimento hidrelétrico PCH Ibirama. Este empreendimento seria responsável pela inundação de aproximadamente metade dos indivíduos da espécie, o que comprometeria sua conservação *in situ* (NPFT, 2008).

Diante da eminente extinção da espécie endêmica na natureza, o órgão ambiental competente não emitiu a Licença Ambiental de Instalação (LAI), a qual foi concedida ao empreendedor somente após a alteração do projeto inicial. Nesta nova proposta 2,6% da população da espécie seria inundada (HMELJEVSKI *et al.*, 2011). Em 2010 a PCH Ibirama entrou em operação.

Além do empreendimento já existente, levantamentos hidrelétricos e estudos de viabilidade de construção de novas hidrelétricas estão sendo realizados na sub-bacia do rio Itajaí do Norte. Novos empreendimentos representam possíveis ameaças à manutenção da bromélia *D. ibiramensis* na natureza, por esse motivo, estudos demográficos como o realizado por Rogalski *et al.* (2021), NPFT (2008), Reis A. e Bourscheid (2015), Reis A. (2019) são extremamente importantes para o desenvolvimento de estratégias de conservação *in situ* de espécies ameaçadas de extinção.

Estudos de monitoramento demográfico de bromélias reófitas visando a conservação *in situ* das espécies são escassos no Brasil. Nesse sentido, o presente trabalho é uma continuidade dos estudos demográficos já realizados com a bromélia endêmica *D. ibiramensis*. Pretendeu-se analisar a estrutura demográfica e a dinâmica populacional da bromélia endêmica *D. ibiramensis*, com o intuito de subsidiar estratégias de conservação *in situ* da espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO DA ESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL

A água é o elemento essencial da vida, componente fundamental dos organismos. Para os seres humanos, além da sua função biológica, a água também é um fator determinante da localização dos assentamentos e da organização socioeconômica e cultural dos territórios. Os corpos d'água determinam a ocupação humana dos territórios (ARRUDA, 2006) e o relevo condiciona a trajetória dos corpos d'água.

O aproveitamento dos recursos hídricos e do relevo permite a geração de energia elétrica a partir de uma fonte hidráulica. O Brasil possui dimensões continentais, com uma diversidade de biomas e condições ambientais que permitiriam a geração de energia elétrica a partir de diversas fontes. Mas em função da vasta rede hidrográfica, do relevo e da disponibilidade de água, a matriz elétrica brasileira se baseou na geração hidrelétrica. Em 2021 a energia elétrica gerada a partir de fonte hídrica correspondeu a 53,4% da oferta interna e a 60,2% da capacidade instalada de geração de energia elétrica no país (EPE, 2021).

A primeira usina hidrelétrica do Brasil, Marmelos Zero, entrou em operação em 1889 (PEREIRA, 2021). Em 1907 a Usina São de Fontes, maior do mundo naquela época, inaugurou a entrada de investimento estrangeiro no setor. Neste primeiro momento de estruturação, ocorre o monopólio privado do setor elétrico nacional pelos grupos Light e Amforp, especialmente a partir da década de 1920 (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1995). Porém, com a quebra da bolsa de Valores de Nova York em 1929 e com a chegada de Getúlio Vargas ao poder em 1930, o Estado passou a ter mais atuação sobre o setor elétrico (GOMES; VIEIRA, 2009).

Em 1934 foi promulgado o primeiro marco regulatório do setor elétrico, o Código de Águas, o qual atribuía à União a competência de delegar sobre os aproveitamentos hidrelétricos destinados ao serviço público (BRASIL, 1934). Em 1939, após o golpe de Getúlio Vargas que instituiu o regime autoritário Estado Novo em 1937, o governo federal criou o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), responsável por todos os assuntos pertinentes ao setor (CORRÊA, 2005). Contudo, mesmo com uma maior intervenção estatal, as empresas Light e Amforp mantiveram sua influência e seus interesses se sobressaíram sobre as demais organizações (GOMES; VIEIRA, 2009).

A partir da década de 1950, o Estado assumiu a responsabilidade pelo desenvolvimento do setor elétrico, face ao cenário de reconstrução da Europa no pós II Guerra Mundial e redução dos investimentos privados. O governo de Juscelino Kubitschek (1956-

1961) priorizou os projetos do setor de energia elétrica, especialmente de fonte hidráulica. Com a criação da Eletrobrás em 1961 o modelo institucional dava sinais de mudança (PEREIRA, 2021). A nacionalização do setor começou em 1964, após o golpe empresarial-militar, com a compra das empresas do grupo Amforp pela Eletrobrás e foi finalizado em 1979 com a compra da Light (GOMES; VIEIRA, 2009).

O modelo estatal do setor elétrico brasileiro perdurou até 1995, no governo de Fernando Henrique Cardoso, quando o setor é novamente aberto à iniciativa privada. Essa reestruturação se dá principalmente após a promulgação da Lei das Concessões nº 8.987 (BRASIL, 1995a) e da Lei nº 9.074 (BRASIL, 1995b), que regulamentaram o art.175 da Constituição Federal. O mecanismo de regulação do setor foi criado somente em 1997 com o Decreto nº 2.335 (BRASIL, 1997a), que constituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A estrutura do setor elétrico nacional era historicamente vertical e hierarquizada, com o Estado no controle da geração, transmissão e distribuição. A partir da reestruturação, o setor passou a adotar uma estrutura de integração horizontal, com geradores e distribuidores independentes e transmissão mista (GOMES; VIEIRA, 2009). De acordo com Leme (2005), a privatização das empresas de geração e distribuição de energia foi um dos pressupostos centrais da reestruturação do setor. Nesse processo, foram privatizadas aproximadamente 80% das distribuidoras na década de 1990 e 20% das empresas geradoras de energia.

A implementação das reformas de orientação neoliberal resultou, entre outros efeitos, na crise do setor elétrico em 2001. Gomes e Vieira (2009) constataram uma forte correlação entre a disponibilidade de recursos investidos no setor elétrico e o modelo institucional vigente em cada período. Segundo os autores, de 1993 a 2002 o governo federal não investiu no setor elétrico e a capacidade instalada no país não acompanhou a demanda. Como consequência, a crise de 2001 forçou o racionamento de energia. Nesse sentido, Leme (2018) aponta que essa crise representou um marco concreto das deficiências e contradições da orientação político-econômica adotada pelo governo naquele período.

Como uma das estratégias de enfrentamento à crise energética de 2001, através da Lei nº 10.438 de 2002, foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), com o objetivo de fomentar a geração de energia elétrica por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos (PIA). Dentre as fontes de energia consideradas alternativas pelo Programa, estão as PCHs. A lei define os PIA como:

Art.3, § 1º Produtor Independente é Autônomo quando sua sociedade, não sendo ela própria concessionária de qualquer espécie, não é controlada ou coligada de concessionária de serviço público ou de uso do bem público de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica, nem de seus controladores ou de outra sociedade controlada ou coligada com o controlador comum.

Com o Proinfa, o Governo trouxe maior abertura para que empresas de diversos setores pudessem investir no setor de produção de energia elétrica (DAMASCENO, 2014). O custo do programa é pago por todos os consumidores finais, exceto os beneficiários da Tarifa Social, do Sistema Interligado Nacional (SIN), proporcionalmente ao consumo individual (BRASIL, 2002).

Tendo em vista o fracasso da reforma que instituiu o Modelo Institucional privado do Setor Elétrico, o governo de Luiz Inácio Lula da Silva apresentou uma proposta de contrarreforma. Dentre outros instrumentos, a Lei nº 10.847 de 2004 que autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a Lei nº 10.848 de 2004 que dispôs sobre a comercialização de energia elétrica e definiu ferramentas para garantir a expansão da oferta de energia. Esse conjunto de leis instituiu um novo Modelo Institucional para o Setor Elétrico (BRASIL, 2004a; 2004b).

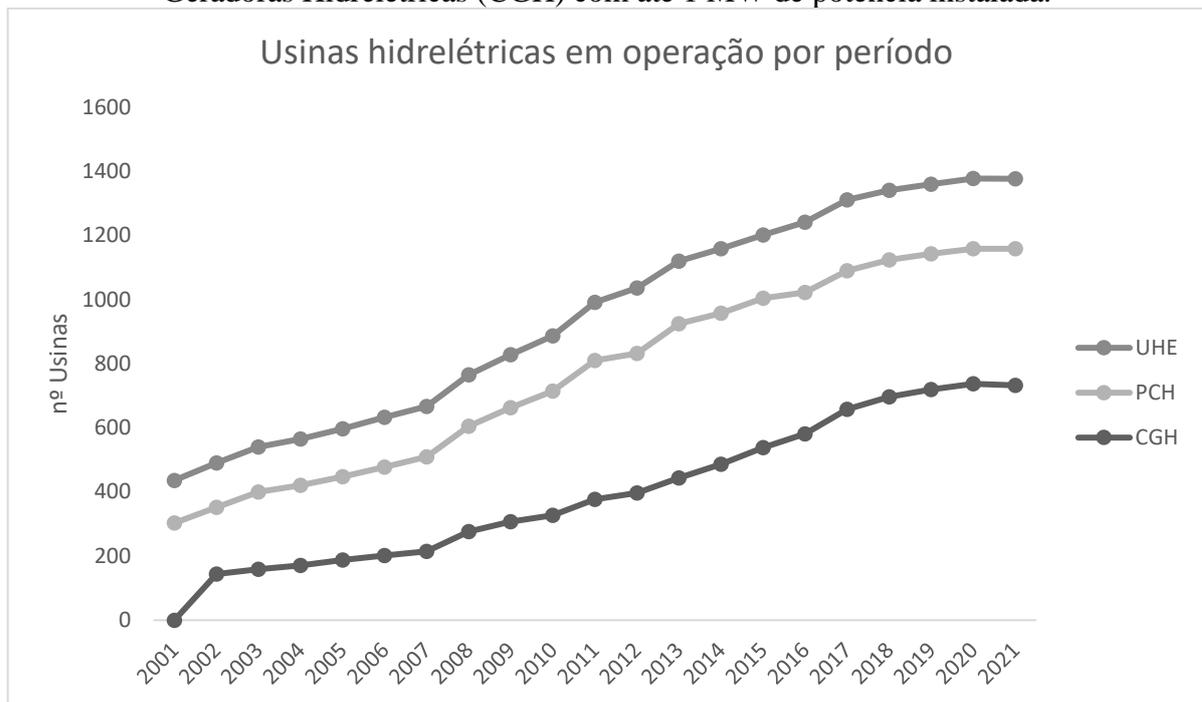
Esse novo marco regulatório reconhece a necessidade da retomada dos investimentos no setor elétrico. Com a criação da EPE, o planejamento da expansão setorial voltou a ser de responsabilidade direta de um órgão federal. As mudanças regulatórias do setor recuperaram a participação estatal nos investimentos e no planejamento, mas também preservaram os mecanismos de mercado trazidos pelas reformas liberais da década de 1990. As estatais passaram a atuar sob uma lógica privada no âmbito da concorrência via leilões e do controle dos projetos por parte dos parceiros privados. Assim, o Modelo Institucional foi classificado como híbrido (WERNER, 2019).

Como destacado por Werner (2019), apesar do investimento direto do Estado no ciclo expansionista do parque gerador de energia via empresas estatais, predomina a lógica privada sobre a pública no setor em função da prevalência do modelo de Parcerias Público-Privadas (PPPs). Ressalta-se que a entrada de novos agentes investidores e a fragmentação das atribuições da Eletrobras, a partir do novo marco regulatório, aprofundaram a complexidade técnica e política no âmbito da coordenação e planejamento setorial diante dos múltiplos interesses em torno do setor.

Entre 2000 e 2020 os investimentos realizados pela Eletrobras acumularam R\$ 190,3 bilhões em valores atualizados, com tendência de crescimento constante entre 2008 e 2014 (DIEESE, 2021). Os expressivos montantes injetados pelo grupo Eletrobras no setor

viabilizaram o crescimento da infraestrutura de energia elétrica no país, como mostra o Gráfico 1, na sequência.

Gráfico 1 – Evolução do número de usinas hidrelétricas em operação no Brasil por período. Classificação das hidrelétricas usadas pela ANEEL: Usina Hidrelétrica de Energia (UHE) com mais de 30 MW; Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) entre 1,1 e 30 MW; Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) com até 1 MW de potência instalada.



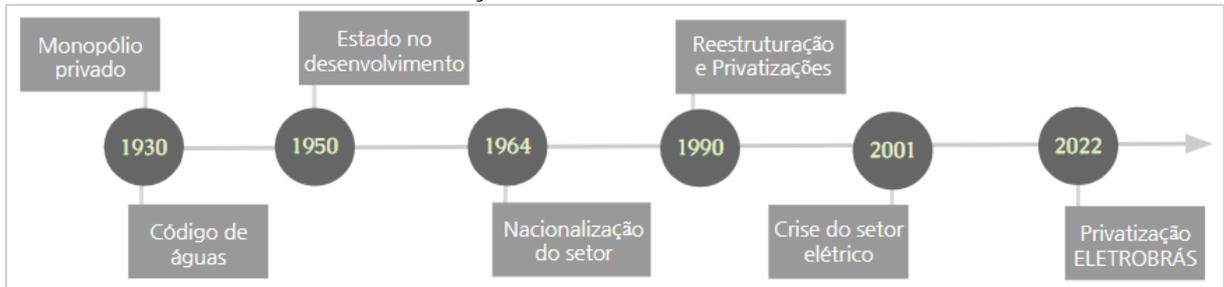
Fonte: dados ANEEL (2022)

No entanto, Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2021) destaca a trajetória de queda acentuada nos investimentos feitos pela Eletrobras desde 2015, apesar dos indicadores econômico-financeiros demonstrarem recuperação da saúde financeira e aumento da capacidade para realização de investimentos nos últimos anos. Isso demonstra a intenção deliberada de reduzir o tamanho da estatal e sua relevância pra sociedade, uma vez que a diminuição dos investimentos é resultado de decisão política da gestão da empresa (CASTILHO, 2022). A nota técnica do DIEESE (2021) ainda aponta que desde o governo Temer o foco da gestão da Eletrobras tem sido a privatização.

A desestatização da companhia Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras) se dá por meio da Lei nº 14.182 de 12 de julho de 2021 (BRASIL, 2021) gerada a partir da Medida Provisória nº 1.031 de fevereiro de 2021. Em maio de 2022 a privatização da empresa foi aprovada pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Em junho de 2022 ocorreu a formalização da privatização da empresa na Bolsa de Valores B3. Com a oferta pública de ações a empresa

deixou de ter um controlador definido, tendo em vista que a participação da União foi reduzida para menos da metade das ações (CASTILHO, 2022).

Figura 1 – Linha do tempo sobre os principais eventos históricos que marcaram o processo de estruturação do setor elétrico brasileiro



Fonte: produzido pela autora

O controle estatal da geração e transmissão de energia desempenha papel estratégico para a soberania e segurança energética, bem como, para as questões sociais e ambientais. No caso da geração hidrelétrica, dada sua condição de monopólio natural, o controle estatal deve atuar em prol do interesse coletivo na gestão das bacias hidrográficas, assegurando segurança de barragens, preservação ambiental, acesso à água e complementaridade com atividades econômicas como a agricultura e o turismo (DIEESE, 2021).

Em um contexto de compromisso global de combate às mudanças climáticas e transição energética, a atuação do Estado é imprescindível para garantir a preservação ambiental e os interesses coletivos. Nesse sentido, a nota do DIEESE (2021) aponta que a privatização da Eletrobras coloca o Brasil à margem do processo de transição para uma matriz energética sustentável, o histórico de baixos investimentos no setor elétrico nos períodos de menor intervenção Estatal evidencia isso.

2.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

A década de 1980 foi marcada pela ascensão da discussão em torno da preservação ambiental na América Latina. Após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em 1972, a pauta ambiental tomou maiores proporções no âmbito internacional. No Brasil, a pressão de órgãos financeiros internacionais promoveu as primeiras tentativas de aplicação de metodologias para avaliação de impactos ambientais (MMA, 2009). Concomitantemente a isso, o processo de democratização, a ascensão de movimentos ambientalistas e sociais e a difusão

da discussão sobre preservação ambiental contribuíram para a inclusão das questões socioambientais à agenda do setor elétrico nacional (VAINER, 2007).

Acompanhando a discussão internacional iniciada na década de 1970, em 1981 foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei Federal 6.938, que estabeleceu o papel do Estado de manter o equilíbrio ecológico tendo em vista que o meio ambiente é um patrimônio público (BRASIL, 1981). No Art. 9º são abordados os instrumentos da política, destaca-se aqui a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

A Lei 6.938 estabeleceu o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como órgão consultivo e deliberativo. A Resolução CONAMA 001/1986 definiu os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) (BRASIL, 1986). No Art. 2º da Resolução está a lista de atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, a qual foi estabelecida pela Resolução CONAMA 237/1997 (BRASIL, 1997b). Dentre as atividades listadas estão as usinas de geração de energia, de qualquer fonte, acima de 10MW. O licenciamento dependerá da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). No Art. 5º da Resolução 001/1986 estão definidas as diretrizes gerais do EIA:

Art. 5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental o órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

A regulamentação completa e o estabelecimento dos critérios para exercício do licenciamento ambiental referido no Art. 10º da PNMA se deu somente a partir da Resolução CONAMA 237/1997. Essa Resolução considera a necessidade de incorporar os instrumentos de gestão ambiental ao sistema de licenciamento ambiental, bem como, de integrar a atuação dos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) na execução da PNMA. A Resolução define três tipos de licenças, as quais podem ser expedidas isolada ou sucessivamente:

Art. 8º - O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

A crise do setor elétrico de 2001 demandou uma expansão emergencial da geração de energia. Nesse processo, as questões socioambientais perderam relevância, fator que gerou uma flexibilização da legislação ambiental em torno do licenciamento de empreendimentos elétricos. Frente à crise energética, a Resolução CONAMA 279/2001 estabelece um procedimento simplificado para o licenciamento ambiental de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo usinas hidrelétricas e sistemas associados (BRASIL, 2001).

De acordo com o Art. 3º da referida Resolução, ao requerer a LP ao órgão ambiental competente, federal ou estadual, o empreendedor deve apresentar o Relatório Ambiental Simplificado (RAS). O Art. 2º da Resolução 279/2001 estabelece a definição do RAS:

I - Relatório Ambiental Simplificado RAS: os estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados como subsídio para a concessão da

licença prévia requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação.

Cabe ao órgão ambiental competente definir o enquadramento, ou não, do empreendimento elétrico no procedimento de licenciamento ambiental simplificado, mediante parecer técnico, tomando como base o RAS. Aqueles empreendimentos que não forem considerados de baixo impacto ambiental pelo órgão ambiental competente ficarão sujeitos ao licenciamento não simplificado (BRASIL, 2001).

O Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA) é o órgão ambiental da esfera estadual incumbido de garantir a preservação dos recursos naturais do estado. Compete ao IMA o processo de licenciamento ambiental, o qual é instrumento da Política Estadual do Meio Ambiente instituída pela Lei nº 14.675/2009 (SANTA CATARINA, 2009a). Para os efeitos da referida Lei as atividades de geração de energia são consideradas de utilidade pública, estratégicas para o desenvolvimento social e econômico do estado.

O Art.12 da Lei 14.675/2009 delega ao Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina (CONSEMA) uma série de competências. A Resolução CONSEMA nº 98/2017 (SANTA CATARINA, 2017), no anexo VI, traz a listagem as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental e os respectivos estudos ambientais necessários. Algumas definições trazidas no Art.2º são importantes para compreender as determinações do anexo VI.

Art. 2º Para fins desta resolução adotam-se as seguintes definições:

VI - Área Inundada (AI): é a área inundada pelo reservatório, determinada pelo barramento com delimitação pelo nível d'água máximo projetado. Deve ser expressa em hectare (ha);

XXX - Porte do Empreendimento: define o tamanho do empreendimento e a abrangência do seu potencial poluidor em pequeno (P), médio (M) ou grande (G);

XXXI - Potencial Poluidor: o potencial poluidor da atividade é considerado pequeno (P), médio (M) ou grande (G) em função das características intrínsecas da atividade conforme Anexo VI desta Resolução. O potencial poluidor é estabelecido sobre as variáveis ambientais ar, água e solo;

A produção de energia hidrelétrica está enquadrada pela Resolução CONSEMA nº 98/2017 como serviço de infraestrutura. De acordo com o disposto no anexo VI, a atividade apresenta o seguinte potencial Poluidor/Degradador: ar (P), água (G), Solo (G) e geral (G).

Independentemente do porte do empreendimento hidrelétrico, são aceitos Estudo Ambiental Simplificado (EAS) ou Estudo de Impacto Ambiental (EIA) se a AI > ou = 100 hectares.

No entanto, conforme a Lei nº 11.428/2006 (BRASIL, 2006) quando o corte e a supressão de vegetação primária ou secundária em estágio avançado de regeneração do Bioma Mata Atlântica são necessários, o licenciamento ambiental depende da elaboração de EIA/RIMA. Tal exigência cabe mesmo para os empreendimentos de geração de energia elétrica de pequeno porte ($P \leq 10\text{MW}$). O Decreto Federal 6.660/2008 que regulamenta a Lei, prevê em seu Art.39 que a supressão ou corte de espécie ameaçada de extinção deve ser precedida de parecer técnico do órgão ambiental competente (BRASIL, 2008).

É importante salientar que em Santa Catarina mesmo em casos onde não é exigido o EIA/RIMA, desde 2010 aproximadamente, o IMA solicita o levantamento de espécies reófitas existentes na área de influência dos empreendimentos (Ester Warken Bahia Lopes 2022, comunicação pessoal). Além disso, o órgão ambiental também costuma exigir estudos sobre diversidade genética, demografia e biologia reprodutiva nos casos em que espécies ameaçadas de extinção estejam na área de influência dos empreendimentos. O Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da UFSC (NPFT) já realizou alguns estudos a fim de atender tais demandas:

- Caracterização da diversidade genética em populações naturais de *Raulinoa echinata* COWAN (NPFT, 2003);
- Caracterização genética, demográfica e de aspectos da ecologia de *Dyckia ibiramensis* Reitz (NPFT, 2008);
- Monitoramento genético de *Dyckia ibiramensis* Reitz (NPFT, 2019);
- Caracterização da diversidade genética de *Colliguaja brasiliensis* na área de influência da PCH Prainha (NPFT, 2021);
- Caracterização da diversidade genética de *Colliguaja brasiliensis* na área de influência da CGH Karan (NPFT, 2021);

Por meio da Lei nº 14.652/2009 foi instituída a avaliação integrada da bacia hidrográfica (AAI) em Santa Catarina, para fins de emissão de licença ambiental prévia de usinas hidrelétricas. Para as PCHs, de acordo com o Art.2º, fica dispensada a obrigatoriedade da AAI, exceto quando: houver necessidade de desmatamento da vegetação nativa em estágio avançado de regeneração superior a 100 hectares, por empreendimento; ou área total alagada superior a 200 hectares, por empreendimento (SANTA CATARINA, 2009b).

A Avaliação Ambiental Integrada é caracterizada como a avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos no âmbito de bacias hidrográficas. A avaliação busca identificar áreas de fragilidade e de potencialidade da bacia estudada, envolvendo cenários futuros. Com base nos resultados, devem ser elaboradas diretrizes que irão compor os estudos socioambientais consequentes. A partir de 2007 AAI foi incluída na metodologia do Estudo de Inventário Hidrelétrico (EIH) (MME; CEPEL, 2007).

Vale destacar que além da AAI existem outros instrumentos de avaliação de impacto socioambiental. Em 2002 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) lançou a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), no Programa de Fortalecimento Institucional para o Licenciamento Ambiental. Em 2003 o Projeto de Lei (PL) 2.072 propunha a alteração da PNMA, a fim de dispor sobre a AAE de políticas, planos e programas. O PL definiu a AAE como um conjunto de atividades com o objetivo de prever, mensurar, qualificar e estimar a magnitude e amplitude espacial e temporal do impacto ambiental potencialmente associado a determinada política, plano ou programa (BRASIL, 2003). Atualmente o PL está arquivado.

As duas abordagens possuem caráter complementar e preventivo, por isso de acordo com Westin (2014) a AAE e a AAI devem ser efetuadas antes do EIA, a fim de contribuir com a sua elaboração. Para Leão (2008) a AAE auxilia na tomada de decisão a longo prazo e pode ser considerada um instrumento de política ambiental e a AAI tem enfoque mais técnico e atua como um instrumento de gestão ambiental.

2.3 O EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO PCH IBIRAMA: O CASO DA BROMÉLIA ENDÊMICA *Dyckia ibiramensis* REITZ

No Estado de Santa Catarina, de acordo com os dados do Sistema de Informação de Geração da ANEEL (SIGA) atualizados em novembro de 2022, a capacidade instalada é de 5.399.128,12 kW de potência. Distribuída em 441 empreendimentos, essa potência corresponde a 5,4 % da capacidade instalada no Brasil. Somente os empreendimentos hidrelétricos são responsáveis por 3.904.043,93 kW (72,31%) da potência outorgada total do estado. Ao todo são 287 empreendimentos hidrelétricos em Santa Catarina, destes, 264 estão em operação, 6 em construção e 17 em fase de construção não iniciada.

A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu pertence à Região Hidrográfica 7 Vale do Itajaí, segunda maior bacia em área total do estado de Santa Catarina, com 14.866 km² (SANTA CATARINA, 2016). Essa bacia conta com 40 empreendimentos hidrelétricos em operação e 4

PCHs em fase de construção ou construção não iniciada. A potência instalada dos empreendimentos em operação soma 322.908,9 kW (ANEEL, 2022).

O empreendimento PCH Ibirama, instalado no rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC, compõe o panorama descrito. O empreendimento teve sua Licença Ambiental Prévia (LAP) emitida pela Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA) atual IMA, em agosto de 2002 (LAP N°218/02). A implementação da PCH Ibirama foi autorizada em janeiro de 2004 pela agência reguladora ANEEL através da Resolução Autorizativa n° 24/2004. Em abril de 2004 a FATMA emitiu a Licença Ambiental de Instalação (LAI) com a condicionante de que não houvesse espécies endêmicas na área de ocorrência da PCH.

Nesse período, sob a coordenação do professor Dr. Ademir Reis uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), estava estudando espécies reófitas ameaçadas de extinção, especialmente do gênero *Dyckia*. Orientado pelo trabalho realizado por Klein (1990), foi feito o levantamento das espécies de *Dyckia* reófitas ameaçadas de extinção em Santa Catarina que resultou em um relatório técnico (REIS *et al.* 2005).

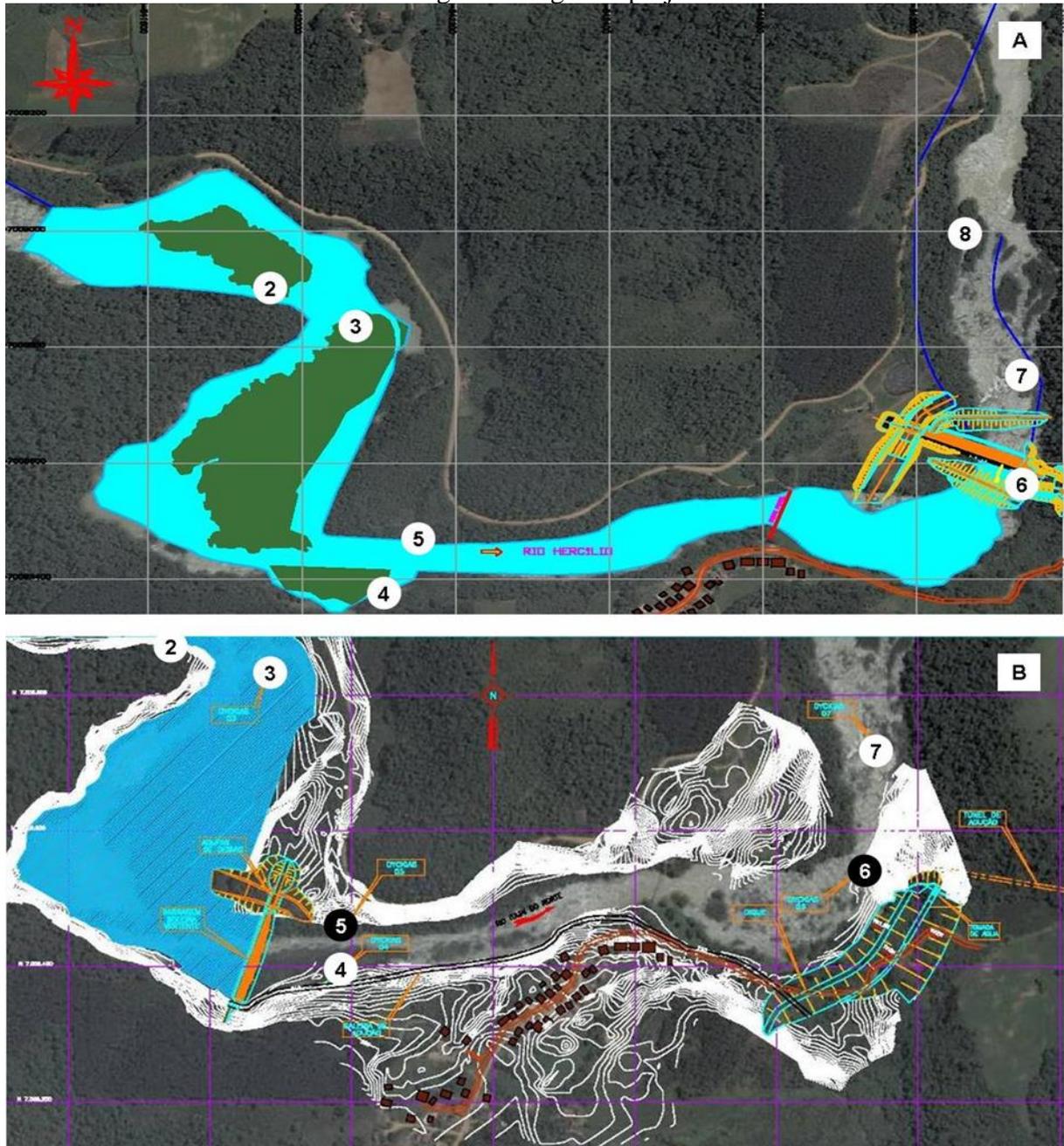
Uma das espécies estudadas foi a bromélia reófita *D. ibiramensis* Reitz, que desde 1992 consta na Lista de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (Portaria 6, de 15 de janeiro de 1992). Os resultados parciais do relatório técnico indicavam que a construção da PCH colocava em risco a conservação *in situ* da *D. ibiramensis* (REIS *et al.*, 2005). Tendo em vista que a LAI já havia sido emitida, o relatório foi enviado para vários órgãos e instituições, dentre eles a FATMA, atual IMA, e o Ministério Público Estadual (HMELJEVSKI; REIS, A., 2009).

Diante deste fato, a FATMA requereu novos levantamentos florísticos à empresa responsável pelo empreendimento hidrelétrico. No entanto, de acordo com a FATMA, os levantamentos solicitados não foram apresentados no prazo determinado (HMELJEVSKI; REIS, A., 2009). Assim, o prazo de validade da LAI emitida em 2004 expirou. Somente em 2007 a ANEEL anuiu a construção da PCH através da Resolução Autorizativa n° 852/2007 que alterou a Resolução Autorizativa anterior.

Nos anos que se seguiram, foram desenvolvidas pesquisas para subsidiar estratégias de conservação para a *D. ibiramensis*. Conforme apontado por Hmeljevski (2007), a proposta de construção da PCH Ibirama representava a maior ameaça à sobrevivência da espécie na natureza. De acordo com o projeto inicial, a área de abrangência do reservatório da hidrelétrica iria afetar diretamente as populações de *D. ibiramensis* situadas a montante do rio. A área de inundação provocada pelo barramento se sobrepõe justamente às populações de maior diversidade genética da espécie. E além disso, as populações a jusante da barragem também

podem ser afetadas em função da alteração da vazão do rio e outras eventuais mudanças (HMELJEVSKI, 2007).

Figura 2 – Mapa de localização da ocorrência de *Dyckia ibiramensis* no rio Itajaí do Norte Ibirama/SC. A: local de construção da barragem no primeiro projeto*; B: local de construção da barragem no segundo projeto*.



*Previsão de inundação: projeto A – 3925 rosetas inundadas e 3441 rosetas preservadas; projeto B – 201 rosetas inundadas e 7165 rosetas preservadas

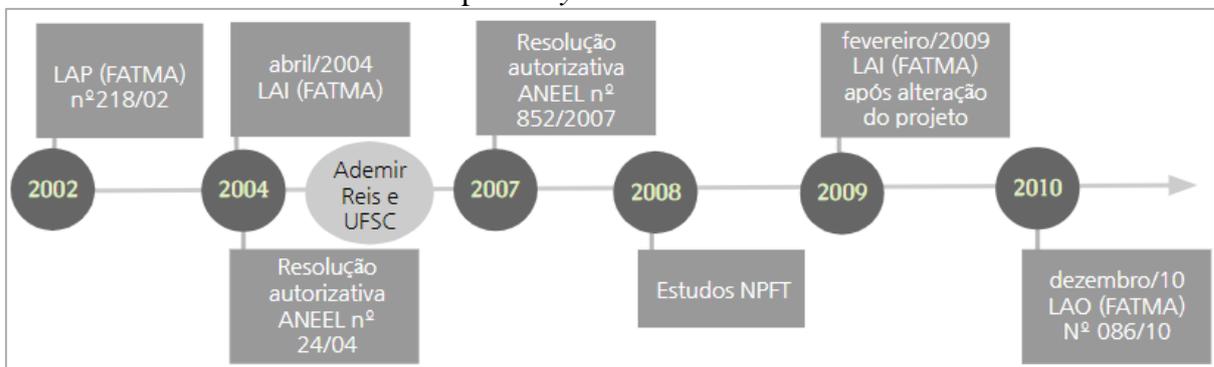
Em função desses resultados, para emitir a renovação da LAI, a FATMA solicitou à empresa responsável novos estudos que abordassem de forma mais contundente a

caracterização da estrutura demográfica e genética da espécie. Em 2008 o Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da UFSC, coordenado pelo professor Dr. Maurício Sedrez dos Reis, realizou o estudo de aspectos da ecologia de *D. ibiramensis* e a caracterização genética e demográfica da espécie. Os resultados demonstraram que praticamente metade das rosetas da espécie (49,5%) estava localizada na área de inundação, inclusive a população que apresentava diversidade genética substancialmente superior às demais (NPFT, 2008).

Os agrupamentos à jusante, que estariam fora da área de inundação, apresentavam menor variabilidade genética e não seriam capazes de favorecer a perpetuação da espécie na natureza (NPFT, 2008). Sendo assim, a construção da PCH Ibirama poderia provocar a extinção local dos agrupamentos remanescentes no médio-longo prazo e o desaparecimento da espécie na natureza (HMELJEVSKI; REIS, A., 2009). Diante desse cenário, mesmo com a autorização da ANEEL, a FATMA não emitiu a renovação da LAI.

A empresa responsável pelo projeto propôs então um rearranjo da localização da barragem da PCH Ibirama. Com essa alteração o eixo original da barragem seria deslocado para um ponto a montante no rio, sem causar a inundação das populações com maior número de indivíduos e diversidade genética superior. Assim, a área inundada reduziria de 0,32 km² para 0,13 km², provocando o alagamento de dois pontos de ocorrência da espécie que correspondiam a 2,6% das rosetas. Destaca-se o aspecto social derivado dessa alteração, pois com a nova proposta o número de propriedades atingidas passou de 28 para 12, prescindindo o deslocamento de famílias (HMELJEVSKI; REIS, A., 2009).

Figura 3 – Linha do tempo sobre o processo de licenciamento ambiental do empreendimento hidrelétrico PCH Ibirama e histórico dos estudos genéticos e demográficos realizados com a espécie *Dyckia ibiramensis*



Fonte: produzido pela autora

A Licença de Instalação foi concedida pela FATMA em fevereiro de 2009 (LAI n° 0013/09), após a alteração do projeto da PCH (Figura 2). Em maio de 2009, a ANEEL emitiu

a Resolução Autorizativa nº 1.924, que anuía a transferência de controle societário indireto da Ibirama Energética S.A. para a empresa Brennand Energia S.A. que passou a ser a responsável pela implementação da PCH Ibirama. A Licença de Operação foi concedida pela FATMA em dezembro de 2010 (LAO nº 086/2010). A hidrelétrica opera desde 2010, com uma potência instalada de 21 MW e uma geração anual de 121.939 MWh (BRENNAND ENERGIA, 2022).

2.4 CONSERVAÇÃO DE REÓFITAS

O crescimento expressivo do número de aproveitamentos hidrelétricos no Brasil ao longo das últimas duas décadas, levanta o debate sobre a conservação das espécies direta ou indiretamente afetadas por esses empreendimentos. Em 2002 existiam no Brasil, de acordo com o SIGA (ANEEL, 2022), 138 Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE), 208 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 144 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), totalizando 490 empreendimentos. Em 2022 já são 219 UHEs, 534 PCHs e 725 CGHs, totalizando 1.478 empreendimentos.

Nesse sentido, os projetos de aproveitamento hidrelétrico representam grandes ameaças à conservação de sistemas lóticos como rios e córregos, pois interferem no fluxo hidrológico natural destes corpos d'água (MOULTON; SOUZA, 2006). As barragens afetam a conectividade hidrológica, definida por Pringle (2003) como a intermediação feita pela água na transferência de matéria, energia e organismos dentro ou entre elementos do ciclo hidrológico.

A ação antrópica sobre os ambientes naturais provoca a perda de habitat, sendo esta uma das principais causas de redução da biodiversidade (FAHRIG, 2017). As espécies de ocorrência restrita a habitats particulares, estão entre as mais expostas aos efeitos da degradação ambiental (HENLE *et al.*, 2004). Em um contexto de expansão da exploração dos recursos hídricos no território brasileiro, as espécies dos ecossistemas ripários se encontram ameaçadas, em virtude da sua estreita dependência das condições físicas e biológicas variáveis dos corpos d'água a que estão associadas (HUGHES; COLSTON; MOUNTFORD, 2005).

Os ecossistemas ripários são considerados importantes centros de diversidade, uma vez que englobam um gradiente de condições ambientais e formam um elo entre os sistemas aquático e terrestre (NILSSON; SVEDMARK, 2002). Esses habitats são sensíveis, apresentam um banco de sementes pouco desenvolvido (KALLIOLA *et al.*, 1991) e por isso dependem do fluxo hidrológico para a dispersão de sementes e propágulos vegetais (MERRITT & WHOL,

2002). O fluxo hidrológico é, portanto, o principal fator que determina e limita a distribuição de espécies e consolida a integridade ecológica de rios e córregos (POFF *et al.*, 1997).

O grupo biológico das espécies reófitas ocorre na natureza principalmente nas margens e ilhas rochosas de rios, especialmente em trechos de corredeiras (VAN STEENIS, 1981). As reófitas são adaptadas a condições ambientais extremas e bastante variáveis. Nos períodos de cheia dos rios, resistem à submersão durante dias, semanas ou até meses, e nas longas estiagens, toleram a baixa disponibilidade hídrica (KLEIN, 1990). Por serem espécies altamente especializadas, comumente apresentam distribuição restrita (KLEIN, 1979), por isso, também são vulneráveis à perda de habitat (ZIMMERMANN, 2011).

Os aproveitamentos hidrelétricos se sobrepõem ao habitat desse grupo biológico, em função disso, as espécies reófitas vêm sofrendo uma enorme pressão antrópica nas últimas décadas (ROGALSKI; REIS, A., 2009). Algumas espécies do gênero *Dyckia*, pertencente à família Bromeliaceae, ocorrem como reófitas no sul do Brasil (KLEIN, 1990). *Dyckia distachya* Hassler extinta na natureza, *D. ibiramensis* Reitz que está criticamente em perigo e *D. brevifolia* que também se encontra criticamente em perigo de acordo com a Resolução CONSEMA nº 51/2014 (SANTA CATARINA, 2014). Essas três espécies foram e estão sendo afetadas pela construção de barragens (ROGALSKI; REIS, A., 2009).

Nesse sentido, o planejamento da conservação deve ser baseado no âmbito das bacias hidrográficas (MOULTON; SOUZA, 2006), especialmente quando se trata de espécies reófitas. As estratégias de conservação dessas espécies perpassam por estudos de diversidade e estrutura genética (QUIROGA; PREMOLI, 2010) correlacionados a estudos de dinâmica e estrutura demográfica (AGUILAR *et al.*, 2008). Os estudos demográficos podem indicar tendências de declínio ou aumento populacional (PERES *et al.*, 2003). Além disso, esses estudos são essenciais para quantificar e analisar sobrevivência, crescimento, reprodução, entre outros, responsáveis por atuar na estruturação das populações (GRIFFITH *et al.*, 2016).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a estrutura demográfica e a dinâmica populacional da bromélia endêmica *Dyckia ibiramensis* Reitz, localizada na área de influência do empreendimento hidrelétrico PCH Ibirama, com enfoque na conservação *in situ* da espécie.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a estrutura demográfica da espécie *Dyckia ibiramensis* nos pontos de ocorrência natural ao longo do Rio Itajaí do Norte.

- Avaliar a dinâmica populacional da espécie *Dyckia ibiramensis* nos pontos de ocorrência natural após a construção do empreendimento.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO E ESPÉCIE ALVO

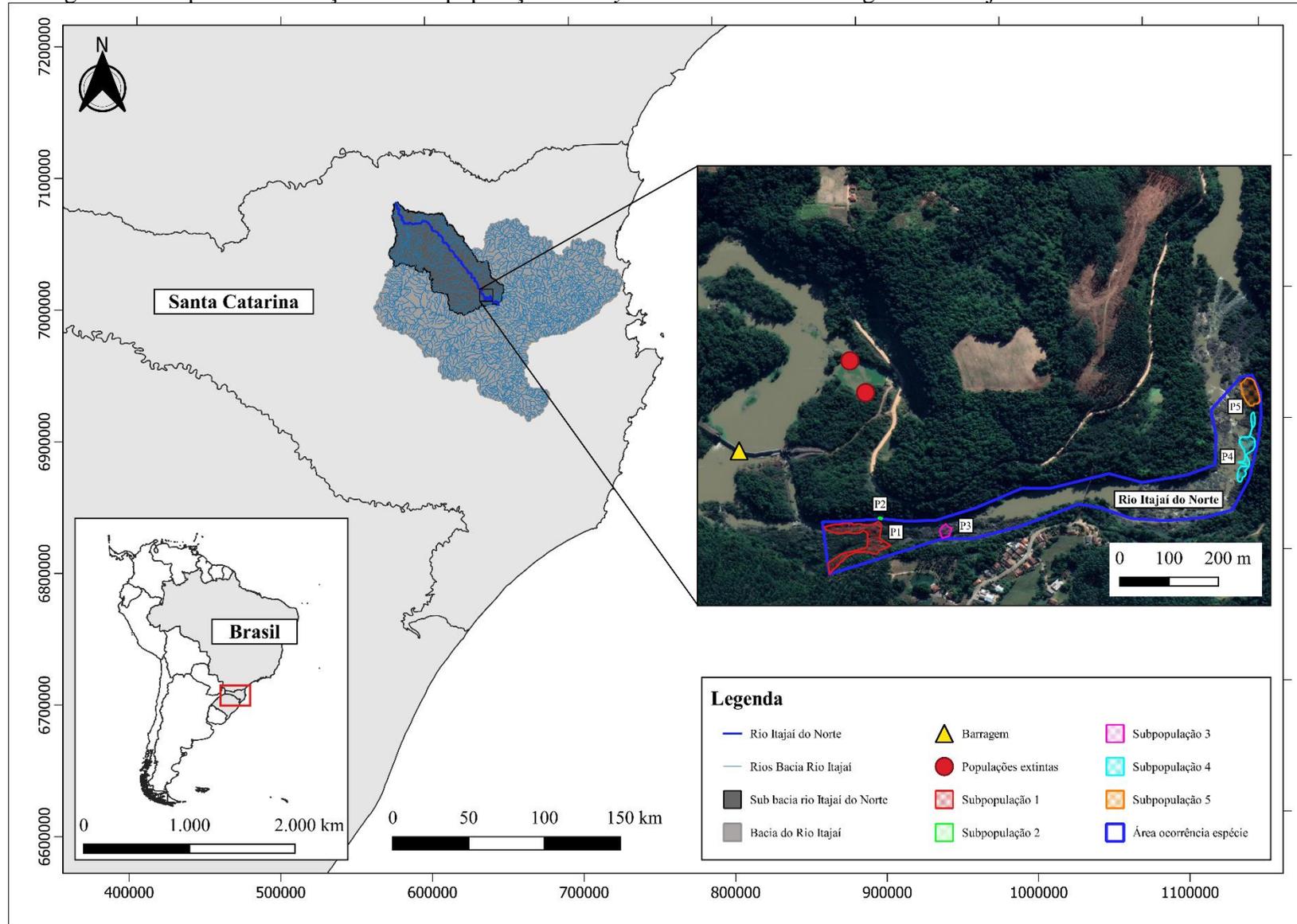
O estudo foi realizado ao longo das margens do Rio Itajaí do Norte (Rio Hercílio) no município de Ibirama, na mesorregião do Vale do Itajaí e na microrregião de Rio do Sul, Santa Catarina, dentro do domínio do Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2021). O clima da região, segundo Köppen (1948), é classificado como *Cfa*, subtropical constantemente úmido, sem estação seca e com verões quentes.

Figura 4 – Local de ocorrência da *Dyckia ibiramensis*. A: margens rochosas onde ocorre a espécie. B: Agrupamento de indivíduos de *D. ibiramensis* (classes 1 e 2).



Fonte: acervo próprio

Figura 5 – Mapa de localização das subpopulações de *Dyckia ibiramensis* ao longo do rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC



O município de Ibirama está situado na Região Hidrográfica 7, que compreende a bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu, com 14.866 km². Para a bacia as maiores vazões médias mensais são registradas na bacia entre setembro e outubro. O rio Itajaí do Norte apresenta um perfil longitudinal com declividades bastante acentuadas e inúmeros saltos e corredeiras (SANTA CATARINA, 2016). Na figura 5 estão representados os pontos de estudo.

A espécie estudada, *D. ibiramensis*, é uma herbácea florífera adaptada às variações extremas das enchentes e vazantes, ocorre, por vezes em pequenos agrupamentos, nas ilhotas ou margens rochosas do rio Itajaí do Norte (REITZ, 1983). A espécie foi classificada por Klein (1990), como rupícola, reófito e heliófito.

A bromélia *D. ibiramensis* é preferencialmente alógama, apresenta sistema de autoincompatibilidade e a razão pólen/óvulo encontrada enquadra a espécie como xenogâmica facultativa (HMELJEVSKI *et al.*, 2007). A planta possui inflorescências ramificadas e simples, com flores hermafroditas e sementes dispersas via anemocoria e hidrocoria (HMELJEVSKI, 2007). *D. ibiramensis* é iterópara, ou seja, a roseta não morre após um evento reprodutivo (HMELJEVSKI *et al.*, 2011).

4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A caracterização demográfica de *D. ibiramensis* foi realizada em abril de 2022 através do censo de todos os agrupamentos de indivíduos encontrados às margens do rio Itajaí do Norte. As rosetas foram contabilizadas e distinguidas em três classes de acordo com seu diâmetro aferido com trena: classe 1 (menor que 15 cm e plântulas), classe 2 (entre 15 e 30 cm) e classe 3 (maior que 30 cm). Também foi averiguada a presença ou vestígio de estrutura reprodutiva, a fim de quantificar as rosetas reprodutivas.

A área de ocupação da espécie foi determinada a partir dos limites extremos de sua ocorrência atual, considerando ambas as margens do rio Itajaí do Norte. Cada conjunto de rosetas presente em um determinado ponto foi considerado uma subpopulação da espécie, mesmo que a ocorrência dos indivíduos não fosse contínua. A área ocupada por cada subpopulação foi determinada a partir da localização dos indivíduos nos limites extremos dos agrupamentos, todos marcados através de pontos com GPS. A aferição da área ocupada por cada subpopulação foi feita através do software Google Earth Pro®. O mapa de localização das subpopulações foi elaborado no software livre QGIS 3.26.3.

A aderência dos dados, referente ao número de indivíduos de cada subpopulação, à distribuição normal foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, realizado no programa R-Studio®

4.2.1. A correlação entre o número de rosetas de cada subpopulação e respectiva área ocupada foi estimada pelo teste de correlação de Spearman executado no programa R-Studio®.

A dinâmica populacional foi estudada por meio da comparação com a estrutura demográfica da espécie avaliada no censo de 2022 e com o número total de indivíduos dos censos de 2008 (NPFT, 2008), 2015 (REIS; BOURSCHEID, 2015) e 2018 (REIS, 2019). Uma vez que os dados foram levantados a partir de censo, não foi aplicado nenhum método estatístico de comparação. A comparação entre os resultados de cada censo para fins de análise da dinâmica populacional, levou em consideração apenas o número total de indivíduos contabilizados por censo demográfico, em função das diferenças metodológicas. Na comparação entre os resultados dos censos realizados, deve-se considerar que em 2015 a subpopulação 5 (censo 2008) não foi contabilizada.

O censo de 2008 classificou as rosetas de acordo com as três classes descritas anteriormente. O censo de 2015 distinguiu as rosetas em: adultas, isoladas ou touceiras com sinais evidentes de estrutura reprodutiva; imatura, rosetas isoladas ou touceiras sem sinal de estrutura reprodutiva; plântula, indivíduos isolados com duas ou três folhas. O censo de 2018 utilizou a seguinte classificação: plântula, indivíduo que apresenta de 3 a 4 folhas de forma dística; jovem solitário, indivíduo em forma de roseta com 4 a 10 cm de diâmetro; jovem colonial, agrupamento de rosetas não reprodutivas; e adultos coloniais, agrupamento de rosetas reprodutivas.

Para calcular a taxa de crescimento (R_t) da população foi utilizada a equação abaixo:

$$N(t + 1) = (1 + R_t)N_t$$

Onde:

N_t = tamanho da população no tempo t

R_t = taxa de crescimento de uma população no tempo t

5 RESULTADOS

5.1 CENSO DEMOGRÁFICO 2022

De acordo com o censo realizado, os indivíduos de *D. ibiramensis* encontram-se distribuídos em cinco subpopulações ao longo de 1,1 km do Rio Itajaí do Norte no município de Ibirama/SC (figura 5). O número de indivíduos em cada subpopulação se mostrou bastante heterogêneo, variando de 29 (subpop. 2) a 2.091 (subpop. 5) (Tabela 1). As subpopulações 1 e 5, localizadas nos pontos extremos da área de ocorrência, somam 83,3% do total de 4.839

indivíduos da espécie, enquanto as subpopulações 2, 3 e 4 somam 16,7%. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, as subpopulações não seguem uma distribuição normal nas classes diamétricas.

Tabela 1 – Número de rosetas por classes de diâmetro e classes reprodutivas em cinco pontos de ocorrência natural de *Dyckia ibiramensis* Reitz. NR = Não Reprodutivo; R = reprodutivo.

Subpopulação	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Total	
	NR	R	NR	R	NR	R	NR + R	R
1	501	0 (0%)	580	16 (2,35%)	636	205 (30,15%)	1938	221 (32,50%)
2	4	0 (0%)	2	0 (0%)	16	7 (1,03%)	29	7 (1,03%)
3	241	0 (0%)	183	0 (0%)	66	10 (1,47%)	500	10 (1,47%)
4	75	0 (0%)	58	1 (0,15%)	93	54 (7,94%)	281	55 (8,09%)
5	673	0 (0%)	475	29 (4,26%)	556	358 (52,65%)	2091	387 (56,91%)
Total	1494	0	1298	46	1367	634	4839	680

Os indivíduos reprodutivos apresentam pelo menos 15cm de diâmetro e concentram-se entre as rosetas que apresentam maior diâmetro. Na classe 2, com diâmetro de roseta entre 15 e 30cm, foram observados 46 (6,76%) indivíduos reprodutivos e na classe 3, com diâmetro de roseta maior que 30cm, foram observados 634 (93,24%) indivíduos reprodutivos (Tabela 1). Foi contabilizado um total de 680 rosetas reprodutivas, o que representa 14,05% do total de indivíduos da população.

Todas as subpopulações apresentaram rosetas reprodutivas (Tabela 1). As subpopulações 1 e 5, além de concentrarem a maior parte dos indivíduos da população, também congregam a maioria (89,4%) das rosetas reprodutivas. Destaca-se que as subpopulações 2 e 3 apresentam a maior e a menor porcentagem de rosetas reprodutivas, respectivamente, em relação ao total de indivíduos de cada uma. Apenas 2% da subpopulação 3 é composta por rosetas reprodutivas, enquanto na subpopulação 2 este número chega a 24,14%.

Ao todo, as subpopulações de *D. ibiramensis* ocupam uma área de aproximadamente 8.478,8 m² com uma densidade de 0,57 rosetas/m² (Tabela 2). A área ocupada por cada subpopulação se mostrou bastante variável, assim como a densidade de indivíduos em cada subpopulação. A subpopulação 5 apresentou a maior densidade de indivíduos (1,28

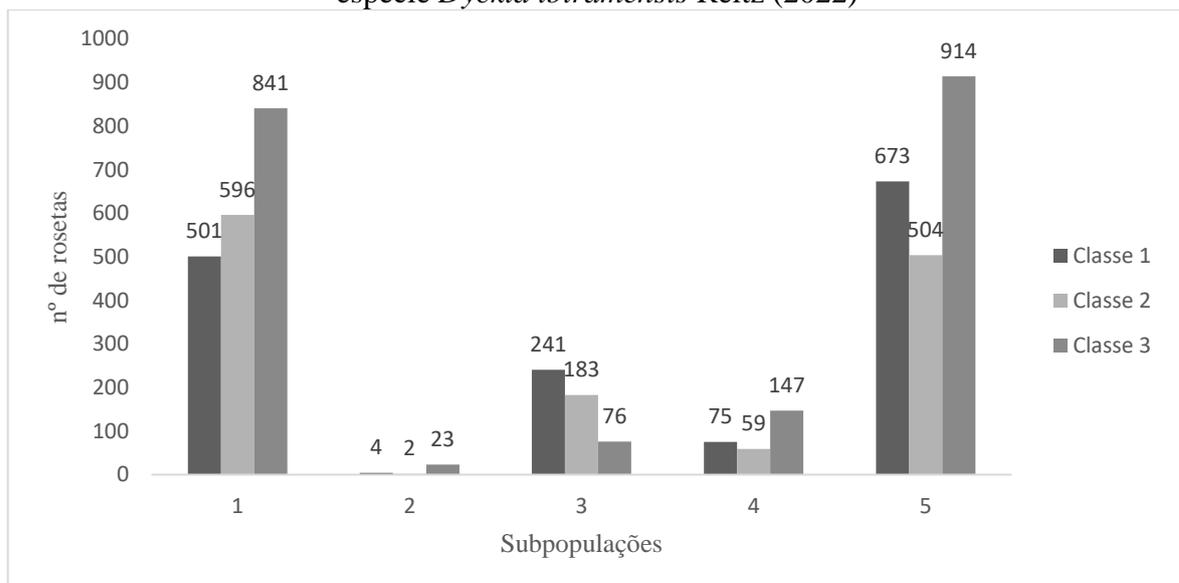
indivíduos/m²) e a subpopulação 4 a menor (0,16 indivíduos/m²). A correlação entre o número de indivíduos e a área ocupada foi positiva, porém não significativa ($r = 0,5$; $P > 0,05$).

Tabela 2 – Área ocupada em metros quadrados (m²) e densidade de indivíduos por metro quadrado (rosetas/m²) em cada subpopulação avaliada.

Subpopulação	Número total de rosetas	Área ocupada (m ²)	Densidade (rosetas/m ²)
1	1.938	4.547	0,43
2	29	26,8	1,08
3	500	484	1,03
4	281	1.785	0,16
5	2.091	1.636	1,28
Total	4.839	8.478,8	0,57

Do total de rosetas contabilizadas no censo, 2001 (41,35%) possuem diâmetro maior que 30 cm (classe 3), 1344 (27,77%) possuem diâmetro entre 15 e 30 cm (classe 2) e 1494 (30,87%) possuem diâmetro menor que 15 cm. Ou seja, existe uma maior concentração de indivíduos nas classes de diâmetro 1 e 3. Vale destacar que em alguns locais os agrupamentos de *D. ibiramensis* estavam sombreados pelas espécies reófitas, comumente chamadas de “sarandis” (*Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.), *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Mull. Arg.).

Gráfico 2 – Distribuição das rosetas em classes de diâmetro (cm) nas subpopulações da espécie *Dyckia ibiramensis* Reitz (2022)



5.2 CENSOS DEMOGRÁFICOS ANTERIORES

No censo demográfico realizado em 2008 a barragem do empreendimento PCH Ibirama ainda não havia sido construída. Foram encontrados 9 pontos de ocorrência natural da espécie *D. ibiramensis* ao longo das margens do rio Itajaí do Norte em Ibirama/SC. Apenas os pontos 4 e 7, que concentravam 90% do número total de rosetas da espécie, apresentavam os atributos necessários para favorecer a perpetuação da espécie em médio ou longo prazo. Destaca-se que o ponto 9 continha apenas uma roseta (NPFT, 2008).

No censo realizado em 2015 não foi encontrada nenhuma roseta nos pontos 1, 8 e 9. É importante salientar que esses pontos não estavam situados na área de inundação da barragem. Os pontos 2 e 3 foram inundados durante a construção da PCH Ibirama. Os pontos 4 e 7 ainda concentravam a maioria dos indivíduos da espécie, aproximadamente 90% (REIS; BOURSCHEID, 2015).

No censo de 2018, os pontos 1, 7 e 8, que correspondem aos pontos 4 e 7 do censo 2008, continuavam concentrando a maior parte dos indivíduos da espécie. Apenas a subpopulação 1 representava 57,53% do total de indivíduos de *D. ibiramensis* levantados no censo. Por isso, foi considerado nesse censo que as subpopulações 4 e 7 garantem a manutenção dos maiores fluxos gênicos dentro da espécie (REIS, 2019).

No período entre 2008 e 2015 observou-se um decréscimo populacional acelerado, com uma taxa de crescimento negativa (Tabela 3). Em 2015 o número total de indivíduos era menos que a metade do contingente populacional observado em 2008. No terceiro censo, realizado em 2018, foi verificado um aumento populacional pouco expressivo com uma pequena taxa de crescimento no período, mas que indicava uma tendência positiva de crescimento populacional. Já no último censo realizado, foi constatado um aumento importante no número de indivíduos, com uma taxa de crescimento expressiva no período.

Tabela 3 - Total de indivíduos da espécie *Dyckia ibiramensis* contabilizados nos censos realizados e a taxa de crescimento populacional em cada período

Ano do censo	Total de rosetas/censo	Taxa de crescimento (Rt)
2008	7366	-
2015	3073	-0,58
2018	3368	0,096
2022	4839	0,44

Figura 6 – Distribuição das subpopulações com ocorrência natural da espécie *Dyckia ibiramensis* ao longo do rio Itajaí do Norte. A- censo 2008; B – censo 2015; C – censo 2018.



Fonte: NPFT (2008)

6 DISCUSSÃO

A bromélia reófito *D. ibiramensis* é perene e iterópara, caracterizada pela propagação clonal, a qual, de acordo Rogalski *et al.* (2021), é extremamente importante para a manutenção da espécie em seu habitat. Apesar da grande quantidade de sementes com alta taxa de viabilidade produzida pela espécie, a probabilidade de uma semente oriunda de uma subpopulação a montante conseguir se fixar em um local adequado para seu desenvolvimento é muito baixa (HMELJEVSKI, 2007). Isso se reflete no pequeno número de plântulas e rosetas isoladas encontradas no estudo de Rogalski *et al.* (2021).

O baixo recrutamento de novos indivíduos via semente e a predominância da propagação clonal são comportamentos comuns dentre as bromeliáceas, considerados inclusive como estratégia evolutiva destas espécies (VILLEGAS, 2001; MONDRAGÓN *et al.*, 2004; SAMPAIO; PICÓ; SCARANO, 2005; FILIPPON, 2009). As bromélias reófitas que ocorrem em Santa Catarina, devido às condições impostas pelo seu habitat (REITZ, 1983), apresentam predominância da propagação clonal como observado para *D. ibiramensis* (HMELJEVSKI *et al.*, 2007), *D. brevifolia* (ROGALSKI & REIS, 2009) e *D. distachya* (ZIMMERMANN, 2011).

No censo realizado em 2022, assim como nos levantamentos anteriores, a espécie *D. ibiramensis* apresentou grande variação entre as subpopulações, tanto no número de indivíduos quanto na distribuição destes nas classes diamétricas. Isso ocorre, provavelmente, em função da forma de recrutamento de novos indivíduos, da área disponível para ocupação e do tempo de colonização de cada local (ROGALSKI *et al.*, 2021). Neste estudo, observou-se a campo que a ocorrência da bromélia endêmica está associada a locais que facilitam a fixação dos indivíduos e proporcionam condições adequadas à sobrevivência, com acúmulo de matéria orgânica e umidade.

A distribuição da espécie se caracteriza como agregada (REIS *et al.*, 2005). Mesmo nas subpopulações que apresentam menor densidade de indivíduos (Tabela 2), a ocupação do espaço sucede em pequenos agrupamentos, os quais, nestes casos, ficam mais afastados entre si. Já nas subpopulações com uma densidade maior de indivíduos, estes se aglomeram em apenas um ponto, situação evidenciada pela distribuição espacial das subpopulações 3 e 5 do censo 2022.

Em relação à estrutura demográfica da população de *D. ibiramensis*, o diâmetro das rosetas pode funcionar como um indicativo da idade das mesmas (ROGALSKI *et al.*, 2021). Nesse sentido, os resultados obtidos neste último censo podem indicar o envelhecimento da

população, uma vez que 41,35% dos indivíduos pertencem à classe 3. No entanto, deve-se considerar que os indivíduos provindos de propagação clonal apresentam crescimento mais acelerado que os indivíduos propagados via semente (MONDRAGÓN *et al.*, 2004). Também é possível que a incidência solar seja um fator que interfere no diâmetro da roseta, considerando a influência do sombreamento destas pelos sarandis (ROGALSKI *et al.*, 2021).

O diâmetro da roseta também está relacionado com o desenvolvimento de estruturas reprodutivas. Como observado neste levantamento, aproximadamente 93% das rosetas reprodutivas possui mais de 30 cm de diâmetro. A mesma relação foi percebida em outros estudos realizados com a espécie (HMELJEVSKI *et al.*, 2011; ROGALSKI *et al.*, 2021). Outras espécies do mesmo gênero também apresentaram aumento no número de indivíduos reprodutivos associado ao incremento em diâmetro (ROGALSKI *et al.*, 2009).

Dyckia ibiramensis é caracterizada por sua distribuição em pequenas subpopulações, cada uma com uma composição única (HMELJEVSKI *et al.*, 2011). No censo 2022, a espécie apresentou concentração de rosetas nas classes diamétricas 3 (41,35%) e 1 (30,87%). Entre as subpopulações a distribuição diamétrica dos indivíduos variou (Gráfico 2). A subpopulação 1 apresentou uma concentração indivíduos nas classes 3 (43,4%) e 2 (30,75%). Já na subpopulação 3 se observa uma concentração de indivíduos nas classes 1 (48,2%) e 2 (36,6%).

Destaca-se que a subpopulação 3 foi encontrada somente no censo de 2015 e representa um novo ponto de colonização (REIS, A.; BOURSCHEID, 2015). Esse fato, além de ser um indício da capacidade de regeneração da espécie, também demonstra que a estrutura demográfica de subpopulações mais jovens concentra rosetas na menor classe de diâmetro.

As subpopulações 1 e 5 deste levantamento, pontos 4 e 7 do censo 2008, continuam sendo as mais expressivas em número de indivíduos e de rosetas reprodutivas. No entanto, a distribuição dos indivíduos da subpopulação 1 nas classes diamétricas demonstra o baixo recrutamento de novos indivíduos. É possível que a dispersão majoritariamente unidirecional de sementes e propágulos vegetativos via hidrocoria seja uma explicação, uma vez que a subpopulação 1 está a montante de todas as outras.

A atual estrutura demográfica da espécie expressa a relação entre o sucesso da propagação via semente e via clonal. A concentração de indivíduos na maior classe de diâmetro é um indício de que a propagação clonal tem sido a principal forma de recrutamento. Além disso, a distribuição diamétrica da população no censo de 2022 contrasta com aquela observada em 2008, antes da construção da PCH Ibirama, na qual a classe 1 representava 42,3% dos indivíduos contabilizados no censo (NPFT, 2008). A partir disso é possível inferir que além do

recrutamento ter sido predominantemente via propagação clonal, a redução do número de rosetas foi mais acentuada para a menor classe de diâmetro.

De acordo com Mondragón *et al.* (2004), a respeito da mortalidade em bromeliáceas, foi analisado que os estádios iniciais de desenvolvimento dos indivíduos provenientes de propagação sexual eram os mais sensíveis. Assim como foi constatado para *D. brevifolia* (ROGALSKI, 2007), as sementes de *D. ibiramensis* necessitam alcançar locais favoráveis à sua germinação e desenvolvimento, fatores que representam os principais gargalos do ciclo de vida da espécie.

A propagação clonal em *D. ibiramensis* representa uma estratégia de perpetuação da espécie em um ambiente de condições rigorosas (CALLAGHAM, 1988). Nesse sentido, a alteração da estrutura demográfica da espécie após a perda e fragmentação de habitat causados pela construção da PCH Ibirama, evidencia o papel da propagação clonal na sobrevivência desta espécie, uma vez que o sucesso da propagação via semente exige um conjunto de circunstâncias específicas. Ainda assim, deve-se considerar que a propagação clonal apenas mantém a diversidade genética existente, e portanto, qualquer redução populacional poderia comprometer a manutenção da espécie na natureza de forma irreversível.

Após a construção da PCH Ibirama a população da espécie foi reduzida a menos da metade do total de indivíduos contabilizados no censo de 2008 (Tabela 3), de acordo com o censo realizado em 2015 (REIS, A.; BOURSCHEID, 2015). O projeto de 2009 previa a inundação de 2,6% do total de rosetas contabilizado no censo de 2008, porém a perda observada em 2015 foi significativamente maior. Essa brusca redução populacional invariavelmente gerou impactos na diversidade genética da espécie (HMELJEVSKI *et al.*, 2011; NPFT, 2019).

Cabe salientar que em 2014 aconteceram enchentes acima da média da região do rio Itajaí do Norte (REIS, A., 2019), evento que poderia ter provocado a perda de indivíduos. No entanto, como apontam Santos, Tornquist e Marimon (2014), as enchentes são recorrentes na bacia hidrográfica Rio Itajaí-Açu e fazem parte das condicionantes ambientais da região. Ademais, as bromélias reófitas estão adaptadas a condições de estresse causadas por enchentes, conforme analisado no estudo com *D. brevifolia* que verificou a tolerância das mudas propagadas via semente à submersão completa (COSTA *et al.*, 2022).

Houve um pequeno aumento no número de indivíduos entre 2015 e 2018 e um aumento expressivo entre 2018 e 2022, representando sinais de recuperação da população. A taxa de crescimento (R_t) indica uma tendência de crescimento populacional após 2015. Deve-se ponderar que o incremento do tamanho populacional pode atuar na proteção contra ameaças

estocásticas, porém, contribui pouco para a proteção contra ameaças determinísticas como a perda e fragmentação de habitats (HOLSINGER, 2000). Ainda segundo esse autor, para conservação é mais relevante acompanhar a tendência da taxa de crescimento da população a longo prazo para compreender sua resiliência a eventos estocásticos ou determinísticos.

Como apontado por Wiesbauer (2008), para *D. distachya*, ao mesmo tempo que a correnteza dificulta a germinação, a fixação de indivíduos propagados via semente e o estabelecimento de indivíduos jovens, a inundação periódica parece ser determinante para dispersão e recrutamento de sementes. As alterações provocadas pelas barragens na trajetória do leito do rio, bem como, no fluxo e conectividade hidrológicas (POFF *et al.*, 1997; PRINGLE, 2003) podem, então, impactar a dinâmica de perpetuação das bromélias reófitas na natureza.

As Bacias Hidrográficas representam os limites físicos dos ecossistemas terrestres, neles a água e os materiais deslocados via fluxo hidrológico determinam seus aspectos geomorfológicos e bioquímicos (MOULTON; SOUZA, 2006). Nesse sentido, considerar as Bacias Hidrográficas como unidades espaciais de ecossistema para os Estudos de Impacto Ambiental é essencial para o desenvolvimento de estratégias para a conservação *in situ* de espécies endêmicas raras e ameaçadas de extinção. Cabe salientar que de acordo com a EPE (2020), o potencial hidrelétrico inventariado no Plano Nacional de Energia 2050 é de 68 GW, sendo 16GW de projetos com capacidade instalada menor que 30 MW, enquadramento das PCHs.

Em março de 2022 foram autorizados pela ANEEL por meio da emissão de Despacho de Registro de Intenção à Outorga de Autorização (DRI – PCH), estudos mais aprofundados sobre a viabilidade de construção da PCH Foz do Prata no rio Itajaí do Norte com 9.590 kW de potência instalada (BRASIL, 2022). Se construída, esta PCH ficaria à montante da PCH Ibirama. Por este motivo, salienta-se por fim, que a conservação da espécie *D. ibiramensis* na natureza também perpassa pela conservação da própria dinâmica natural da Bacia Hidrográfica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caso da bromélia endêmica *D. ibiramensis* evidencia a pertinência da articulação entre pesquisadores e órgãos ambientais competentes para a conservação da biodiversidade e das espécies ameaçadas de extinção. O deslocamento do eixo da barragem da PCH Ibirama para um ponto à montante do rio foi bem-sucedido em preservar as subpopulações mais importantes

para a sobrevivência da espécie na natureza. Porém, a perda de mais da metade das rosetas após a construção da hidrelétrica impactou a diversidade genética da espécie.

A caracterização da estrutura demográfica possibilitou a compreensão da importância da propagação clonal para a manutenção da espécie na natureza, especialmente em situações de condição ambiental adversa. Destaca-se a necessidade de acompanhamento da estrutura demográfica, tendo em vista a concentração de indivíduos na maior classe de diâmetro. Esse resultado representa um possível aumento no número de indivíduos reprodutivos no curto prazo e consequente possibilidade de expansão no recrutamento via propagação sexuada, ou seja, um maior número de plântulas. Por outro lado, essa estrutura demográfica pode significar o envelhecimento da população, o que poderia gerar aumento das taxas de mortalidade e decréscimo populacional nos próximos anos.

A estrutura demográfica de *D. ibiramensis* variou bastante após a construção empreendimento PCH Ibirama. Somente no censo 2022, 12 anos após a construção da hidrelétrica, foi observado um crescimento populacional significativo, demonstrando o potencial de recuperação da espécie após eventos que alteram as condições ambientais. Nota-se que as barragens impactam os habitats ripários, haja vista que mesmo subpopulações fora da área de inundação da barragem foram extintas. Porém é difícil distinguir os efeitos de eventos estocásticos daqueles provocados pela hidrelétrica na dinâmica populacional da espécie.

O monitoramento a longo prazo da demografia, diversidade genética e fenologia é essencial para compreender a dinâmica natural desta espécie e como eventos climáticos e alterações antrópicas a impactam. A espécie *D. ibiramensis* é extremamente vulnerável, tem ocorrência restrita na natureza e apresenta uma pequena população de apenas 4839 indivíduos, dos quais apenas 680 (14,1%) são reprodutivos. Por esse motivo, o monitoramento constante desta espécie é fundamental para sua conservação *in situ*.

Sugere-se que futuros levantamentos demográficos de *D. ibiramensis* discriminem os indivíduos isolados dos entouceirados, para que seja possível analisar com mais detalhe o balanço entre propagação clonal e sexual. A investigação das taxas de mortalidade e recrutamento de novos indivíduos seria relevante para compreender a dinâmica populacional no médio-longo prazo. Além disso, propõe-se a utilização da metodologia de classificação das rosetas utilizada em 2008 para viabilizar o estudo mais completo da dinâmica populacional.

Por fim é imprescindível considerar que a conservação da biodiversidade no século XXI depende, primariamente, de uma articulação coesa entre os diferentes atores sociais. A governança em torno da pauta ambiental depende também do fortalecimento das Instituições e

Órgãos Ambientais governamentais. A conservação da *Dyckia ibiramensis* na natureza, e da biodiversidade, é um direito do povo brasileiro que deve ser garantido pelo Estado no cumprimento do Art.225 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**. 2022. Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração.
- AGUILAR, R. *et al.* Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: Susceptible signals in plant traits and methodological approaches. **Molecular Ecology**, 2008. v. 17, n. 24, p. 5177–5188.
- ARRUDA, G. Historia de ríos: ¿Historia ambiental? **Signos Históricos**, 2006. v. 16, p. 16–44.
- CASTILHO, D. PRIVATIZAÇÃO DA ELETROBRAS: crise planejada e a condição do atraso. **Revista da ANPEGE**, 2022. v. 18, n. 36, p. 500–528.
- ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, São Paulo, v. 103, p. 15-24, 2014.
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Decreto nº 2.335, de 06 de outubro de 1997**. Brasília. (a)
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Código de Águas**. Rio de Janeiro.
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, DF.
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Lei nº 8987, de 13 de fevereiro de 1995**. Brasília.(a)
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995**. Brasília.(b)
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Lei da Mata Atlântica**. Brasília, DF.
- BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 2.072, de 2003**. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a fim de dispor sobre a avaliação ambiental estratégica de políticas, planos e programas. Brasília, DF.
- BRASIL. Constituição (1988). Capítulo VI: do Meio Ambiente. **Art.225**. ed. Brasília, DF.
- BRASIL. **Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF.
- BRASIL. **Diário Oficial da União (Dou) nº 59, de 28 de março de 2022**. DESPACHO Nº 761, DE 24 DE MARÇO DE 2022. Brasília, DF: Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. Brasília, DF. (a)

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021. Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras) [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jul. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMAnº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasília, DF.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Brasília, DF. (b)

BRASIL. Resolução Conama nº 279, de 27 de junho de 2001. Brasília, DF.

BRENNAND ENERGIA (Santa Catarina). **PCH Ibirama**. 2022. Disponível em: <https://www.brennandenergia.com.br/usinas/pch-ibirama/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

CALLAGHAN, T.V. (1988) **Physiological and demographic implications of modular construction in cold environments**. Plant Population Ecology (eds A. D. Davy, M. J. Hutchings & A. R. Watkinson), p. 111-136. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

CASTILHO, Denis. **Privatização da Eletrobras: crise planejada e a condição do atraso**. Revista da ANPEGE, Goiânia, v. 36, n. 18, p. 501-528, 2022.

CORRÊA, M. L. Contribuição para uma história da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código de Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Política & Sociedade**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 255-291, abr. 2005.

COSTA, L. M. S. *et al.* Responses to submergence and recovery in seedlings of the rheophyte *Dyckia brevifolia* (Bromeliaceae). **Environmental and Experimental Botany**, 2022. v. 201, n. July.

DAMASCENO, I. A. **PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs): conceitos, normas e a PCH Malagone**. [S.l.]: Universidade Federal de Uberlândia, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16193/1/PequenasCentraisHidreletricas.pdf>>.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE). **Privatização da Eletrobras: risco para a soberania energética do país**. São Paulo: Dieese, 2021. 21 p. (258).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional**. Ministério de Minas e Energia, 2021. 264 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2020. 243 p.

FAHRIG, L. Ecological Responses to Habitat Fragmentation per Se. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 2017. v. 48, p. 1–23.

FILIPPON, S. **Aspectos da demografia, fenologia e uso tradicional do Caraguatá (*Bromelia antiacantha* Bertol.) no Planalto Norte Catarinense.** [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

GASTALDI, F. C. Gramsci e o negacionismo climático estadunidense: a construção do discurso hegemônico no Antropoceno. **Revista Neiba, Cadernos Argentina Brasil**, 2019. v. 7, n. 1, p. 1–19.

GOMES, J. P. P.; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, 2009. v. 43, n. 2, p. 295–321.

GRIFFITH, A. B. *et al.* Demography beyond the population. **Journal of Ecology**, 2016. v. 104, n. 2, p. 271–280.

HENLE, K. *et al.* Predictors of species sensitivity to fragmentation. **Biodiversity and Conservation**, 2004. v. 13, n. 1, p. 207–251.

HMELJEVSKI, K. V. **Caracterização reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma bromélia endêmica do Alto Vale do Itajaí, SC.** [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

HMELJEVSKI, Karina Vanessa *et al.* Resultados Preliminares da Biologia Reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz (Bromeliaceae): uma espécie rara e endêmica de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 267-269, jun. 2007.

HMELJEVSKI, K. V. *et al.* Genetic diversity, genetic drift and mixed mating system in small subpopulations of *Dyckia ibiramensis*, a rare endemic bromeliad from Southern Brazil. **Conservation Genetics**, 2011. v. 12, n. 3, p. 761–769.

HMELJEVSKI, K. V.; REIS, A. Conciliando crescimento energético com a conservação de espécies reófitas: estudo de caso da bromélia *Dyckia ibiramensis*. *In*: TRES, D. R.; REIS, A. (Org.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto.** 1º ed. Itajaí: Editora Herbário Barbosa Rodrigues, 2009, p. 345–353.

HOLSINGER, K. E. Demography and extinction in small populations. **Genetics, demography and viability of fragmented populations.** Cambridge: Cambridge University Press, 2000, p. 438.

HUGHES, F. M. R.; COLSTON, A.; MOUNTFORD, J. O. Restoring riparian ecosystems: The challenge of accommodating variability and designing restoration trajectories. **Ecology and Society**, 2005. v. 10, n. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão territorial brasileira.** Rio de Janeiro, 2021.

JANKE, A. **Sucesso reprodutivo, diversidade genética e fluxo de pólen de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) uma espécie altamente ameaçada de extinção.** [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

KALLIOLA, R. *et al.* New Site Formation and Colonizing Vegetation in Primary Succession on the Western Amazon Floodplains. **The Journal of Ecology**, 1991. v. 79, n. 4, p. 877.

KLEIN, R. M. **Reófitas no Estado de Santa Catarina, Brasil. Campo Grande: Sociedade Botânica do Brasil**, 1979. p. 159–169.

KLEIN, R. M. **Espécies raras ou ameaçadas de extinção: Estado de Santa Catarina**. Rio de Jane: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1990. V. 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica**, 1948. 478 p.

LEÃO, L. L. Considerações sobre impactos socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) – modelagem e análise. **Centro de Desenvolvimentos Sustentável , Universidade de Brasília**, 2008.

LEME, Alessandro Andre. O setor elétrico brasileiro entre as transformações contemporâneas: o caso da crise elétrica em 2001. **Crítica E Sociedade**, 2018. v. 8, n. 1, p. 4–34.

LEME, Alessandro André. Globalização e reformas liberalizantes: contradições na reestruturação do setor elétrico brasileiro nos anos 1990. **Revista de Sociologia e Política**, 2005. n. 25, p. 171–192.

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **A Eletrobras e a história do setor de energia elétrica no Brasil: ciclo de palestras**. Rio de Janeiro: Centro Da Memoria Da Eletricidade No Brasil, 1995.

MERRITT, D. M. & WOHL, E.E.2002. **Processes governing hydrochory along rivers: hydraulics, hydrology, and dispersal phenology**. *Ecological Application* 12:1071-1087.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA. **Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

MME, M. De M. E E.; CEPEL, C. De P. De E. E. **Manual de Inventario Hidroelétrico e Bacias Hidrográficas**. Rio de: [s.n.], 2007.

MONDRAGÓN, D. *et al.* Temporal variation in the demography of the clonal epiphyte *Tillandsia brachycaulos* (Bromeliaceae) in the Yucatán Peninsula, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, 2004. v. 20, n. 2, p. 189–200.

MOULTON, T. P.; SOUZA, M. L. De. **Conservação com Base em Bacias Hidrográficas. Biologia da Conservação, essências**. São Carlos, SP: RiMa, 2006, p. 588.

NILSSON, C.; SVEDMARK, M. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities. **Environmental Management**, 2002. v. 30, n. 4, p. 468–480.

Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT). **Caracterização da diversidade genética de *Colliguaja brasiliensis* na área de influência da CGH Karan**. Relatório técnico. Florianópolis. 2021.

Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT). **Caracterização da diversidade genética de *Colliguaja brasiliensis* na área de influência da PCH Prainha**. Relatório técnico. Florianópolis. 2021.

Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT). **Caracterização da diversidade genética em populações naturais de *Raulinoa echinata* Cowan**. Relatório técnico. Florianópolis. 2009.

Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT). **Monitoramento genético de *Dyckia ibiramensis* REITZ**. Relatório técnico. Florianópolis. 2019.

Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT). **Projeto de caracterização genética, *Dyckia ibiramensis* REITZ. Relatório Final**. Florianópolis: [s.n.], 2008.

PEREIRA, G. M. História Das Usinas Hidrelétricas. **Revista Brasileira De Geologia De Engenharia E Ambiental**, 2021. v. 11, n. 1, p. 117–127.

PERES, C. A. *et al.* Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. **Science**, 2003. v. 302, n. 5653, p. 2112–2114.

PINTO, Geraldo Estevo et al. **O Antropoceno e a mudança climática: a percepção e a consciência dos brasileiros segundo a pesquisa IBOPE**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 54, p. 1-25, jun. 2020.

POFF, N. L. R. *et al.* The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, 1997. v. 47, n. 11, p. 769–784.

PRINGLE, C. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? **Hydrological Processes**, 2003. v. 17, n. 13, p. 2685–2689.

QUIROGA, M. P.; PREMOLI, A. C. Genetic structure of *Podocarpus nubigena* (Podocarpaceae) provides evidence of Quaternary and ancient historical events. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 2010. v. 285, n. 3–4, p. 186–193. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.11.010>>.

REIS, A. ***Dyckia ibiramensis* Reits - Bromélia endêmica do rio Hercílio, Ibirama, SC: Terceiro censo e proposta de manejo para a espécie**. Florianópolis: [s.n.], 2019.

REIS, A.; BOURSCHEID, K. **CENSO DE DYCKIA IBIRAMENSIS NO TRECHO DE VAZAO REDUZIDA DA PCH IBIRAMA E MEDIDAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS PARA A CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE**. Antônio Carlos: [s.n.], 2015.

REIS, A.; ROGALSK, J.M.; BERKENBROCK, I.S.; VIEIRA, N.K. 2005. **Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil**. Fundação Biodiversitas - Relatório Final.

REITZ, R. **Bromeliáceas e a malária - Bromélia endêmica**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1983.

ROGALSKI, J. M. **Biologia da Conservação da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

ROGALSKI, J. M. *et al.* **Biologia reprodutiva da reófito dyckia brevifolia baker (Bromeliaceae), no Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil.** Revista Brasileira de Botânica, 2009. v. 32, n. 4, p. 691–702.

ROGALSKI, J. M. *et al.* **Demographic structure of clonal, endemic, and endangered rheophyte bromeliad *Dyckia ibiramensis*: asexual vs sexual reproduction.** Rodriguésia, 2021. v. 72. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-78602021000100302&tlng=en>.

ROGALSKI, J. M.; REIS, A. Conservação de reófitas: o caso da bromélia *Dyckia brevifolia* Backer, Rio Itajaí-açu, SC. **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2009, p. 373.

SAMPAIO, M. C.; PICÓ, F. X.; SCARANO, F. R. **Ramet demography of a nurse bromeliad in Brazilian restingas.** American Journal of Botany, 2005. v. 92, n. 4, p. 674–681.

SANTA CATARINA. DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS SDS. Hidrografia. In: ROCHA, Isa de Oliveira et al (org.). **Atlas geográfico de Santa Catarina: diversidade da natureza, fascículo 2.** 2. ed. Florianópolis: UDESC, 2016. Cap. 6. p. 114-140.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Política Estadual do Meio Ambiente.** Florianópolis, SC. (a)

SANTA CATARINA. Lei nº 14.652, de 13 de janeiro de 2009. Institui a avaliação integrada da bacia hidrográfica para fins de licenciamento ambiental e estabelece outras providências. Florianópolis, SC. (b)

SANTA CATARINA. Resolução Consema nº 51, de 05 de dezembro de 2014. Reconhece a Lista Oficial das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. Florianópolis, SC.

SANTA CATARINA. Resolução CONSEMA nº 98, de 5 de maio de 2017. Aprova, nos termos do inciso XIII, do art. 12, da Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências. Florianópolis, SC.

SANTOS, C. F. DOS; TORNQUIST, C. S.; MARIMON, M. P. C. Indústria das enchentes? Impasses e desafios dos desastres socioambientais no vale do Itajaí. **Geosul**, 2014. v. 29, n. 57, p. 197.

STEENIS, C. VAN. **Rheophytes of the World.** 1. ed. [S.l.]: Springer Dordrecht, 1981.

STEFFEN, W. et al. **“The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration”**, in The Anthropocene Review, 1-18, 2015.

VAINER, C. B. Recursos hidráulicos: Questões sociais e ambientais. **Estudos Avancados**, 2007. v. 21, n. 59, p. 119–137.

VILLEGAS, A. C. Spatial and Temporal Variability in Clonal Reproduction of *Aechmea magdalenae*, a Tropical Understory Herb. **Reproduction**, 2001. v. 33, n. 1, p. 48–59.

WERNER, D. Estado, Capitais privados e planejamento no setor elétrico brasileiro após as reformas setoriais das décadas de 1990 e 2000, em meio à crise fiscal e financeira do Estado na década anterior, que diene às leis de mercado ; na ênfase no papel re. **Planejamento E Políticas Públicas**, 2019. n. 52, p. 189–230.

WESTIN, F. F. **Análise do uso da avaliação de impacto ambiental estratégica e integrada no contexto da expansão da hidroeletricidade e da política nacional de recursos hídricos no Brasil: proposta para a efetividade**. [S.l.]: [s.n.], 2014. ISBN 9788578110796.

WIESBAUER, M. B. **Biologia reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para conservação e reintrodução de populações extintas na natureza**. [S.l.]: [s.n.], 2008.

ZIMMERMANN, T. G. **Conservação e Introdução da Bromélia *Dyckia distachya* Hassler, uma Reófito Ameaçada de Extinção**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.