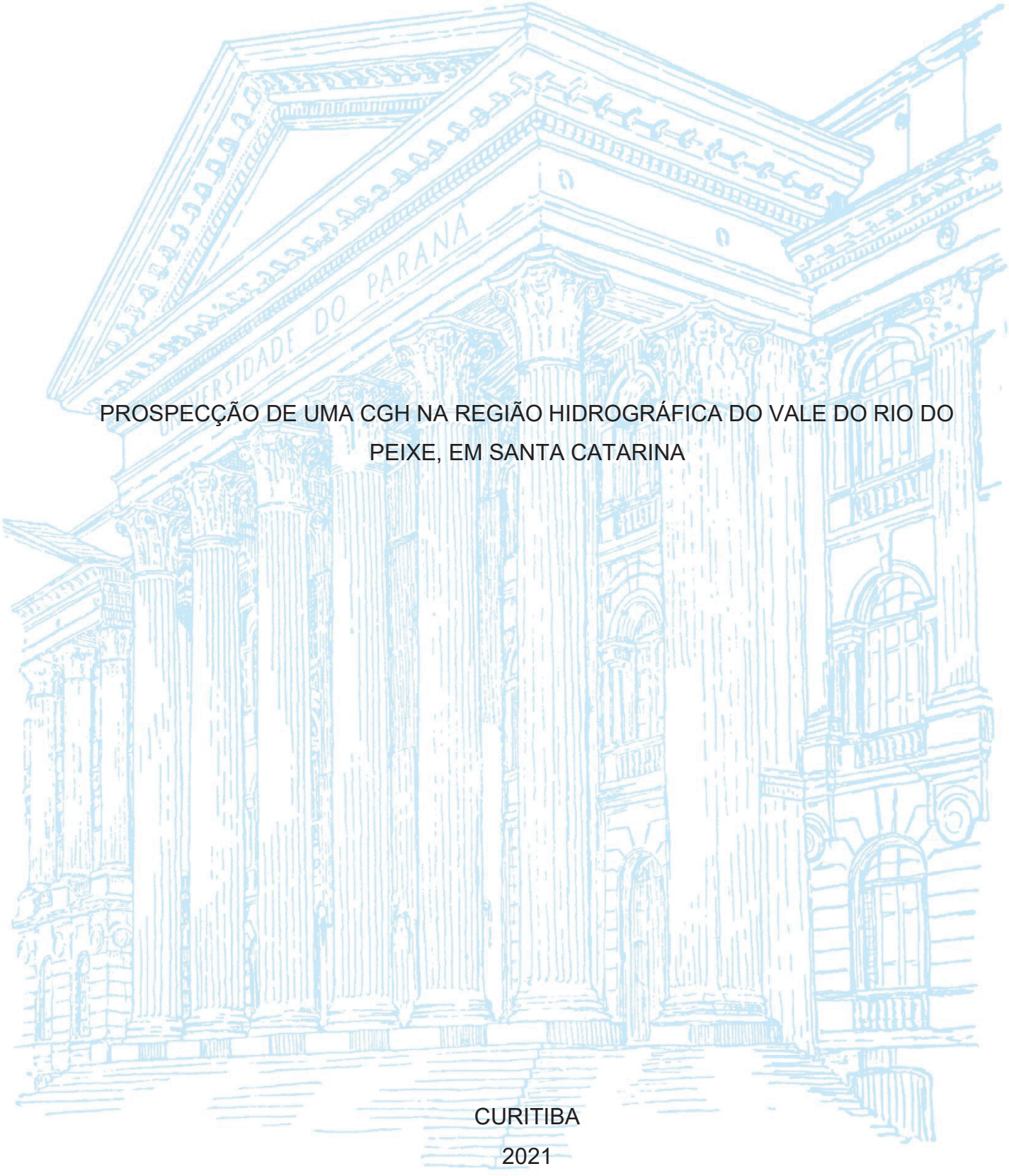
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA CRISTINA LEMFERS



PROSPECÇÃO DE UMA CGH NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO VALE DO RIO DO PEIXE, EM SANTA CATARINA

CURITIBA

2021

FERNANDA CRISTINA LEMFERS

PROSPECÇÃO DE UMA CGH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO VALE DO RIO DO PEIXE, EM SANTA CATARINA

Relatório Técnico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis.

Orientador: Prof. MSc. Julio Shigeaki Omori

CURITIBA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDA CRISTINA LEMFERS

PROSPECÇÃO DE UMA CGH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO VALE DO RIO DO PEIXE, EM SANTA CATARINA

Relatório Técnico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica de Energias Naturais Renováveis.

_____

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Orientador(a) – Departamento _____, INSTITUIÇÃO

_____

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

_____

Prof(a). Dr(a)./Msc. _____

Departamento _____, INSTITUIÇÃO

Curitiba, ___ de _____ de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio do professor orientador Júlio Shigeaki Omori pelo suporte e orientação no desenvolvimento deste estudo.

Agradeço ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, a todo o Corpo Docente, e à Universidade Federal do Paraná pelo suporte durante o curso e disseminação dos conhecimentos que oportunizaram esta monografia.

Agradeço aos colegas de pós-graduação que contribuíram em muitos momentos com a troca enriquecedora de experiências.

RESUMO

A matriz energética brasileira é predominantemente hidráulica. As grandes hidrelétricas, no entanto, encontram restrições para expansão devido aos impactos socioambientais severos. Como alternativa, usinas de pequeno porte como as CGHs encontram oportunidades para aliar a geração de energia com impacto ambiental reduzido. O objetivo principal deste trabalho foi a prospecção de CGHs na Região Hidrográfica 3 (RH3) de Santa Catarina. Para atingir o objetivo, procedeu-se com estudos preliminares de viabilidade ambiental; estimativa da queda bruta, determinação da vazão média de longo termo durante o período crítico e da vazão ecológica, para obtenção da disponibilidade hídrica; definição do arranjo geral preliminar; e estimativa da potência instalada. Foram utilizados dados secundários de bases oficiais como ANA, ANEEL e SDS/SC, aplicando técnicas de geoprocessamento para as etapas de viabilidade ambiental e determinação da queda bruta. A determinação de disponibilidade hídrica foi realizada com base em estudo hidrológico. O estudo não identificou impedimentos ambientais para empreendimentos hidrelétricos na RH3, sendo entretanto, pouco recomendável a instalação no rio do Peixe, devido ao alto número de projetos previstos. Foram identificados oito eixos potenciais, sendo três na bacia do rio Jacutinga, dois no rio Santo Antônio, dois no riacho Grande e um no rio do Engano. A queda bruta variou de 2,8 a 10,4 m e a vazão disponível de 5,25 a 24,04 m³/s. Para todos os casos foi selecionado arranjo por derivação, à exceção do eixo E-03, onde foi possível adotar casa de força ao pé de barragem. A potência instalada variou de 0,23 MW a 2,85 MW, razão pela qual recomendou-se o prosseguimento de estudos mais aprofundados somente para os eixos E-02 a E-06. Todos eixos apresentaram condições de entorno com intervenção antrópica, com predomínio de uso da APP para atividades agrícolas. A menor área alagada obtida foi para o eixo E-02 (2,5 ha) e a maior foi obtida para o eixo E-03 (7,0 ha) em virtude do tipo de arranjo. Em nenhum dos casos estudados são previstos impactos de área alagada sobre benfeitorias, podendo ser necessária desapropriação para implantação da faixa de APP.

Palavras-chave: CGHs. Prospecção. Projeto. Viabilidade técnica. Viabilidade ambiental.

ABSTRACT

Brazilian electrical system is predominantly composed by hidropower plants. Huge hydroelectrical power stations, despite, face expansion restrictions due to the severe environmental impact. Alternatively, small plants likely CGHs become an opportunity to combine energy generation with low associated environmental impacts. The central aim of this study was the prospection of an CGH in the Santa Catarina's 3rd hydrographic region. To reach the aim, preliminary environmental feasibility studies; potential hydraulic energy estimation; flow rate during the critical period determination; and residual flow rate; engineering design; and preliminar installed power. Secondary data of official basis as ANA, ANEEL, and SDS/SC were used, applying geoprocessing techniques for environmental feasibility and potencial hydraulic energy steps. Available water resources determination was based in hydrological study. The feasibility study didn't identify environmental restrictions related to hydroelectric enterprises in RH3, nonetheless, the installation in Peixe river is low recommended, due to the high number of projects in that river. Eight potential dams were identified, referred three in Jacutinga's river basin, two in Santo Antônio's river basin, two in Grande's stream basin, and one in Engano's river basin. Hydroeletric potential varied from 2,8 to 10,4 m and available water resources varied from 5,25 to 24,04 m³/s. In all the studied cases the branch design was selected, except dam E-03, were the power station could be located near to the dam. Installed potential varied from 0,23 MW to 2,85 MW, reason why posterior deeper studies are recommended only for dams E-02 to E-06. All dams showed environmental boundary conditions with anthropic modification, with predominantly use of protection areas for agricultural activities. The smaller flooded area was verified for dam E-02 (2,5 ha) and the biggest was verified for E-03 (7,0 ha) due to the engineering design selected. In neither studied cases impacts related to flooded areas over buildings are foreseen, but some expropriation may be necessary for implantation of the new protection area purposes.

Keywords: CGHs. Prospection. Project. Technical feasibility. Environmental feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de permanência de vazões.....27
Figura 2. Fluxograma da metodologia aplicada.....38
Figura 3. Região hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3) e suas principais bacias hidrográficas.....39
Figura 4. Cartograma de viabilidade e restrições ambientais na RH3.....45
Figura 5. Distribuição espacial dos eixos prospectados na RH3.....47
Figura 6. Arranjo geral proposto para o eixo E-01.....25
Figura 7. Arranjo geral proposto para o eixo E-02.....26
Figura 8. Arranjo geral proposto para o eixo E-03.....27
Figura 9. Arranjo geral proposto para o eixo E-04.....28
Figura 10. Arranjo geral proposto para o eixo E-05.....30
Figura 11. Arranjo geral proposto para o eixo E-06.....31
Figura 12. Arranjo geral proposto para o eixo E-07.....32
Figura 13. Arranjo geral proposto para o eixo E-08.....33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Vazão média do período crítico e áreas de drenagem das estações fluviométricas. 19
Gráfico 2. Função de regionalização para a bacia hidrográfica do rio do Peixe.....21
Gráfico 3. Função de regionalização para a bacia hidrográfica do rio Jacutinga e outros. 21
Gráfico 4. Função de regionalização de vazões mínimas na bacia hidrográfica do rio do Peixe. 22
Gráfico 5. Função de regionalização de vazões mínimas na bacia hidrográfica do rio Jacutinga. 22
Gráfico 6. Curva de permanência dos eixos prospectados na bacia do rio do Peixe. 23
Gráfico 7. Curva de permanência dos eixos prospectados na bacia do rio Jacutinga e outros. 24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Quantitativo dos resultados para cada fator de restrição na RH3, por bacia hidrográfica. 44
Quadro 2. Coeficiente de correlação para preenchimento de dados fluviométricos..16
Quadro 3. Número de dados preenchidos e critério de Langbein. 17
Quadro 4. Resumo das principais características ambientais dos aproveitamentos. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Camadas de informação utilizadas na análise preliminar de viabilidade ambiental 40
Tabela 2. Aproveitamentos do inventário aprovado pelo Despacho SCG ANEEL nº 1.699/2015. 46
Tabela 3. Localização dos eixos prospectados. 47
Tabela 4. Informações hidrológicas e altimétricas de cada eixo prospectado. 47
Tabela 5. Informações das estações fluviométricas identificadas na área de estudo. 16
Tabela 6. Análise de correlação para consistência das séries fluviométricas. 17
Tabela 7. Vazão média de longo termo e do período crítico em cada estação fluviométrica. 18
Tabela 8. Vazões mínimas de sete dias e dez anos de retorno para as estações fluviométricas (método empírico e probabilístico). 19
Tabela 9. Vazões regionalizadas e disponibilidade hídrica nos eixos. 23
Tabela 10. Estimativa da potência instalada por aproveitamento. 34

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AHE	- Aproveitamento Hidrelétrico
ANA	- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	- Área de Preservação Permanente
CGH	- Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida
DNPM	- Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
DRDH	- Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
EL.	- Elevação
EPAGRI	- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
EVTE	- Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
FUNAI	- Fundação Nacional do Índio
IMA	- Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
IPHAN	- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
INCRA	- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MDT	- Modelo Digital de Terreno
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
MME	- Ministério de Minas e Energia
N.A. máx.	- Nível d'água Máximo Normal de Operação
PB	- Projeto Básico
PCH	- Pequena Central Hidrelétrica
PDE	- Plano Decenal de Energia
REN	- Resolução Normativa
RH3	- Região Hidrográfica 03
RHN	- Rede Hidrometeorológica Nacional
SDS/SC	- Secretaria do Estado para o Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SIN	- Sistema Elétrico Nacional
SIPOT	- Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro
TR	- Tempo de Retorno

UC	- Unidade de Conservação
UHE	- Usina Hidrelétrica
UTM	- Projeção Universal Transversa de Mercator

LISTA DE SÍMBOLOS

© - Copyright

® - Marca registrada

Σ - Somatório de números

$Q_{7,10}$ - Vazão mínima de 7 dias consecutivos e 10 anos de retorno

Q_{MLT} - Vazão média de longo termo

Q_{50} - Vazão com permanência de 50% do tempo

Q_{95} - Vazão com permanência de 95% do tempo

Q_{disp} - Vazão disponível no aproveitamento

ρ - Densidade específica da água

g - Constante de aceleração gravitacional

η - Eficiência

S - Desvio padrão

ln - Logarítmo natural

e - Número de Euler

Γ - Função Gama

λ - Parâmetro da distribuição Weibull de probabilidades

f - Função matemática

§ - Parágrafo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 16
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 17
1.2.1 FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS DA ENERGIA HIDRELÉTRICA 17
1.2.2 Arranjos de Engenharia 18
1.2.2.1 Quanto à Capacidade de Regularização 18
1.2.2.2 Quanto ao sistema de adução 19
1.2.2.3 Definição de Potência Instalada e Energia Firme 19
1.2.3 ETAPAS DO ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE APROVEITAMENTOS 20
1.2.3.1 Estudos Planialtimétricos 20
1.2.3.2 Estudos Hidrológicos 21
1.2.3.3 Perdas de Carga no Circuito Hidráulico de Geração 28
1.2.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS 29
1.2.5 NORMATIVAS AMBIENTAIS 31
1.3 OBJETIVOS 34
1.3.1 Objetivo geral 34
1.3.2 Objetivos específicos 34
1.4 JUSTIFICATIVA 34
2 MATERIAL E MÉTODOS 37
2.1 ÁREA DE ESTUDO 38
2.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE VIABILIDADE AMBIENTAL 39
2.3 IDENTIFICAÇÃO DE EIXOS E AVALIAÇÃO DA QUEDA DISPONÍVEL 40
2.4 DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA 41
2.4.1 Vazão Média de Longo Termo e Curvas de Permanência 42
2.4.2 Vazão Mínima 42
2.5 PROPOSIÇÃO DE ARRANJO GERAL 42
2.6 ESTIMATIVA DA PERDA DE CARGA HIDRÁULICA E POTÊNCIA 43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 44
3.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VIABILIDADE AMBIENTAL 44
3.2 IDENTIFICAÇÃO DE EIXOS E AVALIAÇÃO DA QUEDA DISPONÍVEL 46
3.3 DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA 48
3.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS 48

3.3.2 Preenchimento dos Dados 16
3.3.3 Análise de Consistência 17
3.3.4 Vazões Médias 18
3.3.5 Vazões Mínimas 19
3.3.6 Regionalização de Vazões 20
3.4 PROPOSTA PRELIMINAR DE ARRANJO GERAL 24
3.5 ESTIMATIVA DA POTÊNCIA INSTALADA 34
4 CONCLUSÃO 35
REFERÊNCIAS 37
APÊNDICE 1 – CARTOGRAMAS TOPOGRÁFICOS DOS EIXOS PROSPECTADOS 40
APÊNDICE 2 – EXTENSÃO DAS SÉRIES DE DADOS NAS ESTAÇÕES 45
APÊNDICE 3 – ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA 60
APÊNDICE 4 – AJUSTE A DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE 65

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A energia hidráulica consiste em uma das fontes mais tradicionais, especialmente no contexto brasileiro, sendo responsável por 64,9% da oferta energética interna e destinada ao atendimento principalmente dos setores industrial e residencial (EPE, 2020, p.15-16).

O potencial hidrelétrico brasileiro é definido como o potencial total que pode ser explorável, com viabilidade técnica e econômica nas atuais condições tecnológicas, e que é estudado com precisão no âmbito do inventário hidrelétrico (EPE, 2020, p. 124). Segundo mapeamento do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT, o Brasil conta com uma potência total de 246 GW, em maior parte concentrado na região Norte do país. Deste potencial, 44% se encontravam em operação até 2018, e a maior parte do potencial disponível é detido na região Norte (ELETROBRAS, 2018).

O aproveitamento do potencial hidrelétrico remanescente na forma de grandes UHEs, e especialmente na região Norte do Brasil, encontra obstáculos devido ao elevado impacto socioambiental. As principais limitantes residem em possíveis interferências com territórios indígenas e Unidades de Conservação - UCs, além dos riscos à biodiversidade oriundos do alague e supressão de vegetação nativa de extensas áreas. Adicionalmente, são citados empecilhos como a transmissão a longas distâncias e o maior risco hidrológico associado ao cenário de mudanças climáticas (EPE, 2018). Por esta razão, esforços têm sido empreendidos em soluções alternativas de geração de energia com menor impacto ambiental e social, cenário no qual figuram as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs e Centrais Geradoras Hidrelétricas de Capacidade Instalada Reduzida – CGHs como opções para a exploração de potenciais hidráulicos com impacto diminuto.

Para além dos reduzidos impactos socioambientais das CGHs, a possibilidade de enquadramento no sistema de geração distribuída e compensação de energia elétrica, nos moldes da REN nº 482/2012 é fator positivo. Embora possuam pequenos reservatórios, as CGHs podem contribuir para suprir demandas de ponta próxima à carga e reduzir as perdas técnicas associadas à transmissão em longa distância. (SIMÕES & FARRET, 2006).

O estado de Santa Catarina possui um potencial hidrelétrico total de 7.400 MW e conta com 4.323 MW de capacidade instalada (ELETROBRAS, 2018; EPE, 2020). Embora boa parte já se encontre explorado na forma de UHEs, os aproveitamentos de menor porte, representados por PCHs e CGHs têm espaço para expansão em muitas bacias hidrográficas. Nesse contexto, o presente estudo foi dedicado à prospecção de uma CGH situada na Região Hidrográfica do Vale do rio do Peixe – RH3, no estado de Santa Catarina.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2.1 FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS DA ENERGIA HIDRELÉTRICA

O princípio de funcionamento hidrelétrico é baseado na conversão de energia potencial gravitacional em energia mecânica, e depois em energia elétrica, por meio de turbinas acopladas a um gerador. Este processo é sustentado por um arranjo de engenharia composto, geralmente, por barramento, adução, condutos forçados, casa de força e canal de fuga. A quantidade de energia hidráulica fornecida à turbina depende, em suma, do peso de água deslocado entre as seções de entrada e saída dos condutos forçados, obedecendo à Equação 1 (FLÓREZ, 2014).

Equação 1 - Energia hidráulica

$$E_H = H_{est} \rho g Q t$$

Onde E_H é a energia hidráulica; H_{est} é a altura estática da coluna d'água; ρ é a densidade da água; g é a constante de aceleração gravitacional; Q é a vazão aduzida e t é o tempo. A potência hidrelétrica, por sua vez, definida como a energia por unidade de tempo é obtida da Equação 2.

Equação 2 - Potência hidrelétrica

$$P_H = H_{liq} \rho g Q \eta$$

Onde P_H é a potência hidrelétrica em W; $H_{Líq}$ é a queda líquida ou altura líquida, dada como a altura estática deduzidas as perdas de carga ($H_{Líq} - \Delta h$) em m; Q é a vazão aduzida em m³/s; e η é a eficiência do conjunto turbina e gerador.

Da análise das equações 1 e 2 se depreende que a potência hidrelétrica depende basicamente das variáveis queda e vazão. Desta forma, quanto maiores estas variáveis independentes, maior será a potência. Em situações de baixa queda,

só é possível aumentar a potência quando da disponibilidade de vazões maiores, e vice-versa.

1.2.2 Arranjos de Engenharia

O arranjo geral de CGHs e PCHs é composto pelos mesmos elementos, e costuma incluir, em ordem sequencial, as estruturas de: barramento; canal ou túnel de adução; condutos forçados, casa de força, e canal de fuga. Em casos específicos pode, ainda, ser necessário prever chaminés de equilíbrio ou câmaras de carga. (FLÓREZ, 2014; ELETROBRAS, 1997).

Os arranjos podem ser classificados de acordo com o tipo de regularização e quanto ao sistema de adução.

1.2.2.1 Quanto à Capacidade de Regularização

De acordo com a disponibilidade de vazões no curso hídrico frente à demanda a ser suprida, pode ser necessário considerar estudos de regularização durante o projeto. A partir deste critério, podem ser assumidas duas configurações (ELETROBRAS, 1997):

a) Central Hidrelétrica a fio d'Água

Arranjo adotado quando a vazão mínima do curso d'água é suficiente para atender a demanda de projeto de uma localidade. Não existe necessidade de acumulação de água e a obra de barramento tem finalidade apenas de regulação de nível para derivação. O aproveitamento energético do local é parcial, e durante a maior parte do tempo a vazão excedente será vertida.

Este tipo de projeto conta com barragens e reservatório de pequenas dimensões, e o deplecionamento pode ser desprezado, características que podem tornar a execução do projeto mais simples e menos onerosa.

b) Central Hidrelétrica de Acumulação com Regularização Diária

Arranjo adotado quando a vazão mínima do curso d'água não atende à demanda de projeto, situação na qual o reservatório fornece o adicional para atendimento durante a estiagem. A regularização é calculada para intervalos diários.

1.2.2.2 Quanto ao sistema de adução

A adução pode ocorrer por canais ou condutos forçados, com as classificações a seguir (FLÓREZ, 2014; ELETROBRAS, 1997):

a) Adução em baixa pressão

O escoamento ocorre em regime livre, por gravidade, e pode ser em canais abertos ou túneis.

b) Adução em alta pressão

Este tipo de adução pode ser utilizada quando características topográficas ou geológicas inviabilizem ou tornem pouco estável a derivação por canal; ou ainda, em caso onde se torna mais econômico transpor obstáculos geográficos por meio de túnel de adução, do que contornar via canal de adução.

1.2.2.3 Definição de Potência Instalada e Energia Firme

A geração de energia por fonte hidráulica está sujeita a oscilações do regime hidrológico, aspecto que deve ser considerado quando do projeto, definição da garantia e da potência instalada. Para contornar as incertezas oriundas do risco hidrológico, é introduzido o conceito de energia firme.

A energia firme é calculada pela Equação 2 com base nas vazões mínimas registradas para o eixo de um aproveitamento, na Q_{95}, ou na vazão média ao longo do chamado “período crítico” do Sistema Interligado Nacional – SIN (ELETROBRAS, 2000). O conceito de energia firme a partir da Q_{95} implica em assumir um risco de 5% de falta, assegurando a geração durante 95% do tempo, e pode ser considerado conservador.

As Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas elaborado pela Eletrobras (2000) recomenda, por conseguinte, a definição da potência instalada pela Equação 3.

Equação 3. Equação da potência instalada

$$Pot = \frac{Ef}{Fc}$$

Onde *Ef* é a energia firme estimada e *Fc* é o fator de capacidade, que na fase de avaliação preliminar deve ser adotado como 0,55. Durante o desenvolvimento do Projeto Básico – PB, estudos energético-econômicos mais aprofundados permitem revisar a potência instalada preliminar para o ótimo. O aumento da potência tende a

aumentar o ganho energético, aumentando também os custos com equipamentos hidromecânicos e adução, de forma que deve ser limitado até o ponto em que o custo incremental não supere os benefícios energéticos (ELETROBRAS, 2000).

1.2.3 ETAPAS DO ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE APROVEITAMENTOS

O aproveitamento do potencial hidráulico inicia com a elaboração do Inventário Hidrelétrico, estudo dedicado à determinação do potencial hidroenergético de um rio ou bacia hidrográfica, gerando como principal produto a divisão de quedas. Após aprovação do inventário os interessados podem requerer o registro de intenção à outorga, para elaboração do PB, com nível de detalhamento superior ao do inventário. Aproveitamentos enquadrados como PCH ou UHE são sujeitos ao inventário, enquanto as CGHs estão dispensadas deste requisito. No entanto, o projeto de CGHs demanda levantamentos de campo similares para o seu dimensionamento (ANEEL, 2020; FLOREZ, 2014).

A concepção de um projeto hidrelétrico é realizada em etapas e contempla diversos estudos. Os estudos hidrológicos em paralelo com levantamentos topobatimétricos e planialtimétricos fornecem elementos para a quantificação da queda e vazão disponíveis, subsidiando o dimensionamento energético da usina. São necessárias, ainda, investigações geológico-geotécnicas para identificação de jazidas de materiais de construção, e o adequado planejamento das obras civis. O levantamento de variáveis ambientais deve ser incorporado ao projeto, antecipando eventuais restrições e auxiliando na seleção do aproveitamento ótimo, com o menor impacto socioambiental possível (FLÓREZ, 2014).

Previamente à elaboração do PB é necessário identificar, de forma expedita, locais propícios ao aproveitamento, etapa denominada prospecção. O objetivo da prospecção é o levantamento de eixos com potencial de aproveitamento de forma rápida e baixo custo. Os dados envolvidos nesta etapa devem ser de fácil aquisição e fornecer uma estimativa adequada das variáveis de projeto. É pertinente destacar que a realização de investigações de campo e estudos detalhados demanda tempo, recursos humanos e financeiros, sendo necessária a confirmação das características prospectadas (ELETROBRAS, 2000).

1.2.3.1 Estudos Planialtimétricos

A etapa inicial de projeto envolve o levantamento de dados disponíveis em órgãos de referência, que permitam reconhecer locais propícios, e que possam ser refinados com dados de campo. O conhecimento do terreno é determinante para definir a locação das estruturas e traçado do arranjo, além de identificar a queda bruta do projeto. Para atender a esse propósito, são realizados levantamentos de campo que produzem pontos cotados, curvas de nível e seções topobatimétricas (FLÓREZ, 2014; ELETROBRAS, 2000).

O levantamento de campo é indispensável nos estudos de inventário e projeto básico, mas para etapas anteriores como é o caso da prospecção, dificilmente haverá dados disponíveis no local de interesse. Para este caso Faria (2011) desenvolveu uma metodologia baseada em dados secundários, onde os Modelos Digitais de Terreno – MDTs extraídos de imagem de satélite podem ser utilizados na estimativa da queda bruta, quando os dados primários são inexistentes ou se tornam muito onerosos.

1.2.3.2 Estudos Hidrológicos

A hidrologia possui como principais aplicações energéticas a caracterização e quantificação do regime de vazões mínimas, médias e máximas no eixo do barramento, que interessam não somente à previsão de geração, mas também à definição da disponibilidade hídrica, do risco hidrológico e alguns fatores de segurança da obra.

Para realização do estudo hidrológico devem ser utilizados dados medidos por estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA e Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, sendo necessária a pré-seleção das estações mais adequadas aos propósitos do estudo. Os principais critérios a serem considerados são a extensão da série, sendo desejáveis estações com medições durante 30 anos ou mais e preferencialmente sem grandes períodos de falha contíguos; a representatividade da estação no contexto regional; e a qualidade dos dados medidos, devendo cada série ser submetida a uma análise de consistência (TUCCI, 2017).

a) Análise de Consistência

Embora as entidades que operam estações fluviométricas, em geral, publiquem dados consistidos, é recomendada a avaliação da consistência para identificação e eliminação de eventuais dados espúrios. Os erros de estimativa e medição são comuns na determinação de vazões e podem ocorrer por via sistemática, problemas nos equipamentos, ou incertezas nas equações de extrapolação, principalmente nos cálculos de extremos máximos e mínimos (TUCCI, 2017).

Existem alguns métodos para avaliação da consistência, podendo ser utilizado o coeficiente de escoamento como uma estimativa média da qualidade de dados, de modo que para estações situadas em região hidrológica homogênea este coeficiente deve manter comportamento homogêneo. A análise de volumes também pode ser utilizada, verificando se os postos de montante e jusante obedecem à lei de continuidade. Se o critério da continuidade não for satisfeito, salvo raras exceções onde existe base física que explique o padrão, é provável que uma ou mais estações possuam dados incorretos (TUCCI, 2017).

A vazão e a cota linimétrica são variáveis estatisticamente correlacionadas, uma vez que a vazão depende da cota (nível d'água) na seção transversal, de modo que a consistência dos dados para uma estação também pode ser verificada com base nesta correlação (TUCCI, 2017).

b) Preenchimento de Séries de Vazões

As séries de vazões obtidas das estações que compõem a RHN comumente apresentam períodos sem medições, devido a problemas técnicos, manutenção de equipamentos ou outros motivos. Em contrapartida, os estudos hidrológicos demandam séries confiáveis e com a maior extensão possível, pelo que se fazem necessárias técnicas de preenchimento (TUCCI, 2017).

A ausência de dados em determinado período de uma estação pode ser solucionada com a aplicação de modelos hidrológicos, balanço hídrico, por equações de regressão ou por correlação direta com a área da bacia, sendo os dois últimos os de mais fácil determinação. Cada método envolve alguma incerteza e deve ser bem avaliado para evitar tendenciosidade.

O método da correlação direta (Equação 4) pressupõe que bacias com caraterísticas similares apresentam escoamentos similares quando submetidas a precipitações homogêneas. Como este método é baseado na proporção entre a área de drenagem das bacias, não é recomendado seu uso em bacias com áreas muito divergentes, sob o risco de super ou subestimativas (ELETROBRÁS, 2000).

Equação 4. Correlação direta entre vazão e área da bacia.

$$\frac{Q_2}{A_2} = \frac{Q_1}{A_1}$$

Onde *Q* representa a vazão (m³/s); *A* representa a área de drenagem (km²); e os índices representam as estações com medição e a preencher.

O método da regressão linear consiste no estabelecimento de uma correlação entre duas estações fluviométricas situadas na mesma bacia hidrográfica ou região hidrologicamente homogênea. A qualidade da estimativa pode ser avaliada em termos dos coeficientes de correlação e determinação (R e R², respectivamente), e para assegurar que o preenchimento introduz informação útil na análise, é recomendável que o coeficiente de correlação se mantenha ≥ 0,72. (TUCCI, 2017).

No entanto, Tucci (2017) assinala que existe um ponto em que estender a série deixa de introduzir informação e pode introduzir apenas incertezas, pelo que se deve evitar preenchimento excessivo de dados. Este limite pode ser orientado pelo critério de Langbein (Equação 5).

Equação 5. Critério de Langbein para extensão de séries de vazões com melhora da significância.

$$Ne = \frac{N_1 + N_2}{1 + \frac{N_2}{N_1 - 2}(1 - R^2)}$$

Na Equação 5, *Ne* é o número efetivo de registros, N_1 é o número de observações, N_2 é o número de dados incluindo os preenchidos, R^2 é o coeficiente de determinação. Para obedecer ao critério de Langbein, *Ne* deve ser maior do que N_1.

c) Vazões Mínimas

Os períodos de estiagem são caracterizados por baixa precipitação, e consequentemente, baixa vazão, onde o escoamento superficial é alimentado pelo aquífero. O estudo de vazões mínimas interessa ao campo da geração de energia para fins de planejamento, previsão e projeto, determinando a chamada vazão sanitária (TUCCI, 2017). A vazão sanitária é a vazão mínima que deve ser mantida a jusante do barramento, em arranjos por derivação, onde é formado um Trecho de Vazão Reduzida – TVR, para manutenção das condições ecológicas. A vazão disponível no eixo do aproveitamento, portanto, deve deduzir a vazão sanitária para que se obtenha a vazão máxima turbinável. A caracterização da vazão mínima interessa também ao processo de outorga de uso da água, como será detalhado no item 1.2.5.

A vazão de estiagem é descrita em função da duração e da probabilidade ou Tempo de Retorno (tratado como o inverso da probabilidade). Em projetos hidrelétricos, adota-se a vazão mínima com duração de sete dias e tempo de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$) que representa a menor média móvel de 7 dias com probabilidade ser igualada ou reduzida, em média, a cada dez anos (TUCCI, 2017; ELETROBRAS, 1997).

Conforme exposto, a $Q_{7,10}$ está associada a um conceito probabilístico, e a cada vazão da série hidrológica pode ser atribuída uma probabilidade de ocorrência empírica, pelo método de Weibull (Equação 6).

Equação 6. Probabilidade empírica pelo método de Weibull.

$$P = \frac{1}{TR} = \frac{n}{m+1}$$

Onde *P* é a probabilidade empírica, no intervalo [0,1]; *TR* é o tempo de retorno correspondente; *n* é o número de dados da amostra; *m* é o fator de ordem atribuído a cada valor, ordenado de forma crescente. A curva empírica de probabilidades fornece uma ideia do comportamento das vazões, mas não permite estimativas para tempos de retorno maiores do que *n* amostral. A extrapolação requer o ajuste a uma distribuição teórica de probabilidades, sendo comum se ajustar bem aos modelos Weibull e Gumbel (TUCCI, 2017; COLLISCHON & DORNELLES, 2015). A função de Gumbel para mínimos é dada pela Equação 7.

Equação 7. Função densidade de probabilidade de Gumbel para mínimos.

$$P = 1 - e^{-e^{-b}}$$

Em que *P* é a probabilidade de ocorrerem vazões iguais ou menores do que um determinado valor; e *b* é um coeficiente que depende dos parâmetros da distribuição (média e desvio-padrão) dado pela Equação 8.

Equação 8. Determinação do coeficiente b da distribuição de Gumbel para mínimos.

$$b = \frac{1}{0{,}7797S}(Qi - Qm - 0{,}45S)$$

Onde *Qi* é a vazão de ordem *i*; Qm é a vazão média da série; e *S* é o desvio-padrão amostral.

Uma determinada vazão em função do seu tempo de retorno pode ser calculada pela Equação 9.

Equação 9. Cálculo da vazão Qi em função do seu tempo de retorno, pelo modelo de Gumbel para mínimos.

$$Q = Qm + S[0{,}45 + 0{,}7797 \ln(\ln(\frac{TR}{TR-1}))]$$

Onde *Q* é a vazão que se deseja determinar; *Qm* é a média; *S* é o desvio-padrão e *TR* é o tempo de retorno.

A distribuição de Gumbel é de determinação simples por envolver apenas dois parâmetros, no entanto, nos casos em que os dados não se ajustam bem, outras distribuições devem ser testadas. O modelo de Weibull é apresentado na Equação 10.

Equação 10. Distribuição de probabilidades de Weibull.

$$Q = Qm + KS$$

Onde *Q* é a vazão em função do *TR*; *Qm* é a média da série, *S* é o desvio padrão e *K* é um parâmetro que depende do *TR*, da assimetria e da função Gama (Equação 11).

Equação 11. Determinação do parâmetro K da distribuição Weibull.

$$K = A(\lambda) + B(\lambda)\left\{\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]^{\frac{1}{\lambda}} - 1\right\}$$

$$\lambda = \frac{1}{H0 + H1G + H2G^2 + H3G^3 + H4G^4}$$

G é a assimetria da série, e os parâmetros do denominador podem ser estimados por: H_0 = 0,2777757913; H_1 = 0,3132617714; H_2 = 0,0575670910; H_3 = -0,0013038566; e H_4 = -0,0081523408. As funções *A(λ)* e *B(λ)* dependem, também da função Gama (Equação 12 e Equação 13).

Equação 12. Função B do modelo de Weibull

$$B(\lambda) = \left[\Gamma\left(1+\frac{2}{\lambda}\right) - \Gamma^2\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

Equação 13. função A do modelo de Weibull

$$A(\lambda) = \left[1 - \Gamma\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)\right] * B(\lambda)$$

O modelo de Weibull, embora ofereça bons ajustes a séries de mínimos, possui parâmetros de difícil determinação, sendo a maior dificuldade concentrada no cálculo da função Gama. Este problema pode ser contornado com o uso de funções apropriadas em planilhas eletrônicas.

d) Vazões Médias

A vazão média de um rio fornece informações sobre o comportamento típico daquele curso d'água, podendo ser expressa para diferentes intervalos de tempo (média diária, média mensal, média semanal). Quanto menor o intervalo de tempo maior será a variabilidade nos valores, e quanto maior o intervalo, maior será também o nível de regularização. Deste modo, a vazão média de longo termo, que consiste na média diária ao longo de vários anos (Q_{MLT}) é indicadora da disponibilidade hídrica daquele trecho (TUCCI, 2017).

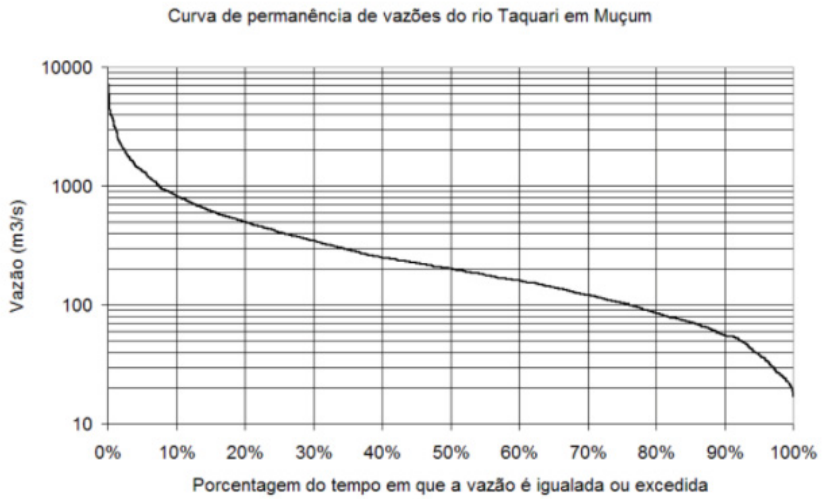
Na concepção de projetos hidrelétricos a vazão média adquire importância no dimensionamento energético para o período crítico do Sistema Elétrico Nacional, compreendido entre junho de 1949 a novembro de 1956, em que ocorreram as menores vazões históricas.

Em fase de prospecção, a vazão média de longo termo pode ser útil para estimativa da potência média (energia média) de um aproveitamento hidrelétrico, uma vez que a geração efetiva oscilará de acordo com as vazões afluentes, especialmente nos casos de empreendimentos que operam com baixa regularização (FARIAS, 2011).

e) Curvas de Permanência

Cada vazão afluente a um curso hídrico pode ser associada a uma probabilidade de ocorrência ou tempo de retorno. A curva de permanência estabelece a função entre uma vazão e seu nível de probabilidade, e pode ser construída empiricamente utilizando o critério de Weibull (Equação 6), plotando-se a vazão como variável dependente, e assume a forma ilustrada na Figura 1.

Figura 1. Curva de permanência de vazões.



FONTE: Collischon & Dornelles, 2015.

Vazões de referência como a Q_{50} e a Q_{95} para o estudo hidrológico podem ser extraídas a partir da curva de permanência, e a interpretação destes valores corresponde à vazão com probabilidade de ser igualada ou superada em determinado curso hídrico durante um período estabelecido de tempo (50% ou 95%, respectivamente) (COLLISCHON & DORNELLES, 2015).

f) Regionalização de Vazões

Os dados requeridos para o estudo hidrológico raramente se encontram disponíveis ao longo de todas seções de interesse, pelo que o emprego de técnicas de regionalização pode ser necessário. A regionalização consiste no estabelecimento de funções regionais entre séries hidrológicas de vários postos utilizando variáveis explicativas. Para cada parâmetro de interesse na regionalização, diferentes variáveis

podem ser utilizadas, sendo que a vazão média costuma apresentar forte correlação com a área de drenagem da estação (TUCCI, 2017).

O resultado do estudo de regionalização é uma função que pode ser linear ou não linear, na forma da Equação 14.

Equação 14. Função de regionalização da vazão média de longo termo em função da área de drenagem.

$$Q_{MLT} = f(Ad)$$

Em que Q_{MLT} é a vazão média de longo termo e *Ad* é a área de drenagem do aproveitamento. A aplicação desta equação permite estimar a vazão na seção de interesse a partir do comportamento regional. Manipulando algebricamente a Equação 14, é possível utilizá-la para gerar uma série de vazões no intervalo disponível (diário ou mensal, por exemplo) para o eixo em estudo (Equação 15).

Equação 15. Função de regionalização adaptada para transferência de toda a série de dados de uma estação de referência para o eixo de interesse.

$$Qm_{Eixo} = f(Ad)\left(\frac{Qm_{ER}}{Qmlt_{ER}}\right)$$

Onde Qm_{Eixo} é a vazão média no eixo em estudo; *Ad* é a área de drenagem ou outra variável de regionalização; Qm_{ER} é a vazão média na estação de referência e $Qmlt_{RE}$ é a vazão de longo termo da estação de referência. O estudo de regionalização é um artifício para a estimativa de vazões em locais sem dados, sendo pertinente ressaltar que não substitui dados medidos e, como qualquer estimativa, contém incertezas. A qualidade da regionalização deve ser assegurada pela seleção de estações representativas do local de interesse, que possuam dados consistidos e com extensão adequada (TUCCI, 2017).

1.2.3.3 Perdas de Carga no Circuito Hidráulico de Geração

Uma parcela da energia disponível será, invariavelmente, perdida ao longo do circuito de geração devido ao atrito ou na forma de perdas singulares. Estas perdas ocorrem nas grades da tomada d'água e de adução, nos condutos forçados, em bifurcações, juntas, curvas e demais elementos, e dependem de variáveis como extensão e geometria do circuito, e a rugosidade do material. Portanto, a queda líquida disponível para a usina difere da queda bruta por efeito da perda de carga (ELETROBRAS, 2000).

O tipo de adução selecionado interfere sobre a perda de carga. A adução por túnel, devido a maior superfície de contato, tende a intensificar as perdas por atrito em relação à adução por canais abertos. A perda de carga varia ainda linearmente com o comprimento da adução, independente da pressão, por efeito da perda unitária. Em condições ideais, o circuito deve promover o mínimo de perdas, evitando-se a adução em túnel, o que nem sempre é possível, e depende muito de fatores topográficos (ELETROBRAS, 2000).

A determinação precisa das perdas de carga só é possível durante a elaboração de Projeto Básico e estudos mais detalhados, sendo recomendada em fases anteriores a adoção dos fatores de perda de 1% para o circuito com adução em baixa pressão e de 2% até 5% para adução forçada (ELETROBRAS, 2000)

1.2.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS

Os potenciais hidráulicos e os recursos hídricos são constituídos como bens de domínio da União pelo Art. 20 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), e portanto, sujeito o aproveitamento de energia elétrica ao regime de concessão, permissão ou autorização, conforme os preceitos da Lei Federal nº 9.074/1995 (BRASIL, 1995).

A regulação das outorgas de potenciais hidráulicos é efetuada pela ANEEL, por meio da REN 875/2020, que enquadra os aproveitamentos hidráulicos nas categorias de UHE, PCH e CGH, de acordo com requisitos de potência instalada e área de reservatório. Desta forma, UHEs são empreendimentos com potência instalada de 5 MW a 50 MW, sem características de PCH ou com potência instalada superior a 50 MW; as PCHs são usinas com potência instalada entre 5 MW e 30 MW e com área de reservatório inferior a 13 km², excluindo-se a calha do leito regular do rio; e as CGHs, por sua vez, são empreendimentos com potência instalada de até 5MW (ANEEL, 2020).

Usinas enquadradas como UHEs acima de 50 MW são sujeitas ao regime de concessão, e as UHEs abaixo de 50 MW bem como PCHs são sujeitas à outorga de autorização. O rito de obtenção da outorga é precedido da aprovação do inventário hidrelétrico pela ANEEL, estudo que identifica os aproveitamentos ótimos na bacia hidrográfica, com potência superior a 5 MW e que apresente a melhor relação entre custo e produção de energia, com observância dos aspectos socioambientais. Os estudos de inventário hidrelétrico têm como produto a partição de quedas do rio, que

deve ser respeitada quando da elaboração de Projeto Básico – PB ou Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica – EVTE (ANEEL, 2020).

Nos moldes da REN 875/2020, existindo inventário aprovado, o interessado na obtenção da outorga de autorização deve requerer o registro de intenção à outorga, e elaborar o PB, submetendo à ANEEL o sumário executivo. Após a aprovação do sumário e emissão do respectivo despacho de adequabilidade, o interessado pode requerer junto aos órgãos competentes a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH e o licenciamento ambiental pertinente, podendo por fim, requerer a outorga. Aproveitamentos sujeitos à concessão devem submeter e aprovar EVTE perante à ANEEL, e participar de processo licitatório (ANEEL, 2020).

As CGHs, diferentemente, independem de concessão ou autorização, devendo ser comunicadas ao poder concedente, conforme versa o Art. 8 da Lei Federal 9.074/1995. O dispositivo traz restrições quanto a implantação de CGHs através do § 1º do Art. 8, e explicita a obrigatoriedade de observância da partição de quedas, quando da implantação de CGH em trecho de rio inventariado:

> § 1º Não poderão ser implantados aproveitamentos hidráulicos descritos no **caput** que estejam localizados em trechos de rios em que outro interessado detenha Registro Ativo para desenvolvimento de Projeto Básico ou Estudo de Viabilidade no âmbito da Aneel, ou ainda em que já haja aproveitamento outorgado.
> § 2o No caso de empreendimento hidroelétrico igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) construído em rio sem inventário aprovado pela Aneel, na eventualidade de o empreendimento ser afetado por aproveitamento ótimo do curso de água, não caberá qualquer ônus ao poder concedente ou à Aneel.
> § 3o Os empreendimentos hidroelétricos de potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) deverão respeitar a partição de quedas aprovada no inventário do respectivo rio. (BRASIL, 1995, não p).

Conforme destaca o § 2º as CGHs são tratadas como bens particulares, e quando implantadas em trecho de rio não inventariado, podem ser afetadas por aproveitamento ótimo que venha a ser identificado, sem qualquer ônus ao poder concedente ou à ANEEL.

Quanto à distribuição da energia gerada, as CGHs são aptas a enquadramento no sistema de compensação de energia elétrica, introduzida pela REN nº 482/2012, que estabelece “as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências” (ANEEL, 2012).

Nos moldes da REN, são elegíveis empreendimentos com potência instalada menor ou igual a 75 kW, enquadrados como microgeração; e empreendimentos com potência instalada superior a 75 kW e inferior a 5 MW, que utilizem cogeração qualificada, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectadas à rede de distribuição (ANEEL, 2012).

O sistema de compensação permite aos consumidores qualificados como micro ou minigeradores; integrantes de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras; ou que atuem em regime de geração compartilhada ou de autoconsumo remoto, produzir para consumo próprio e injetar o excesso de energia na rede, utilizando a energia do SIN quando a sua produção não atender a própria demanda. Neste modelo, a energia excedente injetada na rede é contabilizada como empréstimo à distribuidora gerando créditos, que podem ser restituídos ao consumidor no prazo de 60 meses. O consumidor produtor de energia paga pelo custo de disponibilidade do sistema ou da demanda contratada, e recebe os créditos de energia gerada como desconto na fatura de energia elétrica (ANEEL, 2012).

A inovação do sistema de compensação de energia introduzido pela REN 482/2012 agrega benefícios ao SIN por postergar investimentos em linhas de transmissão e contribuir com a redução das perdas técnicas oriundas da transmissão em longas distâncias, além de incentivar fontes renováveis de energia.

1.2.5 NORMATIVAS AMBIENTAIS

A atividade de geração de energia hidrelétrica interage com os compartimentos ambientais podendo gerar diferentes impactos negativos e é enquadrada como licenciável pela Resolução CONSEMA nº 98/2017 (SANTA CATARINA, 2017). O nível e a escala de impacto, entretanto, são proporcionais ao porte do empreendimento.

O aproveitamento de potenciais hidrelétricos requer obras civis que interferem sobre o regime fluvial, e frequentemente demandam a supressão de vegetação nativa, dado que este tipo de empreendimento se concentra fora das áreas urbanas, além de intervir em Áreas de Preservação Permanente – APPs.

Os remanescentes florestais do Bioma Mata Atlântica, que abrange o estado de Santa Catarina são protegidos pela Lei Federal nº 11.428, que estabelece uma série de restrições quanto à supressão vegetal sobre essas áreas. O Art. 11 do diploma legal dispõe:

> Art. 11. O corte e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração do Bioma Mata Atlântica ficam vedados quando:
> I - a vegetação:
> a) abrigar espécies da flora e da fauna silvestres ameaçadas de extinção, em território nacional ou em âmbito estadual, assim declaradas pela União ou pelos Estados, e a intervenção ou o parcelamento puserem em risco a sobrevivência dessas espécies;
> b) exercer a função de proteção de mananciais ou de prevenção e controle de erosão;
> c) formar corredores entre remanescentes de vegetação primária ou secundária em estágio avançado de regeneração;
> d) proteger o entorno das unidades de conservação; ou
> e) possuir excepcional valor paisagístico, reconhecido pelos órgãos executivos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA; (BRASIL, 2006).

A despeito da relevância ecológica do Bioma Mata Atlântica, bem como das APPs, há casos específicos em que se faz necessária a supressão de vegetação. A este respeito, a Lei Federal nº 11.428 ressalva, por meio do Art. 14, a possibilidade de autorização de corte de vegetação nativa em estágio avançado de regeneração nos casos como de utilidade pública (caso da geração de energia) e interesse social, condicionada à compensação ambiental de área equivalente. E estabelece, no Art. 12, que novos empreendimentos que demandem a intervenção sobre a vegetação nativa sejam implantados, preferencialmente, sobre áreas degradadas, fazendo referência ao estudo de alternativas técnicas e locacionais do empreendimento (BRASIL, 2006).

As APPs são instituídas pela Lei Federal nº 12.651/2012, e abrangem, entre outras, as faixas marginais de cursos d'água, sejam perenes ou intermitentes, a partir da borda da calha do leito regular do rio, em largura variável, de no mínimo 30 metros (para rios com largura de até 10 metros) até 500 metros (para rios com largura superior a 600 metros. De forma análoga à supressão de vegetação nativa, o uso de APP só é permitido em caso de utilidade pública e interesse social, nos termos do Art. 8 (BRASIL, 2012).

Não obstante a importância ecológica dessas áreas protegidas, é permitida a intervenção sobre APPs em casos excepcionais, conforme disciplinado pela Resolução CONAMA nº 369/2006. Referido diploma estabelece como autorizável o uso de APPs para atividades de utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental, e ainda, onde seja comprovada inexistência de alternativa tecnológica e locacional. Respectiva autorização será delegada por órgão ambiental competente,

no âmbito de processo administrativo próprio, e condicionada às medidas de compensação cabíveis (CONAMA, 2006).

Em Santa Catarina, o Instituto do Meio Ambiente – IMA publicou a Portaria IMA nº 43/2021 que estabelece as condições de compensação pelo uso e intervenção em APPs. A compensação ocorre de forma pecuniária ou pela recomposição de faixa de APP na proporção de 1:2 até 1:4 vezes a área de intervenção, de acordo com o nível de impacto que varia em função da conectividade de corredores ecológicos, supressão de espécies ameaçadas, largura do curso d'água e estágio sucessional vegetacional (IMA, 2021). Esta normativa é relevante também sob o ponto de vista do desempenho ambiental e de custos dos empreendimentos, sendo desejável o menor nível possível de intervenção.

Uma vez que a exploração de potencial hidráulico forma, via de regra, reservatórios artificiais, o que implica em diversas modificações na dinâmica ambiental, os reservatórios também são protegidos pela Lei Federal 12.651/2012. Desta forma, as áreas no entorno dos reservatórios artificiais com fins de geração de energia devem ser consideradas de preservação permanente, em faixa mínima de 30 metros e máxima de 100 metros em áreas rurais, e mínima de 15 metros e máxima de 30 metros em área urbana, sendo obrigatória a aquisição, desapropriação ou servidão destas áreas (BRASIL, 2012).

No que tange à manutenção dos usos múltiplos da água, a Lei Estadual nº 14.675, que trata da Política Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina, define a vazão ecológica como o "regime de vazões necessário para manter as funções mínimas do ecossistema" (SANTA CATARINA, 2009). Esta vazão, somada à vazão necessária para usos consuntivos, deve ser vertida durante todo o tempo, garantindo a manutenção dos ecossistemas à jusante do barramento, especialmente em arranjos por derivação que formam os TVRs. A lei dispõe que a competência para a definição da vazão ecológica é do órgão ambiental licenciador, sendo adotada em Santa Catarina nos processos de licenciamento ambiental a vazão $Q_{7,10}$, sem prejuízos à obtenção da outorga para uso da água, a ser concedida pelo órgão de recursos hídricos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Identificar um eixo com potencial hidrelétrico para aproveitamento na forma de uma CGH na RH3 de Santa Catarina.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mapear as restrições ambientais na área de estudo;
- Identificar eixos potenciais com características topográficas propícias;
- Determinar a disponibilidade hídrica no eixo;
- Propor arranjo geral preliminar;
- Estimar as perdas de carga;
- Estimar a potência hidrelétrica disponível.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo as projeções da EPE no PDE 2030, o consumo *per-capta* de energia deve crescer 1,5% a.a., atingindo $328{,}0 \times 10^6$ tep em 2030. Para atender essa demanda, a eletricidade deverá ser a principal componente, seguindo o incremento médio anual de 3,1%, e apoiada tanto pelo consumo na rede quanto pela autoprodução (MME, 2021).

Seguindo a tendência de transição energética, e com foco no atendimento seguro, econômico e ambientalmente viável do crescimento de carga, o amplo potencial renovável brasileiro deve ser explorado. Neste contexto, estão previstos incrementos na participação das fontes eólica e solar fotovoltaica, o que em contrapartida, traz desafios relacionados à intermitência e demanda expansão complementar de potência. Com vistas à garantia de suprimento, esta expansão poderá ser provida pelas usinas hidrelétricas de pequeno porte (PCHs e CGHs), favorecido pela sua sinergia com outras renováveis, além da flexibilidade operativa, o que incorpora benefícios consideráveis à matriz elétrica (MME, 2021).

A energia hidráulica consiste em uma das fontes mais tradicionais, especialmente no contexto brasileiro, sendo responsável por 64,9% da oferta energética interna, tendo contribuído, em 2019, com 4,919 MW na expansão da

capacidade instalada. A energia gerada de fonte hidráulica atende principalmente aos setores industrial e residencial (EPE, 2020, p.15-16).

O potencial hidrelétrico brasileiro é definido como o potencial total que pode ser explorável, com viabilidade técnica e econômica nas atuais condições tecnológicas, e que é estudado com precisão no âmbito do inventário hidrelétrico (EPE, 2020, p. 124). Segundo mapeamento do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT, o Brasil conta com uma potência total de 246 GW, em maior parte concentrado na região Norte do país (99 GW), seguido pelo Sudeste (44 GW), Sul (42 GW), Centro-Oeste (40 GW) e Nordeste (22 GW). Deste potencial 44% se encontram aproveitados na forma de empreendimentos em operação até 2018 (ELETROBRAS, 2018).

Os principais rios brasileiros se encontram inventariados, à exceção daqueles como os rios Negro e Trombetas, devido à elevada vulnerabilidade socioambiental, e é conhecido que a maior parte do potencial hidrelétrico inexplorado se detém na região Amazônica, notadamente nas bacias hidrográficas Tocantins, Araguaia, e Tapajós (EPE, 2018).

Entretanto, a exploração do potencial hidrelétrico remanescente se encontra bastante dificultada em face das restrições de ordem socioambiental e econômica. Os estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018, p. 7) apontam que cerca de 70% das UHEs interferem sobre territórios legalmente protegidos, como áreas indígenas, quilombolas ou unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável. Dos 23% restantes que não apresentam óbices nesse sentido, são somados 12 GW de capacidade instalada e cerca de 90% é representado por empreendimentos de médio porte.

Uma alternativa para o aproveitamento de potenciais hidráulicos com impactos ambientais reduzidos reside nos projetos de PCHs e CGHs, definidos pela ANEEL na REN 875/2020 como empreendimentos de potência instalada superior a 5,0 MW e inferior a 30,0 MW, limitada a área alagada de até 13 km², no primeiro caso; e potência instalada igual ou inferior a 5,0 MW no segundo caso. As CGHs não estão sujeitas aos regimes de autorização ou concessão, devendo, todavia, ser comunicadas à Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL após a instalação.

A vida útil deste tipo de usina, condicionada à manutenção regular, pode se estender até 100 anos, e a tecnologia nacional empregada na cadeia produtiva contribui para a geração de receita e arrecadação municipal. Ainda, municípios que

recebem estes empreendimentos tendem a apresentar evolução nos indicadores socioeconômicos. Outro benefício considerável consiste na possibilidade de geração distribuída, introduzida pela REN 482/2012. Este modelo colabora para o atendimento da demanda próxima aos centros de carga, reduz as perdas técnicas e posterga investimentos sobre linhas de transmissão, fazendo um melhor uso do SIN (GONÇALVES, 2020; BERMANN, 2007; SIMÕES & FARRET, 2006). Devido as características de potência e dimensões reduzidas deste tipo de aproveitamento, os impactos socioambientais associados são substancialmente menores quando comparados às UHEs.

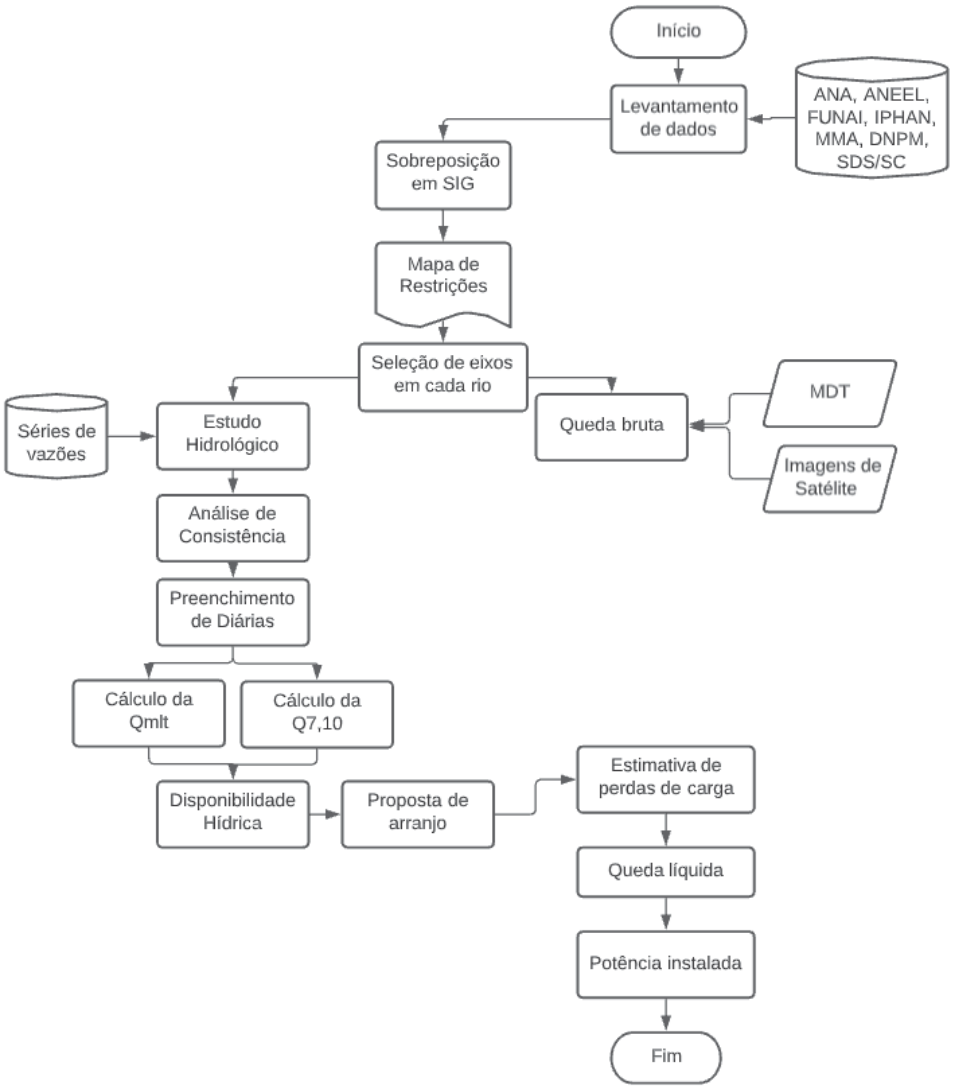
O estado de Santa Catarina conta com potencial hidrelétrico total de 7.400 MW mapeado pelo SIPOT, sendo, destes, em torno de 3.077 MW inexplorados até 2019 (Eletrobras, 2018). A RH3, composta pelas Bacias Hidrográficas dos rios Uruguai, do Peixe e outros, devido as suas características de relevo com presença de vales bem encaixados, oferece boas condições de potencial hidrelétrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de prospecção de eixos para aproveitamentos hidrelétricos iniciou com o mapeamento de restrições ambientais. Para esta etapa, foram consultadas bases de dados de instituições oficiais para verificar trechos inaptos, bem como rios que já contam com elevada densidade de empreendimentos. Após esta avaliação preliminar, foram selecionados alguns rios para a busca expedita de eixos favoráveis. Os eixos pré-selecionados foram estudados com mais detalhe utilizando o MDT e dados hidrológicos disponibilizados pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina – SDS/SC e ANA, para avaliação da queda bruta e disponibilidade hídrica. Em seguida, foram definidos parâmetros com o nível do reservatório, faixa aplicável de APP, arranjo geral e estimativa de potência. Por fim, avaliou-se a adequação dos eixos no âmbito ambiental.

O fluxograma na Figura 2 ilustra o processo metodológico e neste capítulo as etapas serão melhor detalhadas.

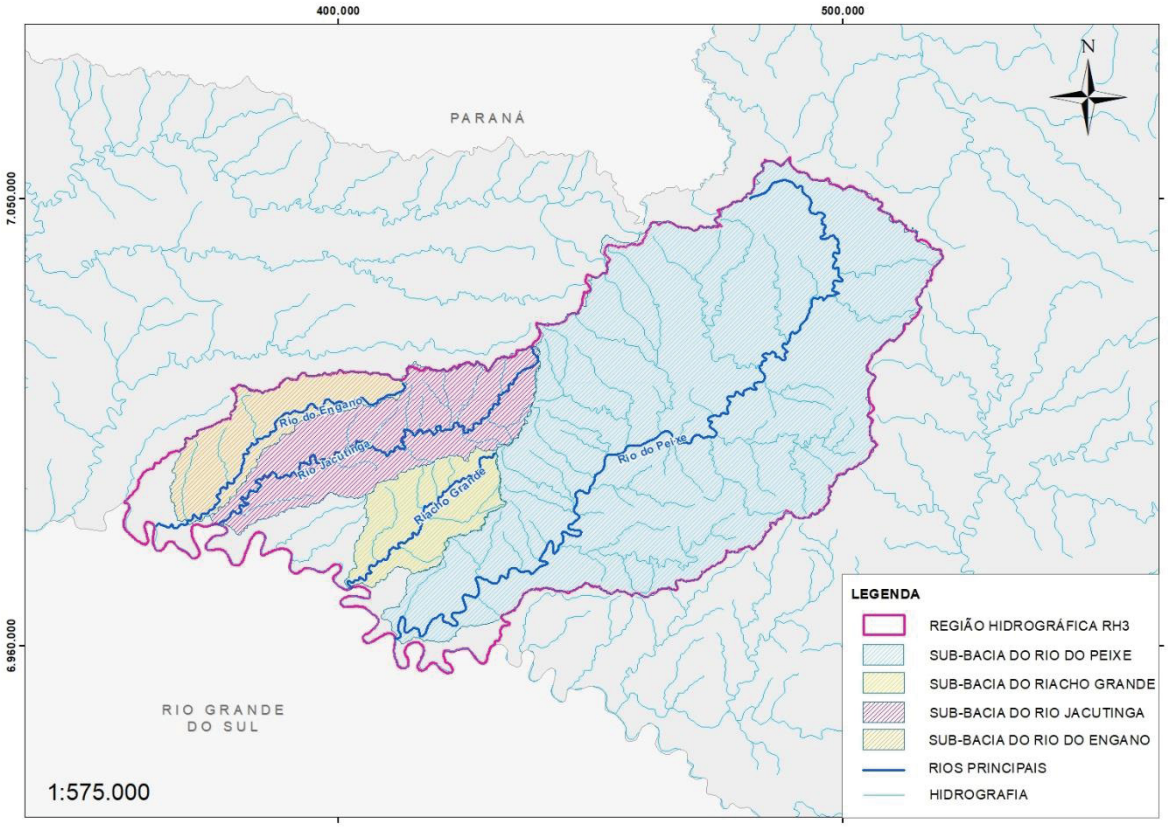
Figura 2. Fluxograma da metodologia aplicada.



2.1 ÁREA DE ESTUDO

A região hidrográfica RH3 é uma das dez regiões hidrográficas inseridas no estado de Santa Catarina, e formada pelas bacias dos rios do Peixe, Jacutinga e outros (Figura 3).

Figura 3. Região hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3) e suas principais bacias hidrográficas.



O rio do Peixe drena uma área de 5.238 km² e é o maior rio da RH3, com extensão de aproximadamente 299 km. Ao logo de seu curso, o rio do Peixe recebe como principais afluentes os rios Bonito, Veado, XV de Novembro, Santo Antônio e São Pedro. Os rios Jacutinga, do Engano, e o Riacho Grande, também compõem a RH3, com áreas de drenagem menores, e desaguando todos no rio Uruguai (ZAGO & PAIVA, 2016).

2.2 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE VIABILIDADE AMBIENTAL

A viabilidade ambiental foi avaliada no contexto regional, utilizando análise geoespacial e dados secundários de bases como a ANA, SDS/SC e IBGE.

Foram considerados como parâmetros quaisquer fatores que restrinjam ou impeçam a implantação de empreendimentos hidrelétricos. A exemplo, a existência de unidades de conservação ambiental ou outras áreas protegidas, bem como o registro de PCHs e CGHs prévio junto à ANEEL. Os parâmetros de análise são listados na Tabela 1.

Tabela 1. Camadas de informação utilizadas na análise preliminar de viabilidade ambiental

Camada de informação	Tipo de dado	Fonte
Unidades de conservação	Vetorial (polígonos)	MMA
Territórios indígenas	Vetorial (polígonos)	FUNAI
Territórios quilombolas	Vetorial (polígonos)	INCRA
Áreas de pesquisa mineral autorizadas	Vetorial (polígonos)	DNPM
Sítios arqueológicos cadastrados	Vetorial (pontos)	IPHAN
PCHs	Vetorial (pontos)	ANEEL
CGHs	Vetorial (pontos)	ANEEL

FONTE: A autora (2021).

As camadas de informação foram sobrepostas em ambiente SIG, permitindo identificar e excluir áreas inapropriadas para a prospecção de eixos. Foi considerado, ainda, a densidade de empreendimentos hidrelétricos existentes nos rios principais da RH3, buscando eliminar trechos intensamente explorados e menos recomendáveis para novos empreendimentos, sob o risco de potencialização dos impactos socioambientais. Ao fim do processo, foram selecionados os rios com as melhores condições, sob a ótica socioambiental, conforme descrito no item 2.3.

2.3 IDENTIFICAÇÃO DE EIXOS E AVALIAÇÃO DA QUEDA DISPONÍVEL

Os rios pré-selecionados na etapa 2.2 foram inspecionados com auxílio da ferramenta Google Earth Pro, buscando locais com indicadores de queda natural do terreno e condições de relevo em vales encaixados. Os eixos propostos foram avaliados de acordo com os critérios de uso e cobertura do solo e conformação topográfica, dando preferência a eixos com margens mais desflorestadas e sem interferências com benfeitorias nas áreas de alague. Os eixos potenciais foram demarcados e transferidos para ambiente SIG, para análise do MDT.

O MDT foi obtido da base de dados SDS/SC referenciado no sistema SIRGAS 2000 e projetado em UTM para a Zona 22°S. As curvas de nível intervaladas a cada 25,00 metros (curvas mestras) e a cada 5,00 metros (curvas auxiliares) foram extraídas do MDT por geoprocessamento, e sobrepostas a imagem de satélite em cor natural (ESRI Inc. ®). De forma similar foram obtidas as elevações na região do barramento e da casa de força, seguindo a metodologia elaborada por Farias (2011, p. 96) permitindo uma estimativa da queda bruta disponível. Referida estimativa tem caráter orientativo, e necessita aferição em etapas posteriores, devido imprecisões inerentes a forma de aquisição de dados.

2.4 DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Para determinação da disponibilidade hídrica procedeu-se com estudo hidrológico combinado a técnicas de geoprocessamento, utilizando dados fluviométricos da ANA e ANEEL, disponíveis na base HidroWeb, e processados com apoio do sistema Hidro, da ANA.

Previamente ao estudo hidrológico, foi necessário delimitar a área de drenagem de cada eixo prospectado. Este procedimento foi feito com base em MDT disponibilizado pela EPAGRI, com resolução espacial de 30,0 metros e Datum SIRGAS 2000 projetado para Zona UTM 22°S. A delimitação da área de drenagem foi realizada com a aplicação de algoritmos em ambiente SIG (ArcGis Pro, © ESRI) que definem a direção e a acumulação de escoamento, a extração da rede de drenagem superficial e, finalmente, a bacia de drenagem correspondente a cada eixo.

Foram selecionadas estações com dados brutos e consistidos, quando disponíveis, inseridas na RH3 ou próximas o suficiente para garantir homogeneidade ao estudo hidrológico. As estações foram avaliadas quanto à localização e qualidade dos dados, ocorrência e períodos de falhas, e ainda tendo como critério a existência de dados durante o período crítico do SIN. Cada estação foi submetida a uma análise de consistência pelo método da correlação entre cotas e vazões. Eventuais estações que se apresentaram inconsistentes tiveram as falhas corrigidas, quando possível, ou foram eliminadas da análise.

Após a consistência as séries de vazões foram diagramadas, para melhor visualização de períodos sem dados. Para preencher estes períodos de falha, foram feitas análises de correlação linear entre as várias estações, estabelecendo, para cada uma, a equação de reta e o coeficiente de correlação. Foi utilizado como critério de preenchimento o melhor coeficiente de correlação para cada período disponível. De forma a atender ao preconizado pelas Diretrizes de Projeto da Eletrobrás, sempre que possível, as séries foram estendidas até o período crítico do SIN, observando, ainda, o critério de Langbein.

Com as séries consistidas e preenchidas foram calculadas a Q_{MLT} e a vazão sanitária ($Q_{7,10}$), obtendo a vazão disponível no eixo como a Q_{MLT} do período crítico deduzida a vazão $Q_{7,10}$.

2.4.1 Vazão Média de Longo Termo e Curvas de Permanência

A vazão média de longo termo foi calculada para cada estação fluviométrica selecionada e após o pré-tratamento dos dados. Estas vazões foram correlacionadas e plotadas como função da área de drenagem de cada estação, obtendo-se uma curva de regionalização. A vazão média também foi calculada considerando o período crítico do SIN para estimativa da potência instalada.

A curva de regionalização foi utilizada para estimativa da Q_{MLT} nos eixos prospectados, utilizando a Equação 14, e para reconstituir a série mensal em cada eixo, a partir da Equação 15. A partir das séries reconstituídas se estabeleceu a curva de permanência em cada eixo.

2.4.2 Vazão Mínima

Com base nos dados diários de vazão foi calculada a média móvel com duração de sete dias, selecionando-se, para cada ano, a menor média móvel obtida. Este procedimento foi repetido para todas as estações fluviométricas selecionadas.

Em seguida, as vazões mínimas anuais foram dispostas em ordem crescente, atribuindo-se para cada valor um número de ordem, e calculando-se a probabilidade empírica conforme o critério de Weibull (Equação 6).

Para cada estação foram feitos testes para ajustar a curva de probabilidade empírica a uma distribuição teórica, testando-se Gumbel e Weibull (Equação 7 e Equação 10, respectivamente). Foi selecionada a distribuição com melhor ajuste aos dados de campo.

2.5 PROPOSIÇÃO DE ARRANJO GERAL

O arranjo geral das CGHs foi traçado com base nas condições de terreno e adotando a premissa de que o reservatório opera sem deplecionamento. Utilizando as curvas de nível extraídas no item 2.3 e a imagem de satélite, foi definido local adequado para o barramento.

A seleção do local para o barramento foi pautada na aparente existência de ombreiras de apoio para as estruturas e no menor impacto possível a construções e infraestrutura existente. Locais inadequados, onde existem benfeitorias ou barreiras físicas, como cursos d’água afluentes ou talvegues foram evitados. Também foi levado em consideração o critério de área de alague, objetivando a menor área de inundação

possível. Assim, locais onde as curvas de nível indicavam áreas mais planas, o eixo pôde ser deslocado à montante, diminuindo o perímetro inundado. A elevação do reservatório foi selecionada sob a hipótese de que haverá pequena capacidade de regularização, com deplecionamento desprezível, de forma que o barramento funciona como barragem de nível sempre que possível.

Uma vez definidos eixo e elevação do barramento, foram delimitadas em ambiente SIG as poligonais do reservatório, calha do rio, área alagada e APP, obedecendo, para esta última, as disposições da Lei Federal nº 12.651/2012. Por fim, foi estudada a posição da casa de força e o tipo de adução, adotando preferencialmente a adução por canal. A adução em túnel foi indicada em casos particulares, de acordo com as condições de terreno.

2.6 ESTIMATIVA DA PERDA DE CARGA HIDRÁULICA E POTÊNCIA

Para estimar a perda de carga no circuito hidráulico de geração foram adotadas as recomendações da Eletrobras (2000), tomando como base 1% de perda na adução em baixa pressão, e para alta pressão, a média de 3,5%.

A potência média foi calculada pela Equação 2, utilizando como fator de eficiência para o conjunto turbina-gerador de 0,85 que é sugerido por Eletrobras (2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VIABILIDADE AMBIENTAL

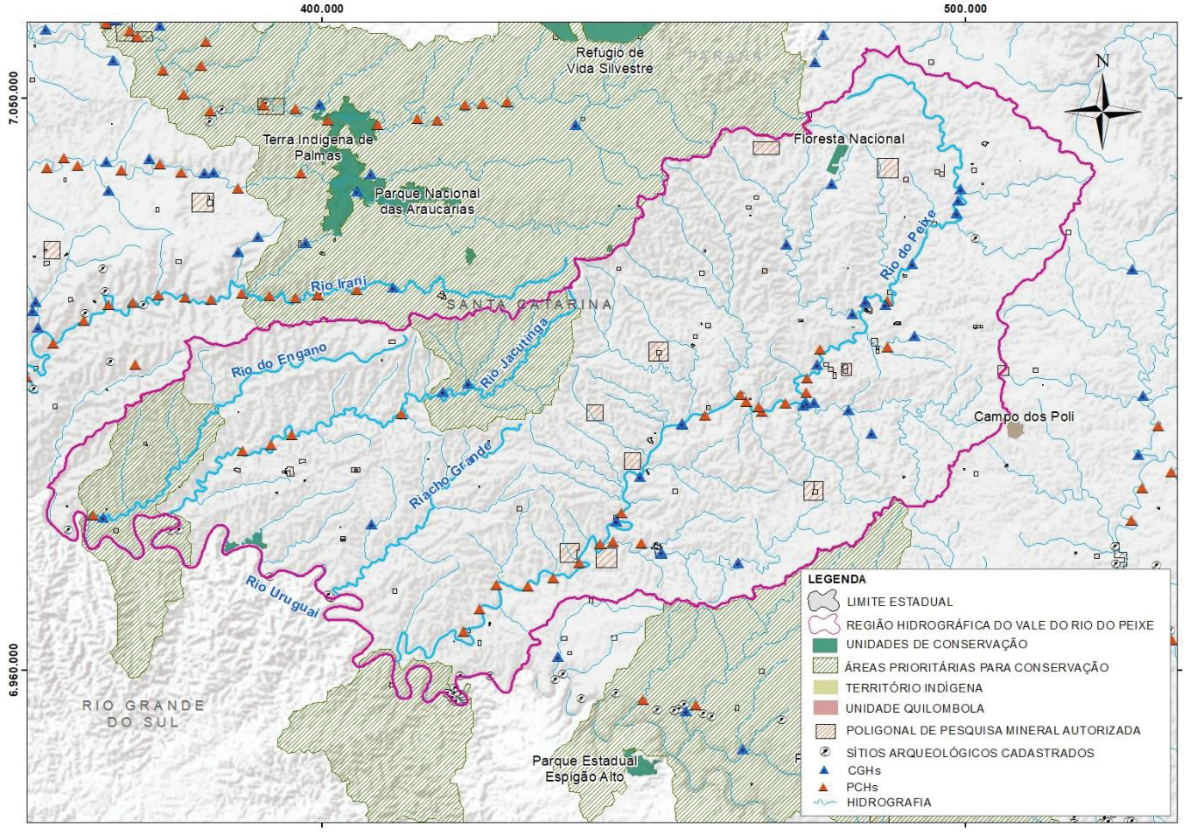
Na região hidrográfica do Vale do Rio do Peixe foram identificados 8 sítios arqueológicos, 28 PCHs e 26 CGHs, incluindo empreendimentos outorgados, em operação ou em fase de projeto básico. Embora existam unidades de conservação no entorno da região hidrográfica, nenhuma UC de Proteção Integral consta na base de dados do MMA e IBAMA, havendo uma UC de Uso Sustentável situada no município de Caçador (Floresta Nacional de Caçador). O mesmo acontece com territórios indígenas e quilombolas. Os quantitativos são apresentados no Quadro 1 e ilustrados na Figura 4.

Quadro 1. Quantitativo dos resultados para cada fator de restrição na RH3, por bacia hidrográfica.

Fatores de Análise	**Bacia do Peixe**	**Bacia do Jacutinga**	**Bacia do Engano**	**Bacia do Riacho Grande**
Unidades de conservação	Floresta Nacional de Caçador	NA	NA	NA
Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	NA	Extremamente alta (37.970 ha)	Muito alta (33.600 ha)	NA
Território indígena	NA	NA	NA	NA
Território quilombola	NA	NA	NA	NA
Processos de pesquisa mineral	76	15	7	7
Sítios arqueológicos	2	3	0	3
PCHs	23	4	1	0
CGHs	22	2	1	1

Fonte: a autora (2021).

Figura 4. Cartograma de viabilidade e restrições ambientais na RH3.



Fonte: a autora (2021). Base de dados: ANA, ANEEL, IBGE e SDE/SC.

Na área de estudo os aspectos mais relevantes são a existência de um número considerável de Aproveitamentos Hidrelétricos – AHEs e a incidência de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, que embora não configurem restrição propriamente dita, é um fator importante a ser considerado na seleção dos aproveitamentos e no processo de licenciamento ambiental. A maioria dos AHEs se concentram no rio do Peixe, e depois na bacia do Jacutinga, conforme se pode observar na Fonte: a autora (2021).

Figura 4. É válido ressaltar que, apesar do grande número de aproveitamentos nos rios principais, a maioria dos afluentes não são explorados.

Neste contexto, a RH3 não possui muitos impeditivos à implantação de aproveitamentos hidrelétricos. O potencial amplamente explorado nos rios principais evidencia como mais favoráveis os estudos de prospecção de CGHs em afluentes, ainda pouco explorados, além de representar uso racional dos potenciais hidráulicos, uma vez que estes rios de menor porte são menos propensos a receber aproveitamentos de maior potência.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE EIXOS E AVALIAÇÃO DA QUEDA DISPONÍVEL

Em vista dos resultados obtidos no item 3.1, a prospecção deu preferência ao rio Santo Antônio, um dos tributários do rio do Peixe, e aos rios Jacutinga, do Engano e Riacho Grande. Foram realizadas consultas na ANEEL quanto à existência de inventários hidrelétricos com registro ativo nestes rios. O rio Jacutinga possui inventário hidrelétrico aprovado sob ato nº 1.699/2015, reconhecendo três aproveitamentos ótimos, elencados na Tabela 2.

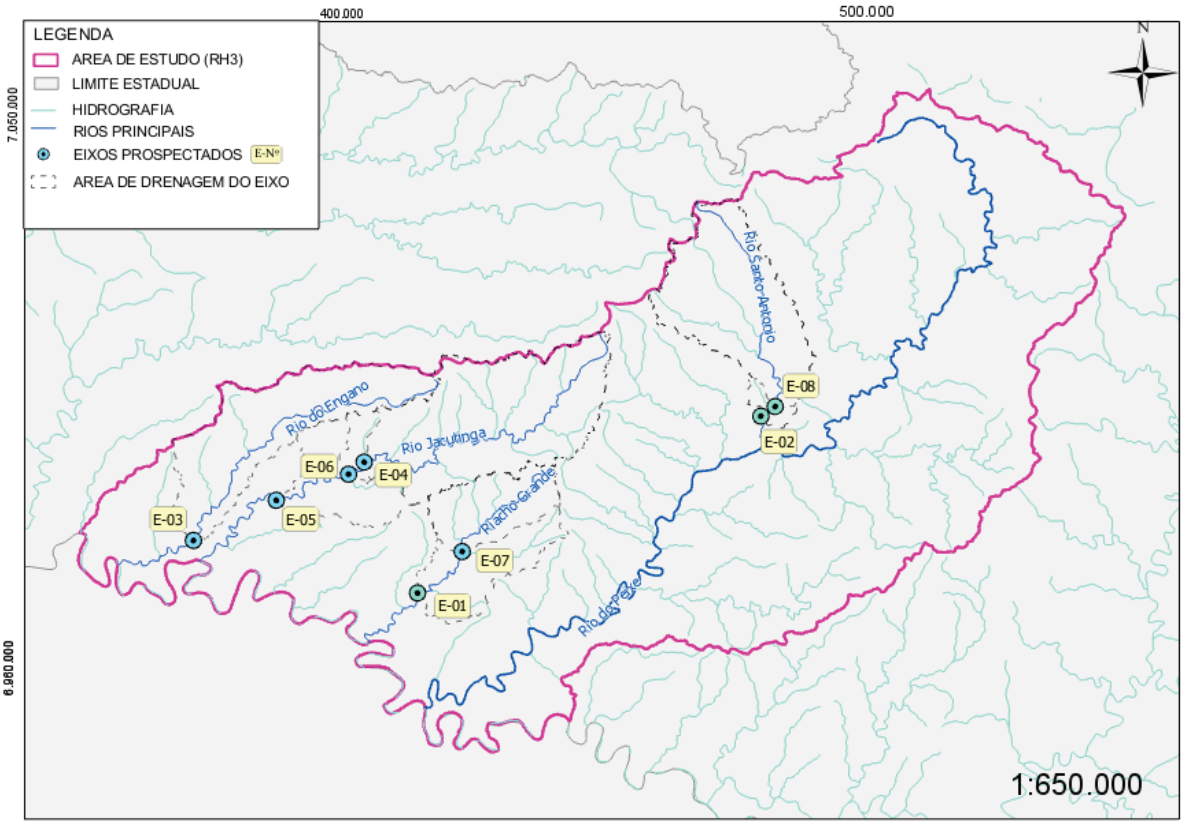
Tabela 2. Aproveitamentos do inventário aprovado pelo Despacho SCG ANEEL nº 1.699/2015.

Nome	Potência instalada (MW)	N.A. montante (m)	N.A. jusante (m)
PCH Jacutinga	4,30	456,0	428,0
PCH 24 de Fevereiro	3,90	428,0	405,0
PCH Boscatto	3,70	405,0	384,0

Fonte: ANEEL (2015)

Embora o despacho retromencionado tenha sido revogado pelo Despacho nº 20/2017, este inventário, que estabelece restrições entre as cotas 384,0 e 456,0 do rio Jacutinga, consta como ativo do sítio eletrônico da ANEEL, objeto de Nota Técnica nº 360/2015. Uma vez que não foi possível consultar o conteúdo da referida Nota Técnica, optou-se, no presente trabalho, por respeitar as cotas aprovadas no inventário original. Nada consta em relação aos demais rios investigados. Foram identificados oito eixos com potencial aparente, cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 5.

Figura 5. Distribuição espacial dos eixos prospectados na RH3.



Fonte: a autora (2021). Base de dados: SDE/SC.

A Tabela 3 e Tabela 4 informam as características principais de cada eixo.

Tabela 3. Localização dos eixos prospectados.

Eixo	Coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 22°S		Rio	Municípios Atingidos
	N (m)	E (m)		
E-01	6.979.456,62	410.166,06	Riacho Grande	Concórdia e Peritiba
E-02	7.007.041,48	463.292,34	Santo Antônio	Ibicaré
E-03	6.987.823,55	374.519,14	Engano	Itá e Seara
E-04	6.999.561,90	401.862,48	Jacutinga	Concórdia, Lindóia do Sul e Irani
E-05	6.993.897,08	388.383,41	Jacutinga	Arabutã
E-06	6.998.017,93	399.204,53	Jacutinga	Concórdia e Lindóia do Sul
E-07	6.985.910,20	416.871,66	Riacho Grande	Concórdia e Presidente Castelo Branco
E-08	7.008.609,08	465.528,63	Santo Antônio	Treze Tílias e Ibicaré

Fonte: a autora (2021)

Tabela 4. Informações hidrológicas e altimétricas de cada eixo prospectado.

Eixo	Área de Drenagem (km²)	Queda bruta (m)	Elevação (m)	
			Barramento	Jusante
E-01	361,07	4,8	395,0	390,2

E-02	459,66	10,4	580,0	569,6
E-03	429,68	8,0	356,0	348,0
E-04	603,61	10,2	513,0	502,8
E-05	823,29	6,0	380,0	374,0
E-06	643,20	4,5	475,0	470,5
E-07	179,89	2,8	474,0	471,20
E-08	434,40	4,3	620,0	615,7

Fonte: a autora (2021)

Observa-se que as cotas selecionadas para os aproveitamentos em estudo respeitam a divisão de quedas aprovada.

Todos eixos são localizados na zona rural, com predomínio de agricultura no uso do solo, inclusive às margens do rio, na faixa de APP. Em alguns casos, existem remanescentes florestais melhor preservados. Cartogramas ilustrativos de cada eixo, mostrando as feições topográficas e a cobertura do solo podem ser consultados no Apêndice 1 – Cartogramas topográficos dos eixos prospectados.

3.3 DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

3.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram identificadas 14 estações fluviométricas com dados de cota e vazão disponíveis na região de estudo, cujas características principais são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Informações das estações fluviométricas identificadas na área de estudo.

Código	Nome da Estação	Rio	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Área de drenagem [km²]	Nº de Anos com Dados	Nº de Meses com Falhas	Primeira medição	Última medição
72980000	Rio Uruguai	Rio do Peixe	Piratuba	-27,466	-51,866	420,0	5.170	57	20	jan/40	fev/00
72810000	Tangará	Rio do Peixe	Tangará	-27,088	-51,258	627,4	2.010	43	3	abr/76	dez/21
72750000	Videira	Rio do Peixe	Videira	-26,983	-51,167	780,0	1.650	22	12	mar/40	dez/63
72715000	Rio das Antas	Rio do Peixe	Rio das Antas	-26,896	-51,076	773,7	801	44	0	mai/76	nov/20
72850000	Joaçaba	Rio do Peixe	Joaçaba	-27,169	-51,497	560,0	3.720	4	0	fev/40	mar/44
72870000	Barra do rio Pardo	Rio Leão	Campos Novos	-27,316	-51,527	560,0	420	42	0	jun/76	abr/19
72849000	Joaçaba I	Rio do Peixe	Joaçaba	-27,159	-51,481	505,6	3.710	34	1	jan/86	dez/20
72900000	Rio Capinzal	Rio do Peixe	Capinzal	-27,333	-51,600	500,0	4.780	6	0	jan/43	dez/48
72880000	UHE Itá rio do Peixe	Rio do Peixe	Ouro	-27,339	-51,611	456,0	4.780	12	0	abr/05	dez/17
73170000	UHE Itá rio Jacutinga	Rio Jacutinga	Arabutã	-27,161	-52,145	408,0	877	13	0	jan/05	dez/17
73180000	Engenho Velho	Rio Jacutinga	Itá	-27,636	-52,209	320,0	918	46	0	set/51	nov/97
73300000	Bonito	Rio Irani	Ipumirim	-26,949	-52,183	600,0	654	69	0	set/51	set/20
73330000	Passo Alto Irani	Rio Irani	Xavantina	-26,969	-52,367	480,0	933	56	2	ago/58	dez/14
73350000	Barca Irani	Rio Irani	Chapecó	-27,166	-52,523	280,0	1.500	51	0	out/69	dez/20

Fonte: ANA (2021)

Do total de estações identificadas, nove se inserem na bacia hidrográfica do rio do Peixe, duas se inserem na bacia hidrográfica do rio Jacutinga, e outras duas são localizadas na bacia hidrográfica do rio Irani, afluente do rio Uruguai vizinho à RH3. As estações rio Uruguai e Bonito possuem as séries mais extensas. As estações Joaçaba e rio Capinzal, devido ao baixo número de medições, foram eliminadas da análise. Com relação ao período crítico do sistema elétrico, destaca-se que somente a estação rio Uruguai engloba todo o período, e a estação Videira abrange parcialmente, permitindo sua utilização para estimativa das vazões médias do período crítico nas demais estações.

Um número pequeno de meses com falhas foi observado, o que se deve à disponibilização de trechos das séries consistidos previamente pela ANA, e que já passaram pelo processo de preenchimento, enquanto outros períodos com dados brutos apresentam lacunas (Apêndice 2 – Extensão das séries de dados nas estações). Por esta razão, o presente estudo procedeu com as técnicas de preenchimento referenciadas no item 1.2.3.2, quando aplicável.

3.3.2 Preenchimento dos Dados

O preenchimento das lacunas de medição foi efetuado conforme descrito nos itens 1.2.3.2 e 2.4, sendo que os coeficientes de correlação testados se encontram no Quadro 2.

Quadro 2. Coeficiente de correlação para preenchimento de dados fluviométricos.

Matriz de Correlação	Uruguai	Videira	Tangará	Rio das Antas	Barra do Pardo	Joaçaba I	UHE Itá rio do Peixe	UHE Itá rio Jacutinga	Engenho Velho	Bonito	Passo Alto Irani	Barca Irani
Uruguai	-	0,905	0,949	0,905	0,928	0,963	ND	ND	0,919	0,922	0,924	0,916
Videira	0,905	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,904	0,908	ND	ND
Tangará	0,949	ND	-	0,942	0,838	0,970	0,933	0,651	0,837	0,867	0,892	0,850
Rio das Antas	0,905	ND	0,942	-	0,828	0,927	0,889	0,727	0,827	0,827	0,851	0,818
Barra do Pardo	0,928	ND	0,838	0,828	-	0,883	0,900	0,820	0,881	0,863	0,894	0,881
Joaçaba I	0,963	ND	0,970	0,927	0,883	-	0,977	0,765	0,862	0,877	0,920	0,899
UHE Itá rio do Peixe	ND	ND	0,933	0,889	0,900	0,977	-	0,885	ND	0,904	0,934	0,914
UHE Itá rio Jacutinga	ND	ND	0,651	0,727	0,820	0,765	0,885	-		0,738	0,914	0,916
Engenho Velho	0,919	0,904	0,837	0,827	0,881	0,862	ND		-	0,929	0,936	0,905
Bonito	0,922	0,908	0,867	0,827	0,863	0,877	0,904	0,738	0,929	-	0,972	0,946
Passo Alto Irani	0,924	ND	0,892	0,851	0,894	0,920	0,934	0,914	0,936	0,972	-	0,977
Barca Irani	0,916	ND	0,850	0,818	0,881	0,899	0,913	0,916	0,905	0,946	0,977	-

Fonte: a autora (2021)

Obedecendo aos critérios estabelecidos, foram utilizadas as melhores correlações para cada período de falha. Ao final do procedimento, foram obtidas as séries preenchidas conforme Quadro 3.

Quadro 3. Número de dados preenchidos e critério de Langbein.

Estação preenchida	Estação de referência	R	Preenchidos	N1	N2	R²	Ne
Uruguai	Tangará	0,949	19	703	722	0,86	1244,7
	Rio das Antas	0,905					
Videira	Uruguai	0,905	13	274	287	0,819	471,1
Tangará	Rio das Antas	0,942	93	535	628	0,887	1026,7
	Uruguai	0,949					
Rio das Antas	Uruguai	0,905	95	535	630	0,819	959,7
Barra do rio Pardo	Uruguai	0,905	92	514	606	0,75	866,3
	Rio das Antas	0,830					
Joaçaba I	Uruguai	0,963	85	421	506	0,927	852,2
UHE Itá rio do Peixe	Joaçaba I	0,977	3	153	156	0,955	295,1
Engenho Velho	Uruguai	0,919	292	554	846	0,860	1153,0
	Passo Alto Irani	0,936					
Bonito	Uruguai	0,922	29	831	860	0,872	1493,3
	Barca Irani	0,946					
Passo Alto Irani	Uruguai	0,924	99	677	776	0,854	1243,9
Barca Irani	Uruguai	0,916	99	615	714	0,839	1119,2
	Passo Alto	0,977					

Fonte: a autora (2021)

Conforme se observa no Quadro 3, o preenchimento de dados com boa correlação entre as estações resultou em acréscimo de informação para a análise hidrológica.

3.3.3 Análise de Consistência

Os resultados da análise de consistência pelo método da correlação entre cotas e vazões são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de correlação para consistência das séries fluviométricas.

Estação	R²	R	Função
Rio Uruguai	0,9418	0,9705	Potência
Tangará	0,9803	0,9901	Quadrática
Videira	0,9346	0,9667	Quadrática
Rio das Antas	0,8755	0,9357	Quadrática
Barra do Rio Pardo	0,9065	0,9521	Potência
Joaçaba I	0,9748	0,9873	Potência
UHE Itá rio do Peixe	0,9523	0,9759	Potência

UHE Itá rio Jacutinga	0,9270	0,9628	Potência
Engenho Velho	0,8952	0,9462	Quadrática
Bonito	0,8935	0,9453	Potência
Passo Alto Irani	0,9682	0,9840	Quadrática
Barca Irani	0,9778	0,9888	Quadrática

Fonte: a autora (2021)

Verificou-se que todas as estações selecionadas neste estudo apresentam correlação linear forte e com pouca dispersão em torno da curva ajustada, sendo adequados para análise hidrológica. Os resultados gráficos são apresentados com maior detalhe no Apêndice 3.

3.3.4 Vazões Médias

As vazões médias de longo termo em cada estação fluviométrica são apresentadas na Tabela 7, para o período da série e para o período crítico do sistema elétrico.

Tabela 7. Vazão média de longo termo e do período crítico em cada estação fluviométrica.

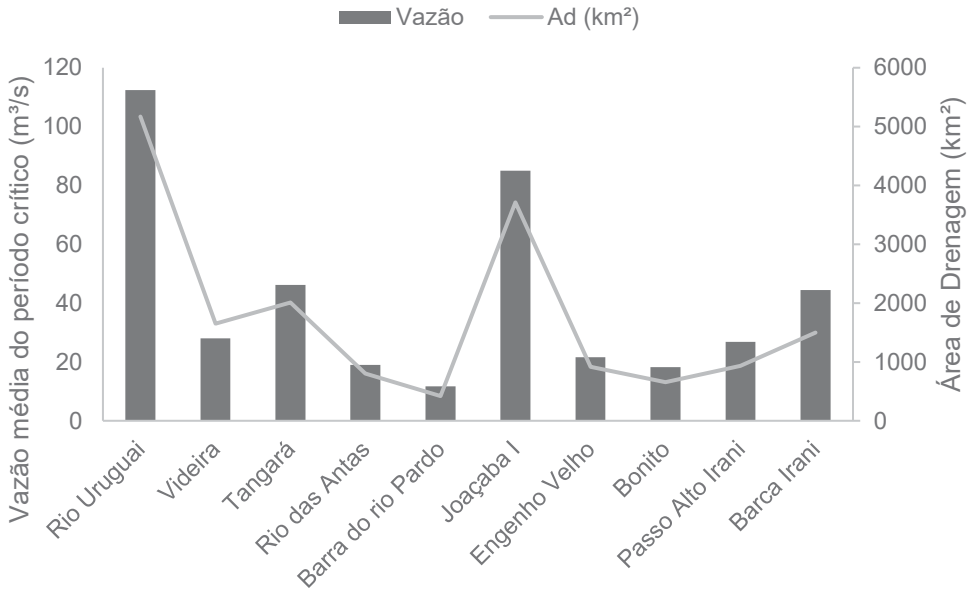
Estação	**Qmlt (m³/s)**	
	Série Completa	**Período Crítico**
Rio Uruguai	118,92	112,37
Videira	28,33	27,99
Tangará	51,87	46,23
Rio das Antas	21,00	18,95
Barra do rio Pardo	12,22	11,67
Joaçaba I	95,16	84,95
Engenho Velho	25,46	21,6
Bonito	19,67	18,19
Passo Alto Irani	29,13	26,79
Barca Irani	48,98	44,47

Fonte: a autora (2021)

Conforme mostra a Tabela 7, as vazões do período crítico sofreram redução em torno de 5 a 10% da média de longo termo, devido aos baixos índices pluviométricos registrados na época. A estação fluviométrica Videira é exceção, apresentando pequena diferença (1,2%) em razão de a série ser pouco extensa, e situada próxima ao período crítico.

As estações Rio Uruguai e Joaçaba são as que possuem maior vazão média, e consequentemente, maior disponibilidade hídrica (Gráfico 1).

Gráfico 1. Vazão média do período crítico e áreas de drenagem das estações fluviométricas.



Fonte: a autora (2021)

Este comportamento, denotando maiores vazões na bacia do rio do Peixe em relação aos demais rios é explicado pelas maiores áreas de drenagem.

3.3.5 Vazões Mínimas

Os resultados da $Q_{7,10}$ obtida para as estações selecionadas constam na Tabela 8, onde são comparados os valores obtidos pelas distribuições de Gumbel e Weibull com os valores da série empírica de vazões.

Tabela 8. Vazões mínimas de sete dias e dez anos de retorno para as estações fluviométricas (método empírico e probabilístico).

Estação	**Vazão Mínima - $Q_{7,10}$**		
	Empírico	**Gumbel**	**Weibull**
Rio Uruguai	4,95	4,32	8,42
Videira	0,27	0,27	4,09
Tangará	3,21	2,42	6,02
Rio das Antas	0,39	0,17	1,58
Barra do rio Pardo	0,17	0,09	0,18
Joaçaba I	6,11	4,7	5,69
Engenho Velho	1,81	1,43	1,82
Bonito	1,22	1,83	1,86
Passo Alto Irani	1,33	0,68	1,31
Barca Irani	3,52	2,37	3,55

Fonte: a autora (2021)

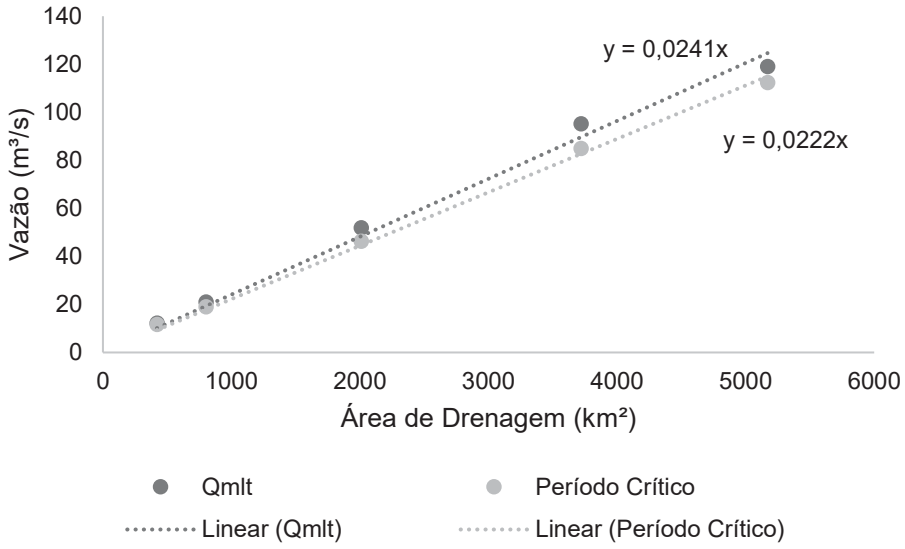
Verificou-se que a maioria das estações se ajustaram melhor à distribuição de Weibull (Barra do Pardo, Joaçaba I, Engenho Velho, Passo Alto Irani e Barca Irani) enquanto outras são melhor descritas pela função Gumbel (Rio Uruguai, Videira, e

Bonito). As estações Tangará e Rio das Antas não se ajustaram satisfatoriamente às distribuições testadas. As curvas ajustadas para cada estação são apresentadas no Apêndice 3 – Análise de consistência.

3.3.6 Regionalização de Vazões

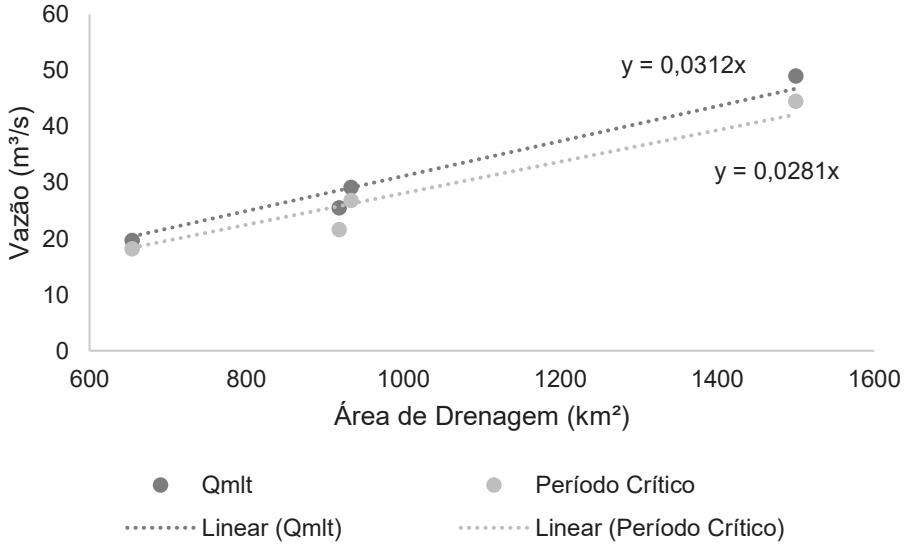
A seguir, do Gráfico 2 ao Gráfico 3, são ilustradas as funções de regionalização da vazão média nas bacias hidrográficas do rio do Peixe, rio Jacutinga e outros. Além da vazão média de longo termo, foi elaborada uma curva específica para regionalização do período crítico.

Gráfico 2. Função de regionalização para a bacia hidrográfica do rio do Peixe



Fonte: a autora (2021)

Gráfico 3. Função de regionalização para a bacia hidrográfica do rio Jacutinga e outros.

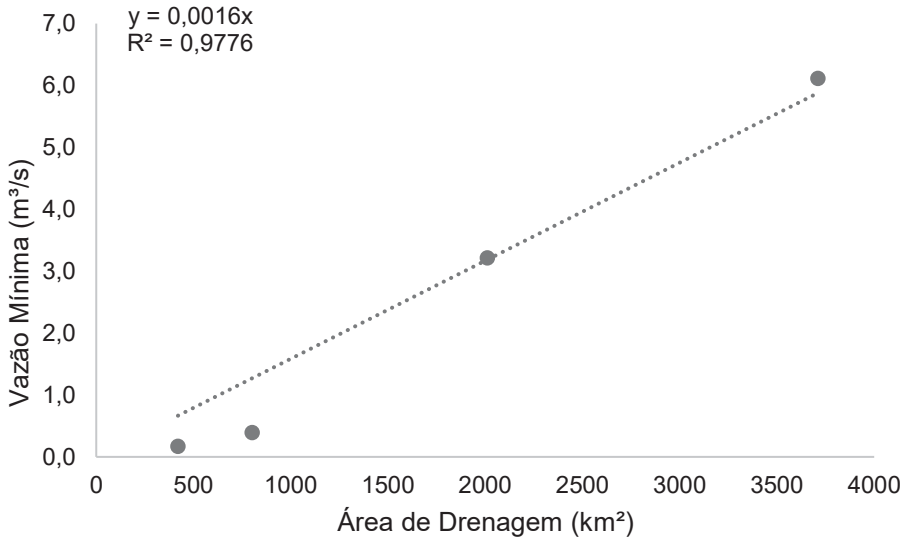


Fonte: a autora (2021)

A estação Videira foi desconsiderada na elaboração das curvas da bacia do rio do Peixe, para melhor ajuste, em razão de ter se apresentado como *outlier*. Os resultados mostraram forte coeficiente de correlação linear, o que permite a utilização das curvas com razoável segurança para a estimativa da vazão disponível nos eixos prospectados.

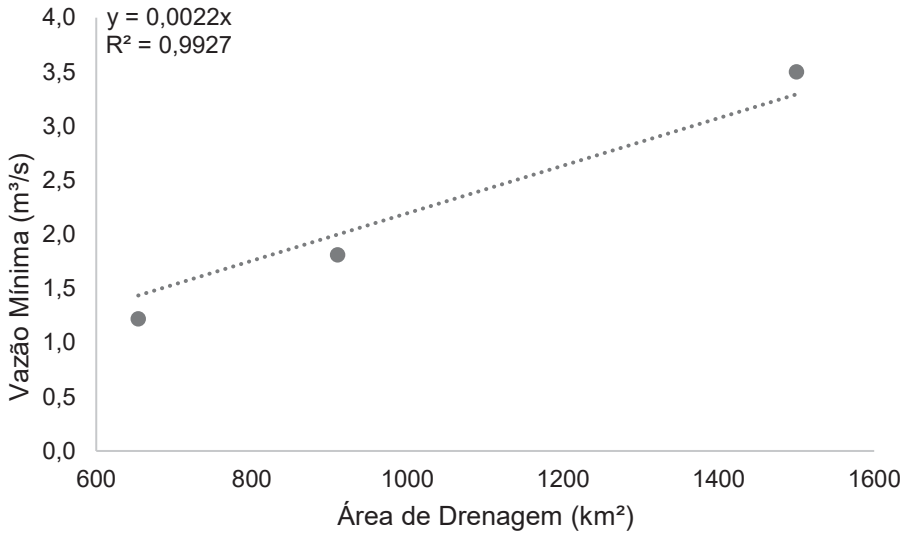
A vazão mínima foi regionalizada de maneira semelhante, conforme ilustram o Gráfico 4 e o Gráfico 5.

Gráfico 4. Função de regionalização de vazões mínimas na bacia hidrográfica do rio do Peixe.



Fonte: a autora (2021)

Gráfico 5. Função de regionalização de vazões mínimas na bacia hidrográfica do rio Jacutinga.



Fonte: a autora (2021)

A Tabela 9 mostra as vazões médias regionalizadas nos eixos.

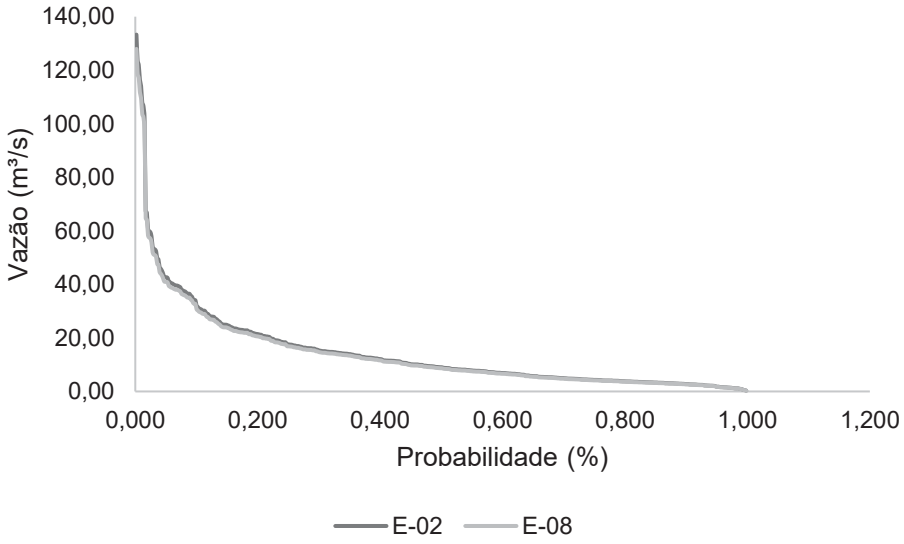
Tabela 9. Vazões regionalizadas e disponibilidade hídrica nos eixos.

Eixo	Vazão (m³/s)			Disponibilidade hídrica
	Q_{MLT}	Período Crítico	$Q_{7,10}$	
E-01	11,27	10,15	0,72	9,41
E-02	11,08	9,90	0,74	9,2
E-03	13,41	12,07	0,86	11,21
E-04	18,83	16,96	1,21	15,75
E-05	25,69	23,13	1,65	21,48
E-06	20,07	18,07	1,29	16,78
E-07	5,61	5,05	0,36	4,69
E-08	10,47	9,35	0,7	8,65

Fonte: a autora (2021)

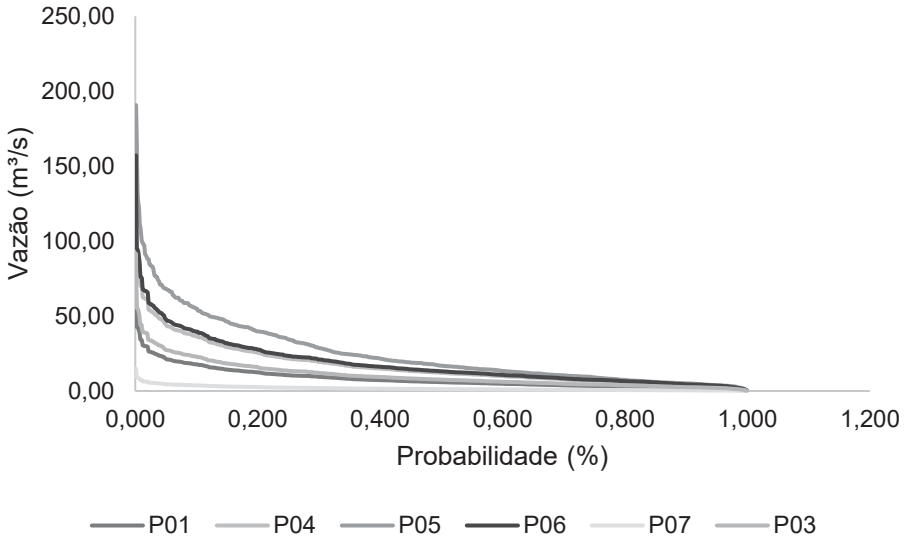
As curvas de permanência nas duas bacias são mostradas no Gráfico 6 e Gráfico 7.

Gráfico 6. Curva de permanência dos eixos prospectados na bacia do rio do Peixe.



Fonte: a autora (2021)

Gráfico 7. Curva de permanência dos eixos prospectados na bacia do rio Jacutinga e outros.



Fonte: a autora (2021)

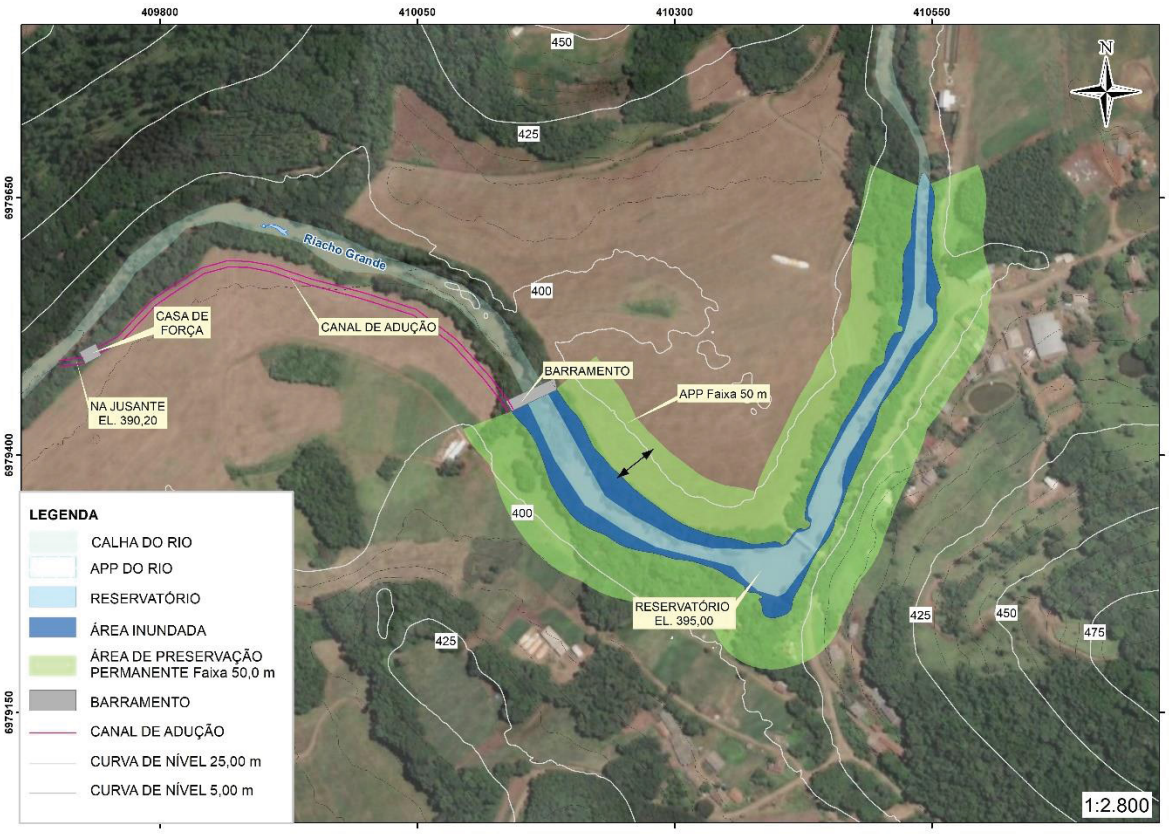
As curvas de permanência apresentam comportamento homogêneo em cada bacia hidrográfica, sendo que um maior grau de homogeneidade foi identificado entre os eixos E-02 e E-08, o que se deve a serem ambos situados no rio Santo Antônio e possuírem áreas de drenagem próximas.

3.4 PROPOSTA PRELIMINAR DE ARRANJO GERAL

O arranjo preliminar para cada eixo foi desenhado de acordo com as características de terreno, conforme ilustrado a seguir.

O eixo E-01 se situa no riacho Grande, entre os municípios de Concórdia e Peritiba, em terreno menos acidentado em ambas as margens, conforme se observa pelo espaçamento das curvas de nível na Figura 6, fator que contribuiu para a escolha de arranjo por derivação.

Figura 6. Arranjo geral proposto para o eixo E-01.



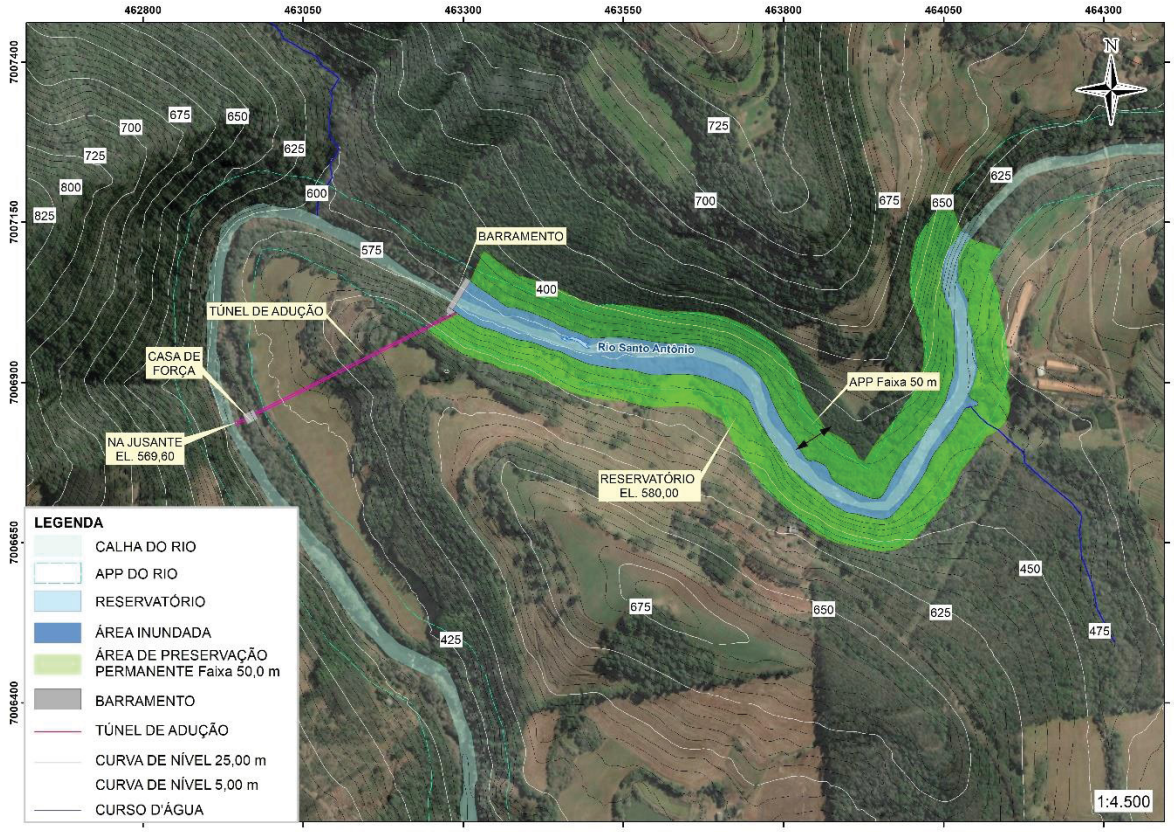
Fonte: a autora (2021)

O arranjo proposto, nesta conformação topográfica, consiste em barramento na EL. 395,00, derivação por canal com extensão de 1,05 km, casa de força na margem esquerda do rio, e elevação de jusante EL. 390,2 aproveitando a queda natural de 4,80 metros. O trecho de vazão reduzida a ser formado terá extensão de aproximadamente 589 m. O reservatório a ser formado possui área superficial de 2,67 hectares, sendo 51,6% a própria calha do curso d'água e 1,29 hectares de área inundada.

A largura do riacho Grande neste eixo é superior a 10,0 m de forma que deve ser formada uma APP no entorno do futuro reservatório com faixa de pelo menos 50,0 m perfazendo 7,57 hectares. O uso do solo atual tem predomínio de atividades agrícolas, inclusive na faixa de APP do córrego. Entretanto, alguns remanescentes de vegetação nativa ocorrem, sendo estimada a supressão de 1,36 hectares para instalação do empreendimento. Com relação aos impactos socioambientais, nenhuma residência é inundada pelo reservatório, havendo no entanto, edificações afetadas pela APP, sendo possível a apresentação de uma APP variável.

O aproveitamento E-02 se localiza no rio Santo Antônio, afluente do rio do Peixe, em região de vale bem encaixado (Figura 7).

Figura 7. Arranjo geral proposto para o eixo E-02.



Fonte: a autora (2021)

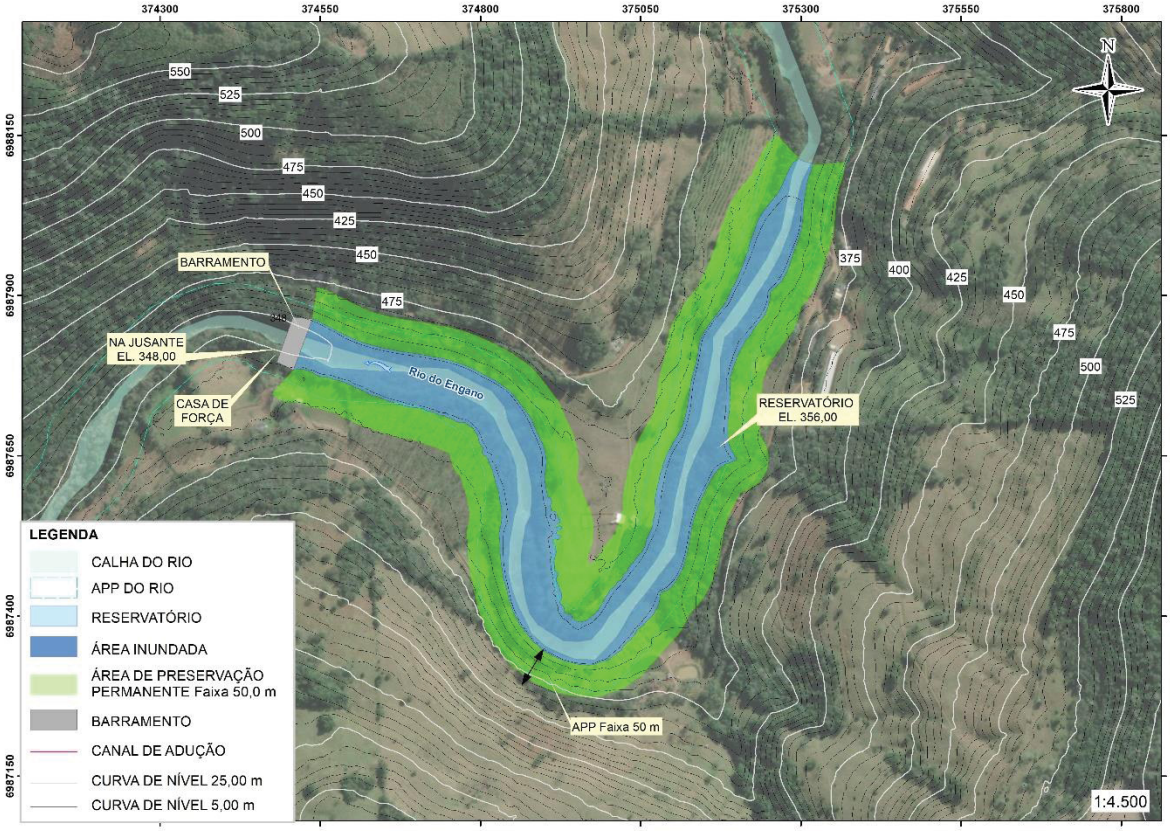
Para evitar a formação de um reservatório extenso, a opção neste caso foi por arranjo em derivação, com barramento na EL. 580,00 casa de força na margem esquerda, e elevação de jusante EL. 569,60 permitindo o aproveitamento de uma queda bruta de 10,40 metros. Devido às condições topográficas, se prevê a adução por túnel, transpondo 340,0 m até a casa de força. O reservatório a ser formado possui área de 4,68 hectares, sendo destes 46,6% a própria calha do rio Santo Antônio e 2,50 hectares restantes de área inundada.

Ao redor do reservatório será formada uma APP de 50 metros, com área total de 12,84 hectares. O uso do solo às margens do curso d'água, na região do E-02, apresenta remanescentes florestais nativos melhor preservados, o que se deve em grande parte ao relevo acidentado, que dificulta o uso agrícola, especialmente à margem direita. Na margem esquerda, ocorrem pastagens e áreas de cultivo. A instalação do empreendimento demandaria supressão vegetal estimada em 2,67 hectares.

A derivação de água formará um TVR com extensão aproximada de 740 metros. Entretanto, no caso do eixo E-02, ocorre um tributário, representado na Figura 7, à jusante do barramento, contribuindo assim para a manutenção das vazões e das condições ecológicas na alça seca, além da $Q_{7,10}$ obrigatória.

Para o eixo E-03, situado no rio do Engano, entre os municípios de Itá e Seara, foi feita a opção de um arranjo compacto com casa de força ao pé de barragem, na EL. 348,00 e barramento na EL. 356,00 criando uma queda de 8,0 m. Esta seleção foi tomada com base na inexistência de queda natural próxima ao eixo, evitando a formação de TVR muito extenso, além da ocorrência de vales bem encaixados, o que diminui potencialmente os impactos em termos de área alagada (Figura 8).

Figura 8. Arranjo geral proposto para o eixo E-03.



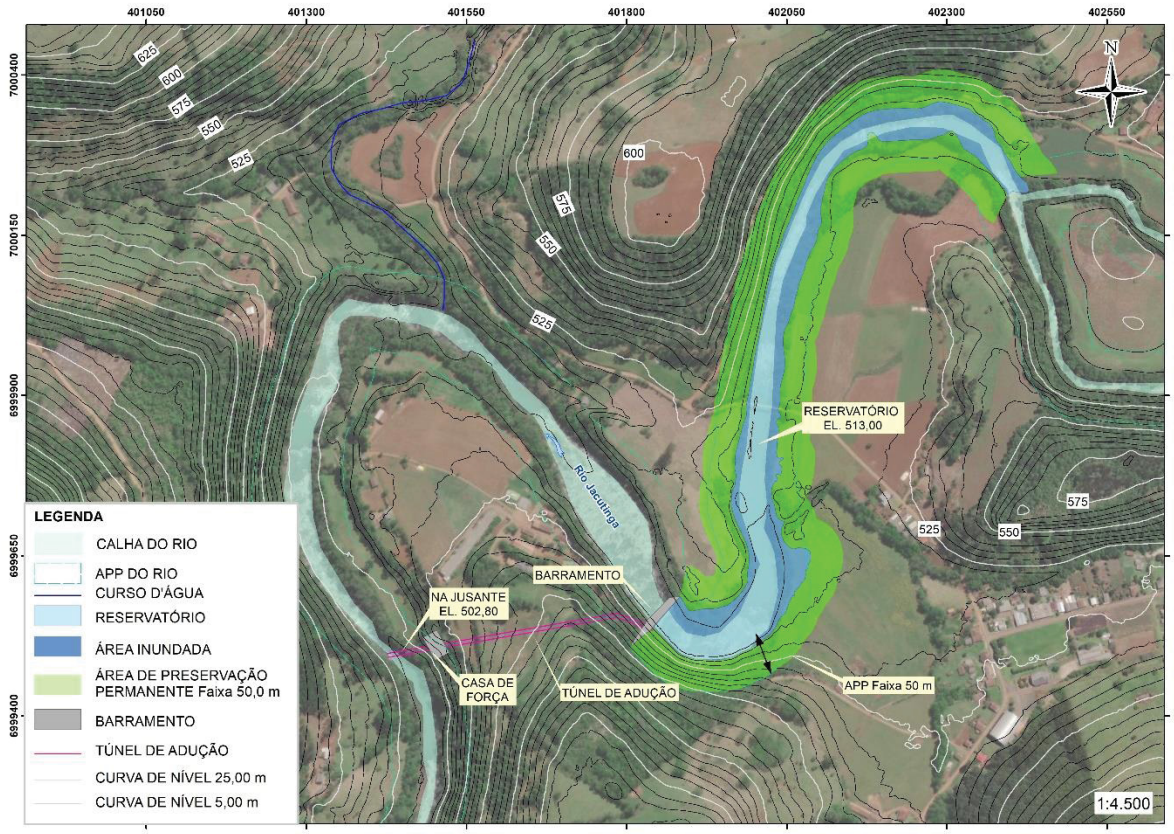
Fonte: a autora (2021)

O reservatório do aproveitamento E-03 totaliza área de 11,36 hectares, sendo 26,7% a calha do rio do Engano e os 8,33 hectares restantes de área inundada. Apesar da topografia acidentada, conforme se observa pela alta densidade de curvas de nível, existem margens alteradas pela atividade agrícola na região do reservatório, com presença de fragmentos florestais na margem esquerda, e área florestal nativa melhor preservada à margem direita. A APP do futuro reservatório será mantida em

faixa de 50,0 metros, compreendendo área total de 16,23 hectares. A supressão florestal estimada é de 7 hectares. Nenhuma benfeitoria é afetada pelo reservatório, sendo possível a desapropriação de 01 benfeitoria para formação de APP.

O arranjo geral do eixo E-04 é apresentado na Figura 9, onde se observa a existência de quedas naturais, denotadas pela presença de uma sequência de corredeiras. Neste caso, optou-se por arranjo em derivação por túnel, com barramento na EL. 513,0 casa de força situada à margem esquerda, elevação de jusante EL. 502,8 o que possibilita a exploração do potencial com queda natural de 10,2 metros para geração de energia. A indicação do túnel, em nível de prospecção, se baseia pela menor extensão a transpor (330 metros). A opção de canal aberto pode ser viável, mediante o estudo de alternativas durante o PB.

Figura 9. Arranjo geral proposto para o eixo E-04.



Fonte: a autora (2021)

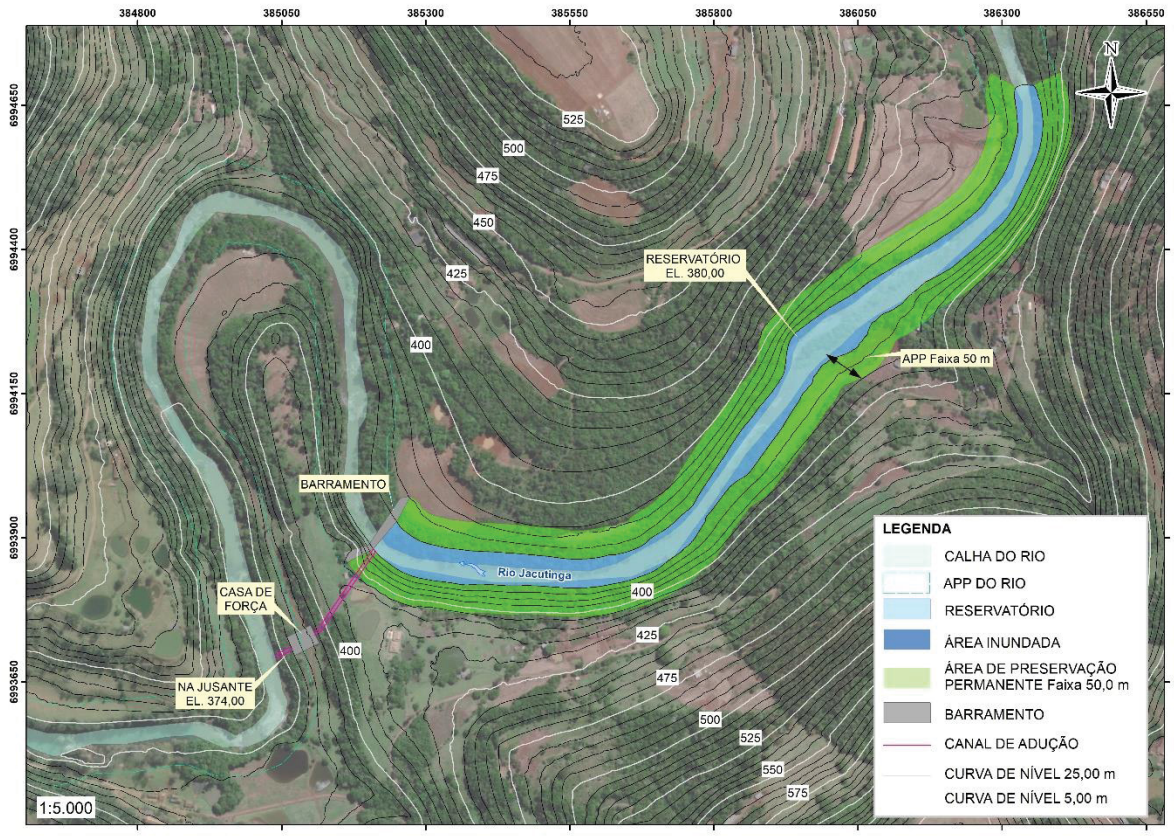
O TVR a ser formado tem extensão aproximada de 1.320 metros, sendo que a manutenção das vazões pode ser garantida, além das tubulações de vazão ecológica, pela contribuição de um pequeno afluente ao rio Jacutinga, pela margem direita. A posição do barramento foi à montante da principal corredeira, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental sobre este tipo de sistema, mantendo-se fixa a

elevação do reservatório, pois um aumento no N.A. de operação implicaria em um aumento expressivo da área inundada à montante, devido às características topográficas.

O reservatório a ser formado possui área de 6,84 hectares, sendo 50% a própria calha do rio Jacutinga e os 3,42 hectares restantes compostos por área efetivamente inundada. Conforme mostra a Figura 9, a região deste aproveitamento se apresenta bastante antropizada, com uso predominante da APP do rio Jacutinga para fins agrícolas, além de existirem acessos abertos e pequenos núcleos habitacionais. As benfeitorias, entretanto, se situam fora das áreas a serem desapropriadas para implantação do empreendimento e nenhuma estrutura será afetada. A supressão de vegetação nativa é estimada em 3,65 hectares e a nova APP a ser formada totaliza 13,12 hectares na faixa de 50,0 m a partir da calha do rio.

O eixo E-05 também se localiza no rio Jacutinga, no município de Arabutã (Figura 10). Para aproveitamento da queda disponível, foi previsto arranjo em derivação por canal de adução pela margem direita, uma vez que as condições topográficas permitem, além da existência de um pequeno afluente na margem esquerda do rio. O reservatório está na EL. 380,00 a casa de força na margem direita, e elevação de jusante na EL. 374,00 gerando queda bruta de 6,0 metros. O comprimento do TVR é de aproximadamente 1.600,0 metros. A área do reservatório é de 8,25 hectares, sendo 53,6% a calha do rio Jacutinga e outros 3,83 hectares compostos por área inundada.

Figura 10. Arranjo geral proposto para o eixo E-05.

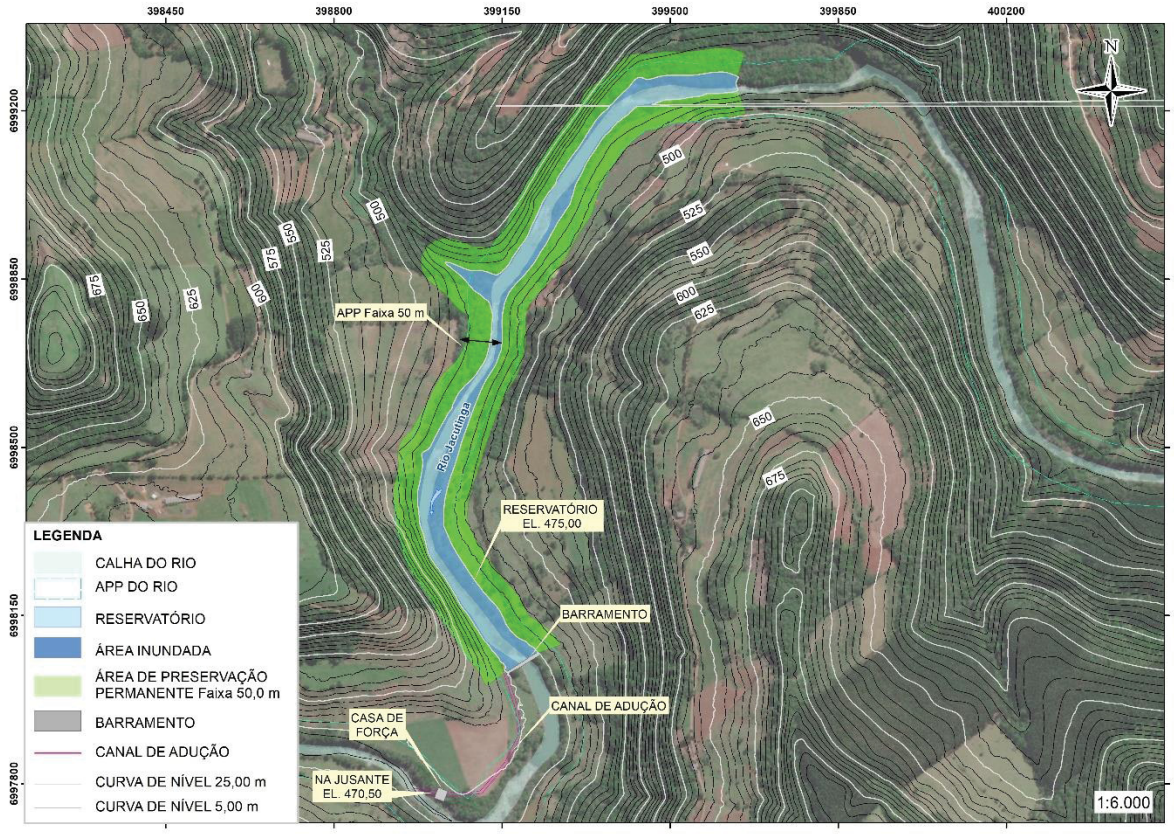


Fonte: a autora (2021)

O uso do solo no entorno do aproveitamento se mostra bastante alterado pela influência antrópica, com pastagens, cultivo agrícola, abertura de acessos e algumas construções. A faixa ciliar do rio Jacutinga é existente, embora não atenda ao mínimo previsto em legislação. Será suprimida uma área estimada em 3,76 hectares para implantação do empreendimento e a nova APP a ser formada, em faixa de 50,0 m terá 16,03 hectares. Não haverá benfeitorias impactadas pelo reservatório.

O eixo E-06 é o terceiro aproveitamento localizado no rio Jacutinga, com topografia bastante favorável, por apresentar vales bem encaixados, que favorecem a formação de reservatórios com menos área alagada em projeção. Devido a disponibilidade de quedas naturais, foi selecionado arranjo com canal de derivação pela margem direita, sendo o reservatório na EL. 475 e a elevação de jusante na EL. 470,50 gerando queda bruta de 4,5 metros (Figura 11). A derivação formará um TVR com extensão de aproximadamente 360 m até o ponto de restituição.

Figura 11. Arranjo geral proposto para o eixo E-06.



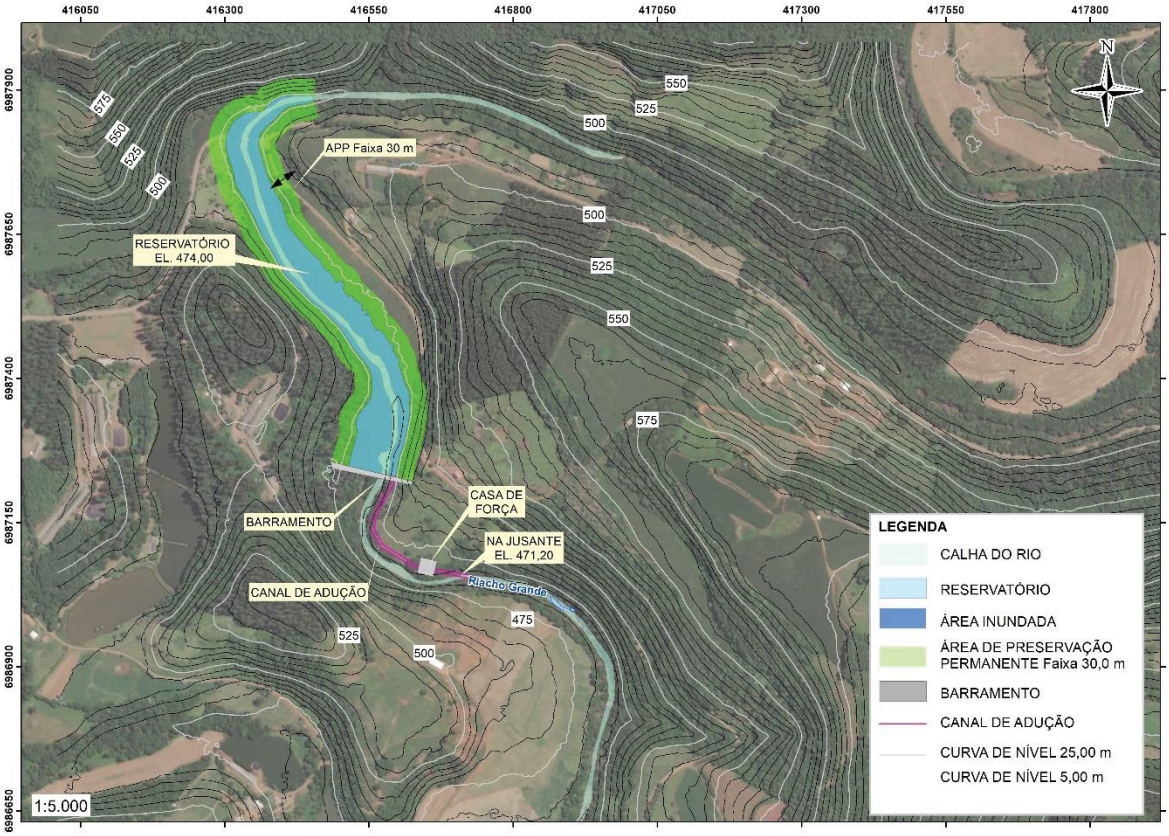
Fonte: a autora (2021)

O reservatório a ser formado com o barramento possui 7,39 hectares, sendo 46,3 % a própria calha do rio Jacutinga, e os 3,97 hectares restantes compondo área inundada. A APP futura será em faixa de 50 metros, perfazendo 16,96 hectares de área recuperada. Nenhuma benfeitoria será afetada pela área inundada, ocorrendo 02 benfeitorias que podem ser desapropriadas para implantação de faixa de APP.

O uso do solo na região tem predomínio agrícola, com presença de alguns fragmentos de vegetação nativa na forma de corredores e pequenas glebas. Estes remanescentes se concentram mais à margem direita, sendo a margem esquerda altamente alterada, inclusive dentro da APP do rio Jacutinga. A área de supressão estimada para implantação do empreendimento é de 3,85 hectares.

O eixo E-07 se situa no riacho Grande, entre os municípios de Concórdia e Presidente Castelo Branco. Devido ao menor porte do curso hídrico, a APP do futuro reservatório pode ser adotada em 30,0 metros conforme as disposições legais vigentes, computando área de 9,4 hectares (Figura 12).

Figura 12. Arranjo geral proposto para o eixo E-07.



Fonte: a autora (2021)

O arranjo geral prevê derivação de água por canal de adução na margem esquerda, sendo o reservatório na EL 474,0 e nível de jusante na EL 471,20 aproveitando uma queda bruta próxima de 3,0 metros (Figura 12). A derivação formará um TVR de aproximadamente 200 metros.

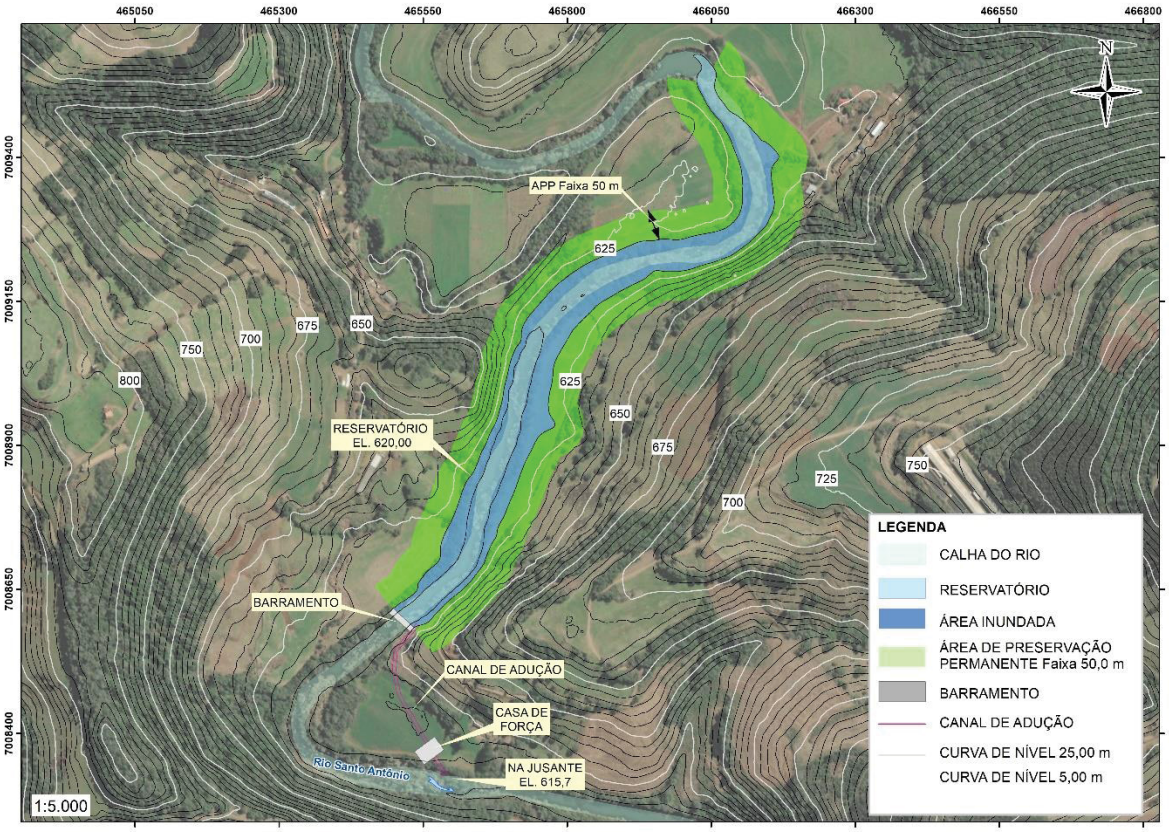
O reservatório formará área de 4,37 hectares, sendo 17,6% a calha do riacho Grande e 3,60 hectares a área inundada. Para formação do reservatório, deverá ser suprimida uma área de aproximadamente 3,5 hectares de vegetação.

Com relação ao uso do solo, se verifica ocorrência de áreas antropizadas, com práticas agrícolas, e remanescentes florestais. Apesar da existência de atividades locais, nenhuma benfeitoria será afetada pelo reservatório ou APP.

Por fim, para o eixo E-08, situado no rio Santo Antônio, foi selecionado arranjo por derivação via canal de adução, na margem esquerda, formando TVR com 220,0

m de extensão. O reservatório é previsto na EL. 620,0 e nível de jusante na EL. 615,7 (Figura 13).

Figura 13. Arranjo geral proposto para o eixo E-08.



Fonte: a autora (2021)

Para a implantação do empreendimento, o reservatório a ser formado é de 8,1 hectares, sendo 42,4% a calha do rio e 4,67 hectares de área inundada. A supressão de vegetação estimada é de 3,73 hectares, sendo que em ambas as margens ocorre predomínio de uso agrícola do solo. A APP futura ocupará 13,14 hectares ao longo da faixa de 50 metros.

Um resumo das principais características ambientais dos eixos prospectados é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4. Resumo das principais características ambientais dos aproveitamentos.

Eixo	TVR (m)	Áreas (ha)			Benfeitorias afetadas	
		Inundada	Supressão	APP	Reservatório	APP
E-01	589	1,29	1,36	7,57	0	3
E-02	750	2,50	2,67	12,84	0	0
E-03	0	8,33	7,00	16,23	0	1
E-04	1.320	3,42	3,65	13,12	0	0

E-05	1.600	3,83	3,76	16,03	0	0
E-06	360	3,97	3,85	16,96	0	2
E-07	200	3,60	3,50	9,40	0	0
E-08	220	4,67	3,73	13,14	0	0

3.5 ESTIMATIVA DA POTÊNCIA INSTALADA

O cálculo da potência instalada estimada é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Estimativa da potência instalada por aproveitamento.

Eixo	Queda bruta (m)	Tipo	Perdas (m)	Queda líquida (m)	Q_{disp}	eficiência	Potência firme (MW)	Potência instalada (MW)
E-01	4,8	Canal	0,24	4,56	10,55	0,85	0,40	0,80
E-02	10,4	Túnel	0,52	9,88	10,34	0,85	0,85	1,70
E-03	8,0	pé de barragem	0,24	7,76	12,55	0,85	0,81	1,62
E-04	10,2	Túnel	0,51	9,69	17,62	0,85	1,42	2,85
E-05	6,0	Canal	0,3	5,7	24,04	0,85	1,14	2,29
E-06	4,5	Canal	0,225	4,275	18,78	0,85	0,67	1,34
E-07	2,8	Canal	0,14	2,66	5,25	0,85	0,12	0,23
E-08	4,7	Canal	0,235	4,465	9,77	0,85	0,36	0,73

Fonte: a autora (2021)

Verifica-se, da análise da tabela, que a maior potência foi obtida para o eixo E-04 (rio Jacutinga), o que é atribuído tanto a expressiva vazão média do período crítico, de 18,83 m³/s como também à queda líquida oferecida pela sequência de corredeiras entre os níveis de montante e jusante. O aproveitamento E-05 apresentou o segundo melhor resultado, compensado pela menor queda bruta, apesar de ser o eixo com maior disponibilidade hídrica.

O eixo E-07 apresentou resultados muito baixos de potência, o que se justifica pela baixa queda disponível e elevação do reservatório selecionada, de forma que seria necessário implantar reservatórios elevados e, consequentemente, com maiores impactos associados, para maximizar o aproveitamento energético. Os demais eixos estudados apresentaram resultados intermediários, sugerindo potencial razoável.

4 CONCLUSÃO

Foram identificados neste trabalho oito eixos para aproveitamentos hidrelétricos na forma de CGHs na RH3. Verificou-se que alguns podem ser técnica e ambientalmente mais viáveis do que outros, sendo o E-07 o aproveitamento com menor potencial identificado em ambos aspectos. Desta forma, a baixa geração de energia tende a não justificar o impacto socioambiental das intervenções.

É recomendável considerar para estudos subsequentes, como a elaboração do PBP, os eixos E-02 a E-06, priorizando os eixos E-04 e E-05, com potencial acima de 2 MW e cujos impactos ambientais parecem proporcionais. Destaca-se que, no caso do E-04, o maior fator negativo pode ser a formação de longo trecho de vazão reduzida, o que por outro lado pode ser amenizado pela existência de contribuintes que auxiliam na manutenção da vazão ecológica.

Em todos os casos, este estudo identificou viabilidade técnica preliminar, que deve ser avaliada em maior nível de detalhamento durante os estudos de projeto básico e executivo. Cabe ressaltar as limitações existentes durante a fase de prospecção expedita, por ordem da utilização de dados secundários e aproximações. As principais diferenças que podem ser encontradas em campo se referem às distorções de posicionamento das curvas de nível e elevações. Por força destes fatores, as estimativas de queda bruta e potência instalada apresentadas aqui, que demandam trabalhos de campo para aferição.

No que tange aos impactos socioambientais, verifica-se que os efeitos da implantação de empreendimentos de pequeno porte isolados podem ser minimizados sensivelmente, e em especial no tocante à desapropriação de terras produtivas, uma vez que é comum este impacto se limitar à extensão da própria APP do rio principal. Ademais, destaca-se as obrigações legais previstas na legislação ambiental abordada, que imprime a recomposição de uma faixa de APP ao longo do futuro reservatório, compensações pelo uso da APP e compensações pelo corte de vegetação nativa, não excludentes. Nestes preceitos, em todos os casos a área total recuperada excede à área de intervenção.

A magnitude dos impactos socioambientais, ainda, pode ser reduzida por alterações adequadas de projeto e planejamento, compreendendo alteração do N.A. de operação do reservatório, desde que limitado pela divisão de quedas, quando

existente, bem como mudanças na concepção do método e traçado de adução, ou deslocamento do eixo do barramento para montante ou jusante.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 17 abril 2012. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf. Acesso em 27 de julho de 2021.

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 875 de 10 de março de 2020**. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas, à obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos, à comunicação de implantação de Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida e à aprovação de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica de Usina Hidrelétrica sujeita à concessão. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 51, 10 de março de 2020, Seção I, p. 60.

ANEEL. **Despacho nº 1.699 de 25 de maio de 2015**. Aprova os estudos de inventário hidrelétrico do rio Jacutinga. Despacho da Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 25 maio 2015. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/inventario-hidreletricos. Acesso em 27 de julho de 2021.

BERMANN, C. **Impasses e Controvérsias da Hidreletricidade**. Estudos Avançados, São Paulo, p. 139-153, 2007.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº. 9.074 de 7 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Legislação da República Federativa do Brasil, Brasília, 7 julho 1995. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm. Acesso em 27 de julho de 2021.

BRASIL. **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. Legislação da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 dezembro 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em 27 de julho de 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Legislação da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 27 de julho de 2021.

COLLISCHON, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2ª Ed., Porto Alegre: ABRH, 2015.

CONAMA. **Resolução nº 369 de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 28 março 2006. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489. Acesso em 27 de julho de 2021.

EPE. **Balanço energético nacional 2020**: Ano base 2019. Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 2020.

EPE. **Considerações sobre a expansão hidrelétrica nos estudos de planejamento energético de longo prazo**. Documento de apoio ao PNE 2050. Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 2018.

ELETROBRAS. **Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro**. Mapa do potencial hidrelétrico brasileiro de aproveitamento maior ou igual a 50 MW. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2018. Escala: 1:5.500.000.

ELETROBRAS. **Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas**. Rio de Janeiro: Eletrobras,1997.

FARIA, F.A.M. **Metodologia de prospecção de pequenas centrais hidrelétricas**. 2011. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2011.

FLÓREZ, R.O. **Pequenas centrais hidrelétricas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

GONÇALVES, C. **Os benefícios que o desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidrelétricas na matriz energética promove ao país**. Rio de Janeiro: IFE, 2020.

IMA. **Portaria nº 43 de 18 de março de 2021**. Dispõe sobre a compensação pelo uso de Área de Preservação Permanente (APP), nas hipóteses de utilidade pública e interesse social estabelecidas nos arts. 124-B e 124-C do Código Estadual do Meio Ambiente – Lei Estadual nº 14.675/2009 e no art. 3º, VIII e IX do Código Florestal – Lei Federal nº 12.651/2012. Portaria do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, Florianópolis, 18 março 2021. Disponível em: http://intranet.ima.sc.gov.br/web/portarias. Acesso em 27 de julho de 2021.

MME; EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2021.

SANTA CATARINA (Estado). **Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009**. Institui o Código Estadual de Meio Ambiente. Legislação do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 13 abril 2009. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_Lei.html. Acesso em 27 de julho de 2021.

SANTA CATARINA (Estado). **Resolução nº 98 de 05 de julho 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. Legislação do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 05 julho 2017. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=345935. Acesso em 27 de julho de 2021.

SIMÕES, M.G.; FARRET, F.A. **Integration of alternative sources of energy**. New Jersey: IEE, 2006.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões**. 1ª ed, Porto Alegre: ABRH, 2017.

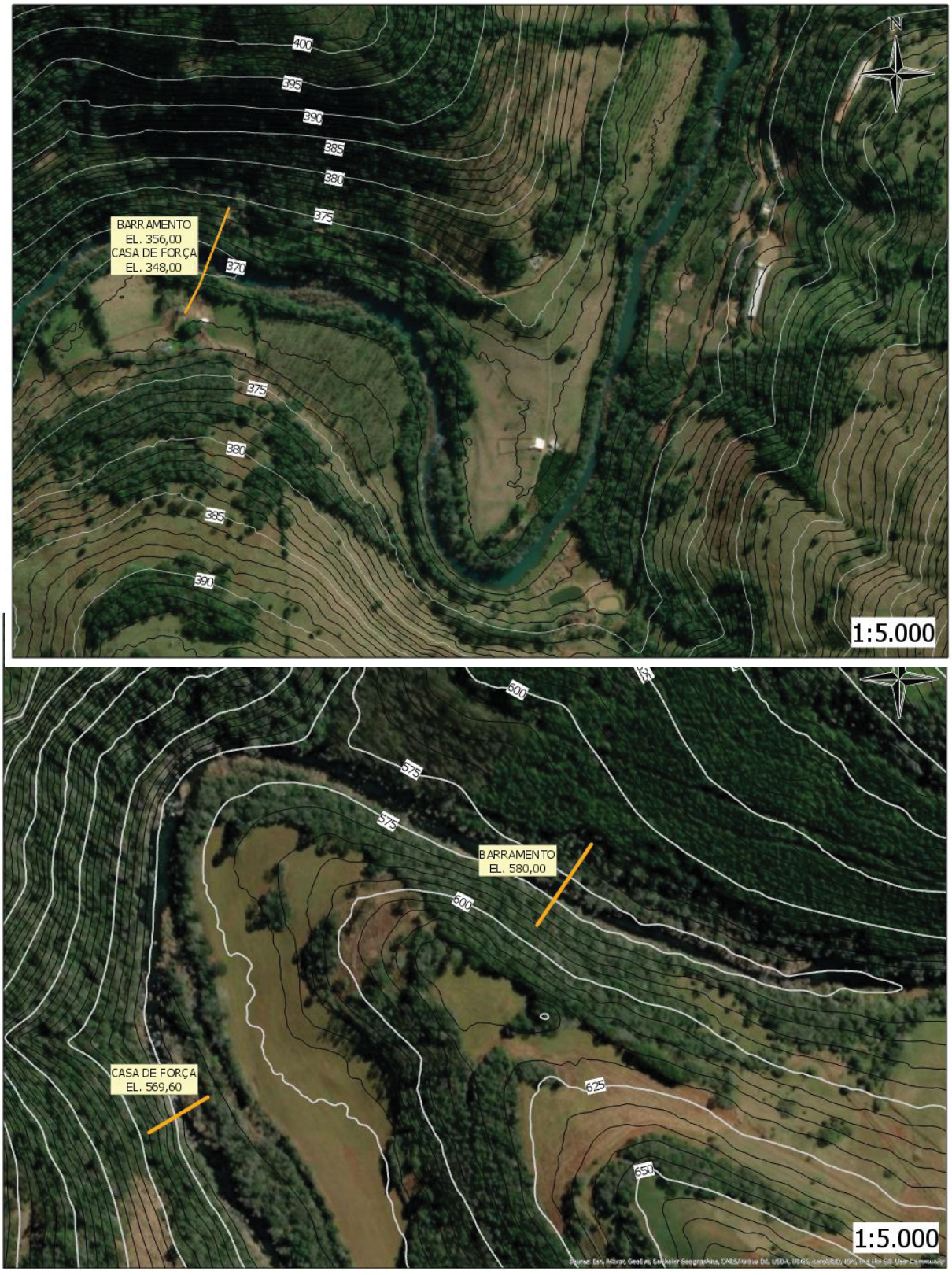
ZAGO, S.; PAIVA, D.P. (Org.). **Rio do Peixe**: atlas da bacia hidrográfica. 2ª ed. Joaçaba: UNOESC, Concórdia: EMBRAPA, 2016.

APÊNDICE 1 – CARTOGRAMAS TOPOGRÁFICOS DOS EIXOS PROSPECTADOS

Eixo E-01, situado entre os municípios de Concórdia e Peritiba.

Eixo E-02, situado entre no município de Ibicaré.

Eixo E-03 entre os municípios de Itá e Seara.

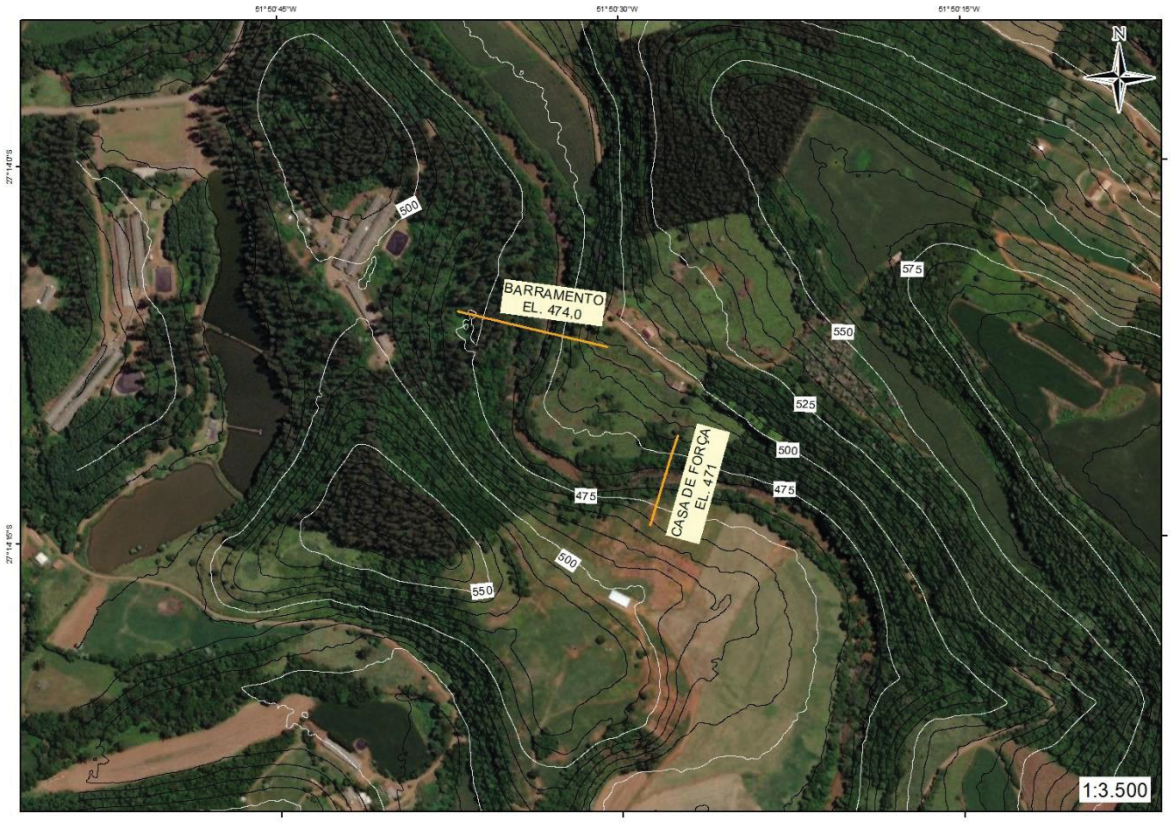


Eixo E-04 entre os municípios de Concórdia, Lindóia do Sul e Irani.

Eixo E-05 no município de Arabutã

Eixo E-06 entre os municípios de Concórdia e Lindóia do Sul.

Eixo E-07 entre os municípios de Concórdia e Presidente Castelo Branco.



Eixo E-08 entre os municípios de Treze Tílias e Ibicaré.

APÊNDICE 2 – EXTENSÃO DAS SÉRIES DE DADOS NAS ESTAÇÕES

ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																								
ANO	RIO URUGUAI												TANGARÁ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1941	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1942	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1943	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1944	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1945		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1946	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1947	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1948	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1949	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1950	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1951	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1952	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1953	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1954	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1955	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1956	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1957	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1958	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1959	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1960	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1961	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1962	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1963	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1964	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1965	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1966	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1967	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1968	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1969	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1970	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1971	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1972	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1973	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1974	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1975	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
1976	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				x	x	x	x	x	x	x	x	x
1977	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1978	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1979	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1980	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1981	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1982	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1990			x	x					x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1991						x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1992	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1993	x	x	x	x	x	xx	x	x	xx	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1994	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1995	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1996	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1998	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1999	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000	x	x	x										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2001													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2002													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2003													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2004													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2005													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2008													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2009													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2012													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2016													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2017													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2018													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2019													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2020													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2021													x											

Total	60	60	61	60	59	60	60	60	59	59	60	59	48	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	59												45											
Vazios	42												22											

	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																							
	VIDEIRA												RIO DAS ANTAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1941	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1942	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1943	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1944																								
1945	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1946	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1947	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1948	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1949	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1950	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1951	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1952	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												

1953	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1954	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1955	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1956	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1957	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1958	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1959	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1960	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1961	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1962	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1963	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1964																								
1965																								
1966																								
1967																								
1968																								
1969																								
1970																								
1971																								
1972																								
1973																								
1974																								
1975																								
1976																	x	x	x	x	x	x	x	x
1977													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1978													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1979													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1980													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1981													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1982													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1983													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1984													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1985													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1986													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1987													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1988													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1989													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1990													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1991													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1992													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1993													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1994													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1995													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1996													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1997													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1998													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1999													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2001													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2002													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2003													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2004													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2005													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2008													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

2009													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2012													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2016													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2017													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2018													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2019													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2020													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2021																								

Total	25	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	47	45	45	45	46	46	46	46	46	46	46	45
	23												45											
Vazios	12												0											

	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																							
	Rio Uruguai												Rio Uruguai											
	UHE MACHADINHO BARRAMENTO												UHE MACHADINHO JUSANTE											
ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940																								
1941																								
1942																								
1943																								
1944																								
1945																								
1946																								
1947																								
1948																								
1949																								
1950																								
1951																								
1952																								
1953																								
1954																								
1955																								
1956																								
1957																								
1958																								
1959																								
1960																								
1961																								
1962																								
1963																								
1964																								
1965																								
1966																								
1967																								
1968																								
1969																								
1970																								
1971																								

1972																									
1973																									
1974																									
1975																									
1976																									
1977																									
1978																									
1979																									
1980																									
1981																									
1982																									
1983																									
1984																									
1985																									
1986																									
1987																									
1988																									
1989																									
1990																									
1991																									
1992																									
1993																									
1994																									
1995	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
1996	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
1998	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
1999	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
2001	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
2002	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
2003	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2004	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2005	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2008	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2009	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2012	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015	x	x	x	x	x								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2016													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2017													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2018													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2019													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2020																									
2021																									

Total	24	22	22	22	22	21	21	21	21	20	20	20	19	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	20												17												
Vazios	25												0												
	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																								
ANO	JOAÇABA												BARRA DO RIO PARDO												

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1941	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1942	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1943	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1944	x	x	x																					
1945																								
1946																								
1947																								
1948																								
1949																								
1950																								
1951																								
1952																								
1953																								
1954																								
1955																								
1956																								
1957																								
1958																								
1959																								
1960																								
1961																								
1962																								
1963																								
1964																								
1965																								
1966																								
1967																								
1968																								
1969																								
1970																								
1971																								
1972																								
1973																								
1974																								
1975																								
1976																			x	x	x	x	x	x
1977													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1978													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1979													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1980													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1981													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1982													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1983													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1984													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1985													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1986													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1987													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1988													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1989													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1990													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1991													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1992													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1993													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1994													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

1995													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1996													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1997													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1998													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1999													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2001													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2002													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2003													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2004													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2005													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2008													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2009													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2012													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2016													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2017													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2018													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2019													x	x	x	x								
2020																								
2021																								
Total	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	46	44	44	44	43	43	44	44	44	44	44	44
	5												43											
Vazios	0												0											

	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																							
ANO	JOAÇABA I												RIO CAPINZAL											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940																								
1941																								
1942																								x
1943													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1944													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1945													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1946													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1947													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1948													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1949																								
1950																								
1951																								
1952																								
1953																								
1954																								
1955																								
1956																								
1957																								
1958																								

1959													
1960													
1961													
1962													
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1987	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1988	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1989	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1990	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1991	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1992	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1993	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1994	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1995	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1996	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1998	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1999	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2001	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2002	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2003	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2004	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2005	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2006	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2007	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2008	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2009	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2010	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2011	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2012	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2014	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

2015	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2017	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2018	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2020	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2021	x																							
Total	39	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
	36												7											
Vazios	22												0											

	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE																							
ANO	UHE ITÁ RIO DO PEIXE												UHE ITÁ RIO JACUTINGA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940																								
1941																								
1942																								
1943																								
1944																								
1945																								
1946																								
1947																								
1948																								
1949																								
1950																								
1951																								
1952																								
1953																								
1954																								
1955																								
1956																								
1957																								
1958																								
1959																								
1960																								
1961																								
1962																								
1963																								
1964																								
1965																								
1966																								
1967																								
1968																								
1969																								
1970																								
1971																								
1972																								
1973																								
1974																								
1975																								
1976																								
1977																								
1978																								

1979																								
1980																								
1981																								
1982																								
1983																								
1984																								
1985																								
1986																								
1987																								
1988																								
1989																								
1990																								
1991																								
1992																								
1993																								
1994																								
1995																								
1996																								
1997																								
1998																								
1999																								
2000																								
2001																								
2002																								
2003																								
2004																								
2005				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2008	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2009	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2012	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2017	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2018																								
2019																								
2020																								
2021																								

Total	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	12												13											
Vazios	0												0											

ANO	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA																							
	ENGENHO VELHO												JACUTINGA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940																								
1941																								
1942																								
1943																								
1944																								
1945																								
1946																								
1947																								
1948																								
1949																								
1950																								
1951									x	x	x	x												
1952	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1953	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1954	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1955	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1956	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1957	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1958	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1959	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1960	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1961	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1962	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1963	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1964	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1965	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1966	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1967	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1968	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1969	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1970	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1971	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1972	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1973	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1974	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1975	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1976	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1977	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1978	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1979	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1980	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1981	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1982	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1983	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1984	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1985	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1986	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1987	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1988	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1989	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1990	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1991	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												

1992	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1993	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1994	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1995	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1996	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
1998																								
1999																								
2000																								
2001																								
2002																								
2003																								
2004																								
2005																								
2006																								
2007																								
2008																								
2009																								
2010																								
2011																								
2012																								
2013																								
2014																								
2015																								
2016																								
2017																								
2018																								
2019																								
2020																								
2021																								
Total	46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	46	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	46												2											
Vazios	0												0											

ANO	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA																							
	BONITO												PASSO ALTO IRANI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940																								
1941																								
1942																								
1943																								
1944																								
1945																								
1946																								
1947																								
1948																								
1949																								
1950																								
1951									x	x	x	x												
1952	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1953	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1954	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1955	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												

1956	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1957	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1958	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								x	x	x	x	x
1959	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1960	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1961	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1962	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1963	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1964	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1965	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1966	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1967	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1968	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1969	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1970	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1971	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1972	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1973	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1974	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1975	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1976	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1977	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1978	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1979	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1980	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1981	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1982	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1983	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1984	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1985	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1986	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1987	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1988	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1989	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1990	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1991	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1992	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1993	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1994	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1995	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1996	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1998	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1999	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2001	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2002	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2003	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2004	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2005	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2006	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2007	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
2008	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2009	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2010	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2011	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

2012	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2013	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2014	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2015	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2017	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2018	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
2020	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x												
2021	x																							

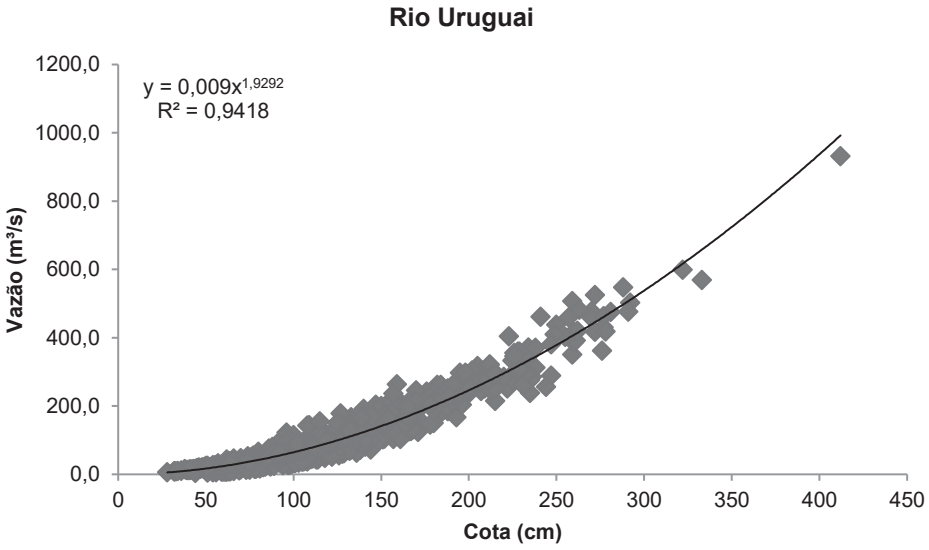
Total	73	70	70	70	70	70	70	70	71	70	70	71	59	57	57	57	57	57	57	58	57	57	58	58
	70												57											
Vazios	0												2											

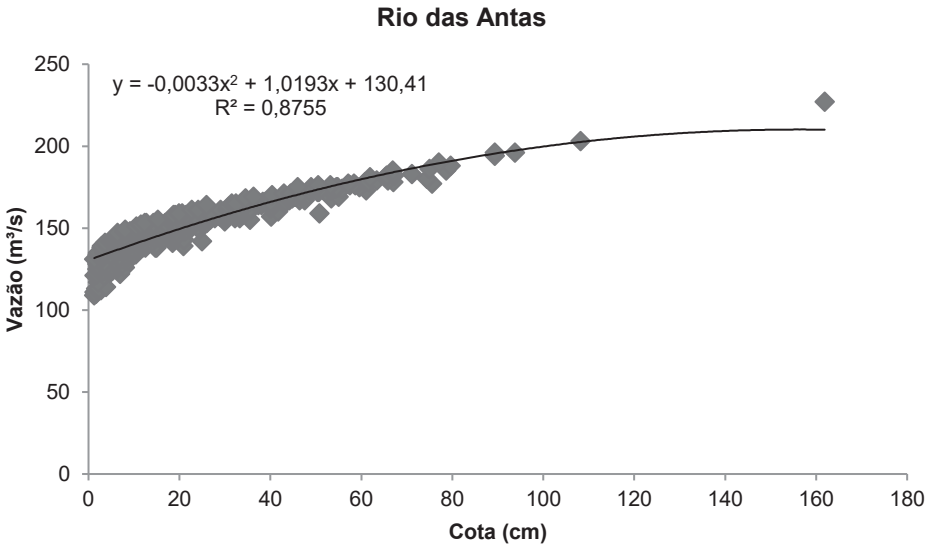
	ESTAÇÕES - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA											
ANO	BARCA IRANI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940												
1941												
1942												
1943												
1944												
1945												
1946												
1947												
1948												
1949												
1950												
1951												
1952												
1953												
1954												
1955												
1956												
1957												
1958												
1959												
1960												
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968												
1969										X	X	X
1970	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1971	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1972	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1973	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1974	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1975	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1976	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

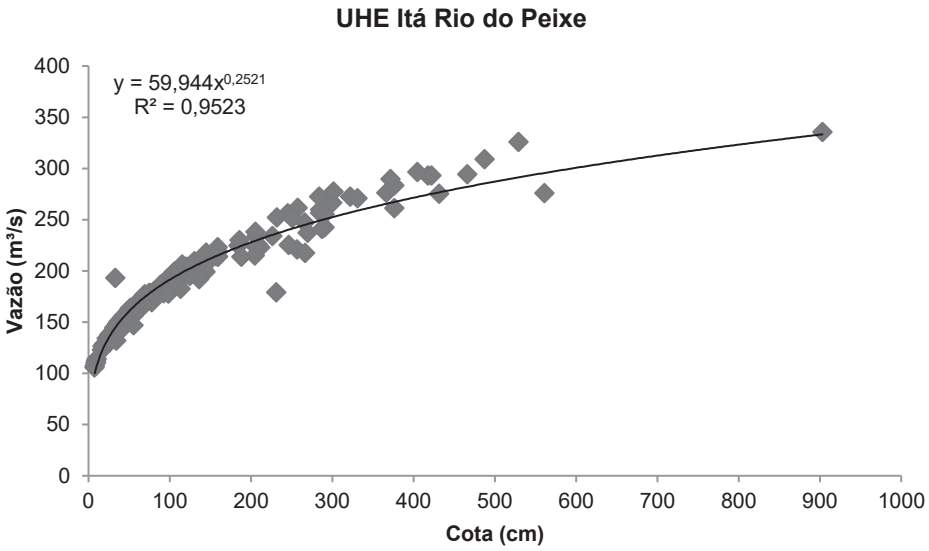
1977	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1978	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1979	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1980	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1981	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1982	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1985	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1986	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1988	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1995	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2013	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2015	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2016	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2017	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2018	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2019	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2020	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2021												

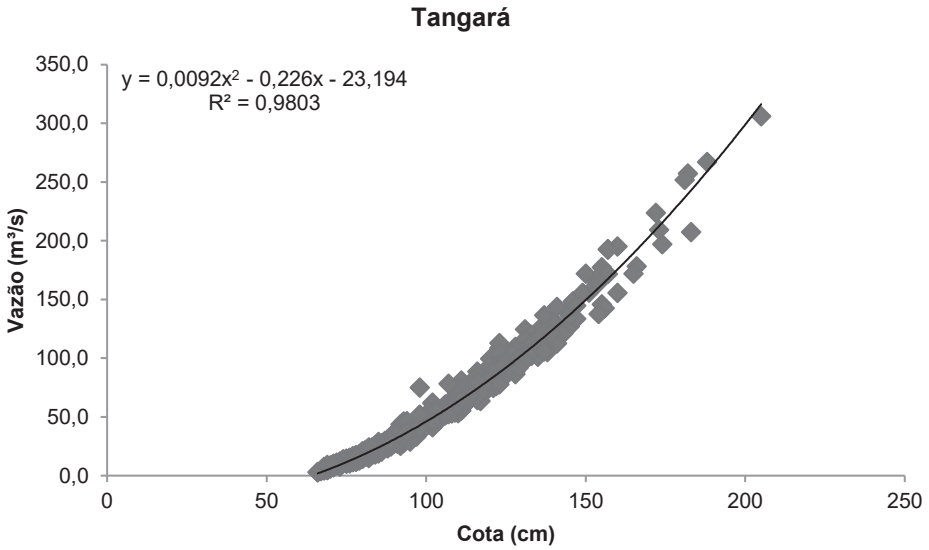
Total	51	51	51	51	51	51	51	51	51	52	52	52
	51											
Vazios	0											

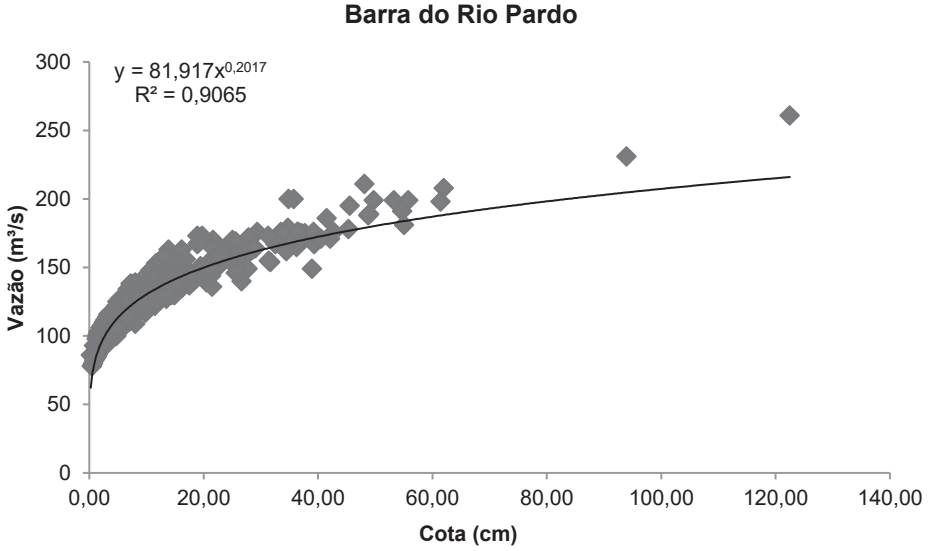
APÊNDICE 3 – ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

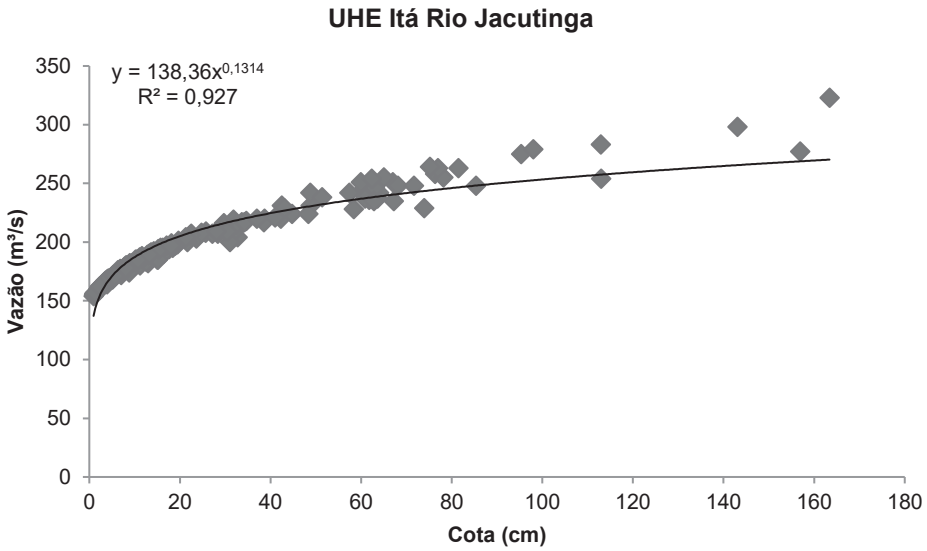


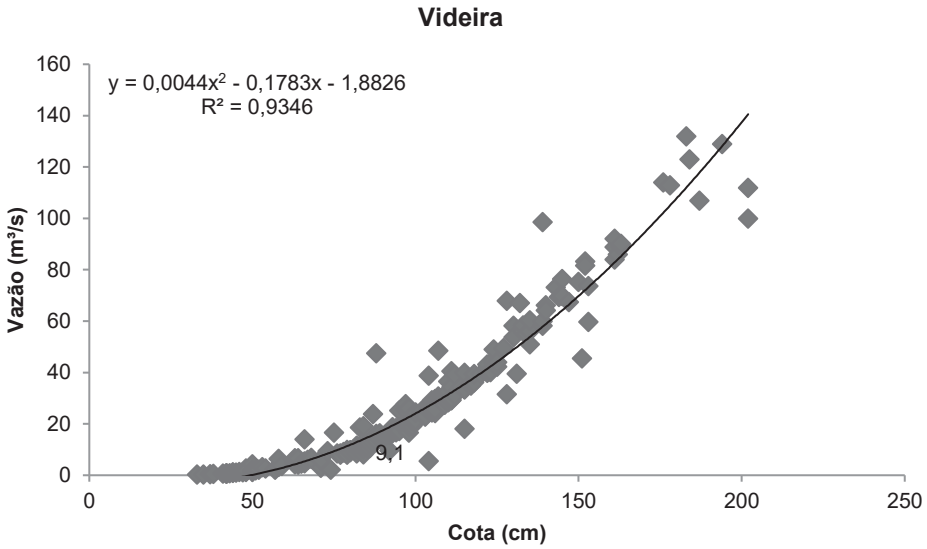


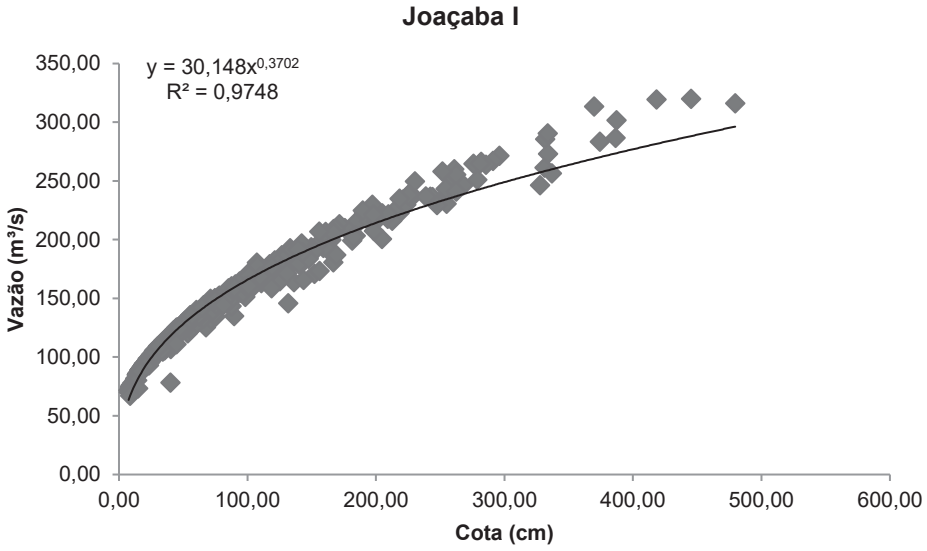

UHE Itá Rio do Peixe
y = 59,944x^0,2521
R² = 0,9523
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

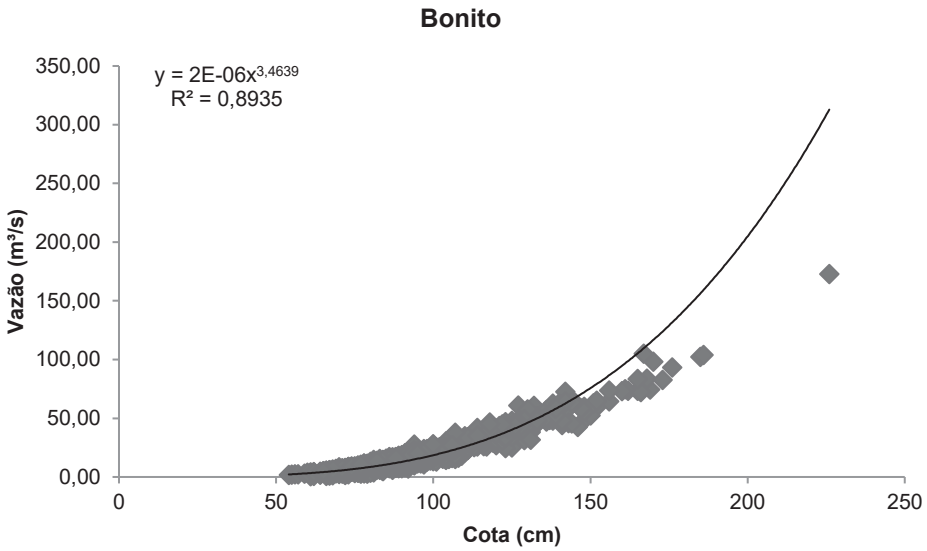

Tangará
y = 0,0092x² - 0,226x - 23,194
R² = 0,9803
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0,0
50,0
100,0
150,0
200,0
250,0
300,0
350,0
0
50
100
150
200
250

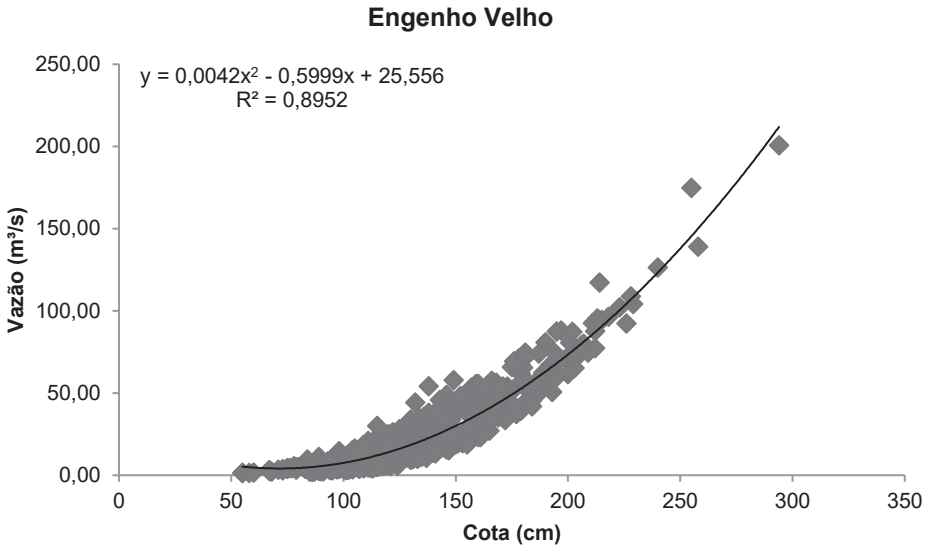

Barra do Rio Pardo
y = 81,917x^0,2017
R² = 0,9065
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0
50
100
150
200
250
300
0,00
20,00
40,00
60,00
80,00
100,00
120,00
140,00

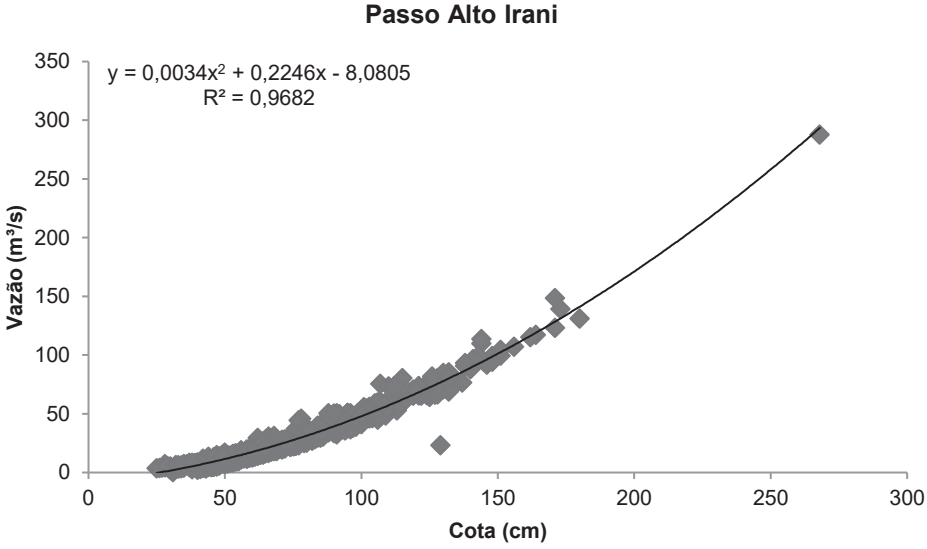

UHE Itá Rio Jacutinga
y = 138,36x^0,1314
R² = 0,927
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180

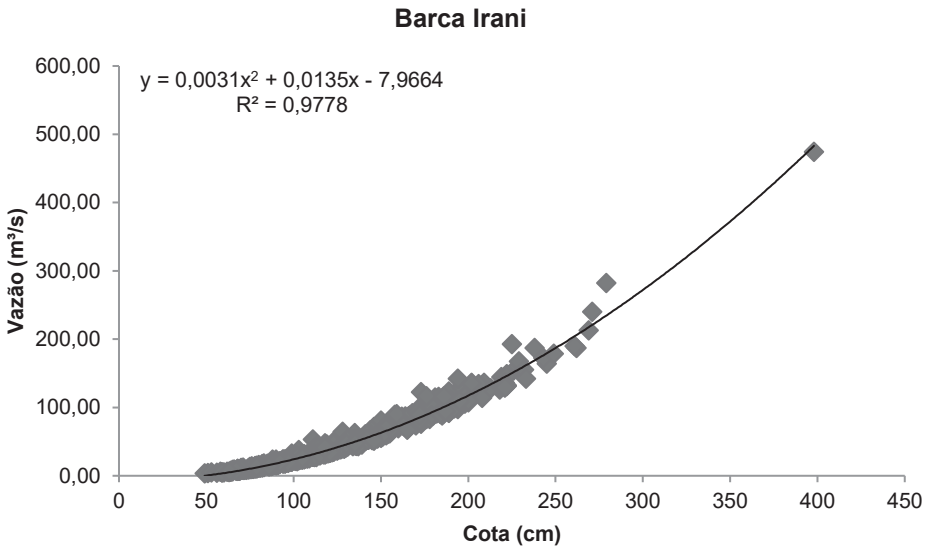

Videira
y = 0,0044x² - 0,1783x - 1,8826
R² = 0,9346
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
50
100
150
200
250


Joaçaba I
y = 30,148x^0,3702
R² = 0,9748
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
0,00
50,00
100,00
150,00
200,00
250,00
300,00
350,00
0,00
100,00
200,00
300,00
400,00
500,00
600,00

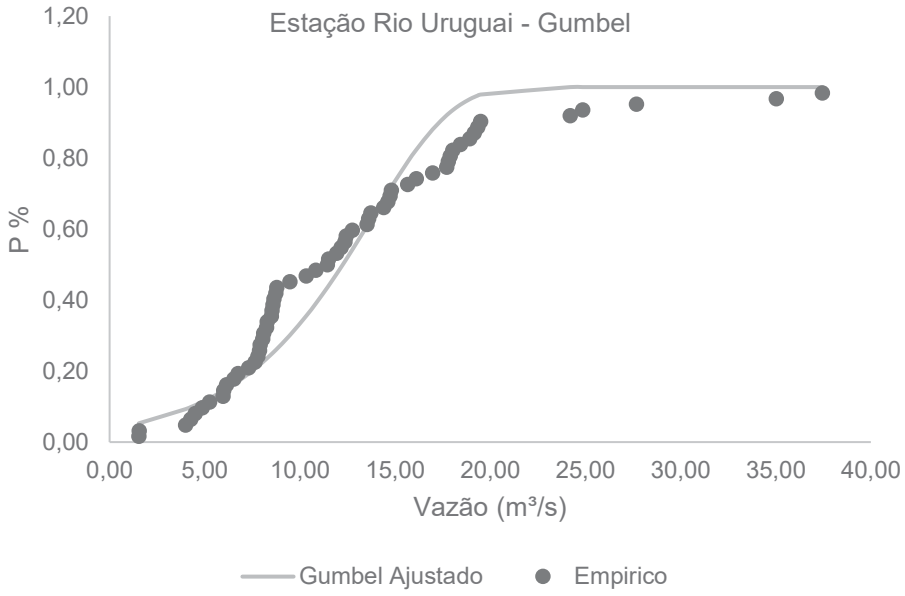

Bonito
y = 2E-06x3,4639
R² = 0,8935
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
350,00
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
0
50
100
150
200
250

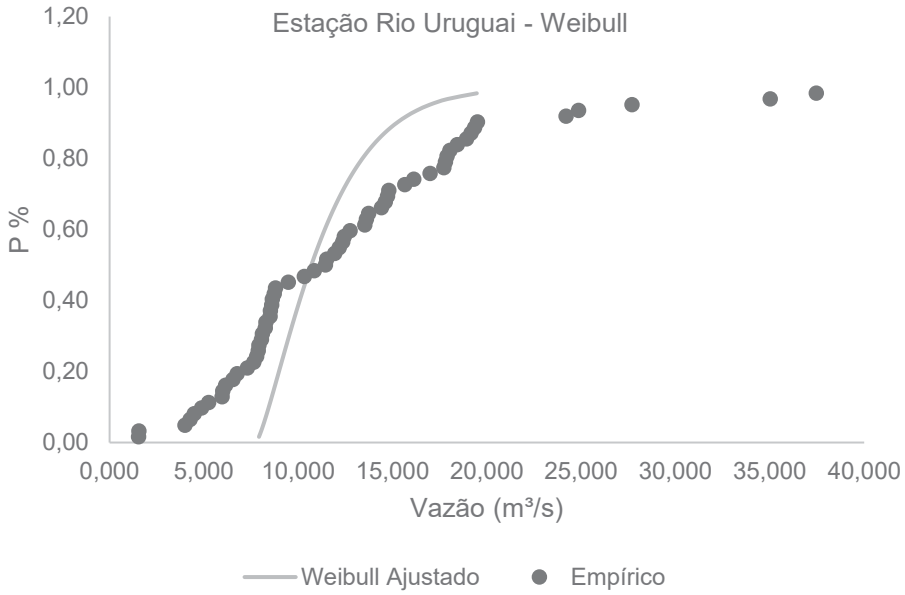

Engenho Velho
y = 0,0042x² - 0,5999x + 25,556
R² = 0,8952
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
0
50
100
150
200
250
300
350

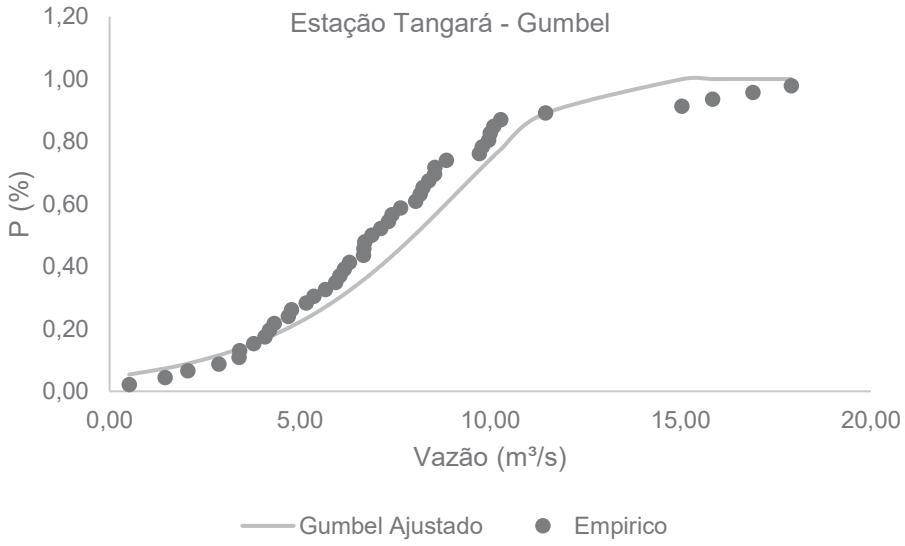

Passo Alto Irani
y = 0,0034x² + 0,2246x - 8,0805
R² = 0,9682
Vazão (m³/s)
Cota (cm)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
50
100
150
200
250
300

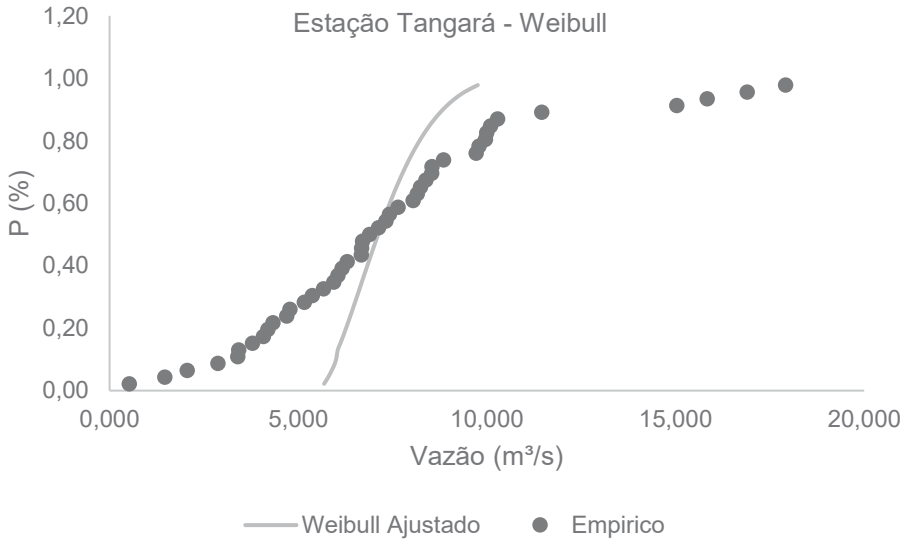

Barca Irani
y = 0,0031x² + 0,0135x - 7,9664
R² = 0,9778
600,00
500,00
400,00
300,00
200,00
100,00
0,00
Vazão (m³/s)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
Cota (cm)

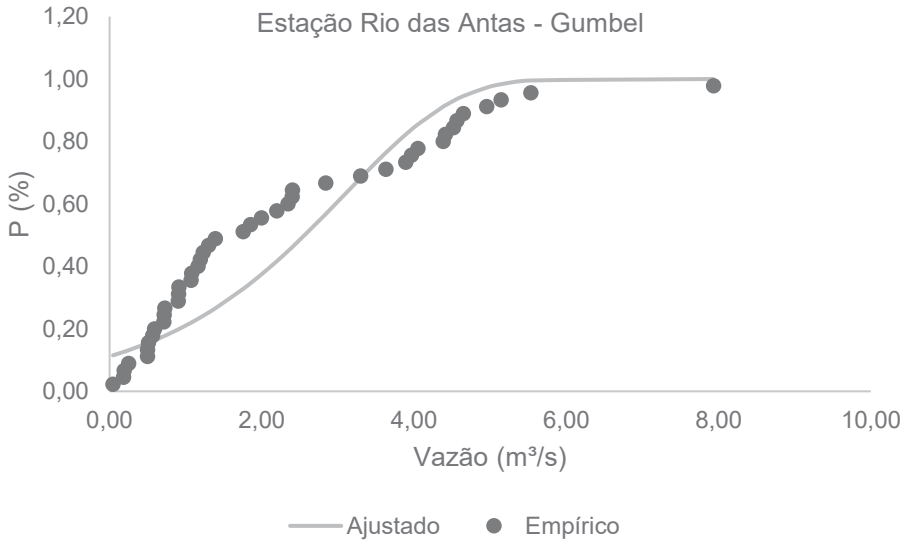
APÊNDICE 4 – AJUSTE A DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

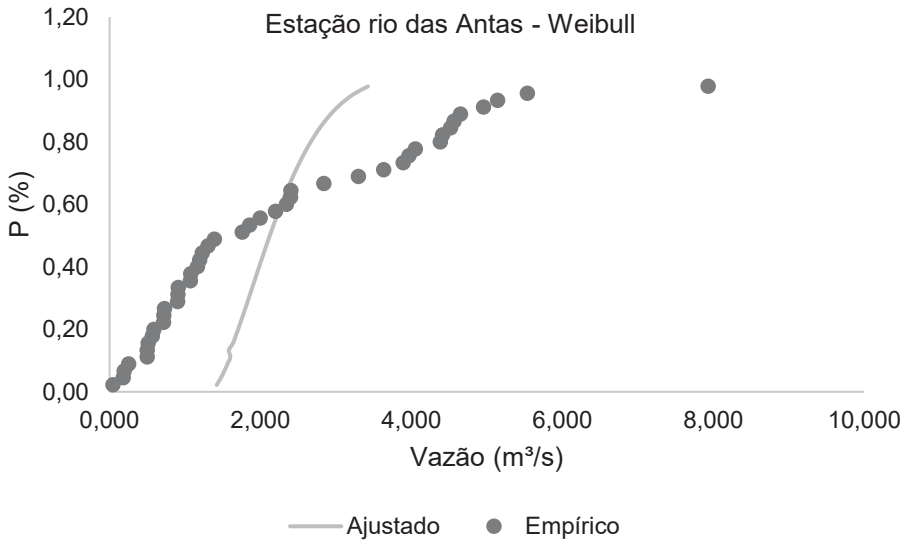


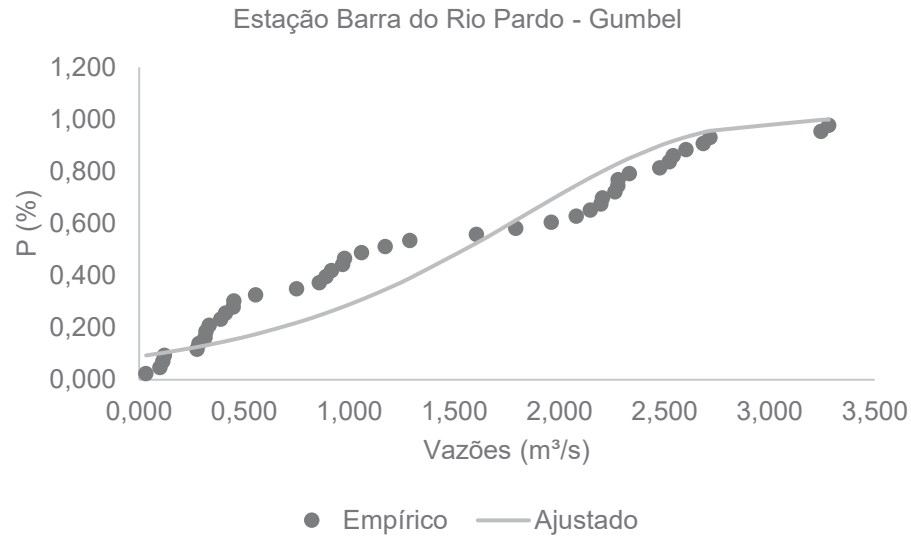


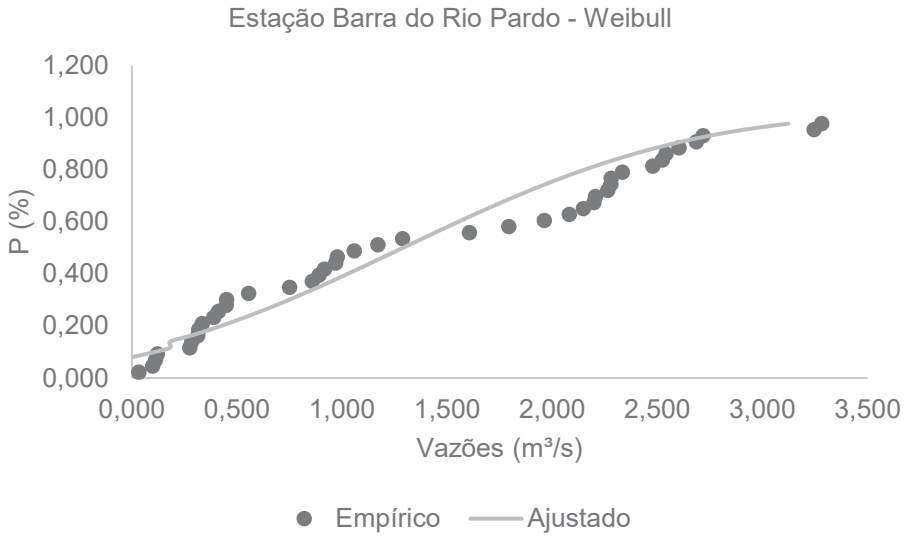

Estação Tangará - Gumbel
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,00
5,00
10,00
15,00
20,00
Vazão (m³/s)
Gumbel Ajustado
Empirico

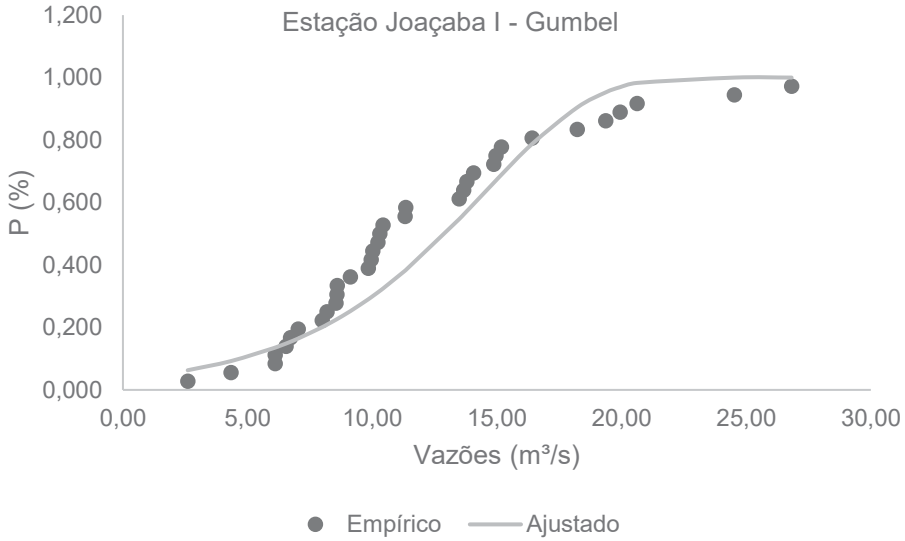

Estação Tangará - Weibull
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,000
5,000
10,000
15,000
20,000
Vazão (m³/s)
Weibull Ajustado
Empirico

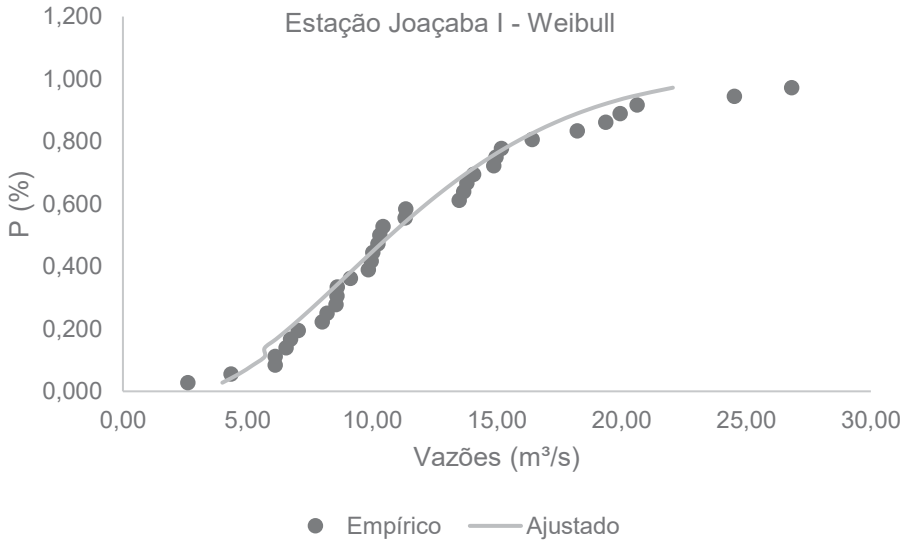

Estação Rio das Antas - Gumbel
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,00
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
Vazão (m³/s)
Ajustado
Empírico

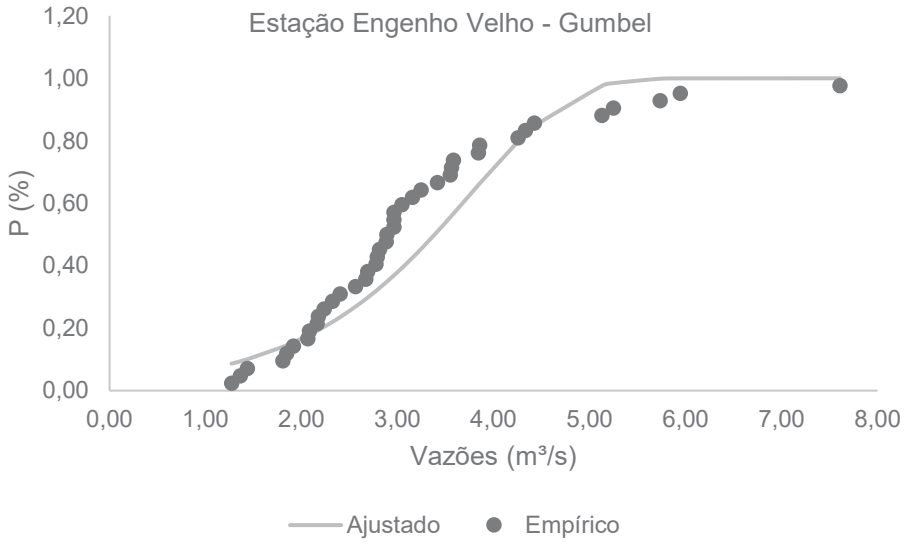

Estação rio das Antas - Weibull
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,000
2,000
4,000
6,000
8,000
10,000
Vazão (m³/s)
Ajustado
Empírico

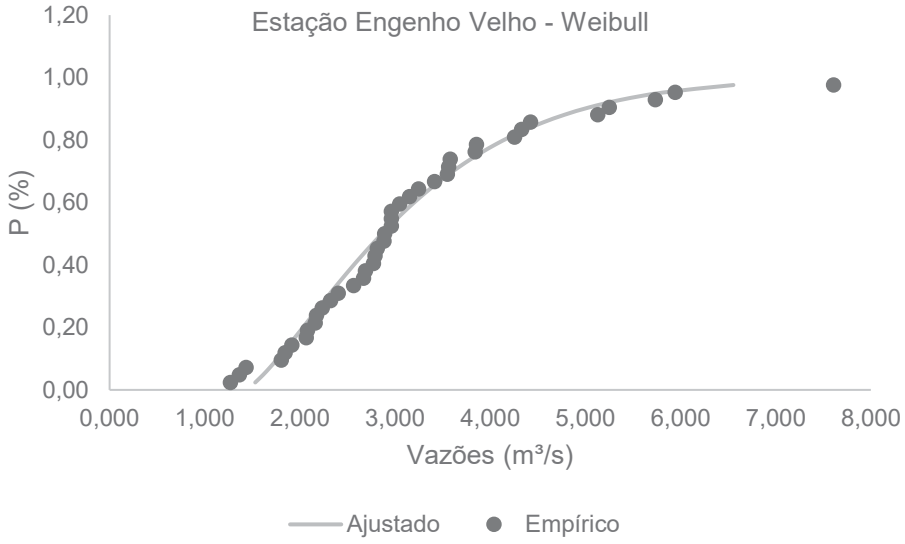

Estação Barra do Rio Pardo - Gumbel
P (%)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
0,000 0,500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500
Vazões (m³/s)
Empírico
Ajustado

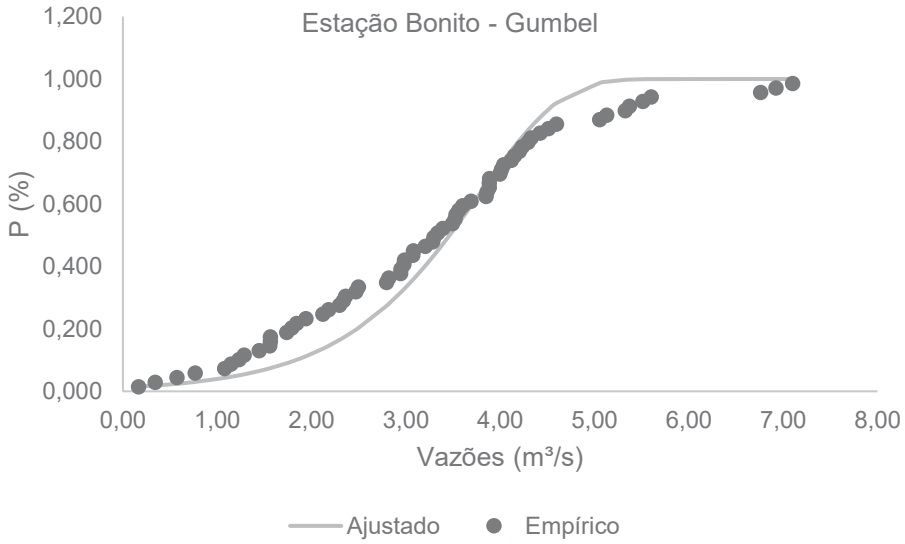

Estação Barra do Rio Pardo - Weibull
P (%)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
0,000 0,500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500
Vazões (m³/s)
Empírico
Ajustado

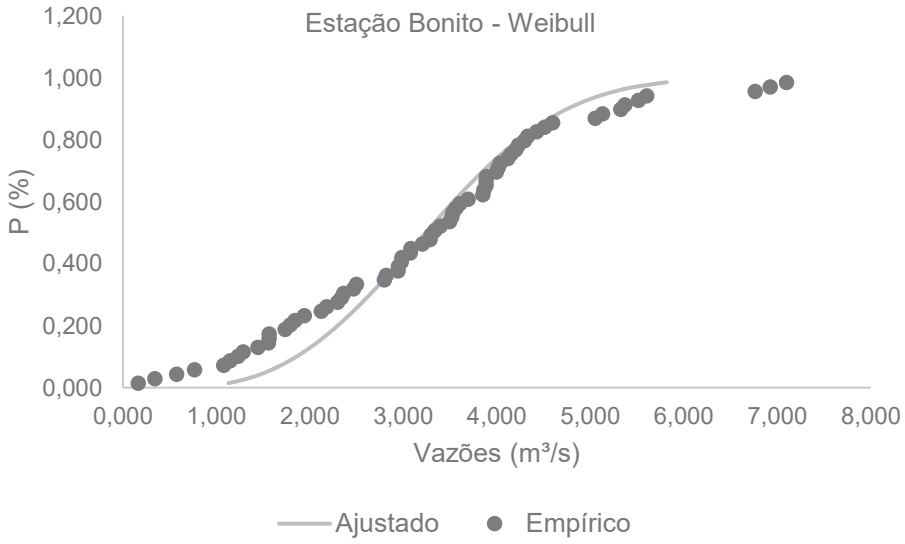

Estação Joaçaba I - Gumbel
P (%)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
0,00 5,00 10,00 15,00 20,00 25,00 30,00
Vazões (m³/s)
Empírico
Ajustado

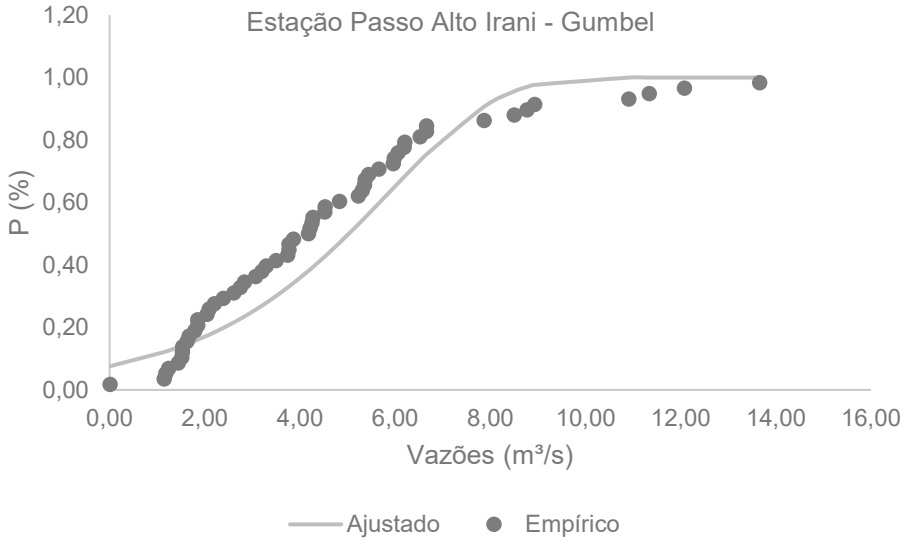

Estação Joaçaba I - Weibull
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
P (%)
0,00
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
Vazões (m³/s)
Empírico
Ajustado

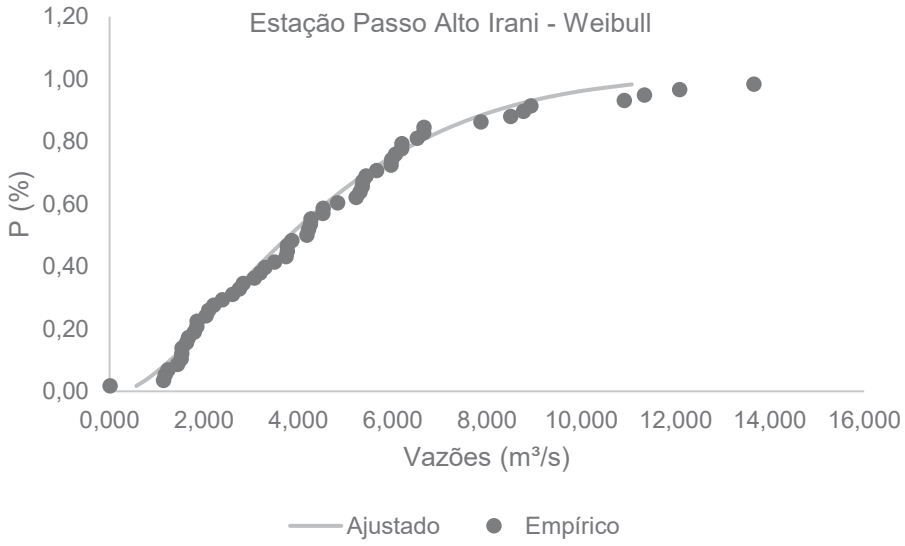

Estação Engenho Velho - Gumbel
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,00
1,00
2,00
3,00
4,00
5,00
6,00
7,00
8,00
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico

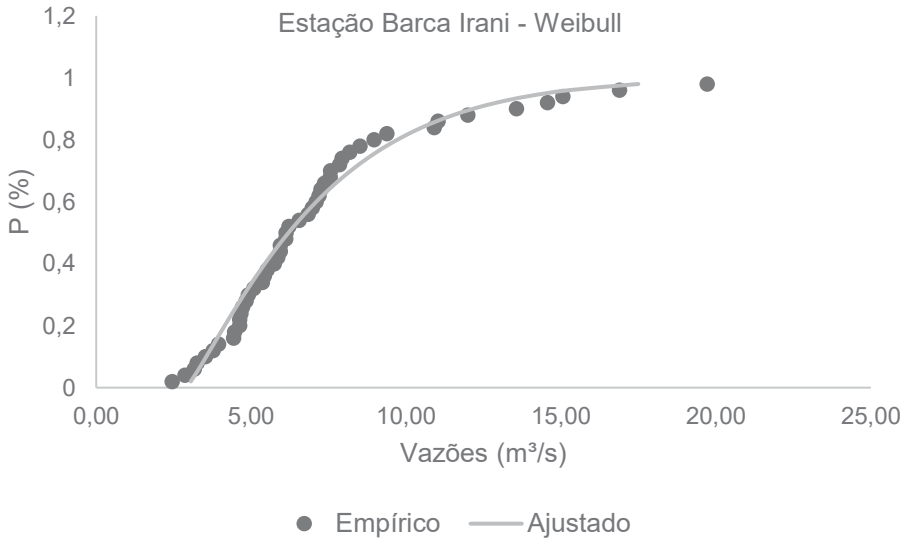

Estação Engenho Velho - Weibull
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,000
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
7,000
8,000
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico


Estação Bonito - Gumbel
P (%)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
0,00
1,00
2,00
3,00
4,00
5,00
6,00
7,00
8,00
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico


Estação Bonito - Weibull
P (%)
1,200
1,000
0,800
0,600
0,400
0,200
0,000
0,000
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
7,000
8,000
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico


Estação Passo Alto Irani - Gumbel
P (%)
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
0,00
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico


Estação Passo Alto Irani - Weibull
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
P (%)
0,000
2,000
4,000
6,000
8,000
10,000
12,000
14,000
16,000
Vazões (m³/s)
Ajustado
Empírico


Estação Barca Irani - Weibull
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
P (%)
0,00
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
Vazões (m³/s)
Empírico
Ajustado