

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA POLITÉCNICA

A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E
SEUS IMPACTOS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

ESTUDO DE CASO: UHE BOCAINA NA BACIA DO RIO PARANAÍBA

Mariana Argento Nunes

Rio de Janeiro

Março de 2020



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

ESTUDO DE CASO: UHE BOCAINA NA BACIA DO RIO PARANAÍBA

Mariana Argento Nunes

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientadores: Prof^a. Heloisa Teixeira Firmo

Eng. Luiz Guilherme Ferreira Guilhon

Rio de Janeiro

Março de 2020

A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

ESTUDO DE CASO: UHE BOCAINA NA BACIA DO RIO PARANAÍBA

Mariana Argento Nunes

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRA AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof^a. Heloisa Teixeira Firmo, D.Sc.

Eng. Luiz Guilherme Ferreira Guilhon, M. Sc.

Prof. André Frossard Pereira de Lucena, D.Sc.

Prof. José Paulo Soares Azevedo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2020

Nunes, Mariana Argento

A importância de reservatórios de regularização e seus impactos na geração de energia - Estudo de caso: UHE Bocaina na bacia do rio Paranaíba/ Mariana Argento Nunes. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2020.

XVI, 138 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Heloisa Teixeira Firmo e Luiz Guilherme Ferreira Guilhon.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2020.

Referências Bibliográficas: p. 95-107

1. Reservatório de regularização. 2. Usos Múltiplos. 3. Bocaina. 4. *HydroExpert*.

I. Firmo, Heloisa Teixeira et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. A importância de reservatórios de regularização e seus impactos na geração de energia - Estudo de caso: UHE Bocaina na bacia do rio Paranaíba.

*Dedico meu Trabalho de Conclusão de Curso
a todas aquelas e aqueles que não tiveram oportunidade
de estudar. Espero poder contribuir para a melhora
da qualidade de vida de vocês.*

Agradecimentos

É difícil sintetizar a gratidão. As gratidões. São muitas. São muitos envolvidos. É difícil também desenhar uma sequência escrita, porque os sentimentos se misturam e são coexistentes.

Agradeço a meus amados Pai e Mãe, pelo amor e apoio incondicional todos os dias da minha vida. Vocês me deram dois grandes presentes: minha amada Irmã, melhor amiga e porto seguro Ana Clara e uma formação de excelência no Colégio Cruzeiro. Agradeço aos meus queridos professores, graças a vocês eu cheguei na UFRJ. Agradeço às minhas queridas Amigas da Escola, amizades que nasceram praticamente quando eu mesma nasci. Cresço todos os dias com vocês. Obrigada Vitória, porque eu sei que posso contar com você sempre e pra sempre.

Agradeço à minha grande Família: meus queridos Tios e Tias, Primos e Primas, Agregados e Agregadas, minhas amadas Avós e meus Avôs, que me olham do Céu. Senti saudades todos os dias que não estive com vocês porque precisava estudar. Agradeço aos meus maravilhosos Amigos do Vôlei e à Família Ambiental. Eu gostaria que todo mundo no mundo pudesse viver a Família da Engenharia Ambiental da UFRJ. Como eu cresci com vocês... Posso dizer até que não desisti da engenharia quando cogitei por causa de vocês. Estar com vocês valia a pena.

Agradeço a cada brasileira e a cada brasileiro responsável por manter a UFRJ e por me possibilitar tantos longos anos de graduação que, de repente, acabaram. Obrigada meus queridos professores, por cada experiência vivida, aprendi imensamente e, se hoje me torno Engenheira, é graças a vocês. Obrigada, professora Heloisa, por todo carinho, toda inspiração e toda contribuição para minha trajetória acadêmica. A escolha de orientação para o Trabalho de Conclusão de Curso não poderia ser diferente. Obrigada por ter aceitado e me guiado. Agradeço também à CAPES, que possibilitou meu tão sonhado intercâmbio na Alemanha, onde nasceu a Mariana que eu decidi que quero ser. Obrigada Silas, por ter dividido cada minuto dessa aventura comigo.

Agradeço ao professor Zé Paulo, que, com seus incentivos, me deu confiança e oportunidades de entrar na área de recursos hídricos. Obrigada por ter aceitado compor a minha Banca. Sou grata também à querida equipe da CEDAE, onde tive minha primeira experiência de estágio e onde nasceu minha paixão por Recursos Hídricos. Agradeço à minha atual equipe de trabalho no ONS, pela paciência e por tanto aprendizado. Especialmente, obrigada Guilhon, por ter topado me orientar, por compartilhar comigo tanto conhecimento, por acreditar em mim e me tranquilizar nos momentos de insegurança.

Obrigada também professor André, que tanto me ajudou a organizar minhas ideias bagunçadas em relação ao TCC. Agradeço por ter aceitado compor minha Banca e pelas aulas que tanto gostei na graduação. Sou grata também pelos meus amigos que leram e opinaram neste texto, que se dispuseram a ajudar em todos os aspectos, que compreenderam minhas ausências e que torceram por mim. Não sou nada sem vocês.

Por fim, obrigada Pedro. Meu companheiro e melhor amigo. Por ter ouvido todos os detalhes do meu trabalho. Por ter lido, relido e corrigido cada capítulo. Por ter acompanhado e me amparado cada dia dessa longa trajetória de me tornar Engenheira. Por mergulhar nas minhas ideias e aceitar minha maneira de ser. Pelo amor, parceria e cumplicidade. Sem você tudo seria mais difícil, menos divertido e menos feliz.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Ambiental

A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS
NA GERAÇÃO DE ENERGIA - ESTUDO DE CASO: UHE BOCAINA NA BACIA DO RIO
PARANAÍBA.

Mariana Argento Nunes

Março/2020

Orientadores: Heloisa Teixeira Firmo e Luiz Guilherme Ferreira Guilhon.

Curso: Engenharia Ambiental

O avanço socio-econômico de um país exige disponibilidade hídrica e energética, aspectos que são assegurados e maximizados com a construção de barragens. Entretanto, a tendência de se rejeitar a implantação de novos reservatórios de regularização vem ganhando força devido aos exemplos de empreendimentos cujos impactos socio-ambientais foram insuficientemente quantificados, mitigados ou compensados. Esta oposição, contudo, é incompatível com seus serviços prestados à sociedade de armazenamento de água, controle de cheias, geração de hidreletricidade, viabilização do transporte hidroviário, aproveitamento do potencial turístico e paisagístico. Esta controvérsia motiva o trabalho, que tem como objetivo levantar os impactos positivos e negativos decorrentes da construção de barragens e avaliar, através do simulador hidráulico *HydroExpert*, o ganho de armazenamento e de geração de energia numa cascata de usinas com a implantação de um reservatório de cabeceira. O estudo de caso se deu a partir da inserção da usina hidrelétrica de Bocaina no trecho inicial do rio Paranaíba, a montante de Emborcação. Os ganhos de armazenamento e de geração foram quantificados até Itaipu, no rio Paraná. Os resultados mostraram que os períodos críticos de volume útil dos reservatórios selecionados teriam sido amenizados, aumentando o armazenamento e a disponibilidade de água para os diferentes setores usuários, principalmente irrigação e abastecimento, que tendem a crescer nos próximos anos na região. Além disso, o aumento de geração de energia resultante das simulações teria reduzido a necessidade do despacho térmico, que aumenta os custos da produção de energia nos períodos hidrológicos insuficientes e produz maiores quantidades de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Reservatórios de Regularização; Usina Hidrelétrica; Bocaina; Usos Múltiplos; *HydroExpert*.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

THE IMPORTANCE OF REGULARIZATION RESERVOIRS AND THEIR IMPACTS ON
THE ENERGY GENERATION
CASE STUDY: BOCAINA HYDROPOWER PLANT IN THE PARANAÍBA RIVER BASIN.

Mariana Argento Nunes

March/2020

Advisors: Heloisa Teixeira Firmo e Luiz Guilherme Ferreira Guilhon.

Course: Environmental Engineering

A country's socio-economic progress requires water and energy availability, aspects that are ensured and maximized with dams' construction. However, there is a tendency to reject new regularization reservoirs implementation, which are getting stronger due to the projects whose socio-environmental impacts have been insufficiently quantified, mitigated or compensated. This opposition, however, is not compatible with water storage, flood control, hydroelectricity generation, waterway feasibility, touristic and landscape potential services provided by reservoirs to the society. This controversy motivates the work, which aims to collect the positive and negative impacts of a regularization reservoir's construction. It also expects to evaluate the storage and energy generation gain in the hydroplants cascade since Emborcação, in the Paranaíba River, up to Itaipu, on the Paraná River, through the hydraulic simulator *HydroExpert*. For the comparison, it will be introduced the Bocaina hydroelectric plant, upstream of Emborcação. The results showed that the critical reservation periods would have been mitigated, increasing the storage and availability of water for the different user sectors, mainly irrigation and water supply, which tend to grow in the coming years. In addition, the increase in energy generation resulting from the simulations would have reduced the need for thermal dispatch, that increases the costs of energy production in insufficient hydrological periods and produces greater amounts of greenhouse gases.

Keywords: Regularization Reservoirs; Hydropower Plant; Bocaina; Multiple Uses; *HydroExpert*.

Sumário

1. Introdução	1
1.1. Motivação	4
1.2. Justificativa	5
1.3. Objetivos	6
1.4. Estruturação do Texto	7
2. Revisão Bibliográfica	8
2.1. Histórico da Reservação de Águas e Tendências	8
2.2. Reservatórios de Regularização e Usos Múltiplos das Águas	10
2.3. Reservatórios de Regularização e Geração Hidrelétrica	17
2.4. Ecologia de Reservatórios	20
2.5. Aspectos Sociais e Reservatórios	23
2.6. Setor Elétrico Brasileiro e as Usinas de Regularização	28
2.7. A Bacia do Rio Paranaíba	35
2.8. Usina Hidrelétrica de Bocaina	49
2.9. O Software <i>HydroExpert</i>	54
3. Metodologia	56
3.1. As Variáveis do Modelo	58
3.2. Operação Multi-Reservatório	59
3.3. Restrições Operativas e de Usos Competitivos	62
3.4. Limitações das Simulações Hidráulicas	62
3.5. Caso de Referência e Casos com a UHE Bocaina	63
3.6. Vazões Naturais	65
3.7. Seleção dos Anos Secos	66
3.8. Dados de entrada para a simulação	67
3.8.1 Ajustes Iniciais	67
3.8.2. Vazões Incrementais	70
3.8.3. Usos Consuntivos	71
3.8.4. Volumes Iniciais Observados	73
3.8.5. Política: Defluências Praticadas	74
3.8.6. Política: Nível Meta	74
3.9. Comparação entre os casos simulados	75
4. Resultados	76
4.1. Benefícios e impactos decorrentes da construção de um reservatório	76
4.2. Dados de entrada para as simulações	78
4.3. Resultados das Simulações	81

4.3.1. Política de Defluências – Ganho de Armazenamento	81
4.3.2. Política de Defluências – Ganho de Geração	84
4.3.3. Política de Nível Meta – Ganho de Armazenamento	85
4.3.4. Política de Nível Meta – Ganho de Geração	88
5. Análise de resultados	89
6. Conclusões e recomendações	91
Referências Bibliográficas	95
Apêndice I - Dados de Entrada	108
Vazões Incrementais	108
Usos Consuntivos	111
Política de Defluências	114
Política de Níveis Meta	115
Apêndice II – Resultados das Simulações	117
Volumes Úteis	117
Gerações	121

Lista de Figuras

Figura 1: Componentes de um reservatório.....	11
Figura 2: Níveis e volumes característicos de um reservatório.	12
Figura 3: Hidrogramas de bacia rural e de bacia urbanizada.....	12
Figura 4: Seção transversal de um rio urbano.	13
Figura 5: Hidrograma amortecido por um reservatório.....	13
Figura 6: Representação esquemática da Hidrovia Paraná-Tietê.....	15
Figura 7: Trecho de vazão reduzida de um aproveitamento hidrelétrico.....	17
Figura 8: Zoneamento de um reservatório.....	22
Figura 9: Modelo de avaliação de opções e planejamento de projeto.....	27
Figura 10: Instituições do Setor Elétrico Brasileiro.....	30
Figura 11: Histórico de energia armazenada do SIN. Fonte: Falcetta, 2015.....	31
Figura 12: Distribuição da energia armazenada máxima nos reservatórios de acumulação do SIN.....	32
Figura 13: Evolução do GR do SIN.....	33
Figura 14: Complementaridade anual das diversas fontes de geração.....	34
Figura 15: Evolução do volume útil acumulado e da potência instalada no SIN.....	34
Figura 16: Bacia do rio Paranaíba e bacias hidrográficas brasileiras.....	36
Figura 17: : Bacia do rio Paranaíba e afluentes do rio Paraná.....	37
Figura 18: Unidades de gestão hídrica da bacia do rio Paranaíba.....	38
Figura 19: Carga Remanescente Total de DBO.	41
Figura 20: Valores Médios de Coliformes Termotolerantes 2008/2009.....	42
Figura 21: Demandas de consumo por UGH.....	43
Figura 22: Composição relativa das demandas setoriais por água.....	43
Figura 23: : Diagrama esquemático das UHEs do SIN da bacia do rio Paranaíba.....	44
Figura 24: Balanço hídrico quantitativo (Q_{95}).....	46
Figura 25: Regiões estratégicas para a gestão de conflitos por recursos hídricos.....	46
Figura 26: Áreas de usos competitivos de água.	47
Figura 27: Ocorrência de eventos críticos associados a água entre 2003 e 2010.	48
Figura 28: Diagrama esquemático das UHEs das bacias do rio Paraná.....	50
Figura 29: Detalhe esquemático das UHEs dos rios Paranaíba e Paraná até Itaipu,.....	50
Figura 30: Comparação da análise multicritério das alternativas.	52
Figura 31: Integração do HydroExpert com o Google Maps. Fonte: HydroExpert – Mapas.	55
Figura 32: Principais variáveis da função de produção hidráulica.....	59

Figura 33: Rede básica associada a uma cascata de quatro usinas.....	59
Figura 34: Rede hidráulica para um sistema com quatro usinas e T intervalos de tempo.	60
Figura 35: Representação do balanço de massa a partir da definição do nó da rede.....	61
Figura 36: Representação esquemática da cascata simulada.....	56
Figura 37: Inclusão (ou exclusão) de empreendimentos para simulação.....	57
Figura 38: Casos simulados para cada período de estudo.....	65
Figura 39: Vazões naturais afluentes (média mensal) históricas consolidadas pelo ONS.	65
Figura 40: Médias mensais por ano das vazões naturais afluentes em Bocaina e identificação.....	66
Figura 41: Seleção do horizonte de simulação para o período seco.....	67
Figura 42: Ativação dos efeitos de evaporação e usos múltiplos nos reservatórios.....	68
Figura 43: Ajuste das defluências máximas e mínimas.....	68
Figura 44: Verificação do rendimento e da operação das usinas a fio d'água.....	69
Figura 45: Inserção dos dados de vazões.....	71
Figura 46: Inserção dos dados de usos consuntivos por usina.....	72
Figura 47: Ajuste do armazenamento inicial dos reservatórios.....	73
Figura 48: Inserção dos dados da política de defluências e vertimentos.....	74
Figura 49: Ajuste do armazenamento final para definição da política de nível meta.....	75
Figura 50: Evolução da utilização da água armazenada no reservatório de Bocaina - Política de Defluências.....	81
Figura 51: Comparação entre os armazenados no reservatório de Emborcação para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.....	82
Figura 52: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.....	82
Figura 53: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.....	83
Figura 54: Evolução da utilização da água armazenada no reservatório de Bocaina Política de Nível Meta.....	85
Figura 55: Comparação entre os armazenados no reservatório de Emborcação para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.....	86
Figura 56: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.....	86
Figura 57: Comparação entre os armazenados no reservatório de São Simão para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.....	87

Lista de Quadros

Quadro 1: Unidades de gestão hídrica da bacia do rio Paranaíba.....	38
Quadro 2: Cálculo das vazões incrementais para os Casos de Referência e com Bocaina.	70
Quadro 3: Cálculo dos usos consuntivos para os Casos de Referência e com Bocaina..	72

Lista de Tabelas

Tabela 1: Projeção da potência instalada e participação hidráulica no SIN.	31
Tabela 2: Vazões de consumo por UGH.	42
Tabela 3: Características físico-operativas da UHE Bocaina.	49
Tabela 4: Potências instaladas e volumes de reservatório das usinas dos rios Paranaíba e Paraná até Itaipu.	51
Tabela 5: Energias garantidas para os cenários com e sem Bocaina.	53
Tabela 6: Vazões incrementais afluentes médias mensais para os cinco anos de simulação - Caso de Referência.	78
Tabela 7: Vazões incrementais afluentes médias mensais para os cinco anos de simulação – Casos com UHE Bocaina.	78
Tabela 8: Vazões médias mensais de usos consuntivos incrementais para os cinco anos de simulação - Caso de Referência.	79
Tabela 9: Vazões médias mensais de usos consuntivos incrementais para os cinco anos de simulação - Casos com UHE Bocaina.	79
Tabela 10: Volumes iniciais de armazenamento para cada empreendimento.	80
Tabela 11: Cálculo das defluências a partir dos Níveis Meta para as usinas selecionadas.	80
Tabela 12: Comparação entre os níveis finais de armazenamento – Política de Defluências.	83
Tabela 13: Ganho médio mensal ao longo dos cinco anos simulados - Política de Defluências.	84
Tabela 14: Ganhos totais e médios de geração na cascata – Política de Defluências.	84
Tabela 15: Porcentagem do ganho de geração em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências	84
Tabela 16: Ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada - Política de Defluências.	84
Tabela 17: Ganho médio mensal ao longo dos cinco anos simulados - Política de Nível Meta.	87
Tabela 18: Ganhos totais e médios de geração na cascata - Política de Nível Meta.	88
Tabela 19: Porcentagem do ganho de geração em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.	88
Tabela 20: Ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada - Política de Nível Meta.	88
Tabela 21: Vazões incrementais para o Caso de Referência.	108

Tabela 22: Vazões incrementais para os Casos com a UHE Bocaina.....	109
Tabela 23: Usos consuntivos para o Caso de Referência.	111
Tabela 24: Usos consuntivos para os Casos com a UHE Bocaina.	112
Tabela 25: Defluências para cada usina – Política de Defluências.....	114
Tabela 26: Defluências para cada usina após ajustes (em vermelho)- Política e Nível Meta.	115
Tabela 27: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso de Referência.	117
Tabela 28: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso Bocaina, Política de Defluências.	118
Tabela 29: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso Bocaina, Política de Nível Meta.	120
Tabela 30: Resultados das gerações para o Caso de Referência.	121
Tabela 31: Resultados das gerações para o Caso Bocaina, Política de Defluências.....	123
Tabela 32: Resultados das gerações para o Caso Bocaina, Política de Nível Meta.	125
Tabela 33: Comparação entre os resultados de armazenamento dos casos de referência e com Bocaina – Política de Defluências.....	127
Tabela 34: Comparação do somatório das gerações em todas as usinas nos casos de Referência e com a UHE Bocaina e seu respectivo ganho de geração - Política de Defluências.	128
Tabela 35: Ganho de geração por usina (MWmed) em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências.....	130
Tabela 36: Ganho de geração por usina (%) em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências.	131
Tabela 37: Comparação entre os resultados de armazenamento dos casos de referência e com Bocaina – Política de Nível Meta.	133
Tabela 38: Comparação do somatório das gerações em todas as usinas nos casos de Referência e com a UHE Bocaina e seu respectivo ganho de geração – Política de Nível Meta.....	134
Tabela 39: Ganho de geração por usina (MWmed) em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.....	136
Tabela 40: Ganho de geração por usina (%) em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.....	137

Lista de Abreviaturas ou Siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CEIVAP	Comitê de Integração do Rio Paraíba do Sul
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTG	China Three Gorges
DACs	Declarações de Áreas de Conflito
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EARM _{máx}	Energia Armazenada Máxima
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GEE	Gases de Efeito Estufa
GR	Grau de Regularização
GCPS	Grupo Coordenador do Planejamento de Sistemas Elétricos
GAOPS	Grupo de Assessoramento à Operação do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul
GTON	Grupo Técnico Operacional da Região Norte
IA	Índice Ambiental
ICB	Índice de Custo Benefício
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

LI	Licença Prévia
LO	Licença Prévia
LP	Licença Prévia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministérios de Minas e Energia
NA _{máx}	Nível d'Água Máximo
NA _{máxmax}	Nível d'Água Máximo Maximorum
NA _{meta}	Nível d'Água Meta
NA _{mín}	Nível d'Água Mínimo
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
Q _{cons, inc}	Usos Consuntivos Incrementais Médios Mensais
Q _{cons, total}	Usos Consuntivos Incrementais Médios Totais
Q _{Inc}	Vazões Incrementais Médias Mensais
Q _{nat}	Vazões Naturais Médias Mensais
Q ₉₅	Vazão de Permanência de 95%
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPPN	Reservas Particulares de Patrimônio Natural
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
UCs	unidades de conservação (UCs)
UGHs	Unidades de Gestão Hídrica (UGHs),
UHE	Usinas Hidrelétricas
UTE	Usinas Térmicas
VE	Volume de Espera
VM	Volume Morto
VU	Volume Útil

1. Introdução

A expansão das atividades econômicas e o desenvolvimento técnico-científico de um país demandam progressiva produção de energia. Cerca de 12% de toda água doce do planeta encontra-se no Brasil (ANA, 2019a), país cujo potencial hidrelétrico é o quarto maior do mundo, atrás apenas da China, Rússia e Estados Unidos (VENTURA FILHO, 2015). Nesse contexto, cabe destacar que 65% da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas (BEN, 2018). De acordo com Eletrobrás (2018), a maior parte do potencial total (246 GW) concentra-se nas bacias dos rios Amazonas, Paraná e Tocantins, com 95, 63 e 27 GW respectivamente. Essas bacias também se destacam em relação ao aos 107 GW em operação: 44 GW para a bacia do rio Paraná, 23 GW para a bacia do rio Amazonas e 13 GW para a bacia do rio Tocantins.

O aproveitamento do potencial hidráulico na região Norte do país é delicado devido ao relevo de pouco ou nenhum desnível, às comunidades tradicionais e à biodiversidade do bioma. Além disso, a construção de hidrelétricas nas bacias Amazônica e do Tocantins tem como desafio a distância dos grandes centros de carga e os custos relacionados à transmissão desta energia para a região Sudeste. Em contrapartida, o maior potencial já aproveitado se encontra na bacia do rio Paraná principalmente pela proximidade com as regiões de maior demanda por energia.

A geração hidrelétrica é proporcional à queda de água e à vazão turbinada. Para manutenção do desnível e também para garantir boas condições hidráulicas de captação de água, é fundamental a construção de uma barragem e o consequente enchimento de um reservatório, que deverá ser operado de forma a respeitar os usos múltiplos de água (BRASIL, 2000). O tamanho da barragem bem como suas características construtivas dependerão das condições topográficas, geológicas e geotécnicas, dentre outras. Para a construção do reservatório, comunidades são desterritorializadas e realocadas em outras regiões (MAGALHÃES JÚNIOR et. al, 2016), ao mesmo tempo em que o empreendimento atrai novos moradores em busca de emprego.

Em contrapartida, o represamento de rios também é, muitas vezes, capaz de regularizar as vazões do corpo hídrico, de forma a elevar as vazões de estiagem e amortecer as vazões de cheia, garantindo água para os períodos de recessão hidrológica e prevenindo inundações de cidades. Essa regularização do hidrograma do corpo hídrico altera o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, cujos ciclos naturais estão intimamente relacionados com os pulsos de cheia e de estiagem do rio.

Os projetos de grandes barragens no Brasil iniciaram-se em 1880, após a Grande Seca do Nordeste, que durou mais de três anos e levou a óbito mais de um terço da população do estado do Ceará. As soluções e recomendações encontradas durante o

governo do então imperador Dom Pedro II foram a construção de estradas para acesso ao litoral e de barragens (açudes) para suprimento de água para abastecimento e irrigação (CBDB, 2011). Em 1909, durante o governo do Presidente Nilo Peçanha, foi criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas, que desde 1945 assume a denominação de Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e responsabilizou-se por inúmeras obras de engenharia para segurança hídrica na região do semiárido.

Já as primeiras barragens para produção de energia elétrica tiveram início no final do século XIX nas regiões Sul e Sudeste do país, com o principal objetivo de fornecer energia para iluminação pública e transporte urbano (CBDB, 2011). A partir de 1970, o investimento em grandes usinas hidrelétricas (UHE) se tornou estratégico e prioritário a nível nacional. Nessa década, foram construídas as usinas de Ilha Solteira (3,4 GW), São Simão (1,7 GW) e Paulo Afonso IV (2,4 GW). Na década seguinte, Itumbiara (2,1 GW), Foz do Areia (1,7 GW), Itaparica (1,5 GW), as gigantes Itaipu (14 GW) e Tucuruí (8,5 GW), levando ao deslocamento de enormes contingentes populacionais.

Antagonicamente, no que tange a empreendimentos para controle de cheias, o antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) fomentou a construção de barragens exclusivas para esta finalidade na primeira metade do século XX, evitando o alagamento de áreas populosas, perdas patrimoniais e humanas. Destacam-se o sistema de controle de cheias do Rio Itajaí, em Santa Catarina, com três barragens de contenção, e o sistema de proteção da cidade de Recife, em Pernambuco, também com três barragens de terra (CBDB, 2011). Atualmente, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) elabora o Plano Anual de Prevenção de Cheias para todos os reservatórios de armazenamento do Sistema Interligado Nacional (SIN) (ONS, 2019b).

Em relação ao transporte hidroviário, vale ressaltar a importância da manutenção do nível d'água para a passagem do calado de embarcações, papel também desempenhado pelos reservatórios de regularização. O Brasil usufrui comercialmente de apenas 31% dos 63 mil km de vias fluviais potencialmente navegáveis (CNT, 2020). As principais eclusas do país se encontram nas hidrovias dos rios Paraná e São Francisco, que, junto com a malha aquaviária da bacia Amazônica, são responsáveis por importantes exportações nacionais.

No século XX, algumas pequenas barragens foram construídas no coração de cidades com finalidade paisagística. O principal exemplo de lago artificial é o Lago Paranoá, em Brasília. Outro exemplo urbano é o Sistema Cantareira, construído nos anos 70, para fornecer água à Região Metropolitana de São Paulo e outras cidades do vale do rio Piracicaba (CBDB, 2011). A Região Metropolitana do Rio de Janeiro também é suprida graças ao Sistema de Transposição do Rio Paraíba do Sul, construído inicialmente para

geração de energia elétrica e hoje com importância estratégica para o abastecimento de água do estado do Rio de Janeiro.

De fato, a inevitável realocação das comunidades ribeirinhas exige empenho e aprimoramento para que os problemas do passado referentes a indenizações e assentamentos não se repitam (BERMANN, 2007). Ainda assim, a função desempenhada por barragens no país é de incontestável importância local e nacional, pois são capazes de promover o amortecimento de ondas de cheias em eventos de chuvas intensas e o armazenamento de água para enfrentar períodos de estiagem. A reserva de água garante o abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, transporte e geração elétrica. Destaca-se também o papel urbanístico e turístico de um lago artificial. Os usos das águas represadas e defluídas por um reservatório são, então, múltiplos, e condenar a implantação de novas barragens em um país com o potencial hidráulico do Brasil é incompatível com o desenvolvimento social e econômico do país. A controvérsia em torno desta discussão motiva a temática deste estudo.

Nesse sentido, este trabalho pretende avaliar quantitativamente o impacto e a relevância da reservação de água para o setor elétrico e outros usuários a partir de um estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Ao longo da Revisão Bibliográfica, pretende-se contextualizar o setor elétrico brasileiro e as tendências atuais da matriz elétrica nacional, com a exposição dos benefícios e desvantagens socioambientais da implantação de reservatórios. Além disso, serão apresentados o diagnóstico e o prognóstico da bacia do rio Paranaíba sob a ótica do Plano de Bacia e da Avaliação Ambiental Integrada da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), elaborados em 2013 e 2007, respectivamente, com destaque para usina inventariada de Bocaina, na cabeceira da bacia.

A Metodologia do trabalho consiste na preparação dos dados de entrada, na aplicação do software *HydroExpert* para as simulações hidráulicas dos casos de referência e dos casos com a UHE Bocaina e na comparação dos resultados obtidos. A apresentação dos Resultados pretende sintetizar as vantagens e desvantagens da implantação de um reservatório de regularização e comparar a geração hidrelétrica e os níveis de armazenamento dos reservatórios entre os cenários “com a UHE Bocaina” e “sem a UHE Bocaina”. Espera-se, na Análise dos Resultados, demonstrar e destacar a relevância de um reservatório de regularização no contexto estratégico local e nacional, apresentando as Conclusões e Recomendações do estudo.

1.1. Motivação

A Lei das Águas define a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e se baseia na ideia de que a água é um bem público, um recurso limitado, dotado de valor econômico, cujo uso prioritário é abastecimento humano e dessedentação animal. Sua gestão deve ser descentralizada e participativa, garantindo os usos múltiplos (BRASIL, 1997a). Entretanto, não há referência explícita sobre o papel dos reservatórios de regularização nesse sistema de gestão.

O Plano de Bacia do Comitê de Integração do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), por exemplo, permite concluir que o Rio de Janeiro só não sentiu todas as consequências severas da crise hídrica de 2013-2015 como São Paulo, devido aos quatro reservatórios de cabeceira do rio Paraíba do Sul: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil. O próprio Plano de Bacia ressalta a necessidade de mais projetos estruturais para aumentar a disponibilidade hídrica e para controle de cheias - nos casos de anos mais úmidos. Se os reservatórios eram capazes de amenizar os impactos de um período hidrológico tão insuficiente, por que a viabilização de novos aproveitamentos tem sido tão dificultada?

O SINGREH inclui a participação dos Comitês de Bacia, Órgãos Gestores, usuários e sociedade civil no processo de gerenciamento dos conflitos de usos da água. A Agência Nacional de Águas (ANA) coordena reuniões públicas, fazendo a mediação desses interesses divergentes em Salas de Situação, vídeo-conferências disponibilizadas no YouTube envolvendo os participantes definidos pela PNRH, incluindo o Operador Nacional do Sistema Elétrico, entidade responsável pela operação dos reservatórios do Sistema Interligado Nacional. Existem Salas de Situação para as bacias dos rios São Francisco, Tocantins, Paraíba do Sul, Paranapanema, Madeira e Doce. As origens dos conflitos são diversas, desde recuperação dos reservatórios, manutenção do nível d'água para atividades turísticas, transposições para outras bacias, vazão ecológica, gerenciamento de remansos e controle de cheias.

Períodos de recessão hidrológica e localidades com conflitos intensos de usos demandam cuidadosa administração. Nesse contexto, percebe-se que, em algumas bacias, é impossível fazer gestão de recursos hídricos no Brasil sem levar em conta a operação das usinas hidrelétricas - já que a maioria das barragens do país pertencerem ao Setor Elétrico. Elas desempenham funções múltiplas e, mesmo considerando impactos negativos de sua implantação, prestam serviços nobres de controle de cheias e armazenamento de água para aumento da disponibilidade hídrica. Assim, a importância estratégica dos reservatórios de acumulação é incontestável e incompatível com os crescentes ataques que vêm sofrendo. Este impasse é o grande motivador deste trabalho.

1.2. Justificativa

Existe uma articulação global contrária à implantação de grandes reservatórios, principalmente devido ao fato de, no passado, os custos ambientais e sociais terem sido subdimensionados ou até mesmo negligenciados (CMB, 2000). Há diversos exemplos no Brasil e no mundo de construção de grandes usinas que afetaram irreversivelmente a dinâmica social local sem compensações adequadas ou suficientes às comunidades deslocadas. As experiências de Sobradinho, Tucuruí e Itaparica são exemplos de empreendimentos cujas consequências positivas e estratégicas, tais como armazenamento hídrico e regularização de vazões muitas vezes são ofuscadas diante dos problemas sociais consequentes.

Do ponto de vista de geração elétrica, a recente tendência de se optar majoritariamente pela construção de usinas a fio d'água (sem reservatório de regularização) torna mais difícil o atendimento às demandas de energia no Sistema Interligado Nacional, visto que a matriz energética brasileira apresenta um crescimento de fontes intermitentes como eólicas, solares e biomassa. Esta inconstância de geração requisita fontes de energia reserva, também chamada de *back-up*, ou seja, energia disponível para o atendimento à demanda de pico sem interrupção, papel desempenhado especialmente por geração térmica ou hidráulica com reservação, uma vez que são capazes de produzir energia imediata para o sistema (PSR e LEWE, 2016).

O atual não-investimento em novas usinas hidrelétricas de regularização implica necessariamente em maiores custos para a produção de energia, porque sustenta um futuro com fonte de *back-up* inevitavelmente térmica, mesmo que fontes intermitentes com custo de combustível nulo, como ventos e radiação solar. Isso acontecerá porque, no longo prazo, a capacidade de desempenhar esse papel de energia reserva das usinas hidrelétricas com reservatório tende a se esgotar, visto que a necessidade de fontes *back-up* continuará a crescer. A tarifa para os consumidores será mais cara, uma vez que os preços dos combustíveis fósseis são elevados, além de haver emissões de gases de efeito estufa (PSR e LEWE, 2016).

Por um lado, uma menor capacidade de armazenamento de água e, por outro, as frequentes crises hídricas no país têm motivado estudos sobre como realizar uma melhor gestão dos recursos hídricos, de forma a atender às necessidades locais de água, ao mesmo tempo em que é necessário atender às demandas de energia. O Trabalho de Conclusão de Curso permitirá simular e quantificar os impactos positivos do armazenamento de água para diversos usuários dos recursos hídricos da bacia do rio Paranaíba, além de estimar o ganho energético na cascata a partir da UHE Bocaina (em inventário) até Itaipu.

1.3. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é quantificar os ganhos energéticos e o aumento da oferta de água para outros setores usuários (irrigação, abastecimento, indústria) a partir da implantação de um reservatório no trecho de cabeceira do rio Paranaíba.

Os objetivos específicos são:

- Descrever a evolução e a importância da reservação de água no mundo;
- Apresentar a relevância da reservação de água para usos múltiplos e geração hidrelétrica;
- Detalhar a ecologia de um reservatório;
- Caracterizar os impactos sociais decorrentes da implantação de um reservatório e elencar medidas mitigadoras e preventivas;
- Sintetizar a evolução do Setor Elétrico Brasileiro e suas tendências atuais;
- Contextualizar a bacia do rio Paranaíba;
- Descrever a conjuntura da UHE Bocaina, em inventário;
- Compilar e preparar os dados necessários para as simulações;
- Apresentar e aplicar o *software HydroExpert* para as simulações hidráulicas de comparação entre cenários com e sem Bocaina;
- Quantificar e avaliar os ganhos energéticos e o aumento da oferta de água para os usuários de água da bacia;
- Apresentar uma síntese das vantagens e desvantagens da construção de um reservatório de regularização para geração hidrelétrica;
- Apresentar a análise de resultados e propostas para trabalhos futuros.

1.4. Estruturação do Texto

O trabalho é composto por seis capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados, Análise de Resultados e Comentários Finais e Recomendações. No capítulo 1 será apresentado do tema, assim como as motivações justificativas e objetivos do estudo, de modo a amarrar a problemática que impulsiona este trabalho. O capítulo 2 compila as informações encontradas na literatura científica em relação a reservatórios de regularização: histórico, usos múltiplos da água, geração hidrelétrica, ecologia e impactos sociais. Neste capítulo também é apresentada a evolução do Setor Elétrico Brasileiro, a bacia do rio Paranaíba, a usina hidrelétrica de Bocaina e o *software* de simulação hidráulica *HydroExpert*.

O capítulo 3 descreve a metodologia adotada para a aplicação do *software*, assim como as simplificações empregadas e a obtenção e o manejo dos dados. O Capítulo 4 expõe não só os resultados obtidos pelas simulações dos casos “com” e “sem” a UHE Bocaina, mas também sintetiza todos os aspectos positivos e negativos encontrados na literatura. O capítulo 5 apresenta as análises dos resultados e o capítulo 6 conclui o trabalho com as considerações finais e recomendações para próximos estudos.

2. Revisão Bibliográfica

A Revisão Bibliográfica tem como objetivo reunir informações da literatura técnica e científica a fim de embasar o estudo de caso e nortear as discussões desenvolvidas ao longo do trabalho.

2.1. Histórico da Reservação de Águas e Tendências

A construção de um reservatório tem como finalidade o armazenamento da água de um rio, com o propósito de: guardá-la para usos consuntivos (abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação ou uso industrial); criar um desnível para geração hidrelétrica; deixar espaço para o recebimento de uma onda de cheias ou garantir de navegação (ANA, 2016a).

Segundo Yang *et al* (1999), a primeira represa de que se tem notícia é Sadd el-Kafara, barragem de terra construída em torno de 3.000 a.C. no Egito. Foi erguida com a finalidade de mitigar cheias, contudo, rompeu devido à inexistência de um dispositivo de extravasão (vertedor). Também há registros da barragem de Nimrod, na Mesopotâmia, por volta de 2.000 a.C., que desviava o curso do rio Tigre para aumentar a eficiência de irrigação, reduzir a erosão e prevenir enchentes. O primeiro projeto hidrelétrico do mundo data de 1878, na Inglaterra, onde foram construídas barragens em uma casa de campo para alimentar lâmpadas residenciais (IHA, 2019). A primeira usina hidrelétrica foi inaugurada nos EUA, rio Fox, perto de Appleton, Wisconsin, em 1882 (EIA, 2019). No ano seguinte, foi instalada no Ribeirão do Inferno, na bacia do rio Jequitinhonha em Diamantina (MG), a mais antiga usina hidrelétrica do Brasil, que dispunha da maior linha de transmissão do mundo à época, com 2 km de extensão (CBDB, 2011).

A capacidade de estocar água para o período seco assegurou a sobrevivência de antigas sociedades por muitos séculos, enquanto severos eventos de escassez hídrica levaram ao colapso muitas delas. São exemplos: a civilização Maia, que dependia da reservação de água da chuva, visto que não há rios superficiais na planície Yucatán; o reino dos Garamantes, peritos em tecnologia de irrigação e exploração de águas subterrâneas em pleno Deserto do Saara; o império Khmer, cuja expansão no Sudeste Asiático se embasou nos complexos sistemas de irrigação e represas que garantiram abastecimento de água para além dos períodos de monções.

Para Carvalho (2015), quanto maior for a capacidade de gerenciamento de recursos hídricos de uma sociedade, menor é a sua fragilidade em relação a eventos climáticos severos. Esta competência está diretamente relacionada com a acumulação de água em reservatórios, visto que represas são capazes de guardar água durante as cheias para ser

utilizada em momentos de escassez, reduzindo a vulnerabilidade em relação às intempéries naturais. Além disso, a construção de uma robusta infraestrutura hídrica demanda o desenvolvimento de outros setores indispensáveis para o progresso de uma nação, como energia elétrica, agricultura irrigada e navegação.

Segundo o Registro Mundial de Barragens (CIGB-ICOLD, 2019), existem quase 58 mil grandes barragens em operação no mundo, ou seja, barragens com altura igual ou superior a 15 m ou com altura entre 5 e 15 m e com volume de 3 milhões de m³ de água. Dessas, 47% são destinadas a irrigação, 22% para hidroeletricidade, 12% para abastecimento e 9% para controle de cheias.

Mesmo que, no Brasil, a maior parte dos reservatórios tenha sido implantada e operada pelo Setor Elétrico, essas barragens também cumprem funções relativas aos outros usuários da bacia. O Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019) prevê a execução de obras de infraestrutura (construção de barragens) em bacias hidrográficas vulneráveis a inundações e destaca a relevância dos reservatórios para a resiliência a eventos de seca. Contudo, ressalta que não há um orçamento público específico diretamente associado ao serviço de reservação, tanto para oferta hídrica quanto para controle de cheias. É mencionada também a inevitável interface com o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) e a necessidade de se avaliar os reservatórios existentes e planejados do SIN que, apesar de projetados para geração hidrelétrica, precisam respeitar os usos múltiplos da água segundo os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997a).

Existe, entretanto, uma conjuntura mundial em oposição à implantação de novas usinas hidrelétricas, pautada nas negligências do passado em relação às questões sociais e ambientais. Esse posicionamento, contudo, é adotado principalmente por países desenvolvidos, cujos potenciais hidrelétricos já foram aproveitados ao máximo, levando à regularização de suas vazões, ao acúmulo de significativa quantidade de água e a uma consequente segurança hídrica. Para Carvalho (2015), essa tendência global é influenciada pela “visão egoísta” dos países “tomadores de decisões”, desvinculada das reais necessidades das nações que são de fato atingidas por essas decisões. Essa articulação induz de certo modo que “países emergentes e em desenvolvimento trilhem caminhos nunca testados anteriormente” (GOMIDE, 2012).

Grey *et al* (2007) afirma que países com problemas relativos à insegurança hídrica enfrentam um desafio muito maior do que aqueles que alcançaram essa segurança no século passado e são países ricos hoje. Os países mais vulneráveis são reféns de seus ciclos hidrológicos, uma vez que os eventos climáticos se tornam cada vez mais extremos, e as consequências sobre a vida humana e produção de alimento de grandes cheias e longos períodos de escassez são muito mais severas. O ataque às grandes barragens afeta

diretamente os países mais pobres da América Latina, Ásia e África (GOMIDE, 2012). Além disso, suas populações são muito maiores, o que torna também maior a responsabilidade pelas compensações sociais e ambientais inerentes à gestão dos recursos hídricos. Apesar da imensa disponibilidade hídrica brasileira e da existência de reservatórios de regularização que amenizam os períodos de estiagem, o Semiárido brasileiro enfrenta problemas de insegurança hídrica.

Segundo o Relatório da Comissão Mundial de Barragens (2000) “no geral, o desempenho das barragens foi positivo como parte integrante das estratégias de desenvolvimento de recursos hídricos e energéticos em mais de 140 nações e, com exceções, elas prestaram uma variedade indispensável de serviços hídricos e energéticos”. Nesse sentido, a implantação de reservatórios de acumulação é fundamental para o progresso econômico e social de um país, sendo imprescindível o esforço para viabilizar, do ponto de vista social e ambiental, a construção desses empreendimentos.

2.2. Reservatórios de Regularização e Usos Múltiplos das Águas

Os principais componentes de um reservatório estão ilustrados na Figura 1: barramento, vertedor, lago, comporta, casa de forças (para UHEs) e cursos d'água contribuintes. A água armazenada pode ser defluída para jusante da barragem pelo descarregador de fundo (dispositivo para limpeza do fundo do reservatório ou para restituição de vazões para jusante), pela turbina (no caso de usina hidrelétrica) ou pelo vertedor (dispositivo de segurança). Uma parcela dessa água armazenada evapora com taxa proporcional à área do espelho d'água em função das características climáticas, e outra parcela é captada para usos consuntivos, ou seja, em que o coeficiente de retorno ao corpo hídrico é menor que 100%. Usos indiretos como recreação, navegação e geração elétrica não consomem água.

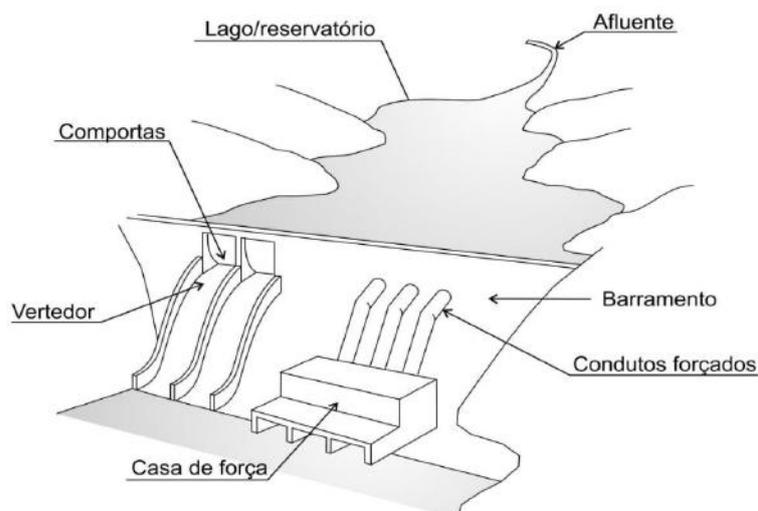


Figura 1: Componentes de um reservatório.

Fonte: ANA, 2016a.

Conforme representado na Figura 2, os reservatórios são operados entre os níveis de água mínimo (NA_{\min}), suficientemente acima do limite superior da tomada d'água para o bom funcionamento hidráulico da tomada d'água, além de evitar a formação de vórtices, e máximo (NA_{\max}), altura máxima permitida para operação normal e sem vertimento da barragem (cota da crista do vertedor ou borda superior das comportas). Entre os NA_{\min} e NA_{\max} encontra-se o volume útil (VU) do reservatório, ou seja, volume disponível para o suprimento das diversas demandas por água, sejam elas consuntivas (abastecimento, irrigação, indústria) ou não (geração hidrelétrica, navegação, usos indiretos).

Uma parcela do volume útil pode ser deixada vazia para alocar (amortecer) uma onda de cheia. Esse volume desocupado chama-se volume de espera (VE), que pode variar de acordo com as inconstâncias dos meses chuvosos. Os agentes de geração definem um risco de não atendimento ao controle de cheias e, a partir do tempo de retorno associado, é calculado o VE. Na Figura 2, o volume de espera é delimitado pelo nível d'água de meta (NA_{meta}). Em bacias com sistemas interdependentes, ou seja, com cascatas de reservatórios, os volumes de espera influenciam um no outro, o NA_{meta} pode ser ultrapassado à medida em que haja suficiente espaço vazio nos reservatórios de montante para manter o tempo de retorno ou o risco associado.

Abaixo do NA_{\min} , ou seja, abaixo do VU, encontra-se o volume morto (VM), que representa a parcela indisponível para a captação de água da tomada d'água (geralmente de geração hidrelétrica). Acima do NA_{\max} existe o nível d'água máximo máximum ($NA_{\max\max}$), que corresponde à sobrelevação máxima do nível d'água para a passagem de cheias.

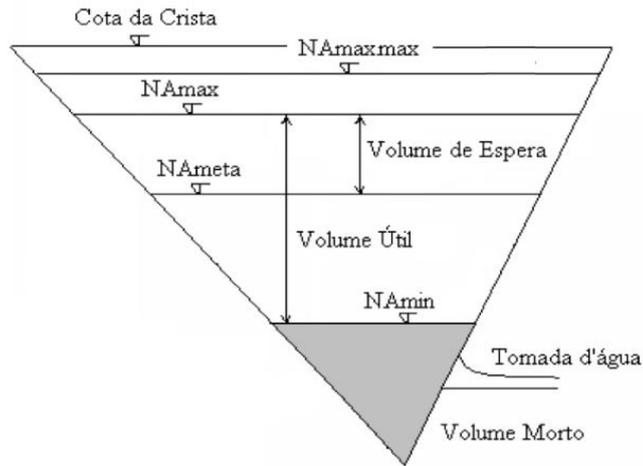


Figura 2: Níveis e volumes característicos de um reservatório.

Fonte: Lopes e Santos, 2002.

A importância do controle de cheias torna-se evidente num contexto urbano de uso e ocupação do solo. Durante a maior parte do tempo, um curso d'água ocupa sua calha principal, que enche periodicamente de acordo com a sazonalidade do seu ciclo hidrológico. Naturalmente, em tempos de recorrência maiores, ocorrem eventos de maior magnitude, com maiores precipitações e inundação do leito maior do rio. Em áreas altamente urbanizadas e impermeabilizadas, esses eventos têm ocorrido com maiores frequências que no passado, devido à menor infiltração de água no solo, elevando o escoamento superficial e o pico de vazão do rio (Figura 3).

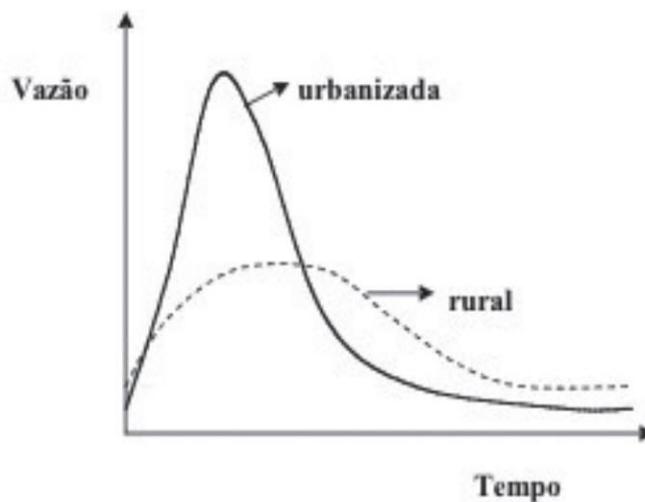


Figura 3: Hidrogramas de bacia rural e de bacia urbanizada.

Fonte: Tucci, 2008.

Assim, enchentes urbanas são fenômenos frequentes, representando a terceira tipologia de desastre natural mais recorrente no Brasil, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013). A ocupação do leito maior do rio - normalmente por comunidades de menor renda - gera consequências graves como perdas patrimoniais e humanas, atingindo aqueles socioeconomicamente mais vulneráveis. A Figura 4 demonstra a ocupação irregular na calha maior de um rio em um ambiente urbano.

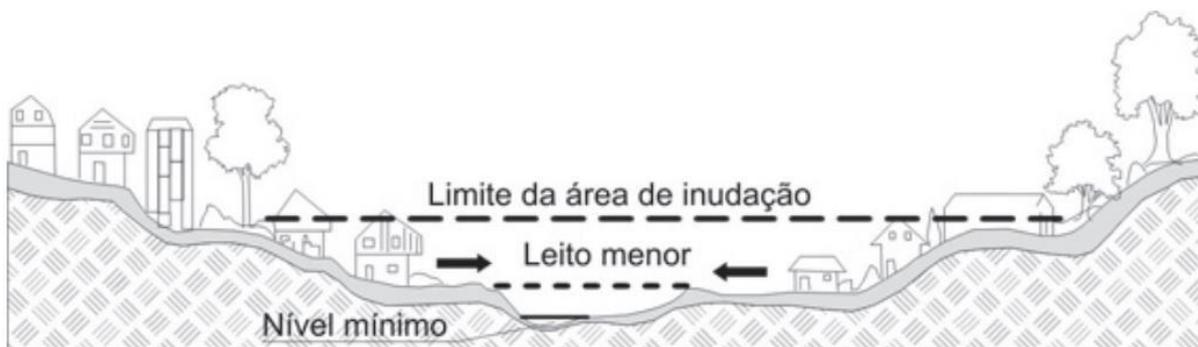


Figura 4: Seção transversal de um rio urbano.

Fonte: Tucci, 2008.

O efeito de um reservatório pode ser visualizado na Figura 5, representado pelo amortecimento do hidrograma natural de um rio. A restrição imposta pelo barramento aumenta o tempo de escoamento do mesmo volume de água e conseqüentemente reduz o pico de vazão com a alocação de água no volume de espera do reservatório.

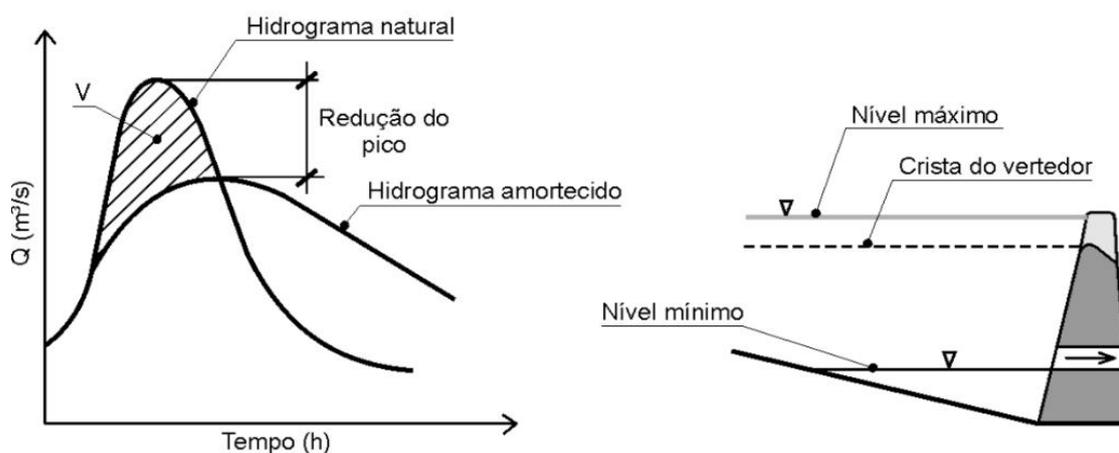


Figura 5: Hidrograma amortecido por um reservatório.

Fonte: Tucci, 2015.

O enchimento de um lago de reservatório que não é exclusivo para controle de cheias provoca a perda de terras agricultáveis devido ao alagamento permanente. Em contrapartida, favorece a expansão agrícola, uma vez que assegura água para irrigação a montante e a jusante do barramento, devido à água armazenada e às vazões garantidas. Segundo o Relatório da Comissão Mundial de Barragens “Barragens e Desenvolvimento” (2000), as barragens sustentam de 12% a 16% da produção mundial de alimentos. A elevação do lençol freático provocada pela implantação da barragem permite maior exploração da água subterrânea (MELLO, 2017). No Brasil, 50% da água captada é retirada para irrigação (ANA, 2019c). Contudo, a água de um reservatório também é utilizada para abastecimento humano, dessedentação de animais e uso industrial e irrigação.

As condições naturais do curso d’água criam obstáculos ao transporte hidroviário, como o próprio regime natural de deposição de sedimentos, erosão e variações ao longo do ciclo hidrológico. Por isso, a regularização de vazões favorece a navegação, cujas vantagens em relação ao transporte rodoviário e ferroviário são a grande capacidade de carga com consumo econômico de combustível. O transporte fluvial é então otimizado com planejamento abrangente de bacias hidrográficas, incluindo a construção de barragens, eclusas e reservatórios (CBDB, 2007).

Das 12 bacias hidrográficas brasileiras, apenas metade possui infraestrutura adequada para transporte de carga: Amazônica, Tocantins, Paraná, São Francisco, Paraguai e Atlântico Sul. O Brasil usufrui comercialmente de apenas 31% dos 63 mil km de vias fluviais potencialmente navegáveis (CNT, 2020). A existência de usinas hidrelétricas em cascata nos grandes rios brasileiros faz com que seja necessária a construção de eclusas. Contudo, há apenas oito sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e as principais encontram-se nas hidrovias dos rios Amazonas e Paraná, responsáveis por importantes exportações nacionais.

A hidrovia do rio Paraná tem importância estratégica no escoamento dos grãos produzidos no Centro-Oeste, principalmente soja, milho, óleo, madeira, carvão, cana de açúcar e adubo. As barcaças seguem pelo rio Paranaíba até a usina de Ilha Solteira, no rio Paraná e seu reservatório conecta-se com o reservatório da usina Três Irmãos, no rio Tietê. A partir daí as barcaças sobem o rio até os terminais ferroviários em Pederneiras (SP), em direção ao porto de Santos, conforme demonstra a Figura 6. Esta importante rota fluvial ficou inviabilizada durante os anos de 2014 e 2016 por conta da crise hídrica no Sudeste, causando um prejuízo ao agronegócio de R\$ 200 milhões de reais, sem contar a perda de empregos e o comprometimento de atividades pesqueiras (RIBEIRO, 2016).



Figura 6: Representação esquemática da Hidrovia Paraná-Tietê.

Fonte: Hernandez, 2018.

Os lagos artificiais também são aproveitados para fins recreativos, paisagísticos e turísticos, principalmente em localidades que carecem de corpos d'água naturais. Sua construção pode submergir patrimônios naturais, culturais e históricos, contudo é capaz também de construir uma nova paisagem. O uso do reservatório para atividades como pesca esportiva, passeios de barco, remo e nado, por exemplo, aumentam a qualidade de vida da população do entorno, além de poder ser uma fonte de receita para economia local (CBDB, 2007). É necessário contudo que a água esteja em conformidade com os limites de balneabilidade preconizados pela Resolução CONAMA 274/2007 (Brasil, 2007) e dentro dos padrões classificados pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) em função dos usos preponderantes esperados o corpo d'água. Uma grande variação do nível d'água ou um período de escassez hídrica, entretanto, pode levar a um cenário estético desagradável, por causa da criação de declives sem vegetação, antes ocupados pela água.

Períodos de recessão hidrológica, assim como bacias hidrográficas com conflitos intensos de usos da água, demandam cuidadosa administração. A Agência Nacional de Águas faz a mediação e o gerenciamento desses interesses divergentes em Salas de

Situação (Salas de Monitoramento ou de Crise), que são videoconferências públicas disponibilizadas no YouTube envolvendo os órgãos gestores, usuários de recursos hídricos, comitês de bacia, sociedade civil e o Operador Nacional do Sistema Elétrico, entidade responsável pela operação dos reservatórios do Sistema Interligado Nacional. Existem Salas de Situação para as bacias dos rios São Francisco, Tocantins, Paraíba do Sul, Paranapanema, Madeira e Doce.

As origens dos conflitos são diversas. No Nordeste, a bacia do rio São Francisco atravessa o Semiárido brasileiro com vazões afluentes abaixo da média histórica desde 2012, reduzindo os níveis de armazenamento de seus reservatórios e diminuindo a disponibilidade hídrica na região. As Salas de Monitoramento têm o objetivo de estabelecer políticas de defluências que permitam a recuperação dos armazenamentos com o mínimo impacto possível aos outros setores usuários. Já para bacia do rio Tocantins, as reuniões se iniciaram por causa do período de praias, uma vez que a oscilação das defluências da UHE de Serra da Mesa comprometia o turismo na região.

Na bacia do rio Paraíba do Sul, as transposições são os principais focos das Salas de Monitoramento. Os limites mínimos de transposição têm sido gerenciados e revistos nas Salas de Situação desde a crise hídrica de 2013, e novas resoluções da Agência Nacional de Águas visam a recuperar os estoques de água. Em 2015, foi criado o Grupo de Assessoramento à Operação do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul (GAOPS) para acompanhamento permanente da gestão de seus reservatórios. Esse grupo é composto pela ANA, órgãos gestores estaduais de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, CEIVAP (Comitê de Integração da Bacia do Paraíba do Sul) e ONS.

Nas Salas de Monitoramento do rio Paranapanema, já foi necessário decidir pelo aumento da defluência das UHE Salto Grande e Capivara, para que a calha do rio fosse inundada e os brejos temporários, onde ocorre a reprodução de algumas espécies de peixe, fossem alagados para o retorno desses peixes para o curso principal. Desde 2015, a cada período chuvoso (de dezembro a maio) é reaberta a Sala de Situação do rio Madeira, visto que são necessários o acompanhamento e a definição de regras operativas para o complexo hidrelétrico da região (UHE Jirau e UHE Santo Antônio). Apesar de serem usinas a fio d'água, seus reservatórios permitem alguma regularização (diária ou semanal), e por isso, nesse período, é preciso rebaixar o nível d'água no reservatório, de modo a proteger estradas e controlar o remanso. A bacia do rio Doce também possui Sala de Crise, devido às cheias que começam aproximadamente em outubro e se prolongam até março, requerendo especial atenção após o rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em novembro de 2015, no município de Mariana.

2.3. Reservatórios de Regularização e Geração Hidrelétrica

Em um aproveitamento hidrelétrico, o desnível criado pelo barramento e a vazão de cada turbinada são as principais variáveis da geração de energia. Após a passagem pela casa de força, as vazões são restituídas para o canal natural do corpo d'água. O vertedor é o dispositivo de segurança da barragem, responsável por extravasar o excesso de água para jusante da represa. A barragem permite a regularização de vazões, ou seja, controla a vazão do corpo d'água a partir do empreendimento. Em alguns empreendimentos, é possível aproveitar a topologia para criar determinado desnível, “encurtando” o caminho da água, que naturalmente seguiria por um meandro, e criando um trecho ou alça de vazão reduzida (Figura 7). Nos outros casos, o desnível é criado no próprio corpo da barragem.

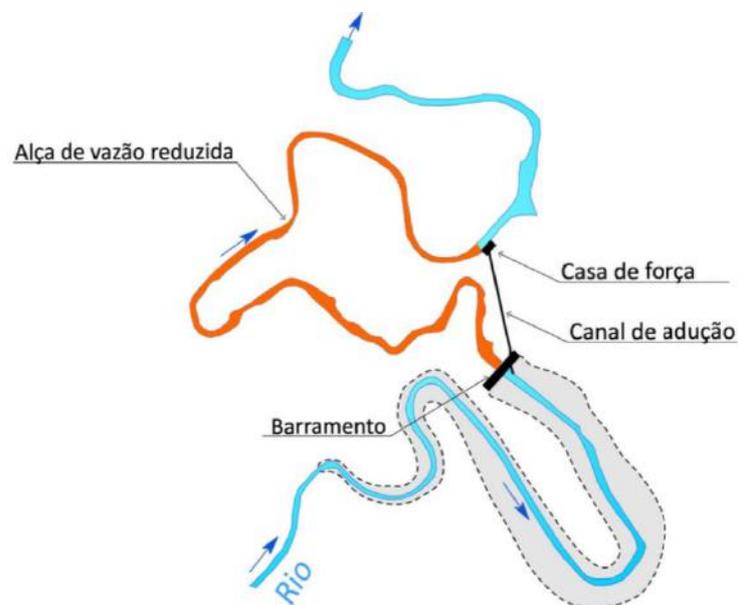


Figura 7: Trecho de vazão reduzida de um aproveitamento hidrelétrico.

Fonte: ANA, 2016a.

O reservatório é dimensionado para o armazenamento de água garantir uma dada vazão mesmo na ocorrência dos anos hidrológicos mais secos que se tem registro (CARVALHO, 2015). Essa vazão assegurada está associada à energia firme¹ do empreendimento, que corresponde à maior produção possível de energia, considerando a sequência mais seca do histórico de vazões (ANA, 2016a). Comumente, os reservatórios de acumulação estão localizados nas cabeceiras dos rios, devido às maiores quedas

¹ De acordo com a ANEEL, a energia firme de um empreendimento hidrelétrico é definida apela “máxima produção contínua de energia que pode ser obtida, supondo a ocorrência da seqüência mais seca registrada no histórico de vazões do rio onde ela está instalada”. Para um detalhamento maior dos conceitos de energia firme e assegurada, ver Kelman (2004).

d'águas. A água armazenada pode então ser aproveitada em todas as usinas da cascata a jusante, de modo que um aumento de energia firme na cabeceira acarrete um incremento das energias firmes a jusante.

O processo de construção de uma usina hidrelétrica avança juntamente com as etapas de licenciamento ambiental. Os Estudos de Inventário Hidrelétrico quantificam inicialmente os potenciais hidrelétricos passíveis de serem aproveitados, pois são levantamentos preliminares sobre a bacia, que já incorporam a variável ambiental como mensuração para tomada de decisão. A seleção do local mais adequado para a implantação de uma usina hidrelétrica deve buscar o maior desnível possível, os menores comprimentos de barragem e as menores áreas alagadas, a fim de minimizar os efeitos sociais negativos da construção (FACURI, 2004).

A segunda etapa é o Estudo de Viabilidade, na qual o aproveitamento em si começa a ser concebido e dimensionado a partir da melhor alternativa de divisão de quedas, visando otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação dos custos e benefícios (FACURI, 2004). Em sequência, é necessário o requerimento da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) junto à ANA ou ao órgão gestor estadual, que será posteriormente convertida à outorga de direito de uso, visto que um empreendimento hidrelétrico implica na utilização de dois bens públicos: os recursos hídricos e o potencial de hidráulico. Nesta fase do processo também é elaborado o Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) que, junto com a DRDH, são requisitos para obtenção da Licença Prévia (LP), como prevê a Lei 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente). O requerente também precisa apresentar ao Ibama (ou órgão gestor estadual) os documentos exigidos em relação ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e Fundação Nacional do Índio (FUNAI). A emissão da LP sinaliza então a viabilidade ambiental do aproveitamento. Esses documentos são a base técnica para a etapa de Licitação e estão sob responsabilidade da EPE, empresa encarregada do Estudo de Viabilidade (BRASIL, 2004).

O vencedor do leilão elabora o Projeto Básico, fase em que o empreendimento será detalhado e que seu orçamento é feito de maneira mais precisa. Com a aprovação do Projeto Básico Ambiental, a Licença de Instalação (LI) é emitida pelo órgão licenciador, que também aprova o Projeto Executivo, a partir do qual será construído o empreendimento. Ao final do processo construtivo e após as vistorias, a Licença de Operação (LO) é emitida, autorizando o seu funcionamento.

Ao longo da operação da usina, o empreendedor é cobrado pelo uso dos recursos hídricos. A cobrança pelo uso da água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos que visa “obter verba para a recuperação das bacias hidrográficas

brasileiras, estimular o investimento em despoluição, dar ao usuário uma sugestão do real valor da água e incentivar a utilização de tecnologias limpas e poupadoras de recursos” (ANA, 2020). No caso do setor elétrico, esta cobrança não é feita segundo a quantidade de água utilizada (turbinada), como nos outros setores usuários: este pagamento é feito por intermédio de um outro instrumento preconizado na Lei 9.433 (BRASIL, 1997a), CFURH - Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos².

A acumulação de água permite que a usina “segure energia” em circunstâncias de ventos ou irradiação solar abundantes e em épocas de safra de cana-de-açúcar (geração de biomassa de bagaço de cana). Essa energia contida em forma de água armazenada pode ser injetada mais rapidamente no sistema que qualquer outra fonte. Nesse caso, uma UHE pode respaldar e o desenvolvimento de fontes renováveis intermitentes, atuando como energia de reserva para ser despachada em momentos de pico, papel que também pode ser desempenhado por UTE a gás natural de ciclo simples, que em contrapartida não é uma fonte de energia limpa nem renovável nem tão rapidamente despachável (EPE, 2018b).

Esses serviços de suporte, também chamados de serviços ancilares, são possíveis devido à capacidade de uma UHE permitir variações rápidas e controladas na geração. Essa flexibilidade operacional permite controle de frequências, níveis de tensão e compensações imediatas da flutuação da demanda. Pode-se dizer então que a hidroeletricidade promove segurança energética e estabilidade dos preços, aumentando a estabilidade e confiabilidade do sistema elétrico brasileiro (ITAIPU, 2020).

A tecnologia e os serviços relativos à exploração deste recurso estratégico são simples e possuem índice de nacionalização em torno de 90% para produzir energia barata, renovável e limpa (CARVALHO, 2015). Entretanto, alguns empreendimentos mal-sucedidos, como Balbina, foram usados repetidamente como anti-exemplos, dando força à conjuntura anti-barragens que vem se desenvolvendo à medida que o movimento ambiental foi ganhando força (FARIA *et al*, 2012). Apesar de a construção de usinas hidrelétricas contribuir para o desenvolvimento regional, uma vez que infraestrutura de acesso, rodovias, indústria e comércio são fomentados no local, é preciso considerar os impactos ao meio ambiente e de deslocamento das populações ribeirinhas. É no sentido de tentar mitigar esses efeitos e minimizar essas externalidades que os empreendimentos hidrelétricos pagam Compensações Financeiras aos municípios atingidos pela construção do lago. As

² O valor da CFURH é de 7,00% sobre o valor da energia gerada, sendo 6,25% a serem distribuídos dentre estados e municípios atingidos e 0,75% é destinado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), para ser aplicado na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos através da Agência Nacional das Águas - ANA. (BRASIL, 2016 e ANEEL, 2020).

CF são um instrumento econômico de gestão ambiental (SILVA, 2007) que visa realizar o pagamento pelo uso do recurso natural, que é um bem público.

Os impactos e os conflitos de usos relacionados à implantação de uma usina hidrelétrica podem ser minimizados com a gestão dos reservatórios, uma vez que o processo de tomada de decisão seja feito de maneira participativa e que os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos sejam aplicados, tais como a outorga, o enquadramento e o plano de bacia, por exemplo. Além disso, mesmo que originalmente pertencentes ao SEB, os reservatórios invariavelmente exercerão funções múltiplas aos diversos usuários de recursos hídricos e devem ser previstos para tal (MELLO, 2017). Segundo Tundisi (1999 *apud* ANA, 2016b), o “aproveitamento dos múltiplos usos de reservatórios é um resultado de grande importância econômica, que compensa, em muitas situações, as perdas pela construção desses sistemas”. Nesse contexto, trazem perspectivas efetivas de desenvolvimento socioeconômico local e regional, geração de emprego e melhoria da qualidade de vida (ANA, 2016a).

2.4. Ecologia de Reservatórios

Quando uma represa é construída, são criados diversos subsistemas, com conseqüente modificações dos fluxos de água, nutrientes e sedimentos. Cria-se também um gradiente térmico (estratificação), que interfere em processos ecológicos, na capacidade de autodepuração, na concentração de oxigênio dissolvido e no equilíbrio de produção primária, como algas, fitoplâncton e macrófitas (ANA, 2016b). Em regiões mais secas, altas taxas de evaporação são comuns, o que pode aumentar a salinidade da água represada, que naturalmente apresenta maior quantidade de sais em climas mais áridos (MELLO, 2017). Em alguns casos, entretanto, a evaporação líquida pode ser negativa, visto que é necessário comparar a evaporação bruta do reservatório com a evapotranspiração local antes da construção do lago. É possível que a transpiração da cobertura vegetal anterior à formação do lago tenha sido maior que a evaporação do espelho d'água formado, levando a uma evaporação líquida negativa.

A deposição de sedimentos (assoreamento) é inevitável e, por isso, o cálculo da vida útil de um reservatório de UHE se dá pelo tempo em que o nível de acúmulo alcança as soleiras das tomadas d'água (ANA, 2016a). A baixa circulação do material biológico depositado pode gerar também processos de anoxia (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008 *apud* ANA, 2016b) e produção de H₂S (MELLO, 2017). Além disso, é extremamente importante que a vegetação nativa seja removida antes do enchimento do reservatório, para que o alagamento e a decomposição da matéria orgânica não emitam níveis elevados de

CH₄. Esse desmatamento zoneado deve ser planejado cuidadosamente, empregando a mão de obra local e mantendo a vegetação na faixa de variação de nível do reservatório para prevenção da erosão da margem (MELLO, 2017).

É importante desmistificar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) de reservatórios. Muitos estudos levam em consideração emissões brutas do lago, sem haver dados das emissões anteriores à implantação da barragem para verificar se de fato há emissão líquida positiva. Reservatórios específicos como Balbina e Tucuruí tiveram seus resultados extrapolados para outros empreendimentos, quando na verdade, deve-se levar em conta que a área inundada já emitia determinada quantidade de GEE e que cada reservatório terá um determinado comportamento (Carvalho, 2015). De fato, a construção de um lago altera esse padrão de emissões. Entretanto, conforme mostra o Projeto Balcar, estudo encomendado à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) relacionado ao Projeto Estratégico - Monitoramento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Usinas Hidrelétricas, a construção de um lago artificial pode inclusive atuar como “sumidouro” de GEE. Este documento avaliou 8 empreendimentos hidrelétricos em operação e 3 em fase de construção para 3 cenários diferentes e demonstrou que, com exceção de Balbina, os aproveitamentos hidrelétricos possuem valores de intensidade de GEE muito inferiores a à geração termelétrica. Existem inclusive valores de intensidade negativa, como Funil, Xingó, Segredo e Itaipu (ou seja, “sumidouros”). O potencial hidrelétrico mundial aproveitado atualmente evita a emissão de GEE equivalente à queima de 4,4 milhões barris de petróleo por dia (ITAIPU, 2020).

O ambiente de transição hidráulica criado pela barragem varia entre os regimes fluvial e lacustre, conforme esquematizado na Figura 8 (ANA, 2016a). A zona fluvial é mais rasa, com maiores velocidades, menores tempos de retenção e menor penetração de luz devido aos sedimentos e nutrientes em suspensão, enquanto a zona lacustre é mais profunda, com menores velocidades, maiores tempos de retenção e maior penetração de luz, visto que há maior deposição de sedimentos e nutrientes. A região intermediária possui características mistas e, inicialmente, maior produtividade primária e conseqüentemente maior produção de peixes, devido à boa relação nutriente-luminosidade (ANA, 2016b).

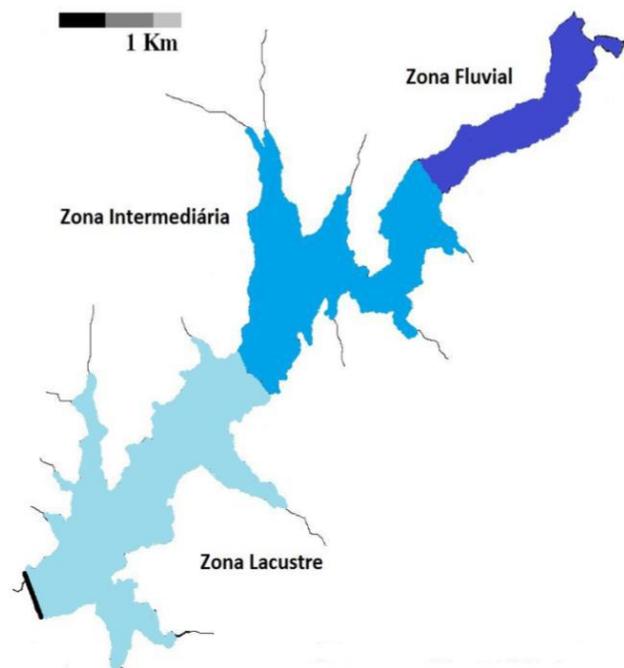


Figura 8: Zoneamento de um reservatório.

Fonte: ANA, 2016b.

Esta maior produção de peixes, em geral, atrai atividades de pesca desordenada. Quando estes nutrientes, concentrados principalmente na zona intermediária, se decompõem, a produtividade de pescados diminui. Caso seja mantido o mesmo esforço de pesca, o estoque pesqueiro pode ser comprometido, o que também afeta a comunidade de pescadores. Para que a exploração dos recursos pesqueiros seja racional, é preciso conhecimento da diversidade biológica presente, além de dados sobre produção e mercado. É importante também acompanhar o processo de evolução da biomassa e ictiofauna ao longo do “envelhecimento” do reservatório (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008 *apud* ANA, 2016b).

Em relação às espécies migradoras, a regularização de vazões causa impactos negativos sobre sua reprodução, o que reduz a qualidade do pescado (BERMANN, 2007). Como medida de mitigação a esses efeitos, podem ser construídas escadas de peixes, canais laterais, sistemas de eclusas ou estações de piscicultura. Para evitar a eliminação de cardumes, é importante que haja descargas de turbina, vertedores com bacia de dissipação, além de ser contraindicada a manutenção dos equipamentos em períodos de piracema (MELLO, 2017).

De fato, a descontinuidade produzida por um reservatório, intensificada com uma série de barramentos, perturba a distribuição e reprodução de organismos. A manutenção dos nutrientes dentro do reservatório diminui a produtividade primária e de peixes a jusante, por exemplo (MELLO, 2017). Entretanto, segundo Sendacz (2006 *apud* ANA, 2016b),

sabe-se que uma cascata de usinas colabora para uma redução de poluentes, mantendo parte dos nutrientes e poluentes no ambiente lântico e melhorando a qualidade da água a jusante.

Esses compostos chegam aos lagos majoritariamente devido ao precário serviço de esgotamento sanitário nas cidades, além do despejo de efluentes industriais, ricos em nutrientes, e poluição difusa advinda do carreamento de fertilizantes, pesticidas e agrotóxicos pela chuva. O manejo inadequado do solo também contribui para a deterioração da qualidade hídrica local, e a alteração de um regime lótico (fluvial) para lântico (lacustre) pode acelerar ou desencadear processos de eutrofização (ANA, 2016a). O excesso de nitrogênio e fósforo também pode desencadear um desequilíbrio na proliferação de macrófitas, que podem, contudo, ser utilizadas na alimentação de animais, produção de gás ou na despoluição de águas contaminadas (MELLO, 2017).

2.5. Aspectos Sociais e Reservatórios

Repetidamente, aproveitamentos hidrelétricos se revelaram insustentáveis, no Brasil e no mundo (MELLO, 2017). A Comissão Mundial de Barragens sugere que entre 40 e 80 milhões de pessoas foram desterritorializadas pela construção de represas. Muitas delas não foram reconhecidas ou cadastradas como tal e, por isso, não receberam indenizações ou auxílio para o reassentamento. Quando ressarcidas, para muitas esse valor não foi adequado ou suficiente e quando reassentadas, dificilmente tiveram seus meios de subsistência restabelecidos, visto que os programas de realocações se limitam ao deslocamento físico e raramente se estendem à reabilitação econômica e social (CMB, 2000). De fato, quanto maior a magnitude dessa desarticulação social, menor a probabilidade de restauração de sustento. Mulheres, minorias étnicas, povos indígenas e tribais foram atingidos pela ruptura social e produtiva em um nível desproporcional, sendo discriminados inclusive na partilha dos benefícios.

Investidores e governo fundamentam-se majoritariamente em critérios econômicos, reduzindo a importância ou até mesmo escondendo os conflitos locais. Utilizam-se do “recurso da invisibilidade” que, segundo Bermann (2007), mantém as populações ribeirinhas - que vivem desconexas da lógica de mercado - afastadas dos processos de negociação. É, de certa forma, uma ferramenta para negar seus direitos - porque, se não existem, não precisam ser incluídos - e de contenção de custos com a adequada indenização. Essa postura é contraditória, uma vez que as usinas hidrelétricas são empreendimentos direcionados para o desenvolvimento de localidades ainda não economicamente integradas à economia do resto do país (WALDMAN, 1990, p.42 *apud*

BERMANN, 2007). Nesses casos, a noção de “potencial hidrelétrico” claramente se sobrepõe a outros potenciais produtivos como pesca, irrigação, turismo, patrimônio cultural e ecológico.

O alagamento de terras férteis e produtivas, o aumento de doenças de veiculação hídrica e o superpovoamento das localidades que absorvem os contingentes deslocados na etapa de implantação são exemplos dos efeitos sociais (MELLO, 2017), agravados pela incapacidade de empreendedores e do Estado de cumprir com os compromissos assumidos e de respeitarem os regulamentos estabelecidos (CMB, 2000). Em contrapartida, a falta de um sistema normativo-legal em relação a essas comunidades, que possuem “pouca representatividade política e grande identidade territorial e comunitária” (EPE, 2007), contribui para a insuficiência das medidas mitigatórias.

Entretanto, medidas compensatórias tentam contrabalançar a perda de ecossistemas e biodiversidade provocada pela construção de um reservatório com investimentos em recuperação e conservação, protegendo outras localidades ameaçadas com valor ecológico “equivalente” (CMB, 2000). Do ponto de vista social, as compensações em muitos casos não puderam assegurar a manutenção das condições de vida da comunidade no mesmo nível de antes (BERMANN, 2007). Mello recomenda algumas medidas para mitigação e minimização desses impactos:

- identificação das doenças e vetores no local do projeto e vizinhanças;
- campanhas de vacinação e eliminação de vetores antes do início das obras;
- desenvolvimento de infraestrutura e de serviços de drenagem, abastecimento, esgotamento e coleta de resíduos nos municípios receptores e locais de reassentamento;
- programas de saúde, alimentação e nutrição nos municípios receptores e locais de reassentamento;
- assistência médica durante o enchimento do reservatório, devido ao afugentamento de animais e possíveis picadas de cobra ou insetos peçonhentos;
- programas para desenvolvimento do potencial pesqueiro e turístico para absorção da mão de obra temporariamente contratada durante a fase de construção da usina.

Ainda segundo Mello (2017), os impactos positivos da construção de uma barragem levam a uma melhoria dos padrões de vida da população regional, em detrimento da manutenção do estilo de vida das populações locais. O deslocamento das comunidades atingidas pelo enchimento do reservatório não é um processo participativo e sim unilateral, em que normalmente não há a comunicação adequada de informações sobre o empreendimento, os porquês da instalação e nem mesmo o pagamento adequado e justo

das indenizações. As preocupações e interesses dessas populações devem ser ouvidos e inseridos no processo de planejamento do empreendimento para que possa ser considerada também a realocação das famílias. Um exemplo bem sucedido de reassentamento é Itapu, que indenizou adequadamente 35 mil pessoas, enquanto o benefício sistêmico do empreendimento atingiu 35 milhões de brasileiros (FARIA *et al*, 2012). Para um apropriado programa de indenizações, deve-se:

- efetuar o cadastramento das populações e terras afetadas de maneira pública e de forma mais completa possível;
- garantir que nenhuma família mais se estabeleça na região que ocupará o lago;
- informar os atingidos de maneira minuciosa e em linguagem acessível todos objetivos, benefícios e mudanças esperadas;
- comunicar o detalhamento sobre os cronogramas e demandas de mão de obra nas diversas fases do empreendimento através de um programa de educação especial;
- instruir população sobre saneamento e saúde e capacitá-la para prevenção de acidentes de trabalho;
- esclarecer cuidadosamente os critérios de avaliação para indenizações;
- efetuar as indenizações imediatamente;
- oferecer às famílias deslocadas explicações, orientações e auxílio para a obtenção das novas terras, legalização de títulos;
- disponibilizar transporte para os novos locais de reassentamento e assessoria ao processo de adaptação;
- evitar rupturas radicais nas atividades e tradições culturais da comunidade.

Tradicionalmente, o levantamento dos impactos sociais e ambientais foram iniciados em etapas tardias dos projetos, quando na verdade precisam ser incorporados nas fases de configuração e concepção, para que sejam critérios relevantes que influenciem alterações e adaptações dos empreendimentos. Os custos dessas modificações são também menores para nas fases iniciais e, por isso, as avaliações de impactos devem começar na fase de planejamento da expansão do setor elétrico (SOUSA, 2000). Para Carvalho (2015), as Compensações Financeiras - quantia proporcional à geração de energia para pagamento pelo uso do recurso hídrico dos reservatórios - pagas pelo empreendedor aos municípios atingidos é um benefício contínuo e, em muitos casos, um efetivo instrumento econômico de desenvolvimento social e ambiental.

Segundo o Relatório da Comissão Mundial de Barragens (CMB, 2000), a eficiência dos projetos de usinas hidrelétricas aumentará significativamente quando as soluções forem participativas, porque projetos desfavoráveis serão suprimidos antes de maiores

detalhamentos e restarão opções com as quais as partes interessadas concordem. O documento também traz tópicos importantes para a discussão:

- Até que ponto as alternativas às barragens são viáveis para atingir as diversas metas de desenvolvimento? Essas alternativas são complementares ou mutuamente excludentes?
- Até que ponto os impactos sociais e ambientais adversos são aceitáveis?
- Até que ponto os impactos sociais e ambientais adversos podem ser evitados ou mitigados?
- Até que ponto consentimento da comunidade local deve reger as decisões de desenvolvimento no futuro.

O relatório também demonstra, através da análise de desempenho de diversas barragens, que muitas ficaram aquém das suas metas de retorno econômico e financeiro, além da tendência de exceder os prazos e orçamentos previstos. Para contornar essas tendências do passado, o documento apresenta sete prioridades estratégicas e propõe um modelo inclusivo de avaliação das opções (Figura 9):

1. conquista da aceitação pública;
2. avaliação abrangente das opções;
3. aproveitamento das barragens existentes;
4. preservação de rios e meios de subsistência;
5. reconhecimento de direitos adquiridos e compartilhamento de benefícios;
6. garantia de cumprimento;
7. compartilhamento dos rios para a paz, desenvolvimento e segurança.

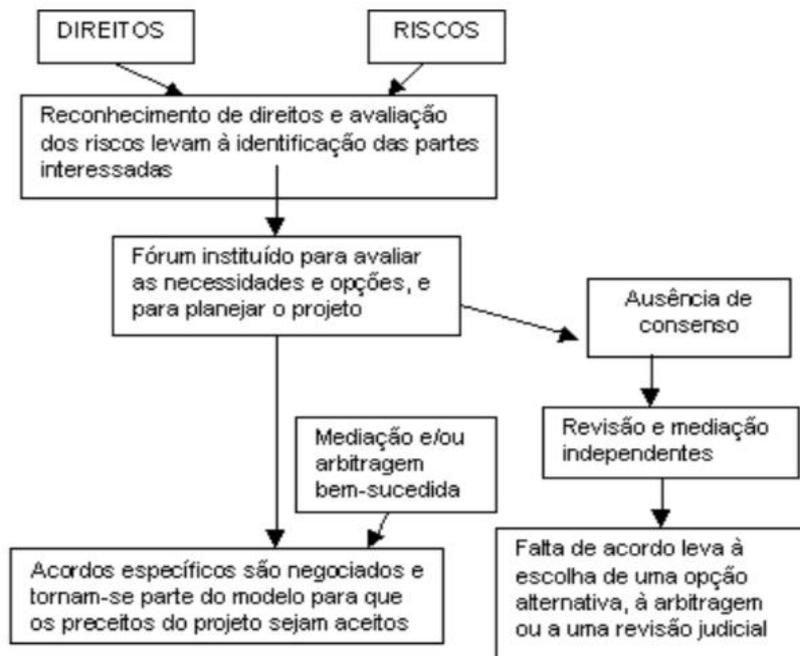


Figura 9: Modelo de avaliação de opções e planejamento de projeto.

Fonte: CMB, 2000.

Os direitos das populações afetadas e os riscos aos quais estão expostas precisam ser reconhecidos, identificados e incluídos no processo de negociação dos empreendimentos, em oposição ao recurso da invisibilidade. Os acordos devem se dar em processos abertos e transparentes. Os grupos de interesse e, principalmente comunidades indígenas, quilombolas, mulheres e outras minorias vulneráveis devem ser informados e receber apoio jurídico. À medida que se trabalha a compreensão e o esclarecimento dessas pessoas e passa a se cumprir o processo de reassentamento e indenizações, a aceitação pública das futuras obras aumentará. É primordial então a construção de consensos para que os interesses divergentes sejam levados em conta e absorvidos aos processos de tomada de decisão. O Comitê de Bacia possui papel fundamental para articular e deliberar esses conflitos junto ao órgão ambiental, agentes de geração e sociedade civil. Nesse sentido, "a hidreletricidade pode seguir com o papel de assegurar as necessidades energéticas do país se os problemas sociais decorrentes forem efetivamente considerados, mitigados e superados" (BERMANN, 2007).

2.6. Setor Elétrico Brasileiro e as Usinas de Regularização

O Brasil possui 246 GW de potencial hidrelétrico estimados, dos quais 107 GW se encontram em operação e 73 GW em inventário, de acordo com a Eletrobrás (2018). Quase 40% desse potencial se encontra na bacia do rio Amazonas e, devido ao relevo, biodiversidade, presença de terras indígenas e distância dos centros de carga, torna-se um desafio a construção de empreendimentos hidrelétricos nesta região. Mesmo assim, essa disponibilidade nacional de recursos hidroenergéticos permitiu, ao longo dos anos, que a hidreletricidade ocupasse a maior parcela da matriz elétrica nacional, podendo ser considerada também uma vantagem competitiva (FACURI, 2004), apesar do complemento térmico em horários de pico.

A Usina de Marmelos foi a primeira usina hidrelétrica do Brasil (e também da América do Sul), inaugurada em 1889 em Juiz de Fora, Minas Gerais. Foi construída para abastecer uma indústria têxtil e para iluminação urbana (JUIZ DE FORA, 2020) e pode ser considerada o primeiro evento que deu início ao Setor Elétrico Brasileiro. Em 1934 foi promulgado o Código das Águas, atribuindo o controle das atividades de energia elétrica e sua regulamentação à União. A criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) em 1945 começa a dar forma ao sistema elétrico. Mais tarde, em 1952, é fundada a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e, cinco anos depois, Furnas. Apesar de ter sido proposta em 1954 por Getúlio Vargas, a criação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás) ocorreu apenas em 1962.

Nesse mesmo ano, o governo federal contratou a Canambra Engineering Consultants Limited, empresa de consultoria canadense, iniciando o Projeto-Canambra. Até então, não havia visão de planejamento integrado, nem política de expansão do setor elétrico (EPE, 2018c), além da crônica falta de investimentos, tornando insuficiente o aumento da geração em relação à crescente demanda (MERCEDDES, RICO, & POZZO, 2015, *apud* EPE, 2018c). Entretanto, a interligação do sistema elétrico já começara com a Usina de Furnas, que entrou em operação em 1963, estabelecendo a conexão elétrica entre Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (LORENZO, 2002).

Em 1966 foi divulgado o Relatório Canambra, que levantou o primeiro estudo integrado do potencial hidrelétrico (Sudeste e Sul), novas metodologias de planejamento e o primeiro plano de expansão de longo prazo. Segundo Carvalho (2015), esse projeto “impulsionou de maneira decisiva a opção pelas grandes usinas, dotadas de grandes reservatórios, possibilitando vantagens duradouras”. Esta decisão possibilitou desenvolver uma matriz capaz de enfrentar as crises do petróleo.

O nascimento do planejamento centralizado permitiu a consolidação da Eletrobrás, que ficou responsável por estudos e projetos de implantação e operação de usinas e linhas

de transmissão, contribuindo indiscutivelmente para a expansão da oferta de energia e o avanço do país. Até 1950, muitas usinas foram construídas na região Sudeste do país, próximas ao litoral e aos grandes centros consumidores. Entre 1945 e 1970, os aproveitamentos se dispersaram em direção ao Sul e ao Nordeste. Em 1974, foi lançado o II Plano Anual de Desenvolvimento, que priorizava a produção de aço, petróleo e energia elétrica. Nesse contexto, foram concebidas as UHEs de Itaipu e Tucuruí, além do Programa Nuclear (LORENZO, 2002).

Segundo Bermann (2007), o aproveitamento do potencial hidrelétrico permitiu a consolidação da engenharia nacional. Nas décadas de 70 e 80, a sociedade estava fascinada com o progresso proporcionado pela construção de grandes usinas. As preocupações ambientais, nesta época, ainda não haviam ganhado força, então foram construídos enormes reservatórios, majoritariamente em cabeceiras, responsáveis por regularizar as vazões dos rios mais importantes do país (FACURI, 2004). Até meados dos anos 80, muitos projetos se concentraram nas bacias do rio Grande e Paranaíba, deslocando os empreendimentos em direção ao Centro-Oeste.

Em 1982, a criação do Grupo Coordenador do Planejamento de Sistemas Elétricos (GCPS) definiu maior participação das concessionárias, atuando como órgão colegiado, sob a gerência da Eletrobrás. O grupo conduziu o planejamento da expansão com foco na interligação dos subsistemas e na inclusão das variáveis ambientais. Orientou a construção do plano decenal de expansão, assumindo também o planejamento de médio e longo prazo.

A reformulação do SEB iniciou-se com a crise fiscal e econômica na década de 80, que reduziu os investimentos estatais no setor. O Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, RE-SEB, foi encomendado em 1996 pelo governo federal e elaborado em conjunto com a desestatização. Nesse mesmo ano, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, agência reguladora e fiscalizadora do setor, e diversas empresas estatais foram privatizadas. Era necessário o estabelecimento de um ambiente competitivo, cuja implantação demandou a criação do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE (BRASIL, 1997b), responsável pelas políticas e diretrizes do setor elétrico, e do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (BRASIL, 1998), entidade responsável pela coordenação e operação centralizada do Sistema Interligado Nacional.

Anos depois, houve considerável desequilíbrio entre oferta e demanda de energia, resultando no racionamento de energia em 2001. Esse evento decorreu não só da ausência de investimentos e da falta de articulação institucional, mas também do superdimensionamento das energias asseguradas das usinas hidrelétricas de regularização (KELMAN, 2004). A crença de que seriam capazes de assegurar dada produção de energia no período crítico do histórico de vazões indicou a contratação de nova energia aquém do necessário. Essa crise, entretanto, colaborou para acelerar a

aproximação entre os Ministérios de Minas e Energia (MME) e o então Ministério do Meio Ambiente (MMA), que uniram esforços para “adequação de instrumentos legais relativos ao licenciamento de empreendimentos dos empreendimentos prioritários para geração e transmissão de energia” (FACURI, 2004).

Atualmente, além da ANEEL, MME, CNPE e ONS, diversos atores fazem parte do planejamento da expansão de geração. O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), responsável pela avaliação, acompanhamento e segurança do setor, a EPE, encarregada de estudos e pesquisas de planejamento, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que viabiliza a comercialização de energia elétrica no Brasil, foram criados em 2004 para compor o complexo setor. A Figura 10 demonstra a hierarquização dos atores. Também são importantes a Eletrobrás, criada em 1962 para promover estudos e projetos e hoje *holding* das empresas estatais, o Grupo Técnico Operacional da Região Norte (GTON), criado em 1990, responsável pelos Sistemas Isolados e sob coordenação da Eletrobrás, e o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), fundado em 1974 para desenvolvimento de pesquisa e infraestrutura científica.

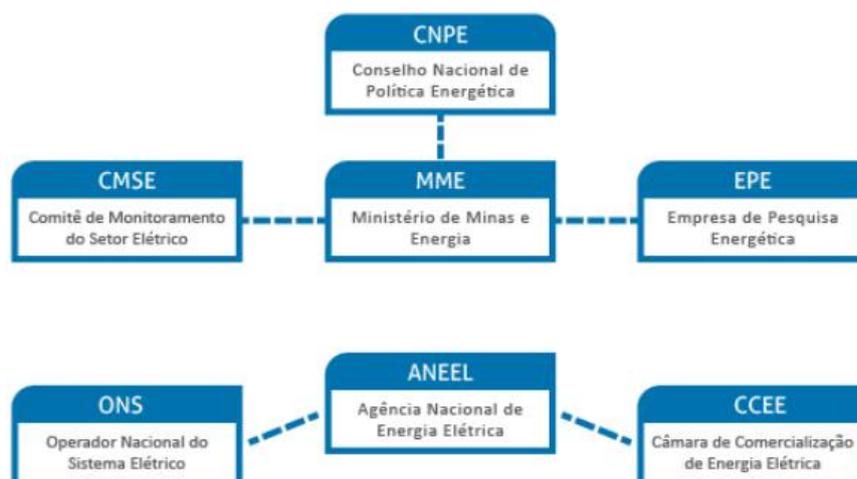


Figura 10: Instituições do Setor Elétrico Brasileiro.

Fonte: CCEE, 2020.

Historicamente, o Setor Elétrico Brasileiro se desenvolveu em consonância com o avanço do aproveitamento hidrelétrico do país. Ainda hoje, a hidreletricidade é a maior fatia da matriz elétrica nacional, responsável por 65,2% da energia produzida (BEN, 2018), apesar desta parcela já ter sido 87% no final da década de 90. Mesmo assim, há que se destacar a tendência de diminuição de projetos de usinas hidrelétricas (Tabela 1), principalmente de usinas com reservatórios de regularização, devido aos desafios socioambientais e ao longo processo de licenciamento.

Tabela 1: Projeção da potência instalada e participação hidráulica no SIN.

Potência Instalada		
31 de dezembro	Hidrelétrica* (MW)	Percentual do SIN*
2018	97.144	62,4
2019	101.252	62,7
2020	101.863	61,7
2021	101.889	60,9
2022	101.889	60,5
2023	101.961	59,1

* Valores sujeitos à alteração em função da evolução do cronograma de expansão do sistema.

Fonte: ONS, 2019.

A Figura 11 mostra a evolução da energia armazenada³ máxima do SIN (EAR_{máx}), com destaque para os saltos energéticos dos principais reservatórios de acumulação do país. Aproveitamentos a jusante destas usinas (sejam de regularização ou a fio d'água) contribuem com a valorização da água armazenada nas cabeceiras, representados nos saltos de EAR_{máx} de 1984 e 1994, devidos a Itaipu e Xingó, respectivamente (FALCETTA, 2015). Percebe-se uma redução do crescimento do armazenamento de água desde o final dos anos 90. A Figura 12 mostra a concentração dessa energia nos principais (e maiores) reservatórios do país. Nesse sentido, armazenamento e regularização garantem disponibilidade energética (BERMANN, 2007).

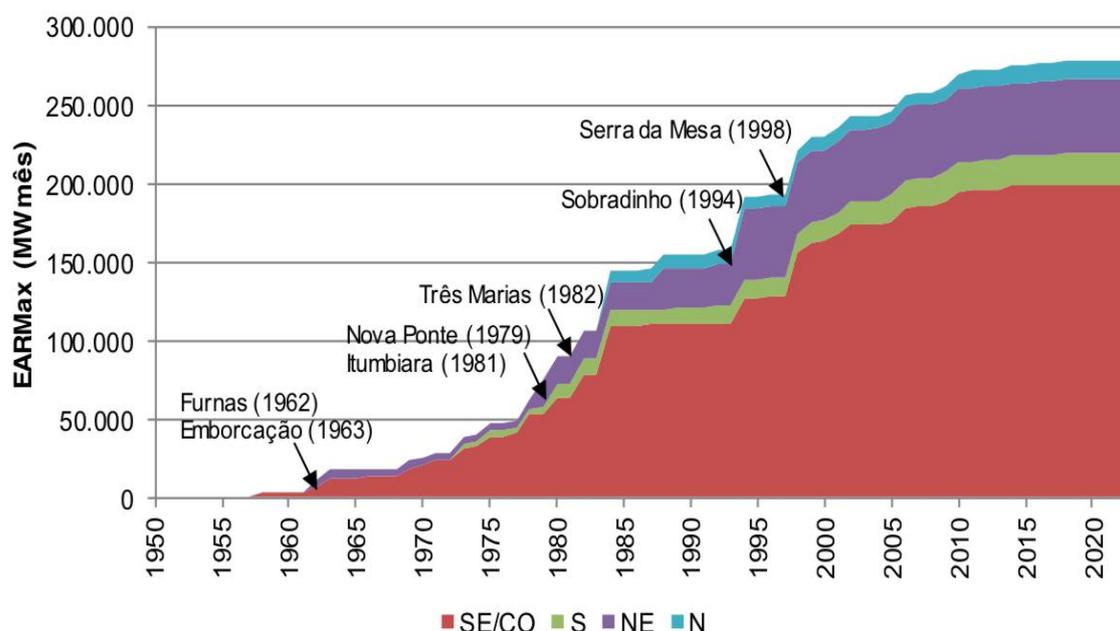


Figura 11: Histórico de energia armazenada do SIN.

Fonte: Falcetta, 2015.

³ Segundo o Glossário do site institucional do ONS, a energia armazenada é a “energia disponível em um sistema de reservatórios, calculada a partir da energia produzível pelo volume armazenado nos reservatórios em seus respectivos níveis operativos.”

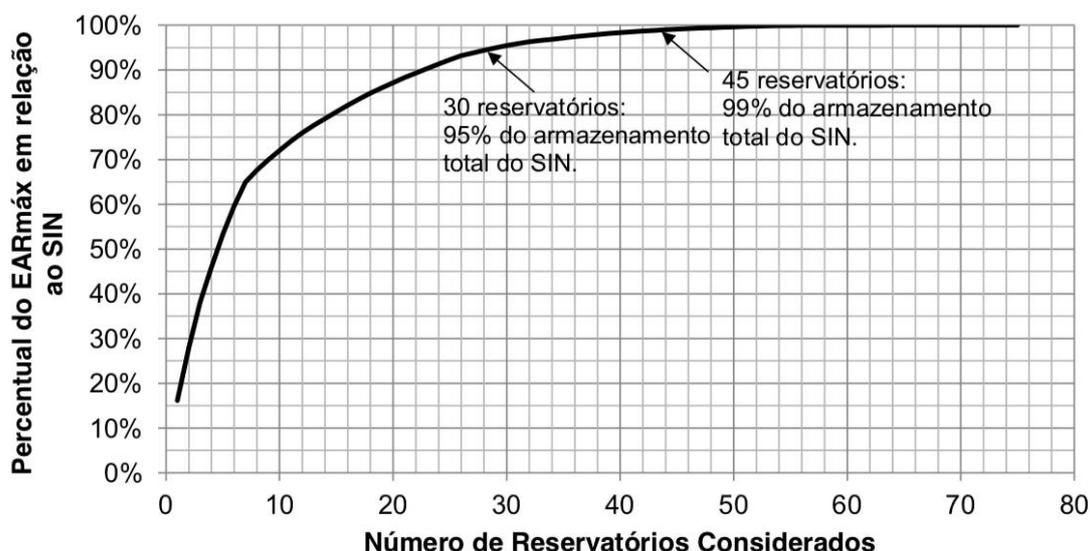


Figura 12: Distribuição da energia armazenada máxima nos reservatórios de acumulação do SIN.

Fonte: Falcetta, 2015.

Essa diminuição do crescimento da energia armazenada se dá pela diversificação da matriz energética, com entrada forte das usinas eólicas, solar e de biomassa. Em relação às hidrelétricas, a opção tem sido por usinas a fio d'água, que têm impactos reduzidos em relação às UHEs de regularização e os processos de licenciamento são menos morosos. Todavia, a opção por somente viabilizar usinas hidrelétricas a fio d'água tem consequências na segurança e no suprimento energético: a capacidade instalada cresce, de modo a acompanhar a demanda, pautada em fontes renováveis intermitentes (eólica, solar, a fio d'água), requisitando energia de reserva. Esse papel, quando não desempenhado por UHE de regularização, é garantido com o aumento do despacho térmico, que se dá em proporção maior que o aumento da demanda para poder cobrir incertezas consequentes da redução da capacidade relativa de regularização (FALCETTA, 2015).

A Figura 13 pertence ao Sumário Executivo do Planejamento da Operação Energética - ONS (PEN 2019-2023) e demonstra a perspectiva de redução do Grau de Regularização⁴ (GR) do SIN, ou seja, a quantidade de meses de estoque de energia. A EARmáx neste horizonte é constante, devido à previsão de entrada de apenas usinas com baixa ou nenhuma capacidade de regularização anual. Mesmo assim, é importante ressaltar que a acumulação dos reservatórios brasileiros é uma das maiores do mundo (292 GWmed) (ONS, 2019).

⁴ A relação entre a energia máxima armazenada e a demanda por energia (carga) demonstra o estoque de energia do sistema. Quanto maior a quantidade de água armazenada, maior é o grau de regularização em relação a uma carga constante. Quanto maior a carga, em relação a uma capacidade de armazenamento constante, menor será o grau de regularização desse sistema.

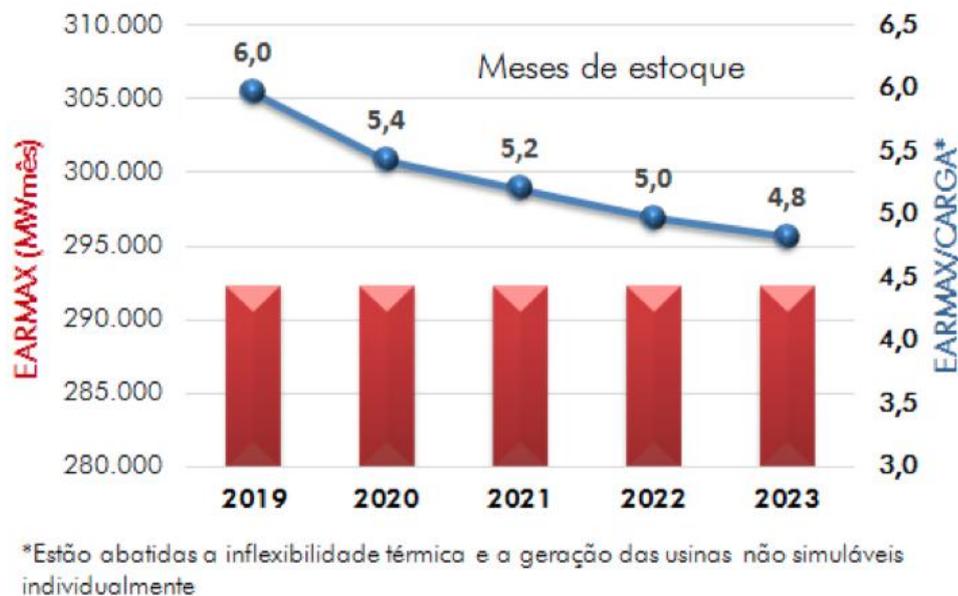


Figura 13: Evolução do GR do SIN.

Fonte: ONS, 2019.

Apesar da geração eólica, fotovoltaica e de biomassa (pequena central termelétrica) terem tendência a apresentarem comportamentos complementares à geração hidrelétrica (Figura 14), o decréscimo do GR significa que o sistema se tornará cada vez mais sujeito às variações sazonais, criando grande dependência dos períodos úmidos para o enchimento dos reservatórios e maior esvaziamento ao final de cada período seco. Essa conjuntura traz a necessidade de mais fontes complementares (majoritariamente térmicas), o que impacta o custo da energia produzida (ONS, 2019). A Figura 15 mostra a diferença entre o crescimento do volume útil armazenado no SIN e o crescimento da potência instalada. O aumento da capacidade instalada mais acelerado que o aumento do armazenamento de água infere maior despacho térmico para manutenção da segurança sistêmica.

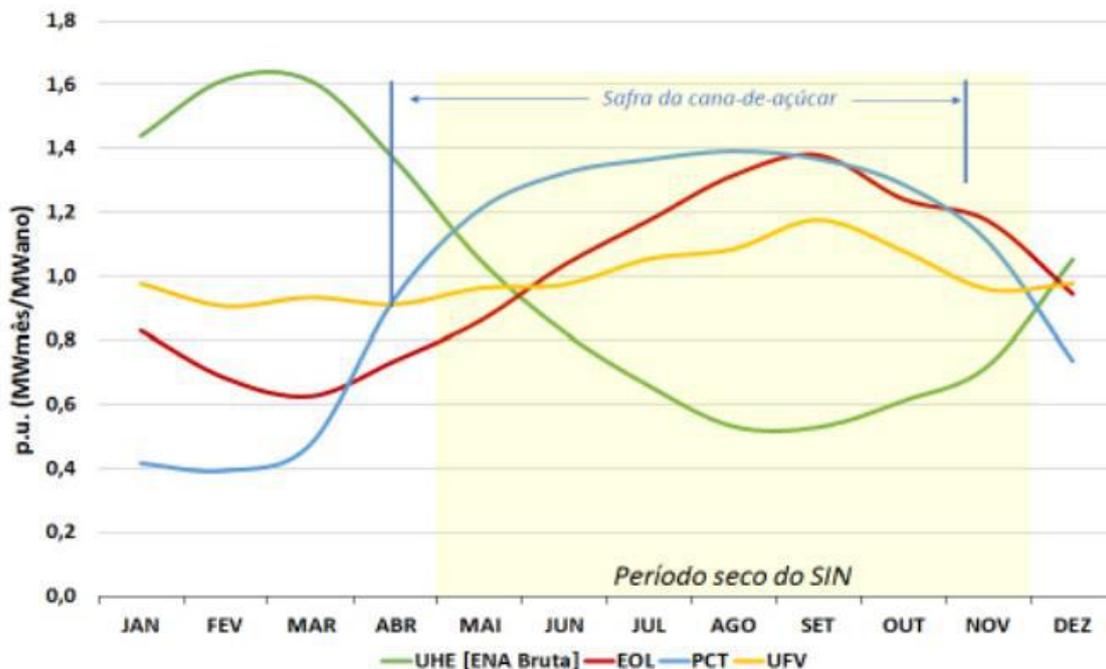
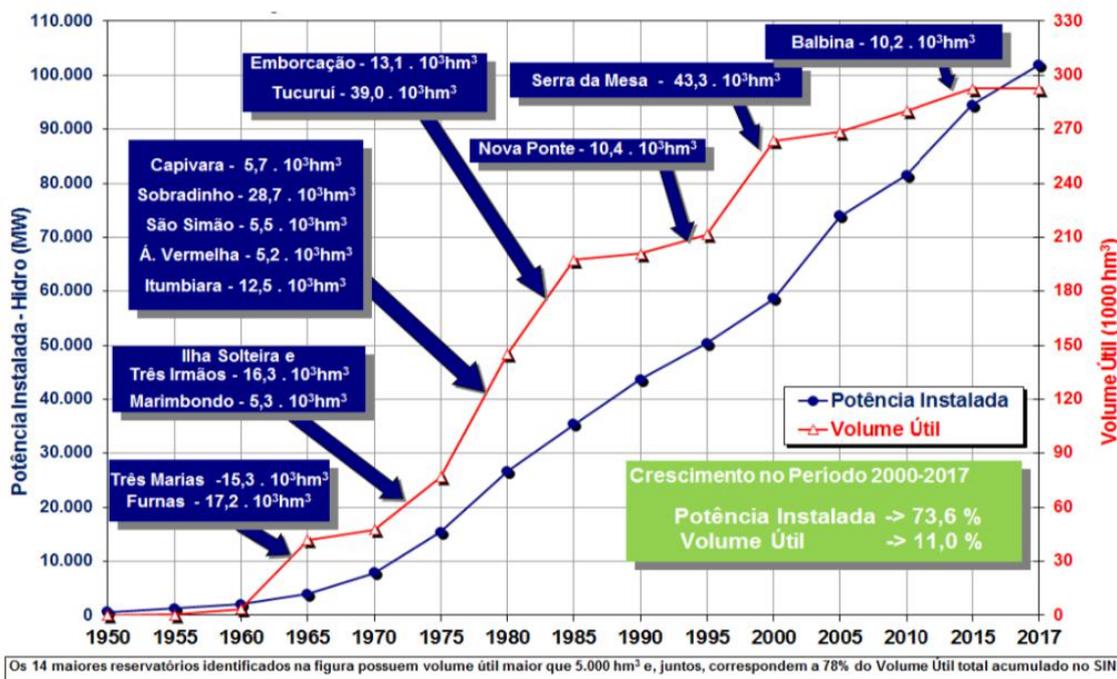


Figura 14: Complementaridade anual das diversas fontes de geração.

Fonte: ONS, 2019



Os 14 maiores reservatórios identificados na figura possuem volume útil maior que 5.000 hm³ e, juntos, correspondem a 78% do Volume Útil total acumulado no SIN

Figura 15: Evolução do volume útil acumulado e da potência instalada no SIN.

Fonte: Goldemberg, 2015.

Estão em andamento na EPE atualizações dos estudos do potencial de usinas reversíveis, ou seja, usinas que bombeiam água de um reservatório inferior para um superior em horários de excedente de produção, aproveitando, por exemplo, quando a

geração eólica ou solar é excessiva e os limites de transmissão não permitem o escoamento dessa produção. Essa água armazenada pode ser utilizada em momentos de aumento da demanda (EPE, 2018b). Carvalho (2015) sintetizou:

“A perda de potencial energético pela decisão de não implantação de projetos com reservatórios de regularização significa desperdício de um importante recurso nacional; hidrelétricas com esta característica proporcionam flexibilidade, garantia de disponibilidade e confiabilidade ao Sistema Elétrico Brasileiro. Elas permitem melhor controle de vazões bem como o uso múltiplo dos reservatórios. São fundamentais para a adaptação às mudanças climáticas, beneficiando setores como turismo, lazer, agricultura, pesca e piscicultura.”

Além da estabilidade nos custos de operação e produção de energia, benefício dos quais todos os cidadãos usufruem, diversos usuários de recursos hídricos são favorecidos com a implantação de reservatórios de acumulação. Todavia, os efeitos negativos destas obras são atribuídos única e exclusivamente ao setor elétrico (EPE, 2018b).

Ciente das contrapartidas sociais, ambientais e energéticas, a EPE, em 2015, elaborou um estudo selecionando 25 reservatórios de regularização (dentre 180 projetos) que seriam estratégicos para a expansão da matriz brasileira, contribuindo para um incremento de 16% na energia armazenável do SIN (46,7 GWmed). A avaliação socioambiental levou em conta a população atingida, unidades de conservação (UCs de uso sustentável e de proteção integral) e terras indígenas afetadas e separou os aproveitamentos em 4 grupos de significância de impactos. Como resultado, 16 empreendimentos correspondem a 54% (25,2 GWmed) da energia armazenável de todo o grupo selecionado e mostraram-se com grau de complexidade socioambiental menor do que os demais (EPE, 2015 revisão inventário). Esse grupo de 16 reservatórios podem ser vistos, portanto, como prioritários para o planejamento da expansão da geração.

2.7. A Bacia do Rio Paranaíba

O Brasil é dividido em 12 grandes bacias hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Leste, Atlântico Sul, Parnaíba, São Francisco, Paraguai, Uruguai e Paraná. Atrás apenas da bacia Amazônica, a bacia do rio Paraná apresenta o segundo maior potencial hidrelétrico do país (Eletrobrás, 2018), além de ser uma das regiões mais desenvolvidas do país. Sua reserva de energia é estratégica para o país, principalmente por ser uma bacia com proximidade aos principais centros de carga, no Sudeste. Em sua cabeceira, encontra-se a bacia do rio Paranaíba, cuja nascente se localiza na Serra da Mata da Corda, no

município de Rio Paranaíba, Minas Gerais (Figura 16). O rio percorre cerca de 150 km até formar a divisa entre os estados de Minas Gerais e Goiás e, mais adiante, torna-se a fronteira entre Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Apresenta um total de 1.008 km de extensão até sua confluência com o rio Grande, a partir da qual se forma o rio Paraná (Figura 17). Para fins de gestão dos recursos hídricos, a bacia do rio Paranaíba é dividida em 10 Unidades de Gestão Hídrica (UGHs), conforme demonstram a Quadro 1 e a Figura 18.



Figura 16: Bacia do rio Paranaíba e bacias hidrográficas brasileiras.

Fonte: Resumo Executivo PRH-Paranaíba (ANA, 2013).

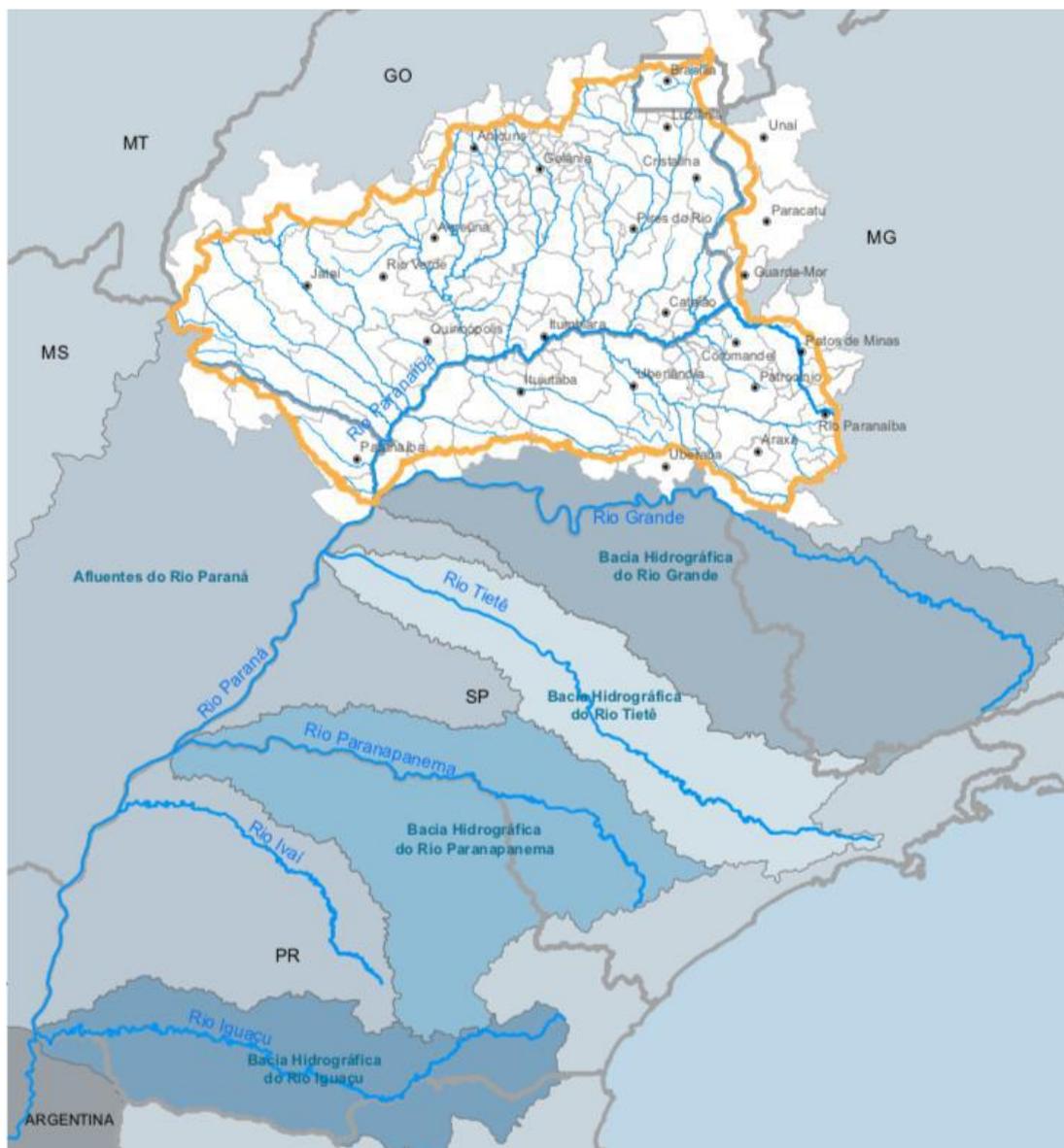


Figura 17: : Bacia do rio Paranaíba e afluentes do rio Paraná.
 Fonte: Resumo Executivo PRH-Paranaíba (ANA, 2013).

De acordo com o Plano de Bacia e Enquadramento do Rio Paranaíba, a bacia do corresponde a 2,6% da superfície nacional e abriga 4,5% da população do país, uma vez que compreende a região metropolitana de Goiânia, o Distrito Federal e uma parte do Triângulo Mineiro (sudeste da bacia). Nesse sentido, os recursos hídricos são intensamente explorados para abastecimento urbano, irrigação e geração de energia, o que gera conflitos e impacta a qualidade e disponibilidade hídrica local.

O clima da região é tropical quente com invernos mais secos, sem variações extremas nas médias anuais de precipitação (entre 1.300 e 1.800 mm), apesar da evidente sazonalidade entre os meses secos (50 mm de média mensal entre maio e setembro) e úmidos (100 mm entre outubro e abril, podendo chegar a até 400 mm). O relevo da região varia entre 240 m e 1.400 m, com altitudes mais baixas ao longo da calha do rio Paranaíba e mais altas próximos aos divisores de água da bacia, especialmente próximo ao Distrito Federal e nas cabeceiras das UGHs dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba e Araguari.

A parcela ocidental da bacia apresenta baixa fertilidade natural. Entretanto, o relevo local mais baixo favorece a mecanização da lavoura, e o solo profundo, poroso e permeável reforça a aptidão agrícola da parte oeste da bacia. Segundo o diagnóstico do Plano de Bacia e Enquadramento do Rio Paranaíba, a bacia abriga áreas com riscos extremos à erosão, que são agravados pelo manejo inadequado do solo e pelas áreas de maior declividade. Contribuem para esta situação as áreas de pastagem às margens do rio Doce; assoreamento dos rios Aporé, Santana e Meia Ponta; cavas de garimpo e mineração; voçorocas e ausência de mata ciliar nativa nas cabeceiras.

Há fragmentos de vegetação remanescente de Cerrado e Mata Atlântica por toda a bacia, centralizados principalmente nas 19 Unidades de Conservação de Proteção Integral, 26 Unidades de Conservação de Uso Sustentável e 43 Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), que cobrem apenas 3,35% do território da bacia do rio Paranaíba (ANA, 2015). Além disso, 13 espécies de peixes ameaçadas de extinção ocorrem em brejos temporários ou habitam as calhas principais, ameaçadas pela alteração da dinâmica do rio devido a represamentos ao longo dos cursos d'água.

A bacia do rio Paranaíba possui um histórico de conflitos por recursos naturais desde o início da sua ocupação. Neste primeiro momento, a chegada dos bandeirantes e o garimpo no século XVII levaram à expulsão de diversos povoados indígenas da região. A mineração de ouro perdurou até o século XIX, quando as atividades principais se tornaram agricultura e pecuária de subsistência. No século XX, pequenos camponeses foram expropriados para dar espaço a latifúndios de produção agrícola. Os recursos hidrelétricos também foram aproveitados intensamente, com a construção das UHE Cachoeira Dourada em 1959, São Simão em 1978 e Itumbiara em 1979, através das políticas modernizadoras proposta pelo Estado, atingindo principalmente pequenos produtores de subsistência ou

agricultores familiares. Os expressivos reservatórios concentram-se hoje no curso principal do Paranaíba, UGH Araguari e UGH Corumbá (ANA, 2015).

Segundo a FUNAI (2012), não há homologação de terras indígenas na bacia do rio Paranaíba, apesar do reconhecimento de sua ocupação no passado. Contudo, identificam-se 18 ocorrências de comunidades quilombolas (Fundação Cultural dos Palmares, 2011) e 139 assentamentos rurais, que abrigam 7.392 famílias (INCRA, 2012), evidenciando o histórico de conflitos por terra na bacia.

A construção de Capital Federal nos anos 60 foi um significativo marco na ocupação local, impulsionando o crescimento demográfico e a integração da bacia com o resto do país através das rodovias BR-153 e BR-040. Os grandes centros urbanos de Brasília, Goiânia e Uberlândia se estabeleceram neste século e a expansão do cultivo de grãos e de cana-de-açúcar se deu pelos avanços em irrigação, ocupando hoje 70% da área total da bacia.

Com sua posição estratégica, a bacia do rio Paranaíba conta com variadas atividades econômicas extremamente relevantes no contexto nacional: agricultura, pecuária, mineração e indústria. Existem 49 usinas sucroalcooleiras em operação, devido ao intenso cultivo de cana-de-açúcar (ANA, 2015). Além disso, são cultivados café, feijão, milho e soja, sendo esses dois últimos os mais representativos em extensão territorial. A pecuária ocupa 7,8 milhões de hectares, com significativo aumento de galináceos (ANA, 2015). A mineração também se mantém como atividade expressiva desde a ocupação da bacia. Destaca-se a produção de fosfato, nióbio e calcário, além da exploração de diamante e areia.

Segundo o diagnóstico de infraestrutura de saneamento ambiental do Plano de Bacia, o índice de abastecimento de água na bacia é de 95,7%. Contudo, para o atendimento ao crescimento da demanda até 2025, 70 municípios com sede na bacia necessitarão de ampliação do sistema de abastecimento ou de novo manancial. Excluindo-se o Distrito Federal, que possui 100% de cobertura de coleta e de tratamento de esgoto, o índice de coleta da região é de 47,3%, enquanto o de tratamento é de apenas 35,9%, o que contribui evidentemente para a degradação da qualidade da água da bacia (ANA, 2015).

Ainda de acordo com o Plano de Bacia, em relação aos serviços de limpeza urbana e de coleta de resíduos sólidos, toda a bacia é atendida. Contudo, apenas 5 UGHs dispõem de serviços de coleta seletiva e 6, de reciclagem. Excluindo o Distrito Federal e a UGH Santana-Aporé, todas as outras UGHs utilizam aterros sanitários. Com exceção do Distrito Federal, todas as UGHs fazem uso de vazadouros a céu aberto (lixões) e, com exceção da UGH Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba, todas as unidades de gestão hídrica fazem uso de aterros controlados, o que compromete a qualidade do solo e do lençol freático.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)

- Até 200 - Classe 1
- 200 a 1.000 - Classe 2
- 1.000 a 2.500 - Classe 3
- Acima de 2.500 - Classe 4

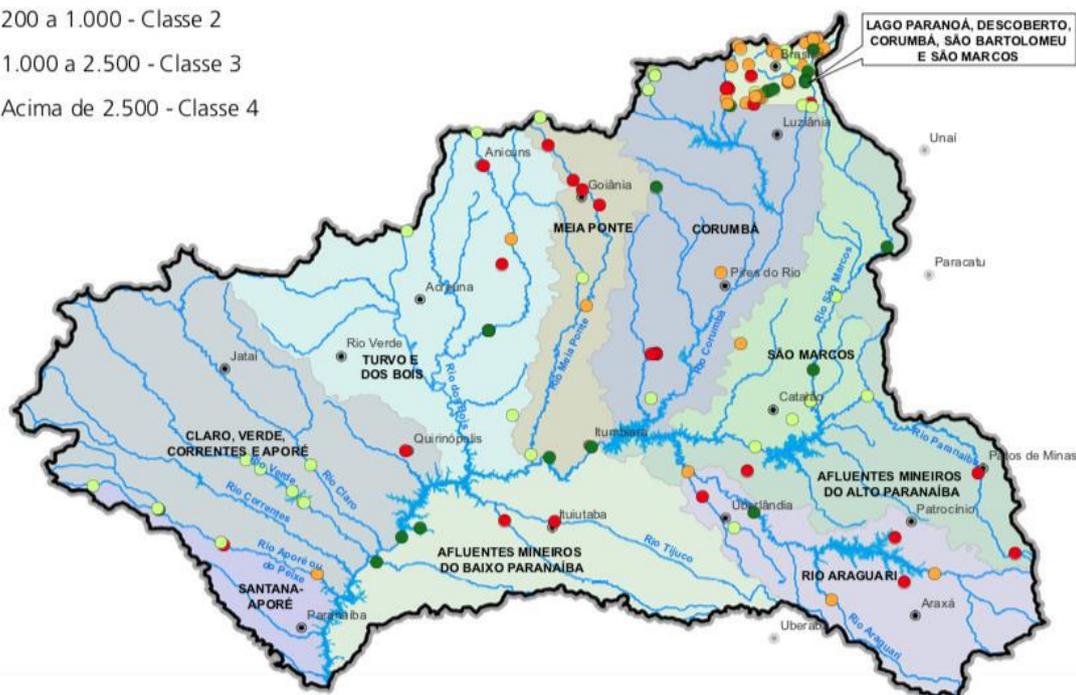


Figura 20: Valores Médios de Coliformes Termotolerantes 2008/2009.

Fonte: Resumo Executivo PRH-Paranaíba (ANA, 2013).

Tabela 2: Vazões de consumo por UGH.

Unidade de Gestão Hídrica	Agricultura Irrigada (m³/s)	Indústria (m³/s)	Mineração (m³/s)	Desse- dentação (m³/s)	Abasteci- mento Humano (m³/s)	Total (m³/s)
Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba	39,9	0,1	0,03	1,0	0,3	41,3
Rio Araguari	26,4	0,2	0,27	0,7	0,6	28,1
Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba	21,3	0,2	0,00	1,3	0,2	22,9
São Marcos	21,3	0,6	0,02	0,3	0,1	22,3
Corumbá	17,9	0,6	0,00	1,0	1,4	21,0
Meia Ponte	10,8	1,5	0,00	0,7	1,6	14,5
Turvo e dos Bois	36,2	1,8	0,00	1,4	0,4	39,8
Claro, Verde, Correntes e Aporé	8,2	2,0	0,0	1,5	0,2	11,9
Distrito Federal	3,9	0,2	0,0	0,1	1,3	5,5
Santana-Aporé	3,1	0,1	0,0	0,6	0,1	3,8
Total da Bacia	188,9	7,3	0,33	8,5	6,1	211,1

Fonte: PRH-Paranaíba (ANA, 2015).

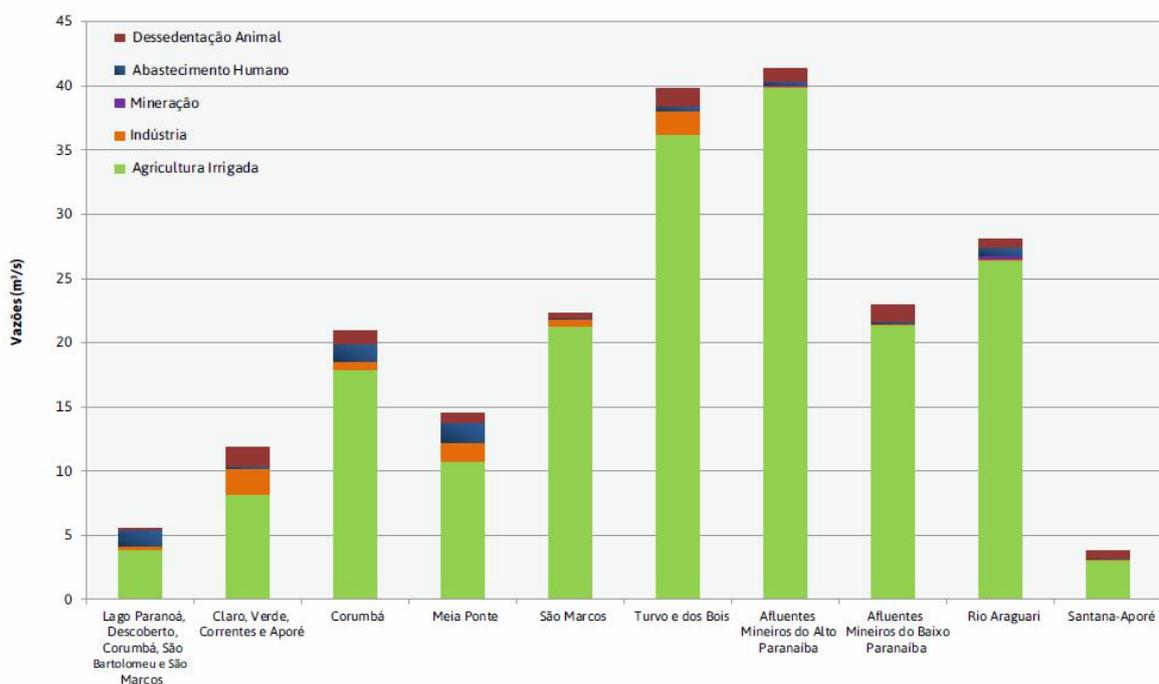


Figura 21: Demandas de consumo por UGH.

Fonte: PRH-Paranaíba (ANA, 2015).

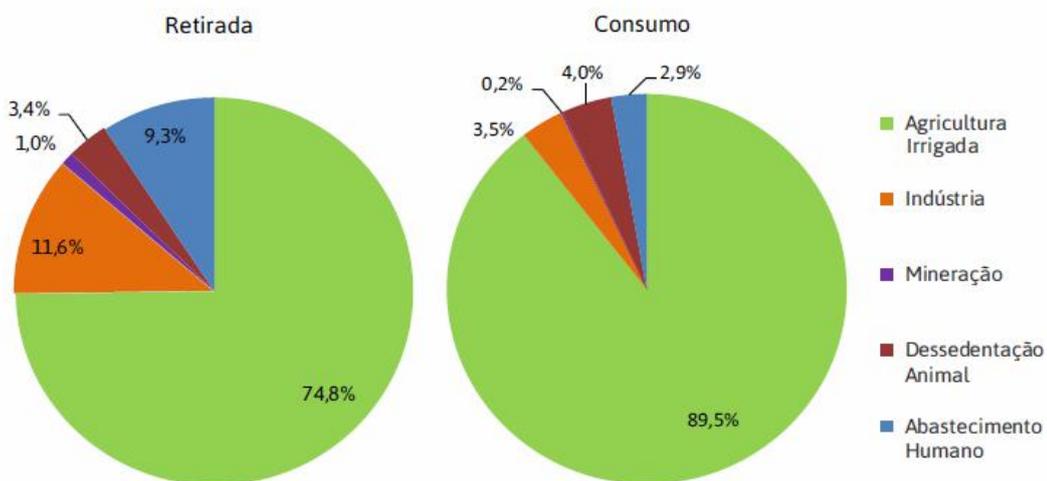


Figura 22: Composição relativa das demandas setoriais por água.

Fonte: PRH-Paranaíba (ANA, 2015).

Existem 20 usinas hidrelétricas (19 UHEs pertencentes ao SIN) e 16 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) em operação na bacia, cujo potencial de geração é de 11,8 GW, dos quais 71% já são explorados (ANA, 2015). Em inventário, encontram-se 136 PCHs e 27 UHEs. Também é gerada energia através de 20 usinas termelétricas (UTE) (301 MW instalados) e a partir da queima do bagaço de cana, geralmente utilizada para consumo próprio. A partir da barragem da UHE São Simão, na calha principal do rio Paranaíba, estendem-se 170 km de hidrovia até o rio Grande, compondo o trecho IV da Hidrovia-Paraná. São transportados majoritariamente *commodities* entre centros produtores e os principais portos exportadores e turistas. As UHE integrantes do SIN e operadas pelo ONS estão expressas na Figura 23.

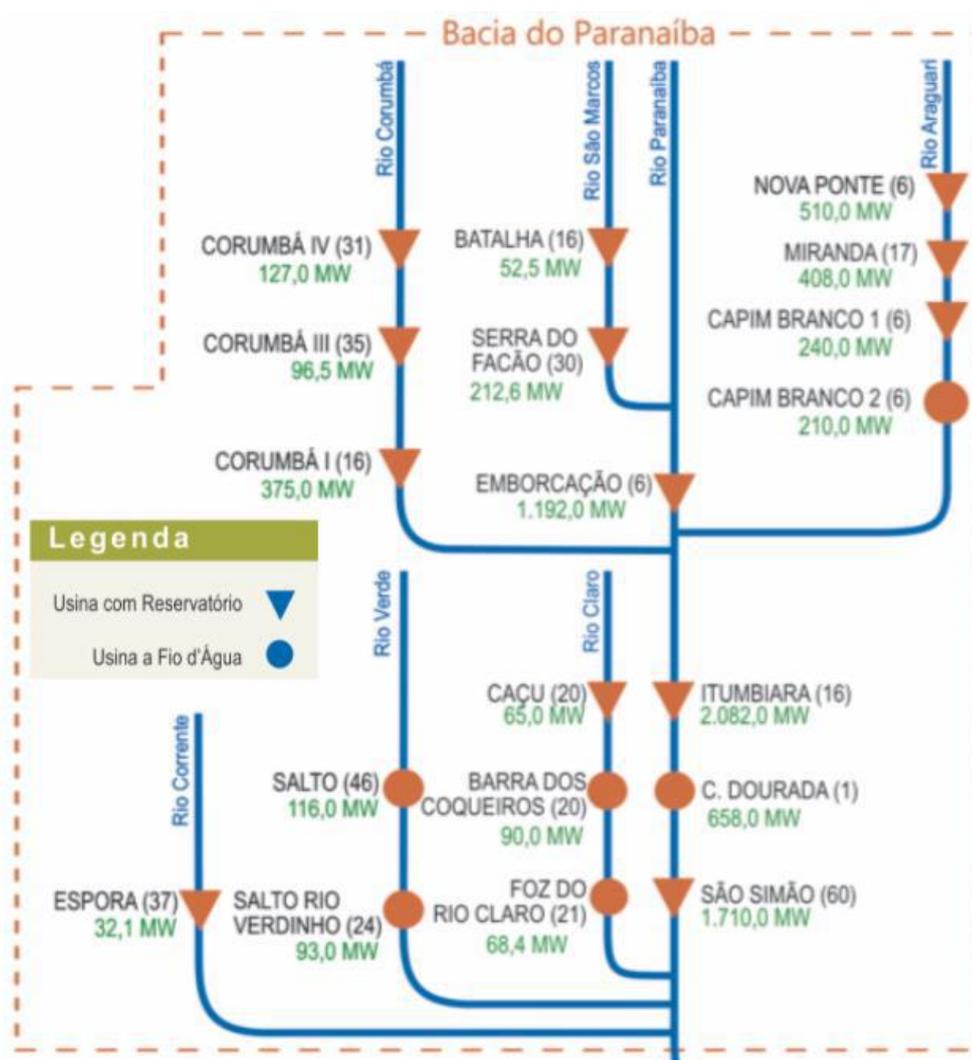


Figura 23: Diagrama esquemático das UHEs do SIN da bacia do rio Paranaíba.

Fonte: Adaptado de ONS (2019a).

Dentre as atividades turísticas da região sobressaem-se o ecoturismo, turismo náutico nos lagos artificiais e a pesca esportiva, atividades que empregam grande parte da população ribeirinha local. Em 2006, a produção de peixes na bacia, incluindo a aquicultura nos lagos artificiais, correspondeu a 6% dos peixes criados no país (6,4 mil toneladas) (ANA, 2013). Destacam-se a relevância e os usos múltiplos do Lago Paranoá e dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Itumbiara, Nova Ponte e Emborcação.

Segundo o diagnóstico do Plano de Bacia, a disponibilidade hídrica da bacia é elevada, da ordem de 1.252 m³/s, considerando-se a vazão de permanência de 95% (Q₉₅). Contudo, sua distribuição ao longo da bacia não é uniforme, e as demandas por água também se distribuem de acordo com outros fatores socioeconômicos nem sempre vinculados à oferta de água. Nesse sentido, a razão entre demanda de consumo e disponibilidade de água superficial, ou seja, o balanço hídrico de algumas regiões com expansão de irrigação ou em grandes centros urbanos são maiores que 100%, o que significa que se requer mais água que a capacidade de produção da bacia.

A Figura 24 demonstra o balanço hídrico quantitativo da bacia. Os trechos de cor vermelha representam os segmentos de rio em que a demanda ultrapassa a capacidade de oferta de água (maior que 100%). Os trechos em laranja são aqueles em que a demanda encontra-se entre 70% e 100% da disponibilidade hídrica. Em amarelo, a demanda acha-se entre 50% e 70% e, em azul, é de até 50% da disponibilidade de água. Nota-se que as regiões da cabeceira das UGHs Turvo e dos Bois, São Marcos, Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba e Araguari apresentam pressões sobre os recursos hídricos, além das regiões próximo à calha principal do Paranaíba das UGHs Meia Ponte, Corumbá e Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba.

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba propõe cenários para o desenvolvimento da região, considerando crescimento populacional, restrições ambientais, expansão da agricultura irrigada, intensidade de pecuária, eficiência do abastecimento de água e variações climáticas. Prevê-se uma expansão do cultivo de cana-de-açúcar na região centro-oeste da bacia, além do aumento da demanda de água para irrigação nas cabeceiras das UGHs Turvo e Dois Bois, Meia Ponte, Araguari e Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba. A intensificação da demanda por água para abastecimento se dará principalmente em Goiânia, Brasília, Uberlândia, Patos de Minas e Pípiripau. Na UGH de São Marcos, esperam-se conflitos entre os setores de geração de energia e de irrigação. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) emitiu também 37 declarações de áreas de conflito (DACs) entre os anos de 2005 e 2011, com a finalidade de revisão das outorgas e negociação da alocação de água. Esses interesses confrontantes e usos competitivos estão destacados nas Figuras 25 e 26.

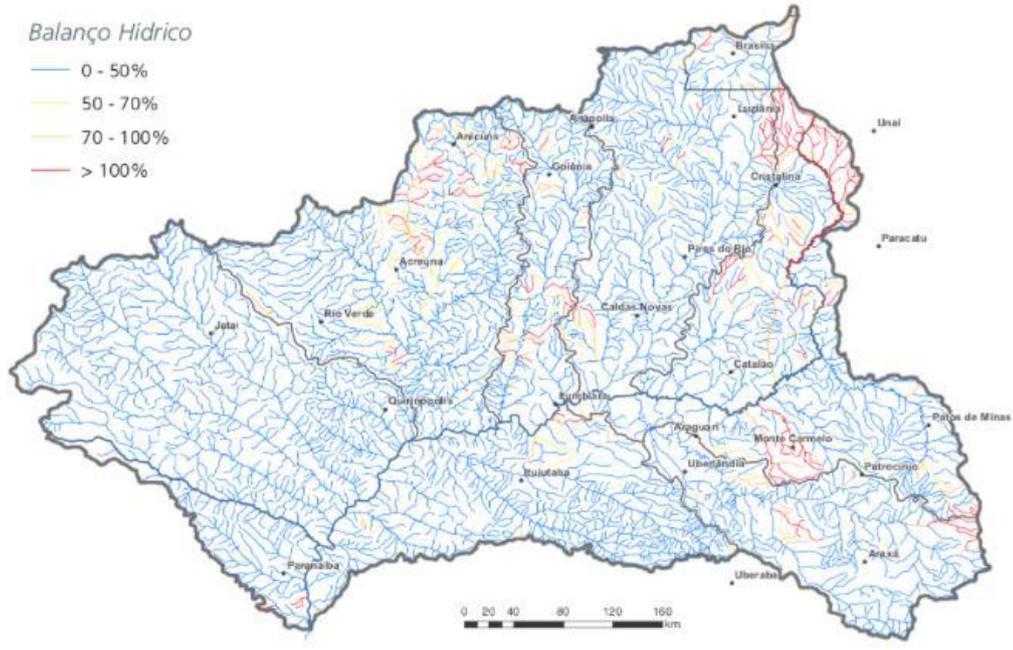


Figura 24: Balanço hídrico quantitativo (Q₉₅).
 Fonte: Resumo Executivo PRH-Paranaíba (ANA, 2013).

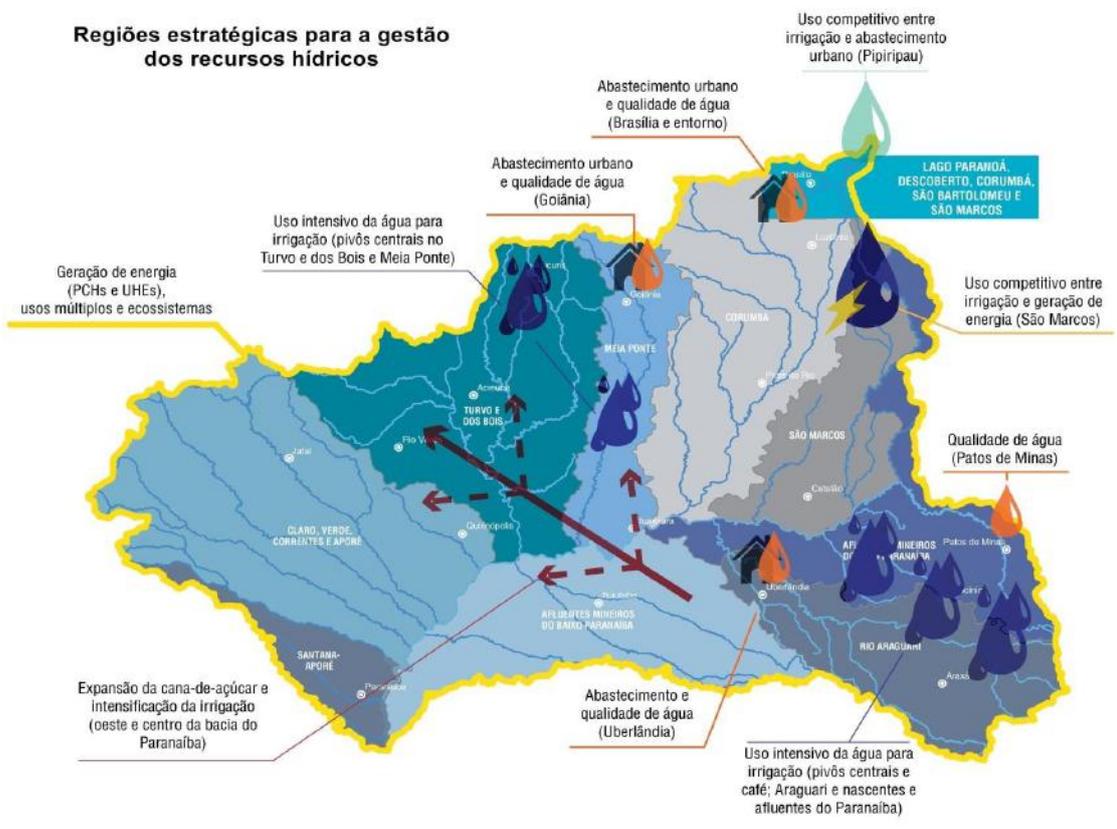


Figura 25: Regiões estratégicas para a gestão de conflitos por recursos hídricos.
 Fonte: PRH-Paranaíba (ANA, 2015).

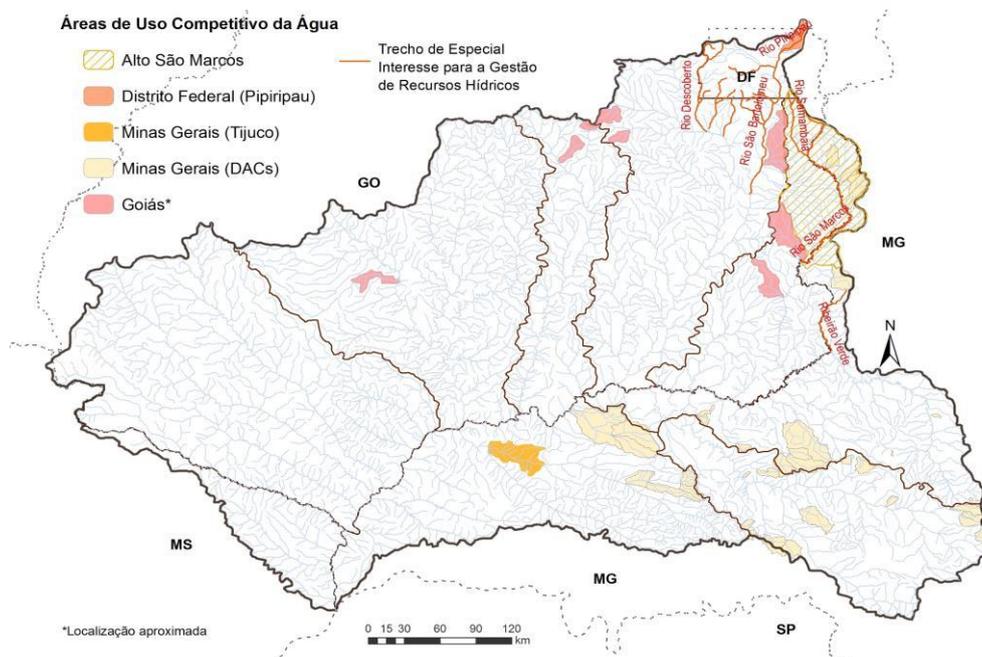


Figura 26: Áreas de usos competitivos de água.

Fonte: PRH-Paranaíba (ANA, 2015).

Além dos conflitos e usos competitivos de água presentes e futuros, há de se destacar os eventos extremos relacionados a cheias e inundações, que ocorrem principalmente nas cabeceiras dos afluentes da bacia. A alteração do uso e cobertura do solo e o crescimento urbano têm direta associação com o aumento das enchentes e alagamentos, uma vez que reduzem a permeabilidade do terreno e, conseqüentemente, a infiltração das chuvas. Desse modo, intensificam-se o escoamento superficial e o acúmulo de água nas regiões mais baixas, o que pode levar a perdas econômicas e patrimoniais e comprometer a integridade física das pessoas, em especial de comunidades ribeirinhas. Com base na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 e dados da Defesa Civil de 2010, o Plano de Bacia compilou as informações sobre enchentes, enxurradas e inundações na Figura 27. Assim, entre 2003 e 2010, 64 unidades territoriais da bacia do rio Paranaíba vivenciaram esses eventos pelo menos uma vez.

Os reservatórios de acumulação das UHEs na bacia desempenham um papel fundamental para o amortecimento de cheias. Todo ano, o ONS publica o Plano Anual de Prevenção de Cheias e as Regras de Operação para todas as bacias em que há reservatórios de alocação de volume de espera. Na bacia do Paranaíba, há regra de controle de cheias para os seguintes reservatórios: Nova Ponte, na cabeceira do rio Araguari, Emborcação, Itumbiara e São Simão, os três na calha principal do rio Paranaíba. Destaca-se que o uso desses reservatórios para controle de cheias podem limitar até 53%

2.8. Usina Hidrelétrica de Bocaina

A Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Paranaíba no trecho a montante da UHE Emborcação foi aprovada em 2003, contemplando três usinas: Bocaina, de cabeceira, seguida por Davinópolis e Escada Grande. A UHE Escada Grande foi revogada e Davinópolis teve sua Licença Prévia renovada por um ano a partir do dia 14/04/2019 (Ibama, 2020).

A UHE Bocaina (150 MW) localiza-se entre Davinópolis-GO e Abadia dos Dourados-MG. Seu Estudo de Viabilidade foi apresentado pela CEMIG em junho de 1987, com potência instalada de 165 MW, $NA_{máx}$ na cota 750 m e $NA_{mín}$ na cota 725 m. Em 1990, foram identificadas novas demandas de água para irrigação a montante do reservatório e os estudos do Projeto Básico foram revisados, o que provocou mudança apenas na potência instalada, que passou de 165 para 150 MW (PEREIRA *et al*, 2005). A Tabela 3 sintetiza as principais características físicas da UHE Bocaina.

Tabela 3: Características físico-operativas da UHE Bocaina.

Dados físico-operativos	UHE Bocaina	Dados físico-operativos	UHE Bocaina
Potência Instalada (MW)	150	Volume Útil (hm ³)	6824
Máquinas	2	Área Média (km ²)	354
Rendimento (%)	88	Cota Média (m)	744
Defluência Mínima (m ³ /s)	29	Volume Mínimo (hm ³)	2186
Defluência Máxima (m ³ /s)	230	Área Mínima (km ²)	147,6
Queda de referência (m)	57	Cota Mínima (m)	725
Vazão Afluente Média (m ³ /s)	166	Volume Máximo (hm ³)	9010
Vazão Afluente Mínima (m ³ /s)	17	Área Máxima (km ²)	437
Vazão Afluente Máxima (m ³ /s)	1083	Cota Máxima (m)	750

Fonte: Adaptado de Pereira (2005) e de HydroExpert..

Por ser uma usina de cabeceira, a água acumulada em Bocaina poderia ser utilizada em todas as oito usinas a jusante até Itaipu, “agregando valor energético em toda a cascata do rio Paranaíba” (PEREIRA, 2005), conforme demonstra a Figura 28, em detalhes na Figura 29. Em setembro de 2000, a ANEEL divulgou o leilão em seu site, afirmando que as Compensações Financeiras seriam da ordem de R\$ 960 mil por ano, divididos entre os municípios atingidos de Minas Gerais e Goiás. Até então, 10 empresas haviam consultado o Projeto Básico da usina. A ANEEL também estimou a geração de 1.500 empregos diretos e indiretos.

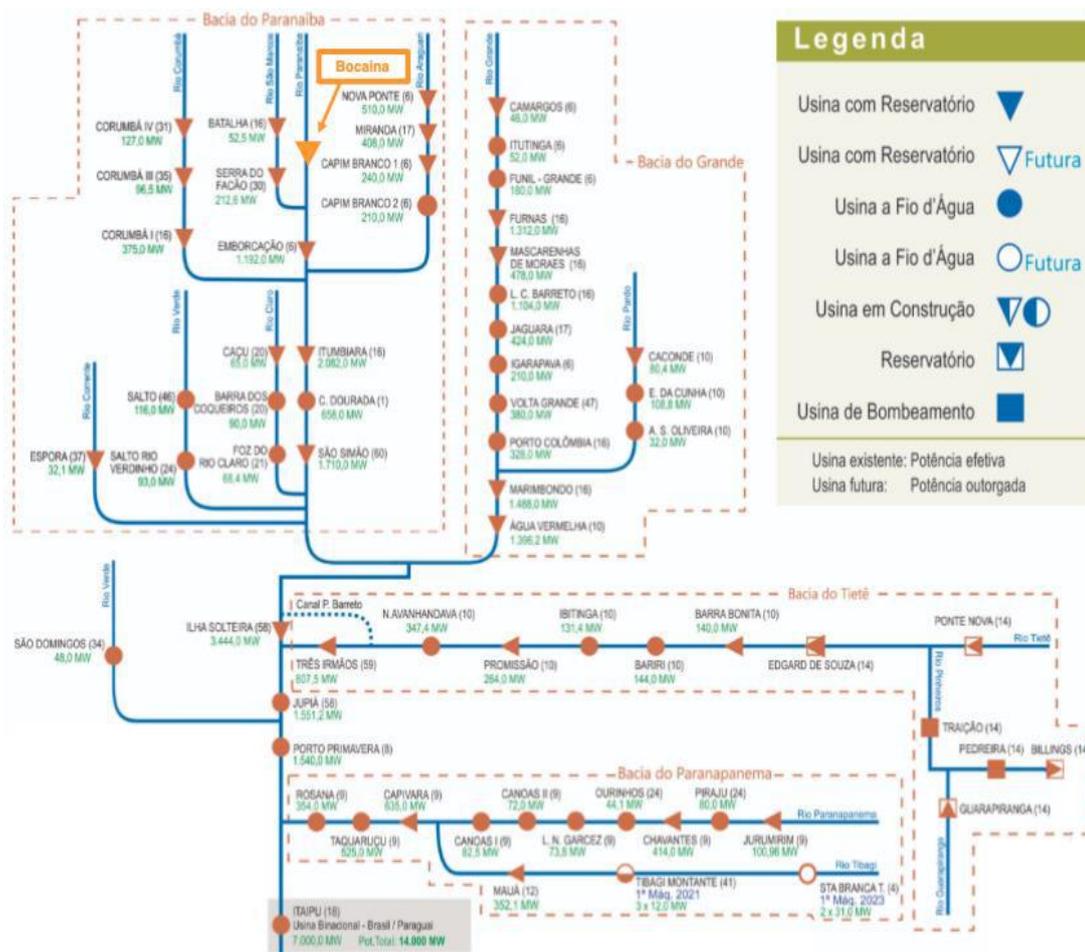


Figura 28: Diagrama esquemático das UHEs das bacias do rio Paraná.

Fonte: ONS, 2019.



Figura 29: Detalhe esquemático das UHEs dos rios Paranaíba e Paraná até Itaipu,

Fonte: Adaptado de ONS, 2019a.

Para fins de comparação, a Tabela 4 exhibe as potências instaladas e volumes úteis de cada reservatório – de regularização ou à fio d’água – da cascata de usinas entre a UHE Bocaina e a UHE Itaipu. Nota-se que a UHE Bocaina possui o terceiro maior volume útil da cascata, contudo a menor potência instalada, o que é esperado de um reservatório de cabeceira: a água acumulada será valorizada em todas as outras usinas da cascata.

Tabela 4: Potências instaladas e volumes de reservatório das usinas dos rios Paranaíba e Paraná até Itaipu.

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	Cachoeira Dourada	São Simão	Ilha Solteira	Jupiá	Porto Primavera	Itaipu
Potência Instalada (MW)	150	1.192	2.082	658	1.710	658	1551	1.540	14.000
Volume Útil (hm ³)	6.824	13.056	12.454	221	5.540	5.482	904	4.294	1.709

Fonte: HydroData – HydroExpert.

Entretanto, conforme apresenta Carvalho (2015), em 2003 foi aprovada a Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Paranaíba no trecho a montante da UHE Emborcação, que considerou como sistema de referência os efeitos da regularização de Bocaina apenas até a UHE São Simão, ou seja, somente o rio Paranaíba, quando na verdade deveriam ter sido consideradas todas as oito usinas da cascata até Itaipu, no Rio Paraná. Essa consideração resultou em um índice de custo benefício (ICB) elevado que, associado a um índice ambiental (IA)⁵ também alto, fez com que a UHE Bocaina fosse retirada do Inventário.

Em seu trabalho, Carvalho recalcula o ICB com o sistema de referência adequado, até Itaipu, mantendo IA da Revisão, e mostra que a UHE Bocaina deveria ter sido mantida no Inventário para mais estudos. Em suas simulações, o benefício energético de Bocaina seria da ordem de 297 MWmed e o ICB cairia de 52,86 US\$/MWh para 20 US\$/MWh. Nesse sentido, segundo a nova análise multicritério, a alternativa de Bocaina não seria mais dominada⁶ e não poderia ser excluída, conforme mostra a Figura 30.

⁵ Segundo Manual do Inventário Hidroelétrico, o índice de custo-benefício é o valor por MWh do empreendimento, ou seja, quanto maior o índice, maior o custo de construção da usina relacionado à produção de energia. O índice ambiental varia de 0 a 1 e leva em consideração os impactos cumulativos e sinérgicos que variam com cada empreendimento. A análise multi-critério espera, a partir desses índices, selecionar a alternativa com menores valores para ambos indicadores.

⁶ Em análises multicritérios, busca-se uma solução que satisfaça algumas restrições e que otimize uma função-objetivo. Uma solução é Pareto-Ótima caso não exista outra solução que a domine, ou seja, caso não haja outra solução cujos critérios sejam todos mais bem atendidos. Assim, uma solução dominante atende melhor aos critérios em relação a uma solução dominada.

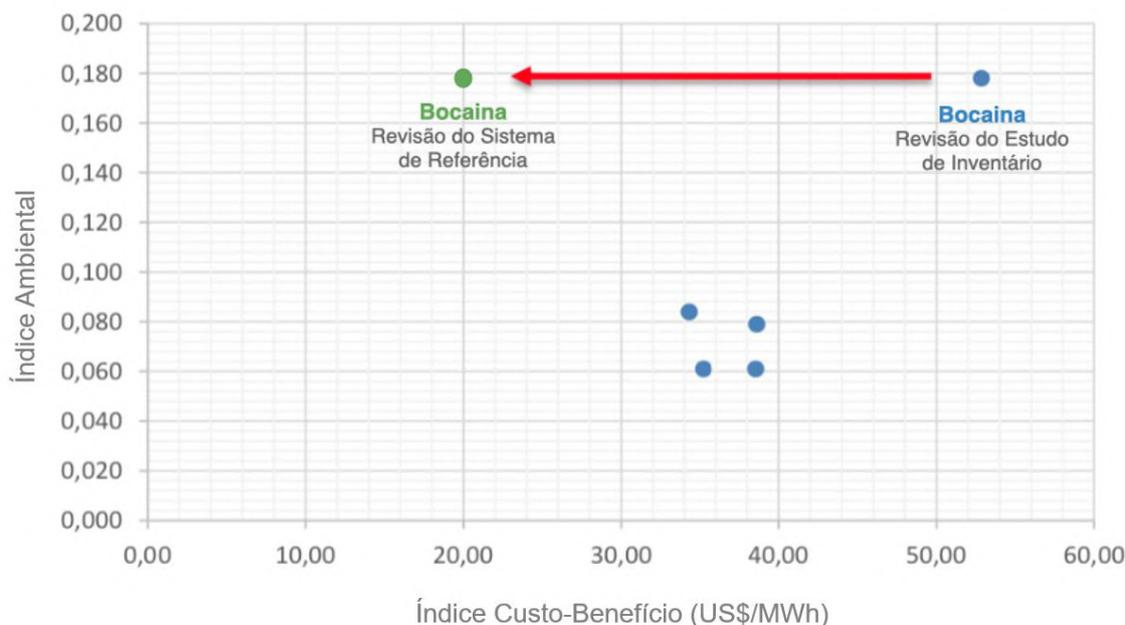


Figura 30: Comparação da análise multicritério das alternativas.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2015).

O benefício energético de um empreendimento é mensurado pelo incremento da garantia física (energia firme) da própria usina e do sistema de referência no qual se insere. Em casos de reservatório de regularização, esse acréscimo de energia firme é maior. A definição inadequada desse sistema pode acarretar prejuízos na tomada de decisão das melhores usinas (CARVALHO, 2015), desconsiderando o real benefício econômico das gerações elétricas consequentes desta implantação.

Ramos (1999) estudou a repartição dos custos e dos benefícios associados à construção de UHEs com reservatório de regularização em cabeceiras de rios, uma vez que, hoje, os agentes beneficiados a jusante usufruem de um incremento de energia sem precisar custear uma parcela do investimento. Para isso, foram consideradas as usinas Bocaina, Davinópolis e Ilha Grande (localizada entre Porto Primavera e Itaipu) em inventário, além das usinas já em operação. Em seu estudo de caso, avaliou os benefícios energéticos resultantes da implementação de Bocaina, calculados a partir da diferença entre os cenários com e sem Bocaina, explícitos na Tabela 5.

Tabela 5: Energias garantidas para os cenários com e sem Bocaina.

Usinas	Energias garantidas (MWmed)			
	Com Bocaina	Sem Bocaina	Benefícios	
Bocaina	104,8	-	104,8	46,6%
Davinópolis	22	18,1	4	1,8%
Emborcação	588,7	560,4	28,3	12,6%
Itumbiara	1021,4	1005,3	16,1	7,1%
C.Dourada	428,9	422,6	6,3	2,8%
São Simão	1322,4	1297,5	24,9	11,1%
Ilha Solteira	1937,6	1928,6	9	4,0%
Jupia	933,4	927,6	5,8	2,6%
P. Primavera	968,3	963,9	4,4	2,0%
Ilha Grande	1099,1	1093,7	5,4	2,4%
Itaipú	7746	7729,6	16,4	7,3%
Totais	16172	15947	225,2	100%

Fonte: Ramos, 1999.

O benefício obtido pela geração de Bocaina é de 46,6% do benefício total na cascata decorrente de sua implantação. Os outros 53,4% do incremento da energia firme estão diluídos ao longo das usinas de jusante. Um reservatório com baixa capacidade de regularização concentra os benefícios energéticos em sua localidade, elevando essa parcela, enquanto a parcela menor é distribuída pelas usinas a jusante (RAMOS, 1999). Em relação ao incremento da garantia física total de Bocaina, valor do incremento 225,2 MWmed difere do valor 297 MWmed simulado por Carvalho (2015) devido às diferenças de metodologia de cálculo. Além disso, Ramos considerou Davinópolis e Ilha Grande em suas simulações. Mesmo assim, ambos os trabalhos reforçam a importância energética de um reservatório de acumulação em cabeceiras de rios com diversos aproveitamentos hidrelétricos.

O trabalho permitirá não só verificar o incremento energético proveniente da implementação da UHE Bocaina, como também será possível quantificar o ganho de volume útil associado ao aumento da geração de energia. O ganho de armazenamento decorrente da construção de uma usina na cabeceira de uma cascata enfatiza a relevância de infraestruturas de reservação de água, que favorece não somente o setor elétrico, como também outros usos da água.

2.9. O Software *HydroExpert*

O *HydroExpert* é um modelo de simulação para análise multi-critério de operação de reservatórios e usinas hidrelétricas. É um sistema de suporte à tomada de decisão sob licença freeware utilizado em sistemas hidrelétricos multi-reservatórios capaz de auxiliar nas etapas de planejamento, programação, operação, tempo real e pós-operação do Sistema Interligado Nacional (CICOGNA *et al*, 2009). É empregado por diversas empresas de geração, como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), Companhia Energética de São Paulo (CESP), AES - Tietê e China Three Gorges (CTG Brasil).

É possível representar as restrições hidráulicas ou informações operativas relevantes de cada empreendimento para manutenção da vazão sanitária e ecológica, proteção de infraestruturas rodoviárias e centros urbanos, garantia de navegação entre outros. Para cada usina, são cadastradas propriedades específicas de níveis mínimo, máximo e máximo maximorum, além de detalhes sobre o reservatório, casa de máquina, canal de fuga, vertedores e canal de desvio.

O simulador hidráulico também é adotado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico para a verificação hidráulica da programação diária da operação, de modo a averiguar o atendimento segundo a capacidade dos reservatórios. É possível também simular cenários hipotéticos de defluência ou geração, por exemplo, utilizando a previsão das próximas vazões, piores ou melhores anos do histórico, e verificar os efeitos sobre os armazenamentos dos reservatórios. Assim, facilita-se o prognóstico das consequências de uma política de decisões, função muito conveniente para as reuniões de Sala de Crise ou de Monitoramento com a ANA, Comitês de Bacia, Agentes de Geração e Órgãos Gestores de uma bacia. Atualmente o ONS participa das Salas de Crise das bacias dos rios Paranapanema, Tocantins, Doce e Madeira, e das Salas de Monitoramento dos rios São Francisco e Paraíba do Sul.

O *HydroExpert* possui três módulos principais: o *HydroData XP*, banco de dados do Sistema Interligado Nacional, com 184 reservatórios; o *HydroSim XP*, modelo de simulação multi-reservatório de curto e longo prazo, e o *HydroUnit*, despacho ótimo das unidades geradoras. Além de usinas hidrelétricas (UHEs), é possível representar outros elementos como pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), reservatórios sem casa de força, pontos de controle e usinas fictícias ou inventariadas. Sua interface é organizada em abas (categorias), os dados técnicos são expressos em forma de gráficos e planilhas e é possível a integração com Google Earth e Google Maps, conforme demonstra a Figura 31 (HydroByte, 2019).

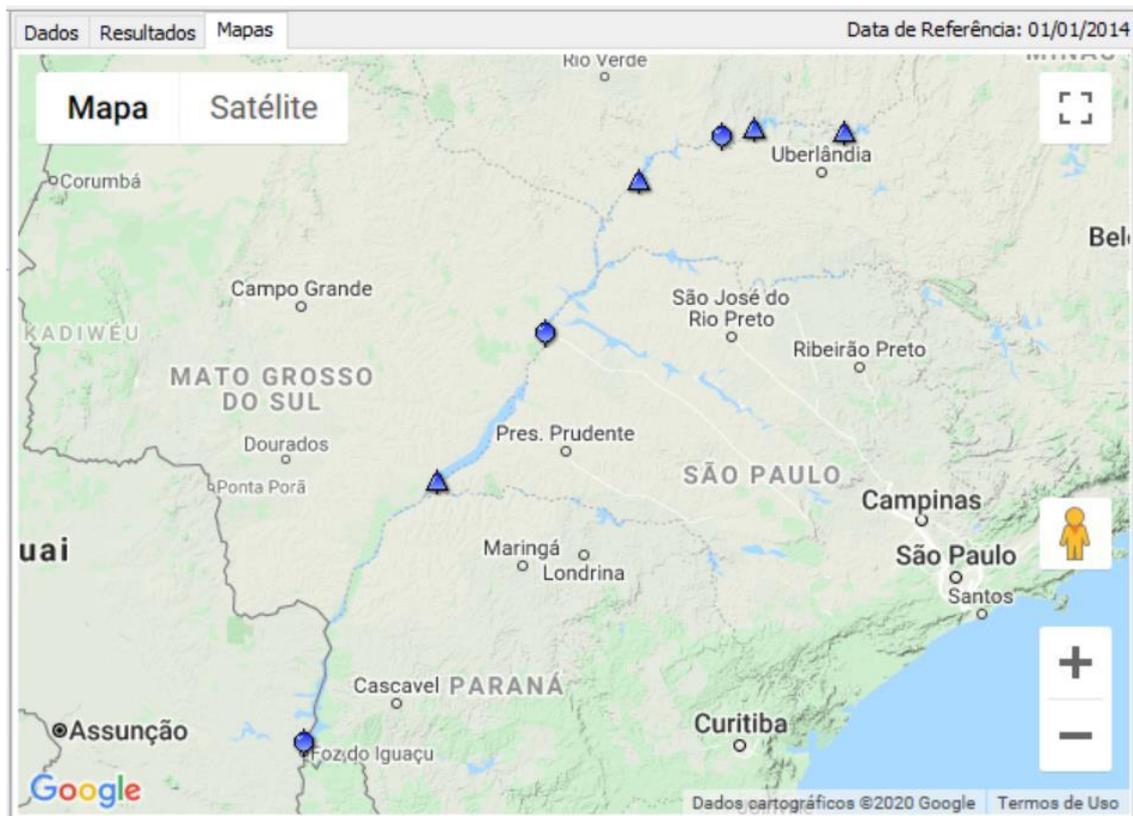


Figura 31: Integração do HydroExpert com o Google Maps.

Fonte: HydroExpert – Mapas.

3. Metodologia

Para a elaboração do Estudo de Caso, foi adotado o *software* de simulação hidráulica *HydroExpert*. As simulações foram feitas no módulo *HydroSim XP*, modelo de simulação multi-reservatório de curto e longo prazo. O período selecionado para simulação foi uma sequência de 5 anos secos (seção 3.3) para a avaliação do ganho de armazenamento e de geração a partir da implantação de um reservatório de cabeceira. Para esses anos, foi simulado um Caso de Referência sem a UHE Bocaina e dois casos de comparação com a UHE Bocaina.

A cascata de Referência possui as UHE das calhas principais dos rios Paranaíba e Paraná: Emborcação, Itumbiara, Cachoeira Dourada, São Simão, Ilha Solteira Equivalente⁷, Jupuí, Porto Primavera e Itaipu. Para os casos com Bocaina, adicionou-se a UHE Bocaina ao Caso de Referência. A Figura 36 representa esquematicamente o trecho simulado dos rios Paranaíba e Paraná com suas usinas. A UHE Bocaina é representada por um triângulo sem preenchimento, pois não está construída. O esquema também mostra os rios afluentes, com suas últimas usinas, não incluídas na simulação.

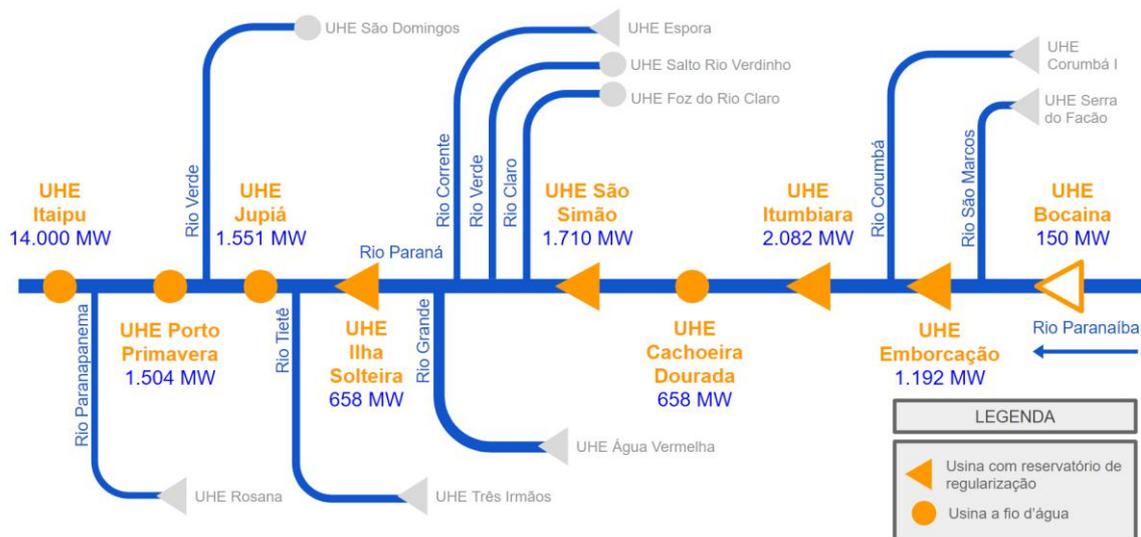


Figura 32: Representação esquemática da cascata simulada.

Fonte: Elaboração própria.

⁷ Ilha Solteira Equivalente é a simplificação do conjunto de empreendimentos UHE Ilha Solteira (no rio Paraná), UHE Três Irmão (no rio Tietê) e o Canal Pereira Barreto que conecta seus reservatórios e, conseqüentemente, a Hidrovia Paraná à Hidrovia Tietê.

O simulador possui o registro das usinas hidrelétricas pertencentes ao Sistema Interligado Nacional (em azul) e algumas usinas inventariadas (em branco), dentre as quais Bocaina se encontra. Neste caso, basta ativar a usina inventariada para incluí-la na cascata de simulação. As usinas que possuem reservatório de regularização são representadas por triângulos e as usinas à fio d'água, por círculos. É importante destacar que, apesar de ter sido dimensionada para ser uma usina de regularização e, por isso representada por um triângulo no *HydroExpert*, a UHE Porto Primavera é operada a fio d'água devido a restrições operativas. A Figura 37 demonstra como é possível adicionar a usina de Bocaina à cascata em questão em “Dados”, “Cenário”, “Adicionar Aproveitamentos”.

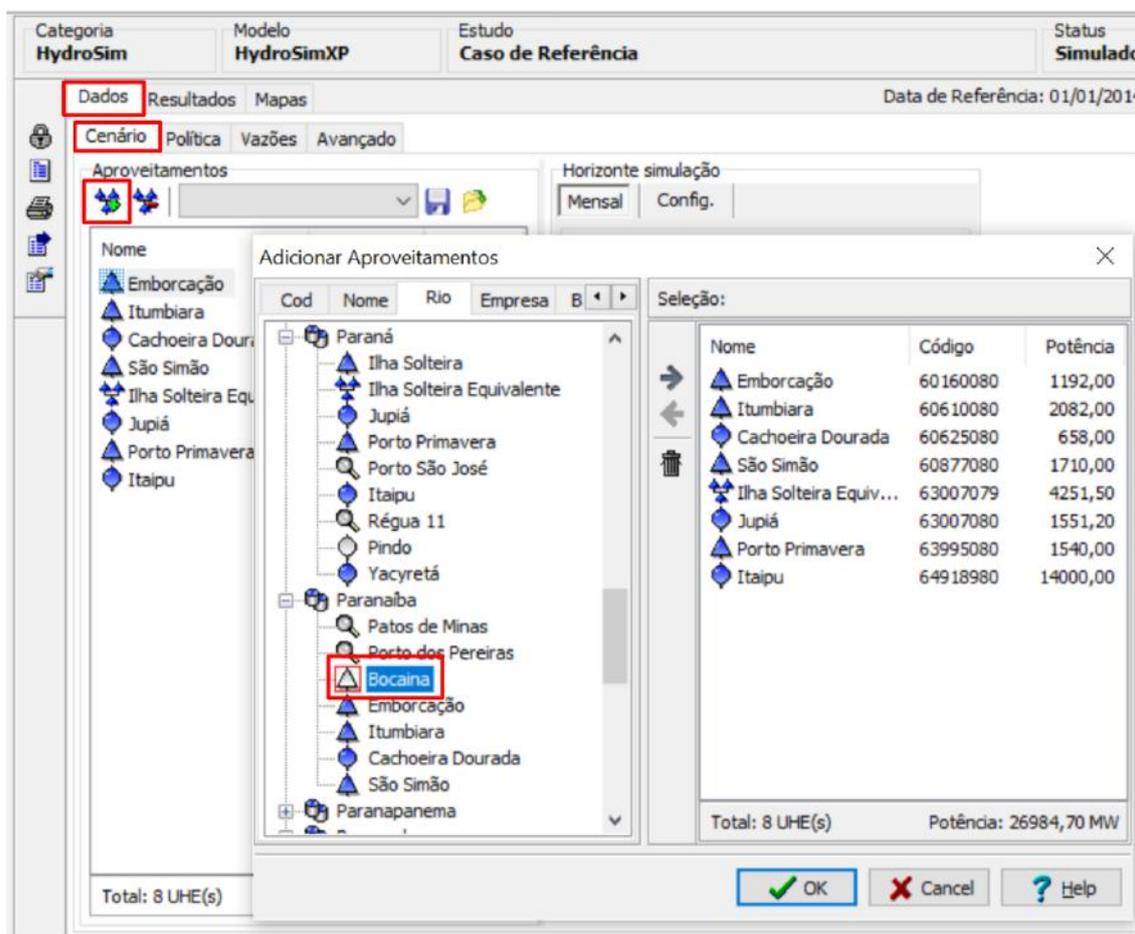


Figura 33: Inclusão (ou exclusão) de empreendimentos para simulação.

Fonte: HydroExpert - Propriedades.

3.1. As Variáveis do Modelo

A potência hidrelétrica está diretamente relacionada à diferença de níveis d'água de montante e jusante do barramento (queda líquida), levando-se em consideração o rendimento do gerador e da turbina, as perdas hidráulicas do circuito e uma constante k representando a aceleração da gravidade ajustada para que a conversão de unidades permita expressar a potência em MW.

O nível d'água de montante é representado como uma função do volume armazenado no reservatório, enquanto o nível d'água de jusante é função da vazão defluente. As perdas hidráulicas ocorrem ao longo das tubulações e das estruturas, proporcionais a um coeficiente e à vazão turbinada em cada máquina da casa de força. Nesse sentido, potência, altura de queda bruta e altura de perdas hidráulicas são dadas por respectivamente pelas equações (1), (2) e (3). A Figura 32 esquematiza algumas variáveis importantes para os cálculos.

$$p = k \cdot q \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot (h_g - h_{pl}) \quad (1)$$

$$h_g = z_{fb}(x) - z_{tr}(u) \quad (2)$$

$$h_{pl} = c \cdot q_n^2 \quad (3)$$

- p potência instantânea (MW).
- k constante igual a 0.00981 (MW/(m³/s)/m).
- q vazão turbinada total pelas turbinas em operação (m³/s).
- η_G coeficiente adimensional de rendimento do gerador.
- η_T coeficiente adimensional de rendimento da turbina.
- h_g altura de queda bruta (m).
- z_{fb} cota do nível d'água do reservatório, a montante do barramento (m).
- x volume armazenado no reservatório (10⁶ m³ ou hm³).
- z_{tr} cota do nível d'água do canal de fuga, a jusante do barramento (m).
- u vazão defluente; soma da vazão turbinada q e da vazão vertida s (m³/s).
- h_{pl} altura de perdas hidráulicas (m).
- c coeficiente de perdas hidráulicas (s²/m⁵).
- q_n vazão turbinada por máquina para n máquinas em operação (m³/s).

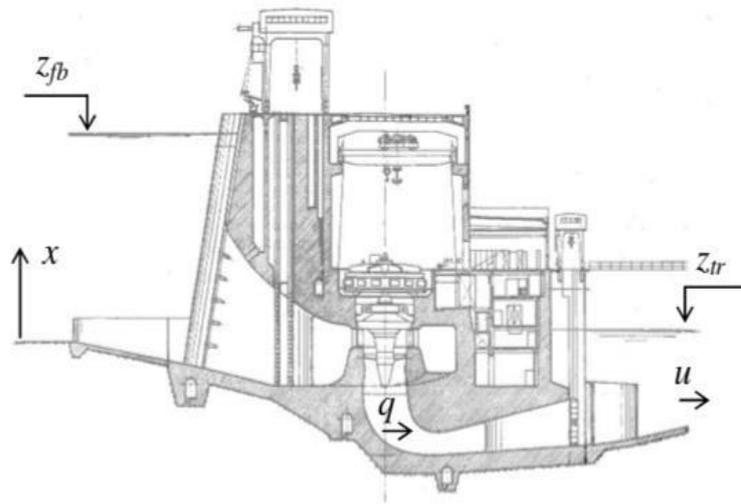


Figura 34: Principais variáveis da função de produção hidráulica.

Fonte: CICOGNA et al, 2009.

3.2. Operação Multi-Reservatório

A operação multi-reservatórios tem como base o método *arborescência expandida no tempo*, uma técnica de fluxo em rede em que uma cascata de usinas (rede básica) se repete nos vários intervalos de tempo do horizonte de estudo (ROSENTHAL, 1981 *apud* CICOGNA, 2003). A Figura 33 representa uma rede básica a partir de uma cascata de 4 usinas, 3 de reservatório e uma a fio d'água, enquanto a Figura 34 demonstra a expansão temporal para T intervalos de tempo desse sistema hidráulico. O nó sumidouro, representado geometricamente pelo quadrado, corresponde ao fim do aproveitamento dos recursos hídricos (CICOGNA, 2003).

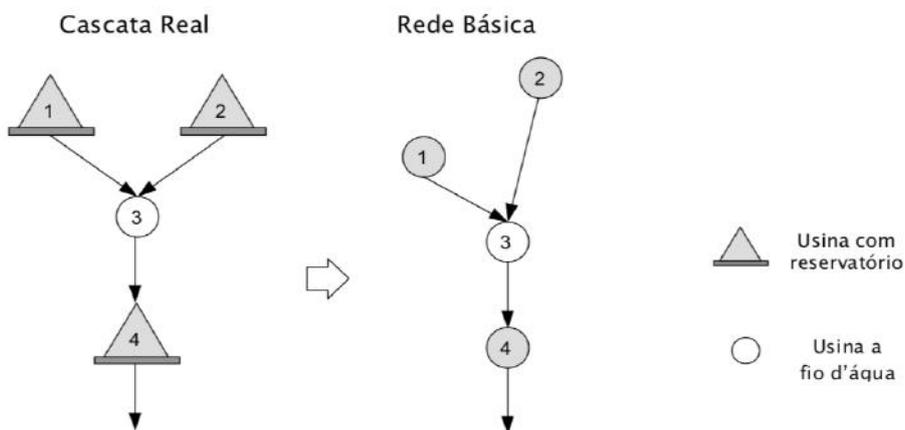


Figura 35: Rede básica associada a uma cascata de quatro usinas.

Fonte: CICOGNA, 2003.

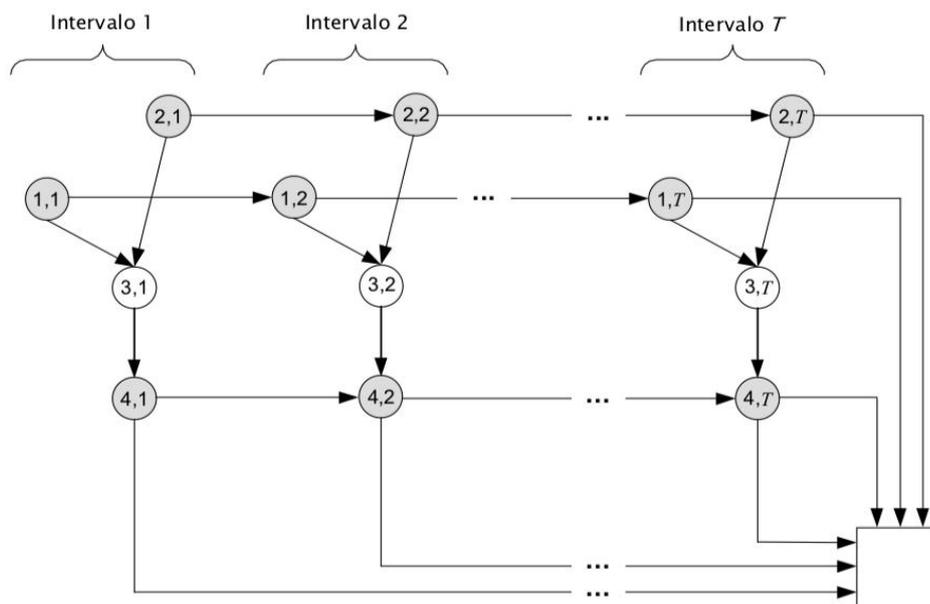


Figura 36: Rede hidráulica para um sistema com quatro usinas e T intervalos de tempo.

Fonte: CICOGNA, 2003.

Entende-se que para cada nó de rede (usina) há um balanço de massa em cada intervalo de tempo t . O volume x armazenado em um instante de tempo final t é igual ao volume existente no instante inicial $t-1$, acrescido da vazão incremental y e das vazões defluentes dos empreendimentos a montante, defasadas e amortecidas no tempo (efeito *routing*) e subtraídas as vazões de retirada q (vazão defluente da usina, ou seja, suas vazões de turbinamento e vertimento) e vr (evapotranspiração, usos consuntivos e desvios). As vazões incrementais que chegam no nó são aplicáveis tanto a reservatórios como a pontos de controle. O efeito *routing*, ou seja, o efeito do tempo de viagem e do amortecimento das vazões de montante são representados pelo atraso de tr intervalos de tempo na soma da defluência dos aproveitamentos de montante. O efeito de evapotranspiração ev é calculado de forma iterativa como uma vazão de retirada em m^3/s , considerando o volume médio para o intervalo t . O balanço de massa leva em consideração um fator de conversão de unidades, o que permite a consideração de vários tipos de duração para os intervalos de tempo (CICOGNA *et al*, 2009). O balanço de massa em um nó é calculado segundo a equação (4) e esquematizado pela Figura 35.

$$x_{i,t} = x_{i,t-1} + \left[y_{i,t} + \sum_{k \in \Omega_i} f_{tr}(u_{k,t-tr}) - (q_{i,t} + s_{i,t} + ev_{i,t} + mu_{i,t} + d_{i,t}) \right] \frac{\Delta t}{10^6} \quad (4)$$

- x volume armazenado no reservatório (10^6 m^3 ou hm^3).
- i índice de aproveitamento; existem N aproveitamentos.
- t índice de intervalo de tempo; existem T intervalos de tempo.
- y vazão incremental para o aproveitamento (m^3/s).
- Ω_i conjunto de índices de aproveitamentos diretamente a montante de i.
- f_{tr} função de *routing*.
- tr atraso de intervalos na soma da defluência dos aproveitamentos.
- u vazão defluente (m^3/s); é a soma da vazão turbinada q e da vazão vertida s .
- q vazão turbinada (m^3/s).
- s vazão vertida (m^3/s).
- ev efeito de evapotranspiração no reservatório durante t .
- mu vazão de retirada para usos múltiplos dos reservatórios (m^3/s).
- d vazão desviada do reservatório por canais ou túneis (m^3/s).
- $\frac{\Delta t}{10^6}$ fator de conversão de unidades entre grandezas de vazão e volume.

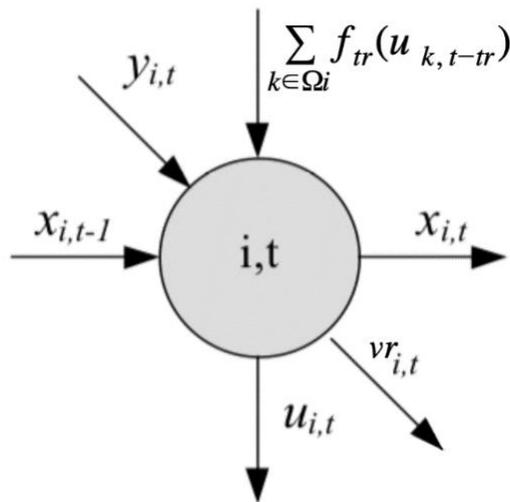


Figura 37: Representação do balanço de massa a partir da definição do nó da rede.

Fonte: Adaptado de CICOGNA, 2003.

3.3. Restrições Operativas e de Usos Competitivos

Para cada aproveitamento, existem restrições operativas como limites máximos e mínimos de defluência, vertimento, turbinamento, níveis d'água de montante e jusante, relacionados com a segurança das estruturas do empreendimento. No que diz respeito aos diferentes usos dos reservatórios, é necessária a conciliação dos interesses de diversos setores usuários dos recursos hídricos, tais como abastecimento humano, indústria, irrigação e dessedentação de animais, representadas pelas variáveis de usos múltiplos mu e de desvio d , vazões de retirada de água do reservatório. Nesse sentido, os volumes máximo e mínimo de um reservatório refletem a sazonalidade das captações. Esses usos entram em conflito com a geração hidrelétrica, uma vez que maior será a produção de energia quanto maior a queda bruta, ou seja, quanto mais cheio estiver o lago artificial.

Por interferirem no regime natural do rio, é necessário que sejam respeitadas vazões mínimas e máximas de defluência para manutenção das condições de navegabilidade, recreação, ictiofauna e piracema, por exemplo. Além disso, os reservatórios desempenham papel importante no controle de cheias e, para esta finalidade, é fundamental que uma parcela do volume útil fique disponível para o amortecimento da onda de cheia (volume de espera), o que também diverge dos propósitos de geração.

As restrições operativas de cada um dos empreendimentos do SIN são publicadas no Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos pelo ONS. Esses limites estão incorporados no *HydroExpert* a cada atualização, de modo que a simulação possa decorrer das reais características e condições operativas dos reservatórios do SIN e resultar em produtos factíveis para o suporte à tomada de decisão.

3.4. Limitações das Simulações Hidráulicas

Algumas aproximações de modelagem hidrológica podem não refletir a realidade e precisam ser consideradas quando são analisados os produtos das simulações. Em relação ao balanço de massa do *HydroExpert*, a rotina de propagação é unicamente representada pela defasagem no tempo. Outras alternativas de propagação de vazão seriam os métodos de Muskingum, Muskingum-Cunge ou Muskingum-Cunge Não Linear (Tucci, 2015).

O simulador também se utiliza de polinômios constantes e modelados por equação de quarto grau. Entretanto, alguns polinômios podem produzir resultados incoerentes em valores elevados. O assoreamento é um efeito que, para os polinômios de alguns reservatórios, não é contemplado. Esses polinômios de quarto grau são utilizados para relacionar vazão defluente e nível d'água de jusante, quando teoricamente se recomenda

a utilização de famílias de curvas-chave, funções exponenciais que variam conforme o porte das vazões defluentes e dos níveis de jusante do reservatório.

O *HydroExpert* considera a perda hidráulica constante para vários aproveitamentos, quando se sabe que ela é variável e proporcional ao quadrado da vazão turbinada. Além disso, a produtividade de algumas usinas é constante, quando idealmente deve-se trabalhar com as curvas-colina de rendimento das turbinas, que precisam ser reafetadas após alguns anos de operação. Limites máximos e mínimos operativos e cotas de volumes de espera podem estar ultrapassados para algumas usinas, principalmente em usinas a fio d'água. Recomenda-se verificação quando espera-se avaliar o comportamento específico destas usinas sem (ou com pouca) regularização. Por fim, a evaporação calculada pelo *software* é expressa em mm como valores constantes, o que pode às vezes não representar a realidade.

Essas aproximações não impedem o usuário de efetuar uma avaliação válida das condições hidráulico-hidrológicas em cascatas de usinas. Entretanto, é preciso estar ciente de que alguns fatores podem afastar os resultados da realidade praticada.

3.5. Caso de Referência e Casos com a UHE Bocaina

Os casos simulados estão representados de maneira esquemática na Figura 38. A partir das vazões incrementais, defluências e vertimentos praticados, níveis iniciais de armazenamento e usos consuntivos incrementais⁸ nos empreendimentos, foi possível definir o Caso de Referência para o período selecionado. Os dois casos de comparação incluem a usina de Bocaina e utilizam como dados de entrada as vazões incrementais, os volumes iniciais e usos consuntivos, além da política de decisões. No primeiro caso, assim como no Caso de Referência, também se adotou como política de decisões as defluências praticadas, a fim de se verificar o ganho de armazenamento proporcionado pela regularização de Bocaina. No segundo, foram adotados, como política, os níveis meta dos reservatórios a jusante de Bocaina. Esses níveis foram obtidos como os volumes finais de armazenamento, resultados do Caso de Referência, com a intenção de se avaliar o ganho de geração. Sintetizando:

⁸ Para usinas de cabeceira, os usos consuntivos incrementais são iguais aos usos consuntivos totais. Para as outras usinas, os usos consuntivos incrementais são iguais aos usos consuntivos totais da própria usina subtraídos dos usos consuntivos totais da usina a montante.

Sem Bocaina: Caso de Referência

Usinas: Emborcação, Itumbiara, Cachoeira Dourada, São Simão, Ilha Solteira Equivalente, Jupιά, Porto Primavera e Itaipu.

Dados de entrada: vazões incrementais, níveis iniciais (VU%) e usos consuntivos incrementais.

Política de decisões: defluências e vertimentos praticados.

Resultados: volumes úteis (VU%) e gerações (MWmed) por aproveitamento.

Com Bocaina: Política de Defluências

Usinas: Bocaina, Emborcação, Itumbiara, Cachoeira Dourada, São Simão, Ilha Solteira Equivalente, Jupιά, Porto Primavera e Itaipu.

Dados de entrada: vazões incrementais, níveis iniciais (VU%) e usos consuntivos incrementais.

Política de decisões para Bocaina: defluências tais que permitam a utilização de toda água armazenada ao longo do período.

Política de decisões para as demais usinas: defluências praticadas.

Resultados: volumes úteis (VU%) e gerações (MWmed) por aproveitamento.

Objetivo: avaliar o aumento dos níveis de armazenamentos dos reservatórios de Emborcação, Itumbiara e São Simão e o ganho total de geração na cascata.

Com Bocaina: Política de Níveis Meta

Usinas: Bocaina, Emborcação, Itumbiara, Cachoeira Dourada, São Simão, Ilha Solteira Equivalente, Jupιά, Porto Primavera e Itaipu.

Dados de entrada: vazões incrementais, níveis iniciais (VU%) e usos consuntivos incrementais.

Política de decisões para Bocaina: nível meta de 10%.

Política de decisões para Emborcação, Itumbiara e São Simão: níveis finais resultantes do Caso de Referência como níveis meta.

Política de decisões para as demais usinas: defluências praticadas.

Resultados: volumes úteis (VU%) e gerações (MWmed) por aproveitamento.

Objetivo: avaliar o aumento dos níveis de armazenamentos dos reservatórios de Emborcação, Itumbiara e São Simão e o ganho total de geração na cascata.

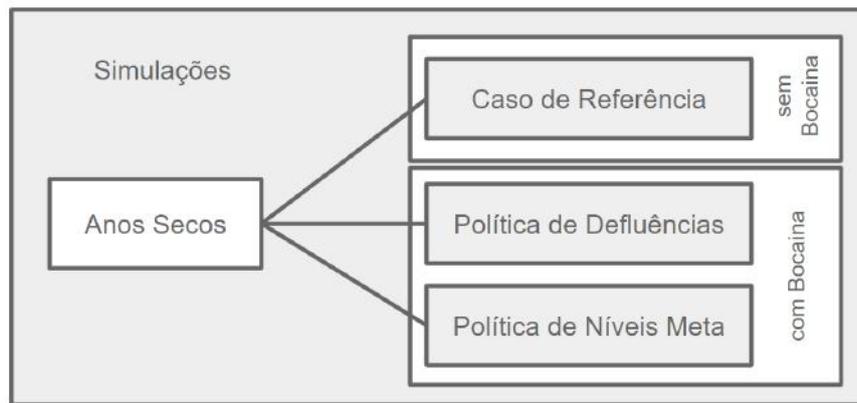


Figura 38: Casos simulados para cada período de estudo.

Fonte: Elaboração Própria.

3.6. Vazões Naturais

É possível obter os dados de vazões naturais no módulo *HydroData XP*, banco de dados dos reservatórios do SIN (em operação e alguns inventariados). As vazões naturais são as vazões que ocorreriam em tal seção de rio caso não houvesse a interferência (regularização) de barragens e usos consuntivos. O acesso ao histórico de vazões naturais de 1931-2018, consolidado pelo ONS, é demonstrado na Figura 39 em “Vazões”, “Tabela”. Existem dados referentes à UHE Bocaina, apesar de a usina não existir, porque há um posto fluviométrico no local de interesse para sua construção.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	320	564	565	415	223	147	133	113	111	108	110	149
1932	128	331	255	172	120	114	94	70	51	84	110	251
1933	420	347	251	231	149	116	85	75	68	83	98	195
1934	237	187	185	145	102	57	46	37	44	60	53	83
1935	331	401	236	356	217	135	96	84	47	77	87	145
1936	151	100	296	204	126	82	71	54	47	48	72	113
1937	245	102	133	156	110	92	65	48	42	49	118	233
1938	268	185	185	149	89	74	69	43	33	31	65	196
1939	292	303	133	112	96	79	57	51	37	41	80	114
1940	204	364	317	159	122	91	68	39	39	47	147	128
1941	252	165	141	171	86	68	57	43	42	54	83	157
1942	179	217	361	216	126	188	116	62	56	54	119	183
1943	476	437	387	216	136	122	98	67	61	98	169	165
1944	157	252	239	168	128	85	71	55	44	47	125	135
1945	196	401	448	460	231	147	121	89	52	90	157	371
1946	471	325	417	263	175	130	118	89	77	73	101	172
1947	233	289	513	356	184	130	107	89	75	75	71	200
1948	305	287	335	235	118	124	82	69	59	59	57	225
1949	275	508	355	205	145	124	95	73	57	93	89	215
1950	261	266	252	193	122	89	71	54	44	74	239	239
1951	392	442	342	251	163	114	93	70	54	49	51	119

Figura 39: Vazões naturais afluentes (média mensal) históricas consolidadas pelo ONS.

Fonte: HydroExpert- HydroData XP.

3.7. Seleção dos Anos Secos

Para a escolha do período a ser simulado, foi feito um gráfico com a média anual das vazões naturais afluentes em Bocaina de todo o histórico de vazões (1931 a 2019). Apesar de a usina não ter sido construída, existem dados hidrológicos devido ao posto fluviométrico instalado durante a elaboração do Estudo de Inventário. A média das vazões médias mensais está marcada em vermelho no gráfico (165,6 m³/s). Os anos secos selecionados foram a sequência de 5 anos com menor média mensal, 2014 a 2018, em laranja no gráfico (Figura 40). A Figura 41 exibe a seleção do período de simulação no *HydroExpert* em “Dados”, “Cenário”, “Horizonte de simulação”.

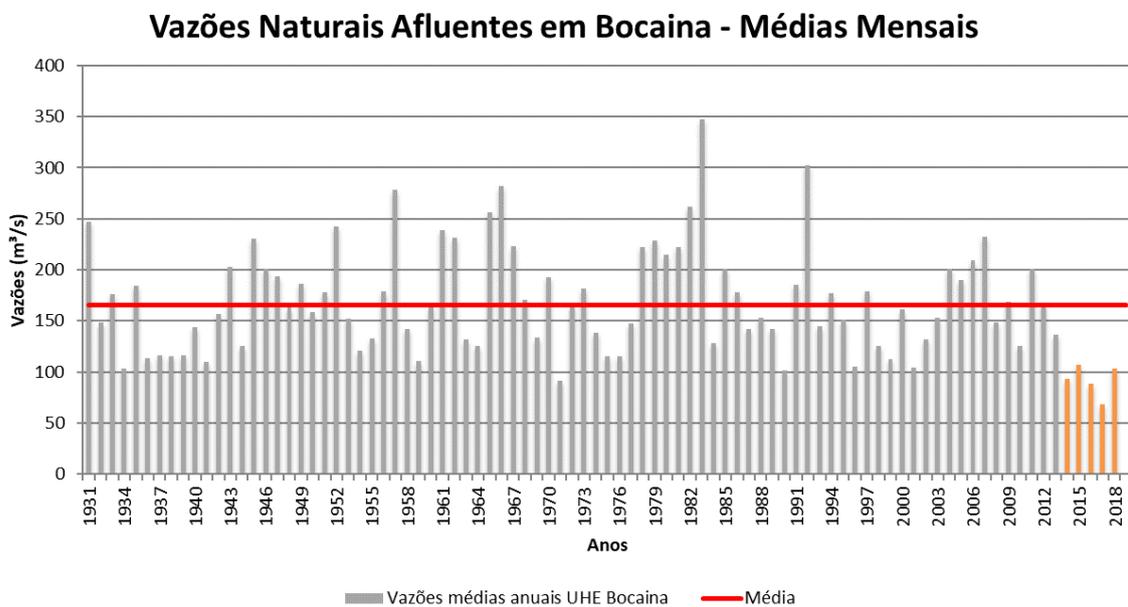


Figura 40: Médias mensais por ano das vazões naturais afluentes em Bocaina e identificação dos anos secos para simulação.

Fonte: Elaboração própria. Dados: HydroData XP - HydroExpert.

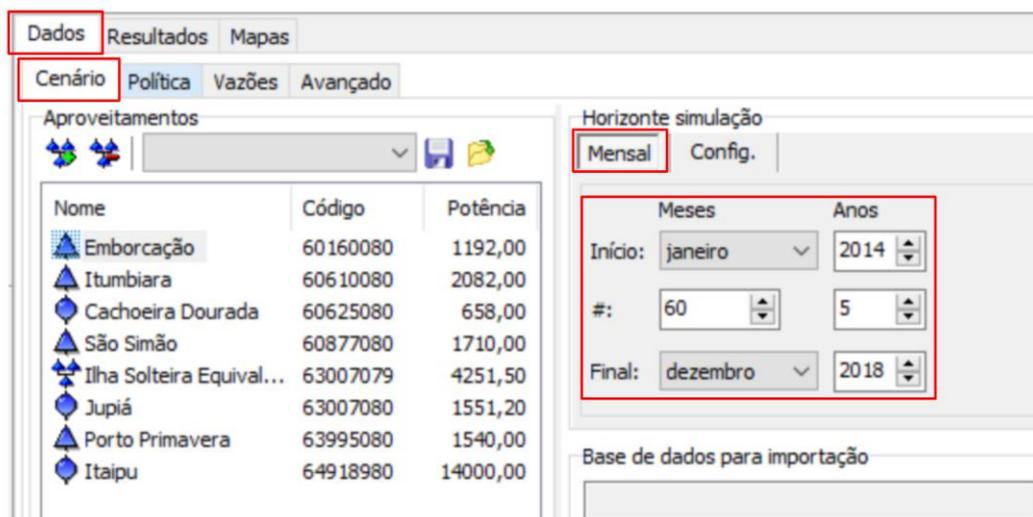


Figura 41: Seleção do horizonte de simulação para o período seco.

Fonte: HydroExpert - Cenário.

3.8. Dados de entrada para a simulação

Para as simulações, foram necessários os seguintes dados de entrada: vazões incrementais (ou seja, as vazões que ocorrem na área de drenagem entre empreendimentos), usos consuntivos, volumes iniciais observados nos reservatórios e, para a política de decisão do simulador, as defluências e vertimentos praticados nos empreendimentos e os volumes finais nos reservatórios de interesse, resultados do Caso de Referência.

3.8.1 Ajustes Iniciais

Antes de começar as simulações, são necessários alguns ajustes iniciais. No botão "Propriedades", aba "Contorno", é necessário ativar o "Efeito de Evaporação" (calculado pelo próprio simulador) e o "Efeito de Usos Múltiplos", que deverão ser inseridos pelo usuário, conforme a Figura 42 demonstra.

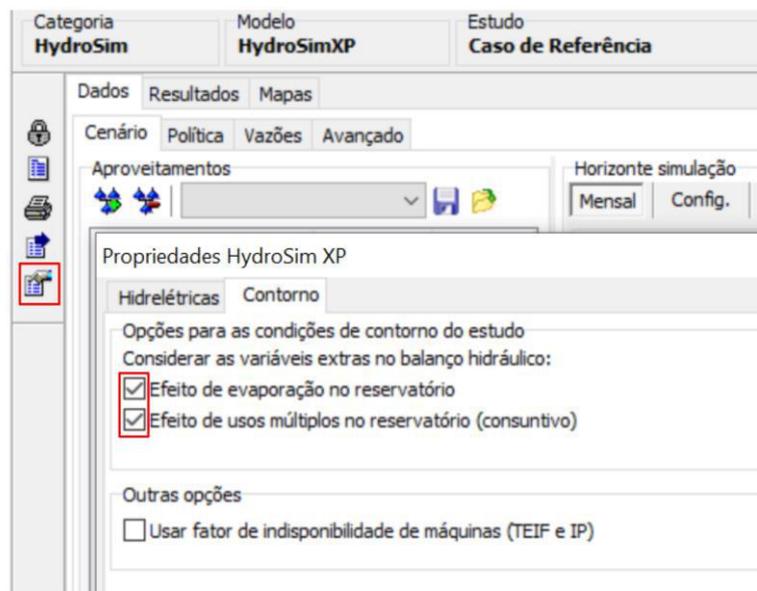


Figura 42: Ativação dos efeitos de evaporação e usos múltiplos nos reservatórios.

Fonte: HydroExpert - Propriedades.

Em seguida, para cada usina da cascata, ainda em “Propriedades”, na aba “Hidrelétricas”, deve-se verificar as restrições hidráulicas de defluências máxima e mínima e reproduzi-las nos campos de limite do canal de fuga, conforme explicita a Figura 43.

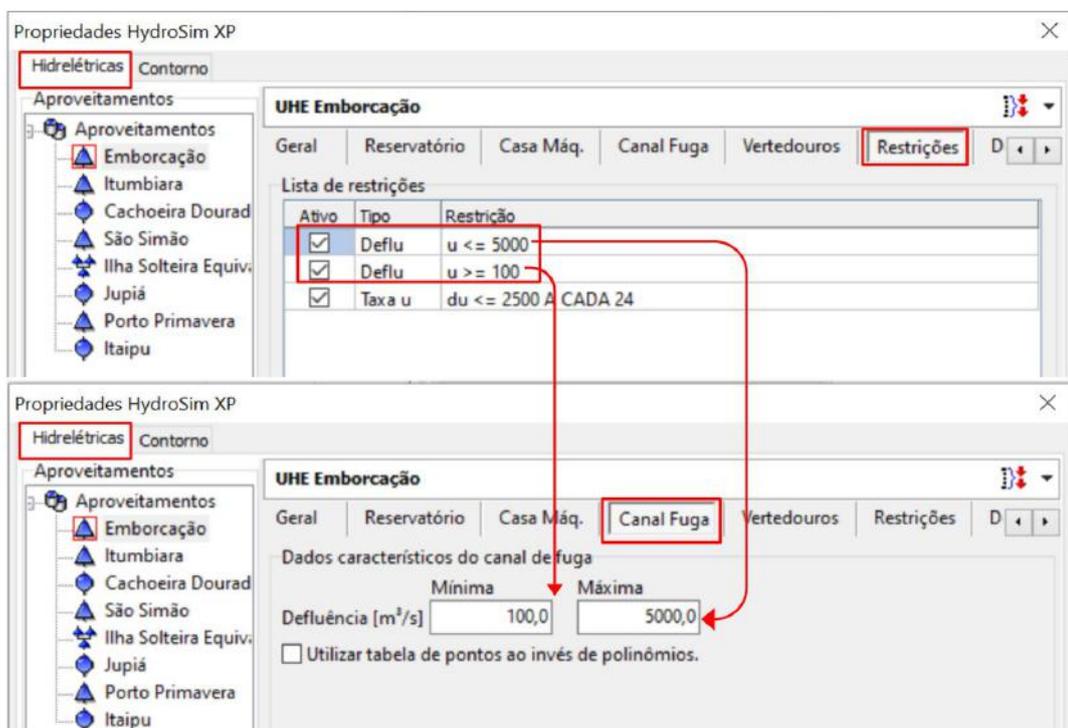


Figura 43: Ajuste das defluências máximas e mínimas.

Fonte: HydroExpert - Propriedades.

Ainda em “Propriedades”, “Hidrelétricas”, na aba “Casa de Máquinas”, deve-se desmarcar o “Rendimento Variável” e marcar o “Rendimento Constante” para todos os aproveitamentos. Na aba “Reservatórios”, deve-se verificar se o item “Operação a fio d’água” está desmarcado para as usinas a fio d’água. Este passo é importante para que os volumes úteis não fiquem travados ao longo das simulações. A Figura 44 demonstra esses procedimentos.

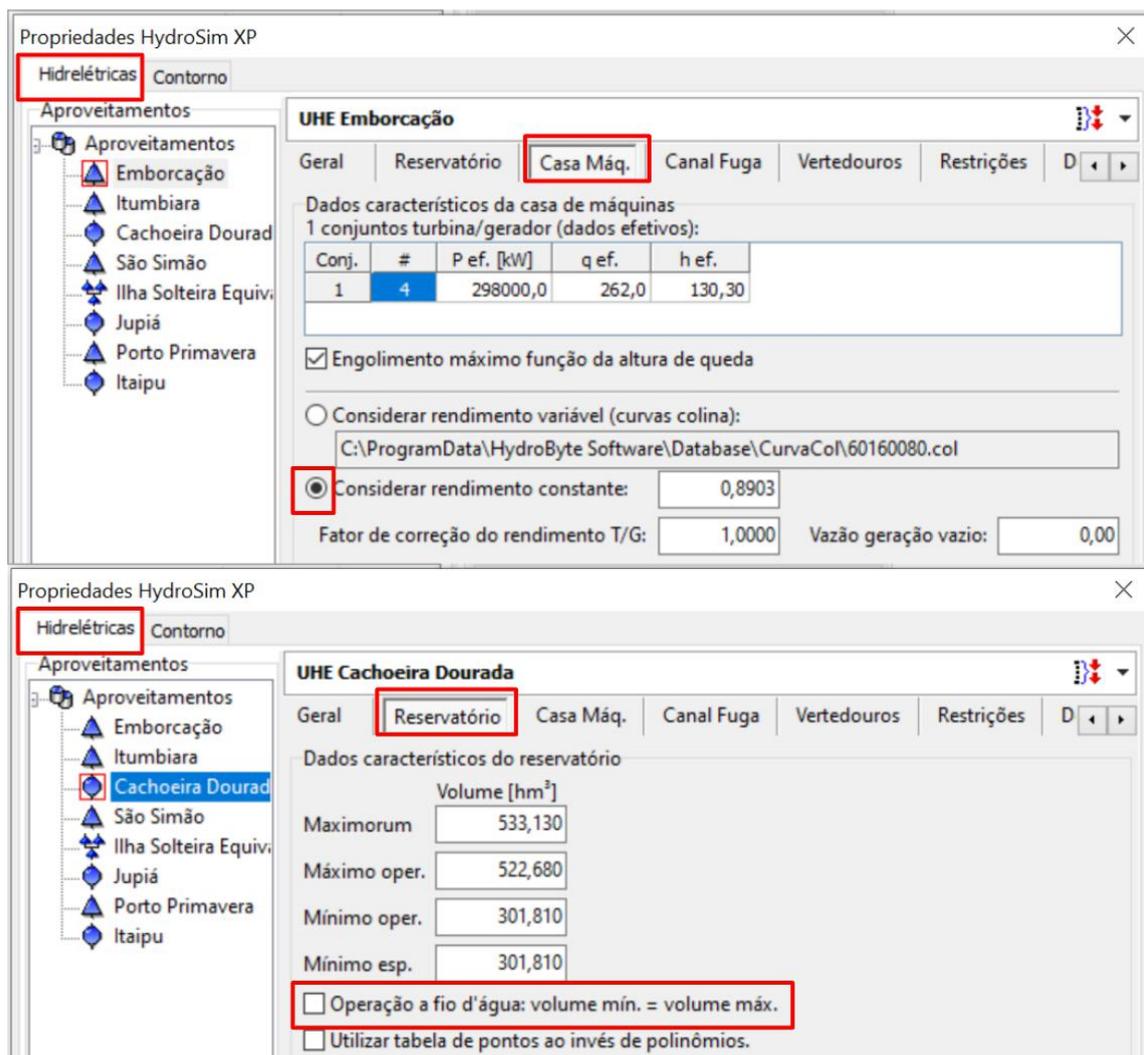


Figura 44: Verificação do rendimento e da operação das usinas a fio d’água.

Fonte: HydroExpert - Propriedades.

3.8.2. Vazões Incrementais

Para cada uma das usinas, obteve-se, a partir do *HydroExpert*, a série de vazões naturais médias mensais (Q_{nat}). Para as usinas de cabeceira em cada caso, as vazões incrementais (Q_{Inc}) são as vazões naturais. Para as usinas de jusante, é necessário utilizar as suas vazões naturais subtraídas das vazões naturais da usina de montante. As vazões naturais de Ilha Solteira Equivalente são o somatório das vazões naturais em Ilha Solteira e em Três Irmãos. O cálculo das vazões incrementais para os casos de referência e com Bocaina estão demonstrados na Quadro 2, e a Figura 45 demonstra onde esses dados serão utilizados no *HydroExpert* em “Política”, “Vazões”, “Planilha Geral”.

Quadro 2: Cálculo das vazões incrementais para os Casos de Referência e com Bocaina.

Usina	Caso de Referência	Casos com Bocaina
Bocaina	-	$Q_{Inc,Bocaina} = Q_{nat,Bocaina}$
Emborcação	$Q_{Inc,Emborcação} = Q_{nat,Emborcação}$	$Q_{Inc,Emborcação} = Q_{nat,Emborcação} - Q_{nat,Bocaina}$
Itumbiara	$Q_{Inc,Itumbiara} = Q_{nat,Itumbiara} - Q_{nat,Emborcação}$	
C.Dourada	$Q_{Inc,C.Dourada} = Q_{nat,C.Dourada} - Q_{nat,Itumbiara}$	
São Simão	$Q_{Inc,São Simão} = Q_{nat,São Simão} - Q_{nat,C.Dourada}$	
Ilha Equivalente	$Q_{Inc,Ilha Equivalente} = (Q_{nat,Ilha Solteira} + Q_{nat,Três Irmãos}) - Q_{nat,São Simão}$	
Jupia	$Q_{Inc,Jupia} = Q_{nat,Jupia} - (Q_{nat,Ilha Solteira} + Q_{nat,Três Irmãos})$	
P.Primavera	$Q_{Inc,P.Primavera} = Q_{nat,P. Primavera} - Q_{nat,Jupia}$	
Itaipú	$Q_{Inc,Itaipu} = Q_{nat,Itaipu} - Q_{nat,P.Primavera}$	

Fonte: Elaboração Própria.

Dados Resultados Mapas								
Cenário Política Vazões Avançado								
Por Usina Planilha Geral								
Planilha de vazões incrementais [m³/s]								
Hora	Emborcação	Itumbiara	Cachoeira Dourada	São Simão	Ilha Solteira Equivalente	Jupia	Porto Primavera	Itaipu
jan/2014	420,0	820,0	77,0	683,0	2794,0	398,0	968,0	3789,0
fev	294,0	680,0	66,0	656,0	2030,0	406,0	736,0	2266,0
mar	399,0	1159,0	140,0	1417,0	2935,0	604,0	1028,0	3969,0
abr	484,0	1250,0	134,0	1283,0	2444,0	419,0	1087,0	4503,0
mai	251,0	663,0	73,0	663,0	1758,0	389,0	966,0	4438,0
jun	180,0	477,0	55,0	524,0	1582,0	426,0	912,0	9342,0
jul	144,0	414,0	51,0	503,0	1380,0	324,0	838,0	4633,0
ago	123,0	342,0	45,0	413,0	1325,0	317,0	936,0	3402,0
set	88,0	238,0	34,0	318,0	1145,0	310,0	833,0	4115,0
out	51,0	182,0	21,0	219,0	995,0	288,0	680,0	4987,0
nov	204,0	491,0	25,0	386,0	1600,0	505,0	628,0	3153,0
dez	533,0	1156,0	120,0	1096,0	3409,0	688,0	899,0	3591,0
jan/2015	220,0	516,0	55,0	508,0	2248,0	386,0	991,0	4234,0
fev	483,0	892,0	89,0	895,0	3597,0	550,0	848,0	4583,0
mar	692,0	1425,0	125,0	1311,0	4313,0	621,0	917,0	4597,0
abr	599,0	1404,0	136,0	1272,0	3379,0	618,0	983,0	4150,0
mai	445,0	924,0	98,0	904,0	2808,0	548,0	1043,0	4653,0

Figura 45: Inserção dos dados de vazões.

Fonte: HydroExpert - Vazões.

3.8.3. Usos Consuntivos

Para o cálculo dos usos consuntivos incrementais ($Q_{\text{cons, inc}}$) a serem inseridos no *software*, foi solicitado ao ONS os dados estimados de usos consuntivos totais ($Q_{\text{cons, total}}$). As informações foram disponibilizadas em forma de tabela, como média mensal por aproveitamento desde janeiro de 2002 até dezembro de 2024. Esses valores são homologados pela Agência Nacional de Águas com base em estimativas censitárias. Para todos os anos úmidos (1979 a 1983), foram adotados os usos consuntivos do ano de 2002.

O uso consuntivo incremental (média mensal) de cada aproveitamento foi obtido a partir de seu uso consuntivo total subtraído do uso consuntivo total do aproveitamento de montante, conforme demonstra o Quadro 3. Para as usinas de cabeceira, o uso consuntivo incremental é igual ao uso consuntivo total. Para os Casos com Bocaina, estimou-se que os usos consuntivos no reservatório da usina seriam equivalentes a 60% dos usos consuntivos totais no reservatório de Emborcação e os usos incrementais em Emborcação seriam 40% dos usos totais neste reservatório. A Figura 46 exhibe o local para a inserção dos dados de uso consuntivo por usina em “Dados”, “Avançado”, “Contorno”, “Usos Consuntivos”.

Quadro 3: Cálculo dos usos consuntivos para os Casos de Referência e com Bocaina.

Usina	Caso de Referência	Casos com Bocaina
Bocaina	-	$Q_{\text{cons, inc, Bocaina}} = 0,6 * Q_{\text{cons, total, Emborcação}}$
Emborcação	$Q_{\text{cons, inc, Emborcação}} = Q_{\text{cons, total, Emborcação}}$	$Q_{\text{cons, inc, Emborcação}} = 0,4 * Q_{\text{cons, total, Emborcação}}$
Itumbiara	$Q_{\text{cons, inc, Itumbiara}} = Q_{\text{cons, total, Itumbiara}} - Q_{\text{cons, total, Emborcação}}$	
C.Dourada	$Q_{\text{cons, inc, C.Dourada}} = Q_{\text{cons, total, C.Dourada}} - Q_{\text{cons, total, Itumbiara}}$	
São Simão	$Q_{\text{cons, inc, São Simão}} = Q_{\text{cons, total, São Simão}} - Q_{\text{cons, total, C.Dourada}}$	
Ilha Equivalente	$Q_{\text{cons, inc, Ilha Equivalente}} = Q_{\text{cons, total, Ilha Solteira}} + Q_{\text{cons, total, Três Irmãos}} - Q_{\text{cons, total, São Simão}}$	
Jupiá	$Q_{\text{cons, inc, Jupιά}} = Q_{\text{cons, total, Jupιά}} - (Q_{\text{cons, total, Ilha Solteira}} + Q_{\text{cons, total, Três Irmãos}})$	
P.Primavera	$Q_{\text{cons, inc, P.Primavera}} = Q_{\text{cons, total, P.Primavera}} - Q_{\text{cons, total, Jupιά}}$	
Itaipú	$Q_{\text{cons, inc, Itaipu}} = Q_{\text{cons, total, Itaipu}} - Q_{\text{cons, total, P.Primavera}}$	

Fonte: Elaboração Própria.

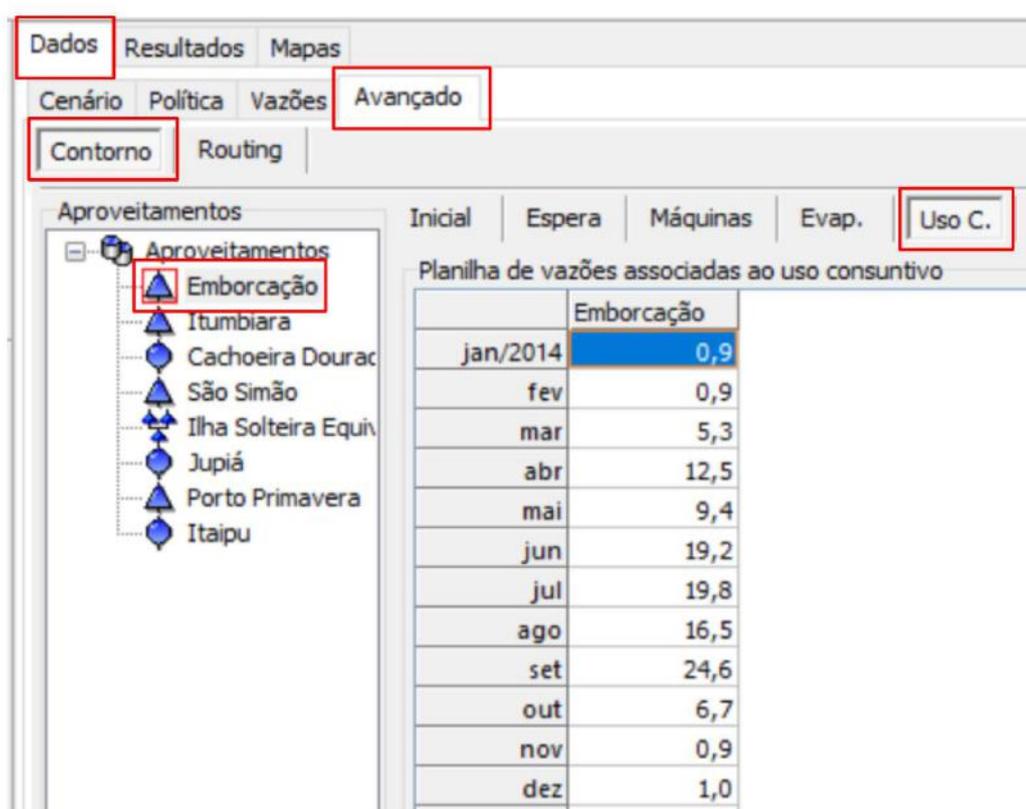


Figura 46: Inserção dos dados de usos consuntivos por usina.

Fonte: HydroExpert - Avançado.

3.8.4. Volumes Iniciais Observados

Os volumes úteis dos reservatórios operados pelo ONS encontram-se disponíveis em seu site institucional de janeiro de 1999 ao dia corrente. Os volumes iniciais do período úmido, referentes ao dia 01/01/1979, foram arbitrados como 65%, por se tratar de uma sequência de anos com maior intensidade de vazões. Pelo mesmo motivo, optou-se por definir o volume inicial de Bocaina como 100%. Os volumes iniciais do período seco, referentes ao dia 01/01/2014, foram coletados no site do ONS para cada aproveitamento (com exceção de Bocaina) e serão utilizados tanto para o Caso de Referência quanto para o Caso com Bocaina. O volume útil inicial de Bocaina foi arbitrado como 65%. A Figura 47 demonstra onde ajustar os volumes iniciais no *HydroExpert* em “Dados”, “Avançado”, “Contorno”, “Inicial”, “Emborcação”, “Útil [%]”. É importante destacar que, para as usinas que operam a fio d’água, é comum que os níveis de armazenamento variem rapidamente de 00,00% para 100,00% do volume útil.

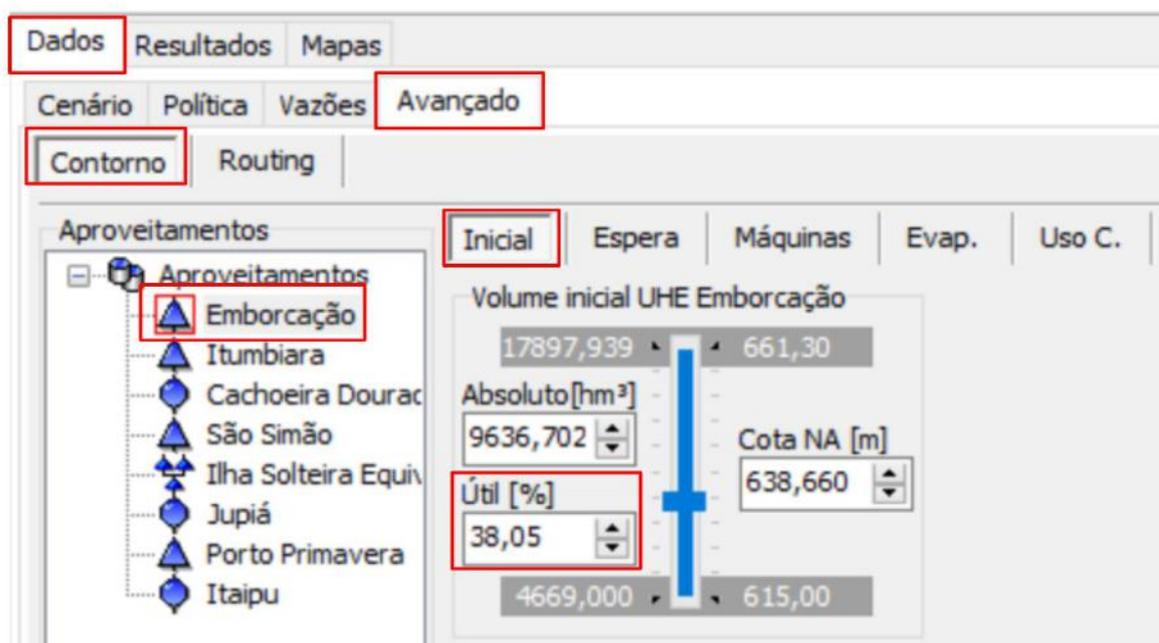


Figura 47: Ajuste do armazenamento inicial dos reservatórios.

Fonte: HydroExpert - Avançado.

3.8.5. Política: Defluências Praticadas

Assim como os volumes armazenados, as defluências e vertimentos praticados a partir de 1999 são acessíveis no site institucional do ONS. Para todos os anos do período úmido, foram adotadas as defluências e vertimentos de 2007, período mais úmido do histórico disponível. Para os anos do período seco, foram utilizadas as defluências e vertimentos praticados. A Figura 48 demonstra no *HydroExpert* onde é possível definir a política de tomada de decisão, que pode ser uma combinação de políticas de geração de energia, defluência, vertimento ou vazão turbinada, em “Dados”, “Política”, “Planilha Geral”.

	Emborcação			Itumbiara			Cachoeira Dourada			São Simão			Ilha Solteira Equivalente			Jupia
	G.Hidr.	Defl.	Vert.	G.Hidr.	Defl.	Vert.	G.Hidr.	Defl.	Vert.	G.Hidr.	Defl.	Vert.	G.Hidr.	Defl.	Vert.	G.Hidr.
jan/2014	271,0	0,0	0,0	1475,0	0,0	0,0	1516,0	13,0	0,0	2415,0	0,0	0,0	6052,0	0,0	0,0	0,0
fev	337,0	0,0	0,0	2030,0	0,0	0,0	2060,0	252,0	0,0	2421,0	0,0	0,0	6028,0	2,0	0,0	0,0
mar	408,0	0,0	0,0	939,0	0,0	0,0	1024,0	0,0	0,0	2320,0	0,0	0,0	5028,0	3,0	0,0	0,0
abr	398,0	0,0	0,0	965,0	0,0	0,0	1034,0	0,0	0,0	2141,0	0,0	0,0	5010,0	0,0	0,0	0,0
mai	347,0	0,0	0,0	778,0	0,0	0,0	812,0	0,0	0,0	1740,0	0,0	0,0	3982,0	0,0	0,0	0,0
jun	249,0	0,0	0,0	623,0	0,0	0,0	654,0	0,0	0,0	1660,0	0,0	0,0	3421,0	0,0	0,0	0,0
jul	231,0	0,0	0,0	1145,0	0,0	0,0	1197,0	0,0	0,0	1509,0	0,0	0,0	3421,0	0,0	0,0	0,0
ago	320,0	0,0	0,0	1245,0	0,0	0,0	1272,0	0,0	0,0	1661,0	0,0	0,0	3404,0	0,0	0,0	0,0
set	544,0	0,0	0,0	1365,0	0,0	0,0	1361,0	1,0	0,0	1672,0	0,0	0,0	3683,0	0,0	0,0	0,0
out	614,0	0,0	0,0	1293,0	0,0	0,0	1349,0	4,0	0,0	1697,0	0,0	0,0	3642,0	0,0	0,0	0,0
nov	556,0	0,0	0,0	1256,0	0,0	0,0	1278,0	2,0	0,0	1477,0	0,0	0,0	3738,0	0,0	0,0	0,0
dez	390,0	0,0	0,0	1246,0	0,0	0,0	1290,0	0,0	0,0	1684,0	0,0	0,0	3786,0	0,0	0,0	0,0

Figura 48: Inserção dos dados da política de defluências e vertimentos.

Fonte: HydroExpert - Política.

3.8.6. Política: Nível Meta

Os níveis finais de armazenamento serão utilizados para os casos com Bocaina, cuja política serão as metas de armazenamento. Esses valores são os resultados de armazenamento dos respectivos casos de referência. A Figura 49 demonstra onde ajustar os volumes iniciais no *HydroExpert* em “Dados”, “Política”, “Por Usina”, “Assistentes”, “Meta de Armazenamento”. Os ajustes da meta de armazenamento fazem com que o simulador calcule a defluência ideal e constante e a substitua na “Política de Defluências” para que o reservatório atinja o objetivo desejado. Foi necessário um ajuste nas defluências de São Simão para que fosse atingido o nível meta desejado (nível final de armazenamento de São Simão, resultante do Caso de Referência).

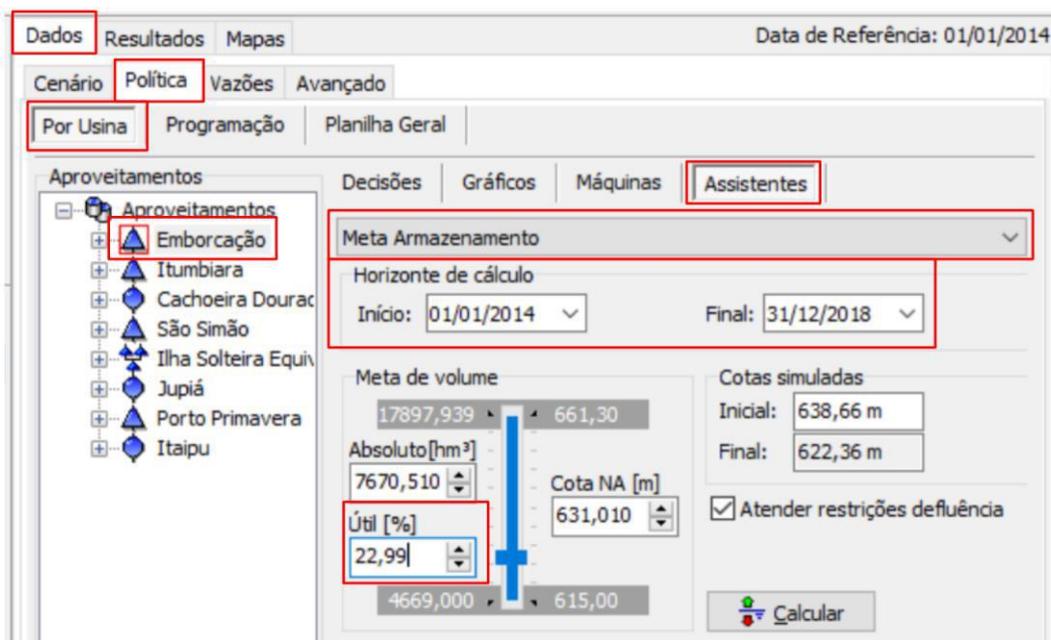


Figura 49: Ajuste do armazenamento final para definição da política de nível meta.

Fonte: HydroExpert - Vazões.

3.9. Comparação entre os casos simulados

Para a comparação entre os casos com Bocaina e o Caso de Referência, foram avaliados os ganhos de volume útil em porcentagem e hm³ nas usinas de Emborcação, Itumbiara e São Simão. Os ganhos de geração foram avaliados comparando as gerações totais da cascara em cada ano, assim como as médias mensais e de todo o período. Os cálculos, tabelas e gráficos foram gerados a partir do Excel.

4. Resultados

Os resultados deste estudo são: a síntese todos os aspectos positivos e negativos encontrados na literatura relacionados à implantação de um reservatório; os dados de entrada no modelo (vazões incrementais, os usos consuntivos, volumes iniciais e as políticas de defluência e de nível meta); os resultados de cada um dos 6 casos de simulação (volumes úteis e geração de energia) e os gráficos e tabelas comparativos.

4.1. Benefícios e impactos decorrentes da construção de um reservatório

A revisão bibliográfica e as análises textuais efetuadas permitiram elaborar a relação a seguir, que apresenta a compilação de todos os efeitos positivos e efeitos negativos proporcionados por reservatórios de usinas hidrelétricas encontrados na literatura.

EFEITOS POSITIVOS

- produção de energia renovável e barata, com baixas emissões de gases de efeito estufa;
- flexibilidade operativa (serviços ancilares), que promove segurança energética, estabilidade dos preços e confiabilidade do sistema elétrico;
- viabilização da expansão das fontes intermitentes, reduzindo a necessidade de despacho térmico;
- regularização das vazões, reduzindo os picos de cheias e elevando as vazões de estiagem;
- capacidade de proteção contra cheias das áreas a jusante;
- adaptação às mudanças climáticas pela capacidade de controlar cheias e armazenar água para períodos de seca;
- garantia de água para abastecimento, irrigação, indústria e demais usos consuntivos;
- contribuição para integração econômica local com construção de estradas, indústrias e desenvolvimento do comércio, da saúde pública e serviços de educação;
- necessidade de mão de obra, maior contingente temporário durante a fase de construção e menor durante a operação;
- pagamento de Compensações Financeiras aos municípios atingidos pelo lago artificial;

- promoção de estudos e pesquisas arqueológicas e sobre a biodiversidade local;
- viabilização do transporte hidroviário;
- beleza cênica;
- oportunidade de desenvolvimento de atividades turísticas, de recreação, aquicultura e pesca no lago;
- liberação de ondas de cheia podem diluir eventuais concentrações de poluentes;
- possibilidade de exploração de água subterrânea por causa da elevação do nível do lençol freático.

EFEITOS NEGATIVOS

- alagamento de grandes áreas;
- possibilidade de aumento da evaporação do espelho d'água;
- desterritorialização de populações e alteração de sua dinâmica social para o enchimento do lago;
- deslocamento de animais selvagens;
- perda de áreas cultiváveis, de biodiversidade, de patrimônio histórico/cultural;
- deterioração das condições de vida da população original;
- possibilidade de aumento de doenças de veiculação hídrica;
- alteração do hidrograma natural;
- alteração no transporte de sedimentos;
- diminuição do aporte de nutrientes a jusante;
- possível comprometimento da reprodução e migração de peixes (piracema);
- necessidade de compensação pela perda de terras agrícolas, locais de pesca e habitações, bem como atividades de recreio e de subsistência;
- perda de brejos temporários, várzeas e ecótonos terra/água;
- alteração de habitats de animais;
- aumento populacional na área do entorno do reservatório (busca por empregos, por exemplo), com os consequentes problemas sociais, econômicos e de saúde;
- degradação da qualidade hídrica local devido à transição de um ambiente lótico para lântico, estratificação térmica, deposição de sedimentos, aumentando o risco de eutrofização;
- redução das vazões a jusante do reservatório;
- redução da temperatura, do oxigênio dissolvido e do material em suspensão nas vazões liberadas;
- redução do teor de oxigênio dissolvido no fundo e nas vazões liberadas (zero em alguns casos);
- aumento dos teores de H₂S e CO₂ no fundo e nas vazões liberadas;

- perda de valores estéticos.
- alteração no microclima;
- alteração da biodiversidade à jusante.

4.2. Dados de entrada para as simulações

Para o início das simulações, foi necessária a preparação dos dados de entrada. A partir das vazões naturais afluentes (médias mensais) de cada usina, disponíveis no *HydroData XP*, foram preparados as sequências de vazões incrementais de cada empreendimento. Considerando os cinco anos de simulações, as vazões médias mensais para cada UHE estão explicitadas nas Tabelas 6 e 7. Os resultados completos do cálculo das vazões incrementais por usina encontram-se nas Tabelas 22 e 23 do Apêndice I.

Tabela 6: Vazões incrementais afluentes médias mensais para os cinco anos de simulação - Caso de Referência.

Vazão Incremental (m³/s)	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu	Média Anual (m³/s)
2014	264,25	656,00	70,08	680,08	1949,75	422,83	875,92	4349,00	1158,49
2015	303,58	689,50	68,17	662,67	2710,33	498,33	1015,58	6346,67	1536,85
2016	249,92	692,75	66,92	652,00	3801,00	426,75	1297,00	6846,83	1754,15
2017	194,17	549,83	42,17	581,92	2965,42	530,58	990,25	5057,83	1364,02
2018	293,75	728,17	72,83	823,83	2906,58	496,58	1093,00	5048,92	1432,96

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroData XP.

Tabela 7: Vazões incrementais afluentes médias mensais para os cinco anos de simulação – Casos com UHE Bocaina.

Vazão Incremental (m³/s)	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu	Média Anual (m³/s)
2014	93,17	171,08	656,00	70,08	680,08	1949,75	422,83	875,92	4349,00	1029,77
2015	107,08	196,50	689,50	68,17	662,67	2710,33	498,33	1015,58	6346,67	1366,09
2016	88,17	161,75	692,75	66,92	652,00	3801,00	426,75	1297,00	6846,83	1559,24
2017	68,42	125,75	549,83	42,17	581,92	2965,42	530,58	990,25	5057,83	1212,46
2018	103,67	190,08	728,17	72,83	823,83	2906,58	496,58	1093,00	5048,92	1273,74

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroData XP.

Analogamente, a partir das vazões mensais de usos consuntivos totais de cada usina, foi possível encontrar os usos consuntivos incrementais para cada empreendimento, cujas médias estão apresentadas nas Tabelas 8 e 9. É importante destacar que ao longo de um ano, os usos consuntivos são mais altos nos meses secos (junho a setembro) e mais baixos nos meses úmidos (dezembro a março). Os resultados completos do cálculo das vazões de usos consuntivos incrementais por usina encontram-se nas Tabelas 24 e 25 do Apêndice I.

Tabela 8: Vazões médias mensais de usos consuntivos incrementais para os cinco anos de simulação - Caso de Referência.

Vazão de Uso Consuntivo (m ³ /s)	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu	Vazão Média de Uso Consuntivo (m ³ /s)
2014	9,80	17,33	1,59	20,18	128,97	1,53	12,36	28,38	27,52
2015	10,20	17,98	1,65	20,90	131,75	1,55	12,60	28,91	28,19
2016	6,95	18,63	1,71	21,62	134,53	1,57	12,84	29,44	28,41
2017	7,45	19,28	1,77	22,35	137,31	1,59	13,08	29,97	29,10
2018	6,69	19,93	1,83	23,07	140,09	1,60	13,32	30,51	29,63

Fonte: Elaboração Própria. Dados: ONS.

Tabela 9: Vazões médias mensais de usos consuntivos incrementais para os cinco anos de simulação - Casos com UHE Bocaina.

Vazão de Uso Consuntivo (m ³ /s)	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu	Vazão Média de Uso Consuntivo (m ³ /s)
2014	5,88	3,92	17,33	1,59	20,18	128,97	1,53	12,36	28,38	24,46
2015	6,12	4,08	17,98	1,65	20,90	131,75	1,55	12,60	28,91	25,06
2016	4,17	2,78	18,63	1,71	21,62	134,53	1,57	12,84	29,44	25,26
2017	4,47	2,98	19,28	1,77	22,35	137,31	1,59	13,08	29,97	25,87
2018	4,01	2,67	19,93	1,83	23,07	140,09	1,60	13,32	30,51	26,34

Fonte: Elaboração Própria. Dados: ONS.

Os volumes iniciais para as simulações são os volumes úteis observados no primeiro dia do período simulado, ou seja, 01/01/2014. Esses dados são encontrados no site institucional do ONS e, para a UHE Bocaina, foi definido um valor de 65% do volume útil. A Tabela 10 sintetiza os dados de volumes iniciais.

Tabela 10: Volumes iniciais de armazenamento para cada empreendimento.

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P.Primavera	Itaipu
Volumes Iniciais (%VU)	65,00	35,80	37,32	77,40	29,10	56,26	91,30	71,87	0,00

Fonte: ONS, site institucional.

Para as usinas existentes, foi definida como política de defluências a reprodução das defluências e vertimentos de fato praticados mensalmente de 2014 a 2018, também obtidos no site institucional do ONS. A Tabela 26 do Apêndice I organiza esses dados. Para o outro caso simulado, as defluências foram repetidas, com exceção das UHE Bocaina, Emborcação, Itumbiara e São Simão. Para essas usinas, o simulador calculou a defluência necessária para se atingir o nível meta desejado, ou seja, para se atingir os volumes finais resultantes do caso de referência. A Tabela 11 sintetiza os volumes desejados (resultados do Caso de Referência), os volumes inseridos no simulador para o cálculo, a defluência calculada e os volumes atingidos. Percebe-se que o “Nível Meta Inserido” é menor que o desejado, para que o resultado se aproxime do valor requerido. Para o caso de São Simão, o simulador manteve seu nível final em 41%. Foi necessário então ajustar essa vazão defluente para que a água reservada fosse utilizada, de modo a atingir o volume final de 8% resultante do Caso de Referência. Buscou-se respeitar a sazonalidade das vazões afluentes e preservar o volume útil em momentos do Caso de Referência em que esses armazenamentos zeraram. Os ajustes adotados na Política de Nível Meta encontram-se detalhada na Tabela 27 do Apêndice I.

Tabela 11: Cálculo das defluências a partir dos Níveis Meta para as usinas selecionadas.

Usinas	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	São Simão
Nível Meta Desejado (%VU)	10,00	22,99	55,56	8,21
Nível Meta Inserido (%VU)	10,00	19,00	43,00	0,00
Nível Meta Atingido (%VU)	11,15	23,31	55,82	41,01
Defluência calculada (m ³ /s)	107,00	279,50	895,00	1607,10
Decisão	Manter	Manter	Manter	Ajustar

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert - Política.

4.3. Resultados das Simulações

Os resultados completos das simulações dos três casos encontram-se organizados no Apêndice II: as Tabelas 27, 28 e 29 correspondem aos volumes úteis (armazenamentos) e as Tabelas 30, 31 e 32 se referem às gerações em MWmed. Cada Caso com Bocaina foi comparado ao Caso de Referência para se avaliar os ganhos de armazenamentos e de geração de energia. As tabelas completas de comparação (Tabelas 33 a 40) também encontram-se no Apêndice II.

4.3.1. Política de Defluências – Ganho de Armazenamento

Para o caso de Política de Defluência, utilizou-se a água armazenada na UHE Bocaina de modo a amenizar os momentos mais críticos de volume útil em Emborcação, Itumbiara e São Simão, conforme demonstrado na Figura 50. As Figuras, 51, 52 e 53 comparam os armazenamentos resultantes deste caso com o Caso de Referência.

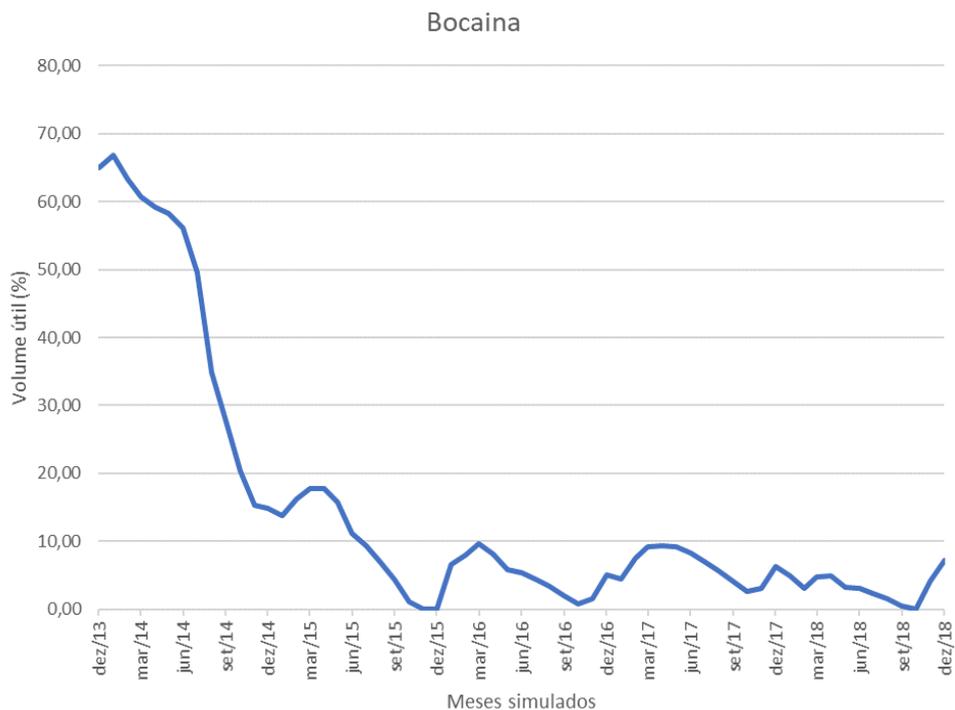


Figura 50: Evolução da utilização da água armazenada no reservatório de Bocaina - Política de Defluências.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExoptert – Resultados.

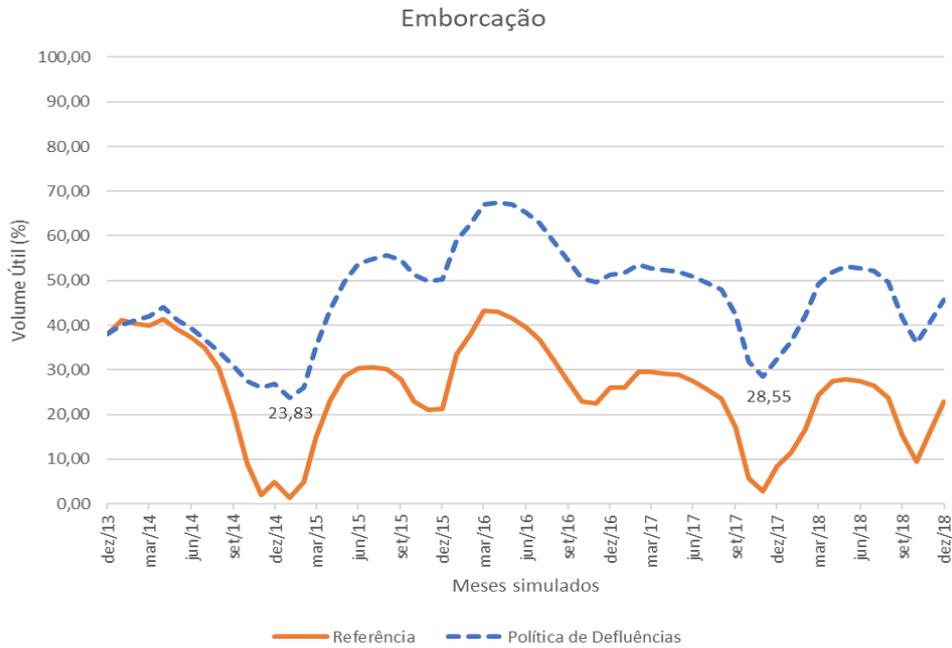


Figura 51: Comparação entre os armazenados no reservatório de Emborcação para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

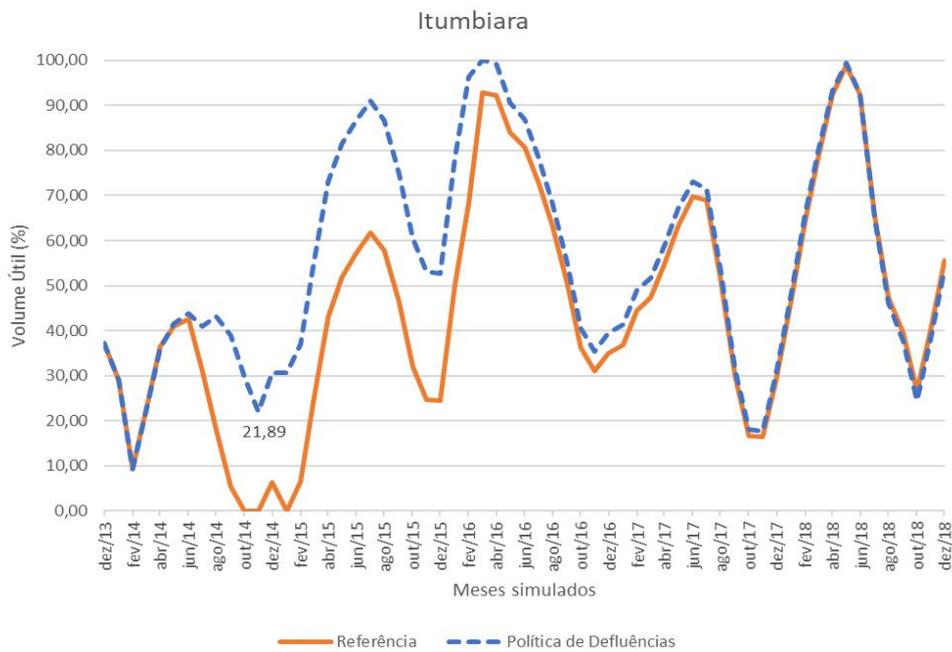


Figura 52: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

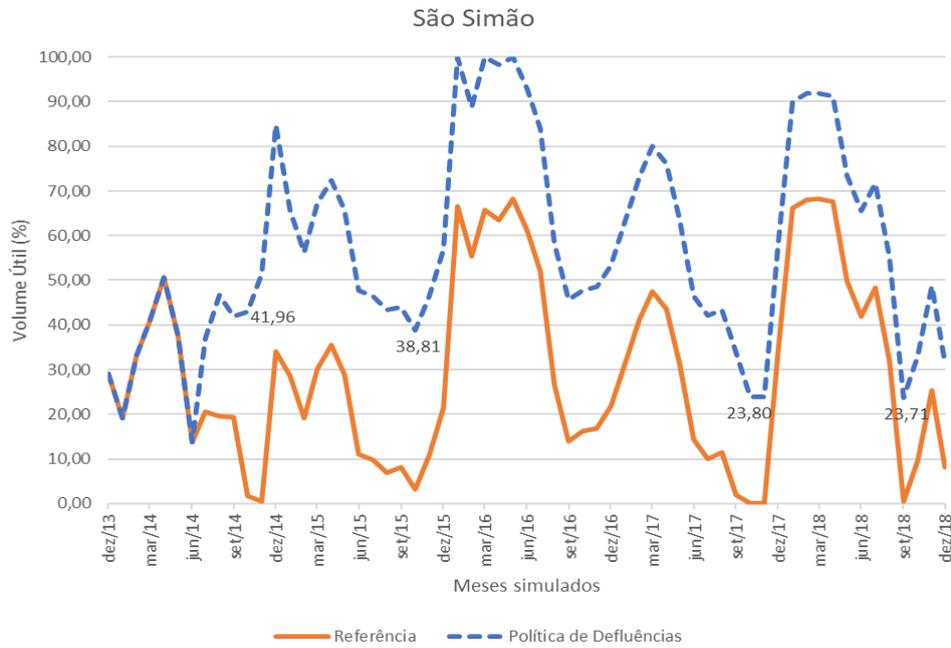


Figura 53: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Defluências.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

Além do aumento de armazenamentos explícitos nas figuras, destaca-se a diferença entre os níveis finais de armazenamento (em porcentagem de volume útil), conforme a Tabela 12, e o ganho médio mensal ao longo desses 5 anos simulados (Tabela 13).

Tabela 12: Comparação entre os níveis finais de armazenamento – Política de Defluências.

Níveis Finais	Emborcação	Itumbiara	São Simão
Referência (%VU)	22,99	55,56	8,21
Com Bocaina (%VU)	45,75	53,64	31,47
Ganho (%VU)	22,76	-1,92	23,26
Ganho (hm ³)	2.971,48	-239,12	1.288,60
Ganho total (hm ³)		4.020,97	

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

Tabela 13: Ganho médio mensal ao longo dos cinco anos simulados - Política de Defluências.

Ganho médio mensal dos 5 anos	Emborcação	Itumbiara	São Simão
(%VU)	21,39	10,67	27,98
(hm ³)	2792,92	1328,65	1549,99

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

4.3.2. Política de Defluências – Ganho de Geração

O ganho de geração de energia elétrica médio mensal na cascata toda e em cada usina o longo dos cinco anos de simulação estão representados na Tabela 14 e 15 respectivamente. O ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada está representado na Tabela 16. Excluindo Bocaina, destaca-se o maior ganho relativo em Emborcação, de 12% de incremento em relação ao caso de referência. Em termos de ganho absoluto, o maior incremento foi em Itaipu, em quase 146 MWmed, praticamente a capacidade máxima de geração de Bocaina (150 MW).

Tabela 14: Ganhos totais e médios de geração na cascata – Política de Defluências.

Geração Média Mensal	Referência	Com Bocaina	Ganho
(MWmed)	16525,54	16739,64	214,11

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

Tabela 15: Porcentagem do ganho de geração em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
Média dos Ganhos (%VU)	100%	12%	6%	0%	1%	-2%	0%	-1%	1%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

Tabela 16: Ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada - Política de Defluências.

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
Potência Instalada (MW)	150,00	1192	2082	658	1710	4247	1551	1540	14000
Ganho (MWmed)	55,76	25,99	18,24	-6,02	13,70	-46,31	6,00	-9,71	145,98
Ganho (% da pot. inst.)	37%	2%	1%	-1%	1%	-1%	0%	-1%	1%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

4.3.3. Política de Nível Meta – Ganho de Armazenamento

Para o caso de Política de Nível Meta, o armazenamento da UHE Bocaina foi definido segundo o nível meta de 10%. Foi necessário ajustar as defluências de São Simão, para se atingir o Nível Meta desejado de 8%. Para isso, o aumento da defluência foi feito de modo a aumentar a geração em São Simão e aliviar os períodos críticos do Caso de Referência. A Figura 54 mostra o comportamento do volume útil da UHE Bocaina e as Figuras, 55, 55 e 56 comparam os armazenamentos resultantes deste caso com o Caso de Referência. A Tabelas 17 demonstra o ganho médio mensal ao longo desses 5 anos simulados.

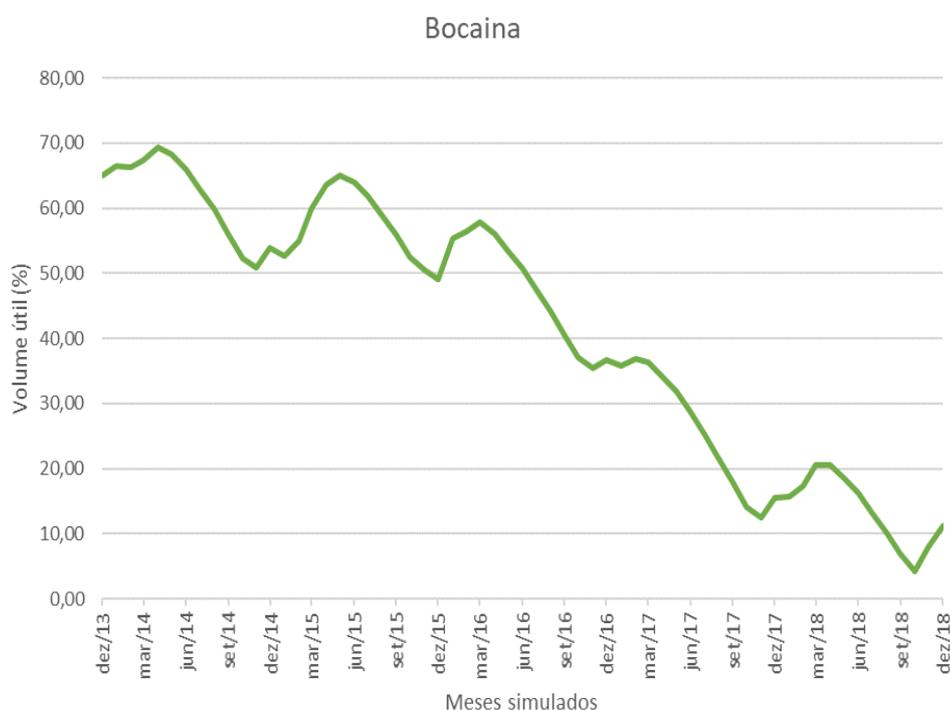


Figura 54: Evolução da utilização da água armazenada no reservatório de Bocaina Política de Nível Meta.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

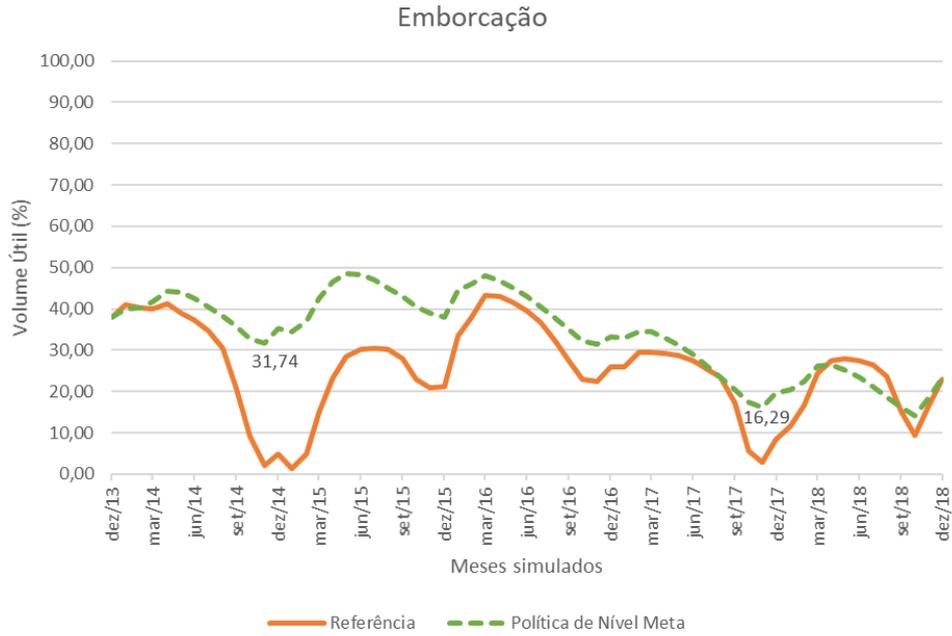


Figura 55: Comparação entre os armazenados no reservatório de Emborcação para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

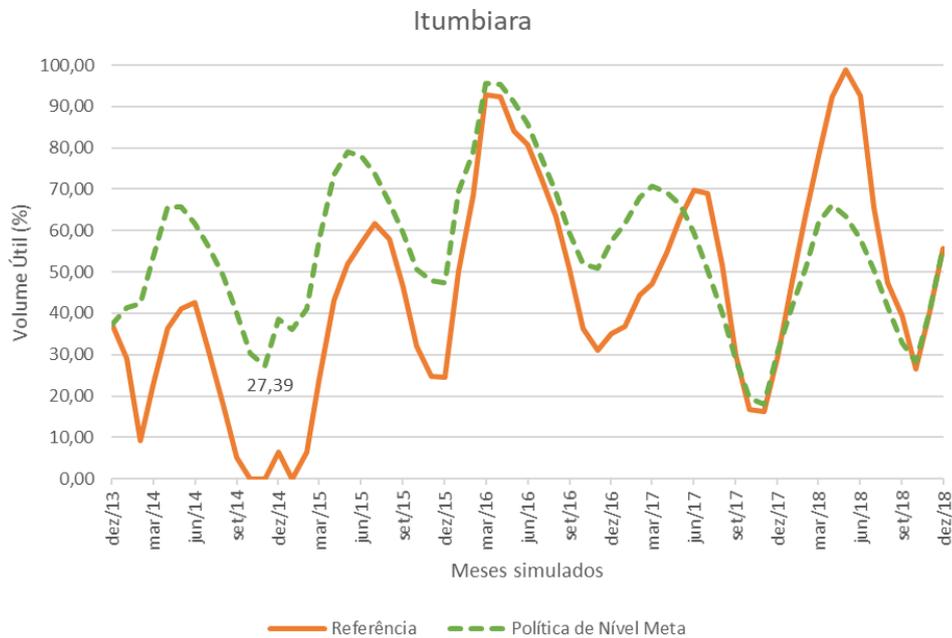


Figura 56: Comparação entre os armazenados no reservatório de Itumbiara para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

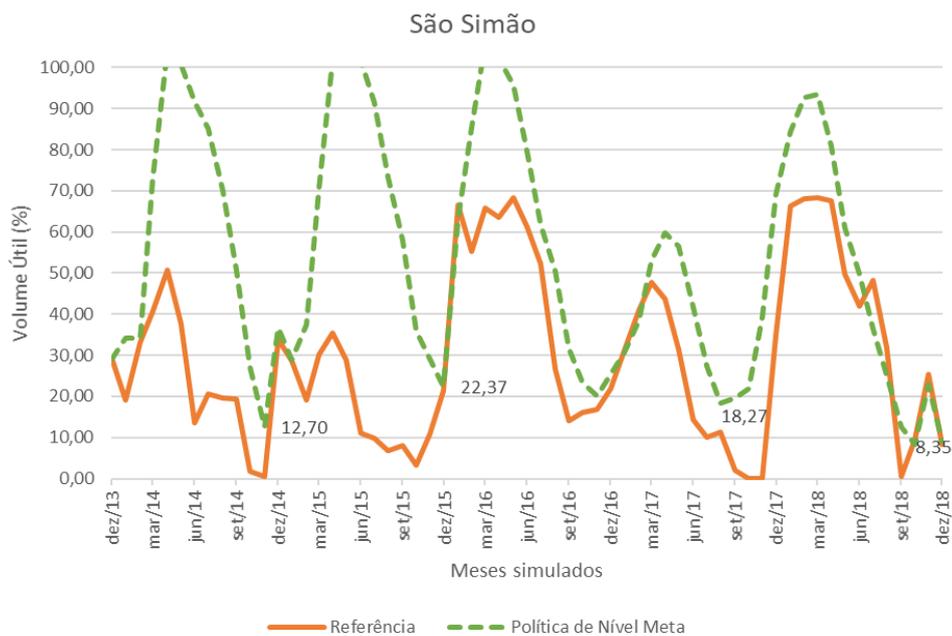


Figura 57: Comparação entre os armazenados no reservatório de São Simão para os casos de Referência e Com Bocaina - Política de Nível Meta.

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

Tabela 17: Ganho médio mensal ao longo dos cinco anos simulados - Política de Nível Meta.

Ganho médio mensal dos 5 anos	Emborcação	Itumbiara	São Simão
(%VU)	8,82	10,60	24,79
(hm ³)	1151,30	1320,06	1373,40

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopt – Resultados.

4.3.4. Política de Nível Meta – Ganho de Geração

O ganho de geração de energia elétrica médio mensal na cascata toda e em cada usina ao longo dos cinco anos de simulação estão representados na Tabela 18 e 19 respectivamente. O ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada está representado na Tabela 20. Excluindo Bocaina, destaca-se o maior ganho relativo em Itumbiara, de 32% de incremento em relação ao caso de referência, e o maior ganho absoluto em Itaipu, de 135,49 MWmed.

Tabela 18: Ganhos totais e médios de geração na cascata - Política de Nível Meta.

Geração (MWmed)	Referência	Com Bocaina	Ganho
Média (por mês)	16525,54	16804,65	279,12

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

Tabela 19: Porcentagem do ganho de geração em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu
Média dos Ganhos (%VU)	100%	30%	32%	25%	9%	0%	2%	-1%	1%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

Tabela 20: Ganho médio mensal de geração por usina em MWmed e em porcentagem de sua potência instalada - Política de Nível Meta.

Usina	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu
Potência Instalada (MW)	150	1192	2082	658	1710	4247	1551	1540	14000
Ganho (MWmed)	55,76	32,34	38,29	4,00	43,99	-34,52	11,38	-7,59	135,49
Ganho (% da pot. inst.)	37%	3%	2%	1%	3%	-1%	1%	0%	1%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExopert – Resultados.

5. Análise de resultados

A compilação dos efeitos positivos e negativos da implantação de uma barragem buscou sintetizar tudo que foi encontrado na literatura especializada consultada sobre a construção de reservatórios e seus impactos, de modo a produzir uma que consolidasse as diferentes perspectivas encontradas. Nesse sentido, a construção de uma usina com reservatório de regularização tem o potencial de prestar diversos serviços à sociedade. Ao promover segurança energética, viabiliza a expansão das fontes renováveis intermitentes por conta sua flexibilidade e despachabilidade, além de proporcionar segurança hídrica. O aumento da disponibilidade de água para todos os usuários, a proteção contra cheias e garantia de energia promovem o desenvolvimento econômico local e nacional. Esse tipo de infraestrutura, para ser viabilizada, precisa que a administração dos aspectos negativos seja cuidadosamente manejada, a fim de satisfazer as necessidades dos grupos atingidos, prevenir mitigar as consequências ao meio ambiente.

De todos os efeitos benéficos da implantação de um reservatório, o Estudo de Caso buscou a avaliação do aumento dos armazenamentos de três reservatórios de acumulação na bacia do rio Paranaíba (Emborcação, Itumbiara e São Simão) e o ganho de energia ao longo de toda cascata até Itaipu. A preparação dos dados permitiu observar que o ano de 2016 produziu as maiores vazões incrementais e o de 2017, as menores de todo o período seco analisado. Diferentemente, os usos consuntivos aumentam a cada ano, ressaltando a importância de se pensar em infraestrutura de aumento de disponibilidade hídrica em bacias cujas atividades econômicas e centros urbanos estão em expansão.

O ano de 2014 se iniciou com volumes de armazenamentos baixos, mesmo que janeiro já seja época de chuvas na bacia. Os valores foram de 35% para o reservatório de Emborcação (reservatório de cabeceira para o Caso de Referência), 37,32% para Itumbiara e 29,10% para São Simão. As simulações buscaram utilizar toda a água guardada na UHE Bocaina, assumindo seu volume inicial de 65%. Apesar de 2017 ter sido o ano com menores vazões incrementais (e conseqüentemente naturais), o ano de 2014 foi o mais crítico em termos de armazenamento, chegando a zero nos três reservatórios. Buscou-se então aproveitar a maior parte de água armazenada em Bocaina nesse primeiro ano para o caso de Política de Defluências. A regularização promovida por uma nova usina de cabeceira e a água armazenada permitiu o aumento dos volumes úteis de zero para mais que 20% e, no caso de São Simão, para mais que 40% em 2014. Bocaina permitiu elevar os armazenamentos em outros meses do período simulado em que os volumes úteis zeraram (ou chegaram muito próximos de zero) no Caso de Referência. O ganho total ao final de 2018 foi de aproximadamente 23% para Emborcação e São Simão, e uma diminuição de

quase 2% em Itumbiara. Somando essas quantidades, o resultado é de mais de 4 mil hm³ de ganho, uma quantidade de água correspondente a um quinto do reservatório de Furnas, no Rio Grande, e a aproximadamente 75% do reservatório de São Simão.

Na Política de Nível Meta, a regularização e a água armazenada em Bocaina promoveu um aumento de aproximadamente 0% para 31,74% no final de 2014 para Emborcação, para 27,39 para Itumbiara e para 12,70% em São Simão. Emborcação e São Simão ainda tiveram outros períodos de volume úteis (quase) zero em 2015, 2017 e 2018, que foram amenizados.

No que se refere à geração de energia, ao longo de toda a cascata, o ganho médio mensal de geração foi de 214, 11 MWmed para a Política de Defluências e de 279,12 MWmed para a Política de Nível Meta. Esses valores são condizentes com os valores encontrados por Ramos (1999) e por Carvalho (2015), de 225,2 MWmed e 297 MWmed, respectivamente. Para a Política de Defluências, o maior ganho de geração se deu em Emborcação, com 12% de aumento em relação ao Caso de Referência, seguido de Itumbiara, com 6%. Para a Política de Nível Meta, o maior ganho relativo se deu em Itumbiara, com 32% de aumento, seguido de Emborcação, com 30% e Cachoeira Dourada, com 25%. Este incremento relativo foi maior e se destacou em mais usinas que o ganho relativo da Política de Defluências. Os ganhos de geração se concentraram, em ambos os casos, nos primeiros reservatórios da cascata e, em relação a sua potência instalada, em ambos os casos a maior porcentagem o aumento em Bocaina (37% de sua potência) seguido de Emborcação (2% para a Política de Defluências e 3% para Nível Meta).

O incremento energético maior se deu na Política de Nível Meta, enquanto que os ganhos de armazenamento foram maiores para a Política de Defluências. Em resumo, pode-se dizer que, na tentativa de manter as defluências do Caso de Referência, os armazenamentos aumentam com a implantação de um reservatório de cabeceira e, na tentativa de se manter os volumes finais dos reservatórios, as gerações aumentam. Observa-se então que a construção de um reservatório de cabeceira, mesmo que não muito grande, como o da UHE Bocaina, é capaz de amenizar períodos de recessão hidrológica, como foi o caso dos anos de 2014 a 2018, especialmente o ano de 2017, além de promover um incremento na produção de energia, diminuindo a necessidade de despacho térmico.

6. Conclusões e recomendações

Ao longo do trabalho foi possível levantar os impasses e as controvérsias dos empreendimentos hidrelétricos com reservatórios. A construção de barragens para reservação de água e ou controle de cheias é uma técnica milenar e intuitiva, indispensável para o avanço das sociedades. O aproveitamento hidrelétrico é também tecnologia conhecida, de domínio nacional, e as grandes obras do final do século XX permitiram a consolidação da engenharia brasileira. A construção dos grandes reservatórios do país, pertencentes ao Setor Elétrico, permitiram não só o aumento da disponibilidade hídrica e o desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa e barata, como também a expansão de infraestrutura em regiões até então pouco exploradas, alavancando o progresso nacional.

Contudo, curiosamente, apesar de todos os serviços de armazenamento e prevenção de cheias prestados pelos reservatórios, a Política Nacional de Recursos Hídricos não menciona seu papel para o sistema de gestão das águas. Se sua operação fosse dispensável, o ONS não seria figura imprescindível nas Salas de Situação da Agência Nacional de Águas. A Política Nacional de Segurança de Hídrica menciona a interface com o SEB, sem contudo propor novos passos para esta aproximação.

Atualmente, a viabilização de grandes reservatórios vem sendo dificultada, principalmente pelo histórico de má gestão dos efeitos negativos sociais e ambientais. O trabalho, contudo, permite refletir sobre as necessidades de países pobres da América Latina, Ásia e África: como essas nações conseguirão atingir um patamar de segurança hídrica (e até mesmo energética) sem infraestrutura de barragens? Essa mentalidade anti-barragens propõe (e exige) que esses Estados busquem caminhos de desenvolvimento econômico nunca antes percorridos, quando, na verdade, precisam de apoio financeiro internacional para que água e energia sejam assegurados em seus territórios. Esses países também possuem populações maiores, mais vulneráveis a episódios de estiagem e cheias e o desafio de realocar esse contingente populacional para a construção de reservatórios exige também esforços de colaboração internacional.

Do ponto de vista da segurança energética, a construção de hidrelétricas respalda a expansão das fontes intermitentes renováveis (solar e eólica) e é capaz de prestar serviços ancilares, conferindo confiabilidade e estabilidade sistêmica. A Revisão Bibliográfica permite concluir que o não investimento em usinas de regularização significa necessariamente um aumento do despacho térmico, cujo combustível contudo é caro e gera mais gases de efeito estufa.

Em termos energéticos, o combustível das hidrelétricas tem custo baixo⁹, porque, através da CFURH, paga-se pela quantidade de energia gerada com a água e não pelo volume turbinado. É válido, contudo, destacar o custo dos recursos hídricos para os demais usuários, definido no âmbito dos Comitês de Bacia e segundo o volume utilizado – de forma consuntiva ou não - ou cuja qualidade foi alterada. Esta cobrança é uma tentativa de repassar ao usuário o real valor da água, bem público limitado ao qual todos têm direito. Embora o uso da água para geração de energia em hidrelétricas seja considerado não-consuntivo, sua utilização altera o regime de vazões de um rio, além de, dependendo da região hidrográfica, o reservatório possivelmente proporcionar aumento significativo da evaporação. O pequeno custo da água em si, como combustível para o setor elétrico, fragiliza o instrumento de cobrança de seu objetivo principal, que é promover seu uso racional, respeitando os demais usuários das águas.

A regularização promovida pelos reservatórios facilita a viabilização de hidrovias, potencial imenso e sub-aproveitado no Brasil. Sem dúvida são necessários investimentos para a construção de eclusas que, na verdade, devem ser incluídas nas etapas de concepção e projeto de UHEs. Nesse ponto, recomendam-se estudos mais profundos da relação entre o aproveitamento hidrelétrico e hidroviário no país.

Além do transporte fluvial, os reservatórios propiciam o aproveitamento pesqueiro na zona intermediária e atividades turísticas e de lazer. Faltam, contudo, levantamentos de dados específicos para cada lago artificial sobre sua produtividade primária e secundária, de modo a orientar as atividades pesqueiras. Individualmente, seria ideal que cada reservatório tivesse sua ecologia avaliada antes e depois da construção do lago, para que a gestão dos ecossistemas alterados possa subsidiar a manutenção do reservatório e nortear as atividades no lago. O acompanhamento e a melhora da qualidade da água nesses ambientes lênticos dependem também de uma reforma eficiente nos sistemas de esgotamento sanitário urbanos, despejos industriais e controle da poluição difusa da agroindústria, além da recuperação de mata ciliar e proteção das cabeceiras.

Não só é importante o monitoramento das alterações ecossistêmicas, mas é preciso também encarar, solucionar e compensar o rompimento da dinâmica social das comunidades atingidas pelo lago. Bermann (2007) apresenta recomendações para as medidas mitigadoras e compensatórias e o Relatório da Comissão Mundial de Barragens (2000) propõe prioridades estratégicas para os próximos projetos de barragens, com foco na aceitação pública, na garantia do cumprimento de responsabilidades e na participação

⁹ A Tarifa Atualizada de Referência (TAR), utilizada no cálculo da Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos (CFURH), foi fixada em R\$ 79,62/MWh. O valor, aprovado pela diretoria da ANEEL, entrou em vigor a partir de 1º/1/2020 (ANEEL, 2019).

das comunidades. É importante superar a estratégia da invisibilidade, porque essas comunidades precisam ser inseridas no processo de tomada de decisão. A construção de empreendimentos hidrelétricos não pode ter em vista um desenvolvimento econômico e social nacional em detrimento das comunidades locais, que necessitam de reabilitação econômica e social e têm o direito de usufruir do progresso prometido. É necessário construir uma cultura de compromissos entre empreendedores e populações atingidas, o que reque também o desenvolvimento de um arcabouço legal no contexto “social”.

Ramos (1999) também propõe que os custos sociais, ambientais e econômicos da implantação de reservatórios sejam distribuídos entre os setores usuários que se beneficiam de seus serviços. Dessa forma, o Setor Elétrico não seria o único responsável pelo manejo dos impactos do empreendimento. Com maior participação na gestão destes custos econômicos, sociais e ambientais, é possível chegar a melhores acordos, desenvolver projetos mais eficientes e programas de indenizações e compensações mais completos. Recomenda-se que mais pesquisas sejam fomentadas com o intuito de se promover a construção de novos reservatórios de acumulação com custos distribuídos.

Em importante estudo, a EPE (2015) revisou os reservatórios de acumulação inventariados e selecionou as alternativas mais eficientes do ponto de vista energético, social e ambiental. Relatórios como esses precisam ser cíclicos e fomentar a vontade pública de se investir nos reservatórios considerados mais estratégicos para país. Uma vez selecionadas as alternativas prioritárias, é necessário que o programa de compensações e suporte às comunidades atingidas seja feito de forma consistente, assumindo uma nova postura de eficiência estratégica e social, para construir uma nova memória coletiva em relação a esses empreendimentos, tão essenciais e importantes para nossa sociedade. Os reservatórios selecionados neste estudo são os de menor complexidade e, por isso, apresentam as melhores oportunidades – dentre os outros projetos - de se construir programas de compensações mais condizentes com as expectativas sociais e ambientais.

Para o Estudo de Caso, foi selecionada a bacia do rio Paranaíba, importante sub-bacia do rio Paraná, com significativa produção de energia para o país. Nela, há conflitos de usos de recursos hídricos e expectativa de expansão de agricultura irrigada e dos centros urbanos. Nesse sentido, fazem-se necessários estudos de infraestruturas para aumento de disponibilidade hídrica, além de geração hidrelétrica. Foi então simulado o comportamento dos armazenamentos e da geração de energia na cascata até Itaipu caso a UHE Bocaina, inventariada na cabeceira do rio Paranaíba, existisse. Os resultados mostraram que, para os anos mais secos do histórico (2014-2018), os volumes úteis dos reservatórios de acumulação selecionados não teriam chegado a zero (ou próximo disso). Os 4 mil hm³ alcançados estariam disponíveis tanto para outros usuários quanto para o setor elétrico e equivalem a 20% do reservatório de Furnas ou a três quartos do reservatório

de São Simão. Também verificou-se o aumento de geração de energia de aproximadamente 214 e 280 MWmed para as Políticas de Defluência e de Nível Meta, respectivamente, o que teria diminuído a necessidade do despacho térmico. Esse ganho, quando comparado com a geração do Caso de Referência, foi mais significativo em Emborcação (12% para o primeiro caso) e em Itumbiara (32% para o segundo caso). Em termos absolutos de ganho, Itaipu apresentou o maior aumento de geração, de 146 MWmed para Política de Defluências e 136 MWmed para a Política de Nível Meta.

O *software HydroExpert* mostrou-se ferramenta compatível com as análises pretendidas, além de fácil manuseio e robusta base de dados. Contudo, se fazem necessárias a revisão, atualização e melhoria periódica dos dados característicos das UHEs, tais como: níveis operativos máximos e mínimos, polinômios de montante e de jusante, coeficientes de perdas hidráulicas, funções de produção, taxas de evaporação, usos consuntivos, dentre outros. Desse modo, é possível aproximar os resultados das simulações da realidade da usina.

Mesmo assim, é importante destacar a necessidade de estudos complementares em relação aos efeitos da UHE Bocaina na Hidrovia-Paraná, ao seu papel no controle de cheias e aos impactos socioeconômicos locais decorrentes da sua implantação. Em uma bacia com históricos conflitos fundiários como a do rio Paranaíba, é preciso cuidadosa quantificação dos efeitos positivos e negativos de um empreendimento deste porte.

Como esperado, as simulações afirmaram aumento da disponibilidade hídrica e de geração de energia decorrentes da implantação de um reservatório de acumulação no trecho de cabeceira de um rio. É urgente, pois, desmistificar o papel de vilão conferido aos nossos reservatórios, tal como investir de forma acurada e responsável nos próximos empreendimentos e trabalhar a aceitação pública, porque, além de necessários, os reservatórios são estratégicos para um país com a disponibilidade hídrica e o potencial hidráulico do Brasil.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Águas - ANA. **Canal do YouTube “anagovbr”**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/anagovbr/playlists>> Acesso em: 25/01/2020.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Gestão da Água - Cobrança**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/cobranca>> Acesso em: 19/03/2020.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Panorama das Águas - Quantidade da Água**. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>> Acesso em: 05/12/2019

Agência Nacional de Águas - ANA. **Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba - PRH Paranaíba**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2015/PRHDaBaciaHidrograficaDoRioParanaiba.pdf>> Acesso em: 21/12/2019

Agência Nacional de Água - ANA. **Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH**. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>> Acesso em: 12/01/2020

Agência Nacional de Águas – ANA. **Qualidade de Água em Reservatórios**. Unidade 1: Reservatórios Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/74/2/Unidade_1.pdf> Acesso em: 22/12/2019.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Qualidade de Água em Reservatórios**. Unidade 2: Qualidade de Água em Reservatórios. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/74/4/Unidade_2.pdf> Acesso em: 22/12/2019.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Qualidade de Água em Reservatórios**. Unidade 3: Gerenciamento da Qualidade de Água em Reservatórios. Brasília, DF, 2016c. Disponível

em: <http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/74/6/Unidade_3.pdf> Acesso em: 22/12/2019.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos 2019**. Brasília, DF, 2019c. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>> Acesso em 09/02/2020.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Resumo Executivo - PRH Paranaíba**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/prh-paranaiba/resumo-executivo>> Acesso em: 22/12/2019

Agência Nacional de Águas - ANA. **Sala de Situação**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao#>> Acesso em 23/01/2020.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Usos Múltiplos de Reservatórios**. Brasília, DF. Disponível em <https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/doc_Palestras/Usos%20Multiplos%20de%20Reservatorios.pdf> Acesso em: 22/12/2019.

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Agência fixa tarifa para cálculo de compensação financeira**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/agencia-fixa-tarifa-para-calculo-de-compensacao-financei-1/656877?inheritRedirect=false> Acesso em: 19/03/2020.

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Notícias**. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias_area/dsp_detalheNoticia.cfm?idNoticia=421&idAreaNoticia=1> Acesso em: 25/01/2020

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Caderno Temático ANEEL**. Volume 3: Energia Assegurada. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/caderno3capa.pdf>> Acesso em: 14/03/2020

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>> Acesso em: 17/03/2020.

Bermann, C. **Impasses e controvérsias da hidreletricidade**. Estudos avançados, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100011&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: 28/12/2019.

Brasil, Ministério de Minas e Energia. **Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas – Projeto BALCAR**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.cepel.br/data/pages/balcar/LivroBalcar.pdf>> Acesso em: 20/01/2020.

Brasil. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasil, 1997a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13360.htm> Acesso em: 17/03/2020

Brasil. **Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016**. Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a Lei nº 9.491, de 9 de setembro de 1997, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a Lei nº 12.767, de 27 de dezembro de 2012, a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015; e dá outras providências. Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: 15/01/2020

Brasil. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasil, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm> Acesso em 17/01/2020.

Brasil. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasil, 1997b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm> Acesso em 17/01/2020.

Brasil. **Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998**. Altera dispositivos das Leis ns. 3.890-A, de 25 de abril de 1961, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Brasil, 1998. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=972E5537223FC2D903E682E06B0A9FED.proposicoesWebExterno1?codteor=445096&filename=LeislacaoCitada+-PL+523/2007> Acesso em 17/01/2020.

Brasil. **Lei nº 9.984/200, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasil, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm> Acesso em 22/12/2019.

Brasil. **Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004**. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm> Acesso em 17/01/2020

Brasil. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Edição 2007. Brasília, DF – 2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/manual-de-inventario-hidroeletrico-de-bacias-hidrograficas>> Acesso em: 14/03/2020.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE. **Instituições**. 2020a. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona?_afLoop=394963626418570&_adf.ctrl-state=z6tve5grq_1#!%40%40%3F_afLoop%3D394963626418570%26_adf.ctrl-state%3Dz6tve5grq_5> Acesso em 28/01/2020.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE. **Quem somos**. 2020b. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/quem-somos?_adf.ctrl-state=4u974ejx7_5&_afLoop=99427976624254#!> Acesso em 13/02/2020.

Carvalho, A. R. L. **Reservatórios de regularização de usinas hidrelétricas: contribuição para uma matriz energética mais limpa.** Tese de Doutorado, COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, junho de 2015. Disponível em: <http://www.kelman.com.br/angela_livino.pdf> Acesso em 28/12/2019.

Carvalho, M. A. **Conceitos básicos para repensar a expansão do setor elétrico.** Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE. Agosto de 2014. Disponível em: <http://www.inee.org.br/down_loads/eficiencia/repensar_expansao_05_08_2014.pdf> Acesso em: 20/02/2020.

Comitê de Integração do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP. **Plano de Bacia.** 2020. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/plano-de-bacia.php>> Acesso em: 04/02/2020.

Cicogna, M. A. **Sistema de Suporte à Decisão para o Planejamento e a Programação da Operação de Sistemas de Energia Elétrica.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, dezembro de 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/260310/1/Cicogna_MarceloAugusto_D.pdf> Acesso em 05/01/2020.

Cicogna, M. A., Hidalgo, I. G., Lopes, J. E. **Simulação Multi-Critério da Operação Hidráulica de Reservatórios.** XX SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica 2009, Cigré-Brasil. Recife, PE, novembro de 2009. Disponível em: <https://hydrobyte.com.br/site/sites/default/files/public_download/Paper-2009-SNPTEE-Cicogna.pdf> Acesso em 30/12/2020.

Comissão Internacional de Grandes Barragens - CIGB/ICODL. **As Barragens e a Água do Mundo: um livro educativo que explica como as barragens ajudam a administrar a água do mundo.** 2007. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/publicacoes/dams_and_the_worlds_water_traducao.pdf> Acesso em: 14/01/2020.

Comissão Internacional de Grandes Barragens - CIGB/ICODL. **General Synthesis.** 2020 Disponível em: <https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp> Acesso em: 25/01/2020.

Comissão Mundial de Barragens - CMB. **Barragens e Desenvolvimento: um novo modelo para tomada de decisões - Um Sumário.** Novembro de 2000. Disponível em:

<https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/cmb_sumario.pdf> Acesso em: 20/01/2020.

Comitê Brasileiro de Barragens - CBDB. **A História de Barragens no Brasil - Séculos XIX, XX e XXI.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/documentos/A_Historia_das_Barragens_no_Brasil.pdf> Acesso em 23/12/2019.

Confederação Nacional de Transporte - CNT. **Aspectos gerais da navegação interior no Brasil.** Disponível em: <<https://cnt.org.br/aspectos-gerais-navegacao-brasil>> Acesso em: 09/02/2020.

Departamento Nacional de Obras Contra Secas - DNOCS. **História.** 2019. Disponível em: <<https://www2.dnocs.gov.br/historia>> Acesso em: 21/12/2019.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. **Eclusas.** 2020. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/modais-2/aquaviario/eclusas#wrapper>> Acesso em: 09/02/2020.

Eletrobrás. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobrás,** 2000

Eletrobrás. **Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro - SIPOT 2018.** Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/sipot/Potencial%20Hidrelétrico%20Brasileiro%20por%20Bacias%20-%20Dezembro%202018.pdf>> Acesso em: 21/12/2019.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **AAI dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.** Relatório Final - Sumário Executivo. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/avaliacao-ambiental-integrada-aii>> Acesso em 23/12/2019.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017.** Relatório Final. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018_Int.pdf> Acesso em: 21/12/2019.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Estudos de Planejamento da Expansão da Geração - Identificação e Classificação de Potenciais Reservatórios de**

Regularização. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/59geral14.pdf>> Acesso em 26/01/2020.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Expansão da Geração.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>> Acesso em: 20/01/2020.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Matriz Energética e Elétrica.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em 21/12/2019.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050 - Nota Técnica PR 04/18.** Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energéticos%20no%20Horizonte%202050%20\(NT%20PR%2004-18\).pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energéticos%20no%20Horizonte%202050%20(NT%20PR%2004-18).pdf)> Acesso em 26/01/2020.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Volume I - O valor dos estudos de planejamento para os mercados de energia.** Série: "O Papel da EPE". Rio de Janeiro, 2018c. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-336/topico-437/Série%20O%20Papel%20da%20EPE%20-%20Vol%201.pdf>> Acesso em: 26/02/2020.

Facuri, M. F. **A implantação de usinas hidrelétricas e o processo de licenciamento ambiental: a importância da articulação entre os setores elétrico e de meio ambiente no Brasil.** Tese de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, MG, 2004. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0030603.pdf>> Acesso em: 15/01/2020.

Falçetta, F. A. M. **Evolução da Capacidade de Regularização do Sistema Hidrelétrico Brasileiro.** Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11052016-111551/publico/FilipeAntonioMarquesFalçetta_PPGE_Corrigida_2015.pdf> Acesso em 27/06/2020.

Faria, R. C., Kniess, C. T., Maccari, E. A. **Sustentabilidade em grandes usinas hidrelétricas**. Revista de Gestão e Projetos – GeP, v.3, n.1, p. 225-251. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.revistagep.org/ojs/index.php/gep/article/view/81>> Acesso em: 20/01/2020.

Godoy, J., Moura, J. P. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para Construção de Usina Hidroelétrica**. Revista Monografias Ambientais, v.7, n. 7, p. 1527 – 1565, 2012.

Gomide, F. L. S. **Sobre Reservatórios e Segurança Hídrica**. Organização Industrial e Engenharia – GMD. 2012. Disponível em: <http://www.enercons.com.br/restrito/site-abrapch/sobre_reservatorios_e_seguranca_hidrica.pdf> Acesso em: 20/01/2020.

Goldberg, J. **O estado atual do Setor Elétrico Brasileiro**. Revista USP, n. 104, p. 37 - 44. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106751>> Acesso em: 26/01/2020.

Grey, D., Sadoff, C. **Sink or Swim? Water security for growth and development**. The International Bank for Reconstruction and Development - The World Bank 2007. Water Policy 9, p. 545–571. Junho de 2007. Disponível em: <<http://cip.management.dal.ca/publications/Water%20security%20for%20growth%20and%20development.pdf>> Acesso em 24/01/2020.

Guerreiro, A. **O Planejamento no Setor Elétrico: tendências e perspectivas no novo modelo**. Ciclo de Seminários sobre Reestruturação do Setor Elétrico. Eletrobrás. Julho de 2002. Disponível em: <<http://www.nuca.ie.ufrj.br/furnas/castrobibliografia/guerreiro.pdf>> Acesso em: 26/01/2020.

Hernandez, F. B. T. **Armazenamento - logística de transporte**. Blog Hidráulica e Irrigação. UNESP - Ilha Solteira. Ilha Solteira, SP, maio de 2018. Disponível em: <<https://irrigacao.blogspot.com/2018/05/armazenamento-logistica-de-trasporte.html>> Acesso em 13/02/2020.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama. **Consulta de Empreendimentos**. 2020. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/licenciamento/consulta_empreendimentos.php> Acesso em: 25/01/2020.

Itaipu Binacional. **10 motivos para promover hidreletricidade**. 2020. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/10-motivos-para-promover-hidreletricidade>> Acesso em: 20/01/2020.

International Hydropower Association - IHA. **A brief history of hydropower**. Disponível em: <<https://www.hydropower.org/a-brief-history-of-hydropower>> Acesso em: 15/01/2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. **Hidroviás no Brasil: perspectiva histórica, custos e institucionalidade**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2714/1/TD_1931.pdf> Acesso em 09/02/2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **IPEA DATA**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>> Acesso em: 09/02/2020.

Juiz de Fora, MG. **PATRIMÔNIO CULTURAL: Bens Tombados - Usina de Marmelos**. 2020. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta/funalfa/patrimonio/historico/usina_marmelos.php> Acesso em: 26/01/2020.

Kelman, J., Kelman R., Pereira, M. V. F. **Energia Firme de Sistemas Hidrelétricos e Usos Múltiplos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), v.9, n.1, p. 189-198. 2004 Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=33&SUMARIO=5176>> Acesso em: 20/01/2020.

Kleber. **Métodos de Otimização Multiobjetivo**. <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-19112004-165342/publico/Kleber-Cap3.pdf>> Acesso em: 14/02/2020.

Kuil, L., Carr, G., Viglione, A., Prskawetz, A., Blöschl, G. **Conceptualizing socio-hydrological drought processes: The case of the Maya collapse**. Water Resources Research, v.52, n.8, p 6222 - 6242, agosto de 2016. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015WR018298>> Acesso em: 26/12/2019.

Lopes, J. E. G., Santos, R. C. P. **Capacidade de Reservatórios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, julho de 2002. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%206/Capacidade%20de%20Reservatorios.pdf>> Acesso em: 17/01/2020

Lorenzo, H. C. **O Setor Elétrico Brasileiro: Passado e Futuro**. Revista de Ciências Sociais, Universidade Estadual Paulista, v.24/25, p. 147-170. 2001/2002. Disponível em: <<https://periodicos.fclar.unesp.br/perspectivas/article/view/406>> Acesso em: 15/01/2020.

Magalhães Júnior, C. A. O., Leite, J. C., Ortiz, A. J., Carmo, T. **Aspectos sociais na avaliação de implantação de construção de barragens em ambientes fluviais**. Revista Valore, Volta Redonda, 1 (1): 147-258, dezembro, 2016.

Mello, J. A. B. D. **AS DIMENSÕES DA OFERTA... A construção de barragens e o meio ambiente**. Revista Do Serviço Público, 43, p. 54-57. 2017. Disponível em: <<https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/1952/912>>

Naime, R. **Impactos Socioambientais de Hidrelétricas e Reservatórios nas Bacias Hidrográficas Brasileiras**. Revista Monografias Ambientais, v.9, n.9, p. 1924 – 1937, 2012.

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. **Hidroelétricas do SIN - Rede de Operação - Horizonte 2023**. 2019a. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>> Acesso em: 21/12/2019.

Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. **Histórico da Operação**. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao>> Acesso em 10/02/2020.

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. **Plano Anual de Prevenção de Cheias - Ciclo 2019-2020**. Portal SINTEGRE. 2019b. Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/sites/9/40/Produtos/264/PlanoAnualDePreven%C3%A7%C3%A3oDeCheias-Ciclo2019-2020_Minuta%201.3.pdf> Acesso em 27/12/2019.

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. **Plano da Operação Energética 2019-2023/PEN - Sumário Executivo**. 2019c. Disponível em: <http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/PEN_Executivo_2019-2023.pdf> Acesso em 28/01/2020.

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. **Procedimentos de Rede**. 2009. Disponível em:

<http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FMódulo%209%2FSubmódulo%209.3%2FSubmódulo%209.3_Rev_1.0.pdf> Acesso em: 30/11/2019

Pereira, A. A., Nascimento, G. L., Teixeira, L. C. G., Sêmola, M. **Impactos do uso múltiplo da água e dos condicionantes ambientais no aproveitamento do potencial hidrelétrico brasileiro - Estudo de caso UHE Bocaina**. CEFET/RJ. Rio de Janeiro, 2005.

PSR Consultoria e LEWE Consultora. **A Energia que Queremos: os caminhos para uma matriz sustentável**. 1ª Edição. Dezembro de 2016. Disponível em: <https://www.ecoa.org.br/wp-content/uploads/2017/05/998f41_16a988bd6cff45399bfaa6181e938ec4.pdf> Acesso em 26/12/2019.

Ramos, O. C. **Usinas com grandes reservatórios de regularização: uma proposta alternativa para melhorar a sua atratividade**. CEMIG. XV SNPTEE. Outubro de 1999. Disponível em: <<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081219102728-gpl22.pdf>> Acesso em: 07/01/2020.

Ribeiro, C. **Após quase dois anos, hidrovía do rio Tietê retoma transporte de cargas**. Globo Rural. Rios do Agro. Maio de 2016. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Rios-do-Agro/noticia/2016/05/apos-quase-dois-anos-hidrovía-do-rio-tiete-retoma-transporte-de-cargas-2.html>> Acesso em: 13/02/2020.

Roncolato, M. **Um panorama do transporte hidroviário no país. E por que não deslançou**. NEXO. Junho de 2018. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2018/05/30/Um-panorama-do-transporte-hidroviário-no-pa%C3%ADs.-E-por-que-não-deslançou>> Acesso em: 09/02/2020.

Schaeffer, R., Szklo, A. S., Lucena, A. F. P., Souza, R. R., Borba, B. S. M. C., Costa, I. V. L., Pereira Júnior, A. O., Cunha, S. H. F. **Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, junho de 2008. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA E SEGURANCA-EnERGETICA_FINAL.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA_E_SEGURANCA-EnERGETICA_FINAL.pdf)> Acesso em: 20/20/2020

Silva, L. L. **A compensação financeira das usinas hidrelétricas como instrumento econômico de desenvolvimento social, econômico e ambiental.** Agosto de 2007. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876412/Dissertacao_Ludimila.pdf/918e7d3a-e14b-463d-a0ea-d4a861decbda> Acesso em: 20/01/2020

Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2iD. **Atlas Brasileiro.** Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>> Acesso em: 13/02/2020.

Sousa, R. G. **O Povo Khmer.** História do Mundo. Disponível em <<https://www.historiadomundo.com.br/idade-media/povo-khmer.htm>> Acesso em: 15/01/2020.

Sousa, W. L. **Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens.** Rio de Janeiro, março de 2000. Disponível em: <<http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/wlemgruber.pdf>> Acesso em: 20/01/2020.

Tucci, C. E. M. **Águas Urbanas.** Estudos Avançados, v.22, n.63, p 97-112. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf>> Acesso em: 14/01/2020.

Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015.

Tucci, C. E. M. **Inundações Urbanas.** Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

U.S. Energy Information Administration - EIA. **Hydropower explained.** 2019. Disponível em: <<https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/>> Acesso em: 15/01/2020.

Veiga, E. **Seca que pode ter levado ao colapso da civilização maia provocou queda de até 70% nas chuvas.** BBC News Brasil. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-45039979>> Acesso em: 15/01/2020.

Ventura Filho, A. V. **Aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional: alternativas após o seu “esgotamento”.** Brazil Energy Frontiers, 2015. Disponível em:

<[http://www.acendebrasil.com.br/media/filemanager/AltinoVentura%20\(1\).pdf](http://www.acendebrasil.com.br/media/filemanager/AltinoVentura%20(1).pdf)> Acesso em: 21/12/2019.

Wilson, A. **Foggara irrigation and early state formation in the Libyan Sahara: the Garamantes of Fazzan.** Oxford, janeiro de 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236157680_Foggara_irrigation_early_state_formation_and_Saharan_trade_the_Garamantes_of_Fazzan> Acesso em 15/01/2020.

Yang, H., Haynes, M., Winzenread, S., Okada, K. **The History of Dams.** 1999. Disponível em: <https://watershed.ucdavis.edu/shed/lund/dams/Dam_History_Page/History.htm> Acesso em: 15/01/2020.

Apêndice I - Dados de Entrada

Vazões Incrementais

Tabela 21: Vazões incrementais para o Caso de Referência.

(m ³ /s)	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	420	820	77	683	2794	398	968	3789
fev/14	294	680	66	656	2030	406	736	2266
mar/14	399	1159	140	1417	2935	604	1028	3969
abr/14	484	1250	134	1283	2444	419	1087	4503
mai/14	251	663	73	663	1758	389	966	4438
jun/14	180	477	55	524	1582	426	912	9342
jul/14	144	414	51	503	1380	324	838	4633
ago/14	123	342	45	413	1325	317	936	3402
set/14	88	238	34	318	1145	310	833	4115
out/14	51	182	21	219	995	288	680	4987
nov/14	204	491	25	386	1600	505	628	3153
dez/14	533	1156	120	1096	3409	688	899	3591
jan/15	220	516	55	508	2248	386	991	4234
fev/15	483	892	89	895	3597	550	848	4583
mar/15	692	1425	125	1311	4313	621	917	4597
abr/15	599	1404	136	1272	3379	618	983	4150
mai/15	445	924	98	904	2808	548	1043	4653
jun/15	274	623	66	622	2212	573	913	4330
jul/15	197	472	53	510	1957	438	1017	10879
ago/15	145	339	38	360	1358	352	764	4537
set/15	141	326	34	317	2167	416	960	5085
out/15	77	238	24	249	1473	365	927	7202
nov/15	164	498	40	416	2888	471	1225	9458
dez/15	206	617	60	588	4124	642	1599	12452
jan/16	761	1658	134	1444	8237	649	1685	12770
fev/16	396	1108	123	1091	5817	515	2024	9131
mar/16	427	1417	132	1287	6479	281	1952	9824
abr/16	189	645	68	605	3428	345	1373	5540
mai/16	145	468	51	490	2997	590	1386	6652
jun/16	129	423	49	469	4308	543	1519	8442
jul/16	100	308	38	363	2291	365	1041	5494
ago/16	87	265	32	303	2013	361	898	5995
set/16	65	214	24	225	1870	452	1033	4934
out/16	74	291	31	308	1903	286	798	4859
nov/16	212	580	42	484	2752	313	791	4034
dez/16	414	936	79	755	3517	421	1064	4487
jan/17	256	837	61	768	5111	647	895	4241
fev/17	405	961	62	929	4524	711	1567	6090
mar/17	279	763	69	950	4126	651	985	4018
abr/17	170	595	60	836	3033	573	1038	4192

mai/17	151	514	51	644	3497	483	1345	5992
jun/17	103	351	33	419	2627	425	1153	8258
jul/17	77	254	25	331	1854	412	751	3672
ago/17	62	193	19	264	1719	438	875	3537
set/17	48	139	12	163	1245	399	634	2625
out/17	53	205	8	151	1393	468	706	4064
nov/17	196	564	31	435	2758	541	765	7901
dez/17	530	1222	75	1093	3698	619	1169	6104
jan/18	339	1119	136	1319	5970	684	1890	10869
fev/18	438	1145	110	1183	4099	635	1430	6738
mar/18	559	1142	143	1281	4213	581	1475	7013
abr/18	317	875	109	1049	2815	605	1288	6111
mai/18	183	531	55	676	1866	543	858	3593
jun/18	146	412	43	569	1726	539	806	3261
jul/18	110	318	34	466	1385	444	769	2523
ago/18	98	269	28	392	1531	321	756	2854
set/18	87	254	24	355	1556	366	954	3085
out/18	122	426	31	492	2420	402	1108	5915
nov/18	605	1220	74	1120	3649	404	589	4653
dez/18	521	1027	87	984	3649	435	1193	3972

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroData XP - HydroExpert.

Tabela 22: Vazões incrementais para os Casos com a UHE Bocaina.

(m³/s)	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	148	272	820	77	683	2794	398	968	3789
fev/14	104	190	680	66	656	2030	406	736	2266
mar/14	141	258	1159	140	1417	2935	604	1028	3969
abr/14	171	313	1250	134	1283	2444	419	1087	4503
mai/14	88	163	663	73	663	1758	389	966	4438
jun/14	63	117	477	55	524	1582	426	912	9342
jul/14	51	93	414	51	503	1380	324	838	4633
ago/14	43	80	342	45	413	1325	317	936	3402
set/14	31	57	238	34	318	1145	310	833	4115
out/14	18	33	182	21	219	995	288	680	4987
nov/14	72	132	491	25	386	1600	505	628	3153
dez/14	188	345	1156	120	1096	3409	688	899	3591
jan/15	78	142	516	55	508	2248	386	991	4234
fev/15	170	313	892	89	895	3597	550	848	4583
mar/15	244	448	1425	125	1311	4313	621	917	4597
abr/15	211	388	1404	136	1272	3379	618	983	4150
mai/15	157	288	924	98	904	2808	548	1043	4653
jun/15	97	177	623	66	622	2212	573	913	4330
jul/15	69	128	472	53	510	1957	438	1017	10879
ago/15	51	94	339	38	360	1358	352	764	4537

set/15	50	91	326	34	317	2167	416	960	5085
out/15	27	50	238	24	249	1473	365	927	7202
nov/15	58	106	498	40	416	2888	471	1225	9458
dez/15	73	133	617	60	588	4124	642	1599	12452
jan/16	268	493	1658	134	1444	8237	649	1685	12770
fev/16	140	256	1108	123	1091	5817	515	2024	9131
mar/16	151	276	1417	132	1287	6479	281	1952	9824
abr/16	67	122	645	68	605	3428	345	1373	5540
mai/16	51	94	468	51	490	2997	590	1386	6652
jun/16	45	84	423	49	469	4308	543	1519	8442
jul/16	35	65	308	38	363	2291	365	1041	5494
ago/16	31	56	265	32	303	2013	361	898	5995
set/16	23	42	214	24	225	1870	452	1033	4934
out/16	26	48	291	31	308	1903	286	798	4859
nov/16	75	137	580	42	484	2752	313	791	4034
dez/16	146	268	936	79	755	3517	421	1064	4487
jan/17	90	166	837	61	768	5111	647	895	4241
fev/17	143	262	961	62	929	4524	711	1567	6090
mar/17	98	181	763	69	950	4126	651	985	4018
abr/17	60	110	595	60	836	3033	573	1038	4192
mai/17	53	98	514	51	644	3497	483	1345	5992
jun/17	36	67	351	33	419	2627	425	1153	8258
jul/17	27	50	254	25	331	1854	412	751	3672
ago/17	22	40	193	19	264	1719	438	875	3537
set/17	17	31	139	12	163	1245	399	634	2625
out/17	19	34	205	8	151	1393	468	706	4064
nov/17	69	127	564	31	435	2758	541	765	7901
dez/17	187	343	1222	75	1093	3698	619	1169	6104
jan/18	120	219	1119	136	1319	5970	684	1890	10869
fev/18	154	284	1145	110	1183	4099	635	1430	6738
mar/18	197	362	1142	143	1281	4213	581	1475	7013
abr/18	112	205	875	109	1049	2815	605	1288	6111
mai/18	65	118	531	55	676	1866	543	858	3593
jun/18	51	95	412	43	569	1726	539	806	3261
jul/18	39	71	318	34	466	1385	444	769	2523
ago/18	35	63	269	28	392	1531	321	756	2854
set/18	31	56	254	24	355	1556	366	954	3085
out/18	43	79	426	31	492	2420	402	1108	5915
nov/18	213	392	1220	74	1120	3649	404	589	4653
dez/18	184	337	1027	87	984	3649	435	1193	3972

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroData XP - HydroExpert.

Usos Consuntivos

Tabela 23: Usos consuntivos para o Caso de Referência.

(m³/s)	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	0,87	3,54	0,28	6,94	75,73	1,44	7,17	24,74
fev/14	0,93	7,53	0,31	5,72	63,50	1,45	6,21	16,02
mar/14	5,25	12,04	0,35	11,03	91,61	1,44	10,15	17,64
abr/14	12,47	19,75	1,15	18,31	145,31	1,59	14,45	28,90
mai/14	9,40	20,23	2,56	26,71	114,24	1,52	9,42	23,29
jun/14	19,22	30,14	3,53	36,13	188,91	1,60	16,37	31,93
jul/14	19,77	32,51	3,62	38,11	200,98	1,63	17,36	42,87
ago/14	16,51	28,17	2,46	40,23	181,24	1,60	18,95	41,43
set/14	24,61	34,39	3,57	34,44	191,23	1,59	16,11	33,48
out/14	6,68	10,75	0,73	13,67	88,61	1,56	17,07	30,58
nov/14	0,90	5,32	0,29	5,78	142,67	1,53	7,98	30,82
dez/14	1,04	3,64	0,28	5,05	63,63	1,44	7,10	18,92
jan/15	0,88	3,59	0,28	7,09	76,87	1,46	7,23	25,16
fev/15	0,95	7,75	0,32	5,82	64,34	1,47	6,24	16,17
mar/15	5,45	12,46	0,36	11,36	93,34	1,45	10,31	17,84
abr/15	12,98	20,51	1,19	18,95	148,54	1,61	14,75	29,45
mai/15	9,78	21,00	2,66	27,72	116,65	1,54	9,56	23,67
jun/15	20,02	31,34	3,67	37,54	193,52	1,62	16,74	32,55
jul/15	20,59	33,82	3,77	39,60	205,94	1,66	17,76	43,84
ago/15	17,20	29,29	2,55	41,82	185,55	1,62	19,41	42,36
set/15	25,64	35,78	3,72	35,78	196,00	1,61	16,48	34,16
out/15	6,94	11,12	0,75	14,11	90,20	1,58	17,47	31,20
nov/15	0,91	5,45	0,29	5,88	145,60	1,54	8,08	31,41
dez/15	1,05	3,69	0,28	5,12	64,46	1,45	7,16	19,16
jan/16	0,88	3,65	0,28	7,24	78,01	1,47	7,30	25,58
fev/16	0,96	7,98	0,32	5,92	65,17	1,48	6,28	16,32
mar/16	8,44	12,88	0,36	11,69	95,06	1,47	10,48	18,04
abr/16	8,38	21,26	1,23	19,60	151,77	1,63	15,06	30,01
mai/16	8,31	21,77	2,76	28,72	119,07	1,56	9,70	24,04
jun/16	8,25	32,54	3,81	38,95	198,14	1,64	17,11	33,18
jul/16	8,19	35,12	3,91	41,10	210,90	1,68	18,17	44,81
ago/16	8,12	30,40	2,65	43,41	189,87	1,64	19,87	43,29
set/16	8,06	37,16	3,86	37,12	200,77	1,63	16,84	34,83
out/16	7,99	11,48	0,77	14,56	91,80	1,60	17,86	31,83
nov/16	7,93	5,57	0,30	5,98	148,53	1,56	8,17	32,00
dez/16	7,87	3,75	0,29	5,19	65,29	1,47	7,23	19,41
jan/17	7,80	3,70	0,29	7,39	79,15	1,49	7,37	26,00
fev/17	7,74	8,20	0,33	6,02	66,01	1,50	6,31	16,47
mar/17	7,68	13,30	0,37	12,02	96,79	1,48	10,65	18,24
abr/17	7,61	22,01	1,27	20,24	155,00	1,65	15,37	30,56
mai/17	7,55	22,55	2,87	29,73	121,48	1,58	9,84	24,42
jun/17	7,48	33,74	3,96	40,36	202,75	1,66	17,48	33,81

jul/17	7,42	36,42	4,06	42,60	215,86	1,70	18,57	45,78
ago/17	7,36	31,52	2,75	45,00	194,18	1,66	20,33	44,22
set/17	7,29	38,55	4,01	38,46	205,54	1,65	17,20	35,51
out/17	7,23	11,85	0,80	15,00	93,40	1,61	18,26	32,45
nov/17	7,17	5,70	0,30	6,08	151,46	1,58	8,26	32,59
dez/17	7,10	3,81	0,29	5,26	66,11	1,48	7,29	19,65
jan/18	7,04	3,75	0,29	7,55	80,29	1,50	7,43	26,43
fev/18	6,97	8,43	0,33	6,12	66,85	1,52	6,34	16,62
mar/18	6,91	13,72	0,38	12,35	98,52	1,50	10,81	18,44
abr/18	6,85	22,76	1,31	20,88	158,24	1,67	15,68	31,12
mai/18	6,78	23,32	2,97	30,74	123,90	1,59	9,98	24,79
jun/18	6,72	34,94	4,10	41,78	207,36	1,68	17,86	34,44
jul/18	6,66	37,72	4,21	44,10	220,82	1,72	18,98	46,75
ago/18	6,59	32,63	2,85	46,59	198,50	1,68	20,79	45,15
set/18	6,53	39,93	4,15	39,80	210,31	1,67	17,57	36,18
out/18	6,46	12,21	0,82	15,44	95,00	1,63	18,65	33,07
nov/18	6,40	5,83	0,31	6,18	154,38	1,60	8,35	33,18
dez/18	6,34	3,86	0,29	5,33	66,94	1,49	7,35	19,89

Fonte: Elaboração Própria. Dados: ONS.

Tabela 24: Usos consuntivos para os Casos com a UHE Bocaina.

(m³/s)	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	0,52	0,35	3,54	0,28	6,94	75,73	1,44	7,17	24,74
fev/14	0,56	0,37	7,53	0,31	5,72	63,50	1,45	6,21	16,02
mar/14	3,15	2,10	12,04	0,35	11,03	91,61	1,44	10,15	17,64
abr/14	7,48	4,99	19,75	1,15	18,31	145,31	1,59	14,45	28,90
mai/14	5,64	3,76	20,23	2,56	26,71	114,24	1,52	9,42	23,29
jun/14	11,53	7,69	30,14	3,53	36,13	188,91	1,60	16,37	31,93
jul/14	11,86	7,91	32,51	3,62	38,11	200,98	1,63	17,36	42,87
ago/14	9,91	6,61	28,17	2,46	40,23	181,24	1,60	18,95	41,43
set/14	14,76	9,84	34,39	3,57	34,44	191,23	1,59	16,11	33,48
out/14	4,01	2,67	10,75	0,73	13,67	88,61	1,56	17,07	30,58
nov/14	0,54	0,36	5,32	0,29	5,78	142,67	1,53	7,98	30,82
dez/14	0,62	0,41	3,64	0,28	5,05	63,63	1,44	7,10	18,92
jan/15	0,53	0,35	3,59	0,28	7,09	76,87	1,46	7,23	25,16
fev/15	0,57	0,38	7,75	0,32	5,82	64,34	1,47	6,24	16,17
mar/15	3,27	2,18	12,46	0,36	11,36	93,34	1,45	10,31	17,84
abr/15	7,79	5,19	20,51	1,19	18,95	148,54	1,61	14,75	29,45
mai/15	5,87	3,91	21,00	2,66	27,72	116,65	1,54	9,56	23,67
jun/15	12,01	8,01	31,34	3,67	37,54	193,52	1,62	16,74	32,55
jul/15	12,36	8,24	33,82	3,77	39,60	205,94	1,66	17,76	43,84
ago/15	10,32	6,88	29,29	2,55	41,82	185,55	1,62	19,41	42,36
set/15	15,38	10,26	35,78	3,72	35,78	196,00	1,61	16,48	34,16
out/15	4,17	2,78	11,12	0,75	14,11	90,20	1,58	17,47	31,20
nov/15	0,54	0,36	5,45	0,29	5,88	145,60	1,54	8,08	31,41

dez/15	0,63	0,42	3,69	0,28	5,12	64,46	1,45	7,16	19,16
jan/16	0,53	0,35	3,65	0,28	7,24	78,01	1,47	7,30	25,58
fev/16	0,57	0,38	7,98	0,32	5,92	65,17	1,48	6,28	16,32
mar/16	5,06	3,38	12,88	0,36	11,69	95,06	1,47	10,48	18,04
abr/16	5,03	3,35	21,26	1,23	19,60	151,77	1,63	15,06	30,01
mai/16	4,99	3,33	21,77	2,76	28,72	119,07	1,56	9,70	24,04
jun/16	4,95	3,30	32,54	3,81	38,95	198,14	1,64	17,11	33,18
jul/16	4,91	3,27	35,12	3,91	41,10	210,90	1,68	18,17	44,81
ago/16	4,87	3,25	30,40	2,65	43,41	189,87	1,64	19,87	43,29
set/16	4,84	3,22	37,16	3,86	37,12	200,77	1,63	16,84	34,83
out/16	4,80	3,20	11,48	0,77	14,56	91,80	1,60	17,86	31,83
nov/16	4,76	3,17	5,57	0,30	5,98	148,53	1,56	8,17	32,00
dez/16	4,72	3,15	3,75	0,29	5,19	65,29	1,47	7,23	19,41
jan/17	4,68	3,12	3,70	0,29	7,39	79,15	1,49	7,37	26,00
fev/17	4,64	3,10	8,20	0,33	6,02	66,01	1,50	6,31	16,47
mar/17	4,61	3,07	13,30	0,37	12,02	96,79	1,48	10,65	18,24
abr/17	4,57	3,04	22,01	1,27	20,24	155,00	1,65	15,37	30,56
mai/17	4,53	3,02	22,55	2,87	29,73	121,48	1,58	9,84	24,42
jun/17	4,49	2,99	33,74	3,96	40,36	202,75	1,66	17,48	33,81
jul/17	4,45	2,97	36,42	4,06	42,60	215,86	1,70	18,57	45,78
ago/17	4,41	2,94	31,52	2,75	45,00	194,18	1,66	20,33	44,22
set/17	4,38	2,92	38,55	4,01	38,46	205,54	1,65	17,20	35,51
out/17	4,34	2,89	11,85	0,80	15,00	93,40	1,61	18,26	32,45
nov/17	4,30	2,87	5,70	0,30	6,08	151,46	1,58	8,26	32,59
dez/17	4,26	2,84	3,81	0,29	5,26	66,11	1,48	7,29	19,65
jan/18	4,22	2,82	3,75	0,29	7,55	80,29	1,50	7,43	26,43
fev/18	4,18	2,79	8,43	0,33	6,12	66,85	1,52	6,34	16,62
mar/18	4,15	2,76	13,72	0,38	12,35	98,52	1,50	10,81	18,44
abr/18	4,11	2,74	22,76	1,31	20,88	158,24	1,67	15,68	31,12
mai/18	4,07	2,71	23,32	2,97	30,74	123,90	1,59	9,98	24,79
jun/18	4,03	2,69	34,94	4,10	41,78	207,36	1,68	17,86	34,44
jul/18	3,99	2,66	37,72	4,21	44,10	220,82	1,72	18,98	46,75
ago/18	3,95	2,64	32,63	2,85	46,59	198,50	1,68	20,79	45,15
set/18	3,92	2,61	39,93	4,15	39,80	210,31	1,67	17,57	36,18
out/18	3,88	2,59	12,21	0,82	15,44	95,00	1,63	18,65	33,07
nov/18	3,84	2,56	5,83	0,31	6,18	154,38	1,60	8,35	33,18
dez/18	3,80	2,53	3,86	0,29	5,33	66,94	1,49	7,35	19,89

Fonte: Elaboração Própria. Dados: ONS.

Política de Defluências

Tabela 25: Defluências para cada usina – Política de Defluências.

USINA	Bocaina		Emborcação		Itumbiara		C. Dourada		São Simão		Ilha Equivalente		Jupiá		P. Primavera		Itaipu	
	(m³/s)	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	
jan/14	100		271	0	1475	0	1516	13	2415	0	6052	0	6425	48	7248	0	11051	0
fev/14	200		337	0	2030	0	2060	252	2421	0	6028	2	6439	11	7310	0	10949	0
mar/14	200		408	0	939	0	1024	0	2320	0	5028	3	5632	0	6725	0	9896	0
abr/14	200		398	0	965	0	1034	0	2141	0	5010	0	5413	1	6343	0	10234	0
mai/14	100		347	0	778	0	812	0	1740	0	3982	0	4375	0	5194	0	9565	0
jun/14	100		249	0	623	0	654	0	1660	0	3421	0	3833	0	4583	0	12156	2330
jul/14	200		231	0	1145	0	1197	0	1509	0	3421	0	3726	0	4569	0	9642	0
ago/14	400		320	0	1245	0	1272	0	1661	0	3404	0	3723	0	4526	0	9233	0
set/14	200		544	0	1365	0	1361	1	1672	0	3683	0	3991	0	4675	0	8493	0
out/14	200		614	0	1293	0	1349	4	1697	0	3642	0	3973	0	4582	0	10383	0
nov/14	200		556	0	1256	0	1278	2	1477	0	3738	0	4232	0	5030	0	9030	0
dez/14	200		390	0	1246	0	1290	0	1684	0	3786	0	4458	11	5528	0	9244	0
jan/15	100		392	0	1272	0	1316	12	1924	0	5210	0	5571	0	6323	0	10059	0
fev/15	100		292	0	845	0	925	0	2032	0	4300	0	4863	0	5933	2	9925	0
mar/15	200		202	0	797	0	905	1	1971	0	4485	0	5120	0	6144	0	10732	0
abr/15	200		166	0	646	0	763	0	1893	0	3939	0	4547	0	5367	0	9033	0
mai/15	200		168	0	664	0	752	1	1753	0	3411	0	3942	0	4774	0	8889	0
jun/15	200		159	0	499	0	563	0	1518	0	3266	0	3856	0	4676	0	8736	0
jul/15	100		157	0	372	0	411	0	894	0	2651	0	3066	0	3988	0	12327	1581
ago/15	100		144	0	637	0	693	0	1064	0	2537	0	2887	0	3561	0	9196	0
set/15	100		222	0	1057	0	1128	0	1369	0	3092	0	3504	0	4365	0	9115	0
out/15	100		315	0	1207	0	1239	0	1567	0	4109	1	4454	0	5394	14	11097	211
nov/15	100		259	0	1114	0	1166	0	1399	104	3620	0	4122	0	5640	0	15132	3949
dez/15	100		187	0	807	0	901	0	1228	0	3395	0	4040	0	5677	18	18310	7212
jan/16	100		162	0	625	0	758	0	1259	0	3828	83	4530	0	6625	431	20315	8102
fev/16	100		165	0	366	0	466	0	1796	0	5437	394	5874	503	7495	1090	15111	2315
mar/16	100		160	0	433	0	545	0	1601	1500	6450	360	6746	371	8575	1314	18333	6596
abr/16	100		185	0	830	0	884	0	1506	0	4625	0	4958	0	6268	6	12398	310
mai/16	100		205	0	1035	0	1076	0	1426	0	4041	0	4616	0	5867	0	11818	430
jun/16	50		218	0	772	0	820	0	1384	0	4868	1132	5403	856	6920	1131	15142	3068
jul/16	50		218	0	872	0	895	0	1390	0	4693	0	5046	0	5819	0	11627	46
ago/16	50		300	0	985	0	1034	0	1810	0	4749	0	5096	0	6022	5	11627	485
set/16	50		287	0	1087	0	1092	0	1537	0	4636	79	5099	0	6128	3	11415	104
out/16	50		292	0	1242	0	1295	0	1540	0	5231	0	5520	2	6293	14	11186	93
nov/16	50		227	0	1054	0	1118	0	1580	0	4375	0	4682	0	5745	28	11191	32
dez/16	50		230	0	965	0	1049	0	1694	0	5493	0	5930	0	6773	0	11780	0
jan/17	100		248	0	994	0	1068	0	1619	0	5231	0	5898	0	7257	115	11461	0
fev/17	50		210	0	766	0	827	0	1525	0	4900	0	5566	0	6945	143	12053	0
mar/17	50		267	0	891	0	984	0	1756	0	4926	0	5580	0	6851	0	11270	0

abr/17	50		174	0	397	0	457	0	1346	0	3955	0	4534	0	5720	0	9595	0
mai/17	50		157	0	253	0	298	0	1155	0	4247	181	4722	480	5981	258	10981	931
jun/17	50		156	0	170	0	184	0	913	0	3917	0	4280	1465	5502	306	12762	2535
jul/17	50		159	0	432	0	447	0	812	0	3784	0	4211	52	4983	0	9462	0
ago/17	50		154	0	1132	0	1147	0	1328	0	4052	0	4464	19	5391	0	9146	0
set/17	50		355	0	1525	0	1533	0	1848	0	4964	0	5336	0	6045	0	9276	0
out/17	50		600	0	1403	0	1415	0	1754	0	4733	0	5217	4	5951	2	10805	0
nov/17	50		333	0	903	0	958	0	1375	0	3291	0	3875	0	5220	0	12296	60
dez/17	100		250	0	853	0	940	0	1289	0	4689	0	5294	0	6520	0	12578	223
jan/18	150		178	0	487	0	656	0	1284	0	4431	0	5109	0	7071	95	16669	3358
fev/18	200		161	0	403	0	545	0	1643	0	4254	0	4894	0	6178	0	12573	78
mar/18	150		169	0	650	0	735	0	1996	0	4771	0	5340	2	6838	0	13807	332
abr/18	100		155	0	326	0	422	0	1453	0	4080	0	4660	0	5674	0	11545	162
mai/18	100		149	0	358	0	401	0	1399	0	3748	0	4256	5	5063	5	9012	0
jun/18	50		158	0	847	0	880	0	1561	0	3825	0	4362	0	5161	11	8459	0
jul/18	50		144	0	1696	0	1757	0	2034	0	3696	0	4133	0	4617	0	7938	0
ago/18	50		225	0	1320	0	1359	0	2033	0	5001	0	5293	0	6095	0	9439	0
set/18	50		506	0	1121	0	1040	0	2062	0	3734	6	4099	76	4978	9	8309	0
out/18	50		397	0	1415	0	1325	0	1726	0	4406	0	4839	0	6126	1	11518	40
nov/18	100		242	0	794	0	886	0	1663	0	5082	0	5516	0	6552	1	12790	7
dez/18	100		193	0	496	0	590	0	1920	0	4771	0	5190	0	5942	2	10531	0

Fonte: Elaboração Própria. Dados: ONS, site institucional.

Política de Níveis Meta

Tabela 26: Defluências para cada usina após ajustes (em vermelho)- Política e Nível Meta.

USINA	Bocaina		Emborcação		Itumbiara		C. Dourada		São Simão		Ilha Equivalente		Jupia		P. Primavera		Itaipu	
	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.	Def.	Ver.
jan/14	106,3		282,3		908,8		1516,0		1620,1		6052,0		6425,0		7248,0		11051,0	
fev/14	106,3		282,3		908,8		2060,0		1620,1		6028,0		6439,0		7310,0		10949,0	
mar/14	106,3		282,3		908,8		1024,0		1620,1		5028,0		5632,0		6725,0		9896,0	
abr/14	106,3		282,3		908,8		1034,0		1620,1		5010,0		5413,0		6343,0		10234,0	
mai/14	106,3		282,3		908,8		812,0		1620,1		3982,0		4375,0		5194,0		9565,0	
jun/14	106,3		282,3		908,8		654,0		1620,1		3421,0		3833,0		4583,0		12156,0	
jul/14	106,3		282,3		908,8		1197,0		1620,1		3421,0		3726,0		4569,0		9642,0	
ago/14	106,3		282,3		908,8		1272,0		1620,1		3404,0		3723,0		4526,0		9233,0	
set/14	106,3		282,3		908,8		1361,0		1620,1		3683,0		3991,0		4675,0		8493,0	
out/14	106,3		282,3		908,8		1349,0		1620,1		3642,0		3973,0		4582,0		10383,0	
nov/14	106,3		282,3		908,8		1278,0		1620,1		3738,0		4232,0		5030,0		9030,0	
dez/14	106,3		282,3		908,8		1290,0		1620,1		3786,0		4458,0		5528,0		9244,0	
jan/15	106,3		282,3		908,8		1316,0		1620,1		5210,0		5571,0		6323,0		10059,0	
fev/15	106,3		282,3		908,8		925,0		1620,1		4300,0		4863,0		5933,0		9925,0	
mar/15	106,3		282,3		908,8		905,0		1620,1		4485,0		5120,0		6144,0		10732,0	
abr/15	106,3		282,3		908,8		763,0		1620,1		3939,0		4547,0		5367,0		9033,0	

mai/15	106,3	282,3	908,8	752,0	1620,1	3411,0	3942,0	4774,0	8889,0
jun/15	106,3	282,3	908,8	563,0	1620,1	3266,0	3856,0	4676,0	8736,0
jul/15	106,3	282,3	908,8	411,0	1620,1	2651,0	3066,0	3988,0	12327,0
ago/15	106,3	282,3	908,8	693,0	1620,1	2537,0	2887,0	3561,0	9196,0
set/15	106,3	282,3	908,8	1128,0	1620,1	3092,0	3504,0	4365,0	9115,0
out/15	106,3	282,3	908,8	1239,0	1620,1	4109,0	4454,0	5394,0	11097,0
nov/15	106,3	282,3	908,8	1166,0	1500,0	3620,0	4122,0	5640,0	15132,0
dez/15	106,3	282,3	908,8	901,0	1620,1	3395,0	4040,0	5677,0	18310,0
jan/16	106,3	282,3	908,8	758,0	1620,1	3828,0	4530,0	6625,0	20315,0
fev/16	106,3	282,3	908,8	466,0	1620,1	5437,0	5874,0	7495,0	15111,0
mar/16	106,3	282,3	908,8	545,0	1620,1	6450,0	6746,0	8575,0	18333,0
abr/16	106,3	282,3	908,8	884,0	1620,1	4625,0	4958,0	6268,0	12398,0
mai/16	106,3	282,3	908,8	1076,0	1620,1	4041,0	4616,0	5867,0	11818,0
jun/16	106,3	282,3	908,8	820,0	1620,1	4868,0	5403,0	6920,0	15142,0
jul/16	106,3	282,3	908,8	895,0	1620,1	4693,0	5046,0	5819,0	11627,0
ago/16	106,3	282,3	908,8	1034,0	1500,0	4749,0	5096,0	6022,0	11627,0
set/16	106,3	282,3	908,8	1092,0	1500,0	4636,0	5099,0	6128,0	11415,0
out/16	106,3	282,3	908,8	1295,0	1400,0	5231,0	5520,0	6293,0	11186,0
nov/16	106,3	282,3	908,8	1118,0	1500,0	4375,0	4682,0	5745,0	11191,0
dez/16	106,3	282,3	908,8	1049,0	1620,1	5493,0	5930,0	6773,0	11780,0
jan/17	106,3	282,3	908,8	1068,0	1620,1	5231,0	5898,0	7257,0	11461,0
fev/17	106,3	282,3	908,8	827,0	1620,1	4900,0	5566,0	6945,0	12053,0
mar/17	106,3	282,3	908,8	984,0	1620,1	4926,0	5580,0	6851,0	11270,0
abr/17	106,3	282,3	908,8	457,0	1620,1	3955,0	4534,0	5720,0	9595,0
mai/17	106,3	282,3	908,8	298,0	1620,1	4247,0	4722,0	5981,0	10981,0
jun/17	106,3	282,3	908,8	184,0	1620,1	3917,0	4280,0	5502,0	12762,0
jul/17	106,3	282,3	908,8	447,0	1500,0	3784,0	4211,0	4983,0	9462,0
ago/17	106,3	282,3	908,8	1147,0	1400,0	4052,0	4464,0	5391,0	9146,0
set/17	106,3	282,3	908,8	1533,0	1000,0	4964,0	5336,0	6045,0	9276,0
out/17	106,3	282,3	908,8	1415,0	1000,0	4733,0	5217,0	5951,0	10805,0
nov/17	106,3	282,3	908,8	958,0	1000,0	3291,0	3875,0	5220,0	12296,0
dez/17	106,3	282,3	908,8	940,0	1400,0	4689,0	5294,0	6520,0	12578,0
jan/18	106,3	282,3	908,8	656,0	2000,0	4431,0	5109,0	7071,0	16669,0
fev/18	106,3	282,3	908,8	545,0	2000,0	4254,0	4894,0	6178,0	12573,0
mar/18	106,3	282,3	908,8	735,0	2300,0	4771,0	5340,0	6838,0	13807,0
abr/18	106,3	282,3	908,8	422,0	2300,0	4080,0	4660,0	5674,0	11545,0
mai/18	106,3	282,3	908,8	401,0	2000,0	3748,0	4256,0	5063,0	9012,0
jun/18	106,3	282,3	908,8	880,0	1700,0	3825,0	4362,0	5161,0	8459,0
jul/18	106,3	282,3	908,8	1757,0	1700,0	3696,0	4133,0	4617,0	7938,0
ago/18	106,3	282,3	908,8	1359,0	1500,0	5001,0	5293,0	6095,0	9439,0
set/18	106,3	282,3	908,8	1040,0	1500,0	3734,0	4099,0	4978,0	8309,0
out/18	106,3	282,3	908,8	1325,0	1500,0	4406,0	4839,0	6126,0	11518,0
nov/18	106,3	282,3	908,8	886,0	1700,0	5082,0	5516,0	6552,0	12790,0
dez/18	100,0	193,0	496,0	590,0	1850,0	4771,0	5190,0	5942,0	10531,0

Fonte: HydroExpert - Política.

Apêndice II – Resultados das Simulações

Volumes Úteis

Tabela 27: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso de Referência.

Data	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu
dez/13	38,05	37,32	77,40	29,10	56,26	91,30	71,87	0,00
jan/14	41,09	29,02	100,00	19,03	28,50	97,64	80,04	0,00
fev/14	40,27	9,32	100,00	33,11	0,00	0,00	99,98	0,00
mar/14	39,94	22,66	100,00	40,81	3,35	0,00	99,98	100,00
abr/14	41,32	36,47	100,00	50,68	0,00	0,00	99,98	100,00
mai/14	39,05	41,04	100,00	37,65	0,00	0,00	99,98	12,23
jun/14	37,18	42,53	100,00	13,67	0,00	0,00	79,84	100,00
jul/14	34,87	31,13	92,53	20,52	0,00	0,00	27,09	26,86
ago/14	30,40	18,06	100,00	19,57	0,00	0,00	0,00	0,00
set/14	20,77	5,25	100,00	19,28	0,00	0,00	0,00	0,00
out/14	9,06	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/14	2,05	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/14	4,94	6,38	90,90	34,00	36,67	3,48	46,33	0,00
jan/15	1,39	0,00	19,88	28,71	3,06	9,92	60,36	73,06
fev/15	4,91	6,56	29,22	19,10	36,67	5,15	46,58	100,00
mar/15	14,83	24,24	48,66	30,18	86,85	0,00	37,87	94,61
abr/15	23,10	43,05	68,17	35,53	100,00	99,98	65,48	100,00
mai/15	28,49	51,80	75,26	28,92	100,00	99,98	99,98	100,00
jun/15	30,27	57,00	71,30	10,98	100,00	99,98	99,98	100,00
jul/15	30,56	61,80	81,84	9,85	98,43	0,00	86,49	100,00
ago/15	30,14	57,86	55,02	6,79	88,12	0,00	24,01	82,08
set/15	27,93	46,48	5,17	8,18	94,02	0,00	12,82	100,00
out/15	22,88	32,18	0,00	3,26	59,02	5,04	11,54	100,00
nov/15	20,97	24,71	0,00	10,93	73,99	0,00	0,00	75,16
dez/15	21,30	24,55	0,00	21,41	100,00	99,98	37,83	45,32
jan/16	33,57	50,21	0,54	66,53	100,00	99,98	99,98	100,00
fev/16	37,98	68,43	26,10	55,33	100,00	99,98	99,98	100,00
mar/16	43,25	92,75	49,18	65,69	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/16	43,08	92,32	62,77	63,49	100,00	99,98	99,98	21,56
mai/16	41,56	84,02	69,75	68,19	100,00	99,98	99,98	100,00
jun/16	39,51	80,76	64,45	61,17	100,00	99,98	99,98	100,00
jul/16	36,81	72,83	76,03	52,14	62,11	99,98	99,98	75,77
ago/16	32,17	63,34	50,30	26,58	27,54	99,98	95,50	100,00
set/16	27,52	50,71	66,01	14,01	0,00	0,00	81,60	40,13
out/16	22,85	36,28	37,57	16,18	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/16	22,39	30,95	11,05	16,90	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/16	25,97	35,02	3,72	21,76	0,00	0,00	0,00	0,00

jan/17	25,97	36,79	0,00	31,28	42,12	0,00	0,00	0,00
fev/17	29,44	44,50	0,56	41,00	70,79	10,75	9,36	100,00
mar/17	29,49	47,25	0,00	47,61	95,65	8,15	0,00	4,42
abr/17	29,19	54,65	0,00	43,62	100,00	25,43	0,00	14,51
mai/17	28,82	63,21	1,99	31,29	100,00	91,95	1,77	100,00
jun/17	27,51	69,76	17,64	14,29	81,62	99,98	0,00	100,00
jul/17	25,58	68,89	22,98	10,06	40,47	92,89	0,00	0,00
ago/17	23,45	51,59	22,59	11,39	3,46	97,97	0,00	0,00
set/17	17,13	29,75	20,52	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00
out/17	5,74	16,66	13,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/17	2,87	16,37	0,00	0,00	19,83	0,00	0,00	28,10
dez/17	8,45	29,46	0,00	34,88	26,27	2,88	0,00	22,55
jan/18	11,60	46,71	0,00	66,18	100,00	81,88	0,00	100,00
fev/18	16,60	64,11	0,00	68,08	100,00	99,98	81,38	100,00
mar/18	24,44	78,08	69,14	68,20	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/18	27,45	92,34	81,46	67,57	99,58	99,98	99,98	100,00
mai/18	27,91	98,77	90,60	49,86	79,78	99,98	99,98	37,50
jun/18	27,44	92,47	95,53	41,97	56,67	97,45	96,14	22,84
jul/18	26,50	65,46	55,82	48,35	40,52	96,87	99,98	0,00
ago/18	23,67	47,31	37,12	31,87	0,00	8,63	94,01	0,00
set/18	15,15	39,42	100,00	0,41	0,00	0,00	75,06	0,00
out/18	9,35	26,47	100,00	9,67	0,00	0,00	38,45	78,31
nov/18	16,42	40,22	78,16	25,40	2,09	0,00	9,61	0,00
dez/18	22,99	55,56	68,40	8,21	23,46	3,47	36,21	0,00

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Tabela 28: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso Bocaina, Política de Defluências.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu
dez/13	65,00	38,05	37,32	77,40	29,10	56,26	91,30	71,87	0,00
jan/14	66,79	40,11	28,96	100,00	19,03	28,50	97,64	80,04	0,00
fev/14	63,29	41,09	9,14	100,00	33,11	0,00	0,00	57,14	0,00
mar/14	60,71	42,03	22,33	100,00	40,81	3,35	0,00	50,84	100,00
abr/14	59,14	44,13	35,99	100,00	50,68	0,00	0,00	28,52	100,00
mai/14	58,21	41,13	41,46	100,00	37,65	0,00	0,00	0,00	84,56
jun/14	56,10	39,21	43,79	100,00	13,67	0,00	0,00	0,00	100,00
jul/14	49,56	36,74	41,00	0,00	36,94	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/14	34,94	34,04	43,23	0,00	46,68	0,00	0,00	0,00	0,00
set/14	27,74	30,91	38,91	0,00	41,96	0,00	0,00	0,00	0,00
out/14	20,31	27,40	29,61	0,00	42,97	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/14	15,36	26,03	21,89	2,83	51,41	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/14	14,78	26,91	30,55	93,73	84,85	36,67	3,48	0,00	0,00
jan/15	13,85	23,83	30,63	0,00	65,79	3,06	9,92	14,06	73,06

fev/15	16,27	26,06	37,06	9,34	56,15	36,67	5,15	0,32	100,00
mar/15	17,78	35,13	54,56	28,78	67,20	86,85	0,00	0,00	73,72
abr/15	17,79	43,33	73,16	48,29	72,47	100,00	99,98	27,68	100,00
mai/15	15,72	49,69	81,60	55,38	65,74	100,00	99,98	98,34	100,00
jun/15	11,20	53,72	86,48	51,42	47,68	100,00	99,98	99,98	100,00
jul/15	9,36	54,88	90,93	61,96	46,44	98,43	0,00	86,49	100,00
ago/15	6,90	55,63	86,66	35,14	43,28	88,12	0,00	24,01	82,08
set/15	4,27	54,70	75,00	0,00	43,96	94,02	0,00	12,82	100,00
out/15	1,15	51,22	60,58	0,00	38,81	59,02	5,04	11,54	100,00
nov/15	0,00	49,88	53,02	0,00	46,47	73,99	0,00	0,00	75,16
dez/15	0,00	50,17	52,77	0,00	56,91	100,00	99,98	37,83	45,32
jan/16	6,54	59,00	78,37	0,54	100,00	100,00	99,98	99,98	100,00
fev/16	7,95	62,65	96,45	26,10	88,78	100,00	99,98	99,98	100,00
mar/16	9,68	66,97	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/16	8,14	67,53	99,28	100,00	98,27	100,00	99,98	99,98	21,56
mai/16	5,89	67,09	90,68	100,00	100,00	100,00	99,98	99,98	100,00
jun/16	5,38	65,20	86,90	94,71	92,87	100,00	99,98	99,98	100,00
jul/16	4,48	62,87	78,37	100,00	83,98	62,11	99,98	99,98	75,77
ago/16	3,42	58,69	68,39	74,27	58,33	27,54	99,98	95,50	100,00
set/16	2,07	54,64	55,14	89,98	45,67	0,00	0,00	81,60	40,13
out/16	0,86	50,55	40,63	61,54	47,81	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/16	1,58	49,68	35,35	35,02	48,52	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/16	5,09	51,38	39,51	27,69	53,35	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/17	4,48	51,68	41,37	11,23	63,35	42,12	0,00	0,00	0,00
fev/17	7,57	53,51	49,07	11,80	73,05	70,79	10,75	9,36	100,00
mar/17	9,21	52,67	51,69	0,00	80,07	95,65	8,15	0,00	4,42
abr/17	9,31	52,24	58,78	0,00	76,02	100,00	25,43	0,00	14,51
mai/17	9,13	51,86	67,01	1,99	63,59	100,00	91,95	1,77	100,00
jun/17	8,28	50,89	73,00	17,64	46,48	81,62	99,98	0,00	100,00
jul/17	7,07	49,49	71,50	22,98	42,15	40,47	92,89	0,00	0,00
ago/17	5,67	48,00	53,68	22,59	43,38	3,46	97,97	0,00	0,00
set/17	4,11	42,40	31,18	20,52	33,88	0,00	0,00	0,00	0,00
out/17	2,63	31,72	17,99	13,87	23,88	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/17	3,14	28,55	17,74	0,00	23,80	19,87	0,00	0,00	28,10
dez/17	6,32	32,42	30,89	0,00	58,66	26,31	2,88	0,00	22,55
jan/18	4,94	36,28	48,21	0,00	89,94	100,00	82,31	0,00	100,00
fev/18	3,12	42,21	65,58	0,00	91,83	100,00	99,98	81,47	100,00
mar/18	4,74	49,15	79,40	69,14	91,92	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/18	4,95	51,99	93,34	81,46	91,24	99,58	99,98	99,98	100,00
mai/18	3,30	53,22	99,40	90,60	73,46	79,78	99,98	99,98	37,50
jun/18	3,06	52,77	92,52	95,53	65,49	56,67	97,45	96,14	22,84
jul/18	2,35	52,11	64,85	55,82	71,80	40,52	96,87	99,98	0,00
ago/18	1,49	49,63	46,13	37,12	55,24	0,00	8,63	94,01	0,00

set/18	0,49	41,53	37,55	100,00	23,71	0,00	0,00	75,06	0,00
out/18	0,00	35,94	24,48	100,00	32,95	0,00	0,00	38,45	78,31
nov/18	4,10	40,84	38,24	78,16	48,68	2,09	0,00	9,61	0,00
dez/18	7,17	45,75	53,64	68,40	31,47	23,46	3,47	36,21	0,00

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Tabela 29: Resultados dos armazenamentos (VU%) para o Caso Bocaina, Política de Nível Meta.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu
dez/13	65,00	38,05	37,32	77,40	29,10	56,26	91,30	71,87	0,00
jan/14	66,54	40,01	41,38	0,00	34,07	4,76	97,64	80,04	0,00
fev/14	66,36	40,26	42,27	0,00	34,16	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/14	67,46	41,87	53,38	28,89	73,07	0,00	0,00	0,00	10,78
abr/14	69,43	44,41	65,75	36,45	104,29	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/14	68,23	43,95	65,82	100,00	100,67	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/14	65,87	42,50	61,77	100,00	91,68	0,00	0,00	0,00	100,00
jul/14	62,97	40,52	56,22	0,00	85,21	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/14	59,84	38,31	49,26	0,00	70,11	0,00	0,00	0,00	0,00
set/14	56,13	35,65	40,21	0,00	50,79	0,00	0,00	0,00	0,00
out/14	52,33	32,63	30,34	0,00	27,08	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/14	50,90	31,74	27,39	0,00	12,70	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/14	53,95	35,17	38,62	0,00	36,59	34,76	3,48	0,00	0,00
jan/15	52,75	34,46	36,14	0,00	28,94	0,00	0,00	0,00	72,05
fev/15	54,92	36,99	41,15	79,20	37,31	22,51	0,00	0,00	100,00
mar/15	60,06	42,49	57,97	100,00	70,69	62,22	0,00	0,00	70,20
abr/15	63,55	46,52	73,51	100,00	101,76	87,34	0,63	7,27	100,00
mai/15	65,06	48,61	79,15	100,00	105,65	100,00	99,98	32,62	100,00
jun/15	63,97	48,34	78,08	100,00	101,66	100,00	99,98	51,63	100,00
jul/15	61,77	47,06	73,71	100,00	91,53	100,00	27,10	74,51	100,00
ago/15	58,94	45,13	66,62	100,00	73,44	100,00	0,00	30,85	82,08
set/15	55,93	43,13	59,33	0,00	57,97	100,00	0,00	47,06	100,00
out/15	52,47	40,45	50,64	0,00	35,83	66,58	5,04	45,81	100,00
nov/15	50,51	39,05	47,83	0,00	29,16	84,47	0,00	27,29	92,75
dez/15	49,05	38,12	47,45	80,93	22,37	100,00	99,98	99,98	91,69
jan/16	55,32	44,62	69,53	100,00	63,01	100,00	99,98	99,98	100,00
fev/16	56,46	46,14	79,05	100,00	85,34	100,00	99,98	99,98	100,00
mar/16	57,88	48,09	95,66	100,00	105,65	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/16	56,01	46,86	95,34	100,00	102,26	100,00	99,98	99,98	38,84
mai/16	53,42	44,99	91,11	0,00	95,63	100,00	99,98	99,98	100,00
jun/16	50,65	42,98	85,83	100,00	79,69	100,00	99,98	99,98	100,00
jul/16	47,43	40,51	77,89	100,00	61,73	68,98	99,98	99,98	75,77
ago/16	44,06	37,88	69,17	0,00	50,39	25,14	99,98	95,50	100,00
set/16	40,46	35,06	59,52	0,00	31,78	0,00	0,00	74,37	40,13

out/16	36,97	32,34	51,96	0,00	23,46	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/16	35,51	31,49	50,86	0,00	20,06	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/16	36,77	33,28	57,33	0,00	25,49	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/17	35,89	33,01	61,75	0,00	30,69	42,15	0,00	0,00	0,00
fev/17	36,96	34,54	68,08	100,00	38,52	73,39	10,75	9,36	100,00
mar/17	36,35	34,55	70,64	91,27	52,89	94,18	8,15	0,00	4,42
abr/17	34,26	33,11	69,30	100,00	59,66	100,00	89,38	0,00	14,51
mai/17	31,81	31,34	66,11	100,00	56,56	100,00	99,98	42,44	100,00
jun/17	28,77	29,02	59,37	100,00	41,58	100,00	99,98	41,59	100,00
jul/17	25,30	26,27	50,31	100,00	27,28	79,33	92,89	37,15	0,00
ago/17	21,65	23,33	40,08	0,00	18,27	44,39	97,97	30,95	0,00
set/17	17,90	20,32	28,92	0,00	19,59	0,00	0,00	0,00	0,00
out/17	14,18	17,32	19,53	0,00	21,89	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/17	12,54	16,29	18,09	0,00	39,08	9,03	0,00	0,00	28,10
dez/17	15,46	19,62	30,74	51,82	69,19	18,80	2,88	0,00	22,55
jan/18	15,79	20,45	41,23	100,00	84,32	100,00	99,98	19,90	100,00
fev/18	17,28	22,40	51,13	100,00	92,71	100,00	99,98	99,98	100,00
mar/18	20,59	26,13	61,84	100,00	93,36	100,00	99,98	99,98	100,00
abr/18	20,53	26,58	66,33	100,00	80,83	100,00	99,98	99,98	100,00
mai/18	18,59	25,24	63,49	100,00	61,01	98,14	99,98	99,98	37,50
jun/18	16,17	23,49	58,00	100,00	49,68	79,00	97,45	96,14	22,84
jul/18	13,23	21,19	50,29	0,00	36,55	52,83	96,87	99,98	0,00
ago/18	10,13	18,73	41,67	0,00	25,24	0,00	0,00	88,24	0,00
set/18	6,96	16,23	32,87	0,00	12,64	0,00	0,00	33,61	0,00
out/18	4,23	14,16	28,22	0,00	8,35	0,00	0,00	0,00	35,25
nov/18	8,08	18,39	40,43	100,00	22,86	3,16	0,00	0,00	0,00
dez/18	11,15	23,31	55,82	90,24	9,06	22,44	3,47	26,60	0,00

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Gerações

Tabela 30: Resultados das gerações para o Caso de Referência.

Data	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu	Média
jan/14	280,30	922,40	395,40	1563,70	2319,30	1223,70	1299,80	11403,10	19407,70
fev/14	349,20	1177,50	471,60	1572,20	2015,40	1117,70	1213,10	9315,20	17231,70
mar/14	420,80	551,70	290,80	1537,30	1841,10	961,70	1235,90	10448,30	17287,60
abr/14	411,50	602,40	295,50	1445,80	1659,00	865,30	1133,70	10980,90	17394,00
mai/14	358,80	504,70	231,50	1188,90	1228,00	681,90	909,20	10126,70	15229,80
jun/14	256,30	409,80	185,80	1107,30	1107,70	634,60	897,80	11213,00	15812,30
jul/14	236,00	731,60	319,60	998,40	977,50	558,60	867,80	10208,20	14897,60
ago/14	321,30	756,00	340,10	1098,30	1020,50	577,30	802,40	8493,60	13409,60
set/14	524,20	775,00	369,20	1104,10	955,40	546,00	675,70	8317,30	13266,70

out/14	556,10	558,90	287,80	1103,30	956,70	543,70	654,50	9060,20	13721,30
nov/14	472,80	556,20	255,40	951,80	1080,30	636,30	737,70	7770,80	12461,50
dez/14	328,60	673,90	324,00	1107,70	1423,40	796,60	842,10	8735,20	14231,30
jan/15	329,40	651,40	331,00	1282,50	1951,40	964,90	1136,80	10571,20	17218,60
fev/15	246,40	462,40	231,20	1334,10	1616,40	866,10	1078,10	10847,60	16682,30
mar/15	180,10	468,60	230,40	1298,40	1766,70	895,70	1097,70	11274,50	17212,00
abr/15	156,80	412,70	200,80	1266,10	1880,70	925,70	989,30	10034,80	15866,90
mai/15	164,40	444,30	200,70	1177,10	1797,40	993,40	1016,80	10543,80	16337,90
jun/15	158,30	342,00	152,40	1008,60	1430,00	838,80	954,70	9782,80	14667,70
jul/15	157,00	259,20	112,70	597,40	1091,50	680,50	900,50	13006,70	16805,50
ago/15	144,10	441,90	185,20	704,50	1038,90	544,30	869,30	9811,20	13739,40
set/15	220,20	711,20	280,50	895,70	1261,20	647,10	838,00	10127,80	14981,70
out/15	306,00	776,90	293,20	1015,00	1645,60	798,90	951,90	12749,20	18536,70
nov/15	247,80	689,80	274,40	913,70	1437,70	745,90	966,60	11284,20	16560,00
dez/15	178,60	495,40	209,80	819,10	1778,90	896,10	1000,30	10877,50	16255,90
jan/16	159,80	404,90	185,00	873,90	3744,10	1404,90	1512,50	11836,00	20121,30
fev/16	168,80	255,00	118,20	1252,40	2886,90	1370,20	1541,00	12438,50	20030,90
mar/16	166,80	317,30	141,90	1123,00	3069,10	1417,40	1541,00	12324,50	20101,00
abr/16	194,50	618,80	230,30	1065,20	1938,40	1018,50	1200,50	12435,00	18701,20
mai/16	214,80	761,60	280,40	1012,80	1740,80	976,60	1162,00	12177,90	18326,80
jun/16	226,70	564,10	217,20	982,90	1756,80	1002,00	1183,80	12764,20	18697,70
jul/16	224,70	627,90	236,80	977,00	1884,60	1014,30	1144,30	12041,40	18151,00
ago/16	303,80	693,00	269,20	1225,50	1834,60	1023,00	1138,70	11756,70	18244,40
set/16	285,00	741,10	281,70	1021,10	1509,20	930,10	1145,90	11764,50	17678,60
out/16	283,60	810,10	327,70	1014,50	1229,40	666,70	1030,80	11158,90	16521,60
nov/16	218,20	667,00	276,00	1041,90	1533,50	801,20	921,00	9780,30	15239,10
dez/16	222,80	610,50	254,00	1117,60	1874,70	951,00	1111,50	11465,50	17607,60
jan/17	242,20	635,20	253,80	1082,90	1961,90	994,50	1117,50	11365,40	17653,50
fev/17	207,10	500,30	201,00	1037,90	1916,20	962,10	1145,30	12638,40	18608,20
mar/17	264,90	590,30	231,20	1199,40	1980,80	970,40	1129,50	11714,50	18081,00
abr/17	173,10	270,00	113,20	933,70	1649,20	829,10	961,20	10102,20	15031,70
mai/17	156,00	176,50	75,10	797,30	1758,00	820,20	990,30	10862,80	15636,20
jun/17	154,50	121,10	47,30	621,80	1592,90	585,00	901,00	11346,90	15370,50
jul/17	156,20	308,40	114,60	545,70	1493,30	855,10	869,80	9735,70	14078,70
ago/17	149,90	777,90	282,10	874,90	1528,50	905,40	926,60	9308,00	14753,10
set/17	335,40	978,70	367,70	1186,90	1097,00	729,30	773,70	7442,40	12911,20
out/17	531,60	843,30	339,70	1019,40	1060,80	620,70	733,60	8637,20	13786,40
nov/17	283,20	532,50	230,20	886,50	1226,70	699,80	821,30	12528,30	17208,50
dez/17	215,70	519,10	223,70	859,80	1766,70	918,70	1091,30	12632,50	18227,50
jan/18	159,10	317,30	153,30	898,40	1850,70	950,30	1151,00	12622,20	18102,30
fev/18	147,90	277,60	127,10	1160,60	2304,90	1187,10	1100,90	13156,20	19462,30
mar/18	161,00	463,90	188,30	1395,20	2475,90	1265,90	1398,80	13112,80	20461,80
abr/18	151,90	241,80	115,50	1033,70	1672,80	950,80	1125,00	12248,80	17540,40

mai/18	147,20	270,90	111,10	985,60	1523,40	880,40	985,80	9610,40	14514,90
jun/18	156,10	635,10	238,50	1075,60	1520,70	894,70	997,70	9035,30	14553,70
jul/18	141,90	1206,00	445,30	1377,60	1439,50	852,40	936,50	7973,10	14372,10
ago/18	219,00	893,70	340,40	1367,20	1758,40	992,60	1150,30	9421,70	16143,20
set/18	472,80	732,90	283,40	1335,50	1238,20	679,50	955,50	8577,80	14275,60
out/18	356,90	885,40	381,80	1110,20	1483,00	793,50	1111,10	11882,70	18004,60
nov/18	219,80	505,00	239,10	1095,20	1860,00	942,50	1135,00	12086,30	18082,80
dez/18	182,90	333,60	159,50	1251,40	1774,60	904,60	1046,00	10381,70	16034,30
Média	251,00	574,40	242,50	1082,20	1670,30	878,40	1037,60	10789,20	16525,50
Desvio Padrao	107,00	231,80	89,90	220,60	511,50	207,20	191,20	1502,10	2018,30

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Tabela 31: Resultados das gerações para o Caso Bocaina, Política de Defluências.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu	Média
jan/14	57,5	279,8	922,3	388,4	1563,7	2319,3	1223,7	1299,8	11403,1	19457,5
fev/14	113,7	349,1	1176,8	381,5	1572,2	2016,1	1117,7	1299,1	10040,7	18066,8
mar/14	112,7	423,1	551,0	289,7	1537,3	1842,2	961,7	1196,6	10544,4	17458,6
abr/14	111,9	415,2	601,4	294,4	1445,8	1659,0	865,3	1123,9	11328,6	17845,6
mai/14	56,3	416,6	504,7	231,0	1188,9	1228,0	681,9	908,9	10166,7	15383,0
jun/14	56,0	310,7	410,9	185,5	1107,3	1107,7	634,6	770,7	13317,9	17901,3
jul/14	109,3	409,2	589,5	262,8	681,7	791,0	470,9	604,1	9056,8	12975,4
ago/14	144,7	602,8	524,7	203,6	697,9	778,5	463,6	614,1	7222,8	11252,7
set/14	100,4	400,1	522,9	200,8	835,0	782,4	464,2	597,4	7850,6	11753,8
out/14	96,8	394,2	635,1	243,7	832,9	774,6	457,5	571,3	8576,9	12583,1
nov/14	93,4	389,8	766,3	300,6	1022,3	1080,3	636,3	737,7	7770,8	12797,6
dez/14	91,8	484,7	761,9	323,3	1189,4	1423,4	798,5	934,0	9453,2	15460,1
jan/15	46,2	379,6	565,0	262,6	1360,2	1951,4	964,9	1082,4	10571,2	17183,6
fev/15	46,4	283,3	537,8	224,2	1405,7	1616,4	866,1	1027,4	10847,6	16854,9
mar/15	92,9	201,9	529,0	224,2	1367,6	1766,7	895,7	1030,5	11261,7	17370,1
abr/15	93,4	172,1	452,8	195,7	1330,6	1880,7	925,7	951,6	9891,5	15894,3
mai/15	92,8	178,9	480,8	196,2	1236,9	1797,4	993,4	904,5	9991,2	15872,0
jun/15	90,8	172,4	367,9	149,0	1062,5	1430,0	838,8	949,5	9756,7	14817,5
jul/15	44,9	171,7	277,6	110,3	630,5	1091,5	680,5	900,5	13006,7	16914,1
ago/15	44,2	158,0	473,1	180,8	744,1	1038,9	544,3	869,3	9811,2	13863,9
set/15	43,3	242,9	765,1	271,7	946,4	1261,2	647,1	838,0	10127,8	15143,6
out/15	42,3	341,1	844,5	289,5	1072,8	1646,0	798,9	954,0	12962,5	18951,6
nov/15	35,9	278,8	758,6	273,1	964,9	1437,7	745,9	966,6	13026,3	18487,6
dez/15	29,3	201,4	547,1	209,3	862,1	1778,9	896,1	1003,0	12472,5	17999,8
jan/16	42,5	177,3	440,2	184,7	941,7	2381,0	1403,1	1512,5	11830,6	18913,6
fev/16	43,9	184,1	272,5	118,1	1304,5	2381,0	1454,0	1541,0	12438,5	19737,4
mar/16	44,4	180,7	1038,5	369,1	745,3	2381,0	1445,7	1541,0	12199,0	19944,6
abr/16	44,5	210,2	627,3	243,5	1110,0	1938,4	1018,5	1201,5	12747,8	19141,6

mai/16	43,8	232,8	772,2	290,7	1099,4	1767,0	987,7	1172,2	12671,2	19036,9
jun/16	21,8	246,6	571,8	223,5	1020,8	2218,7	1162,9	1355,7	12945,4	19767,2
jul/16	21,7	245,1	636,2	244,1	1015,6	1884,6	1014,3	1144,3	12088,5	18294,4
ago/16	21,5	333,2	701,9	275,2	1277,9	1834,6	1023,0	1139,5	12251,8	18858,7
set/16	21,3	314,8	750,7	288,1	1068,6	1538,7	930,1	1146,4	11870,9	17929,6
out/16	21,1	316,1	821,5	334,9	1063,1	1229,4	667,0	1033,0	11254,3	16740,3
nov/16	21,0	244,2	677,7	283,5	1091,3	1533,5	801,2	925,2	9813,7	15391,3
dez/16	21,4	247,8	620,5	261,5	1169,9	1874,7	951,0	1111,5	11465,5	17723,9
jan/17	43,0	267,9	645,4	261,7	1131,9	1961,9	994,5	1133,1	11365,4	17804,7
fev/17	21,9	228,0	507,9	203,8	1082,8	1916,2	962,1	1164,5	12638,4	18725,5
mar/17	22,3	289,7	598,5	234,5	1250,3	1980,8	970,4	1129,5	11714,5	18190,5
abr/17	22,5	189,0	273,4	113,1	972,8	1649,2	829,1	961,2	10102,2	15112,4
mai/17	22,4	170,4	178,3	75,1	831,5	1832,2	910,5	1027,1	11816,3	16863,8
jun/17	22,4	169,0	122,2	47,3	650,2	1592,9	881,5	946,3	13306,5	17738,2
jul/17	22,2	171,5	310,5	114,5	572,0	1493,3	865,6	869,8	9735,7	14155,1
ago/17	22,0	165,3	782,8	280,8	918,2	1528,5	909,1	926,6	9308,0	14841,3
set/17	21,7	373,8	984,5	352,3	1248,3	1097,0	729,3	773,7	7442,4	13023,1
out/17	21,4	606,9	848,5	337,3	1171,9	1121,1	648,4	760,3	8798,4	14314,2
nov/17	21,3	330,5	536,0	229,5	923,7	1226,8	699,8	821,3	12588,5	17377,5
dez/17	43,0	249,3	522,3	223,1	890,5	1766,8	918,7	1091,3	12856,0	18561,0
jan/18	64,6	180,9	318,9	153,1	925,6	1851,3	950,6	1163,7	12622,2	18230,9
fev/18	84,4	167,0	278,7	127,0	1194,3	2304,9	1187,6	1101,0	13234,7	19679,7
mar/18	63,6	179,4	465,4	188,0	1436,1	2381,0	1266,3	1399,1	13112,5	20491,4
abr/18	43,0	167,4	242,4	115,4	1063,4	1672,8	950,8	1125,0	12414,0	17794,3
mai/18	42,8	162,1	271,4	111,0	1014,6	1523,4	881,4	986,7	9610,4	14603,8
jun/18	21,4	172,0	635,5	237,9	1108,8	1520,7	894,7	999,5	9035,3	14625,9
jul/18	21,3	156,6	1205,2	377,0	1420,8	1439,5	852,4	936,5	7973,1	14382,3
ago/18	21,2	242,7	891,5	338,3	1411,0	1758,4	992,6	1150,3	9421,7	16227,5
set/18	21,0	530,6	729,2	282,4	1384,1	1240,4	693,3	957,0	8577,8	14415,7
out/18	20,6	407,4	878,8	379,3	1153,4	1483,0	793,5	1111,3	11923,5	18150,7
nov/18	42,0	249,4	501,2	238,5	1134,0	1860,0	942,5	1135,2	12093,4	18196,1
dez/18	43,3	203,0	331,6	159,3	1296,3	1774,6	904,6	1046,3	10381,7	16140,8
Média	50,2	277,0	592,6	236,5	1095,9	1624,0	884,4	1027,9	10935,2	16723,6
Desvio Padrão	32,1	112,9	234,8	81,2	242,1	420,2	221,0	213,4	1703,3	2233,9

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Tabela 32: Resultados das gerações para o Caso Bocaina, Política de Nível Meta.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C.Dourada	São Simão	Ilha Equivalente	Jupia	P.Primavera	Itaipu	Média
jan/14	61,10	291,20	589,10	264,00	1091,80	2287,70	1223,70	1299,80	11403,10	18511,60
fev/14	61,20	292,50	594,00	233,70	1095,80	1380,20	864,40	1167,90	9406,60	15096,30
mar/14	61,30	293,50	605,50	249,90	1125,60	1627,20	880,80	1034,10	10381,10	16259,00
abr/14	61,60	295,80	626,40	258,50	1175,50	1425,70	771,50	933,20	10341,90	15890,10
mai/14	61,70	296,90	636,70	243,10	1194,30	1184,40	662,70	807,30	9421,80	14508,80
jun/14	61,30	295,90	633,40	259,60	1185,70	1093,10	628,10	764,40	13140,10	18061,60
jul/14	60,90	294,00	625,40	264,90	1175,20	1018,00	577,30	706,20	9656,90	14378,80
ago/14	60,30	291,70	614,50	228,20	1160,20	1005,60	570,40	715,80	7843,30	12489,90
set/14	59,70	288,90	599,70	225,40	1135,60	936,40	537,10	667,20	8266,10	12716,10
out/14	58,90	285,60	580,60	223,40	1103,40	928,60	530,60	641,80	8985,70	13338,50
nov/14	58,40	283,20	566,50	224,50	1072,50	1132,50	659,50	760,40	7913,00	12670,50
dez/14	58,60	284,70	575,70	245,50	1080,50	1421,70	798,50	934,00	9453,20	14852,40
jan/15	58,80	286,40	585,00	231,20	1093,70	1848,40	925,40	1073,10	10570,60	16672,50
fev/15	58,80	287,40	587,60	235,00	1094,30	1599,40	853,20	981,90	10593,70	16291,40
mar/15	59,60	292,00	608,70	271,30	1126,20	1729,60	889,50	1027,10	11259,50	17263,50
abr/15	60,40	297,20	636,60	280,80	1172,10	1576,10	810,00	941,20	9867,40	15641,70
mai/15	60,80	300,50	653,20	270,80	1308,60	1628,10	814,40	866,70	9991,20	15894,30
jun/15	60,90	301,40	656,60	262,30	1195,90	1471,50	857,20	870,50	9580,00	15256,20
jul/15	60,60	300,60	652,50	259,10	1186,30	1366,90	795,20	875,80	13006,70	18503,60
ago/15	60,10	298,90	643,70	255,50	1166,90	1131,70	607,20	867,10	9811,20	14842,40
set/15	59,50	296,80	632,10	261,40	1143,20	1457,10	719,50	855,60	10127,80	15553,10
out/15	58,90	294,30	618,50	224,00	1115,60	1657,40	798,90	988,30	12962,50	18718,50
nov/15	58,40	292,00	608,10	227,80	1016,40	1451,20	745,90	1016,00	13045,60	18461,40
dez/15	58,00	290,70	605,20	229,60	1082,40	2084,40	1011,10	1078,10	12542,40	18981,90
jan/16	58,50	293,80	624,50	274,30	1109,20	2381,00	1389,40	1541,00	11676,50	19348,20
fev/16	59,30	298,20	650,10	278,00	1155,30	2381,00	1431,60	1541,00	12464,00	20258,30
mar/16	59,50	300,00	669,30	280,10	1369,60	2381,00	1473,60	1541,00	12284,00	20358,20
abr/16	59,50	300,40	680,40	263,60	1196,30	1984,20	1037,50	1219,20	12760,30	19501,30
mai/16	59,00	298,80	677,40	265,10	1189,50	1819,00	1009,50	1192,50	12897,60	19408,40
jun/16	58,50	296,70	670,80	224,00	1174,10	2313,00	1199,10	1390,20	12907,80	20234,10
jul/16	57,90	294,20	661,40	255,20	1150,40	1891,20	1014,30	1144,30	12088,50	18557,30
ago/16	57,20	291,40	648,90	260,60	1049,70	1839,20	1023,00	1139,50	12251,80	18561,20
set/16	56,40	288,30	634,30	223,10	1028,90	1492,40	911,20	1142,50	11870,90	17648,00
out/16	55,70	285,00	619,80	225,60	945,00	1178,50	644,40	990,20	11017,60	15961,90
nov/16	55,10	282,90	612,10	228,30	1000,10	1504,60	789,30	913,30	9737,60	15123,30
dez/16	55,10	283,40	616,90	236,40	1077,40	1848,30	941,00	1101,40	11397,80	17557,80
jan/17	55,10	284,40	626,30	232,50	1086,20	1962,00	994,50	1133,10	11365,40	17739,30
fev/17	55,10	285,10	635,30	226,90	1096,60	1918,90	962,10	1164,50	12638,40	18982,90
mar/17	55,20	286,00	642,40	264,90	1113,80	1981,90	970,40	1129,50	11714,50	18158,70
abr/17	54,90	285,20	643,30	258,60	1129,50	1738,00	868,20	961,20	10102,20	16041,10
mai/17	54,30	283,30	639,80	258,80	1132,20	2019,20	1061,50	1050,10	11816,30	18315,30

jun/17	53,60	280,70	631,70	253,90	1118,80	1635,90	903,00	1000,60	13292,70	19170,90
jul/17	52,80	277,50	618,20	251,80	1019,20	1537,80	865,60	917,10	9802,60	15342,70
ago/17	51,80	273,70	600,60	257,50	938,10	1598,90	909,10	975,60	9402,40	15007,70
set/17	50,80	269,60	578,90	220,40	675,10	1336,80	825,00	953,50	8510,60	13420,70
out/17	49,60	265,30	555,50	220,40	677,00	845,50	522,50	638,10	8058,70	11832,70
nov/17	48,70	262,20	541,90	225,80	686,90	1218,40	699,80	821,30	12588,50	17093,70
dez/17	49,00	264,00	556,00	234,40	980,50	1747,20	918,70	1091,30	12856,00	18697,00
jan/18	49,50	267,10	582,10	264,80	1412,90	2022,60	1024,00	1188,40	12609,20	19420,50
fev/18	49,80	269,10	602,40	274,70	1433,10	2381,00	1263,70	1189,20	13356,80	20819,70
mar/18	50,50	273,00	621,10	282,90	1640,30	2381,00	1309,90	1496,60	13014,30	21069,60
abr/18	51,00	275,80	633,90	274,00	1628,70	2008,50	1089,90	1255,40	13162,80	20379,90
mai/18	50,70	275,20	635,30	259,80	1402,70	1537,40	881,40	986,70	9610,40	15639,60
jun/18	50,00	273,10	628,40	256,40	1180,70	1552,50	894,70	999,50	9035,30	14870,60
jul/18	49,20	270,30	617,00	260,70	1161,40	1466,50	852,40	936,50	7973,10	13587,20
ago/18	48,20	266,90	602,10	224,30	1014,00	1726,20	972,50	1147,20	9421,70	15423,10
set/18	47,10	263,30	584,80	223,00	995,70	1035,70	592,40	935,90	8577,80	13255,70
out/18	46,00	259,70	570,30	225,60	982,00	1401,30	759,40	1026,30	11894,00	17164,50
nov/18	46,20	261,40	578,60	231,30	1114,60	1861,30	942,50	1039,20	11368,90	17443,80
dez/18	44,70	184,10	333,80	162,80	1207,10	1774,70	904,60	1035,60	10381,70	16029,10
Média	55,80	283,40	612,70	246,50	1126,20	1635,80	889,70	1030,00	10924,70	16804,60
Desvio Padrão	4,90	17,70	48,20	22,20	170,90	407,00	217,10	209,60	1662,30	2352,20

Fonte: HydroExpert – Resultados.

Política de Defluências

Ganho de Armazenamento

Tabela 33: Comparação entre os resultados de armazenamento dos casos de referência e com Bocaina – Política de Defluências.

UHE	EMBOCAÇÃO					ITUMBIARA					SÃO SIMÃO				
Volume Útil (hm³)	13055,72					12454,00					5540,00				
Data	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)
dez/13	38,05	38,05	0,00	0,00	-	37,32	37,32	0,00	0,00	-	29,10	29,10	0,00	0,00	-
jan/14	41,09	40,11	-0,98	-127,95	966,01	29,02	28,96	-0,06	-7,47	1504,86	19,03	19,03	0,00	0,00	965,58
fev/14	40,27	41,09	0,82	107,06		9,32	9,14	-0,18	-22,42		33,11	33,11	0,00	0,00	
mar/14	39,94	42,03	2,09	272,86		22,66	22,33	-0,33	-41,10		40,81	40,81	0,00	0,00	
abr/14	41,32	44,13	2,81	366,87		36,47	35,99	-0,48	-59,78		50,68	50,68	0,00	0,00	
mai/14	39,05	41,13	2,08	271,56		41,04	41,46	0,42	52,31		37,65	37,65	0,00	0,00	
jun/14	37,18	39,21	2,03	265,03		42,53	43,79	1,26	156,92		13,67	13,67	0,00	0,00	
jul/14	34,87	36,74	1,87	244,14		31,13	41,00	9,87	1229,21		20,52	36,94	16,42	909,67	
ago/14	30,40	34,04	3,64	475,23		18,06	43,23	25,17	3134,67		19,57	46,68	27,11	1501,89	
set/14	20,77	30,91	10,14	1323,85		5,25	38,91	33,66	4192,02		19,28	41,96	22,68	1256,47	
out/14	9,06	27,40	18,34	2394,42		0,00	29,61	29,61	3687,63		1,79	42,97	41,18	2281,37	
nov/14	2,05	26,03	23,98	3130,76		0,00	21,89	21,89	2726,18		0,50	51,41	50,91	2820,41	
dez/14	4,94	26,91	21,97	2868,34		6,38	30,55	24,17	3010,13		34,00	84,85	50,85	2817,09	
jan/15	1,39	23,83	22,44	2929,70	0,00	30,63	30,63	3814,66	28,71	65,79	37,08	2054,23			
fev/15	4,91	26,06	21,15	2761,28	6,56	37,06	30,50	3798,47	19,10	56,15	37,05	2052,57			
mar/15	14,83	35,13	20,30	2650,31	24,24	54,56	30,32	3776,05	30,18	67,20	37,02	2050,91			
abr/15	23,10	43,33	20,23	2641,17	43,05	73,16	30,11	3749,90	35,53	72,47	36,94	2046,48			
mai/15	28,49	49,69	21,20	2767,81	51,80	81,60	29,80	3711,29	28,92	65,74	36,82	2039,83			
jun/15	30,27	53,72	23,45	3061,57	57,00	86,48	29,48	3671,44	10,98	47,68	36,70	2033,18			
jul/15	30,56	54,88	24,32	3175,15	61,80	90,93	29,13	3627,85	9,85	46,44	36,59	2027,09			
ago/15	30,14	55,63	25,49	3327,90	57,86	86,66	28,80	3586,75	6,79	43,28	36,49	2021,55			
set/15	27,93	54,70	26,77	3495,02	46,48	75,00	28,52	3551,88	8,18	43,96	35,78	1982,21			
out/15	22,88	51,22	28,34	3699,99	32,18	60,58	28,40	3536,94	3,26	38,81	35,55	1969,47			
nov/15	20,97	49,88	28,91	3774,41	24,71	53,02	28,31	3525,73	10,93	46,47	35,54	1968,92			
dez/15	21,30	50,17	28,87	3769,19	24,55	52,77	28,22	3514,52	21,41	56,91	35,50	1966,70			
jan/16	33,57	59,00	25,43	3320,07	50,21	78,37	28,16	3507,05	66,53	100,00	33,47	1854,24			
fev/16	37,98	62,65	24,67	3220,85	68,43	96,45	28,02	3489,61	55,33	88,78	33,45	1853,13			
mar/16	43,25	66,97	23,72	3096,82	92,75	100,00	7,25	902,92	65,69	100,00	34,31	1900,77			
abr/16	43,08	67,53	24,45	3192,12	92,32	99,28	6,96	866,80	63,49	98,27	34,78	1926,81			
mai/16	41,56	67,09	25,53	3333,13	84,02	90,68	6,66	829,44	68,19	100,00	31,81	1762,27			
jun/16	39,51	65,20	25,69	3354,01	80,76	86,90	6,14	764,68	61,17	92,87	31,70	1756,18			
jul/16	36,81	62,87	26,06	3402,32	72,83	78,37	5,54	689,95	52,14	83,98	31,84	1763,94			
ago/16	32,17	58,69	26,52	3462,38	63,34	68,39	5,05	628,93	26,58	58,33	31,75	1758,95			
set/16	27,52	54,64	27,12	3540,71	50,71	55,14	4,43	551,71	14,01	45,67	31,66	1753,96			
out/16	22,85	50,55	27,70	3616,43	36,28	40,63	4,35	541,75	16,18	47,81	31,63	1752,30			
nov/16	22,39	49,68	27,29	3562,91	30,95	35,35	4,40	547,98	16,90	48,52	31,62	1751,75			
dez/16	25,97	51,38	25,41	3317,46	35,02	39,51	4,49	559,18	21,76	53,35	31,59	1750,09			
jan/17	25,97	51,68	25,71	3356,63	36,79	41,37	4,58	570,39	31,28	63,35	32,07	1776,68			
fev/17	29,44	53,51	24,07	3142,51	44,50	49,07	4,57	569,15	41,00	73,05	32,05	1775,57			
mar/17	29,49	52,67	23,18	3026,32	47,25	51,69	4,44	552,96	47,61	80,07	32,46	1798,28			
abr/17	29,19	52,24	23,05	3009,34	54,65	58,78	4,13	514,35	43,62	76,02	32,40	1794,96			
mai/17	28,82	51,86	23,04	3008,04	63,21	67,01	3,80	473,25	31,29	63,59	32,30	1789,42			
jun/17	27,51	50,89	23,38	3052,43	69,76	73,00	3,24	403,51	14,29	46,48	32,19	1783,33			
jul/17	25,58	49,49	23,91	3121,62	68,89	71,50	2,61	325,05	10,06	42,15	32,09	1777,79			
ago/17	23,45	48,00	24,55	3205,18	51,59	53,68	2,09	260,29	11,39	43,38	31,99	1772,25			
set/17	17,13	42,40	25,27	3299,18	29,75	31,18	1,43	178,09	1,98	33,88	31,90	1767,26			
out/17	5,74	31,72	25,98	3391,88	16,66	17,99	1,33	165,64	0,00	23,88	23,88	1322,95			
nov/17	2,87	28,55	25,68	3352,71	16,37	17,74	1,37	170,62	0,00	23,80	23,80	1318,52			
dez/17	8,45	32,42	23,97	3129,46	29,46	30,89	1,43	178,09	34,88	58,66	23,78	1317,41			

jan/18	11,60	36,28	24,68	3222,15	3284,60	46,71	48,21	1,50	186,81	-37,15	66,18	89,94	23,76	1316,30	1301,72
fev/18	16,60	42,21	25,61	3343,57		64,11	65,58	1,47	183,07		68,08	91,83	23,75	1315,75	
mar/18	24,44	49,15	24,71	3226,07		78,08	79,40	1,32	164,39		68,20	91,92	23,72	1314,09	
abr/18	27,45	51,99	24,54	3203,87		92,34	93,34	1,00	124,54		67,57	91,24	23,67	1311,32	
mai/18	27,91	53,22	25,31	3304,40		98,77	99,40	0,63	78,46		49,86	73,46	23,60	1307,44	
jun/18	27,44	52,77	25,33	3307,01		92,47	92,52	0,05	6,23		41,97	65,49	23,52	1303,01	
jul/18	26,50	52,11	25,61	3343,57		65,46	64,85	-0,61	-75,97		48,35	71,80	23,45	1299,13	
ago/18	23,67	49,63	25,96	3389,26		47,31	46,13	-1,18	-146,96		31,87	55,24	23,37	1294,70	
set/18	15,15	41,53	26,38	3444,10		39,42	37,55	-1,87	-232,89		0,41	23,71	23,30	1290,82	
out/18	9,35	35,94	26,59	3471,52		26,47	24,48	-1,99	-247,83		9,67	32,95	23,28	1289,71	
nov/18	16,42	40,84	24,42	3188,21		40,22	38,24	-1,98	-246,59		25,40	48,68	23,28	1289,71	
dez/18	22,99	45,75	22,76	2971,48		55,56	53,64	-1,92	-239,12		8,21	31,47	23,26	1288,60	
Média dos cinco anos		21,39	2792,92		Média dos cinco anos	10,67	1328,65		Média dos cinco anos	27,98	1549,99				

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Ganho de Geração

Tabela 34: Comparação do somatório das gerações em todas as usinas nos casos de Referência e com a UHE Bocaina e seu respectivo ganho de geração - Política de Defluências.

Somatório das gerações de todas as usinas (MWmed)			
Data	Referência	Com Bocaina	Ganho
jan/14	19407,70	19457,60	49,90
fev/14	17231,90	18066,90	835,00
mar/14	17287,60	17458,70	171,10
abr/14	17394,10	17845,50	451,40
mai/14	15229,70	15383,00	153,30
jun/14	15812,30	17901,30	2089,00
jul/14	14897,70	12975,30	-1922,40
ago/14	13409,50	11252,70	-2156,80
set/14	13266,90	11753,80	-1513,10
out/14	13721,20	12583,00	-1138,20
nov/14	12461,30	12797,50	336,20
dez/14	14231,50	15460,20	1228,70
jan/15	17218,60	17183,50	-35,10
fev/15	16682,30	16854,90	172,60
mar/15	17212,10	17370,20	158,10
abr/15	15866,90	15894,10	27,20
mai/15	16337,90	15872,10	-465,80
jun/15	14667,60	14817,60	150,00
jul/15	16805,50	16914,20	108,70
ago/15	13739,40	13863,90	124,50
set/15	14981,70	15143,50	161,80
out/15	18536,70	18951,60	414,90
nov/15	16560,10	18487,80	1927,70
dez/15	16255,70	17999,70	1744,00
jan/16	20121,10	18913,60	-1207,50
fev/16	20031,00	19737,60	-293,40
mar/16	20101,00	20907,90	806,90
abr/16	18701,20	19141,70	440,50

mai/16	18326,90	19037,00	710,10
jun/16	18697,70	19767,20	1069,50
jul/16	18151,00	18294,40	143,40
ago/16	18244,50	18858,60	614,10
set/16	17678,60	17929,60	251,00
out/16	16521,70	16740,40	218,70
nov/16	15239,10	15391,30	152,20
dez/16	17607,60	17723,80	116,20
jan/17	17653,40	17804,80	151,40
fev/17	18608,30	18725,60	117,30
mar/17	18081,00	18190,50	109,50
abr/17	15031,70	15112,50	80,80
mai/17	15636,20	16863,80	1227,60
jun/17	15370,50	17738,30	2367,80
jul/17	14078,80	14155,10	76,30
ago/17	14753,30	14841,30	88,00
set/17	12911,10	13023,00	111,90
out/17	13786,30	14314,20	527,90
nov/17	17208,50	17377,40	168,90
dez/17	18227,50	18561,00	333,50
jan/18	18102,30	18230,90	128,60
fev/18	19462,30	19679,60	217,30
mar/18	20461,80	20491,40	29,60
abr/18	17540,30	17794,20	253,90
mai/18	14514,80	14603,80	89,00
jun/18	14553,70	14625,80	72,10
jul/18	14372,30	14382,40	10,10
ago/18	16143,30	16227,70	84,40
set/18	14275,60	14415,80	140,20
out/18	18004,60	18150,80	146,20
nov/18	18082,90	18196,20	113,30
dez/18	16034,30	16140,70	106,40
Média	16525,54	16739,64	214,11

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Tabela 35: Ganho de geração por usina (MWmed) em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu
jan/14	61,10	-0,50	-0,10	-7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/14	61,20	-0,10	-0,70	-90,10	0,00	0,70	0,00	86,00	725,50
mar/14	61,30	2,30	-0,70	-1,10	0,00	1,10	0,00	-39,30	96,10
abr/14	61,60	3,70	-1,00	-1,10	0,00	0,00	0,00	-9,80	347,70
mai/14	61,70	57,80	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00	-0,30	40,00
jun/14	61,30	54,40	1,10	-0,30	0,00	0,00	0,00	-127,10	2104,90
jul/14	60,90	173,20	-142,10	-56,80	-316,70	-186,50	-87,70	-263,70	-1151,40
ago/14	60,30	281,50	-231,30	-136,50	-400,40	-242,00	-113,70	-188,30	-1270,80
set/14	59,70	-124,10	-252,10	-168,40	-269,10	-173,00	-81,80	-78,30	-466,70
out/14	58,90	-161,90	76,20	-44,10	-270,40	-182,10	-86,20	-83,20	-483,30
nov/14	58,40	-83,00	210,10	45,20	70,50	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/14	58,60	156,10	88,00	-0,70	81,70	0,00	1,90	91,90	718,00
jan/15	58,80	50,20	-86,40	-68,40	77,70	0,00	0,00	-54,40	0,00
fev/15	58,80	36,90	75,40	-7,00	71,60	0,00	0,00	-50,70	0,00
mar/15	59,60	21,80	60,40	-6,20	69,20	0,00	0,00	-67,20	-12,80
abr/15	60,40	15,30	40,10	-5,10	64,50	0,00	0,00	-37,70	-143,30
mai/15	60,80	14,50	36,50	-4,50	59,80	0,00	0,00	-112,30	-552,60
jun/15	60,90	14,10	25,90	-3,40	53,90	0,00	0,00	-5,20	-26,10
jul/15	60,60	14,70	18,40	-2,40	33,10	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/15	60,10	13,90	31,20	-4,40	39,60	0,00	0,00	0,00	0,00
set/15	59,50	22,70	53,90	-8,80	50,70	0,00	0,00	0,00	0,00
out/15	58,90	35,10	67,60	-3,70	57,80	0,40	0,00	2,10	213,30
nov/15	58,40	31,00	68,80	-1,30	51,20	0,00	0,00	0,00	1742,10
dez/15	58,00	22,80	51,70	-0,50	43,00	0,00	0,00	2,70	1595,00
jan/16	58,50	17,50	35,30	-0,30	67,80	-1363,10	-1,80	0,00	-5,40
fev/16	59,30	15,30	17,50	-0,10	52,10	-505,90	83,80	0,00	0,00
mar/16	59,50	13,90	721,20	227,20	-377,70	-688,10	28,30	0,00	-125,50
abr/16	59,50	15,70	8,50	13,20	44,80	0,00	0,00	1,00	312,80
mai/16	59,00	18,00	10,60	10,30	86,60	26,20	11,10	10,20	493,30
jun/16	58,50	19,90	7,70	6,30	37,90	461,90	160,90	171,90	181,20
jul/16	57,90	20,40	8,30	7,30	38,60	0,00	0,00	0,00	47,10
ago/16	57,20	29,40	8,90	6,00	52,40	0,00	0,00	0,80	495,10
set/16	56,40	29,80	9,60	6,40	47,50	29,50	0,00	0,50	106,40
out/16	55,70	32,50	11,40	7,20	48,60	0,00	0,30	2,20	95,40
nov/16	55,10	26,00	10,70	7,50	49,40	0,00	0,00	4,20	33,40
dez/16	55,10	25,00	10,00	7,50	52,30	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/17	55,10	25,70	10,20	7,90	49,00	0,00	0,00	15,60	0,00
fev/17	55,10	20,90	7,60	2,80	44,90	0,00	0,00	19,20	0,00
mar/17	55,20	24,80	8,20	3,30	50,90	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/17	54,90	15,90	3,40	-0,10	39,10	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/17	54,30	14,40	1,80	0,00	34,20	74,20	90,30	36,80	953,50

jun/17	53,60	14,50	1,10	0,00	28,40	0,00	296,50	45,30	1959,60
jul/17	52,80	15,30	2,10	-0,10	26,30	0,00	10,50	0,00	0,00
ago/17	51,80	15,40	4,90	-1,30	43,30	0,00	3,70	0,00	0,00
set/17	50,80	38,40	5,80	-15,40	61,40	0,00	0,00	0,00	0,00
out/17	49,60	75,30	5,20	-2,40	152,50	60,30	27,70	26,70	161,20
nov/17	48,70	47,30	3,50	-0,70	37,20	0,10	0,00	0,00	60,20
dez/17	49,00	33,60	3,20	-0,60	30,70	0,10	0,00	0,00	223,50
jan/18	49,50	21,80	1,60	-0,20	27,20	0,60	0,30	12,70	0,00
fev/18	49,80	19,10	1,10	-0,10	33,70	0,00	0,50	0,10	78,50
mar/18	50,50	18,40	1,50	-0,30	40,90	-94,90	0,40	0,30	-0,30
abr/18	51,00	15,50	0,60	-0,10	29,70	0,00	0,00	0,00	165,20
mai/18	50,70	14,90	0,50	-0,10	29,00	0,00	1,00	0,90	0,00
jun/18	50,00	15,90	0,40	-0,60	33,20	0,00	0,00	1,80	0,00
jul/18	49,20	14,70	-0,80	-68,30	43,20	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/18	48,20	23,70	-2,20	-2,10	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00
set/18	47,10	57,80	-3,70	-1,00	48,60	2,20	13,80	1,50	0,00
out/18	46,00	50,50	-6,60	-2,50	43,20	0,00	0,00	0,20	40,80
nov/18	46,20	29,60	-3,80	-0,60	38,80	0,00	0,00	0,20	7,10
dez/18	44,70	20,10	-2,00	-0,20	44,90	0,00	0,00	0,30	0,00
Média (MWmed)	55,76	25,99	18,24	-6,02	13,70	-46,31	6,00	-9,71	145,98

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Tabela 36: Ganho de geração por usina (%) em relação ao Caso de Referência - Política de Defluências.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupiá	P. Primavera	Itaipu
jan/14	100,00%	-0,18%	-0,01%	-1,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
fev/14	100,00%	-0,03%	-0,06%	-19,11%	0,00%	0,03%	0,00%	7,09%	7,79%
mar/14	100,00%	0,55%	-0,13%	-0,38%	0,00%	0,06%	0,00%	-3,18%	0,92%
abr/14	100,00%	0,90%	-0,17%	-0,37%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,86%	3,17%
mai/14	100,00%	16,11%	0,00%	-0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,03%	0,39%
jun/14	100,00%	21,23%	0,27%	-0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	-14,16%	18,77%
jul/14	100,00%	73,39%	-19,42%	-17,77%	-31,72%	-19,08%	-15,70%	-30,39%	-11,28%
ago/14	100,00%	87,61%	-30,60%	-40,14%	-36,46%	-23,71%	-19,70%	-23,47%	-14,96%
set/14	100,00%	-23,67%	-32,53%	-45,61%	-24,37%	-18,11%	-14,98%	-11,59%	-5,61%
out/14	100,00%	-29,11%	13,63%	-15,32%	-24,51%	-19,03%	-15,85%	-12,71%	-5,33%
nov/14	100,00%	-17,55%	37,77%	17,70%	7,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
dez/14	100,00%	47,50%	13,06%	-0,22%	7,38%	0,00%	0,24%	10,91%	8,22%
jan/15	100,00%	15,24%	-13,26%	-20,66%	6,06%	0,00%	0,00%	-4,79%	0,00%
fev/15	100,00%	14,98%	16,31%	-3,03%	5,37%	0,00%	0,00%	-4,70%	0,00%
mar/15	100,00%	12,10%	12,89%	-2,69%	5,33%	0,00%	0,00%	-6,12%	-0,11%
abr/15	100,00%	9,76%	9,72%	-2,54%	5,09%	0,00%	0,00%	-3,81%	-1,43%
mai/15	100,00%	8,82%	8,22%	-2,24%	5,08%	0,00%	0,00%	-11,04%	-5,24%
jun/15	100,00%	8,91%	7,57%	-2,23%	5,34%	0,00%	0,00%	-0,54%	-0,27%
jul/15	100,00%	9,36%	7,10%	-2,13%	5,54%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

ago/15	100,00%	9,65%	7,06%	-2,38%	5,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
set/15	100,00%	10,31%	7,58%	-3,14%	5,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
out/15	100,00%	11,47%	8,70%	-1,26%	5,69%	0,02%	0,00%	0,22%	1,67%
nov/15	100,00%	12,51%	9,97%	-0,47%	5,60%	0,00%	0,00%	0,00%	15,44%
dez/15	100,00%	12,77%	10,44%	-0,24%	5,25%	0,00%	0,00%	0,27%	14,66%
jan/16	100,00%	10,95%	8,72%	-0,16%	7,76%	-36,41%	-0,13%	0,00%	-0,05%
fev/16	100,00%	9,06%	6,86%	-0,08%	4,16%	-17,52%	6,12%	0,00%	0,00%
mar/16	100,00%	8,33%	227,29%	160,11%	-33,63%	-22,42%	2,00%	0,00%	-1,02%
abr/16	100,00%	8,07%	1,37%	5,73%	4,21%	0,00%	0,00%	0,08%	2,52%
mai/16	100,00%	8,38%	1,39%	3,67%	8,55%	1,51%	1,14%	0,88%	4,05%
jun/16	100,00%	8,78%	1,37%	2,90%	3,86%	26,29%	16,06%	14,52%	1,42%
jul/16	100,00%	9,08%	1,32%	3,08%	3,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,39%
ago/16	100,00%	9,68%	1,28%	2,23%	4,28%	0,00%	0,00%	0,07%	4,21%
set/16	100,00%	10,46%	1,30%	2,27%	4,65%	1,95%	0,00%	0,04%	0,90%
out/16	100,00%	11,46%	1,41%	2,20%	4,79%	0,00%	0,04%	0,21%	0,85%
nov/16	100,00%	11,92%	1,60%	2,72%	4,74%	0,00%	0,00%	0,46%	0,34%
dez/16	100,00%	11,22%	1,64%	2,95%	4,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
jan/17	100,00%	10,61%	1,61%	3,11%	4,52%	0,00%	0,00%	1,40%	0,00%
fev/17	100,00%	10,09%	1,52%	1,39%	4,33%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%
mar/17	100,00%	9,36%	1,39%	1,43%	4,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
abr/17	100,00%	9,19%	1,26%	-0,09%	4,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
mai/17	100,00%	9,23%	1,02%	0,00%	4,29%	4,22%	11,01%	3,72%	8,78%
jun/17	100,00%	9,39%	0,91%	0,00%	4,57%	0,00%	50,68%	5,03%	17,27%
jul/17	100,00%	9,80%	0,68%	-0,09%	4,82%	0,00%	1,23%	0,00%	0,00%
ago/17	100,00%	10,27%	0,63%	-0,46%	4,95%	0,00%	0,41%	0,00%	0,00%
set/17	100,00%	11,45%	0,59%	-4,19%	5,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
out/17	100,00%	14,16%	0,62%	-0,71%	14,96%	5,68%	4,46%	3,64%	1,87%
nov/17	100,00%	16,70%	0,66%	-0,30%	4,20%	0,01%	0,00%	0,00%	0,48%
dez/17	100,00%	15,58%	0,62%	-0,27%	3,57%	0,01%	0,00%	0,00%	1,77%
jan/18	100,00%	13,70%	0,50%	-0,13%	3,03%	0,03%	0,03%	1,10%	0,00%
fev/18	100,00%	12,91%	0,40%	-0,08%	2,90%	0,00%	0,04%	0,01%	0,60%
mar/18	100,00%	11,43%	0,32%	-0,16%	2,93%	-3,83%	0,03%	0,02%	0,00%
abr/18	100,00%	10,20%	0,25%	-0,09%	2,87%	0,00%	0,00%	0,00%	1,35%
mai/18	100,00%	10,12%	0,18%	-0,09%	2,94%	0,00%	0,11%	0,09%	0,00%
jun/18	100,00%	10,19%	0,06%	-0,25%	3,09%	0,00%	0,00%	0,18%	0,00%
jul/18	100,00%	10,36%	-0,07%	-15,34%	3,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ago/18	100,00%	10,82%	-0,25%	-0,62%	3,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
set/18	100,00%	12,23%	-0,50%	-0,35%	3,64%	0,18%	2,03%	0,16%	0,00%
out/18	100,00%	14,15%	-0,75%	-0,65%	3,89%	0,00%	0,00%	0,02%	0,34%
nov/18	100,00%	13,47%	-0,75%	-0,25%	3,54%	0,00%	0,00%	0,02%	0,06%
dez/18	100,00%	10,99%	-0,60%	-0,13%	3,59%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Política de Nível Meta

Ganho de Armazenamento

Tabela 37: Comparação entre os resultados de armazenamento dos casos de referência e com Bocaina – Política de Nível Meta.

UHE	EMBORCAÇÃO					ITUMBIARA					SÃO SIMÃO				
Volume Útil (hm³)	13055,72					12454,00					5540,00				
Data	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)	Referência (VU%)	Com Bocaina (VU%)	Ganho (VU%)	Volume (hm³)	Média Anual (hm³)
dez/13	38,05	38,05	0,00	0,00	-	37,32	37,32	0,00	0,00	-	29,10	29,10	0,00	0,00	-
jan/14	41,09	40,01	-1,08	-141,00	1371,72	29,02	41,38	12,36	1539,31	3430,56	19,03	34,07	15,04	833,22	1984,29
fev/14	40,27	40,26	-0,01	-1,31		9,32	42,27	32,95	4103,59		33,11	34,16	1,05	58,17	
mar/14	39,94	41,87	1,93	251,98		22,66	53,38	30,72	3825,87		40,81	73,07	32,26	1787,20	
abr/14	41,32	44,41	3,09	403,42		36,47	65,75	29,28	3646,53		50,68	104,29	53,61	2969,99	
mai/14	39,05	43,95	4,90	639,73		41,04	65,82	24,78	3086,10		37,65	100,67	63,02	3491,31	
jun/14	37,18	42,50	5,32	694,56		42,53	61,77	19,24	2396,15		13,67	91,68	78,01	4321,75	
jul/14	34,87	40,52	5,65	737,65		31,13	56,22	25,09	3124,71		20,52	85,21	64,69	3583,83	
ago/14	30,40	38,31	7,91	1032,71		18,06	49,26	31,20	3885,65		19,57	70,11	50,54	2799,92	
set/14	20,77	35,65	14,88	1942,69		5,25	40,21	34,96	4353,92		19,28	50,79	31,51	1745,65	
out/14	9,06	32,63	23,57	3077,23		0,00	30,34	30,34	3778,54		1,79	27,08	25,29	1401,07	
nov/14	2,05	31,74	29,69	3876,24		0,00	27,39	27,39	3411,15		0,50	12,70	12,20	675,88	
dez/14	4,94	35,17	30,23	3946,74		6,38	38,62	32,24	4015,17		34,00	36,59	2,59	143,49	
jan/15	1,39	34,46	33,07	4317,53	0,00	36,14	36,14	4500,88	28,71	28,94	0,23	12,74			
fev/15	4,91	36,99	32,08	4188,27	6,56	41,15	34,59	4307,84	19,10	37,31	18,21	1008,83			
mar/15	14,83	42,49	27,66	3611,21	24,24	57,97	33,73	4200,73	30,18	70,69	40,51	2244,25			
abr/15	23,10	46,52	23,42	3057,65	43,05	73,51	30,46	3793,49	35,53	101,76	66,23	3669,14			
mai/15	28,49	48,61	20,12	2626,81	51,80	79,15	27,35	3406,17	28,92	105,65	76,73	4250,84			
jun/15	30,27	48,34	18,07	2359,17	57,00	78,08	21,08	2625,30	10,98	101,66	90,68	5023,67			
jul/15	30,56	47,06	16,50	2154,19	61,80	73,71	11,91	1483,27	2919,94	9,85	91,53	81,68	4525,07		
ago/15	30,14	45,13	14,99	1957,05	57,86	66,62	8,76	1090,97	6,79	73,44	66,65	3692,41			
set/15	27,93	43,13	15,20	1984,47	46,48	59,33	12,85	1600,34	8,18	57,97	49,79	2758,37			
out/15	22,88	40,45	17,57	2293,89	32,18	50,64	18,46	2299,01	3,26	35,83	32,57	1804,38			
nov/15	20,97	39,05	18,08	2360,47	24,71	47,83	23,12	2879,36	10,93	29,16	18,23	1009,94			
dez/15	21,30	38,12	16,82	2195,97	24,55	47,45	22,90	2851,97	21,41	22,37	0,96	53,18			
jan/16	33,57	44,62	11,05	1442,66	50,21	69,53	19,32	2406,11	66,53	63,01	-3,52	-195,01			
fev/16	37,98	46,14	8,16	1065,35	68,43	79,05	10,62	1322,61	55,33	85,34	30,01	1662,55			
mar/16	43,25	48,09	4,84	631,90	92,75	95,66	2,91	362,41	65,69	105,65	39,96	2213,78			
abr/16	43,08	46,86	3,78	493,51	92,32	95,34	3,02	376,11	63,49	102,26	38,77	2147,86			
mai/16	41,56	44,99	3,43	447,81	84,02	91,11	7,09	882,99	68,19	95,63	27,44	1520,18			
jun/16	39,51	42,98	3,47	453,03	80,76	85,83	5,07	631,42	61,17	79,69	18,52	1026,01			
jul/16	36,81	40,51	3,70	483,06	72,83	77,89	5,06	630,17	52,14	61,73	9,59	531,29			
ago/16	32,17	37,88	5,71	745,48	63,34	69,17	5,83	726,07	26,58	50,39	23,81	1319,07			
set/16	27,52	35,06	7,54	984,40	50,71	59,52	8,81	1097,20	14,01	31,78	17,77	984,46			
out/16	22,85	32,34	9,49	1238,99	36,28	51,96	15,68	1952,79	16,18	23,46	7,28	403,31			
nov/16	22,39	31,49	9,10	1188,07	30,95	50,86	19,91	2479,59	16,90	20,06	3,16	175,06			
dez/16	25,97	33,28	7,31	954,37	35,02	57,33	22,31	2778,49	21,76	25,49	3,73	206,64			
jan/17	25,97	33,01	7,04	919,12	36,79	61,75	24,96	3108,52	31,28	30,69	-0,59	-32,69			
fev/17	29,44	34,54	5,10	665,84	44,50	68,08	23,58	2936,65	41,00	38,52	-2,48	-137,39			
mar/17	29,49	34,55	5,06	660,62	47,25	70,64	23,39	2912,99	47,61	52,89	5,28	292,51			
abr/17	29,19	33,11	3,92	511,78	54,65	69,30	14,65	1824,51	43,62	59,66	16,04	888,62			
mai/17	28,82	31,34	2,52	329,00	63,21	66,11	2,90	361,17	31,29	56,56	25,27	1399,96			
jun/17	27,51	29,02	1,51	197,14	69,76	59,37	-10,39	-1293,97	14,29	41,58	27,29	1511,87			
jul/17	25,58	26,27	0,69	90,08	68,89	50,31	-18,58	-2313,95	10,06	27,28	17,22	953,99			
ago/17	23,45	23,33	-0,12	-15,67	51,59	40,08	-11,51	-1433,46	11,39	18,27	6,88	381,15			
set/17	17,13	20,32	3,19	416,48	29,75	28,92	-0,83	-103,37	1,98	19,59	17,61	975,59			
out/17	5,74	17,32	11,58	1511,85	16,66	19,53	2,87	357,43	0,00	21,89	21,89	1212,71			
nov/17	2,87	16,29	13,42	1752,08	16,37	18,09	1,72	214,21	0,00	39,08	39,08	2165,03			
dez/17	8,45	19,62	11,17	1458,32	29,46	30,74	1,28	159,41	34,88	69,19	34,31	1900,77			

jan/18	11,60	20,45	8,85	1155,43	73,76	46,71	41,23	-5,48	-682,48	-1614,87	66,18	84,32	18,14	1004,96	419,38
fev/18	16,60	22,40	5,80	757,23		64,11	51,13	-12,98	-1616,53		68,08	92,71	24,63	1364,50	
mar/18	24,44	26,13	1,69	220,64		78,08	61,84	-16,24	-2022,53		68,20	93,36	25,16	1393,86	
abr/18	27,45	26,58	-0,87	-113,58		92,34	66,33	-26,01	-3239,29		67,57	80,83	13,26	734,60	
mai/18	27,91	25,24	-2,67	-348,59		98,77	63,49	-35,28	-4393,77		49,86	61,01	11,15	617,71	
jun/18	27,44	23,49	-3,95	-515,70		92,47	58,00	-34,47	-4292,89		41,97	49,68	7,71	427,13	
jul/18	26,50	21,19	-5,31	-693,26		65,46	50,29	-15,17	-1889,27		48,35	36,55	-11,80	-653,72	
ago/18	23,67	18,73	-4,94	-644,95		47,31	41,67	-5,64	-702,41		31,87	25,24	-6,63	-367,30	
set/18	15,15	16,23	1,08	141,00		39,42	32,87	-6,55	-815,74		0,41	12,64	12,23	677,54	
out/18	9,35	14,16	4,81	627,98		26,47	28,22	1,75	217,95		9,67	8,35	-1,32	-73,13	
nov/18	16,42	18,39	1,97	257,20		40,22	40,43	0,21	26,15		25,40	22,86	-2,54	-140,72	
dez/18	22,99	23,31	0,32	41,78		55,56	55,82	0,26	32,38		8,21	9,06	0,85	47,09	
	Média dos cinco anos	8,82	1151,30		Média dos cinco anos	10,60	1320,06		Média dos cinco anos	24,79	1373,40				

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Ganho de Geração

Tabela 38: Comparação do somatório das gerações em todas as usinas nos casos de Referência e com a UHE Bocaina e seu respectivo ganho de geração – Política de Nível Meta.

Somatório das gerações de todas as usinas (MWmed)			
Data	Referência	Com Bocaina	Ganho
jan/14	19407,70	18511,50	-896,20
fev/14	17231,90	15096,30	-2135,60
mar/14	17287,60	16259,00	-1028,60
abr/14	17394,10	15890,10	-1504,00
mai/14	15229,70	14508,90	-720,80
jun/14	15812,30	18061,60	2249,30
jul/14	14897,70	14378,80	-518,90
ago/14	13409,50	12490,00	-919,50
set/14	13266,90	12716,10	-550,80
out/14	13721,20	13338,60	-382,60
nov/14	12461,30	12670,50	209,20
dez/14	14231,50	14852,40	620,90
jan/15	17218,60	16672,60	-546,00
fev/15	16682,30	16291,30	-391,00
mar/15	17212,10	17263,50	51,40
abr/15	15866,90	15641,80	-225,10
mai/15	16337,90	15894,30	-443,60
jun/15	14667,60	15256,30	588,70
jul/15	16805,50	18503,70	1698,20
ago/15	13739,40	14842,30	1102,90
set/15	14981,70	15553,00	571,30
out/15	18536,70	18718,40	181,70
nov/15	16560,10	18461,40	1901,30
dez/15	16255,70	18981,90	2726,20
jan/16	20121,10	19348,20	-772,90
fev/16	20031,00	20258,50	227,50
mar/16	20101,00	20358,10	257,10
abr/16	18701,20	19501,40	800,20

mai/16	18326,90	19408,40	1081,50
jun/16	18697,70	20234,20	1536,50
jul/16	18151,00	18557,40	406,40
ago/16	18244,50	18561,30	316,80
set/16	17678,60	17648,00	-30,60
out/16	16521,70	15961,80	-559,90
nov/16	15239,10	15123,30	-115,80
dez/16	17607,60	17557,70	-49,90
jan/17	17653,40	17739,50	86,10
fev/17	18608,30	18982,90	374,60
mar/17	18081,00	18158,60	77,60
abr/17	15031,70	16041,10	1009,40
mai/17	15636,20	18315,50	2679,30
jun/17	15370,50	19170,90	3800,40
jul/17	14078,80	15342,60	1263,80
ago/17	14753,30	15007,70	254,40
set/17	12911,10	13420,70	509,60
out/17	13786,30	11832,60	-1953,70
nov/17	17208,50	17093,50	-115,00
dez/17	18227,50	18697,10	469,60
jan/18	18102,30	19420,60	1318,30
fev/18	19462,30	20819,80	1357,50
mar/18	20461,80	21069,60	607,80
abr/18	17540,30	20380,00	2839,70
mai/18	14514,80	15639,60	1124,80
jun/18	14553,70	14870,60	316,90
jul/18	14372,30	13587,10	-785,20
ago/18	16143,30	15423,10	-720,20
set/18	14275,60	13255,70	-1019,90
out/18	18004,60	17164,60	-840,00
nov/18	18082,90	17444,00	-638,90
dez/18	16034,30	16029,10	-5,20
Média	16525,54	16804,65	279,12

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Tabela 39: Ganho de geração por usina (MWmed) em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	61,10	10,90	-333,30	-131,40	-471,90	-31,60	0,00	0,00	0,00
fev/14	61,20	-56,70	-583,50	-237,90	-476,40	-635,20	-253,30	-45,20	91,40
mar/14	61,30	-127,30	53,80	-40,90	-411,70	-213,90	-80,90	-201,80	-67,20
abr/14	61,60	-115,70	24,00	-37,00	-270,30	-233,30	-93,80	-200,50	-639,00
mai/14	61,70	-61,90	132,00	11,60	5,40	-43,60	-19,20	-101,90	-704,90
jun/14	61,30	39,60	223,60	73,80	78,40	-14,60	-6,50	-133,40	1927,10
jul/14	60,90	58,00	-106,20	-54,70	176,80	40,50	18,70	-161,60	-551,30
ago/14	60,30	-29,60	-141,50	-111,90	61,90	-14,90	-6,90	-86,60	-650,30
set/14	59,70	-235,30	-175,30	-143,80	31,50	-19,00	-8,90	-8,50	-51,20
out/14	58,90	-270,50	21,70	-64,40	0,10	-28,10	-13,10	-12,70	-74,50
nov/14	58,40	-189,60	10,30	-30,90	120,70	52,20	23,20	22,70	142,20
dez/14	58,60	-43,90	-98,20	-78,50	-27,20	-1,70	1,90	91,90	718,00
jan/15	58,80	-43,00	-66,40	-99,80	-188,80	-103,00	-39,50	-63,70	-0,60
fev/15	58,80	41,00	125,20	3,80	-239,80	-17,00	-12,90	-96,20	-253,90
mar/15	59,60	111,90	140,10	40,90	-172,20	-37,10	-6,20	-70,60	-15,00
abr/15	60,40	140,40	223,90	80,00	-94,00	-304,60	-115,70	-48,10	-167,40
mai/15	60,80	136,10	208,90	70,10	131,50	-169,30	-179,00	-150,10	-552,60
jun/15	60,90	143,10	314,60	109,90	187,30	41,50	18,40	-84,20	-202,80
jul/15	60,60	143,60	393,30	146,40	588,90	275,40	114,70	-24,70	0,00
ago/15	60,10	154,80	201,80	70,30	462,40	92,80	62,90	-2,20	0,00
set/15	59,50	76,60	-79,10	-19,10	247,50	195,90	72,40	17,60	0,00
out/15	58,90	-11,70	-158,40	-69,20	100,60	11,80	0,00	36,40	213,30
nov/15	58,40	44,20	-81,70	-46,60	102,70	13,50	0,00	49,40	1761,40
dez/15	58,00	112,10	109,80	19,80	263,30	305,50	115,00	77,80	1664,90
jan/16	58,50	134,00	219,60	89,30	235,30	-1363,10	-15,50	28,50	-159,50
fev/16	59,30	129,40	395,10	159,80	-97,10	-505,90	61,40	0,00	25,50
mar/16	59,50	133,20	352,00	138,20	246,60	-688,10	56,20	0,00	-40,50
abr/16	59,50	105,90	61,60	33,30	131,10	45,80	19,00	18,70	325,30
mai/16	59,00	84,00	-84,20	-15,30	176,70	78,20	32,90	30,50	719,70
jun/16	58,50	70,00	106,70	6,80	191,20	556,20	197,10	206,40	143,60
jul/16	57,90	69,50	33,50	18,40	173,40	6,60	0,00	0,00	47,10
ago/16	57,20	-12,40	-44,10	-8,60	-175,80	4,60	0,00	0,80	495,10
set/16	56,40	3,30	-106,80	-58,60	7,80	-16,80	-18,90	-3,40	106,40
out/16	55,70	1,40	-190,30	-102,10	-69,50	-50,90	-22,30	-40,60	-141,30
nov/16	55,10	64,70	-54,90	-47,70	-41,80	-28,90	-11,90	-7,70	-42,70
dez/16	55,10	60,60	6,40	-17,60	-40,20	-26,40	-10,00	-10,10	-67,70
jan/17	55,10	42,20	-8,90	-21,30	3,30	0,10	0,00	15,60	0,00
fev/17	55,10	78,00	135,00	25,90	58,70	2,70	0,00	19,20	0,00
mar/17	55,20	21,10	52,10	33,70	-85,60	1,10	0,00	0,00	0,00
abr/17	54,90	112,10	373,30	145,40	195,80	88,80	39,10	0,00	0,00
mai/17	54,30	127,30	463,30	183,70	334,90	261,20	241,30	59,80	953,50
jun/17	53,60	126,20	510,60	206,60	497,00	43,00	318,00	99,60	1945,80
jul/17	52,80	121,30	309,80	137,20	473,50	44,50	10,50	47,30	66,90
ago/17	51,80	123,80	-177,30	-24,60	63,20	70,40	3,70	49,00	94,40

set/17	50,80	-65,80	-399,80	-147,30	-511,80	239,80	95,70	179,80	1068,20
out/17	49,60	-266,30	-287,80	-119,30	-342,40	-215,30	-98,20	-95,50	-578,50
nov/17	48,70	-21,00	9,40	-4,40	-199,60	-8,30	0,00	0,00	60,20
dez/17	49,00	48,30	36,90	10,70	120,70	-19,50	0,00	0,00	223,50
jan/18	49,50	108,00	264,80	111,50	514,50	171,90	73,70	37,40	-13,00
fev/18	49,80	121,20	324,80	147,60	272,50	76,10	76,60	88,30	200,60
mar/18	50,50	112,00	157,20	94,60	245,10	-94,90	44,00	97,80	-98,50
abr/18	51,00	123,90	392,10	158,50	595,00	335,70	139,10	130,40	914,00
mai/18	50,70	128,00	364,40	148,70	417,10	14,00	1,00	0,90	0,00
jun/18	50,00	117,00	-6,70	17,90	105,10	31,80	0,00	1,80	0,00
jul/18	49,20	128,40	-589,00	-184,60	-216,20	27,00	0,00	0,00	0,00
ago/18	48,20	47,90	-291,60	-116,10	-353,20	-32,20	-20,10	-3,10	0,00
set/18	47,10	-209,50	-148,10	-60,40	-339,80	-202,50	-87,10	-19,60	0,00
out/18	46,00	-97,20	-315,10	-156,20	-128,20	-81,70	-34,10	-84,80	11,30
nov/18	46,20	41,60	73,60	-7,80	19,40	1,30	0,00	-95,80	-717,40
dez/18	44,70	1,20	0,20	3,30	-44,30	0,10	0,00	-10,40	0,00
Média (MWmed)	55,76	32,34	38,29	4,00	43,99	-34,52	11,38	-7,59	135,49

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.

Tabela 40: Ganho de geração por usina (%) em relação ao Caso de Referência - Política de Nível Meta.

Data	Bocaina	Emborcação	Itumbiara	C. Dourada	São Simão	Ilha Eq.	Jupia	P. Primavera	Itaipu
jan/14	100,00%	3,89%	-36,13%	-33,23%	-30,18%	-1,36%	0,00%	0,00%	0,00%
fev/14	100,00%	-16,24%	-49,55%	-50,45%	-30,30%	-31,52%	-22,66%	-3,73%	0,98%
mar/14	100,00%	-30,25%	9,75%	-14,06%	-26,78%	-11,62%	-8,41%	-16,33%	-0,64%
abr/14	100,00%	-28,12%	3,98%	-12,52%	-18,70%	-14,06%	-10,84%	-17,69%	-5,82%
mai/14	100,00%	-17,25%	26,15%	5,01%	0,45%	-3,55%	-2,82%	-11,21%	-6,96%
jun/14	100,00%	15,45%	54,56%	39,72%	7,08%	-1,32%	-1,02%	-14,86%	17,19%
jul/14	100,00%	24,58%	-14,52%	-17,12%	17,71%	4,14%	3,35%	-18,62%	-5,40%
ago/14	100,00%	-9,21%	-18,72%	-32,90%	5,64%	-1,46%	-1,20%	-10,79%	-7,66%
set/14	100,00%	-44,89%	-22,62%	-38,95%	2,85%	-1,99%	-1,63%	-1,26%	-0,62%
out/14	100,00%	-48,64%	3,88%	-22,38%	0,01%	-2,94%	-2,41%	-1,94%	-0,82%
nov/14	100,00%	-40,10%	1,85%	-12,10%	12,68%	4,83%	3,65%	3,08%	1,83%
dez/14	100,00%	-13,36%	-14,57%	-24,23%	-2,46%	-0,12%	0,24%	10,91%	8,22%
jan/15	100,00%	-13,05%	-10,19%	-30,15%	-14,72%	-5,28%	-4,09%	-5,60%	-0,01%
fev/15	100,00%	16,64%	27,08%	1,64%	-17,97%	-1,05%	-1,49%	-8,92%	-2,34%
mar/15	100,00%	62,13%	29,90%	17,75%	-13,26%	-2,10%	-0,69%	-6,43%	-0,13%
abr/15	100,00%	89,54%	54,25%	39,84%	-7,42%	-16,20%	-12,50%	-4,86%	-1,67%
mai/15	100,00%	82,79%	47,02%	34,93%	11,17%	-9,42%	-18,02%	-14,76%	-5,24%
jun/15	100,00%	90,40%	91,99%	72,11%	18,57%	2,90%	2,19%	-8,82%	-2,07%
jul/15	100,00%	91,46%	151,74%	129,90%	98,58%	25,23%	16,86%	-2,74%	0,00%
ago/15	100,00%	107,43%	45,67%	37,96%	65,64%	8,93%	11,56%	-0,25%	0,00%
set/15	100,00%	34,79%	-11,12%	-6,81%	27,63%	15,53%	11,19%	2,10%	0,00%
out/15	100,00%	-3,82%	-20,39%	-23,60%	9,91%	0,72%	0,00%	3,82%	1,67%
nov/15	100,00%	17,84%	-11,84%	-16,98%	11,24%	0,94%	0,00%	5,11%	15,61%

dez/15	100,00%	62,77%	22,16%	9,44%	32,15%	17,17%	12,83%	7,78%	15,31%
jan/16	100,00%	83,85%	54,24%	48,27%	26,93%	-36,41%	-1,10%	1,88%	-1,35%
fev/16	100,00%	76,66%	154,94%	135,19%	-7,75%	-17,52%	4,48%	0,00%	0,21%
mar/16	100,00%	79,86%	110,94%	97,39%	21,96%	-22,42%	3,97%	0,00%	-0,33%
abr/16	100,00%	54,45%	9,95%	14,46%	12,31%	2,36%	1,87%	1,56%	2,62%
mai/16	100,00%	39,11%	-11,06%	-5,46%	17,45%	4,49%	3,37%	2,62%	5,91%
jun/16	100,00%	30,88%	18,92%	3,13%	19,45%	31,66%	19,67%	17,44%	1,13%
jul/16	100,00%	30,93%	5,34%	7,77%	17,75%	0,35%	0,00%	0,00%	0,39%
ago/16	100,00%	-4,08%	-6,36%	-3,19%	-14,35%	0,25%	0,00%	0,07%	4,21%
set/16	100,00%	1,16%	-14,41%	-20,80%	0,76%	-1,11%	-2,03%	-0,30%	0,90%
out/16	100,00%	0,49%	-23,49%	-31,16%	-6,85%	-4,14%	-3,34%	-3,94%	-1,27%
nov/16	100,00%	29,65%	-8,23%	-17,28%	-4,01%	-1,88%	-1,49%	-0,84%	-0,44%
dez/16	100,00%	27,20%	1,05%	-6,93%	-3,60%	-1,41%	-1,05%	-0,91%	-0,59%
jan/17	100,00%	17,42%	-1,40%	-8,39%	0,30%	0,01%	0,00%	1,40%	0,00%
fev/17	100,00%	37,66%	26,98%	12,89%	5,66%	0,14%	0,00%	1,68%	0,00%
mar/17	100,00%	7,97%	8,83%	14,58%	-7,14%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%
abr/17	100,00%	64,76%	138,26%	128,45%	20,97%	5,38%	4,72%	0,00%	0,00%
mai/17	100,00%	81,60%	262,49%	244,61%	42,00%	14,86%	29,42%	6,04%	8,78%
jun/17	100,00%	81,68%	421,64%	436,79%	79,93%	2,70%	54,36%	11,05%	17,15%
jul/17	100,00%	77,66%	100,45%	119,72%	86,77%	2,98%	1,23%	5,44%	0,69%
ago/17	100,00%	82,59%	-22,79%	-8,72%	7,22%	4,61%	0,41%	5,29%	1,01%
set/17	100,00%	-19,62%	-40,85%	-40,06%	-43,12%	21,86%	13,12%	23,24%	14,35%
out/17	100,00%	-50,09%	-34,13%	-35,12%	-33,59%	-20,30%	-15,82%	-13,02%	-6,70%
nov/17	100,00%	-7,42%	1,77%	-1,91%	-22,52%	-0,68%	0,00%	0,00%	0,48%
dez/17	100,00%	22,39%	7,11%	4,78%	14,04%	-1,10%	0,00%	0,00%	1,77%
jan/18	100,00%	67,88%	83,45%	72,73%	57,27%	9,29%	7,76%	3,25%	-0,10%
fev/18	100,00%	81,95%	117,00%	116,13%	23,48%	3,30%	6,45%	8,02%	1,52%
mar/18	100,00%	69,57%	33,89%	50,24%	17,57%	-3,83%	3,48%	6,99%	-0,75%
abr/18	100,00%	81,57%	162,16%	137,23%	57,56%	20,07%	14,63%	11,59%	7,46%
mai/18	100,00%	86,96%	134,51%	133,84%	42,32%	0,92%	0,11%	0,09%	0,00%
jun/18	100,00%	74,95%	-1,05%	7,51%	9,77%	2,09%	0,00%	0,18%	0,00%
jul/18	100,00%	90,49%	-48,84%	-41,46%	-15,69%	1,88%	0,00%	0,00%	0,00%
ago/18	100,00%	21,87%	-32,63%	-34,11%	-25,83%	-1,83%	-2,02%	-0,27%	0,00%
set/18	100,00%	-44,31%	-20,21%	-21,31%	-25,44%	-16,35%	-12,82%	-2,05%	0,00%
out/18	100,00%	-27,23%	-35,59%	-40,91%	-11,55%	-5,51%	-4,30%	-7,63%	0,10%
nov/18	100,00%	18,93%	14,57%	-3,26%	1,77%	0,07%	0,00%	-8,44%	-5,94%
dez/18	100,00%	0,66%	0,06%	2,07%	-3,54%	0,01%	0,00%	-0,99%	0,00%

Fonte: Elaboração Própria. Dados: HydroExpert – Resultados.